



MEDSOFT 2012

Vydáno za podpory:



OBSAH

| | |
|--|-----|
| K METODICE POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ TESTŮ MMSE, ADL, MNA A SPBB NA VÝBĚROVÉM SOUBORU GERIATRICKÝCH PACIENTŮ <i>Jaromír Běláček, Marie Berková, Pavla Mádlová, Eva Topinková</i> | 7 |
| CCD KAMERY PRO SNÍMÁNÍ EXTRÉMNĚ SLABÝCH SVĚTELNÝCH ZDROJŮ <i>Pavel Cagaš, Roman Cagaš, Jiří Kofránek</i> | 18 |
| PROGRAMOVÝ SYSTÉM CONTROL WEB A JEHO MOŽNOSTI INTERAKCE S REÁLNÝM PROSTŘEDÍM <i>Roman Cagaš, Pavel Cagaš, Jiří Kofránek</i> | 37 |
| AKUSTICKÉ ANALÝZY PORUCH HLASU A ŘEČI U ONEMOCNĚNÍ CENTRÁLNÍ NERVOVÉ SOUSTAVY <i>Roman Čmejla, Jan Ruzs</i> | 52 |
| JAK LÉKAŘI ŠETŘIT ČAS <i>Aleš Daniel, Martin Zeman</i> | 61 |
| VÁZANÉ ŘIDITELNÉ BIOLOGICKÉ PSEUDOOSCILÁTORY <i>Vladimír Eck, Petr Michněvič, Lenka Lhotská, Olga Štěpánková</i> | 73 |
| SYSTÉM R JAKO NÁSTROJ STATISTICKÉ ANALÝZY V BIOMEDICÍNSKÉM VÝZKUMU <i>Jan Hendl</i> | 104 |
| ZDRAVOTNICKÉ INFORMACE V OHROŽENÍ: ÚSPĚŠNÉ STRATEGIE PRO ZABEZPEČENÍ A OCHRANU OSOBNÍCH DAT VE ZDRAVOTNICTVÍ <i>David Houlding, Pavel Kubů</i> | 122 |
| E-LEARNINGOVÁ WEBOVÁ APLIKACE PRO VÝUKU BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ <i>Petr Huňka</i> | 133 |
| ZKUŠENOSTI Z INOVACE VÝUKY MODELOVÁNÍ A SIMULACE NA FEL ČVUT <i>Filip Ježek, Tomáš Kroček, Marek Mateják, Jiří Kofránek</i> | 139 |
| INTEGROVANÉ MODELY FYZIOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ – HISTORIE, SOUČASNOST, PERSPEKTIVY <i>Jiří Kofránek</i> | 147 |
| AUTOMATIZACE VYUŽITÍ BLOKOVÝCH ŘEŠENÍ PRO VÝVOJ ARCHITEKTUR IS <i>Daniel Krsička, Milan Šárek</i> | 168 |
| VZDÁLENÁ ANALÝZA LIDSKÉHO HLASU V REÁLNÉM ČASE. <i>Tomáš Kulhánek, Marek Frič, Jaroslav Hrb</i> | 180 |
| PODPORA VÝUKY TVORBY BEZBARIÉROVÉHO WEBU <i>Jakub Kužilek, Jiří Spilka, Lenka Lhotská</i> | 185 |

| | |
|--|-----|
| INTEROPERABILITA VE ZDRAVOTNICKÝCH INFORMAČNÍCH SYSTÉMECH <i>Lenka Lhotská, Miroslav Burša, Michal Huptych</i> | 190 |
| DIGITÁLNÍ KNIHOVNA NÁRODNÍ LÉKAŘSKÉ KNIHOVNY – ARCHIVACE A ONLINE ZPŘÍSTUPNĚNÍ PLNÝCH TEXTŮ VĚDECKÝCH PUBLIKACÍ VE ZDRAVOTNICTVÍ <i>Lenka Maixnerová, Filip Kříž, Helena Bouzková, Ondřej Horsák, Adéla Jarolímková, Eva Lesenková</i> | 198 |
| MODEL ECMO OXYGENÁTORU <i>Marek Mateják, Barbora Nedvědová, Anna Doležalová, Jiří Kofránek, Tomáš Kulhánek</i> | 205 |
| VÝUKA INTERNETOVÉ ŽURNALISTIKY <i>Radek Mezulánik</i> | 215 |
| POČÍTAČOVÁ PODPORA DOMÁCÍ LÉČBY A TELETTESTOVÁNÍ <i>Petr Novák, Vladimír Eck, Olga Štěpánková</i> | 219 |
| K VÝVOJI POČTU ČASOPISŮ S IMPAKT FAKTOREM V MEDICÍNSKÝCH OBORECH <i>Ivan Pfeifer, Jana Hercová</i> | 234 |
| SOUČASNÉ IMPAKTOVANÉ A UZNANÉ DOMÁCÍ RECENZOVANÉ ČASOPISY V OŠETŘOVATELSTVÍ <i>Ivan Pfeifer, Sylva Bártlová, Jana Hercová</i> | 243 |
| POMŮCKY PRO VÝUKU LÉKAŘSKÉ INFORMATIKY U NÁS A VE SVĚTĚ <i>Štěpán Svachna</i> | 250 |
| VÝPOČTY NA GRAFICKÝCH PROCESORECH, ŘEŠENÍ PARCIÁLNÍCH DIFERENCIÁLNÍCH ROVNIC <i>Jan Šilar, Martin Vavrek, Tomáš Kulhánek, Pavol Privitzer, Jiří Kofránek, Tomáš Kroček, Martin Tribula</i> | 252 |
| LÉKAŘSKÉ KNIHOVNY V SOUČASNÉM PROSTŘEDÍ INFORMAČNÍCH A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ <i>Milan Špála</i> | 260 |
| OCHRANA DUŠEVNÍHO VLASTNICTVÍ V PROJEKTECH EU <i>Miloslav Špunda</i> | 262 |
| PRO KOHO JE „SPES“ NADĚJÍ? <i>Olga Štěpánková, Novák Daniel, Uller Miroslav, Novák Petr, Mráz Miloš, Haluzík Martin</i> | 267 |
| TVORBA 3D VÝUKOVÝCH APLIKACÍ POMOCÍ TECHNOLOGIE MICROSOFT SILVERLIGHT <i>Martin Tribula, Martin Vavrek, Michal Otčenášek</i> | 283 |

ÚVOD

Dovolte, abych Vás jménem organizačního výboru uvítal na semináři Medsoft 2012 pořádaném již potřetí za sebou v Roztokách u Prahy.

Tradice Medsoftu trvá již od roku 1988. Letošní seminář je již čtyřiadvacátý a za tu dlouhou dobu se v oboru biomedicínské informatiky mnoho změnilo.

Doufám, že Vás i letos zaujme zajímavý program z oblasti zdravotnické informatiky a zdravotnických vědeckých informací, a to jak v přehledových přednáškách, tak v původních sděleních.

Přeji Vám znovu dva klidné dny v Roztokách a odborné poučení. Těším se na setkání s Vámi i na dalších „Medsoftech“ v příštích letech.

Děkuji také jménem organizačního a programového výboru agentuře Action/M za tradičně skvělou přípravu semináře.

březen 2012

Prof. MUDr. Štěpán Svačina, DrSc.

přednosta III. interní kliniky UK – 1. LF

předseda programového a organizačního výboru

K METODICE POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ TESTŮ MMSE, ADL, MNA A SPPB NA VÝBĚROVÉM SOUBORU GERIATRICKÝCH PACIENTŮ

Jaromír Běláček, Marie Berková, Pavla Mádlová, Eva Topinková

Anotace

Na Geriatrické klinice 1. LF UK Praha se provádí řada komplexních testů, které slouží k vyšetření fyzických a duševních schopností seniorů a odhalení jejich funkčních deficitů. U výběrového souboru N=145 pacientů z let 2010–2011 byly paralelně provedeny testy MMSE, ADL, MNA a SPPB, které strukturovaně hodnotí kognitivní schopnosti (Mini Mental State Examination), potřebu pomoci při běžných denních aktivitách (Activities of Daily Living), stav výživy (Mini Nutritional Assessment) a fyzickou zdatnost seniora (Short Physical Performance Battery).

V rámci tohoto příspěvku jsou shrnuty naše zkušenosti a přístupy, jimiž jsme se snažili vyhodnotit a porovnat mezi sebou výsledky všech čtyř výše uvedených testů. V rámci dostupných charakteristik byly porovnány především celková skóre dosažená u jednotlivých testů podle věku pacientů (One-Way ANOVA, testy homogenity v kontingenčních tabulkách) a provedena analýza korelací a vnitřní konzistence pěti položek SPPB testu (využití Spearmanova koeficientu pořadové korelace a Cronbachova alfa).

Primární analýzy poukázaly na vysoce statisticky významné korelace mezi celkovými skóre všech čtyř výše uvedených testů ($P < 0,001$) a prokázaly u všech testů jejich statisticky významnou senzitivitu vůči věku seniorů. S rostoucím věkem se však míra závislosti mezi testy specifickým způsobem snižuje. Obdobné závěry platí i pro vysoce signifikantní korelace mezi všemi pěti položkami SPPB testu, což potvrzuje i jeho vnitřní konzistenci (souhrnné Cronbachovo alfa má hodnotu 0,753 resp. 0,821 pro standardizované položky). Ve srovnání s dalšími dostupnými ukazateli korelovaly všechny položky SPPB, na rozdíl od jiných, nejméně s klasifikací „pohyblivost/mobilita“, která je zařazena jako jedna ze šesti položek zkrácené verze MNA testu.

Klíčová slova:

MMSE (Mini Mental State Examination), ADL (Activities of Daily Living), MNA (Mini Nutritional Assessment), SPPB (Short Physical Performance Battery), Cronbachovo alfa

1. Úvod

Geriatrie (viz [11]) je klinický lékařský obor zaměřený na diagnostiku, léčbu a prevenci chorob u seniorů. Označení pochází z řeckého gerón (= starý člověk a iatró = léčím). Geriatrie je součástí širšího oboru gerontologie (viz [12]), který zkoumá problematiku stárnutí a stáří z pohledu biologických, lékařských a sociologických věd.

V geriatrické medicíně je zdůrazňována potřeba komplexního pohledu na seniora, kdy kromě vlastní choroby je třeba zhodnotit tzv. funkční schopnosti pacienta, jeho fyzickou zdatnost, soběstačnost a potřebu pomoci druhé osoby

a také psychické zdraví. K tomu slouží metoda tzv. „Comprehensive geriatric assessment“, komplexního posouzení, jehož součástí jsou i standardizované baterie testů pro hodnocení poznávacích funkcí (Mini Mental State Examination, zkr. MMSE), potřeby pomoci při základních sebeobslužných činnostech (Activities of Daily Living, zkr. ADL), stavu výživy (Mini Nutritional Assessment, zkr. MNA) a fyzické zdatnosti populace seniorů (Short Physical Performance Battery, zkr. SPPB).

Cílem tohoto příspěvku je zejména stručné shrnutí experimentálních zkušeností, co se týče – 1/ porovnání výsledků všech čtyř výše uvedených testů mezi sebou; – 2/ formální verifikace vnitřní konzistence položek SPPB testu; – 3/ porovnání vztahu jednotlivých položek nově zaváděného SPPB testu vůči ostatním testům.

2. Materiál a metody

2.1 Testy MMSE, ADL, MNA A SPPB

Test kognitivních funkcí MMSE (tzv. Folsteinův test) slouží k posouzení poznávacích schopností seniora a zahrnuje 30 hodnocených položek s rozpětím 0–30 bodových hodnot. Testují se položky (pouze rámcový výčet): 1. Orientace [0–10b]; 2. Zapamatování [0–3b]; 3. Pozornost a počítání [0–5b]; 4. Výbavnost [0–3b]; 5. Pojmenování [0–2b]; 6. Opakování [0–1b]; 7. Třístupňový příkaz [0–3b]; 8. Čtení a splnění pokynu [0–1b]; 9. Psaní [0–1b]; 10. Obkreslení obrazce [0–1b]. Podle celkového bodového skóre je možné každého vyšetřeného klasifikovat do jedné z následujících 4 skupin: [0–10b] – těžká demence; [11–17b] – střední demence; [18–24b] – mírná demence; [25–30b] – normální stav.

Test schopnosti vykonávat základní sebeobslužné činnosti (ADL podle Barthelové) přiřazuje seniorům ohodnocení 0–100 bodových hodnot. Rámcově jej lze rozdělit do 10 oblastí: 1. Najezení, napití [0–10b]; 2. Oblékání [0–10b]; 3. Koupání [0–5b]; 4. Osobní hygiena [0–5b]; 5. Kontinence stolice [0–10b]; 6. Kontinence moči [0–10b]; 7. Použití WC [0–10b]; 8. Přesun lůžko–židle [0–15b]; 9. Chůze po rovině [0–15b]; 10. Chůze po schodech [0–10b]. Na úrovni celkového skóre kvalifikujeme stupeň závislosti seniora (v základních všedních činnostech) následovně: [0–40b] – vysoce závislý; [45–60b] – závislost středního stupně; [65–95b] – lehce závislý; [100b] – nezávislý. (Poznámka: Kromě výše referované existují i další varianty ADL testů /s celkovým skóre rozpětí v 0–90b/ – podrobněji viz [9], str. 15 a 40 – a alternativní test IADL tzv. Test instrumentálních denních činností /s celkovým skóre od 0 do 80b/ – viz [7], str. 215).

Škála pro hodnocení stavu výživy (krátká verze MNA) se rekrutuje ze 6 aditivních položek níže: A. Ztráta chuti k jídlu, zažívací potíže nebo poruchy přijímání potravy v posledních 3 měsících [0–2b]; B. Úbytek hmotnosti za poslední 3 měsíce [0–3b]; C. Pohyblivost/mobilita [0–2b]; D. Akutní onemocnění,

úraz, psychické trauma v posledních 3 měsících [0–2b]; E. Psychický stav [0–2b]; F. Úroveň BMI [0–3b]. Podle celkového skóre v rozpětí 0–14 bodů se pak vyšetření seniorů rozdělují na osoby 's rizikem podvýživy [0–11b]' a 's dobrou výživou [12–14b]'.

Krátká škála pro hodnocení fyzické zdatnosti seniorů (SPPB – index křehkosti seniora) distribuuje v souhrnu 0–12 bodů podle tří resp. pěti následujících dílčích položek: A. Testy rovnováhy (A1. Stoj spojný [0–1b]; A2. stoj v semitandemové pozici [0–1b]; A3. Stoj v tandemové pozici [0–2b]) – [tedy v součtu celkem 0–4b]; B. Test rychlosti chůze [0–4]; C. Test vstávání ze židle [0–4b]. Na základě celkového skóre potom kvalifikujeme seniory do 3 skupin: 'křehký senior (angl. frail), s rizikem nesoběstačnosti [0–6b]', 'snížená fyzická zdatnost (angl. pre-frail) [7–9b]' a 'dobrá fyzická zdatnost [10–12b]'.

2.2 Výběrový soubor

Testy MMSE, ADL, MNA a SPPB byly provedeny na N=145 osobách resp. pacientech průběžně vyšetřených v letech 2010–11 na Geriatrické klinice 1. LF UK Praha a VFN. Šlo o muže/ženy (N=37/108) ve věku '54–101 let' posléze rozdělených ještě do 3 věkových skupin ('54–75', '76–85', '86–101'). Výrazně menší podíly mužů vůči ženám ve výběrovém souboru, právě tak jako zastoupení osob hospitalizovaných vůči ambulantně vyšetřeným, nereprezentuje pohlavní ani věkové složení žijící populace v Praze nebo v ČR. Pro účely tohoto ilustračního a metodicky zaměřeného příspěvku však tyto aspekty nepovažujeme za příliš podstatné.

2.3 Statistické metody

V rámci dostupných charakteristik byly porovnány především celková skóre dosažená u jednotlivých testů podle věku pacientů (One-Way ANOVA včetně post-hoc testů) a struktury výsledků jednotlivých testů resp. vybraných položek (v %) prostřednictvím testů homogenity v kontingenčních tabulkách (s analýzou odchylek prostřednictvím adjustovaných reziduí – viz [8], str. 364–75). Z důvodu variantních rozpětí bodových hodnot u jednotlivých testů/položek se většina analýz soustředila na vzájemná porovnání matic korelačních koeficientů a na strukturu jejich statistických významností vůči nulové hypotéze. Na žádost spoluautorů studie byly též provedeny testy vnitřní konzistence všech položek SPPB testu vyčíslením celkového Cronbachova alpha a adto při vyloučení individuálních položek.

3. Výsledky

3.1 Porovnání souhrnných skóre

V Tabulce 1 níže jsou uvedeny souhrnné struktury (%) odpovědi z výběrového souboru na každý ze 4 výše uvedených testů. Výsledky pro každý test sečtené na 100% poukazují na větší diverzifikaci „kvantitativního ohodnocení“ testů ADL a SPPB vůči ostatním (viz porovnání řádků pro 'normál' resp. 'nezávislost' či 'dobrou fyzickou zdatnost'. Testy homogenity referované na posledním řádku

tabulky indikují (prostřednictvím p–hodnot) míru závislosti jednotlivých testů na věku (přesněji věkových skupinách).

| MMSE (celkem) | | MNA (celkem) | | ADL (celkem) | | SPPB (celkem) | |
|---|-------|--|-------|---|-------|---|-------|
| kognitivní porucha: | % | stav výživy: | % | závislost: | % | fyzická zdatnost: | % |
| 0-10 těžká | 5,5 | 0-11 abnormální Katedra Kybernetiky, Fakulta Elektrotechnická, ČVUT Karlovo náměstí 32 jezekfi1@fel.cvut.cz http://bio.felk.cvut.cz/ | 60,7 | 0-40 vysoká | 18,6 | 0-6 'frail' | 61,4 |
| 11-17 střední | 7,6 | | | 45-60 střední | 20,0 | | |
| 18-24 mírná | 19,3 | | | 65-95 lehká | 37,2 | 7-9 'pre-frail' | 14,5 |
| 25-30 normál | 67,6 | 12-14 normální | 39,3 | 100 nezávislost | 24,1 | 10-12 dobrá | 24,1 |
| N=145 | 100,0 | N=145 | 100,0 | N=145 | 100,0 | N=145 | 100,0 |
| test homogenity v rámci 3 věkových skupin: $\chi^2(6)=20,642$ ($p=0,002$) | | test homogenity v rámci 3 věkových skupin: $\chi^2(2)=9,082$ ($p=0,011$) | | test homogenity v rámci 3 věkových skupin: $\chi^2(6) = 25,553$ ($p<0,001$) | | test homogenity v rámci 3 věkových skupin: $\chi^2(4) = 20,158$ ($p<0,001$) | |

Tabulka 1 — Porovnání výsledků testů MMSE, MNA, ADL a SPPB podle souhrnného ohodnocení (% BH z výběrového souboru N=145)

Legenda — Testy χ^2 homogenity byly vypočteny pro každý z testů na úrovni tabulek 'k x 3' pro k značící počet stupňů souhrnného ohodnocení (viz na řádcích Tab.1) a pro 3 věkové skupiny (viz také v Tab.2).

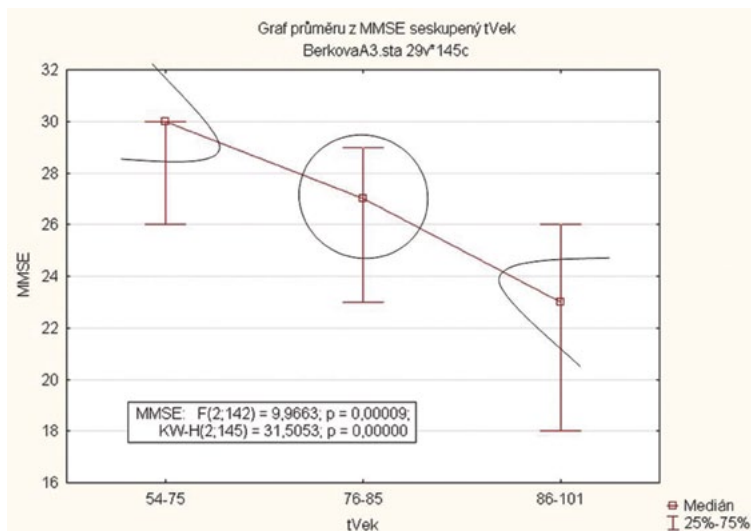
Senzitivitu všech testů vůči věku potvrzuje alternativně Tabulka 2, kde jsou prezentovány průměry celkových skóre pro každý ze schopnostních testů (v rámci 3 věkových skupin i souhrnně). Výsledky simultánního statistického vyhodnocení prostřednictvím One–Way ANOVA a Kruskal–Wallisovým testem (viz Legenda k Tab.2) vykazují statisticky nejvýznamnější rozdíly na úrovni testu MMSE a SPPB ($p<0,001$). Které věkové diference se liší navzájem více a které méně tj. výsledky párových srovnávání jsou zobrazeny (výběrovými mediány a interkvartilovým rozpětím) na Grafech 1–4.

| Věk | MMSE (celkem) | | MNA (celkem) | | ADL (celkem) | | SPPB (celkem) | |
|---------|---------------|------|--------------|------|--------------|------|---------------|------|
| | Mean | SEM | Mean | SEM | Mean | SEM | Mean | SEM |
| ,54-75' | 27,46 | 0,73 | 10,90 | 0,55 | 82,20 | 3,92 | 7,66 | 0,66 |

| Věk | MMSE (celkem) | | MNA (celkem) | | ADL (celkem) | | SPPB (celkem) | |
|--------------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|
| | Mean | SEM | Mean | SEM | Mean | SEM | Mean | SEM |
| 76-85' | 24,71 | 0,79 | 10,61 | 0,32 | 67,74 | 3,08 | 5,69 | 0,41 |
| 86+' | 21,62 | 1,04 | 9,33 | 0,41 | 63,81 | 4,47 | 4,50 | 0,52 |
| ,64-101' | 24,59 | 0,12 | 10,32 | 0,04 | 70,69 | 0,07 | 5,90 | 0,03 |
| F(2;142)= | 9,966 (p<0,001) | | 3,618 (p=0,029) | | 5,912 (p=0,003) | | 8,311 (p<0,001) | |
| $\chi^2(2)=$ | 31,505 (p<0,001) | | 11,040 (p=0,004) | | 14,901 (p<0,001) | | 13,953 (p<0,001) | |

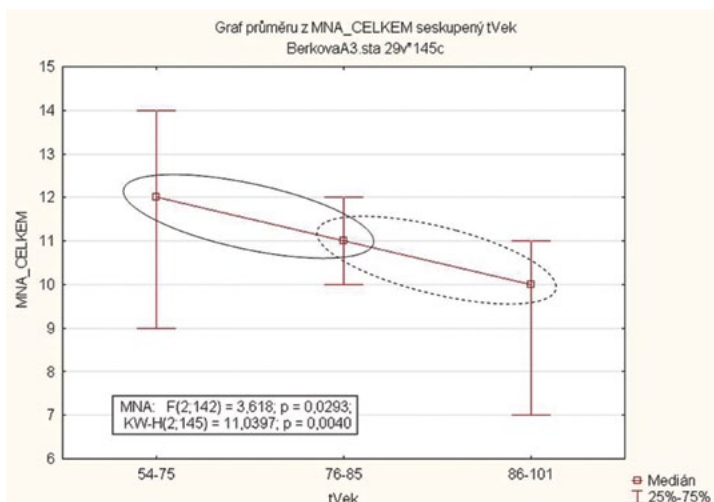
Tabulka 2 — Porovnání výsledků testů MMSE, MNA, ADL a SPPB podle věkových skupin (průměry celkového skóre +/-SEM pro výběrový soubor N=145)

Legenda — V rámci každého testu byla ověřena hypotéza o rovnosti 3 středních hodnot resp. teoretických mediánů pro 3 věkové skupiny prostřednictvím One-Way ANOVA (testové statistiky na předposledním řádku) a Kruskal-Wallisovým testem (na posledním řádku). Výsledky obou testů jsou srovnatelné navzájem i vůči poslednímu řádku Tabulky 1.



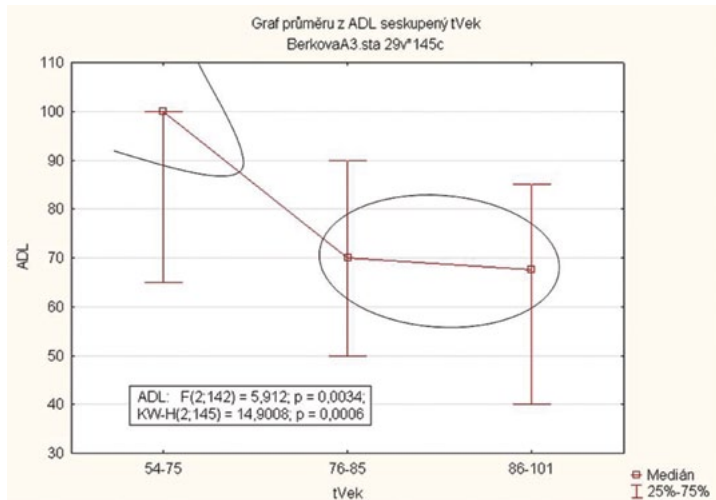
Graf 1 — Porovnání mediánů a interkvartilových rozpětí celkového skóre testu MMSE podle věkových skupin (N=145)

Legenda ke Grafu 1 — Hyperboly a elipsa (uprostřed) oddělují statisticky významně odlišné hodnoty post-hoc testů (pro ANOVA: $p \leq 0,023$; pro K-W: $p \leq 0,017$)



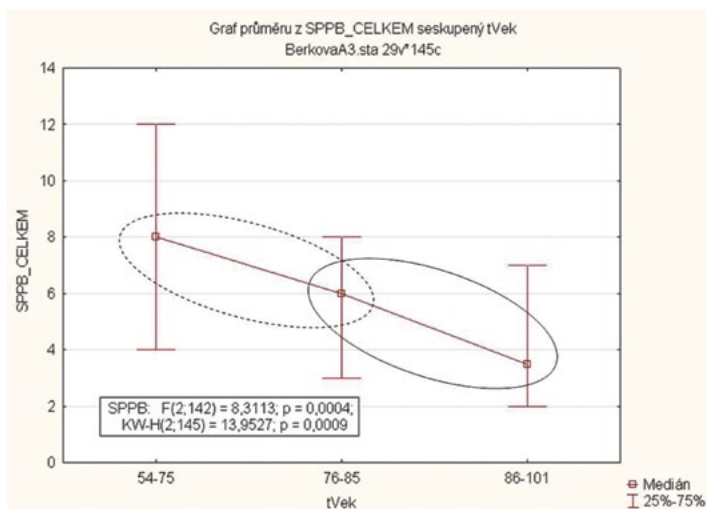
Graf 2 — Porovnání mediánů a interkvartilových rozpětí celkového skóre testu MNA podle věkových skupin (N=145)

Legenda — Elipsy poukazují na statisticky významně nerozlišitelné hodnoty z post-hoc testů (pro ANOVA: $p \geq 0,014$; KW test: $p \geq 0,004$)



Graf 3 — Porovnání mediánů a interkvartilových rozpětí celkového skóre testu ADL podle věkových skupin (N=145)

Legenda — Hyperboly resp. elipsa poukazuje na statisticky významně vyšší resp. nerozlišitelné hodnoty z post-hoc testů (pro ANOVA i KW test: $p \geq 0,002$)



Graf 4 — Porovnání mediánů a interkvartilových rozpětí celkového skóre testu SPPB podle věkových skupin (N=145)

Legenda — Elipsy poukazují na statisticky významně nerozlišitelné hodnoty z post-hoc testů (pro ANOVA: $p \leq 0,096$; pro KW: $p \leq 0,143$)

3.2 Korelační vztahy a vnitřní konzistence testů

Základem pro analýzu vztahů mezi kvantitativně nesourodnými (a nenormálně rozdělenými) ukazateli je matice Spearmanových koeficientů pořadové korelace (viz Tab.3). S výjimkou inverzních korelací s věkem jsou znaménka všech do tabulky vybraných skóre a položek kladné; až na položky SPPB_A1 resp. A2 (Stoj spojný resp. Stoj v semitandemové pozici) jsou všechny korelace dokonce vysoce statisticky významné ($p < 0,001$). Již to samo o sobě svědčí o jisté vnitřní konzistenci celkových skóre schopnostních testů (měřících duševní zdraví, úroveň výživy, míru soběstačnosti, stupeň křehkosti) i všech položek testů fyzické zdatnosti subpopulace seniorů.

| Spearman | Vek | MMSE | MNA | ADL | SPPB | SPPB | | | | | MNA |
|----------|------|--------|--------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|
| p-value | | celkem | celkem | celkem | celkem | A1 | A2 | A3 | B | C | C |
| Vek | | ,458 | ,297 | ,313 | ,329 | ,035 | ,158 | ,298 | ,285 | ,317 | ,332 |
| MMSE | ,000 | | ,336 | ,434 | ,379 | ,069 | ,251 | ,378 | ,311 | ,342 | ,321 |
| MNA | ,000 | ,000 | | ,443 | ,514 | ,223 | ,265 | ,394 | ,390 | ,566 | ,651 |
| ADL | ,000 | ,000 | ,000 | | ,532 | ,102 | ,135 | ,368 | ,559 | ,517 | ,552 |
| SPPB | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,549 | ,671 | ,823 | ,795 | ,867 | ,612 |

| Spearman | Věk | MMSE | MNA | ADL | SPPB | SPPB | | | | | MNA |
|----------|------|--------|--------|--------|--------|------|------|------|------|------|------|
| | | celkem | celkem | celkem | celkem | A1 | A2 | A3 | B | C | C |
| SPPB_A1 | ,675 | ,411 | ,007 | ,223 | ,000 | | ,476 | ,405 | ,367 | ,360 | ,342 |
| SPPB_A2 | ,058 | ,002 | ,001 | ,106 | ,000 | ,000 | | ,696 | ,338 | ,482 | ,311 |
| SPPB_A3 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,484 | ,673 | ,439 |
| SPPB_B | ,001 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,550 | ,496 |
| SPPB_C | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,592 |
| MNA_C | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | |

Tabulka 3 — Matice Spearmanových korelačních koeficientů mezi věkem celkovými skóre MMSE, MNA, ADL a SPPB testů, jejich vybranými položkami a věkem vyšetřených osob (N=145)

Legenda — V horní diagonální části matice jsou uvedeny hodnoty Spearmanových koeficientů pořadové korelace, v dolní diagonální části odpovídající p-hodnoty (testující nulovou hypotézu $H_0: \rho=0$). Pouze šedou barvou vyznačené buňky reprezentují hodnoty statisticky nevýznamné (pro $p>0,05$).

Vnitřní konzistence aditivně koncipovaného ukazatele/testu s kladnými hodnotami vzájemných korelací se doporučuje verifikovat prostřednictvím Cronbachova alfa vypočteného dle vzorce

$$\alpha [\%] = (100 \cdot m) / (m-1) \cdot (1 - \sum_{i=1, \dots, m} \sigma_i^2) / \sigma^2,$$

kde m značí počet aditivních položek testu, $\sigma_1^2 \dots \sigma_m^2$ jsou rozptyly individuálních položek a σ^2 rozptyl celkového skóre testu. Za postačující se obvykle považují hodnoty $70\% \leq \alpha < 100\%$ (podrobněji viz např. v [13]). Pro testy SPPB jsme obdrželi hodnoty Cronbachova α větší než 75% tzn. test fyzické zdatnosti můžeme považovat za vnitřně konzistentní (reliabilní); opak platí pro MNA, pro který vyšlo α menší než 70%.

| | α [%] | | m |
|------|---------------------------|-------------------------|---------------|
| | nestandardizované položky | standardizované položky | počet položek |
| SPPB | 75,3% | 82,1% | 5 |
| MNA | 66,6% | 67,8% | 6 |

Tabulka 4 — Hodnoty Cronbachova α [%] pro testy SPPB a MNA (N=145)

Legenda — Pro testy SPPB i MNA považujeme za více relevantní hodnoty pro „standardizované položky“ (v pravém sloupci tabulky), protože aditivní položky těchto testů přispívají jejich celkovým skóre obecně nestejným bodovým ohodnocením (viz. v odstavci Metodika).

V uvedeném kontextu je zajímavé poznamenat, že statisticky nejvýznamnější přispívají celkovému skóre SPPB položky: 1/ 'C. Test vstávání ze židle' a 2/ 'A3. Stoj v tandemové pozici'. Pouze k vyměněnému pořadí na prvních dvou místech jsme dospěli automatickým přepočtem hodnot Cronbachova α při postupném vynechávání jednotlivých položek tohoto testu (viz [8], str. 1656–64). Ve vztahu k ostatním pro analýzu poskytnutým testům/položkám jsme shledali systematicky nejvyšší korelace souboru všech 5 položek testu SPPB s položkou 'C. Pohyblivost/mobilita' jinak méně konzistentního testu MNA (viz poslední sloupec a řádek v Tab.3).

3. Diskuse a závěry

Všechny testy MMSE, MNA, ADL i SPPB prokázaly statisticky významnou závislost (snižování souhrnných skóre) s rostoucím věkem seniorů. Tato vlastnost byla prokázána rovněž pro tzv. subjektivní charakteristiky zdravotního stavu pro reprezentativní vzorek populace ČR (N=1000) např. v práci [1] a měla by být univerzálně platná pro všechny testy usilující o měření úrovně disability, nesoběstačnosti, nemocnosti či stresu seniorů z jakéhokoli úhlu pohledu. Na výběrovém souboru použitým v rámci tohoto příspěvku (N=145) se ale míra závislosti mezi testy MMSE, MNA, ADL a SPPB, právě tak jako mezi položkami SPPB nebo MNA, s rostoucím věkem specificky snížila. Pravděpodobně je to způsobeno snižující se diverzifikací (heterogenitou) seniorů ve vyšším věku, ale i nezpůsobilostí stávajících testů dostatečně přesně postihnout diverzitu, především u závažnějších deficitů.

Positivní přínos v českých podmínkách právě poprvé validizovaného a vnitřně konzistentního Krátkého testu fyzické zdatnosti seniorů (SPPB) se zdá být ve výše uvedeném kontextu zcela zjevný. Výhodou tohoto testu je konzistentní teoretický koncept měřeného fenoménu („faktorů“ fyzické zdatnosti) a zcela sofistikované měřicí postupy. Některým z těchto aspektů ale patrně nekonvenuje test MNA, kde jsme (metodikou použitou již v části 3.2. tohoto příspěvku) indikovali jeho nižší vnitřní konzistenci například s položkou 'E. Psychický stav' (pro testy MMSE a ADL jsme neměli aditivní/rozkladové položky pro komparativní statistickou analýzu k dispozici).

Do budoucna by bylo asi vhodné kvalifikovat výše použité testy různých schopností seniorů rovněž z pohledu struktury jejich nemocnosti či úmrtnosti. (Například SPPB lze užít i jako vhodný nástroj pro predikci rozvoje disability v následujících letech života seniorů /viz [4–5]/ a bylo by jistě zajímavé ověřit prediktivní hodnotu tohoto nově zaváděného testu i pro celkovou mortalitu.) To by umožnilo efektivněji využít i komplexnějších statistických metod pro analýzu, jmenovitě např. pro kvalitnější identifikaci rizikových seniorů, kteří by mohli nejvíce profitovat z intervenčních programů zaměřených na zlepšení jejich fyzické zdatnosti, anebo za účelem lepšího porozumění dalším behaviorálním symptomům rizikovým pro různě specifikované medicínské diagnózy (jak bylo ilustrováno na příkladu sexuálně přenosných nemocí u mladších populačních ročníků kupř. v rámci projektu referovaném v [2]). Těsná korelace s dalšími oblastmi (výživa, soběstačnost, psychické zdraví) naznačují, že intervence budou muset být komplexního charakteru (multimodálně) zaměřené i na další oblasti životního stylu (zdravá výživa, psychická aktivita apod.).

Literatura:

- [1.] Běláček J. (2008): *Sebehodnocení zdravotního stavu a osobnostní charakteristiky populace ČR*. In.: *Sborník příspěvků MEDSOFT 2008*. Spa Hotel Felicitas Poděbrady, 7.–8.4.2008, vyd.: Zeithamlová Milena – Agentura Action M, Praha, 3–9, Projekt SP 403/06/1836
- [2.] Běláček J., Kuklová I., Velčevský P., Pecha O., Novák M. (2010): *Pacienti se sexuálně přenosnými nemocemi s rizikovým chováním v pražské populaci 2007–8 (průřezová studie)*. In (kolektiv autorů): *Sborník příspěvků MEDSOFT 2010*. Hotel academic Roztoky, 30.–31.3.2010, vyd.: *Creative Connections ve spolupráci s Zeithamlová Milena – Agentura Action M, Praha, 9–14, Projekt NS 10292*
- [3.] Berková, M., Topinková, E., Mádllová, P., Klán, J., Vlachová, M., Běláček, J. (2012): „Využití 'Krátké škály pro testování seniorské křehkosti' v České republice. Pilotní studie a validizační testu na populaci českých seniorů.“ *Připravováno k publikaci*
- [4.] Guralnik J.M., Ferrucci L., Simonsick E.M., Salive M.E., Wallace R.B. (1995): *Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability*. *NEJM*, 332, 556–561
- [5.] Guralnik J.M., Ferrucci L., Pieper C.F. et al. (2000): *Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the Short Physical Performance Battery*. *J Gerontol Med Sci.*; 55(4): 221–231
- [6.] Kalvach Z., Zadák Z., Jiráček R., Zavázalová H., Sucharda P. (2004): *Geriatric a gerontologie*. Praha: Grada Publishing, 864 s.
- [7.] Onder G., Penninx B.W., Ferrucci L., Fried L.P., Guralnik J., Pahor M. (2003): *Measures of physical performance and risk for progressive and catastrophic disability: Results from the Women's Health and Aging Study*. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.*; 60A:74–79
- [8.] *SPSS (2007): 17.0 Command Syntax Reference, Chicago, IL 60606–6412*
- [9.] Schuler M., Oster P. (2010): *Geriatric od A do Z pro sestry*. Praha: Grada Publishing, 333 s.
- [10.] Topinková E: *Geriatric pro praxi*. Praha: Galen, 2005, 270 s.
- [11.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Geriatric>
- [12.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Gerontologie>
- [13.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Reliabilita>

Kontakt:

RNDr. Jaromír Běláček, CSc.

Ústav biofyziky a informatiky 1. LF UK a VFN

Praha

Salmovská 1, 121 08 Praha 2

tel: +420 22496 5706

e-mail: jaromir.belacek@lf1.cuni.cz;

<http://biof.lf1.cuni.cz/biostat.html>

MUDr. Marie Berková, Ph.D.

MUDr. Pavla Mádlová

Prof. MUDr. Eva Topinková, CSc.

Geriatrická klinika 1. LF UK a VFN Praha

Londýnská 15, 120 00 Praha 2

tel: +420 222 537 4110 resp. I. 4112, 4116

e-mail: marie.berkova@lf1.cuni.cz;

pavla.madlova@lf1.cuni.cz;

CCD KAMERY PRO SNÍMÁNÍ EXTRÉMNĚ SLABÝCH SVĚTELNÝCH ZDROJŮ

Pavel Cagaš, Roman Cagaš, Jiří Kofránek

Anotace

CCD čipy způsobily technologický přelom v řadě oborů. Používají se v digitálních fotoaparátech, digitálních filmových kamerách a ve webových kamerách, jsou součástí telefonů a tabletů. Jsou vstupním médiem pro řadu řídicích a měřících aplikací v průmyslové automatizaci, využívajících technologii strojového vidění. Zvláštní význam mají speciální přesné CCD kamery pro měření extrémně slabých zdrojů světla, které způsobily zásadní převrat v astronomii, kde výrazně posunuly možnosti nejen profesionálních, ale i amatérských astronomů. Velký přínos těchto speciálních kamer mají aplikace v lékařství a v měřících přístrojích využívaných v molekulárně-genetickém výzkumu, kde se využívají pro přesné kvantitativní vyhodnocení fluorescence, často kombinované s robotizovanou přípravou laboratorních vzorků. Tyto kamery vyrábí jen několik firem na světě. Jednou z nich je i společnost Moravské Přístroje, která je jednou z mála firem na světě, které tuto vysoce složitou technologii zvládly. V propojení s programovým prostředím pro počítačové vidění Vision Lab, které je nadstavbou vývojového nástroje Control Web, se tak nabízí velmi sofistikovaný nástroj pro vývoj robotizovaných biotechnologických zařízení s vysokou přidanou hodnotou.

Klíčová slova:

Analýza obrazu, biotechnologie, CCD kamery, strojové vidění

1. Úvod

Setkáváme se s nimi všichni. Na pokladnách supermarketů nám jejich pomocí snímají čárový kód ze zakoupeného zboží. V chytrých telefonech nám nabízejí možnost mít fotoaparát stále po ruce. Jsou součástí moderních tabletů, ale také i moderních astronomických dalekohledů, včetně Hubbleova teleskopu, který na oběžné dráze snímá hluboký vesmír. Umožňují nám pomocí webových kamer vést videohovory přes Skype. Jsou ukryté v bezpečnostních kamerách, které nás „šmírují“ v bance, v metru a na mnohých jiných místech. Máme je v digitálních fotoaparátech, které nás naučily zapomenout na někdejší šetření omezeného místa políccích barevného kinofilmu. Způsobily, že kamery již nejsou pouze nástrojem pro filmové profesionály, ale se staly masově dostupným zbožím. Jsou také i důležitou komponentou pro řadu speciálních zařízení v průmyslu, lékařství i ve výzkumu, kde jsou vstupním médiem pro řídicí a měřící aplikace, využívající technologii strojového vidění.

Jde o speciální tzv. CCD (Charge Coupled Devices) detektory, které jsou srdcem všech zařízení detekujících světlo. Vznikly v Bellových laboratořích vlastně omylem jako vedlejší produkt při výzkumu nových paměťových

prvků pro počítače. Vynalezli je pánové Williard Boyle a George E. Smith. Práce se původně týkaly vývoje nového typu paměťového registru, který se chová podobně jako CCD čip bez přístupu světla. Bouyle vzpomíná, že v roce 1969 práce na vynálezu CCD fakticky trvala asi hodinu: nejprve se Smithem na tabuli načrtli několik obrázků a pak prostě šli do laboratoře první jednoduché CCD zrealizovat [2]. O sedmáct let později, v roce 2006 za tento vynález dostali Nobelovu cenu.

2. Přesné CCD kamery pro měření extrémně slabých zdrojů světla

Mezi zařízeními, využívajícími CCD detektory mají zvláštní význam speciální přesné CCD kamery pro měření extrémně slabých zdrojů světla, které způsobily revoluci v pozorovací astronomii srovnatelnou s vynálezem dalekohledu. CCD jsou velmi citlivé detektory a jejich odezva na osvětlení je lineární. Jsou mechanicky stabilní a především CCD kamery poskytují snímky přímo v digitální podobě, bezprostředně zpracovatelné pomocí počítačů. Tyto kamery výrazně posunuly možnosti nejen profesionálních, ale i amatérských astronomů.

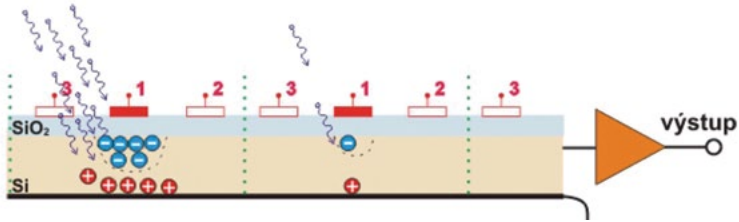
Velký přínos těchto speciálních kamer mají aplikace v lékařství a v měřících přístrojích využívaných v molekulárně-genetickém výzkumu, kde se využívají pro přesné kvantitativní vyhodnocení fluorescence, často kombinované s robotizovanou přípravou laboratorních vzorků.

3. Princip činnosti CCD čipů

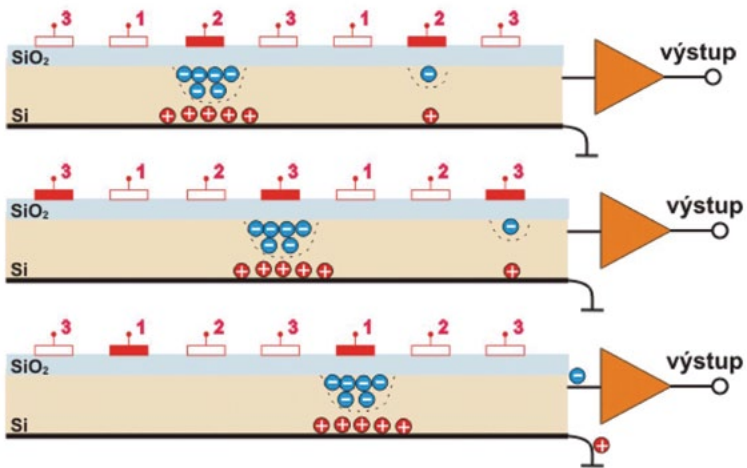
Základní princip práce CCD je poměrně jednoduchý – přicházející světlo vytváří v polovodiči elektrický náboj (elektrony) – viz obr. 1. Elektrony se nemohou volně pohybovat po čipu, neboť na čipu jsou vytvořeny svislé negativní potenciálové valy (odpuující elektrony). Systém vodorovných elektrod, rovněž s negativním nábojem, vytváří na čipu mřížku tzv. „potenciálových studní“, z nich elektrony nemohou uniknout. Každá potenciálová studna vytváří a reprezentuje jeden obrazový bod (tzv. „pixel“ z anglického picture element), tedy nejmenší čtvereček obrazu. Počet pixelů v horizontálním a vertikálním směru stejně jako velikost pixelu tvoří jednu z nezákladnějších charakteristik CCD čipu. Pixely vystavené většímu množství světla naakumulují více elektronů a naopak. Jedna ze základních výhod CCD čipů ve srovnání s lidským okem tedy je schopnost akumulace náboje po dlouhou dobu. CCD tak mohou postupně nashromáždit dostatek světla i z velmi slabých světelných zdrojů.

Ne každý foton vygeneruje ale v čipu zachytitelný elektron. Jedním z charakteristik čipu je tzv. **kvantová účinnost CCD čipu** (anglicky **quantum efficiency – QE**), která určuje kolik fotonů dopadajících na čip je přeměněno na signál. Např. QE kolem 30% znamená, že přibližně každý třetí foton vygeneruje elektron.

CCD čip je pokryt sítí elektrod, která udržuje světlem uvolněné elektrony v pixelech. Ale struktura elektrod je poněkud komplikovanější. Pokud se na



Obrázek 1— Expozice obrazu. Na elektrody označené na obrázku číslem 1 se přivede kladné napětí a na CCD se nechá působit světlo (například v digitálním fotoaparátu se otevře závěrka). Dopadající fotony excitují v polovodiči elektrony, které jsou pak přitahovány ke kladně nabitým elektrodám. Po elektronech zbudou v polovodiči tzv. díry, které vůči svému okolí vykazují kladný náboj a ty jsou naopak přitahovány elektrodou na spodku CCD. Hranice pixelů jsou na obrázku znázorněny svislými tečkovanými čarami. Protože na pixel vlevo dopadlo více fotonů, je u jeho elektrody shromážděno více elektronů než u pixelu vpravo (obrázek převzat z [1] se svolením autora).



Obrázek 2 — Snímání obrazu Po uzavření závěrky se začne na množiny elektrod 1, 2 a 3 přivádět trojfázový hodinový signál (existují i CCD se čtyřfázovým nebo naopak dvoufázovým čtením, podrobněji viz např. v [3]). To v praxi znamená, že na elektrodách 2 se začne pozvolna zvyšovat napětí, zatímco na elektrodách 1 se souběžně snižuje. Díky tomu jsou shluky elektronů přitahovány pod elektrody 2. Následně se celý děj opakuje mezi elektrodami 2 a 3, dále mezi 3 a 1 a tak stále dokola. Shluky elektronů z jednotlivých pixelů se tak posouvají přes sousední pixely směrem k výstupnímu zesilovači (na obrázcích vpravo). Tento zesilovač pak zesílí malý proud odpovídající počtu nacytaných elektronů v jednotlivých pixelech na napětěové úrovni vhodné pro další zpracování obrazu (obrázek převzat z [1] se svolením autora).

elektrody přivede různé napětí, elektrony mohou být „přelévány“ z jedné nábojové studny do sousední (obr. 2). Tak je možné náboj posouvat po ploše čipu. Tento proces je používán, když je potřeba informací z CCD čipu vyčíst. Balíky elektronů, reprezentující jednotlivé pixely, jsou posouvány do výstupního zesilovače, kde je elektrický náboj převeden na napětí. Toto napětí se objeví na výstupním pinu CCD čipu. Elektronika kamery pak musí toto napětí změřit (převést na číslo pomocí analogově/digitálního převodníku, anglicky Analog/Digital Converter – ADC) pro každý pixel. Informace o náboji akumulovaném v každém pixelu (a tedy o množství světla, která do každého pixelu dopadla) tvoří datový soubor reprezentující obrázek.

Pixely mohou být v CCD čipu organizovány několika způsoby:

Jediná řada pixelů tvoří **lineární CCD**. Lineární CCD bývají používány když je zapotřebí snímat pouze jednorozměrný obraz (např. při detekci spektra). I dvourozměrný obraz ale může být vytvořen s pomocí lineárního snímače – stačí aby se detektor nebo cílový objekt pohyboval a obraz je vytvořen postupným snímáním řádek po řádku. Tento princip je použit např. u skeneru dokumentů – detektor spolu s optikou se posouvá vzhledem ke snímanému dokumentu a obraz se vytváří řádek po řádku. Také kamery v družicích a sondách obíhajících kolem zkoumaných planet často používají tento princip – orbitální pohyb družice je použit k vytváření obrazu povrchu řádek po řádku.

Pixely vytvořené v matici na křemíkovém čipu vytvářejí **maticový CCD**. Maticový CCD detektor snímá obrázek najednou. Používají se v digitálních fotoaparátech, kamerách a také v astronomických CCD kamerách.

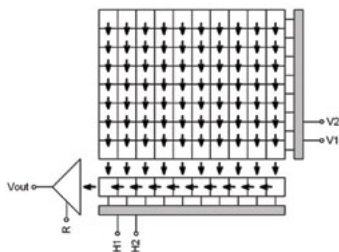
Pixely akumulující světlo jsou v maticových CCD organizovány do sloupců. Změnami napětí na vertikálních elektrodách je možné celý obraz posunout podél obrazových sloupců o jeden řádek dolů. To znamená, že každý řádek se posune o jeden řádek dolů, pouze nejnižší řádek se přesune do tzv. horizontálního registru. Horizontální registr může být posouván pomocí horizontálních elektrod do výstupního zesilovače. Čtení maticového CCD tedy představuje svislý posun obrazu do horizontálního registru prokládaný vodorovným posunem pixelů horizontálního registru do výstupního zesilovače a digitalizací jeho hodnoty.

4. Maticové CCD snímače

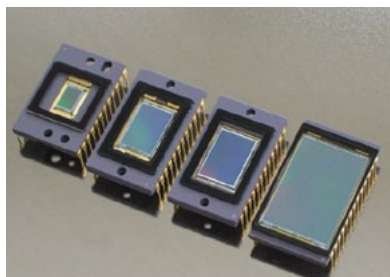
Maticové CCD snímače mají různé konstrukce:

Full Frame (FF) vystavuje celou svou plochu světlu. Během čtení FF čipu je nezbytné použít mechanickou závěrku, jinak by dopadající světlo rozmazalo čtený obraz. FF čipy jsou nevhodnější ke snímání slabých zdrojů světla v astronomii, protože snímají světlo největší plochou (obr. 3 a 4). Všechny CCD čipy se skutečně vysokou kvantovou účinností jsou FF čipy.

Frame Transfer (FT) čipy se skládají ze dvou oblastí. Jedna je vystavena světlu (Imaging Area – IA) a druhá je překryta neprůhlednou vrstvou (Storage Area – SA). Jakmile je expozice ukončena, obraz je velice rychle přenesen



Obrázek 3 — Schéma FF čipu (počet vertikálních a horizontálních elektrod se liší v závislosti na architektuře čipu)



Obrázek 4 — FF CCD čipy firmy Kodak: KAF-0402ME, KAF-1603ME, KAF-3200ME a KAF-6303E

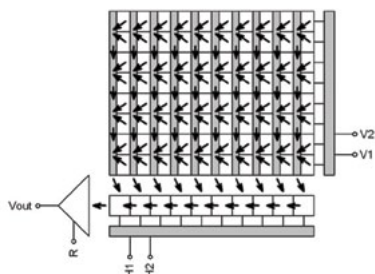
a IA do SA. SA je následně relativně pomalu posouvána do horizontálního registru a digitalizována bez nebezpečí rozmazání dopadajícím světlem. Tato vlastnost je také nazývána „elektronická závěrka“. Nicméně tento způsob vyčítání má své limity. Především elektronická závěrka nedovoluje exponovat temné snímky – kamera musí být vybavena mechanickou závěrkou tak jako tak jinak nebude schopna pořizovat temné snímky automaticky, bez obtěžování pozorovatele zakrýváním tubusu (což může být u otevřeného tubusu dost velký problém). Ačkoliv je SA zakryta před příchozím světlem, zejména u jasných zdrojů světla (jako je např. Měsíc) hrozí přetékání náboje z IA do SA během vyčítání.

Významnou negativní vlastností FT čipů je jejich cena. Výroba velkých křemíkových čipů bez vadných pixelů je velmi drahá a FT čipy mají dvojnásobnou plochu ve srovnání s FF čipy. To je také jeden z důvodů proč se od výroby FT čipů postupně upouští.

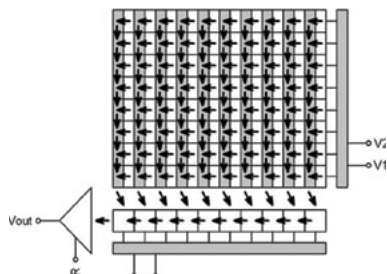
Interline Transfer (IT) čipy pracují podobně jako FT (také jsou vybaveny elektronickou závěrkou), ale jejich zacloněná plocha je prokládána s aktivní citlivou plochou. Každý lichý sloupec akumuluje světlo, sudé sloupce jsou překryty neprůhlednou vrstvou. Jakmile expozice skončí, liché sloupce jsou velice rychle přesunuty do sudých sloupců. Ty jsou pak postupně posouvány do horizontálního registru a digitalizovány. Rozkládání aktivních a neaktivních sloupců omezuje plochu, kterou čip shromažďuje světlo. Tento efekt může být částečně kompenzován pokročilými výrobními postupy (např. aplikací mikročoček) popsanými dále.

Z historických důvodů je televizní signál tvořen nikoliv posloupností jednotlivých obrazů, ale střídajícími se snímky o polovičním počtu řádků, tzv. pálsnímků. Lichý pálsnímek tak obsahuje řádky 1, 3, 5 atd., sudý pálsnímek pak řádky 2, 4, 6, atd. Těmto konvencím se přizpůsobili i výrobci CCD čipů a pozměnili architekturu snímačů používaných v televizní technice tak, aby tyto CCD čipy rovněž dokázaly vyčítat jednotlivé pálsnímků.

Ovšem pokud by byl vyčítán vždy pouze každý druhý řádek, citlivost snímače by značně utrpěla (50% informace by se při čtení zahodilo). Proto



Obrázek 5 — Schéma IT čipu s prokládaným čtením (čtení sudého pulsničku)



Obrázek 6 — Schéma IT čipu s progresivním čtením

u klasických „televizních“ CCD čipů jsou exponované řádky elektronicky sečteny (viz. binning) tak, že lichý pulsniček obsahuje nejprve samotný první řádek, následovaný součtem 2. a 3. řádku, součtem 4. a 5. řádku atd. Sudý pulsniček pak sečte 1. a 2. řádek, 3. a 4. řádek atd.

Tato architektura čipu je označována jako – interlaced read (viz obr. 5). Oproti tomu architektura čipu umožňující vyčíst všechny pixely najednou je označována jako progressive read (obr. 6).

Přes implementaci mikročoček zmenšuje zastínění sloupců citlivost IT CCD čipů oproti FF čipům. Nemá-li být podstatně zhoršena dynamika čipu daná kapacitou každého pixelu, musí být zastíněné sloupce prakticky stejně široké, jako aktivní sloupce. Zúžení zastíněných sloupců a tím i zvýšení kvantové účinnosti přináší kombinace obou způsobů vyčítání IT čipů, označované jako frame read. Vždy dva aktivní pixely nad sebou sdílí v zastíněném sloupci jediný pixel. Zastíněný sloupec tak může mít poloviční šířku ve srovnání s aktivním sloupcem a přesto plocha pixelu (a tím i jeho kapacita) zůstávají stejné. Při vyčítání přitom nejsou do zastíněného pixelu sečítány pixely sousedních řádků, ale nejprve je přečten lichý pulsniček, přitom náboj v sudém pulsničku je zachován v aktivních pixelech. Poté je přečten sudý pulsniček.

Poznamenejme, že tento způsob vyčítání vyžaduje použití mechanické závěrky – během vyčítání lichého pulsničku pixely sudého pulsničku stále akumulují světlo. Tato architektura čipu je zpravidla užívána u snímačů používaných v digitálních fotoaparátech.

Řada levných astronomických kamer s nízkým rozlišením používá interlaced CCD čipy pro jejich relativně vysokou citlivost a nízkou cenu. Ovšem pro dlouhé expozice, obvyklé u astronomických snímků, není možné vyčíst pouze jeden pulsniček, je potřeba přečíst obraz v plném rozlišení čipu. Zpravidla i interlaced čipy více či méně dovolují vyčtení obdobné frame read čipům, tedy dvou následujících pulsničků bez sčítání sousedních řádků. Snímky z takových kamer lze ale snadno rozlišit podle kontur prozrazujících prokládání pulsničků, protože takový mód není výrobcí přímo podporován a pulsničky bývají často poněkud rozdílné.

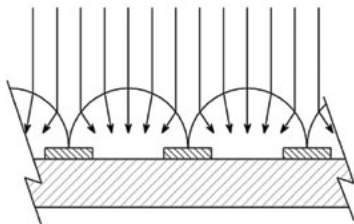
6. Ovlivnění obrazové kvality CCD čipů

Kvantová účinnost (QE) CCD čipů je ovlivňována řadou výrobních technologií:

Efekt zastínění čipu elektrodami na povrchu lze zmírnit použitím transparentního materiálu k výrobě elektrod.

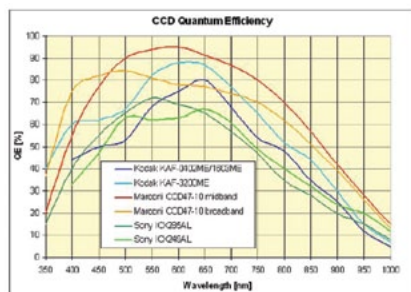
Výrobci mohou vytvořit malé cylindrické čočky nad každým obrazovým sloupcem (obr. 7). Tyto čočky soustředí světlo z oblastí na světlo necitlivých (např. skladové sloupce IT čipů) do oblastí citlivých. Zvláště IT čipy mají z použití mikročoček největší prospěch, ale mikročočky mohou významně zvýšit QE i u FF čipů.

Nejvyšší možné QE lze dosáhnout použitím tenčených čipů osvětlovaných zezadu (anglicky back-illuminated CCD). Tyto čipy jsou zapouzdřeny „vzhůru nohama“, takže elektrody jsou na spodní straně čipu a neblokují přicházející světlo. Čip je velmi ztenčen. Prakticky celá zadní strana čipu je tedy vystavena světlu. Výroba tenčených čipů je ale velmi náročná a čipy jsou relativně drahé. Osvětlení zezadu také může způsobovat některé negativní efekty, jako jsou např. interferenční obrazce způsobené infračerveným zářením atmosféry apod.

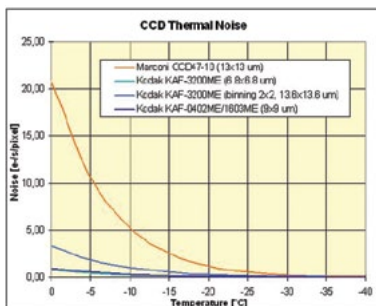


Obrázek 7 — Využití mikročoček pro zlepšení QE

Výsledná obrazová kvalita ale není určena pouze úrovní zachyceného signálu, ale **poměrem signál/šum**. Např. čip s dvojnásobnou QE při čtyřnásobném šumu poskytne obraz s polovičním poměrem signál/šum. To znamená, že i poněkud méně citlivý čip s velmi nízkým tepelným šumem může ve výsledku poskytnout lepší výsledky než srovnatelně chlazený vysoce citlivý čip v velkém tepelném šumem (viz obr. 8 a 9). Např. klasický (zepředu osvětlený) FF čip Kodak KAF-3200ME má mírně menší QE ve srovnání se zezadu osvětlovaným



Obrázek 8 — Kvantová účinnost některých populárních CCD čipů.



Obrázek 9 — Typický temný proud ($v_e-/s/\text{pixel}$) pro zezadu osvětlovaný Marconi CCD47-10 a zepředu osvětlovaný Kodak KAF-3200ME a KAF-1603ME

Marconi CCD47–10, ale při teplotě $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ vykazuje pouze 1/12 jeho temného proudu. Dokonce i pokud KAF–3200ME pracuje s binningem 2×2 pixely aby dosáhl podobné velikosti pixelu jako CCD47–10 ($13.6\text{ }\mu\text{m}$ vs. $13\text{ }\mu\text{m}$), temný proud zůstává $3\times$ nižší. V tomto případě je nezbytné chladit CCD47–10 až na $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ aby bylo dosaženo srovnatelného temného proudu a vyšší QE byla zužitkována.

7. Slučování pixelů (binning)

Jedna z důležitých vlastností CCD čipů, často využívaná v astronomických aplikacích, je schopnost „slévat“ náboje okolních pixelů během vyčítání (anglicky je toto slévání označováno binning). Náboj digitalizovaný ve výstupním uzlu tak představuje součet osvětlení pixelů slitých dohromady.

Pixely je možné slévat v horizontálním i vertikálním směru. Horizontální binning vznikne, když je horizontální registr posunut vícekrát aniž by byl mezi jednotlivými posuny inicializován výstupní bod čipu. Vertikální binning vznikne, když je obraz vertikálně posunut do horizontálního registru aniž by byl mezi posuny horizontální registr vyčten. Kombinace horizontálního i vertikálního binningu vede k nahrazení čtverce nebo obdélníku sousedních pixelů jediným bodem obrazu. Například binning 2×2 je kombinací $2\times$ vertikálního a $2\times$ horizontálního binningu. Maximální počet pixelů, které je možno slít, zpravidla závisí na elektronice kamery a na jejím firmware. Některé kamery dovolují jen určité předdefinované kombinace binningu (např. 2×2 a 3×3), případně dovolují libovolně kombinovat binning v určitém rozsahu (např. 1–4 v horizontálním a 1–16 ve vertikálním směru apod.).

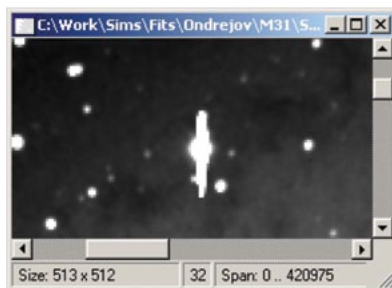
Jakou výhodu přináší vyčítání CCD čipu s binningem? Rozlišení výsledného obrazu (počet pixelů) je menší, ale citlivost čipů výrazně roste. V případě binningu 2×2 představuje každý bod obrazu součet 4 pixelů a signál je tedy $4\times$ větší. Binning je také velmi užitečný pokud jsou pixely kamery podstatně menší než nejmenší detail který daný dalekohled dokáže zobrazit, ať již z důvodu neklidu vzduchu, dlouhé ohniskové vzdálenosti apod. Binning v takovém případě zvýší citlivost, zrychlí digitalizaci a zmenší objem dat, aniž by omezil úhlové rozlišení – obraz v plném rozlišení by byl zbytečně převzorkovaný. Pro moderní CCD kamery s miliony relativně malých pixelů je binning stále důležitější.

Poznamenejme také že moderní software pro zpracování astronomických snímků obsahuje filtry které dokáží efekt rozkvětání odstranit. Aplikování takových filtrů je ale akceptovatelné pouze pro snímky pořízené pro estetické účely.

8. Rozkvětání digitálních fotografií

Tzv. „blooming“ (česky rozkvětání) nastává, když je pixel osvětlen takovým množstvím světla, že generovaný náboj nemůže být uchován v jeho potenciálové studni a elektrony začnou přetékat do sousedních pixelů. Na obraze se pak objeví typické pruhy u jasných bodů (obr. 10).

Některé CCD mají speciální elektrody určené k odvodu přebytečného náboje. Tyto elektrody jsou nazývány „anti-blooming gate“ (zkratka ABG). To může být výhodou u uměleckého fotografování, avšak pro přesná fotometrická měření to může přinášet problémy. U fotometrických měření preferujeme lineární odezvu na světlo. Problém s AGB elektrodami je, že odvádí náboj nikoliv ostře od určité hranice blízko saturace pixelu, ale zakřivují charakteristiku odezvy ještě daleko před dosažením saturace. Toto zakřivení je právě velmi nežádoucí nelinearita. Proto CCD s ABG mají obecně menší citlivost a nejsou vhodné pro fotometrické aplikace.



Obrázek 10 — Efekt přetékání (blooming) saturovaného obrazu hvězdy

Profesionální astronomové a rovněž seriózní amatéři proto preferují CCD bez ABG elektrod. Rozkvetlé hvězdy buď nejsou důležité, protože astronom se zajímá o mnohem slabší objekty mimo přetečený náboj, nebo (pokud je vzhled obrázku důležitý) lze vytvořit obraz jako součet kratších expozic, které ještě nezpůsobují blooming.

9. CCD kamery pro astronomii a pro přesná fotometrická měření

CCD detektory zcela ovládly zobrazování v astronomii, z fotografování na klasický film udělaly zcela zastaralý způsob záznamu obrazu. A nejen v astronomii, ale celé oblast fotografie opouští filmy a využívá elektronické detektory světla, které mají před fotografiemi řadu výhod:

9.1 Vyšší citlivost

Už první CCD čipy nabízely nesrovnatelně vyšší citlivost na světlo ve srovnání s filmem, ale trpěly malou obrazovou plochou, vysokým šumem, vysokou cenou a malým rozlišením. Dnes jsou všechny tyto nevýhody eliminovány – CCDs nabízí lepší rozlišení, obrazové pole srovnatelné s 35 mm filmem, nízký šum a jejich cena se stále snižuje. Zůstávají jen významné výhody:

CCD jsou podstatně citlivější než film. Kvantová účinnost CCD čipů v digitálních fotoaparátech se pohybuje kolem 20 až 30 %. Ale QE CCD čipů používaných v kvalitních astronomických kamerách může být 60 nebo i 80 % a tenčené, zezadu osvětlované čipy mohou dosáhnout QE přes 90 %. Velmi citlivý film dosáhne QE kolem 3 nebo 5 %. Každý astronom, který strávil noci dlouhými expozicemi shromažďujícími světlo přicházející z nějaké vzdálené galaxie, skutečně ocení, když jen 20 fotonů přijde nazmar na místo ztráty 95 až 98 fotonů z každé stovky.

9.2 Lineární odezva na světlo

CCD mají lineární odezvu na světlo. Alespoň CCD čipy bez tzv. „anti-blooming“ elektrod jsou lineární, na rozdíl od filmů, jejichž odezva je velice nelineární. Proč je to důležité? Lineární odezva je klíčová pro precizní fotometrická měření. Pokud srovnáváme signál (hodnotu pixelů) dvou hvězd na CCD snímku, můžeme se spolehnout, že jejich tok záření je ve stejném poměru jako jsou hodnoty pixelů. Tento poměr nebude stejný, pokud by detektor převádějící světelný tok na signál nebyl lineární a měření jasnosti by bylo postiženo značnou chybou.

9.3 Stále mechanické rozměry

Křemíkový čip, na němž je CCD vyroben, má velice stále mechanické rozměry. Precizně definované a stále rozměry dovolují provádět precizní astrometrická měření. Na CCD snímku lze měřit polohu hvězdy (nebo planetky, komety, supernovy apod.) s přesností asi 1/10 úhlového rozměru jednoho pixelu. Každý amatér tak může provádět astrometrická pozorování s rozlišením zlomků úhlové vteřiny. Taková přesnost byla před pár desítkami let vyhrazena pouze několika profesionálním pracovištím.

Pouze fotografie pořízené na skleněné desky vykazují srovnatelnou rozměrovou stabilitu. Film je mnohem méně stabilní a poziční měření na filmu ovlivňuje jeho vlhkost, mechanické namáhání, věk apod. I v případě použití fotografických desek je ale zapotřebí obraz z filmu digitalizovat, aby jej bylo možné zpracovat počítačem. V případě použití CCD čipů je obraz k dispozici přímo v digitální podobě. Takže poslední a velice důležitá výhoda CCD čipů je:

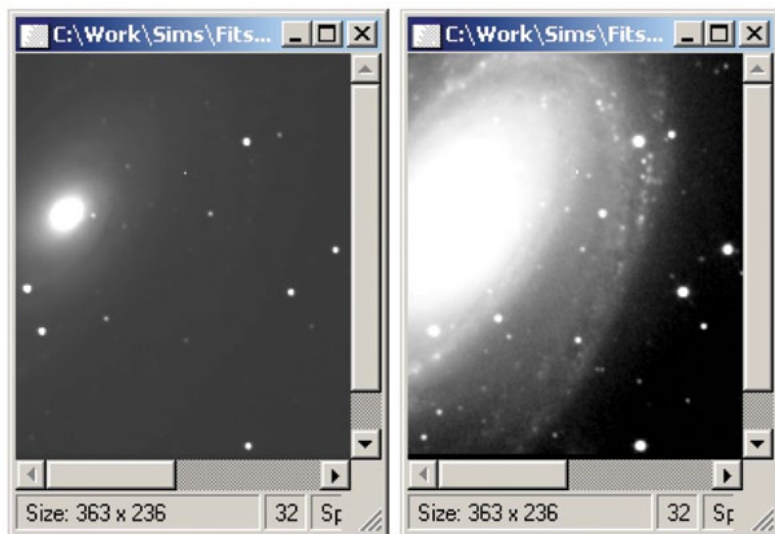
9.4 Výsledkem je datový soubor

Obrazy pořízené CCD kamerou jsou datové soubory, bezprostředně zpracovatelné pomocí počítačů. To je skutečně nedocenitelná výhoda. Astronomové oceňují digitální podobu snímků od okamžiku jejich stažení z kamery do počítače až po jejich finální zpracování a uchování. Snímek je možné prohlédnout jen několik sekund poté co se zavře závěrka kamery. Je snadné se ubezpečit, že objekt je ve středu pole a že dalekohled je správně zaostřen. Objevil se na snímku nový objekt? Dejte vědět kolegům okamžitě, ne až druhý den, nebo po týdnu, až vyvoláte film.

Digitální zpracování dovoluje tzv. „stretching“ (natahování) rozsahu intenzit prohlížených obrazů, aby se eliminoval jas oblohy a zvýraznily části, o které máme zájem (obr. 11).

Jediná expozice může být snadno rozložena do řady kratších expozic a ty mohou být elektronicky sečteny. To dovoluje použití méně stabilních montáží – kratší expozice jsou méně náročné na přesnost chodu. Jedna nešťastná událost, jako např. posvícení svítilnou do tubusu nebo náraz do montáže a roztrpání tubusu, nezničí celou dlouhou expozici, stačí vynechat jeden snímek z řady.

Skládání více expozic také zvyšuje dynamický rozsah snímku. Sečtená výsledná jasnost snadno přesáhne saturační úroveň jediného snímku. Signál



Obrázek 11 — Obraz galaxie M81 zobrazený v celé škále (vlevo) a z nataženými hodnotami černé a bílé (vpravo).

z jasných hvězd může dosáhnout stovek tisíc nebo i milionů jednotek, zatím co slabá galaxie na stejném snímku jen desítek či stovek jednotek.

Jak již bylo řečeno, digitální obraz je okamžitě k dispozici pro zpracování, ať už fotometrické, astrometrické, apod. Velmi důležitý atribut digitálních snímků je skutečnost, že jediný nástroj, který potřebujeme k jejich zpracování, je počítač (a vhodný software), který ale každý tak jako tak již má, aby mohl pracovat s CCD kamerou. Žádné další specializovaná a velmi drahá zařízení, jako např. fotometry, blink-komparátory, mikrometrické mikroskopy apod. nejsou zapotřebí.

Digitální snímky mohou být snadno archivovány, rozmnožovány, odeslány kolegům elektronickou poštou, publikovány na WWW apod.

10. Několik slov o barvách

Lidé jsou zvyklí vidat jen barevné obrazy. Černobílé fotografie zmizely spolu s černobílými časopisy a televizory (samozřejmě s výjimkou fotografií, u nichž je omezená barevnost součástí výtvarného záměru). V případě digitálních fotoaparátů dokonce ani žádné černobílé neexistovaly – už první 1 MPx modely snímaly barevně.

Abychom vytvořili barevný obraz, potřebujeme snímat zvláště ve třech barvách, obvykle v červené, zelené a modré. Ale CCD snímač je citlivý na všechny barvy a dokonce zasahuje i mimo viditelné spektrum do blízké infra-červené oblasti. K detekci pouze požadované barvy je tedy zapotřebí světlo filtrovat.

V principu lze filtry k vytvoření barevného obrazu použít dvěma způsoby:

- Je možné exponovat samostatné snímky s monochromním čipem přes červený, zelený a modrý filtr. Expozice barevného obrazu tímto způsobem chvíli trvá (je nezbytné měnit mezi expozicemi filtry), takže tento princip nelze použít u rychle se pohybujících objektů.
- Je také možné aplikovat filtry přímo na CCD pixely. Barevný obraz je pak možné získat jedinou expozicí. Nevýhodou je, že rozlišení a citlivost takového CCD čipu ve srovnání s monochromním je nižší.

Obě řešení mají své výhody a nevýhody, oba způsoby jsou používány v různých situacích. Veškeré video kamery, digitální fotoaparáty, webové kamery apod. používají detektory s barevnou maskou. První barevné CCD snímače pracovaly s celým sloupcem pixelů zakrytým jednou barevnou maskou – první sloupec byl červený, druhý zelený, třetí modrý, čtvrtý opět červený atd. Obrazový bod s úplnou barevnou informací byl vytvořen ze tří sousedních pixelů. Ačkoliv pixely u takových čipů byly protáhlé do výšky, přeci jen bylo vodorovné rozlišení takového čipu omezeno.

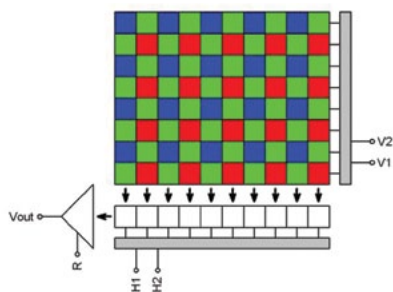
Dnešní barevné CCD čipy používají tzv. Bayerovy masky. Tato maska kryje jednotlivé pixely různými filtry ve vzoru šachovnice (viz obr. 12).

Zpracování obrazů z barevného čipu spoléhá na skutečnost, že lidské oko je mnohem citlivější na změnu jasu než na změnu barvy (stejně jako běžný televizní signál, který přenáší barevnou informaci s pouhou 1/4 šířky pásma ve srovnání s jasovou informací). Bayerova maska téměř zachová rozlišení čipu v jasové složce – je ji možné dopočítat pro každý pixel z barevné informace okolních pixelů jen s malou chybou. Barevná informace je pro každý pixel dopočítána rovněž z okolních pixelů s již znatelně větší chybou, to ale lidskému oku nevádí.

Poznámka:

Každý červený (Red), zelený (Green) a modrý (Blue) filtr propustí asi 1/3 viditelného spektra. Je ale možné použít jiné barevné schéma s doplňkovými barvami – modrozelená (Cyan), fialová (Magenta) a žlutá (Yellow) – a vytvořit z něj úplnou barevnou informaci. Výhodou CMY filtrů je, že každá doplňková barva propouští 2/3 viditelného spektra. Každý pixel překrytý C, M nebo Y filtrem tak zachytí 2× více světla ve srovnání s RGB filtry. Takže CMY barevné čipy mohou být až 2× citlivější ve srovnání s RGB čipy.

Věci ale nejsou tak jednoduché. Vyrobit filtry propouštějící R, G a B případně C a Y světlo je relativně snadné. Ale fialová (M) je doplněk k zelené, takže filtr propouštějící fialovou by měl propustit červenou, blokovat zelenou a opět propustit modrou barvu. Výroba takového filtru jako kombinace skel



Obrázek 12 — Bayerova maska

(např. v 1,25'' objímce) je stále relativně dostupná. Ale vyrobit takový filtr na vybraných pixelech CCD čipu je velice náročné.

Někteří výrobci proto kombinují CMY filtry se zeleným filtrem (čip je šachovnicově pokryt prokládanými M, G, M, G, ... a C, Y, C, Y, ... řádky). Barevná reprodukce stále není perfektní a CMYG čipy jsou určeny spíše pro citlivé video kamery s nízkým rozlišením.

Ačkoliv se barevné CCD čipy výborně hodí pro digitální fotoaparáty a videokamery, astronomové jich používají jen velmi výjimečně. Zejména amatéři, zajímající se o snímání hezkých obrázků oblohy s co nejmenším úsilím, dávají přednost kamerám s barevnými čipy. Ale většina amatérů, stejně jako všichni profesionálové používají monochromní čipy a separátní filtry. Stejně tak kamery na družicích a vesmírných sondách jsou vybaveny monochromními čipy. Tyto čipy jsou obecně vhodnější pro astronomické aplikace a pro měřicí aplikace z řady důvodů:

Především monochromní čip může s použitím filtrů vytvořit barevný obraz. Tento obraz je zpravidla vyšší kvality než obraz z barevného čipu. Ale barevný čip může vytvořit monochromní obraz jen za cenu ztráty rozlišení a omezení citlivosti.

Barevný CCD čip má jednu pevnou masku barevných filtrů bez možnosti filtry měnit nebo zcela odstranit. Řada aplikací vyžaduje snímání bez filtrů s maximální citlivostí a barevná informace není podstatná. Jiné aplikace vyžadují snímání v jediné oblasti spektra. Monochromní čip může pořízovat úzkopásmové snímky v čáře H α , OIII, etc. Profesionálové preferují standardní sadu (U)BVRI filtrů pro fotometrická měření na místo (L)RGB filtrů vhodných pro barevnou fotografii apod.

Barevné čipy mají menší kvantovou účinnost než monochromní. Omezení QE barevnými filtry z 80 % na asi 25 % v řadě aplikací plýtvá světlem.

Objektivy digitálních fotoaparátů jsou zpravidla vyrobeny tak, že nejmenší zobrazené detaily zabírají na použitých CCD čipech několik pixelů. Jediný pixel tedy není příliš důležitý, nejmenší detaily jich tak jako tak zaberou několik. To v astronomii neplatí. Hvězda vykreslená na CCD čipu zabírá jen několik pixelů. Interpolace barev a jasu z okolních pixelů tak zavádí významnou chybu a zabraňuje preciznímu měření polohy a jasnosti.

Barevné CCD čipy nedovolují požit binning. Binning by pomíchal pixely různých barev barevná informace by byla ztracena.

Barevné čipy nedovolují tzv. Time Delay Integration (nebo Drift-Scan Integration). Obraz putuje po vertikálních linkách CCD čipu synchronizované s vertikálním posunem obrazu v čipu. Obraz je pak vyčítán v přesných intervalech řádek po řádku. TDI dovoluje snímat dlouhé pruhy oblohy o šířce dané šířkou CCD čipu a délkou danou jen dobou expozice. Posun obrazu zpravidla zajišťuje rotace Země. TDI lze tedy používat na statických dalekohledech na montáži bez motorového posunu.

Monochromní čipy mohou snímat barevné obrazy nejen snímáním přes barevné RGB filtry. Je možné kombinovat vysoce kvalitní jasový snímek

pořízený bez filtru s kratšími barevnými expozicemi poskytujícími jen barevnou informaci (taková technika se označuje LRGB). Protože barevná informace je méně důležitá, je možné zvýšit citlivost čipu při snímání barevných částí binningem za cenu ztráty rozlišení a pouze jasovou složku snímat při plném rozlišení. Výhoda monochromních čipů s barevnými filtry se poněkud vytrácí, pokud je nutno filtry měnit ručně. Filtrové kolo (nejlépe integrované přímo v kameře) dovoluje programovou výměnu filtrů. Pro automatizované dalekohledy je to přímo nezbytné.

11. Temný proud, čtecí šum a A/D jednotky

Nevýhoda CCD technologie je fakt, že elektrony vznikají v pixelech nejen v důsledku dopadajícího světla, ale také náhodně v závislosti na okolní teplotě, velikosti pixelu, architektuře čipu a výrobní technologii. Tento tepelně generovaný náboj bývá nazýván „temný proud“ (generuje signál, i když čip je zcela ve tmě) nebo také tepelný šum. Temný proud je obvykle vyjádřen v elektronech za sekundu na pixel při definované teplotě. Např. Kodak KAF-0400 CCD produkuje $1e-/s$ na pixel při 0°C .

Positivní věc na temném proudu je, že je za daných podmínek stále stejný (nebo velice podobný). Pokud přečteme z kamery obraz nějakého astronomického objektu, bude obsahovat signál generovaný osvětlením i signál generovaný temným proudem. Je ale možné provést tu samou expozici ještě jednou, ale s uzavřenou závěrkou. Takový obraz bude obsahovat pouze signál generovaný temným proudem – nazýváme jej temný snímek (anglicky dark frame). Poté je možné oba snímky prostě odečíst a tím obraz generovaný temným proudem vyrušit. Tomuto postupu se budeme věnovat později v kapitole o kalibraci.

Odečítání temných snímků není výsada astronomických kamer, ale můžeme se s ním setkat i u digitálních fotoaparátů. Pokud fotoaparát dovoluje provádět delší expozice (např. 15 s a více), na display fotoaparátu se po takové expozici objeví nápis „Busy“ po stejnou dobu jako trvala samotná expozice. Elektronika fotoaparátu pořizuje temný snímek, aby jej mohla odečíst od předchozí expozice a potlačit tak tepelný šum.

Temný proud není jediným zdrojem nežádoucího šumu u CCD snímačů. Již jsme popsali mechanismy vyčítání CCD čipů – náboj je posouván po čipu a poté ve výstupním uzlu přeměněn na napětí. Ovšem žádná elektronika nepracuje zcela bez šumu. Tento čtecí šum je charakteristický pro daný čip a je vyjádřen v elektronech. Např. čtecí šum zmíněného čipu Kodak KAF-0400 CCD je $15 e\text{-RMS}$ (zkratka RMS značí Root Mean Square, tedy směrodatnou odchylku). Jednoduše řečeno, z čipu není možné vyčíst obraz s menší úrovní šumu než $15 e\text{-RMS}$, bez ohledu na teplotu. Je také potřeba zdůraznit, že výstupní napětí čipu je digitalizováno elektronikou kamery, která taktéž zavádí určitou úroveň šumu. Velmi dobrá elektronika generuje natolik malý šum, že čtecí šumem CCD čipu převládá a čtecí šum celého systému odpovídá čtecímu šumu CCD čipu samotného.

Za zmínku stojí, že čtecí šum elektroniky jsme rovněž vyjadřovali v elektronech. Ale šum elektroniky je obvykle vyjadřován jako směrodatná odchylka ve voltech. Vztah je velmi jednoduchý: každý CCD čip (tedy jeho výstupní uzel) je charakterizován převodním poměrem „volty/elektron“. Například Kodak KAF-0400 CCD má výstupní uzel, který převede 1 elektron na 10 μV .

Výsledkem čtení CCD čipu je obraz – matice čísel, z nichž každé reprezentuje obrazový bod (pixel). Čísla jsou generována A/D převodníkem použitým v elektronice kamery. Zde se objevuje jeden ze základních parametrů CCD kamery – převodový poměr vyjádřený v elektronech na ADU (ADU znamená Analog to Digital Unit, tedy číselný výstup převodníku). Výstupní uzel CCD čipu konvertuje náboj na napětí v určitém poměru a elektronika kamery konvertuje napětí na čísla (ADU jednotky) rovněž v určitém poměru. Můžeme tedy spočítat výsledný poměr e^-/ADU .

Stanovme poměr e^-/ADU pro nějakou hypotetickou kameru:

Předpokládejme, že kamera je vybavena 16 bitovým A/D převodníkem se vstupním rozsahem 2 V. To znamená že 2 V signál je rozdělen na 65 536 jednotek. 1 jednotka reprezentuje $2\text{ V} / 65\,536 = 30,5\ \mu\text{V}$.

Předpokládejme že výstupní uzel použitého CCD snímače generuje napětí 10 μV na elektron.

Výsledný poměr je $(30,5\ \mu\text{V} / \text{ADU}) / (10\ \mu\text{V} / e^-) = 3\ e^- / \text{ADU}$. To znamená že každé 3 elektrony v potenciálové jámě pixelu způsobí jeden inkrement čísla ve výsledném obraze.

Je důležité zdůraznit, že tyto výpočty platí jen statisticky, pro velké množství pixelů a elektronů. Často se lze setkat s kamerami s převodním poměrem třeba $2,3\ e^- / \text{ADU}$ nebo $1,5\ e^- / \text{ADU}$. To pochopitelně neznamená, že musíme dělit elementární částice :-).

Z těchto poměrů lze odvodit několik zajímavých parametrů kamery. Například čtecí šum 15 elektronů RMS a převodní poměr 3 elektrony na ADU znamená, že z kamery nelze vyčíst obraz s menším šumem než 5 ADU RMS.

Převodní poměr elektrony na ADU je také důležitý ve vztahu ke kapacitě pixelů. Každá potenciálová studna reprezentující CCD pixel má nějakou maximální kapacitu, zpravidla závislou na velikosti pixelu. Malé pixely (o straně kolem 6 μm) mohou typicky uchovat okolo 50 000 e^- . Střední pixely (o straně kolem 10 μm) uchovají asi 100 000 e^- a velké pixely (o straně asi 25 μm) pojmu až 300 000 e^- .

CCD kamery zpravidla používají 16 bitový A/D převodník s rozlišením 65 536 jednotek. Je zřejmé že převádět 50 000 e^- na 65 536 úrovní nedává smysl a 15 nebo dokonce 14 bitový převodník vyhoví k digitalizaci takového čipu. Na druhá straně převedení 300 000 e^- na 65 536 úrovní vyžaduje zesílení 4 až 5 e^-/ADU , což je docela vhodné.

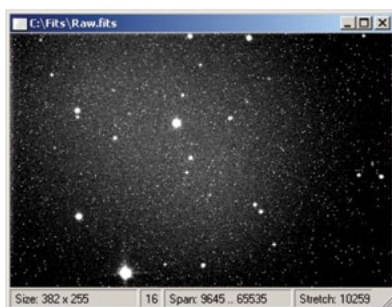
Ne jen každý pixel, ale také horizontální posuvný registr a výstupní uzel má limitovanou kapacitu. Tuto skutečnost musíme brát do úvahy zejména pokud používáme binning. Vezměme jako příklad CCD čip Kodak KAF-0400: kapacita

pixelu je 100 000 e⁻, kapacita pixelů v horizontálním registru je 200 000 e⁻ a kapacita výstupního uzlu je 220 000 e⁻. Zřejmě je tedy možné použít 2 × 2 binning pokud v každém pixelu není více jak asi 50 000 e⁻. Ale pokud jsou pixely zaplněny téměř na maximum kapacity, vertikální binning spojí pixely nad sebou do pixelů s nábojem 200 000 e⁻, což ještě horizontální registr zvládne. Ale následný horizontální binning spojí dva pixely do výstupního uzlu, čímž ale přesáhne jeho kapacitu a výstupní uzel bude saturován. Tento problém jde obejít kombinací binningu v čipu a následného programového binningu. Obraz je vyčten s binningem 1 × 2 a poté je proveden binning 2 × 1 už v počítači. Výsledný obraz odpovídá binningu 2 × 2, ale nemá saturované pixely. Je ale načítán téměř 2× takovou dobu. Maximální hodnota pixelu pak může přesahovat 16 bitový rozsah.

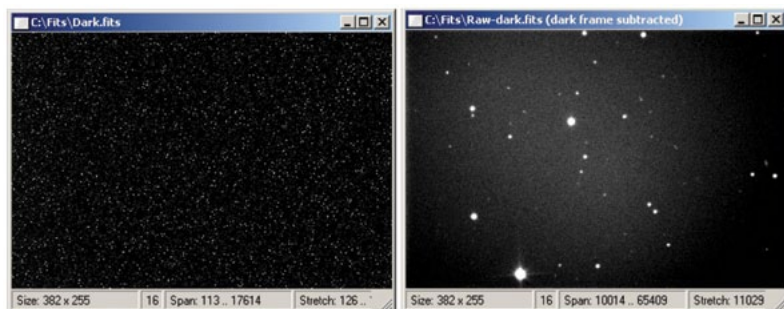
12. Kalibrace snímků

Obraz bezprostředně stažený z kamery je označován jako **syrový** (anglicky **raw image**) – viz obr. 13. Často je překvapivě nehezky, zejména ve srovnání s plně zpracovanými snímky, které se objevují v časopisech nebo na www stránkách. Zpracování obrazu dokáže odstranit temné nebo horké pixely, nechtěné gradienty pozadí, redukovat šum, obraz zaostřit případně zdůraznit detaily apod.

Takové zpracování obrazu jej zkrášlí, ale také pozmění informaci v obrazu obsaženou. Může být prováděno pouze s obrazy zamýšlenými pro publikaci, protože znemožní získat ze snímků věrohodné informace (polohy a jasnosti objektů). Přesto existuje zpracování obrazu, které sice také zlepšuje jejich vzhled, ale současně zvyšuje jejich vědeckou hodnotu na místo, aby ji snižovalo – kalibrace. V podstatě každý CCD snímek by měl být zkalibrován.



Obrázek 13 — Surový snímek je ovlivněn tepelným šumem a nerovnoměrným osvětlením pole



Obrázek 14 — Temný snímek odpovídajícího surového snímku (vlevo) a výsledek po jeho odečtení (vpravo)

V závislosti na CCD kameře, dalekohledu (nebo objektivu) a objektu může být kalibrace složitější nebo jednodušší. V některých případech se dokonce lze bez kalibrace obejít.

V zásadě zahrnuje kalibrace dva kroky:

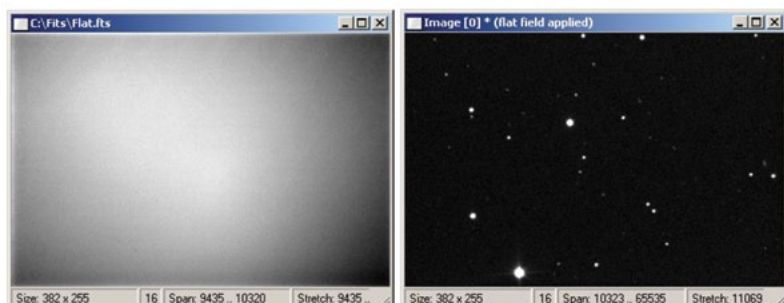
- odečtení **temného snímku**
- aplikace tzv. **flat field**, tj. odezvy celé snímací soustavy (dalekohled, filtry, CCD čipy) na rovnoměrné osvětlení.

Význam temného snímku byl vysvětlen – eliminace (nebo aslepoň redukce) tepelného šumu CCD (viz obr. 14). Tepelný šum je závislý na teplotě. Zdvouje se přibližně s každými 6 až 7 °C, v závislosti na architektuře čipu. Například Kodak KAF-0400 zdvojnásobí tepelný šum s každými 6,3 °C. Náboj akumulovaný v pixelech je také závislý na expoziční době (temný proud je vyjádřen v elektronech na pixel za sekundu při definované teplotě). Aby se tepelný šum obrazu redukoval, temný snímek musí být pořízen po stejnou dobu a za stejné teploty, jako vlastní syrový snímek.

Protože tepelný šum závisí lineárně na teplotě a expoziční době, je možné spočítat temný snímek pro zadanou teplotu a expoziční čas z jiných temných snímků, pořízených za jiných teplot a expozičních časů. Některé programy vyžadují, aby jeden ze snímků byl pořízen nulovým časem (tzv. snímek posunutí – bias frame), jiné programy na expozici nekladou žádné nároky. Stačí nasnímat dva temné snímky při různých teplotách a software interpoluje temný snímek pro zadanou teplotu. Stejně pravidlo platí pro expoziční časy.

Závislost temného proudu na teplotě je hlavní důvod, proč astronomické CCD kamery vyžadují regulované chlazení. Pokud elektronika kamery dokáže udržet teplotu čipu v rozmezí 0,1 °C, pořizování více temných snímků není nutné. Interpolovaný temný snímek je vždy méně přesný než temné snímky pořízené za daných podmínek.

Také stojí za zmínku, že pořízení temných snímků vyžaduje mechanické zaclonění čipu (tzv. elektronická závěrka, kterou disponují FT a IT CCD čipy, při pořizování temných snímků nepomůže). Je tedy nutné zaclonit dalekohled (pokud má dalekohled konstrukční tubus, zaclonění může být docela obtížné)



Obrázek 15 — Flat field odpovídající surovému obrazu (vlevo) a výsledek po jeho aplikaci (vpravo)

kdykoliv je zapotřebí pořídit temný snímek. U robotických dalekohledů tak kamera bez mechanické závěrky není použitelná.

Tedy regulované chlazení a mechanická závěrka by při výběru kamery měly být na seznamu vlastností „musí mít“.

Obrazové pole je dalekohledem často osvětleno nerovnoměrně – intenzita snímku na okrajích může být menší než u středu, např. kvůli menšímu sekundárnímu zrcátku. Také prachové částice na filtrech, nebo na krycích sklech kamery, či samotném CCD čipu vrhají typické prstencovité stíny. Všechny tyto efekty mění intenzitu osvětlení čipu a způsobují nejen estetické kazy, ale také redukovují přesnost měření. Jejich vliv je možné eliminovat aplikací tzv. „flat field“ obrazu (viz obr. 15).

13. Jenom čip nestačí

Přesné kamery pro snímání extrémně slabých zdrojů světla pro astronomické i jiné vědecké fotometrické aplikace jsou složitá kompaktní zařízení, jejichž kvalita není určena jen použitým CCD čipem.

Výroba přesných vědeckých CCD kamer klade velmi vysoké nároky na řídicí a vyhodnocovací elektroniku, která, mimo jiné, musí být navržena tak, aby její šum musel být mnohem nižší, než je šum vlastního krystalu. Obtížným úkolem jsou i konstrukce mechanických částí kamery (včetně mechanických závěrek, chlazení apod.), které musí být zkonstruovány s vysokou přesností a spolehlivostí. Vysoké nároky klade i vlastní montáž zařízení – jediné mikroskopické zrnko prachu může kameru znehodnotit, proto požadavky na montážní bezprašné a antistatické prostory jsou obdobné jako při výrobě čipů. Moravské přístroje všechna tato úskalí zvládají a zařadily se mezi několik světových firem, které jsou schopny tato vysoce sofistikovaná zařízení vyrábět a nabízet širokou paletu jejich typů (viz).

Je třeba zdůraznit, že kromě Moravských přístrojů obdobné kamery vyrábí jen několik firem na světě. V USA jsou pouze tři výrobci těchto kamer: SIBG (<http://www.sbig.com>), Apogee (<http://www.ccd.com>) a FLI (<http://www.flicamera.com>). V Číně firma QHY (<http://www.qhyccd.com/>) vyrábí přesné kamery konkurující ostatním výrobcům nízkou cenou, ale ne vždy kvalitou. V Evropě, krom Moravských přístrojů, nabízejí chlazené kamery dvě firmy: ATIK (<http://www.atik-cameras.com/>) a Starlight Xpress (<http://www.starlight-xpress.co.uk/>) – jejich kamery, ale zpravidla postrádají některé složitější prvky (např. mechanické závěry apod.) a jsou určeny spíše pro širokou vrstvu amatérských astronomů, než pro přesná vědecká měření.

14. Závěr

Přesné a citlivé CCD kamery nemají uplatnění jen v astronomii.

Jednou z velmi perspektivních oblastí pro jejich využití jsou specializované přístroje využívané v molekulárně-genetickém výzkumu. V těchto přístrojích, často využívajících robotizovanou přípravu laboratorních vzorků, se kvantitativně vyhodnocují změny optických vlastností biomateriálu – od měření absorpce světla při určité vlnové délce až po přesné kvantitativní

vyhodnocování fluorescence navázané luminiscenční látky, pro jejíž detekci je ale třeba vysoce citlivý luminometr.

Nezřídka se detekuje velmi slabé luminiscenční záření na určitých částech subcelulárních struktur živých buněk, kde se navázala nějaká značkovácí substance (třeba specifická bílkovina s navázanou fluorescenční látkou). V těchto případech je potřeba pracovat s velmi nízkými koncentracemi luminiscenční látky, aby se buňky nezahubily – a klíčovým je zde opět přesná CCD kamera schopná vyhodnotit extrémně slabé zdroje světla.

Pro sofistikované výrobky Moravských přístrojů se proto i v této oblasti rýsují další možnosti uplatnění. V propojení s programovým prostředím pro počítačové vidění Vision Lab, které je nadstavbou vývojového nástroje Control Web, se tak nabízí velmi sofistikovaný nástroj pro vývoj robotizovaných biotechnologických zařízení s vysokou přidanou hodnotou.

Tržní síla výrobku vzroste, pokud se špičkové zařízení (jakou je vědecká CCD kamera) stane součástí zařízení, kde se využije další know-how – např. když se stane jednou ze součástí robotického zařízení pro biotechnologické aplikace. Každé biotechnologické měřicí zařízení je v podstatě programovatelný automat spojený s detekční sondou (např. vědeckou CCD kamerou) a vyhodnocovacím softwarem. Ve vysoké ceně tohoto zařízení jsou pak obsaženy i mezioborové znalosti, které z něj činí výrobek s vysokou přidanou hodnotou.

Literatura

- [1.] Charge –coupled device, [Online] http://cs.wikipedia.org/wiki/Charge-coupled_device
- [2.] CCD – The History of CCDs or Charge Coupled Devices [Online] <http://inventors.about.com/od/cstartinventions/a/CCD.htm>
- [3.] Kodak CCD Primer, [Online] <http://www.kodak.com/US/en/digital/pdf/ccdPrimerPart1.pdf> a <http://www.kodak.com/US/en/digital/pdf/ccdPrimerPart2.pdf>
- [4.] Vědecké CCD kamery [Online] <http://ccd.mii.cz>

Kontakt:

Ing. Pavel Cagaš

Ing. Roman Cagaš

Moravské přístroje a.s.,

Masarykova 1148

763 02 Zlín – Malenovice

e-mail: rc@mii.cz

<http://mii.cz>

doc. MUDr. Jiří Kofránek, CSc.,

Oddělení biokybernetiky,

Ústav patologické fyziologie 1. LF UK

U nemocnice 5, 128 53 Praha 2

tel: +420 777686868

e-mail: kofranek@gmail.com

<http://physiome.cz>

PROGRAMOVÝ SYSTÉM CONTROL WEB A JEHO MOŽNOSTI INTERAKCE S REÁLNÝM PROSTŘEDÍM

Roman Cagaš, Pavel Cagaš, Jiří Kofránek

Anotace

Control Web je distribuované objektové prostředí pro vývoj aplikací reálného času, vizualizaci procesů a simulací s využitím platformy Windows, vyvíjená více než 20 let. V průmyslových aplikacích se Control Web stal v ČR de facto velmi rozšířeným standardem. Pro tvorbu biomedicínských přístrojů nabízí možnosti snadného vizuálního návrhu jednotlivých řídicích a vizualizačních komponent biotechnologických přístrojů. Jednou z dalších možností je i využití systému pro vizualizaci výukových simulací. Předchozí verzi tohoto systému byla např. využita pro realizaci simulátoru Golem nebo a tvorbu interaktivního simulátoru ledviny. Současná verze systému mimo jiné umožňuje využívat 3D komponenty a nástroje počítačového vidění. Pro tuto verzi je vyvíjena simulační komponenta, která umožní využít vizualizaci výstupů simulačního modelu běžícího na pozadí systému. Práce na tvorbě výukových lékařských simulátorů je mimo jiné podporována projektem MPO FR—TI3/869.

Klíčová slova:

Control Web, průmyslová automatizace, simulace, strojové vidění, řízení, vizualizace

1. Úvod

V roce 1990, v době velkých nadějí a očekávání, kdy se otevřely možnosti podnikání, skupina mladých „valašských ogařů“ založila akciovou společnost, kde chtěla realizovat své sny o vytvoření vlastního technologického podniku, kde budou společným úsilím vyvíjet nové, špičkové a na trhu úspěšně prodávané výrobky.

Od té doby „ogaři“ zestárli, někdejší velká porevoluční euforie se již dávno rozplynula, ale malá, inovativní a průbojná společnost Moravské přístroje již více dvacet let vytváří hi-tech výrobky, které jsou po technologické stránce plně srovnatelné se světovou špičkou. K těmto výrobkům patří vývojové prostředí Control Web, které je v současné podobě výsledkem více než dvacetiletého vývojového úsilí na poli nástrojů pro průmyslovou automatizaci.

2. Současné požadavky na softwarové nástroje pro průmyslovou automatizaci

Ještě v nedávné minulosti byl svět programového vybavení pro průmyslovou automatizaci jednodušší. Existovaly jasně rozdělené oblasti působnosti jednotlivých kategorií programového vybavení:

- Na nejnižší úrovni to byly programy pro jednočipové řadiče nebo vestavěné řídicí počítače (firmware). Tyto programy mívají většinou výrobcem zařízení již pevně danou funkčnost, případně bývají jen velmi omezeně parametrizovatelné.

- Prostředním článkem bývaly obecně použitelné programovatelné automaty (PLC – Programmable Logic Controller) nebo specializované numerické řídicí jednotky strojů (CNC – Computer Numerical Control). Programovací model PLC je obvykle velice prostý – časovací jádro periodicky spouští sekvence interpretovaných instrukcí. Programovací jazyky do jisté míry připomínají instrukce programovatelných kalkulaček.
- Na vrcholu stávaly systémy pro operátorské řízení technologického procesu (SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition). Principy fungování těchto tzv. vizualizačních programů se většinou nezměnily – základem je tabulka datových elementů (či tagů, datových bodů, atd., každý výrobce má své pojmenování), jejíž data jsou cyklicky obnovována buď čtením hodnot z periferních zařízení nebo výpočtem z jiných elementů. Možnosti programování bývají velmi omezené, vesměs se jedná o pouhou parametrizaci fixního programu.

Toto členění a z něj plynoucí principy výstavby automatizačních projektů přetrvávaly dlouhá desetiletí. Každý člověk z oboru se v této struktuře dobře vyznal, věděl, co může od každé kategorie zařízení čekat, a také obvykle nevznikaly žádné pochyby, jak nový projekt koncipovat.

Doba ale pokročila, používáme mobilní telefony, přenosné počítače, kdekoliv právě jsme, máme k dispozici bezdrátové připojení na Internet, a především – všechna zařízení navzájem komunikují. Zde nám velký užitek přinášejí standardní a všeobecně přijaté komunikační protokoly a standardní programová rozhraní. Je docela pochopitelné, že uživatelé vyžadují takový komfort a vlastnosti, na které jsou zvyklí i po řešeních v oblasti průmyslové automatizace. Systémy vytvořené klasickými „historickými“ prostředky mají pro dnešní dobu informačních a komunikačních technologií několik zatěžujících vlastností:

- Většina zařízení komunikuje prostřednictvím firemních proprietárních, často až nepochopitelně tajných a právně chráněných protokolů. Uživatel se tak stává „rukojmím“ dodavatele zařízení a nemůže systém udržovat a rozvíjet podle svých představ, které se s časem a rozvojem technologií přirozeně mění
- Používané programové vybavení není škálovatelné – pro různé kategorie aplikací je nutno používat různá vývojová prostředí a různé programovací modely a jazyky.
- Programové vybavení je obvykle svázáno se zařízeními stejného výrobce, není snadno propojitelné se systémy jiných dodavatelů a je obtížně zařaditelné pro informačního systému podniku.
- Systémy jsou jen obtížně rozšiřitelné o nová zařízení jiných výrobců.
- Funkčnost běžná v informačních technologiích (např. webová rozhraní, SMS zprávy, GPRS připojení, bezdrátové operátorské panely atd.) je realizovatelná jen komplikovanými způsoby, kterO celý systém citelně prodražují. Tyto technologie obvykle nejsou přirozenou součástí použitých prostředků.

- Celé systémy se obvykle skládají z většího počtu zařízení a jsou podstatně dražší. Rovněž vývoj a další údržba programového vybavení jsou velmi nákladné.

3. Control Web a jeho předchůdci

Počátkem devadesátých let se díky masové výrobě dnes „pécéčko“ stala jednou z nejlevnějších periférií technologického zařízení. Proto se na trhu objevila řada výše zmíněných SCADA systémů, které sloužily k rychlému a flexibilnímu vytvoření vizualizačních měřících nebo řídicích aplikací. Tímto způsobem bylo možné poměrně rychle a levně vytvořit „velín“ z obyčejného PC, vybaveného příslušným adaptérem (I/O kartou), komunikující s technologickým zařízením.

Valná část těchto systémů pracuje na jednoduchém principu: vytvořený program pracuje cyklicky v určité smyčce, kde postupně obhospodařuje sadu záznamů, v nichž jsou uschovávána veškerá (vstupní či výstupní) technologická data. Při aktivaci těchto záznamů mohou být technologická data v číselné či grafické podobě vizualizována na obrazovce PC, či je naopak iniciován přenos řídicích dat do připojené technologické aparatury. Systémy poskytují různé možnosti interaktivního vytváření grafické podoby obrazovek „velínů“ z jednotlivých virtuálních přístrojů (měřících ručičkových či digitálních displejů, obrazovek pro průběžné zobrazování grafů, tlačítek, prepínačů apod.). Podstata „programování“ pak spočívá v zařazování aktivace těchto přístrojů do nekonečné smyčky řídicího programu.

Problém je ale v tom, že obvykle není možné příliš ovlivnit rychlost, strukturu a mechanismus čtení a záznamů dat do vstupních a výstupních zařízení, což při menších objemech veličin příliš nevadí. Jakmile je však počet načítaných či odesílaných dat větší, dostává se systém do problémů – některé elementy jsou obsluhovány příliš často a na mnoho jiných se zase včas nedostává. Má-li systém pracovat v reálném čase, neznamená to, že stihne úplně všechno – program je snadno možno přetížit a pak se stane, že vnitřní smyčka nestihne včas doběhnout do potřebného začátku dalšího spuštění. Autor aplikace však musí mít časování systému zcela pod kontrolou a musí mít diagnostiku, která umožní vše monitorovat a aplikaci vyladit tak, aby se nedostávala do časového skluzu.

Proto vývojový tým Moravských přístrojů začal pracovat na programovém systému, který nebude omezen jen na vizualizaci a sběr dat na operátorských pracovištích, ale umožní vytvářet aplikace pro přímé řízení strojů v reálném čase, komplexní aplikace v oblasti simulace a modelování, zpracování dat v počítačových sítích atd.

3.1 Control Panel – programové komponenty ve výkoném víceúlohovém systému

V době vzniku tohoto produktu zde byl operační systém Windows 3.1 jako nadstavba nad DOSem, a tento operační systém jistě nebyl tím pravým prostředím pro trvalý provoz řídicích aplikací v reálném čase v průmyslovém prostředí. Proto byl pro **Control Panel** vytvořen vlastní operační systém,

kteřý pracoval v chráněném módu procesorů 286 a vyšších, virtualizoval paměť kódu i dat (pro data vytvářel odkládací soubor) a mohl spustit mnoho paralelně běžících úloh. Tento systém byl vybaven velmi kvalitním grafickým uživatelským rozhraním pracujícím s libovolně složitou hierarchickou strukturou oken na obrazovce¹.

Systém byl i na tehdejší hardware velice výkonný a především stabilní, aplikace v prostředí Control Panel bývaly běžně provozovány v nepřetržitých prozozech několik let bez odstávky.

Také struktura systému Control Panel a principy tvorby aplikačního programu byly přelomové.

Místo neovlivnitelného (pouze parametrizovatelného) vnitřního cyklu bylo možné vytvářet volně programovatelnou aplikaci, kde se dala programátorovi do rukou možnost určit, kdy se má ta či ona hodnota načítat či zapisovat do vstupně-výstupního zařízení, a to nejen pomocí nějakých pevných časových konstant, ale např. i jako reakce na některé události.

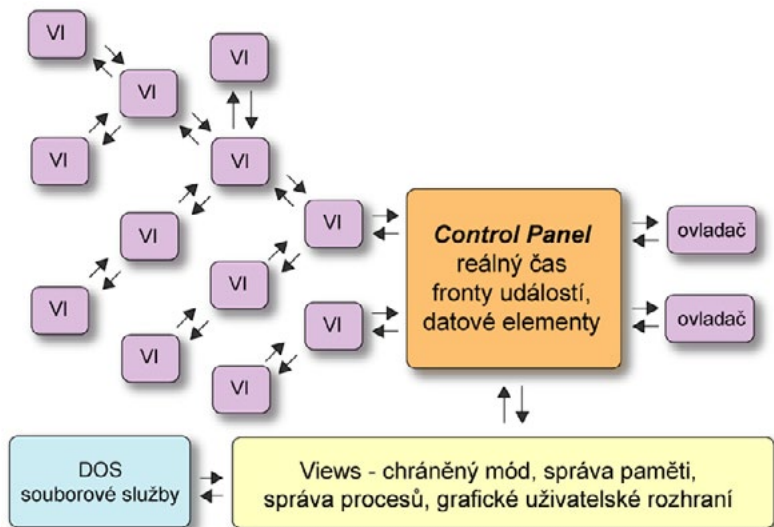
V systému existovaly volně definovatelné datové elementy a vizualizační prvky – tzv. virtuální přístroje, které dokázaly s těmito elementy pracovat. Virtuální přístroje zde byly externími programovými komponentami, jejichž počet a vlastnosti nejsou systému při budování struktury aplikačního programu známy. Struktura aplikačního programu v Control Panelu byla tedy tvořena obecným stromem instancí virtuálních přístrojů, které jsou navzájem propojeny do stromů viditelnosti na obrazovce a do struktury časování a toku události. Pro každý virtuální přístroj byla přístupná kompletní množina instancí datových elementů. Virtuální přístroje neví nic o tom, jak tyto datové elementy získávají data z periferních zařízení a pracují abstraktně se všemi elementy shodně.

S vnějším světem systém komunikoval pomocí ovladačů (programových komponent s abstraktním, i když v tomto případě celkem jednoduchým, procedurálním rozhraním) prostřednictvím speciálních proměnných – tzv. „vstupních a výstupních kanálů“, které se vždy nadefinovaly pro daný ovladač. Prostřednictvím těchto kanálů se (přes příslušný ovladač) přenášely hodnoty mezi periferním zařízením a instancemi vizualizačních komponent (virtuálních přístrojů).

Při vývoji aplikace byla definována a popsána struktura instancí všech typů komponent včetně všech jejich vzájemných vazeb. Systém Control Panel tehdy pouze dokázal z aktuálně přítomných knihoven vytvářet a propojovat instance programových komponent do podoby aplikačního programu.

V dalších verzích systému bylo virtuálním přístrojům přidáno i dynamicky, tj. za běhu aplikace, detekovatelné rozhraní a vznikla tak další úroveň komunikace mezi jednotlivými programovými komponentami. Bylo tak možno vytvářet

1. V té době byl dokonce vytvořen a prodáván kancelářský systém obsahující textový procesor, tabulkový procesor a kreslicí nástroj jako nadstavba nad DOSem – z mnoha důvodů samozřejmě nemohl obstát v konkurenci s Microsoftem, ale pravdou je, že „okna ze Zlína“ byly v té době stabilnější než Windows ze Seattlu.



Obrázek 1 — Struktura aplikace v prostředí Control Panel

algoritmy i způsobem připomínajícím tradiční imperativní programovací jazyky, i když v tomto případě sekvence příkazů probíhaly na vysoké úrovni nad strukturou instancí mnohdy velmi komplexních komponent. Vznikl tak základ pro pružný a všestranný programovací jazyk OCL (Object Control Language).

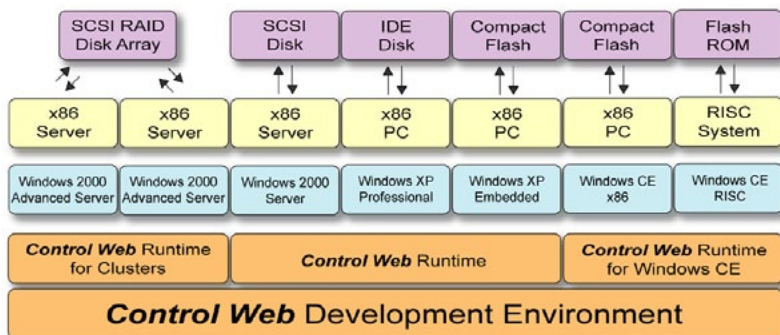
Control Panel také zavedl technologii vizuálního programování, kdy program v Control Panelu bylo možné vytvářet v grafickém prostředí, pomocí myši vybírat jednotlivé komponenty a rozmisťovat je na zobrazitelnou plochu či zařazením do stromů časování definovat jejich aktivaci v programu z hlediska času a v inspektorech jednotlivých komponent interaktivně pomocí dialogů definovat příslušné vlastnosti apod.

Zároveň bylo možné celý systém překlopit z grafické do textové podoby a pokračovat v tvorbě programu v textovém režimu. Z textového režimu ale bylo vždy možné se kdykoli překlopit (po opravě všech případných syntaktických chyb) zpět do grafického režimu. Každou aplikaci je proto možné tvořit chvíli v textovém a chvíli v grafickém režimu, vždy podle potřeby.

Možnosti této technologie byly s vlastnostmi tehdy používaných SCADA programů nesrovnatelně mocnější a Control Panel byl uživateli velmi pozitivně přijat a sloužil všude tam, kde schopnosti tradičních systémů již nedosahovaly.

3.2 Příchod 32-bitových Windows a systém Control Web

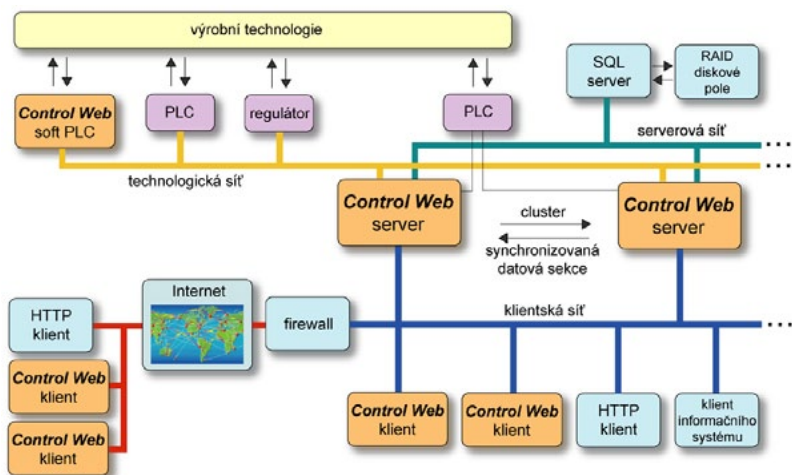
S příchodem Windows NT se situace změnila. Byl zde stabilní operační systém, který byl dobře použitelný i pro trvalý běh aplikací v náročném nepřetržitém průmyslovém provozu. Existující systém **Control Panel 3.1** byl převeden pod Windows pod názvem **Control Web 3.1**. Začala tak nová etapa rozvoje



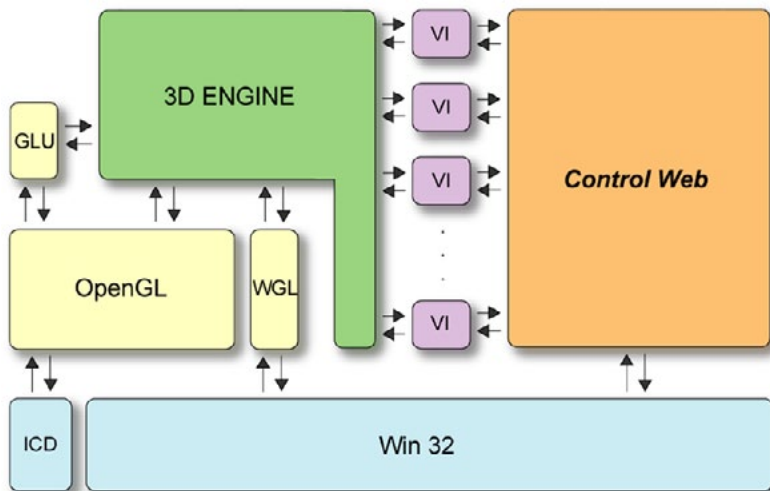
Obrázek 2 — Rozsah platformem a škálovatelnost systému Control Web

systemu, charakterizovaná především rozvojem internetových technologií a komunikací vůbec.

Zatímco Control Web 3.1 byl z převážné části replikou systému Control Panel 3.1 pro Windows, další systém Control Web 4, známý pod výročním pojmenováním **Control Web 2000**, přinesl intenzivní technický rozvoj. Koneckonců i nyní, po několika letech prodeje moderního systému Control Web 5, řada zákazníků stále žádá systém Control Web 2000. Tato verze přinesla možnosti přímé komunikace virtuálních přístrojů v počítačové síti, byla implementována rozhraní podle standardů OPC, ActiveX, ODBC, SQL a především do systému přibyla komponenta HTTP serveru s možností dynamického generování WWW stránek z běžícího aplikačního programu.

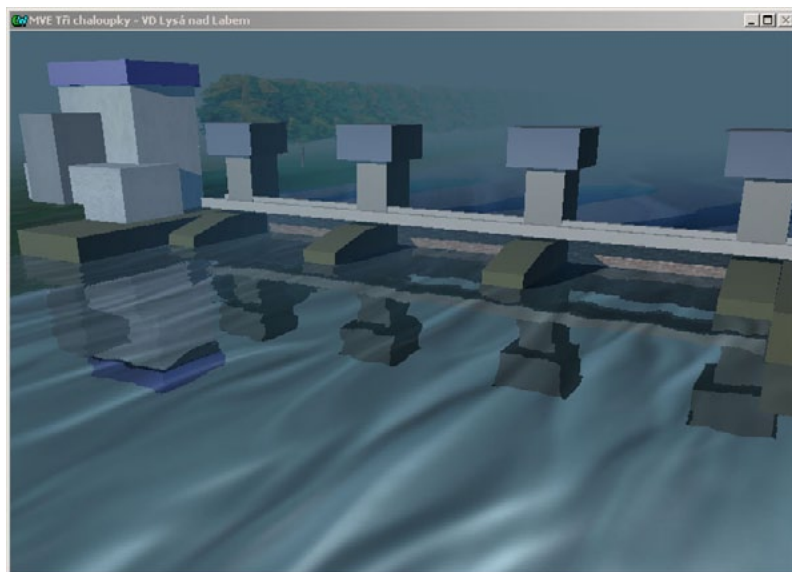


Obrázek 3 — Control Web může díky své škálovatelnosti vystupovat v mnoha rolích

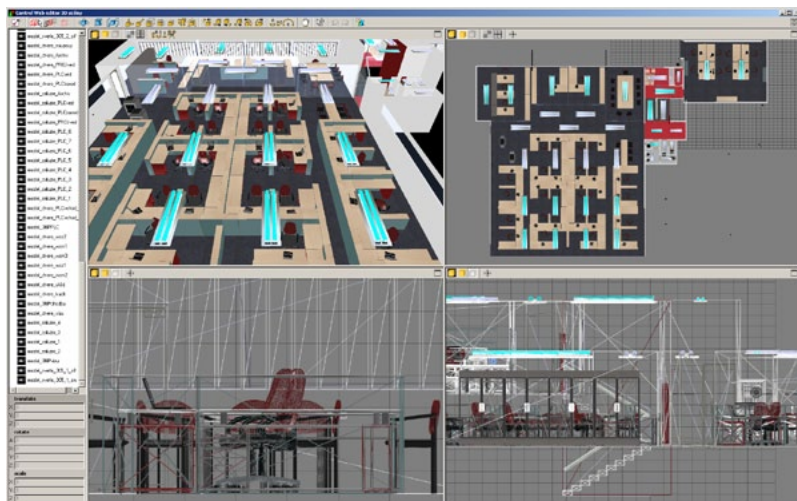


Obrázek 4 — Struktura začlenění 3D vykreslovacího serveru do prostředí Control Web

Control Web 2000 také přinesl možnost provozování aplikací v operačním systému Windows CE. Aplikace lze pohodlně vyvíjet na stolním PC s vývojovou verzí systému a poté z nich vygenerovat runtime pro veškeré platformy a používané procesory systému Windows CE. V jednom prostředí a stejným



Obrázek 5 — Obraz vytvořený 3D vykreslovacím systémem



Obrázek 6 — Editor 3D scény s několika otevřenými pohledy v prostředí Control Web

způsobem lze tedy na jedné straně vytvářet rozsáhlé aplikace pro cluster Windows Advanced Server a na straně druhé aplikace pro mobilní telefony a malé vestavěné počítače.

Asi nejrozsáhlejší změnou v historii vývoje systému byl příchod prostředí **Control Web 5** v roce 2004. Systém byl nyní schopen vytvořit skupinu redundantních aplikací bez podpory nákladného serverového systému, pouze prostřednictvím propojení v jedné počítačové síti. Nově byl zaveden koncept datových sekci, které v sobě zapouzdřují množinu datových elementů a umožňují nebo alespoň podstatně zjednodušují sdílení, zálohování a replikaci dat v síťovém prostředí. Řada vylepšení architektury zasahuje prakticky všechny části systému, mohutně je rozšířen také programovací jazyk OCL pro komunikaci mezi komponentami uvnitř aplikace.

Vizualizační schopnosti byly v páté verzi produktu rozšířeny o **třírozměrný vykreslovací systém**. Tento systém je postaven na principu klient – server. Vykreslovací server běží ve vlastním threadu a je schopen v reálném čase vykreslovat i velmi složité scény s mnoha efekty v téměř fotorealistické kvalitě. Využívá nejnovějších technologií počítačové grafiky, včetně shaderů běžících v grafických procesorech. Přitom, pokud není v aplikaci žádný 3D virtuální přístroj, nic z vykreslovacího systému není zaváděno do paměťového prostoru procesu. 3D systém tedy nemůže být na překážku ani u malých embedded systémů nevybavených možnostmi 3D grafiky. Tato nejdokonalejší současná technologie počítačové grafiky může podstatně zvýšit rychlost, působivost i přehlednost vizualizací.

Šestá verze systému v roce 2007 pak rozšířila paletu nabízených virtuálních přístrojů i nástrojů pro ladění aplikací, přinesla interní binární databázový

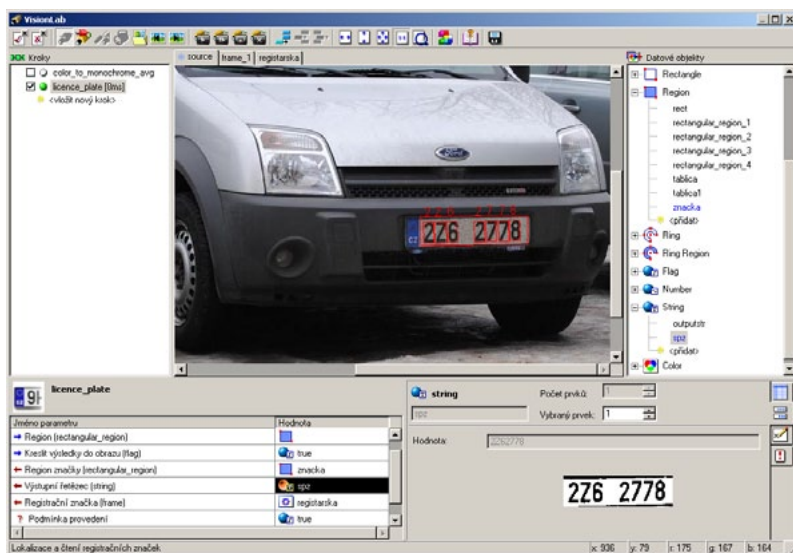
editor pro možnost práce bez SQL serveru. Rozšířila také možnosti vytváření 3D aplikací tím že součástí vývojového prostředí se stal **celoobrazovkový editor 3D scény**.

Control Web se v současné verzi rozrostl do podoby mohutného a velmi všestranného systému, který asi málokdo dokáže využít v jeho plné šíři. Technologie skládání aplikací z programových komponent, jejíž první nástin jsme přinesli již v roce 1992, se ukázala jako nosná a dodneška velmi silná. To ostatně potvrzuje nejen historie tohoto produktu, ale vůbec celý současný vývoj v oblasti softwarového inženýrství.

4. Vision Lab – strojové vidění pro průmyslové aplikace

Současné aplikace průmyslové automatizace nezřídka vyžadují automatizovat vizuální kontrolu – od vizuální inspekce práce automatizačních linek, přes zpracování snímaných obrazů, rozpoznávání tvarů, registračních značek aut, až po přesná měření. Proto byla vyvinut vývojový systém **Vision Lab** jako nadstavba systému Control Web pro strojové vidění

Aplikace strojového vidění měly dlouho pověst složitých, drahých a celkově nedostupných technologií. Ve většině těžkostí, které dříve realizaci těchto systémů komplikovaly a prodražovaly se situace hodně změnila. Výpočetní výkon běžných současných počítačů již umožňuje práci s velkými objemy obrazových dat v reálném čase. Také jsou již cenově velmi dostupné digitální kamery s dostatečně kvalitním obrazem. Klíčovým faktorem při realizaci systémů strojového vidění je nyní především programové vybavení.



Obrázek 7 — Editor aplikací strojového vidění Vision Lab ve vývojovém prostředí Control Web

A nejedná se zde pouze o jeho výkonnost, rozsah funkčnosti a spolehlivost, ale v neposlední řadě také o snadnost používání.

System VisionLab je vstřícný i k méně zkušeným uživatelům a je navržen tak, aby co nejvíce usnadnil sestavení úlohy strojového vidění. Vývojové prostředí je integrováno do systému Control Web a je velmi intuitivní a interaktivní. Jak je v systému Control Web zvykem, také veškeré operace s obrazem lze vybírat z nabídkových palet, zařazovat do aplikace a také lze okamžitě pozorovat výsledky těchto operací.

VisionLab aplikacím přináší:

- snadnou integraci digitálních obrazů a vizuální inspekce do aplikací v průmyslové automatizaci
- velký výběr výkonných a technicky vyspělých kroků pro práci s obrazem
- intuitivní editaci kroků řetězce strojového vidění
- podporu plně paralelního zpracování na více jádrech a více procesorech
- podporu masivně paralelního zpracování obrazu grafickým procesorem
- pokročilé úpravy obrazu prováděné grafickým procesorem
- přenos obrazových dat v počítačových sítích
- archivaci obrazových dat v podobě snímků i videosouborů
- otevřené rozhraní pro doplňování kroků strojového vidění
- sdílení dat s aplikacemi systému Control Web
- snadnou integraci aplikací strojového vidění a vizuální inspekce do větších informačních a řídicích systémů
- plug and play instalace ovladačů kamer DataCam
- možnost používat veškeré kamery s instalovanými WDM ovladači, tedy např. i běžné webové kamery a veškeré kamery, které jsou součástí notebooků

Autor aplikace má k dispozici velký výběr samostatných kroků, které může snadno zařazovat do řetězce zpracování a vyhodnocování obrazu z kamery.

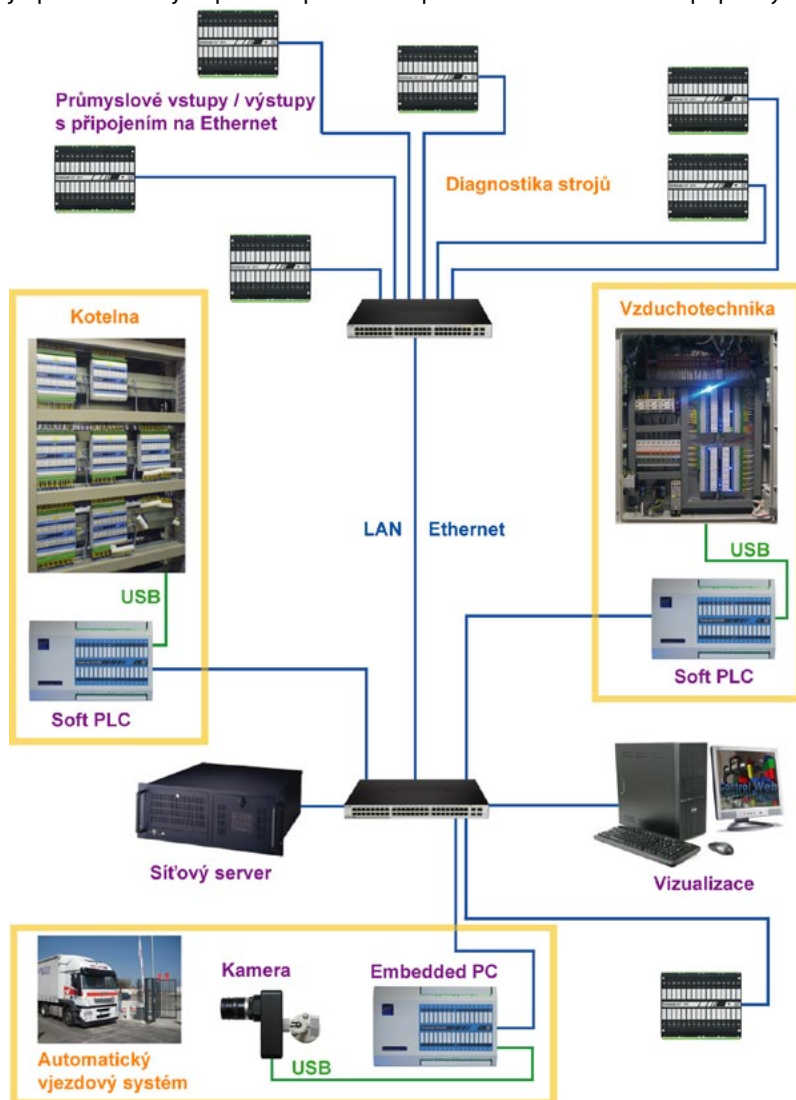
Algoritmy uvnitř kroků zpracování obrazu vždy maximálně využívají možností počítače, na kterém běží. U vícejádrových centrálních procesorů je výpočet rozdělen paralelně na všechna jádra. V systému jsou k dispozici i kroky, které dokážou využívat i mohutného masivně paralelního výkonu současných programovatelných grafických procesorů. Zpracování obrazu pak může probíhat současně i v několika stovkách paralelních větvích. Uživatelská přívětivost vývojového prostředí nikterak negativně neovlivňuje vysoký výkon spuštěných aplikačních programů.

Rozhraní pro kroky je otevřené a algoritmy zpracování obrazu tak lze neomezeně doplňovat.

Vstupní data pro řetězec zpracování obrazu mohou být naplněna aplikačním programem v prostředí systému Control Web a výstupní data jsou po proběhnutí řetězce v tomto prostředí opět k dispozici. Tak je velice usnadněna integrace úloh strojového vidění a vizuální inspekce do vyšších propojených celků. Úloha strojového vidění tak může např. přímo řídit stroj, spolupracovat s SQL databázemi, využívat HTTP servery, posílat SMS, komunikovat s jinými úlohami v síti atd.

5. Současnost – neomezený prostor pro technologické aplikace

Control Web vždy byl a dodnes je cenově atraktivní, proto je používán nejen v rozsáhlých aplikacích ve velkých firmách, ale i v malých a vestavených aplikacích a také ve školách, ve vědě a výzkumu [1]. Struktura typických aplikací se v poslední době podstatně změnila. Postupně ubývá zakázek, ve kterých je požadováno jen prosté operátorské pracoviště s vizualizací a případným



Obrázek 8 — Control Web jako integrující prvek komplexních systémů

sběrem dat. Požadavek rozhraní pro webové klienty je již samozřejmostí. Většina současných systémů je zapojena, často bezdrátově, do počítačových sítí, obvyklá je spolupráce s nějakým databázovým informačním systémem. Také se často systémy skládají z více částí, které spolu musejí komunikovat. Stále větší výhodou se tak stává to, že i malý vestavný systém je vybaven veškerými komunikačními kanály a jeho programové vybavení dokáže pracovat se všemi současnými standardy výměny dat. I malá vestavěná řídicí jednotka tak má k dispozici Ethernet, USB, Wi-Fi, Bluetooth a může obsahovat internetový HTTP server, ale současně také webový klient, dokáže posílat e-maily, posílat a přijímat SMS zprávy, komunikovat přes GPRS nebo radiové mosty, spolupracovat s Plug-and-Play zařízeními na rychlé USB atd. V řadě případů dokáže malý a levný průmyslový počítač nahradit kombinaci PLC a počítače pro operátorské řízení. Zde pak výhoda jednoho programového prostředí pro vývoj aplikací nabývá na ceně.

Control Web je programovým systémem, který dokáže vystupovat v mnoha rolích. Může pracovat v řídicích jednotkách strojů, může spojovat výrobní technologii s informačním systémem podniku, může být datovým serverem s mnoha webovými klienty, může modelovat a simulovat procesy, dokáže vytvářet náročné vizualizace a mnoho dalšího.

Velká perspektiva se otevírá i při **biotechnologických aplikacích**. Může řídit biotechnologický automat či robot, snímat a vyhodnocovat fotometrická měření či strojově zpracovávat nasnímaný obraz, pro přenos naměřených dat se propojit přes internet nebo lokální síť s informačním systémem nemocnice apod.

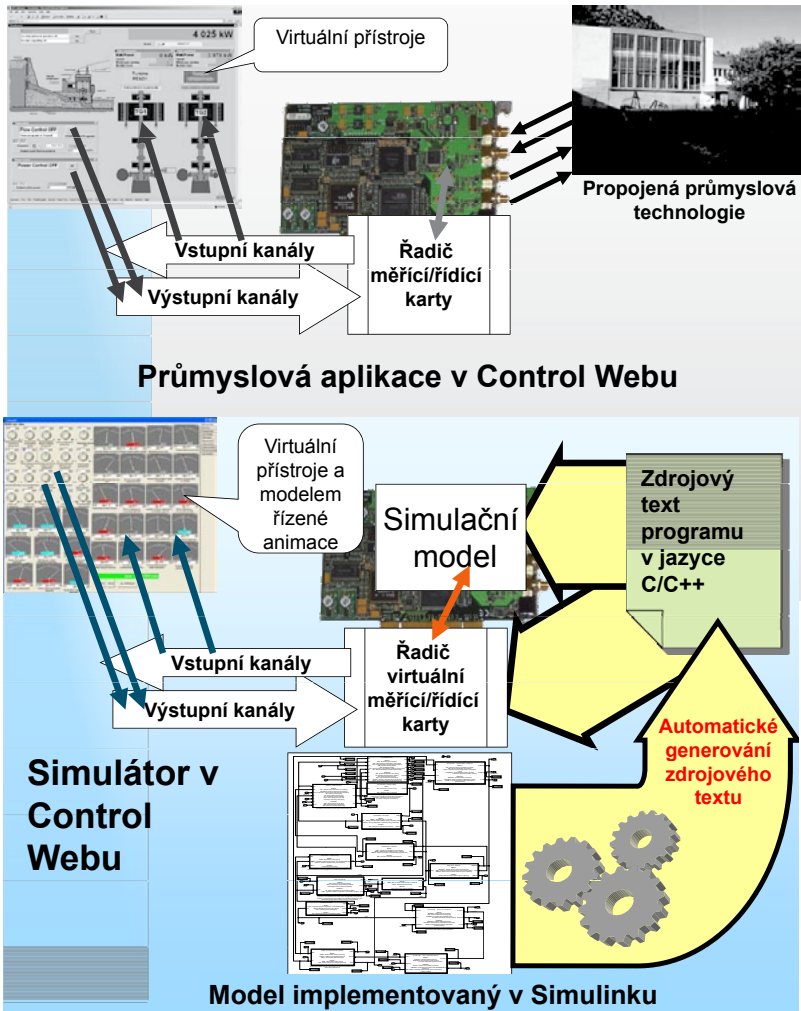
6. Control Web pro simulace

Control Web poskytuje velmi výkonné prostředky pro vývoj uživatelského rozhraní. Toho jsme se snažili využít při tvorbě výukových simulátorů. V Control Webu byl mimo jiné realizován simulátor GOLEM [2].

Základními stavebními kameny uživatelské aplikace jsou tzv. virtuální přístroje (multimediální komponenty imitující skutečné součásti průmyslových velinů – nejrůznější měřicí přístroje, grafy, přepínače apod.). Virtuální přístroje reagují na změnu hodnot specifikovaných proměnných (např. posunem ručičky měřicího přístroje, zobrazením hodnoty na displeji, rozsvícením žárovky, vykreslením grafu apod.), nebo naopak, po posunu ovládacího knoflíku či stisku přepínače (prostřednictvím počítačové myši) virtuální přístroj změni hodnotu příslušné proměnné.

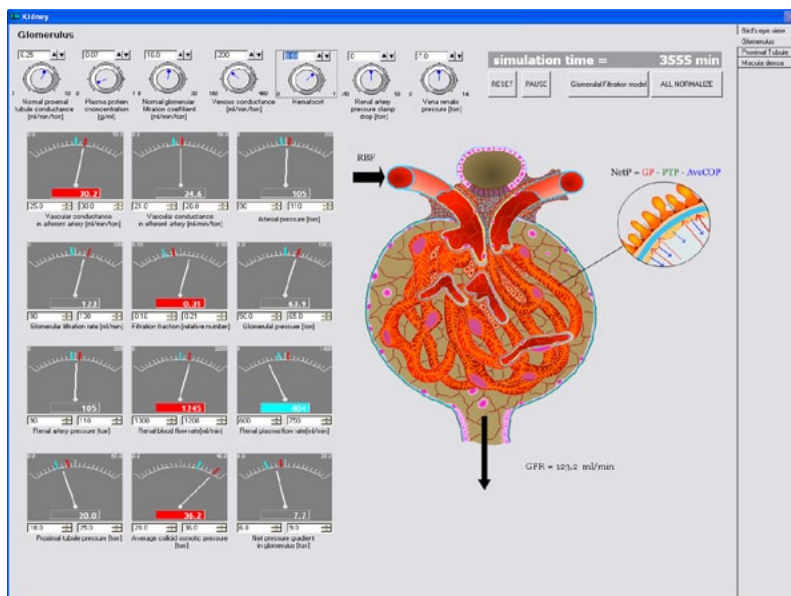
Měřené hodnoty okolního světa jsou virtuálním přístrojům zprostředkovány přes vstupní kanály (a virtuální přístroje na tyto hodnoty příslušným způsobem reagují), řídicí signály do okolí mohou virtuální přístroje posílat pomocí výstupních kanálů.

Abychom mohli využít vývojářské pohodlí systému Control Web při tvorbě simulátorů, bylo nutno napsat speciální ovladač, který byl schopen komunikovat (přes softwarové kanály) s objekty systému Control Web.



Obrázek 9 — Virtuální přístroje v průmyslové aplikaci v Control Webu komunikují prostřednictvím vstupních a výstupních kanálů přes řadič řídicí/měřicí karty s propojenou technologií, v simulátoru komunikují se simulačním modelem implementovaným jako ovladač virtuální měřicí/řídící karty.

Na rozdíl od ovladačů ke skutečným měřicím a řídicím kartám však tento ovladač nekomunikuje s hardwarem těchto karet, ale se simulačním modelem, který je součástí ovladače. Pokud se ovladač napíše dobře, je systém Control Web „ošálen“: vstupní kanály (k měřicím přístrojům) považuje za skutečné měřené signály někde v technologickém okolí počítače, zatímco ve skutečnosti to jsou výstupní proměnné simulačního modelu. Výstupní kanály, odcházející od



Obrázek 10 — vizuální rozhraní ve výukovém simulátoru funkce ledvin vytvořeného v prostředí Control Web. Výstupy modelu jsou zobrazovány na ručkových měřících přístrojích a zároveň ovlivňují i tvar animovaného obrázku ledvinného glomerulu (průměry cév, tloušťku šipek a číselnou hodnotu aj.), vytvořeného pomocí programu Adobe Flash.

řídících prvků systému Control Web, nenastavují přes příslušný ovladač nějaké aktivní prvky technologie, ale mění vstupy simulačního modelu. Vzájemný vztah mezi simulačním modelem ve virtuálním ovladači a vizualizačním rozhraním systému Control Web je realizován jako klient – server technologie: v určitých časových okamžicích Control Web (klient) žádá virtuální ovladač se simulačním modelem (server) o načtení hodnot ze vstupních kanálů a umožnění změny hodnot výstupních kanálů.

Jádrém simulátoru je tedy virtuální ovladač, který obsahuje vlastní simulační model. Modelové jádro simulátoru jako ovladač virtuální měřicí/řídící karty, bylo zprvu implementováno v jazyce Modula a později v C++.

Pro implementaci ovladače jsme využívali simulační model, o jehož adekvátnosti jsme se (se vším pohodlím systému MATLAB a SIMULINK) již přesvědčili.

Při změnách matematického modelu, odladovaného v prostředí Matlab/Simulink (tj. v prostředí pro vývoj matematických modelů) bylo ale nutné tyto změny vždy promítnout i do simulačního jádra simulátoru implementovaného v C++. Proto jsme postupně hledali cesty jak tuto transformaci usnadnit a nemuset tento ovladač psát v C++ „ručně“. Vyvinuli jsme proto speciálního nástroj, který umožní vývoj ovladače automatizovat. To nám umožnilo

ze simulinkového schématu přímo generovat zdrojový text příslušného virtuálního ovladače v C++. Tím bylo možné jednoduše modifikovat ovladač v prostředí Control Web při nejrůznějších úpravách simulačního modelu v prostředí Simulink [2].

Nyní pracujeme na tvorbě obdobného nástroje, který by nám umožnil generovat ovladač z modelu vytvořeného v prostředí jazyka Modelica.

Literatura:

[1.] Cagaš, R.: *Control Web – všestranný pomocník pro tvůrce aplikačních programů.* AUTOMA, 6/2011 str. 1–4

[2.] Kofránek, J., Anh Vu, L. D., Snášelová, H., Kerekeš, R., & Velan, T.: *GOLEM – Multimedia simulator for medical education.* V L. Patel, R. Rogers, & R. Haux (Editor), *Studies in Health Technology and Informatics, 2001*, vol. 84, MEDINFO 2001, *Proceedings of the 10th World Congress on Medical Informatics.* 1042-1046. London: IOS Press, 2001. Práce je dostupná na adrese <http://www.physiome.cz/references/MEDINFO2001.pdf>

Kontakt:

Ing. Roman Cagaš

Ing. Pavel Cagaš

Moravské přístroje a.s.,

Masarykova 1148

763 02 Zlín - Malenovice

e-mail: rc@mii.cz

<http://mii.cz>

doc. MUDr. Jiří Kofránek, CSc.,

Oddělení biokybernetiky,

Ústav patologické fyziologie 1. LF UK

U nemocnice 5, 128 53 Praha 2

tel: +420 777-686868

e-mail: kofranek@gmail.com

<http://physiome.cz>

AKUSTICKÉ ANALÝZY PORUCH HLASU A ŘEČI U ONEMOCNĚNÍ CENTRÁLNÍ NERVOVÉ SOUSTAVY

Roman Čmejla, Jan Rusz

Abstrakt

Řada onemocnění centrální nervové soustavy (CNS) je doprovázena poruchami hlasu a řeči, často již od brzkých stádií nemoci. U pacientů s poruchami komunikačních schopností je tak negativně ovlivněna kvalita jejich života jak v sociální tak i v pracovní oblasti. Pacienti mají problémy s uplatněním na trhu práce a také stoupají náklady na jejich zdravotní péči, což má v důsledku negativní dopad na národní ekonomiku.

Mezi nejčastější projevy komunikačních poruch pacientů s CNS patří koktavost, dysartrie a dysfázie. Pro hodnocení míry hlasových a řečových poruch používáme akustické analýzy, které představují kvantitativní, objektivní a přesný nástroj využitelný při diagnostice, pro sledování efektů léčby, stanovení míry progresu nemoci i při terapii řeči.

Onemocnění CNS bývají doprovázena poškozením některých aspektů řeči, mezi něž patří fonace, artikulace, respirace a prozodie. V raných stádiích nemoci bývají ovlivněny pouze některé aspekty, ve vyšších jsou pak často ovlivněny již všechny. Jako fonace se označuje proces vytváření zvuku v hlasivkách; respiraci rozumíme proces dýchání, který je nezbytný k produkci řeči; artikulace představuje vytváření hlásek pomocí pohybu mluvidel; a prozodie zahrnuje zvukové vlastnosti jazyka, které se uplatňují na vyšší lingvistické úrovni, než jsou jednotlivé fonémy (fráze, tvar vět, přízvuk).

Neboť v současnosti je diagnostika komunikačních poruch založena především na subjektivních poslechových testech, předpokládáme, že aplikace nových automatických algoritmů digitálního zpracování signálů přispěje k lepší diagnostice, rehabilitaci a následnému snížení ceny poskytované zdravotnické péče u pacientů s různými poruchami řeči a hlasu nejen v rámci onemocnění CNS.

Cílem příspěvku je rozbor tradičních a nových diagnostických a terapeutických metod a technik založených na neinvazivním měření řečového signálu.

Klíčová slova

Základní frekvence, formanty, poruchy hlasu, patologická řeč, onemocnění CNS

1. Úvod – základní pojmy

Hlas a řeč jsou vytvářeny proudícím vzduchem vycházejícím z plic a prostupujícím hlasivkovou štěrbinou mezi hlasovými vazami, které se příčně rozechvívají, do dalších vzduchových prostorů skládajících se z hltanu, ústní dutiny a nosní dutiny.

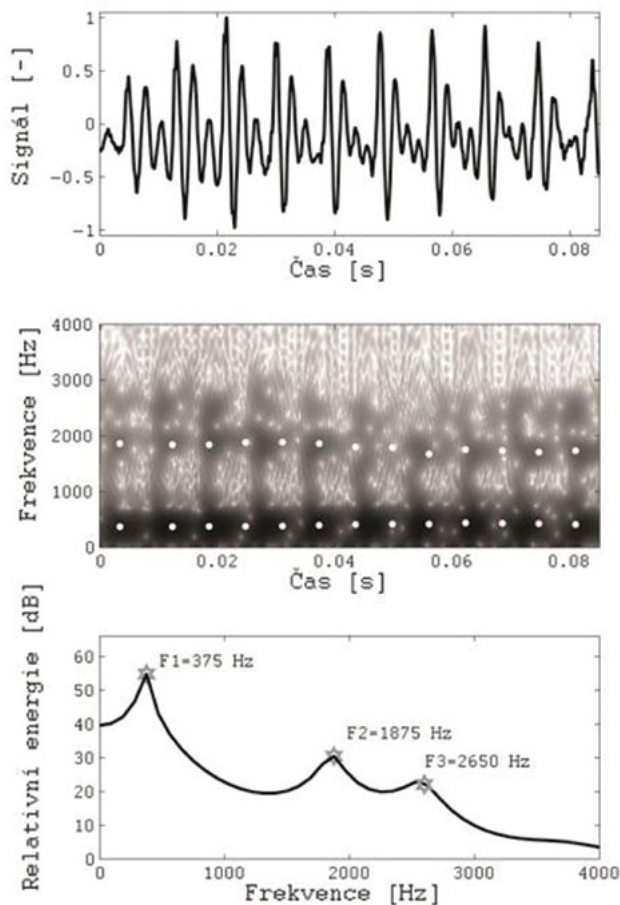
Veliká proměnlivost zvuku lidského hlasu je dána značným rozsahem možných změn síly proudu vzduchu (úměrné hlasitosti či energii signálu), napětí hlasivek, šířka a tvaru hlasivkové štěrbiny (podílí se na výšce a rozsahu základního tónu hlasu F_0) a také na velikosti a tvaru vzduchových prostorů (jsou rozhodující pro barvu a artikulaci zvuků a odráží se do velikosti rezonančních frekvencí, tzv. formantů F_1 , F_2 a F_3).

Změny v rychlosti kmitání hlasivek vnímáme tedy jako změny v základní periodě hlasivkového tónu T_0 , resp. v základní frekvenci F_0 . Základní perioda je ovlivněna vlastnostmi hlasivek (jejich pružností, hmotností a délkou). Typický rozsah základního hlasivkového tónu v řeči je mezi 80 až 180 Hz u mužů, 160 až 360 Hz u žen a 200 až 500 Hz u dětí. Rozsah mluvené řeči bývá polovina oktávy, u zpěvu dvě oktávy a u profesionálů tři oktávy. Nejčastěji používanou metodou detekce základní periody hlasivkového tónu bývá autokorelační funkce. Pro analýzu hlasu pro diagnostické účely však potřebujeme znát přesné odchylky v délce jednotlivých period (frekvenční nestabilitu – jitter) a odchylky ve velikosti maximálních amplitud v jednotlivých periodách (amplitudovou nestabilitu – shimmer). Pro tyto účely není použití samotné autokorelační funkce možné, proto detekční algoritmy probíhají ve více iteracích a detailně analyzují tvar vlny.

Formanty jsou energeticky významné frekvence, které odpovídají rezonančním frekvencím hlasového ústrojí. Pro přesnost artikulace samohlásek jsou nejdůležitější první dva až tři formanty (viz Obr. 1). Typické hodnoty prvních formantů českých samohlásek u mužů bývají pro /I/ 300 až 500 Hz, pro /E/ 480 až 700 Hz, pro /A/ 700 až 1100 Hz, pro /O/ 500 až 700 Hz a pro /U/ 300 až 500 Hz. Pro druhý formant jsou frekvence pro /I/ 2000 až 2800 Hz, pro /E/ 1550 až 2100 Hz, pro /A/ 1100 až 1500 Hz, pro /O/ 850 až 1200 Hz a pro /U/ 600 až 1000 Hz. Základem detekčních metod formantových frekvencí bývá autoregresní modelování nebo kepstrální analýza. Získání formantových trajektorií však vyžaduje následné použití sofistikovanějších metod (adaptivní filtrace, neuronové sítě, atd.). Automatickým vyhodnocením formantových frekvencí se často zabýváme při hodnocení správnosti artikulace. Určitou zajímavostí je takzvaný pěvecký formant, kdy školený operní zpěv se liší od naivního zpěvu významným zvětšením objemu rezonančních prostor nad hlasivkami a to všemi směry nahoru a dolů, dopředu i dozadu a v důsledku toho dochází ke sblížení až propojení 3 původně oddělených rezonancí vokálního traktu (3., 4. a 5. formantu) a k navýšení akustické energie v oblasti kolem 3 kHz až o 20 dB.

Od narození až do dospělosti se délka vokálního traktu prodlužuje přibližně na dvojnásobek, tudíž se výrazně mění geometrické proporce jednotlivých tkání relativně k délce vokálního traktu (zakřivení v oblasti nosohltanu, sestupují hrtan a příklopka hrtanová a dochází k poklesu zadní části jazyka). Také různé struktury vokálního ústrojí dorůstají v různém věku dospělých rozměrů (od 7 do 18 let věku). To vše způsobuje věkovou závislost akustických parametrů (např. základního tónu F_0 , formantových frekvencí F_1 a F_2 ,

sibilantů – posun spektrálního těžiště /s/ i parametry popisující srozumitelnost řeči). Rovněž u starších osob lze sledovat věkovou závislost základních parametrů hlasu a řeči, kdy např. u mužských hlasů dochází ke zvýšení frekvence základního hlasivkového tónu a naopak u žen k jeho poklesu.



Obrázek 1 — Znárodnění formantů F1, F2 a F3 u zdravého jedince mužského pohlaví

Poruchy komunikačních schopností mají silně negativní efekt na náš každodenní život v sociální i pracovní oblasti. Cena zdravotnické péče zároveň se zhoršením uplatnitelnosti na trhu práce pro lidi s řečovými poruchami má zásadní dopad na národní ekonomiku. Tyto okolnosti indikují, že poruchy komunikace jsou jedním z největších medicínských úkolů vědy 21. století (Ruben, 2000).

Existuje řada důkazů, že onemocnění centrální nervové soustavy (CNS) mají negativní efekt na řeč postižených osob, dokonce již od brzkých stádií nemoci. Tato onemocnění CNS ovlivňují jednotlivé aspekty řeči, kterými jsou fonace, artikulace, respirace a prozodie. Jako fonace se označuje proces vytváření zvuku v hlasivkách. Respirací rozumíme proces dýchání, který je nezbytný k produkci řeči. Artikulace je vytváření hlásek pomocí pohybu mluvidel a prosodie zahrnuje zvukové vlastnosti jazyka, které se uplatňují na vyšší lingvistické úrovni, než jsou jednotlivé fonémy (fráze, tvar vět, přízvuk).

Mezi jedny z nejběžnějších projevů poruch komunikace u nemocných CNS patří koktavost, dysartrie a dysfázie. Koktavost je chronická porucha plynulosti řeči neznámé příčiny, která se vyskytuje asi u 1% populace (v Čechách až 4% populace) a projevuje se mnohočetným opakováním slov či částí slov, zvýšeným počtem pauz a strachem z mluveného projevu. Parkinsonova nemoc (PN), jejíž výskyt je až 2% u populace starší 65 let, je způsobena nadměrnou ztrátou nervových buněk produkujících dopamin. Důsledkem nedostatku dopaminu v mozku vznikají poruchy hybnosti. Vedle charakteristických motorických příznaků PN jako je bradykineze, rigidita, porucha stoje a chůze a klidový třes, dochází u 70–90% pacientů k rozvoji poruchy řeči označované jako hypokinetická dysartrie, která může být jedním z prvních indikátorů nemoci. Vývojová dysfázie je porucha postihující vývoj řeči, jejíž etiologie sahá od doby těhotenství (toxické poškození plodu), přes dobu porodu (porodní trauma), po dobu postnatální (prodloužená novorozenecká žloutenka). U dětí s vývojovou dysfázií dochází k postižení různých aspektů řečového projevu.

Akustické analýzy jsou kvantitativní, objektivní a přesný nástroj pro hodnocení míry hlasových a řečových poruch a mohou být užitečným nástrojem pro podporu při diagnostice, při sledování efektů léčby a při stanovení míry progresu nemoci (Kent et al., 1999). Zavedení automatických algoritmů digitálního zpracování signálů (DSP, digital signal processing) by mohlo zásadně přispět ke zlepšení rehabilitace pacientů s onemocněními CNS. S využitím těchto hodnotících metod může řeč sloužit jako „biomarker“ pro diagnózu a vzdálené monitorování nemoci (Harel et al., 2004) a tím snížit cenu poskytované zdravotnické péče pro tyto osoby (Hartelius and Svensson, 1994).

2. Poruchy hlasu a jejich hodnocení

Klasické členění rozděluje poruchy hlasu na *organické* a na *funkční*. Organické poruchy bývají podloženy patologickým nálezem na hlasovém ústrojí, například záněty, nádory, parézy a úrazy hrtanu, hormonální poruchy a vrozené anomálie hrtanu. Mezi funkční poruchy hlasu se řadí poruchy z přemáhání, psychogenní poruchy a hlasové neurozy. U některých funkčních poruch lze také nalézt charakteristické organické změny na hlasivkách (např. uzlíky), avšak až po určité době chybného používání (přemáhání) hlasu.

Subjektivní metody hodnocení hlasu, ať už lékařem či pacientem, jsou v logopedii i v neurologii velmi často používané. Ačkoliv se lze setkat s velikou

růzností dotazníků subjektivního hodnocení, jejich podstata bývá velmi podobná. Např. pacient s poruchou hlasu vyplňuje odpovědi na 30 různých otázek podle svých pocitů na stupnici: nikdy (0), téměř nikdy (1), čas od času (2), téměř vždy (3), vždy (4). Z výsledného součtu jednotlivých pacientových odpovědí vyplyne závěrečné hodnocení: 0–30 minimální potíže s hlasem, 31–60 střední potíže (uzlíky, polypy, atd.), 61–120 vážné poškození hlasu (paresy atd.). Pro subjektivní testování experty (lékaři, logopedi), se v závislosti na tradici odborného pracoviště používají nejrůznější stupnice, např.: normální hlas (0), zastřený hlas (1), mírná dysfonie (2), středně těžká dysfonie (3), těžká dysfonie (4), afonie (5), bezhlasí po odstranění hrtanu (6). Při jiných testech se při subjektivním testování hodnotí např. chraptavost (drsnost), dyšnost, napětí, slabost, výška hlasu, hlasitost a z nich se usoudí na celkovou poruchu.

Objektivní metody hodnocení hlasu jsou zpravidla založeny na hodnocení fonetogramu (měření hlasového pole zpěvního a mluvního hlasu) a na akustických analýzách. Mezi tradiční akustické analýzy patří: hodnocení fonace u prodloužených samohlásek (shimmer, jitter, noise-to-harmonics ratio), artikulace (formantové charakteristiky, vokální oblast, voice onset time) a prosodie (variace hlasitosti a intonace, artikulární rychlost, charakteristiky pauz, plynulost řeči). Tyto různé řečové charakteristiky jsou pak u pacientů s poruchou řeči obvykle srovnávány s výkony zdravých jedinců. V současné době je bohužel stále nedostatek robustních algoritmů, a proto je většina těchto parametrů ve výzkumné či klinické praxi analyzována „ručně“ s využitím různých programů pro zpracování řečových analýz. Takto prováděné analýzy jsou však časově velmi náročné, a proto je jejich zavádění do klinické praxe značně složité.

V současnosti je dostupná řada softwarových produktů pro hodnocení hlasu (Boersma and Weenink, 2001; Kay Elemetrics, 2003), bohužel algoritmy použité v těchto softwarech vyžadují uživatelskou kontrolu správnosti provedených analýz.

3. Poruchy řeči a jejich hodnocení

Porozumění řeči je lokalizováno především v zadní části korové oblasti, tzv. Wernickeově centru. Poruchy v této oblasti vedou k senzorické afázii. Pacienti sice mluví plynule, ale často nesrozumitelně, což si vzhledem k poruše porozumění řeči neuvědomují. Nerozumí ani komplikovaným větám nebo přečtenému textu. Tvorba řeči se uskutečňuje především v Brocově centru, které je nadřazeno primárním řečovým centrům v motosenzorické kůře. Při poruchách Brocova centra trpí tvorba řeči. Pacienti nejsou schopni mluvit, nebo mluví jen telegraficky. Je-li porušena prováděcí řečová motorika, dochází k poruchám fonace (dysfonie a afonie), či artikulace (dysartrie).

Ačkoliv se poruchy hlasu a řeči vyskytují u celé řady onemocnění CNS, patofyziologie příčin vzniku a vývoje poruch řeči v rámci onemocnění zůstává vzhledem k současné světové literatuře neznámá (Benke et al., 2000; Schultz and Grant, 2000). Pro snadnější porozumění problematice zde uvedeme dva

příklady. Přestože původ poruch řeči u PN je obecně chápán jako motorický, v současné literatuře nebyly nalezeny téměř žádné důkazy o korelaci mezi motorickou stránkou nemoci a poruchami řeči (Schultz and Grant, 2000). Jako druhý příklad zde uvedeme nedostatek přesvědčivých důkazů o původu koktavosti, která je běžně asociována se zvýšeným množstvím dopaminu v mozku (Benke et al., 2000). Oproti koktavosti, PN vzniká s nedostatkem dopaminu v mozku. Pokud je tedy hypotéza vzniku koktavosti správná, mělo by u PN s nadměrnými dávkami levodopy (slouží ke zvýšení hladiny dopaminu v mozku) dojít ke zvýšení neplynulosti promluv. Potvrzení této hypotézy u PN by tedy přispělo i k objasnění příčin koktavosti. S využitím moderních metod akustických analýz může být tato ale i jiné hypotézy objasněny.

Diagnostické testování míry poruch řeči je v klinické praxi typicky založeno na poslechovém hodnocení odborníků (Dejonckere et al., 2001), tedy především na *subjektivních metodách*. Např. u dysartrií (sem patří Parkinsonova nemoc, amyotrofická laterální skleróza, a mnoho dalších neurologických onemocnění), kde jsou poruchy řeči charakterizované špatnou artikulací v důsledku onemocnění nervové soustavy, která brání kontrole například nad jazykem, hrdlem, rty či plícemi, je velmi rozšířené používání různých modifikací dysartrického 3F testu. Symbol 3F zde představuje testování tří kategorií – faciokineze (rty, čelist, jazyk), fonorespirace (respirace, respirace při fonaci, fonace) a fonetiky (artikulace, prozodie, srozumitelnost). Subjektivní testování pak spočívá v ohodnocení správnosti provedení 45 úkolů (v každé kategorii 15). Při správném provedení úkolu dostává pacient 2 body, při částečném 1 bod a při nesplnění 0 bodů. Výsledný součet pak udává míru postižení dysartrií.

V případech poruchy plynulosti řeči – koktavosti – si nemocní poruchu uvědomují a často trpí strachem z mluvení (logofobie). Porucha se vyskytuje po celém světě bez ohledu na vzdělání, rasu, či hospodářskou úroveň. V minulosti býval výskyt nemoci uváděn 0,5 až 1,5%, dnes až u 5% dětské populace. Výrazně častěji se porucha vyskytuje u mužů (až 8x častěji než u žen), u dvojčat (14,4% u jednovaječných, 22,7% u dvouvaječných), u leváků (22,5%), avšak její příčina dosud není známa. Určitou roli zde hraje dědičnost, negativní vliv sociálního prostředí a psychotraumata. Koktavost se v řečové promluvě může projevat klony (repetice), tony (prolongace) a bloky uvnitř slov. V terapii je popisováno až 250 postupů, mezi úspěšnější patří terapie s pomocí zpětné vazby DAF (Delayed Auditory Feedback).

Příklad stupnice pro subjektivní hodnocení koktavosti (Rileyho škála): neplynulost se neprojevuje (0), je nepostřehnutelná, pokud se nezačne hledat (1), náhodným posluchačům je nepostřehnutelná (2), uvádí posluchače do rozpaků (3), velmi rozptyluje (4), je úporná a těžká (5). Dále je možné popisovat stupeň neplynulosti např. pomocí indexů vztažených na počet slov. Indexy stanovuje foniatr – každý je však často posuzuje jinak (někdy bývá shoda pouhých 60%), z čehož vyplývá velká potřeba objektivní metody pro posouzení vážnosti nemoci.

U *objektivního testování řečových promluv* se v poslední době řada inovativních studií pokouší o rozvoj analýz hlasu a řeči s využitím nových automatických metod na bázi rozpoznávání řeči (Middag et al., 2008), strojového učení (Henriquez et al., 2009) či akustického modelování (Bocklet et al., 2011).

V našem výzkumu objektivizace hodnocení patologických promluv soustřeďujeme úsilí na výzkum fonace, prosodie a artikulace. Prvotní výsledky, svědčící o původnosti a originalitě řešení, byly nedávno publikovány ve špičkových mezinárodních časopisech. Studie (Rusz et al., 2011a) se zabývá návrhem řady tradičních i původních algoritmů pro automatické hodnocení řeči, s jejichž pomocí bylo prokázáno, že poruchy řeči u PN jsou akusticky zachytitelné již v brzkých stádiích nemoci v době, kdy je pacientovi teprve stanovena diagnóza. Dalším významným výsledkem této práce, je potvrzení hypotézy, že poruchy řeči u PN se projevují individuálně a nemusí se tedy vyskytovat ve všech aspektech řeči, ale mohou být narušeny pouze některé. Tento nálezný poukazuje na důležitost komplexního přístupu a zkoumání všech klíčových aspektů řeči. Aplikací jednotlivých měření na různé typy řečových poruch pak můžeme získat důležité poznatky o jednom typu nemoci, které mohou vést k zásadnímu nálezu u jiného druhu onemocnění CNS. Navazující studie (Rusz et al., 2011b) se zabývá možnostmi diagnostiky. Studie prokázala, že již v brzkých stádiích nemoci je možné pacienty s PN oddělit od věkově srovnatelných mluvčích zdravé populace s přesností 85% a to pouze na základě dvouminutového řečového signálu. Výsledky této práce ukazují, že testy na bázi neinvazivních akustických měření mohou být využity jako nástroj pro „vytipování“ jedinců potenciálně ohrožených vznikem PN. Včasná diagnóza je přitom u řady onemocnění zásadní zejména z důvodu nutnosti rychlého zahájení léčby, která pak zásadně zvýší kvalitu života takto postižených osob.

V současné době pracujeme také na dalších tématech v oblasti patologie řeči. Prvotní výsledky některých z nich již byly prezentovány v českých recenzovaných časopisech a na mezinárodních konferencích – algoritmy pro automatické hodnocení vokálních parametrů u patologických hlasů (Bauer et al., 2011), automatická segmentace hlásek u rychlé artikulace (Novotný et al., 2011), analýzy promluv dětí s vývojovou dysfázií (Nejepsová et al., 2010), analýza a hodnocení českých sibilantů (Stranik and Čmejla, 2011) a nové metody pro hodnocení plynulosti řeči u koftavých (Lustyk et al., 2011). Např. metody objektivního hodnocení neplynulosti jsou založeny na analýze celé řady parametrů v časové i frekvenční oblasti zkoumající např. poměr ticha a řeči, počet úseků ticha a řeči, průměrnou délku ticha, počet hran energetické obálky, obsazení hladin řečového signálu, energii, znělost a výstup celé řady pravděpodobnostních detektorů náhlých změn.

Ve všech případech se jedná o návrhy původních algoritmů, metod a hypotéz, na kterých dále pracujeme, optimalizujeme je a na větších databázích ověřujeme jejich vhodnost.

4. Závěr

Výzkum v oblasti řečové patologie hraje zásadní roli v praktické i teoretické rovině a může napomoci při diagnostice a léčbě různých onemocnění CNS. Naším cílem je výzkum a vývoj nových diagnostických a terapeutických metod a technik založených na neinvazivním měření řeči. Tyto metody mohou přispět k lepšímu porozumění základních fyziologických principů nemoci, což může v důsledku vést i k celkovému zvýšení kvality života pacientů. Úspěšné řešení uvedené problematiky představuje vyřešení řady úloh z techniky a medicíny, tedy několika vědních oborů jako je akustika, digitální zpracování signálů, statistické zpracování dat a strojové učení, neurologie a logopedie.

Poděkování

Tato práce je podporována z grantů GAČR „Analýza hlasu a řeči pacientů s onemocněními centrální nervové soustavy“ (102/12/2230) a SGS „Akustické analýzy a nové metody hodnocení pro objektivizaci poruch hlasu a řeči u neurologických onemocnění“ (OHK4–003/12).

Literatura:

- [1.] Bauer, L., Ruzs, J., Čmejla, R., 2011. Hodnocení vokálních parametrů u patologických hlasů. *Akustické Listy* 17: 13–18.
- [2.] Benke, T., Hohenstein, C., Poewe, W., Butterworth, B., 2000. Repetitive speech phenomena in Parkinson's disease. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 69: 319–324.
- [3.] Bocklet, T., Riedhammer, K., Noth, E., et al., 2011. Automatic intelligibility assessment of speakers after laryngeal cancer by means of acoustic modelling. *J. Voice: in press*.
- [4.] Boersma, P., Weenink, D., 2001. PRAAT, a system for doing phonetics by computer. *Glott International* 5: 341–345. Dejonckere, P., Bradley, P., Clemente, P., et al., 2001. A basic protocol for functional assessment of voice pathology. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 258: 77–82.
- [5.] Harel, B.T., Cannizaro, M.S., Cohen, et al., 2004. Acoustic characteristics of Parkinsonian speech: A potential biomarker of early disease progression and treatment. *J. Neurolinguistics* 17: 439–453.
- [6.] Hartelius, L., Svensson, P., 1994. Speech and swallowing symptoms associated with Parkinson's disease and multiple sclerosis: A survey. *Folia Phoniatr. Logop.* 46: 9–17.
- [7.] Henriquez, P., Alonso, J.B., Ferrer, Met al., 2009. Characterization of healthy and pathological voice through measures based on nonlinear dynamics. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 17: 1186–1195.
- [8.] Kay Elemetrics Corp., 2003. *Multi-Dimensional Voice Program (MDVP): Software Introduction Manual*. Lincon Park, Kay Elemetrics.
- [9.] Kent, R., Weismer G., Kent, J., et al., 1999. Acoustic studies of dysarthric speech: Methods, progress, and potential. *J. Commun. Disord.*, 32: 141–186.
- [10.] Lustyk, T., Bergl, P., Čmejla, R., Vokral, J., 2011. Change evaluation of Bayesian detector for dysfluent speech assessment. In *International Conference on Applied Electronics 2011, Pilsen, Czech Republic*, 231–234.

- [11.] Middag, C., Van Nuffelen, G., Martens, J.P., De Bodt, M., 2008. Objective intelligibility assessment of pathological speakers. In: Proc. Internat. Conf. On Spoken Language Processing (Interspeech 08), Brisbane, Australie, pp. 1745–1748.
- [12.] Nejepps, M., Janda, J., Čmejla, R., Vokral, J., 2010. Akustická analýza promluv dětí s vývojovou dysfázií. *Akustické Listy* 16: 4–8.
- [13.] Novotný, M., Rusz, J., Čmejla, R., 2011. Automatická segmentace hlásek při rychlém opakování slabik (/pa-/ta-/ka/) u hypokinetická dysartrie. *Akustické Listy* 18: in press.
- [14.] Ruben, R., 2000. Redefining the survival of the fittest: communication disorders in 21st century. *Laryngoscope*, 110, 241–245
- [15.] Rusz, J., Čmejla, R., Ruzicková, H., Ruzicka, E., 2011a. Quantitative acoustic measurements for characterization of speech and voice disorders in early untreated Parkinson's disease. *J. Acoust. Soc. Am.* 129: 350–367.
- [16.] Rusz, J., Čmejla, R., Ruzicková, et al., 2011b. Acoustic assessment of voice and speech disorders in Parkinson's disease through quick vocal test. *Mov. Disord.* 26: 1951–1952.
- [17.] Schulz, G.M., Grant, M.K., 2000. Effect of speech therapy and pharmacologic and surgical treatments on voice and speech in Parkinson's disease: a review of the literature. *J. Commun. Disord.* 33: 59–88.
- [18.] Stránil, A., Čmejla, R., 2011. Spectral approximations for sibilant classification. In *International Conference on Applied Electronics 2011, Pilsen, Czech Republic*, 385–388.

Kontakt:

Roman Čmejla

Jan Rusz

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra teorie obvodů

Technická 2

160 00, Praha 6

JAK LÉKAŘI ŠETŘIT ČAS

Aleš Daniel, Martin Zeman

Anotace

Enormní vytížení lékařů, péče o pacienty doprovázená rozsáhlou administrativou, která ubírá čas, který lze věnovat pacientovi, je natolik běžným jevem v oblasti zdravotnictví, že snaha o maximální úsporu času lékaře v oblasti administrativy je nutnou součástí všech IT služeb ve zdravotnictví. Způsobů přístupu k řešení těchto oblastí je mnoho. Příspěvek se zabývá dvěma z nich. Integrací systémů mezi sebou, kdy jeden vyvolává další systém, a integrací záznamů v systémech obsažených. První způsob integrace je ukázán na příkladu řešení v oblasti přístupu k radiologickým snímkům přímo z NIS, přestože NIS nemá modul pro tuto oblast. Druhý způsob ukazuje cestu, kterou se vydala Krajská zdravotní, a.s. při řešení přístupu k záznamům pacienta v rámci všech svých nemocnic, využívajících množství rozličných systémů.

Klíčová slova

Propojení systémů, integrace IS, integrace zdravotních záznamů, regionální EHR, komunikace mezi NIS, IHE, DICOM, EHR, NIS, PACS.

1. Úvod

Je obecně známo, že časové vytížení lékařů je enormní. Vlastní péče o pacienty je neúměrně doprovázena administrativou, např. vkládáním informací do informačních systémů, zejména o tom, koho a jak léčí, jaké výkony provádí. Spousta kroků ubírajících v konečném důsledku čas, určený pacientovi a jeho léčbě. Jednou z možností, jak z pozice IT trochu usnadnit lékařům nutnou administrativu, je maximálně zjednodušit práci s počítačovými programy, nezvyšovat počet systémů, do kterých je nutné se složitě přihlašovat, a v nich ještě komplikovaněji vyhledávat podstatné informace.

Vědomi si těchto okolností, snažíme se v rámci Krajské zdravotní, a.s. (dále KZ) zjednodušit přístup k informacím alespoň v rámci těch nejpoužívanějších funkcionalit, zejména při vazbách mezi jednotlivými informačními systémy. Proto se již několik let mj. soustředíme na dvě oblasti práce s nemocničními IS, které mají lékaři usnadnit jeho práci s informačními systémy.

Prvním směrem našeho úsilí je propojení nemocničních informačních systémů s prohlížečem radiologických snímků, uložených v centrálním archivu, součástí tzv. PACSu. Mimo obvyklý scénář propojení jsme se zaměřili na možnost vyvolat konkrétní snímek přímo z nemocničního systému, nikoliv nezávisle otvírat separátní aplikaci a nutit lékaře znovu vyhledávat stejného pacienta jako v nemocničním IS. Zároveň ale podnikáme kroky, jak umožnit lékařům nahlížet stejným způsobem i na snímky, či další obrazové záznamy včetně streamovaného videa, pořízené z jiných pracovišť než je radiologie, například z gynekologie, gastroenterologie a dalších.

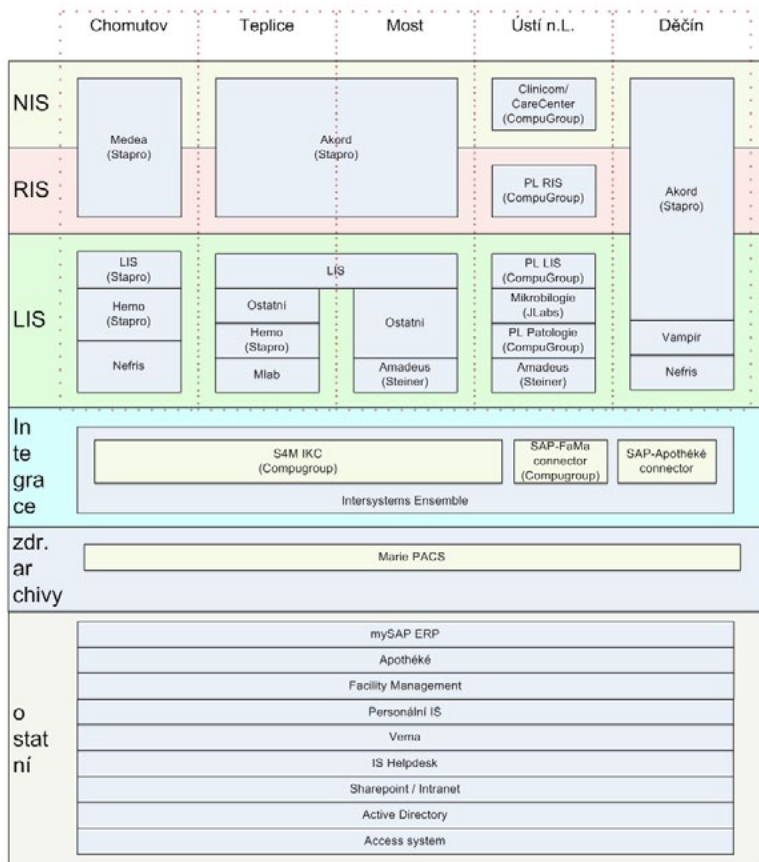
Druhou z oblastí, ve které chceme uspořit čas nejen lékaři, ale také pacientovi, je práce se zdravotní dokumentací. Zejména pro případy, kdy pacient byl hospitalizován v některé z našich regionálních nemocnic nebo se překládá v rámci našich nemocnic, chceme lékaři umožnit náhled do klíčových dokumentů či výsledků vyšetření, které mu pomohou v jeho rozhodování bez nutnosti opakovaných vyšetření a prostožů, spojených se sháněním informací z jiných nemocnic, nejsou-li explicitně nutné. V tomto ohledu považujeme za klíčové, aby měl lékař přístup přes jedno rozhraní ke kompletním informacím pacienta, vztahujícím se k případu a evidovaným v našich systémech. Vzhledem k různorodosti a zastaralosti zdravotnických informačních systémů v našich pěti nemocnicích se jedná o úkol, jehož uspokojivé řešení je nákladné, velmi složité a žádá si dlouhý čas a řadu postupných kroků.

2. Výchozí stav

Krajská zdravotní, a.s. provozuje ve svých lokalitách v Chomutově, Mostě, Teplicích, Ústí nad Labem a Děčíně různé nemocniční (klinické) systémy, stejně tak jako laboratorní, radiologické a další subsystémy. Zmíněné systémy byly již historicky vždy primárně určeny na podporu procesů v rámci dané lokality (nemocnice), dříve samostatných nemocnic. V každé lokalitě tyto systémy slouží jako hlavní technická podpora klíčových procesů, řada z těchto procesů však napříč celou organizací. Klinické systémy mají vazby i na další systémy, které KZ využívá v rámci dalších procesů, např. na ekonomický, personální, logistický, lékárenský IS ad.

Jednotlivé klinické systémy (nemocniční, radiologické, laboratorní) nejsou mezi sebou zpravidla jakkoliv přímo provázány, nejsou tak sdíleny informace o zdravotních záznamech pacientů. Zdravotní dokumentace pacienta, který navštívil více lokalit (nemocnic) v rámci KZ, je evidována v lokalitách odděleně. Lékař tak nemá možnost přímo zjistit, zda pacient již nenavštívil některou z ostatních lokalit, která vyšetření tam již absolvoval a s jakým výsledkem či která byla naplánována.

Ve všech lokalitách je poskytována centrální služba integrační platformy, a to z několika oblastí. Nejvýznamnější částí je prozatím využití integrační platformy jako DICOM Worklist a DICOM MPPS[1] serveru pro modalitu na radiologických pracovištích společnosti v jednotlivých lokalitách. Tato služba je zajišťována pomocí systému Integrační a komunikační centrum (IKC), které je postaveno nad integrační platformou Intersystems Ensemble. U této nejvýznamnější služby je nyní dokončován přesun na nový DICOM hub jiného dodavatele mimo Ensemble, který v rámci finálního PACSového řešení zajišťuje serverové DICOM služby, zmíněná služba tak bude součástí služeb PACSu. Dalšími centrálními službami v rámci Ensemble jsou konektory mezi podpůrnými informačními systémy (ekonomickým IS, systémem pro oblast facility managementu apod.).



Legenda:

- xy systém nebo jeho část, která je v současnosti implementována
- xy skupina služeb integrační platformy / aplikace v rámci platformy, která je v současnosti naimplementována
- xy hranice lokalit označující jednotlivé nemocnice

Obrázek 1 — Výchozí stav IS Krajské zdravotní, a.s. před projektem integrace do EHR

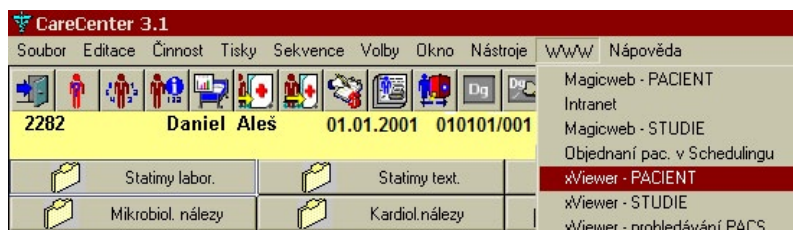
Integrační platforma Ensemble je v dlouhodobé strategii v oblasti integrace považována za cílové řešení, proto veškeré konektory mezi systémy, které KZ implementuje, jsou realizovány prostřednictvím této platformy převážně vlastními zdroji KZ.

3. Integrace NIS s PACS

Jak bylo zmíněno v úvodu, jednou z hlavních oblastí, na kterou se IT KZ zaměřuje za účelem úspory času lékařů, je integrace nemocničního informačního systému a snímků uložených v rámci systému PACS, tedy převážně radiologických snímků.

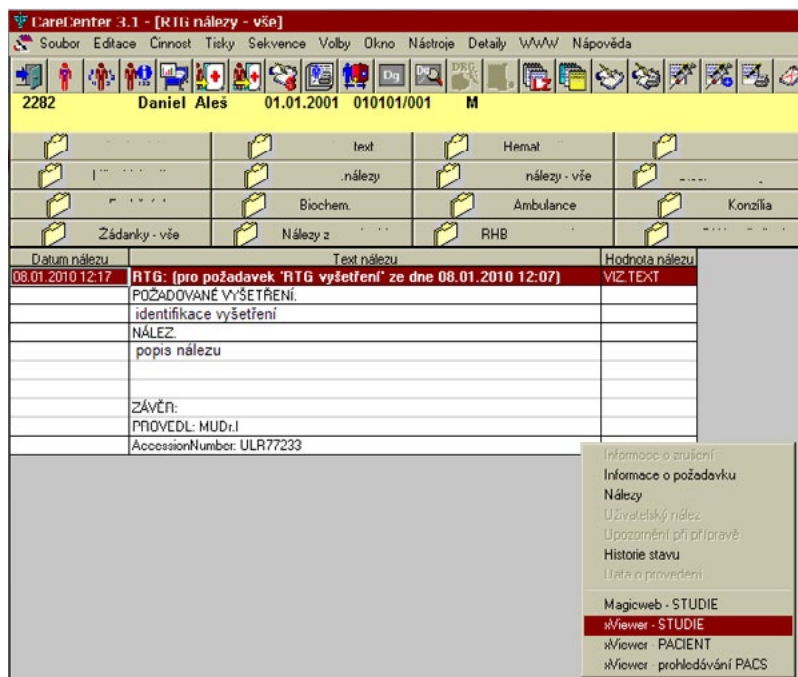
Hlavní myšlenkou v rámci tohoto způsobu integrace více systémů je odstranit nutnost opětovného zadávání údajů o pacientovi v aplikaci na zobrazení radiologických snímků, pokud již nad samotným pacientem pracují v NIS. Mechanismy, jak toto řešení zajistit, závisí na možnostech jednotlivých NIS, které v KZ provozujeme. Nicméně obecně lze použít jeden či oba z dále uvedených způsobů.

Prvním způsobem je vyvolání aplikace, v našem případě to jsou xVision Viewer a MagicWeb, prostřednictvím globálního menu NIS, kde jednotlivé položky menu odkazují na dílčí části zobrazovací aplikace, kterou spouští vždy s použitím parametrů. Nutnou podmínkou pro úspěšné nalezení konkrétní studie pacienta z NIS je evidence čísla RDG studie pacienta vedená v NIS, kam se tato informace dostane díky propojení se službou DICOM Modality Worklist systému PACS[2]. V případě, že lékař vyžaduje přehled všech studií pacienta, je nutné mít extra položku v menu NIS, ze které lze parametricky volat prohlížeč RDG snímků, přičemž předávaným parametrem je identifikátor pacienta, např. číslo pojištěnce. Realizace viz obrázek 1. Protože se však snažíme minimalizovat i takové drobnosti, jakými jsou pohyby myši přes obrazovku, implementovali jsme další, rychlejší způsob.



Obrázek 2 — Propojení NIS Clinicom/CareCenter a PACSového prohlížeče pomocí menu NIS

Druhým způsobem je poskytnutí stejných odkazů, jaké jsou v hlavním menu NIS, ale tentokrát v podobě kontextové nabídky po pravém kliknutí myši, která je vyvolatelná nad výsledky dotčených vyšetření. Snahou je omezit nutnou práci s myší na minimum, proto v tomto případě odstraňujeme nutný pohyb po obrazovce. Jak tento způsob vypadá v praxi, je vidět na následujícím obrázku 3.



Obrázek 3 — Propojení NIS Clinicom/CareCenter a PACSového prohlížeče pomocí kontextového menu

Jak plyne z uvedených obrázků, není uveden pouze jeden odkaz na studii pacienta, ale odkazů je více. Nejdůležitějším odkazem je odkaz na studii pacienta. Kliknutím na tento odkaz se otevře zvolený prohlížeč DICOM studií a zobrazí se přímo snímky z dané studie. Další volbou, kterou může lékař využít, je volba Patient. Tímto se spustí prohlížeč se zvoleným pacientem a výběr všech jeho DICOM studií, které byly kdy uloženy do centrálního PACS.

4. Projekt integrace zdravotní dokumentace napříč nemocnicemi KZ

Pro IT KZ nejnámennější a mnohem náročnějším úkolem, je usnadnit lékařům a v konečném důsledku i pacientovi, zjišťování informací o léčení pacienta v kterékoliv lokalitě, může-li to být významné pro jeho aktuální léčbu. Proto KZ usiluje o vybudování elektronického patientského záznamu dostupného napříč všemi svými nemocnicemi. Za tím účelem dovybavuje jednotlivé nemocnice specializovanými zdravotnickými informačními systémy, popř. tyto systémy nahrazuje modernějšími nebo je modernizuje. Velký důraz klade na konsolidaci informační infrastruktury za využití pokročilých integračních nástrojů, vyvinutých speciálně pro tento účel a podporujících standardizaci elektronizace zdravotní dokumentace na základě všeobecně přijímaných mezinárodních standardů (HL7, DICOM, IHE, XDS) v souladu s architekturou SOA.

Zvoleným řešením se KZ snaží dosáhnout i centrální registrace elektronické zdravotní dokumentace a ověřování manipulace s ní pro kontrolní účely a pro zvýšení ochrany citlivých dat pacientů.

Vzhledem k náročnosti daného úkolu je jeho naplnění realizováno v rámci dlouhodobého projektu.

4.1 Cílový stav projektu

KZ považuje za cílový stav snížení heterogenity prostředí nejen v oblasti nemocničních informačních systémů, ale i na úrovni klinických systémů, např. laboratorních. Zároveň prosazuje využití integračních nástrojů nejen pro zajištění regionální dostupnosti záznamů o zdravotní péči (z nemocničních, radiologických, laboratorních a dalších IS), ale i pro integrační potřeby dalších procesů společnosti, jako je do budoucna napojení na zabezpečený archiv dokumentů (zdravotnické dokumentace). KZ předpokládá otevřené integrační řešení, postavené na jednotné sběrnici, ke které budou připojeny jednotlivé systémy s využitím adekvátních standardů. Nové služby bude moci dle aktuální potřeby přidávat k této sběrnici.

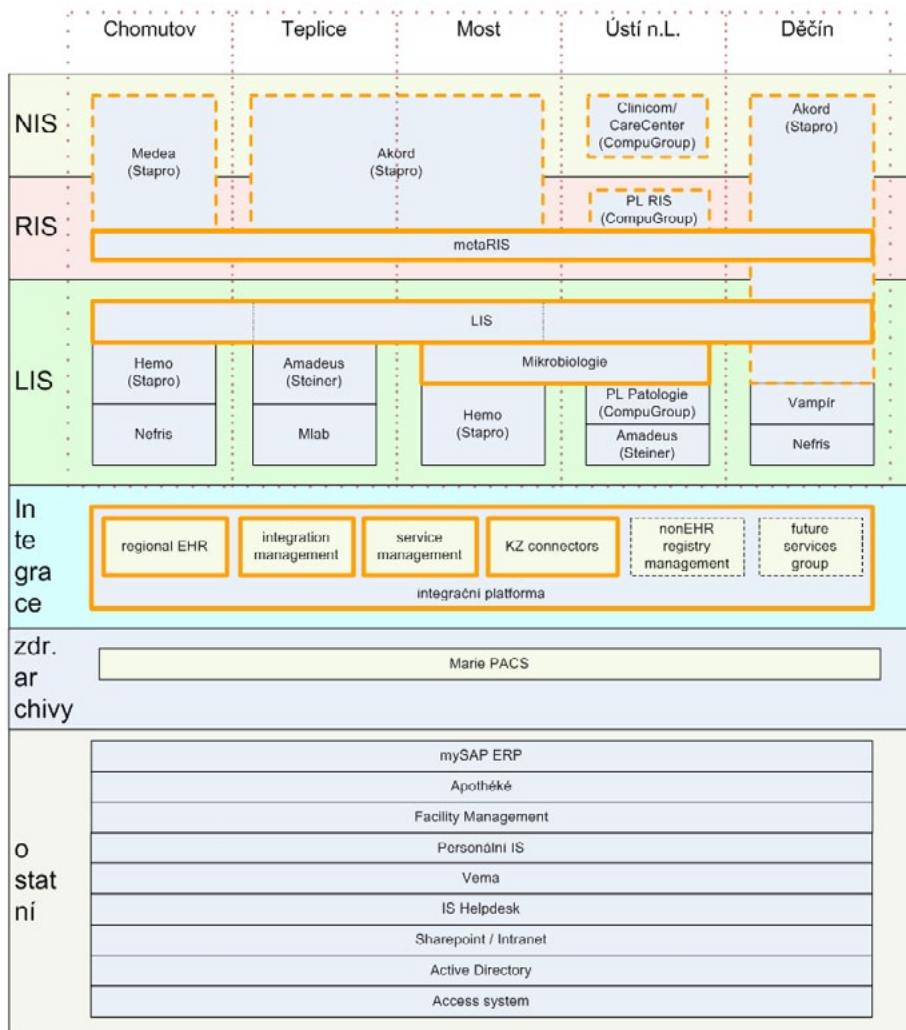
Protože jsme si v KZ vědomi, že takováto úloha vyžaduje definování mnoha formálních pravidel, aby mohla být uspokojivě řešitelná, je součástí cílového stavu také zpracovaná dokumentace, zvláště v oblasti pravidel/politik, které popisují oblasti problémové domény. Zejména se jedná o jasně definovaná organizační a provozní pravidla, pravidla pro přiřazování dalších členů do problémové domény, pravidla pro systémovou architekturu a její popis, zajištění technické bezpečnosti a další.

4.2 Koncept řešení

Předmětem dodávek v rámci celého projektu je rozšíření stávající platformy a dodání služeb pro zajištění regionálního, resp. subregionálního (tj. pro uváděných 5 lokalit) zdravotního záznamu (rEHR). Stejně tak rozšíření laboratorního informačního systému pro vybrané obory. Vzhledem k tvorbě rEHR je nutné upravit komunikaci v NIS a v některých oblastech nemocniční IS samotné. Analogické úpravy se týkají také systémů pro radiologii, které jsou až na případ Ústí nad Labem integrální součástí NIS.

4.2.1 Integrační platforma

V rámci projektu se počítá s rozšířením stávající integrační platforma Intersystems Ensemble tak, aby byla zajištěna vysoká dostupnost v řádu 99,99% a zajištěn požadovaný počet pracovních instancí, který umožní pracovníkům KZ další vývoj služeb na této platformě. Za cílové využití platformy, v rámci konceptu, je považováno její využití jako sběrnice (potažmo ESB[3]), která poskytuje služby všem napojeným systémům. Do sběrnice jsou přidávány další služby od různých dodavatelů včetně služeb vytvořených pracovníky KZ. Tyto služby jsou logicky děleny do skupin na základě jejich použití a účelu. Každý systém zařazený do problémové domény (tzv. Affinity Domain) má definováno



Legenda:

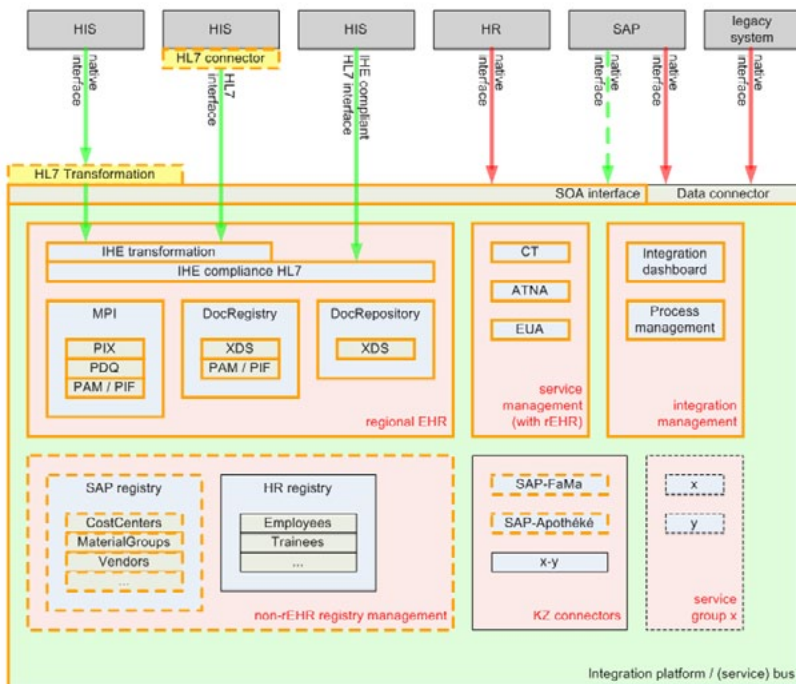
- xy systém nebo jeho část, který je předmětem úprav v rámci projektu
- xy skupina služeb integrační platformy / sběrnice, která je předmětem úprav v rámci projektu
- xy systém nebo jeho část, která v rámci projektu bude upravována
- xy budoucí skupina služeb integrační platformy / sběrnice, která není předmětem úprav v rámci projektu
- xy systém nebo jeho část, která je již implementována a není předmětem úprav v rámci projektu
- hranice lokalit označující jednotlivé

Obrázek 4 — Cílový stav IS Krajské zdravotní, a.s. pro první etapu projektu integrace do EHR

rozhraní vůči sběrnici, které služby sběrnice při komunikaci s daným systémem používají.

4.2.2 Služby rEHR

Regionální zdravotní záznam zahrnuje v konceptu Obrázek 4 Logický pohled – koncept několik skupin služeb. Jedná se primárně o skupiny regional EHR[4] a service management.



Legenda:

- xy konektor, který je předmětem úprav
- xy profil / transakce IHE, které jsou předmětem projektu
- xy služba integrační platformy / sběrnice, která je předmětem projektu
- xy skupina služeb, která je předmětem projektu
- xy část konceptu, která může být předmětem projektu

- xy části konceptu, která nejsou předmětem projektu
- xy
- xy
- xy
- xy budoucí části konceptu, která nejsou předmětem projektu
- xy
- rozhraní, které není součástí projektu

Obrázek 5 — Aplikační pohled na integraci do EHR v rámci KZ

Základní princip regionální dostupnosti elektronických záznamů o zdravotní péči je založen na centrální evidenci demografických údajů pacientů a sdílení záznamů o zdravotní péči z klinických informačních systémů v jednotlivých lokalitách. Princip fungování rEHR je kompatibilní s profily IHE[5][6]. Pro centrální evidenci demografických údajů je k dispozici centrální repository, kam se ukládají primární data. Požadavek na záznamy o zdravotní péči pacienta z jiných lokalit je realizován speciálním modulem nemocničního systému v dané lokalitě, který komunikuje s integrační platformou a klinickému pracovníkovi zobrazuje přehled zdravotní dokumentace evidované v jiných lokalitách. Přehled zdravotní dokumentace z ostatních lokalit není zobrazen ve stejném přehledu jako lokální záznamy, ale v separátním (buť i vizuálně shodném) prostředí. Při požadavku na konkrétní zdravotní záznam je přes integrační platformu dotázán klinický systém, který má uložen požadovaný záznam a ten je přes sběrnici vrácen a zobrazen prostřednictvím nemocničního systému (např. uvedeným modulem). Takto zobrazená dokumentace není v lokálním nemocničním systému ukládána. V případě, že lékař na základě takovéto dokumentace provede další úkony, musí být v jeho lokálním nemocničním systému umožněno se v rámci takové dokumentace odkázat na zpřístupněnou dokumentaci poskytnutou prostřednictvím služeb rEHR a umožnit její tisk. Při komunikaci s klinickými systémy je uvažováno se třemi možnými způsoby (vyjmenovány v prioritním pořadí od nejlepšího k nejhoršímu):

1. komunikace mezi klin. systémem a sběrnici prostřednictvím HL7 zpráv scénářů kompatibilními s IHE (zobrazeno na obrázku 4 jako IHE compliant HL7 interface)
2. komunikace mezi klin. systémem a sběrnici prostřednictvím základních HL7 zpráv (zobrazeno jako HL7 interface) s předpokládaným využitím HL7 konektoru na straně klinického systému, za který odpovídá dodavatel klinického systému
3. komunikace mezi klinickým systémem a sběrnici nativním konektorem daného klinického systému, přičemž komunikace je převáděna na HL7 komunikaci na hranicích sběrnice (zobrazeno jako native interface), přičemž za transformaci na HL7 ručí realizátor řešení rEHR

4.2.2.1 Native interface

Klinický systém komunikuje prostřednictvím svého nativního konektoru. Za provoz a správu konektoru odpovídá dodavatel klinického systému. Konektor je nasměrován na transformační část sběrnice, která provádí transformaci na HL7 (zobrazeno jako HL7 Transformation). Za tuto část zodpovídá dodavatel řešení rEHR. Po transformaci zpráv na HL7 je komunikace směřována na transformaci, která je v souladu s profily IHE (zobrazeno jako IHE Transformation). Poslední vrstvou je IHE compliance HL7, v rámci které se již komunikuje v souladu s profily IHE a tato vrstva dále komunikuje se službami rEHR.

4.2.2.2 HL7 interface

Rozdíl tohoto interface od dříve uvedeného je ten, že transformace do HL7 je realizována již na straně klinického systému, který tak komunikuje prostřednictvím HL7 standardu již s transformační vrstvou pro IHE profily (IHE Transformation), protože se předpokládá, že v tomto kontextu HL7 zprávy nesplňují požadavky na kompatibilitu s profily IHE. Správa konektorů (transformace) komunikace na HL7 je na straně dodavatele klinického systému. Odpovědnost za transformace (IHE Transformation) pro kompatibilitu s IHE profily je na realizátorovi rEHR řešení.

4.2.2.3 IHE compliant HL7 interface

Předpokládá situaci, kdy klinický systém je připraven plnohodnotně komunikovat v souladu s IHE profily bez přidávání dalších modulů. V tomto kontextu dodavatel klinického systému zodpovídá za komunikaci ze své strany, za vrstvu IHE compliance HL7 zodpovídá realizátor rEHR.

4.3 Radiologie

Protože nejen nemocniční, ale i radiologické systémy obsahují velké množství cenných informací, jejichž dostupnost pro kteréhokoliv radiologa KZ může být klíčová i v časovém hledisku, považujeme za cílový stav v této oblasti zajištění centrálních služeb pro oblast radiologie ze všech radiologických pracovišť a dosažení dostupnosti radiologických systémů alespoň na úrovni systémů nemocničních. Ve výsledku budou poskytovány centrální služby radiologie pomocí služeb seskupených do tzv. metaRISu, které pracovníkům radiologie ve všech lokalitách umožní pracovat se systémy bez ohledu na lokalitu, ve které se fyzicky nacházejí. Vzhledem k existenci radiologických IS v nemocničních IS KZ nepředpokládá výměnu tohoto druhu systémů za jeden centrální, pokud nedojde ke stejnému kroku v oblasti nemocničních IS.

Předmětem metaRISu, tedy centrálních služeb pro radiologii, je zajištění následujících služeb:

- a) sdílený objednávkový kalendář se schopností informovat žadatele o termínu objednání v NIS
- b) schopnost přesunu/kopie žádanky mezi jednotlivými RDG pracovišti
- c) přístup k datům v radiologických IS přes všechny pracoviště (lokality) včetně schopnosti zápisu popisu z jakékoliv lokality do kteréhokoliv radiologického IS používaného v KZ
- d) schopnost filtrování dat (zobrazení) pro jednotlivá pracoviště/lokality,
- e) koncipování systému pro bezodstávkový provoz
- f) dodávka uživatelské a administrátorské dokumentace k aplikaci/aplikacím a systémové dokumentace k jednotlivým komponentám

5. Závěr

Vývoj informačních systémů, které nejen plní požadovanou funkci, ale chovají se, jak uživatel intuitivně očekává, dokáže velkou měrou šetřit uživateli čas. V případě nasazení více systémů je jednou z cest jejich vzájemná integrace takovým způsobem, aby bylo možné z jednoho systému spouštět další, který již zobrazí kontextově sdruženou informaci v systému vyvolaném na základě kontextu systému prvního. V prostředí nemocnic, kde je nasazeno množství rozličných systémů a zároveň vytížení personálu je enormní, je každý krok zjednodušující práci uživatele podstatným přínosem, poskytujícím v důsledku lékaři více času pro péči o pacienta.

S vědomím těchto možností KZ podniká kroky v několika oblastech, aby usnadnila svým lékařům cestu k podstatným informacím. A to jak cestou integrace systémů mezi sebou, jako v případě vyvolávání PACSových snímků z NIS, tak cestou integrace zdravotních záznamů z více lokalit. Protože integrace zdravotních záznamů je záležitost velmi komplikovaná, řeší Krajská zdravotní, a.s. tento úkol dlouhodobě, v rámci na sebe navazujících dílčích projektů, strategie a koncepce IT. Přístup KZ je v rámci ČR ojedinělý, i vzhledem k faktu, že její struktura je v rámci ČR unikátní. Ovšem principy, které v rámci integrace zdravotních záznamů využívá, nejsou unikátní, ale obecně platné a doporučované v rámci celosvětových iniciativ, jakou je například Integrating the Healthcare Enterprise.

Literatura:

- [1.] Wikimedia Foundations, Inc. DICOM [online]. [cit. 2012–02–13]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/DICOM>.
- [2.] Wikimedia Foundations, Inc. Picture archiving and communication system [online]. [cit. 2012–02–13]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Picture_archiving_and_communication_system.
- [3.] Wikimedia Foundations, Inc. Enterprise service bus [online]. [cit. 2012–02–13]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_service_bus.
- [4.] Wikimedia Foundations, Inc. Electronic health record [online]. [cit. 2012–02–13]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_health_record.
- [5.] IHE International. IHE [online]. [cit. 2012–02–13]. Dostupné z: <http://www.ihe.net>.
- [6.] IHE International. IT Infrastructure Technical Framework [online]. [cit. 2012–02–13]. Dostupné z: http://www.ihe.net/Technical_Framework/index.cfm#IT.
- [7.] Zeman, M., Daniel, A., Pejchal, J. Regionální PACS nemocnic Ústeckého kraje. In Sborník přednášek III. Mezinárodního kongresu Telemedicina Brno 2007, Brno, 2007, ISBN–978–80–86633–94–7.

Kontakt:

Ing. Aleš Daniel

Krajská zdravotní, a.s.

Sociální péče 3316/12A

401 13 Ústí nad Labem

e-mail: ales.daniel@kzcr.eu

<http://www.kzcr.eu>

Ing. Martin Zeman

Krajská zdravotní, a.s.

Sociální péče 3316/12A

401 13 Ústí nad Labem

e-mail: martin.zeman@kzcr.eu

<http://www.kzcr.eu>

VÁZANÉ ŘIDITELNÉ BIOLOGICKÉ PSEUDOOSCILÁTORY

Vladimír Eck, Petr Michněvič, Lenka Lhotská, Olga Štěpánková

Anotace

Sdělení popisuje dynamické chování vázaných říditelných pseudooscilátorů představovaných srdcem a plícemi při zátěžovém testu. Na základě fyzikálních poznatků a poznatků z teorie systémů můžeme chápat tento kardiorepirační systém jako systém vázaných říditelných biologických pseudooscilátorů. Stručně bude pojednáno o biologické struktuře a řízení tohoto systému. Budou popsány dva typy ergometrických zátěžových testů I a II, kterými byly získány průběhy charakteristických veličin definovaného systému vázaných pseudooscilátorů. Průběhy těchto veličin jsou podrobně specifikovány velikostí maxim a dobou zpoždění reakce systému na zátěž. Je řešena i predikce vývoje veličin metodou nejmenších čtverců. Z dosažených výsledků je provedena detekce vazby mezi definovanými pseudooscilátory srdce – plíce. Detekce vazby je založena na frekvenční, fázové, intervalové synchronizaci a na korelační analýze. Z uvedených analýz se potvrdila obecná známost, že vazba existuje a charakteristické veličiny se synchronizují, což odpovídá skutečnosti. Na závěr jsou presentovány vnější parametry ARX modelu popisující dynamické chování sledovaných veličin v závislosti na fyzické zátěži a je s nimi provedena řada simulací.

Klíčová slova

Vázané říditelné biologické pseudooscilátory, ergometrické zátěžové testy, kardiorepirační systém, vnější parametrické ARX modely

1. Úvod

Cílem sdělení je pokus o formulování vztahu mezi tepem a dechem při fyzické zátěži a odhadu posunů mezi maximy a minimy tepové a dechové frekvence při fyzické zátěži testovaných osob. Pokusíme se použít teorii vázaných oscilátorů k popisu a modelování vzájemného vztahu oscilujících biologických soustav, ke kterým patří i kardiorepirační systém. V teoretickém rozboru technicky vázaných oscilátorů jsme specifikovali znaky a chování těchto oscilátorů, které bychom rádi našli i v biologických soustavách. Fyziologickým rozбором kardiorepirační soustavy jsme ovšem dospěli k názoru, že takové znaky a chování, které bychom mohli přirovnat k chování vázaných biologických oscilátorů, tyto soustavy nevykazují. Pro popis vzájemného vztahu kardiiovaskulární a dýchací soustavy je na místo diferenciální rovnice používané pro vázané oscilátory v technice použita jednorozměrná nelineární funkce, kterou popíšeme vzájemný vztah mezi srdeční a dechovou frekvencí. Závěrem jsme vyslovili názor, že mezi kardiiovaskulární a dýchací soustavou neexistuje taková přímá vazba, na kterou by bylo možno aplikovat teorii technicky vázaných oscilátorů, ale že obě biologické soustavy jsou řízeny pomocí zpětných vazeb. Není tedy možné jednoduše využít analogií mezi technickými a biologickými systémy.

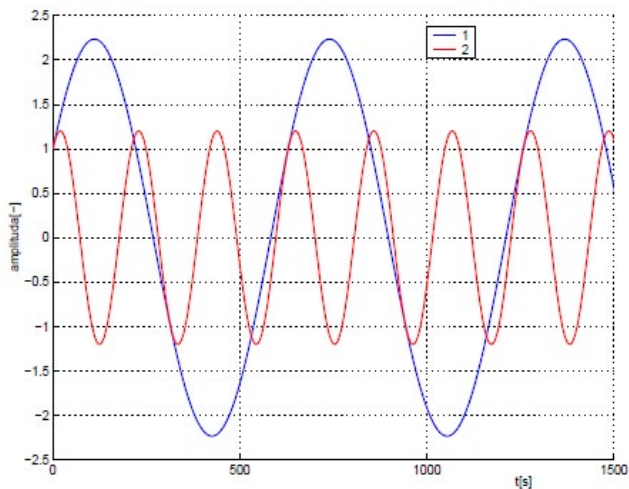
2. Definování objektu zkoumání a jeho biologická charakteristika

Mezi nejlépe prozkoumané a fyziologicky popsané biologické soustavy patří soustava kardiiovaskulární a dýchací. Tyto dvě soustavy jsou natolik spolu

svázány, že jsou společně nazývány soustavou kardiorespirační. Využijeme tedy tohoto blízkého vztahu a pokusme se na kardiorespirační soustavu obdobně aplikovat teorii technicky vázaných oscilátorů. Budeme hledat dva samostatné nezávislé zdroje periodického signálu, každý pro jednu soustavu, které bychom mohli popsat vztahy platnými pro nezávislý oscilátor. Zároveň budeme pro nalezené oscilátory hledat takový popis, který by vyjadřoval jejich předpokládaný vzájemný vztah.

2.1 Srdce při fyzickém zatížení

Činnost srdce je ovlivňována autonomním nervstvem mozku (sympatikem), nervstvem prodloužené míchy (parasymptikem) a žlázami s vnitřní sekrecí (humorálním řízením), přičemž parasymptikus vedoucí do sinusového uzlu tepovou frekvenci snižuje a sympatikus ji zvyšuje. Mezi ukazatele [1] činnosti srdce patří srdeční frekvence SF , systolický objem srdeční Q_s a minutový objem srdeční Q . Systolický objem srdeční neboli tepový objem srdeční (Q_s) stoupá z klidových hodnot nejdříve rychle, později pomalu. Maxima dosahuje při srdeční frekvenci 110 – 120 tepů za minutu, což je pouze 35 – 40% maximální kyslíkové spotřeby. Do maximálního zatížení pak již zůstává konstantní. Hodnota systolického objemu při zátěži závisí na rozměrech srdce, kontraktilitě myokardu, plnění dutin a periferní rezistenci. Při kritické hodnotě srdeční frekvence (180 tepů za minutu) je možné zvyšovat zátěž jen krátkodobě. Vyšší srdeční frekvence než 190 tepů za minutu již nejsou ekonomické, hodnota systolického objemu se snižuje a nakonec může klesnout i minutový objem srdeční. Minutový objem srdeční (Q) stoupá s intenzitou zatížení, citlivě reaguje na zvyšující se požadavky kyslíkové potřeby. Vztah mezi Q a V_{O_2} (minutová spotřeba kyslíku) je při nízké střední zátěži lineární. Tepový kyslík je hodnota vypočtená z podílu minutové spotřeby kyslíku V_{O_2} a srdeční frekvence SF a určuje množství kyslíku,



Obrázek 1 — Harmonické oscilace

které se přepraví jedním stahem levé komory srdeční do periférie ke tkáním. Pracovní kapacita W_{170} je nejčastěji stanovovanou hodnotou oběhové reakce na zatížení. Udává výkon, který by jedinec dosáhl při srdeční frekvenci 170 tepů za minutu. Vychází z lineární závislosti SF na intenzitě zatížení. Získává se z oběhové odpovědi (hodnoty srdeční frekvence) na 2 – 3 různé intenzity zatížení při dosažení setrvalého stavu [2].

2.2 Krevní oběh při zátěži

Krevní oběh zajišťuje přísun kyslíku a živin do činných svalů a odsun katabolitů při jejich zatěžování. Změny, které pozorujeme v oběhovém systému, stejně jako v systémech jiných, je možno charakterizovat jako reaktivní (bezprostřední reakce na pohybové zatížení) a jako adaptační (výsledek dlouhodobého opakovaného procesu, tréninku). Při stejnoměrné intenzitě zatížení (tj. při setrvalém stavu) se hodnoty krevního tlaku příliš nemění. Po skončení výkonu se krevní tlak zprvu rychle, později pomalu vrací k výchozí hodnotě. Zpravidla se ustálí již za 5–30 min. Po namáhavém výkonu může krevní tlak zůstat zvýšený od řady hodin až po 1–2 dny.

2.3 Plíce při zátěži a způsob řízení dýchání

Stupeň automatické dýchací aktivity je určován především parciálními tlaky O_2 a CO_2 , a je proto regulován mechanismem zpětné vazby. Periferní chemoreceptory detekují P_{O_2} arteriální krve. Když klesne, je dýchání stimulováno s cílem P_{O_2} v krvi zase zvýšit. Také vzestup P_{CO_2} a pokles pH v krvi mají podobný stimulační účinek.

Proprioreceptory ve svalecth a šlachách se při zvýšené svalové námaze dráždí a přispívají ke stimulaci dýchání. Tento mechanismus je výhodný, protože se tak vydýchá CO_2 uvolňující se ve zvýšené míře při svalové práci, a to dříve, než P_{CO_2} v krvi stoupne, a také proto, že se přijímá více potřebného O_2 [3].

2.3.2 Výměna plynů při zátěži

Funkcí respiračního ústrojí je uchovávat normální hodnoty krevních plynů i při zátěži. U normálních jedinců se skutečně hodnoty arteriálních krevních plynů (P_{aO_2} a P_{aCO_2}) zejména při submaximálních zátěžích nemění. Parciální tlak O_2 ve smíšené žilní krvi (P_{vO_2}) klesá. Pokles je nelineární a je důsledkem zvýšené utilizace kyslíku. CO_2 vzniklý v pracujících svalecth jako produkt metabolismu je přenášen krví do plic. Poměr výdeje oxidu uhličitého (V'_{CO_2}) ke spotřebě kyslíku (V'_{O_2}) v klidu představuje respirační kvocient (RQ). Tento poměr se v klidovém ustáleném stavu pohybuje v rozmezí 0,7 do 1 v závislosti na typu metabolizovaného substrátu. Je vyšší u sacharidů a nižší u tuků. Při zátěži používáme místo názvu respirační kvocient označení poměr výměny dýchacích plynů. Jeho hodnoty se pohybují v rozmezí 0,8 – 1,2 a je ovlivněn velikostí vykonávané práce a ventilační ekonomikou. Při vyšších stupních zátěže nestačí k získávání energie pro svalové kontrakce oxidační pochody a přistupuje neoxidační glykolýza. Následkem neoxidační glykolýzy V'_{CO_2} převyšuje V'_{O_2} a RQ stoupá. Zvýšený parciální tlak CO_2 a zvýšená hladina H^+ iontů, jež jsou následkem glykolýzy, stimulují ventilaci tak, že dochází ke zlomu v její závislosti na V'_{O_2} . Za normálních okolností dochází k tomuto jevu při zátěži asi na úrovni 50–60 % $V'_{O_2 \max}$. Bodu zvratu se říká ventilační anaerobní práh. Jeho poloha je ovlivněna především dostupností kyslíku pro tkáně, tedy oběhovými faktory [4].

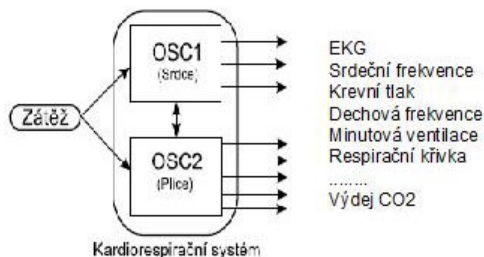
2.3.3 Regulace ventilace při zátěži

Udržování hodnot arteriálních krevních plynů na klidových hodnotách i při zátěži vyžaduje přesné řízení ventilační reakce na zátěž v proporcii k výdeji CO_2 . Ventilační reakce na zátěž má několik fází. V první fázi nastává okamžitý vzestup minutové ventilace, výdeje oxidu uhličitého a spotřeby kyslíku tak, že respirační kvocient a koncentrace plynů na konci výdechu se nemění. Ventilace a výměna plynů stoupají již při prvním dechu na počátku zátěže. Tato fáze trvá asi 15–20 sekund. Tak časně ještě nemůže být změněno složení smíšené venózní krve přicházející do plic. Zvýšení ventilace je důsledkem vzestupu plicní perfuze, a tak i přítoku CO_2 do plic a objevuje se současně se zvýšením srdečního výdeje, tepového objemu a srdeční frekvence. Nazývá se fází kardiodynamickou. Přesný způsob její regulace není znám, pravděpodobně se na ní podílejí neurogenní faktory, jako jsou signály ze cvičících svalů. Ve druhé fázi nastává další exponenciální vzestup minutové ventilace, výdeje oxidu uhličitého a spotřeby kyslíku. Kinetika změny V'_{CO_2} je poněkud pomalejší, protože vazba mezi svalovým a plicním výdejem CO_2 je rozvolněna pro snadnou rozpustnost plynu a velikost jeho zásob v tělesných tekutinách. Proto se v této fázi přechodně objevuje mírný pokles RQ. Minutová ventilace stoupá poněkud opožděně proti V'_{CO_2} a tak dochází k lehkému přechodnému vzestupu Pa CO_2 . Tato fáze je způsobena narůstajícími změnami složení smíšené žilní a arteriální krve, které stimulují karotické chemoreceptory. Třetí fáze nastupuje po 2 – 3 minutách zátěže a je závislá na velikosti práce. Pod úrovní anaerobního prahu vzniká ustálený stav, kdy zvýšený metabolismus pracujících svalů je přesně vyrovnáván zvýšenou výměnou plynů v plicích. Při vyšších zátěžích (nad anaerobním prahem) toto vyrovnání nenastává a minutová ventilace a V'_{CO_2} stoupá více než V'_{O_2} . Tato fáze je regulována humorálními faktory. Po zátěži dochází nejprve k rychlému a pak pomalému poklesu minutové ventilace V'_E a V'_{O_2} , klidové úrovně je dosaženo až po několika minutách (v závislosti na stupni a trvání zátěže) – dochází k úhradě kyslíkového dluhu. Vzestupu minutové ventilace je dosahováno zvyšováním inspirační i expirační rychlosti a zkracováním doby výdechu, trvání inspiria je ovlivněno méně. Dechový objem stoupá přibližně od 50–60 % vitální kapacity. Při nižších stupních zátěže je ventilace zvyšována především zvětšením dechového objemu, při vyšších stupních pak stoupá dechová frekvence. Normálně dochází k spontánnímu vyvážení dechové frekvence a objemu tak, aby daná ventilace byla zajištěna s optimální účinností. Při rytmickém pohybu se však často ventilace přizpůsobuje rytmu práce [5]. Teprve od hodnot přibližně 40 vdechů za minutu ztrácí člověk možnost volně ovlivňovat rytmus dýchání.

2.3.4 Vztah ventilační a oběhové reakce při zátěži

Udržení adekvátní tkáňové oxygenace a homeostázy CO_2 při zátěži vyžaduje těsné propojení mezi periferním metabolismem a kardiovaskulárním a respiračním systémem. Zvýšený průtok kyslíku (V'_{O_2}) je zajišťován vzestupem minutového srdečního výdeje (Q'_l) a zvýšením extrakce kyslíku z krve. Minutový výdej srdeční stoupá přibližně lineárně se spotřebou kyslíku a velikosti zátěže. Obsah kyslíku v arteriální krvi ($P_{a\text{O}_2}$) se nemění nebo při maximálních zátěžích mírně klesá saturace hemoglobinu a tím i obsah O_2 . Obsah kyslíku ve smíšené žilní krvi ($P_{v\text{O}_2}$) při zátěži progresivně klesá, ale i při intenzivní práci jen zhruba na polovinu proti klidové hodnotě. Desaturace žilní krve odebrané přímo z vén drénujících

Kardiorespirační systém jako vázané říditelné biologické pseudooscilátory



Obrázek 2

sval je však výraznější (pokles asi na 1/5 klidové hodnoty). Nejdůležitějším faktorem pro zajištění dodávky O_2 však zůstává zvýšení průtoku krve. Vzestup srdečního výdeje je způsoben především zvýšením srdeční frekvence. Tepový objem stoupá jen v počátcích zátěže, pak se již nemění. Změna tepového objemu je závislá na poloze, ve vzpřímené poloze je klidová hodnota nižší a při zátěži stoupá asi na dvojnásobek, vleže je klidová hodnota vyšší a zátěžové zvýšení menší. Vztah mezi srdeční frekvencí a spotřebou kyslíku je natolik těsný, že se tepové frekvence někdy používá k predikci V'_{O_2} . Ventilace při zátěži stoupá mnohem víc než srdeční výdej, a tak se celkový poměr ventilace-perfuze zvyšuje. Předpokládá se, že regulační vazba mezi perfuzí a ventilací je kardiogenní [5].

3. Provedení experimentů, přístrojové zabezpečení, výsledky měření

Základem dalších úvah jsou experimentálně získaná data. Tato data byla získána ze zátěžových testů I a II. Jednotlivá měření byla realizována v Ústavu tělovýchovného lékařství 1. LF UK a na Katedře kybernetiky FEL ČVUT v Praze. Základní myšlenkou pro realizaci těchto zátěžových testů bylo změřit neinvazivně změny důležitých veličiny obou definovaných pseudooscilátorů na kardiorespiračním systému. Zátěž byla zvolena tak, aby se následnou analýzou dalo zjistit, jakým způsobem dané pseudooscilátory (srdce a plíce) reagují na změny zátěže a zdali při tom dochází k jejich vzájemné spolupráci. Pro zátěžové testy byla zvolena zátěž fyzická, neboť její vliv na dané parametry pseudooscilátorů je výraznější než při zátěži psychické. Naměřené hodnoty budou průkaznější, což usnadní identifikaci a modelování analyzovaného kardiorespiračního systému.

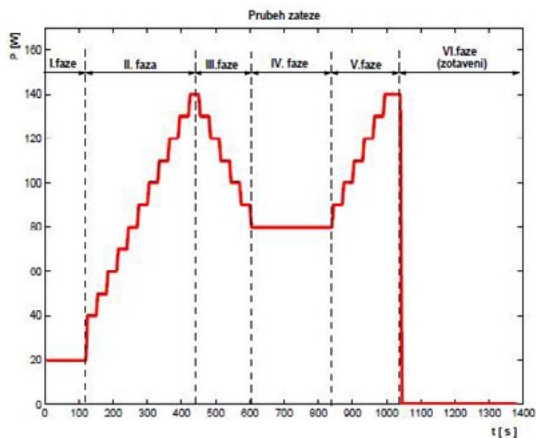
3.1 Zátěžové testy I – Laboratoř Ústavu tělovýchovného lékařství

Měření byla provedena v Ústavu tělovýchovného lékařství, 1. lékařské fakulty, Univerzity Karlovy v Praze a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Test byl sestaven tak, aby testované osoby nebyly žádným způsobem zdravotně

poškozovány, a aby zátěž působící na jejich organismus nebyla nepřiměřená jejich fyzickým možnostem, tj. hodnoty zátěže se pohybovaly v rozmezí nízké až střední zátěže za přítomnosti lékaře. Testována byla skupina dobrovolníků (mužů), ve věku 22 – 28 let. Tyto osoby byly před započítím měření plně seznámeny s průběhem celého testu a ústně vyjádřily souhlas k provedení zátěžového testu. Osoby byly vybrány z řad vysokoškolských studentů, kteří aktivně sportují, ale žádný sport neprovádějí na vrcholové úrovni. Testované osoby neprodělaly žádná onemocnění kardiovaskulárního či respiračního systému.

3.1.1 Popis testu I fyzické zátěže

Každý testovaný byl nejdříve seznámen s průběhem celého zátěžového testu a byl informován o velikostech a průbězích zátěže a časové náročnosti celého testu. Před započítím testu byla testovanému zjištěna výška, hmotnost a klidová hodnota krevního tlaku. Na bicyklovém ergometru mu bylo na tělo připevněno 7 svodů pro měření EKG, z kterých byla automaticky na základě R-R intervalů odvozena srdeční frekvence. Testovaný měl v ústech vložený gumový náustek spirometru se senzory snímajícími respirační parametry. Na nos měl připevněn kolíček, který zabraňoval výdechu respiračních plynů nosem a tudíž zkreslení měřených dat. Poté byl testovanému dán pokyn k zahájení šlapání na bicyklovém ergometru, který umožňuje automatickou regulaci zátěže pomocí předem nastavené zátěžové křivky. Testovaný musel dodržovat konstantní frekvenci šlapání a to 60 otáček za minutu. Během celého testu se postupně zvyšovala či snižovala zátěž podle zátěžové křivky zátěž změnou odporu šlapání. Testovanému byl měřen krevní tlak v přibližně dvou minutových intervalech. Tlak byl měřen lékařem s použitím rtuťového tlakoměru. Zátěžová křivka (Obr. 3) se skládá z několika časových fází – úseků. První fáze trvá dvě minuty a testovaný je zatěžován nejmenší možnou nastavitelnou zátěží a to 20 W. Tato zátěž by na organismus neměla mít žádný měřitelný účinek. V této fázi testu by měla odeznít většina účinků spojených s psychickou zátěží, která ovlivňuje naměřené hodnoty. Psychická zátěž může být způsobena laboratorním prostředím, vnitřní přípravou jedince na fyzický výkon a očekáváním testu. V tělovýchovném lékařství se tento stav nazývá „předstartovní“. V druhé fázi stoupá zátěž ze základních 20 W na 140 W. Zvyšování zátěže nastává v 30 sekundových intervalech, kde velikost skoku je rovna 10 W. Tato fáze trvá 6 minut a testovaný jedinec dosáhne maximální zátěže pro daný test. Velikost maxima odpovídá střední zátěži, tj. měření bylo prováděno pouze pro nízkou a střední zátěž. Ve třetí fázi dochází k opačnému trendu než v předcházejících fázích. Zátěž klesá z maxima až na 80 W, kde setrvá po dobu 4 minut. Celá třetí fáze trvá 6 minut a mělo by při ní dojít k ustálení organismu odpovídající zátěži 80 W. Pokles zátěže má stejný průběh jako její růst v druhé fázi, tj. v 30 sekundových intervalech pokles vždy o 10 W. Ve čtvrté fázi dochází k opětovnému růstu zátěže na maximální hodnoty 140 W. Tato fáze trvá 3 minuty a má stejný trend jako fáze druhá. Poslední fází je tzv. fáze zotavení, při níž testovaná osoba již není zatěžována, ale přístroje stále zaznamenávají změny fyziologických veličin. Při této fázi by mělo dojít k nastolení původních klidových hodnot, ale již bez vlivu předstartovního stavu. Testovaná osoba byla v průběhu testu průběžně informována o započítí jednotlivých fází měření a o charakteru zátěže.



Obrázek 3 — Průběh zátěže

3.1.2 Měřené veličiny a použité přístroje

Testy byly prováděny na bicyklovém ergometru Ergoline ergo-metrics 800S s automaticky nastavitelnou zátěží. Pro snímání EKG byl použit přístroj Bioset 3500, který byl připojen přes RS 232 k modulu Oxycon Delta. Pro snímání respiračních veličin byl použit obousměrný digitální senzor TripleV, který byl připojen k modulu Oxycon Delta od firmy Erich JAEGER GmbH. Tento přístroj zajišťoval řízení snímání a analýzu všech měřených parametrů, tj. jak respiračních, tak kardiovaskulárních. Pouze krevní tlak byl měřen ručně na standardním rtuťovém tlakoměru, neboť Finapres nebyl k dispozici. Proces celého testu byl zaznamenáván a řízen programem Oxycon instalovaném na počítači PC Intel Pentium. Počítač komunikoval s měřicím a analyzačním modulem Oxycon Delta přes rozhraní USBs firemním softwarem. Data pro další vyhodnocení byla získána jako soubor s příponou .xlo, tj. soubor programu Excel. V průběhu celého testu byly snímány veličiny uvedené v tabulce. Přístrojové laboratorní vybavení dále umožňovalo měření průběhu EKG signálu, ovšem již neumožňovalo záznam této veličiny do digitální podoby a následné zpracování, což si vyžádalo další programové řešení.

3.1.3 Naměřená data – specifikace

Bylo testováno deset osob, které splňovaly podmínky testu. Místnost, kde byly testy prováděny, byla dostatečně větraná, teplota vzduchu se pohybovala mezi 23°–24°C a barometrický tlak v rozmezí 968 hPa–998 hPa. Naměřené průběhy fyziologických veličin jednotlivých osob jsou rozlišovány pomocí čísel, která byla testovaným osobám přidělena. Základní fyziologické parametry, tj. hmotnost, výška a krevní tlak v klidovém stavu (Tab. 1). Naměřené charakteristické veličiny (Tab. 2) jsou rozděleny do tří skupin. V první se nachází veličiny charakterizující kardiovaskulární systém. Jedná se o srdeční frekvenci (HR) a krevní tlak (BP). Druhou skupinu tvoří respirační parametry, které tvoří dechová frekvence (BF), minutový ventilační ekvivalent ($V'_{E,i}$), dechový objem (VT_{ex}), expirační ekvivalent O₂ (O₂/HR), respirační kvocient (RQ). Třetí skupinu tvoří veličiny charakterizující celý kardiorespirační systém, tj. ventilační ekvivalent CO₂ i O₂ (EqCO₂ a EqO₂),

| Číslo osoby | Hmotnost [kg] | Výška [cm] | Krevní tlak [mmHg] |
|-------------|---------------|------------|--------------------|
| 1 | 63 | 174 | 110/80 |
| 2 | 86 | 194 | 120/75 |
| 3 | 68 | 175 | 110/70 |
| 4 | 70 | 180 | 113/79 |
| 5 | 70 | 174 | 150/100 |
| 6 | 76 | 176 | 105/80 |
| 7 | 71 | 180 | 115/75 |
| 8 | 78 | 184 | 105/70 |
| 9 | 76 | 178 | 120/90 |
| 10 | 93 | 187 | 130/90 |

Tabulka 1 — Tabulka základních údajů testovaných osob

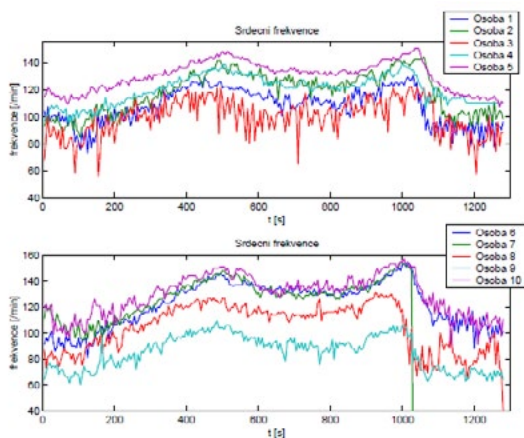
spotřeba kyslíku (VO_2) a násobek metabolismu (METS). Některé veličiny nejsou přímo měřitelné, ale byly při měření vypočítávány z přímo měřitelných veličin podle známých vztahů. Jednotlivé průběhy charakteristických veličin kardiorepiračního systému jsou zobrazovány v 5-ti sekundových intervalech. Jednotlivé vzorky jsou pro názornost a větší přehlednost průběhu dané veličiny spojovány úsečkou. Vzorky byly získány jako střední hodnota všech vzorků změřených v daném intervalu. Křivky naměřených fyziologických veličin deseti osob vykazovaly podobné trendy vývoje. Nenastaly žádné neočekávané anomálie, které nelze vysvětlit biologickou reakcí zatíženého organismu člověka.

3.1.3.1 Kardiorepirační veličiny a jejich chování při zátěžovém testu

Pro další zpracování lze za relevantní považovat pouze srdeční frekvenci. Krevní tlak byl měřen pouze jako doplňková veličina, která měla pouze naznačit vývoj

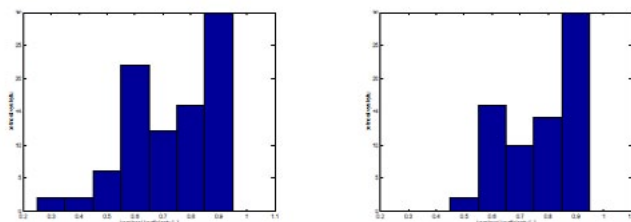
| Název | Označení | Jednotka |
|--------------------------------|---------------|---|
| zátěž | P | [W] |
| srdeční frekvence | HR | [min^{-1}] |
| dechová frekvence | BF | [min^{-1}] |
| minutový ventilační ekvivalent | $V'E$ | [$\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$] |
| respirační kvocient | RQ | [—] |
| násobek metabolismu | METS | [procenta] |
| dechový objem | $V\text{Tex}$ | [l] |
| ventilační ekvivalent CO_2 | $EqCO_2$ | [—] |
| ventilační ekvivalent O_2 | EqO_2 | [—] |
| spotřeba CO_2 | VCO_2 | [$\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} / \text{kg}$] |
| spotřeba kyslíku | VO_2 | [$\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} / \text{kg}$] |
| expirační ekvivalent O_2 | O_2/HR | [ml] |
| krevní tlak | BP | mmHg |

Tabulka 1 — Měřené fyziologické veličiny

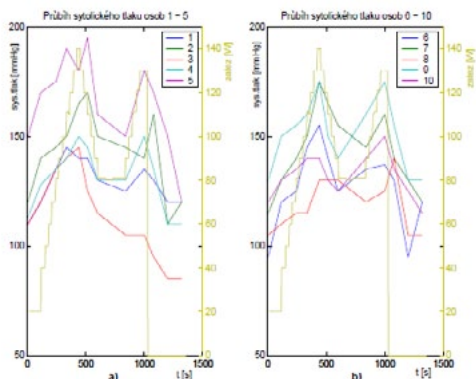


Obrázek 4 — Průběh zátěže I

středního tlaku při různých úrovních zátěže. Jednotlivé křivky srdeční frekvence mají podobný průběh a kopírují průběh zátěžové křivky (Obr. 4.). Průběhy se od sebe viditelně liší hlavně velikostí a četností zámkitů naměřených hodnot, které jsou způsobeny reakcí vegetativní regulace respiračního a kardiovaskulárního systému. Další odlišností průběhů je i posunutí křivek ve směru osy frekvence. Toto posunutí je způsobeno vrozenými dispozicemi jedince. Vliv na průběhy může mít i sportovní výkonnost jedince popřípadě nadváha. Jednotlivé průběhy krevního tlaku ukazují, že při nárůstu zátěže systolický tlak vzrůstá a diastolický klesá (Obr. 6). Tento vývoj byl pozorován u všech testovaných osob a odpovídá fyziologickým předpokladům. Mezi hlavní parametry charakterizující respirační systém patří dechová frekvence BF a ventilace (minutový ventilační koeficient V'E). Ze změřených průběhů dechové frekvence vyplývá, že změna dechové frekvence pro střední zátěž (do 140W) není na první pohled tak znatelná, jak je vidět u srdeční frekvence. Průběhy dechové frekvence jsou členité, ovšem pouze v několika málo případech kopírují věrohodněji trend zátěžové křivky. Nárůst a pokles BF při první fázi zátěže a fázi zotavení je viditelný, ostatní fáze nejsou zřetelné. Jednotlivé křivky minutového ventilačního ekvivalentu (dále jen ventilace) na rozdíl od průběhů dechové frekvence, kopírují zátěžovou křivku (Obr. 7). Posun v ose ventilace není tak výrazný jako u srdeční frekvence (Obr. 8). Jednotlivé křivky V'E se svými trendy podobají, převládají hodnoty



Obrázek 5 — Histogram vzájemných korelačních koeficientů průběhů srdeční frekvence

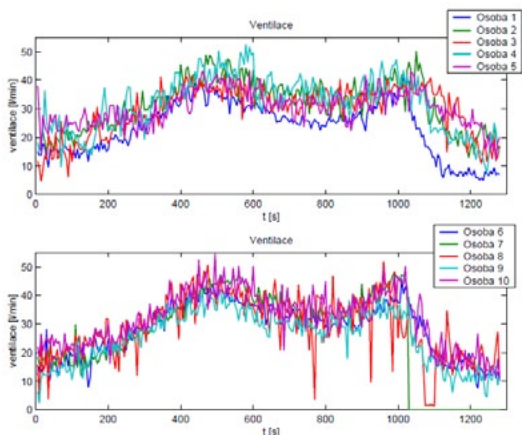


Obrázek 6 — Časový průběh systolického krevního tlaku deseti osob při zátěžovém testu

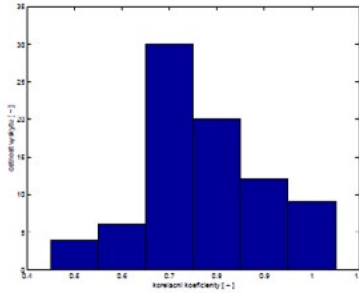
korelačních koeficientů nad 0,7. Zbývající měřené charakteristické veličiny jsou důležitými ukazateli při prováděném ergometrickém zátěžovém testu. Pro systém kardiorepirační soustavy jako vázaných pseudooscilátorů ovšem nemají takový přínos, jelikož charakterizují spíše celý organismus člověka. Z této skupiny veličin byl pro další zpracování vybrán vydej oxidu uhličitého (VCO_2) (Obr. 9). Průběhy ostatních veličin (ventilační ekvivalent CO_2 ($EqCO_2$), ventilační ekvivalent O_2 (EqO_2), násobek metabolismu (METS), spotřeba kyslíku (VO_2)) jsou opět uvedeny na CD sborníku.

3.2 Zátěžový test II – Laboratoř Katedry kybernetiky

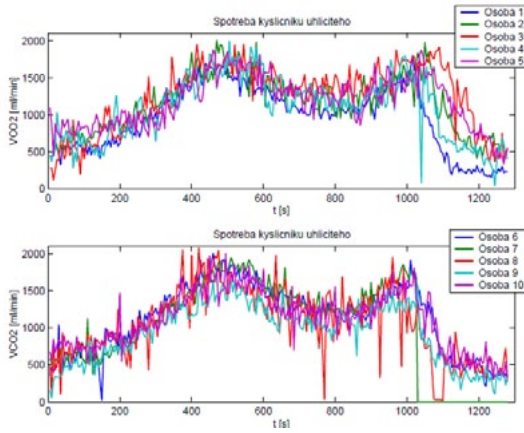
Tento druhý zátěžový test umožnil rovněž generování EKG signálu a změny respirace ve formě respirační křivky při fyzické zátěži testované osoby. Z naměřených hodnot je testován stupeň synchronizace signálů – (stupeň vazby pseudooscilátorů) definovaných na kardiorepiračním systému.



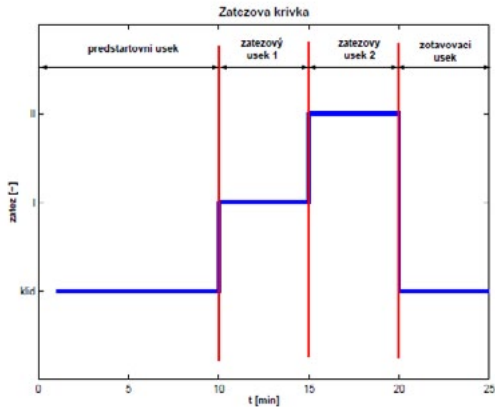
Obrázek 7 — Časový průběh ventilace u deseti testovaných osob



Obrázek 8 — Histogram korelačních koeficientů deseti ventilačních křivek

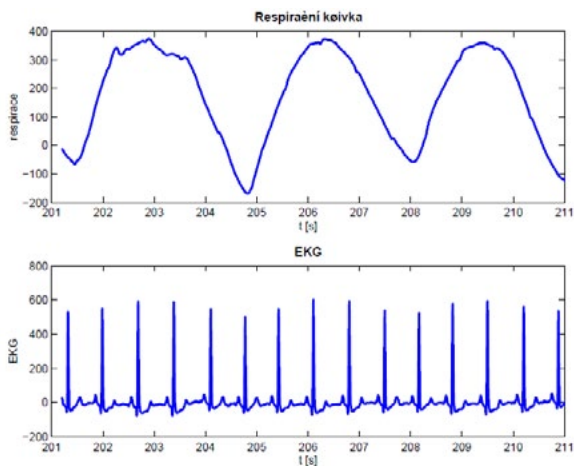


Obrázek 9 — Časový výdej oxidu uhličitého testovaných osob při zátěži

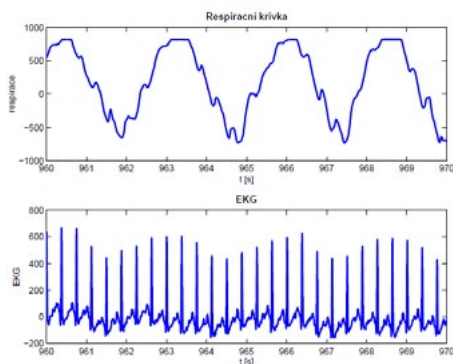


Obrázek 10 — Zátěžová křivka pro zátěžový test II

Test II je v porovnání s předcházejícím zátěžovým testem I jednodušší (Obr. 10). Zátěž přiložená na testovanou osobu se skládá z jednoho desetiminutového a tří pětiminutových úseků. V prvním a čtvrtém úseku není osoba zatěžována vůbec. První úsek je nazván předstartovní a čtvrtý zotavovací stejně jako v předcházejícím testu. Ve zbývajících dvou úsecích 2 a 3 je osoba zatěžována jízdou na sportovním rotopedu s mechanicky nastavitelnou zátěží. Stupeň zátěže v tomto případě nelze výkonově porovnat, jelikož rotoped je pouze vybaven osmi stupni mechanicky přepínatelné zátěže, kterou určuje nastavení magnetické brzdy. Při druhém úseku testu byl ortoped nastaven na stupeň 4, při třetím na stupeň 6. EKG signál a respirační křivka byly naměřeny prostřednictvím systému Brainscope, jehož součástí je 40 kanálový digitální zesilovač (EADS 221). Spolu se standardním PC a programem pro záznam dat umožňuje systém Brainscope také snímání EEG signálu. Přístroj je vybaven čtyřmi bipolárními kanály, které byly využity pro snímání EKG a respirace. Fyzická zátěž byla realizována na sportovním rotopedu firmy Chairman. Při použití uvedeného snímacího systému Brainscope byly naměřeny charakteristické průběhy, jejichž části jak v klidovém stavu testované osoby, tak i při jejím maximálním zatížení. (Obr. 11 a Obr. 12) Porovnáním naměřených průběhů plyne zřetelné zvýšení amplitudy respirační křivky až o dvojnásobek a její zvlnění periodičností EKG signálu. Do EKG křivky se při zátěži testované osoby promítl také průběh respirační křivky. Velký vliv na měřené veličiny měly i nestíněné svody měřícího zesilovače, které při pohybu způsobeném šlapáním vnášely do průběhů nezanedbatelné chyby. Amplituda dechové frekvence při maximální zátěži přesahovala nastavenou saturaci přístroje a špičky signálu jsou tudíž oříznuty. Tyto špičky budou v dalším zpracování interpolovány sinusovou křivkou.



Obrázek 11 — Část průběhu respirační křivky a záznamu EKG v klidovém stavu testované osoby



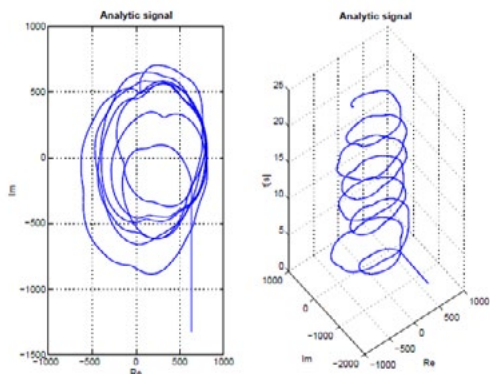
Obrázek 12 — Část průběhu respirační křivky a záznamu EKG při maximálním zatížení testované osoby

| Osoba | P-HR | P-BF | P-V'E | P-VCO ₂ |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|
| 1 | 0,81 | 0,55 | 0,88 | 0,88 |
| 2 | 0,79 | 0,27 | 0,77 | 0,81 |
| 3 | 0,63 | 0,1 | 0,60 | 0,60 |
| 4 | 0,74 | 0,02 | 0,73 | 0,76 |
| 5 | 0,83 | 0,21 | 0,53 | 0,60 |
| 6 | 0,74 | 0,01 | 0,81 | 0,83 |
| 7 | 0,85 | 0,49 | 0,81 | 0,82 |
| 8 | 0,84 | 0,27 | 0,69 | 0,75 |
| 9 | 0,87 | 0,52 | 0,84 | 0,83 |
| 10 | 0,80 | 0,46 | 0,81 | 0,81 |
| Střední hodnota | 0,79 | 0,29 | 0,76 | 0,78 |

Tabulka 3 — Vzájemná korelace mezi zátěží a vybranými charakteristickými průběhy

| Osoba | IIR-BF | IIR-VCO ₂ | IIR-V'E | BF-VCO ₂ | BF-V'E | VCO ₂ -V'E |
|---------------|-------------|----------------------|-------------|---------------------|-------------|-----------------------|
| 1 | 0,54 | 0,88 | 0,88 | 0,64 | 0,68 | 0,99 |
| 2 | 0,15 | 0,89 | 0,87 | 0,26 | 0,23 | 0,96 |
| 3 | 0,13 | 0,62 | 0,59 | 0,02 | 0,05 | 0,99 |
| 4 | 0,08 | 0,84 | 0,80 | 0,11 | 0,18 | 0,98 |
| 5 | 0,35 | 0,86 | 0,78 | 0,42 | 0,48 | 0,96 |
| 6 | 0,41 | 0,87 | 0,90 | 0,18 | 0,22 | 0,99 |
| 7 | 0,59 | 0,92 | 0,93 | 0,57 | 0,59 | 0,99 |
| 8 | 0,33 | 0,78 | 0,75 | 0,37 | 0,37 | 0,98 |
| 9 | 0,49 | 0,90 | 0,90 | 0,48 | 0,54 | 0,99 |
| 10 | 0,38 | 0,84 | 0,84 | 0,48 | 0,48 | 0,99 |
| Průměr | 0,35 | 0,84 | 0,82 | 0,35 | 0,34 | 0,99 |

Tabulka 4 — Vzájemná korelace naměřených průběhů



Obrázek 12 — Část průběhu respirační křivky a záznamu EKG při maximálním zatížení testované osoby

4. Použité metody analýzy naměřených dat

4.1 Zpracování naměřených dat

Z naměřených záznamů jednotlivých fyziologických veličin u všech testovaných osob vyplynula blížká podobnost odezev na zátěž, a proto tyto průběhy lze považovat za signifikantní pro testovanou skupinu lidí. Naměřená data byla použita k charakterizování jednotlivých složek definovaného systému, k důkazu provázanosti dvou definovaných pseudooscilátorů OSC1 a OSC2 a tím k potvrzení existence biologické vazby mezi nimi. Nebyla ale nalezena žádná přímá vazba, na základě které by byla jedna část soustavy přímo ovlivňována druhou, tj. nebyla nalezena žádná vazba, pomocí které by docházelo k přenosu energie mezi oběma částmi kardiorepirační soustavy (srdce – plíce jako vázané pseudooscilátory) tak, jak předpokládá teorie vázaných oscilátorů v technice. Nalezeno bylo ale mnoho nepřímých vazeb, které ovlivňují kardiorepirační systém pomocí zpětnovazebního řízení.

4.1.1 Korelační analýza naměřených dat

Mezi hlavní statistické metody zpracování experimentálně získaných dat patří analýza pomocí korelačních koeficientů. Byl proveden výpočet Pearsonových korelačních koeficientů $r_{x,y}$ normálně rozložených veličin x, y . Tuto metodu nelze chápat jako určení míry libovolné vazby, ale jako dobrou identifikaci lineární závislosti zkoumaných veličin. Metoda je pouze mírou lineární vazby a určuje vzdálenost odchylek daných vzorků od přímky, která je určena jejich střední hodnotou. Pro korelační analýzu budou použita data naměřená při zátěžovém testu I v Ústavu tělovýchovného lékařství.

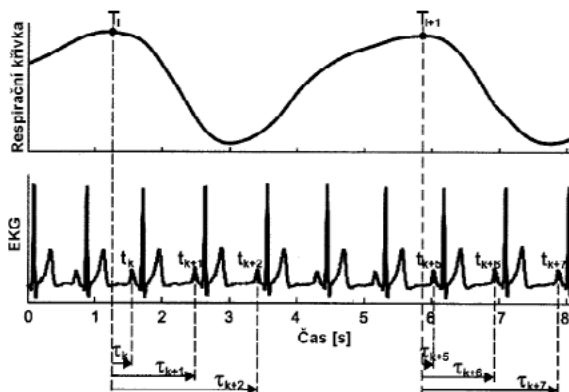
4.1.1.1 Korelace naměřených dat s průběhem zátěžové křivky

Korelací průběhu zátěžové křivky s vybranými naměřenými daty (charakteristické průběhy vázaných pseudooscilátorů pro daný typ testu) byly zjištěny následující skutečnosti. Korelační koeficienty jednotlivých testovaných osob jsou uvedeny v (Tab. 3). Z výsledků korelace jednotlivých veličin se zátěžovou křivkou vyplývá, že při dané zátěži se dechová frekvence dostatečně nevybudí natolik, aby

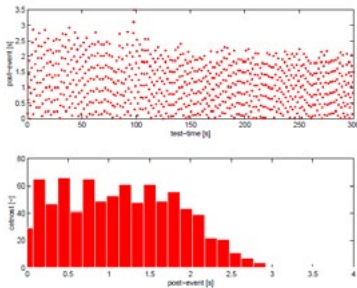
kopírovala zátěžovou křivku (sloupec P–BF). Její markantnější reakce nastane pravděpodobně až při vyšších hodnotách zátěže, tj. v zátěžové oblasti nad 140W. Dokazují to i výsledky měření provedených v diplomové práci [1]. Z dechových parametrů velmi pružně reaguje na zátěž ventilace (sloupec P–V'E těže tabulky), kde 70% korelačních koeficientů je nad hodnotou 0,7. Vzájemná korelace zátěže a srdeční frekvence vykazují také velkou míru shody daných průběhů, korelační koeficient sedmi průběhů z deseti je nad hodnotou 0,8 (sloupec P–HRtěže tabulky). Z daných výsledků lze vyvodit závěr, že veličiny, jejichž korelační koeficienty se blíží k1, můžeme považovat jako lineárně závislé na zátěži. V tomto případě je to srdeční frekvence (HR), ventilace (V'E) a výdej oxidu uhličitého (VCO₂). U dechové frekvence (BF) bude závislost pro danou velikost zátěže pravděpodobně nelineární. Dále lze konstatovat, že srdeční frekvence je veličina, která z naměřených průběhů nejlépe a nejpružněji reaguje na průběhy zátěže (20W–140W), a tudíž lze považovat srdce za pravděpodobně dominantní a budící pseudooscilátor (OSC1) v definovaném kardiorespiračním systému.

4.1.1.2 Vzájemná korelace naměřených průběhů

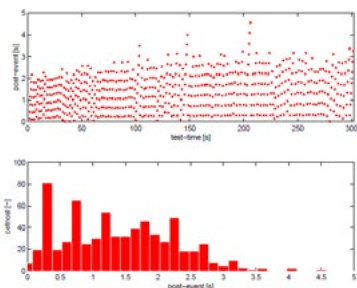
Analýzou korelací jednotlivých charakteristických průběhů naměřených při zátěžovém testu I v Ústavu tělovýchovného lékařství lze usuzovat na existenci lineární vazby mezi dvěma pseudooscilátory. Z (Tab. 4) jednoznačně vyplývá, že ventilace je přímo úměrná výdeji oxidu uhličitého a vztah mezi těmito veličinami bude lineární (sloupec VCO₂–V'E této tabulky). Všechny korelační koeficienty jsou nad hodnotou 0,96. Tato skutečnost by se měla projevit i při vyšetření velikosti časového zpoždění reakce charakteristických veličin na zátěž. Průměrné hodnoty korelačního koeficientu při korelaci srdeční frekvence s průběhy ventilace či výdeji oxidu uhličitého jsou rovny 0,84 a 0,82 (sloupce HR–VCO₂ a HR–V'E tabulky). Z tohoto výsledku lze vyvodit závěr, že závislost mezi těmito veličinami je lineární a lze očekávat reálnou lineární přímou vazbu mezi pseudooscilátory. Z výpočtů korelací dechové frekvence s ostatními průběhy charakteristických veličin, nelze vyvodit jednoznačný závěr, neboť hodnoty korelačních koeficientů se pohybovaly kolem 0,35 (sloupce HR–BF, BF–VCO₂ a BF–V'E této tabulky). Z velikosti těchto hodnot vyplývá, že vazba mezi oscilátory je nelineární nebo



Tabulka 15 — Parametry pro intervalovou synchronizaci



Obrázek 15 — Intervalová synchronizace. Druhý zátěžový skok – vývoj charakteristických událostí (R vrchlů) EKG v čase na interval mezi sousedními maximy respirační křivky s odpovídajícím histogramem četnosti výskytu charakteristických událostí



Obrázek 16 — Intervalová synchronizace. Druhý zátěžový skok – vývoj charakteristických událostí (R vrchlů) EKG v čase na interval mezi sousedními maximy respirační křivky s odpovídajícím histogramem četnosti výskytu charakteristických událostí

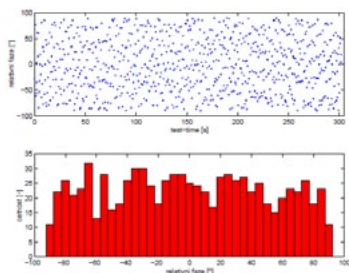
neexistuje. Hypotézu existence vazby ovšem podporují výsledky korelace průběhu srdeční frekvence jako charakteristického průběhu pseudoosilátoru OSC1 (srdce) a ventilace či výdeje oxidu uhličitého jako charakteristických průběhů pseudoosilátoru OSC2 (plic).

4.1.2 Synchronizace definovaných pseudoosilátorů [7], [8].

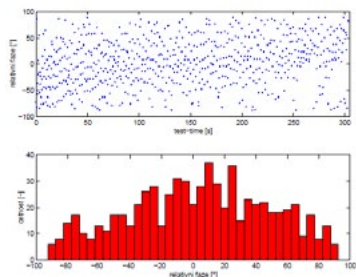
Pokusme se dále dokázat vazbu mezi definovanými pseudoosilátory (OSC1 a OSC2) pomocí detekce synchronizace charakteristických průběhů srdce a plic. Rozlišujeme 3 typy synchronizace a to fázovou, frekvenční a intervalovou. Synchronizační přístup ve všech případech bude založen na časových sériích charakteristických jevů a na hledání aktuální fáze časových průběhů pseudoosilátorů.

4.1.2.1 Intervalová synchronizace

Pro stanovení intervalové synchronizace byla použita metoda založená na určování časových intervalů mezi charakteristickými událostmi obou charakteristických signálů kardiopulmonálního systému (EKG a respirační křivky). Tato metoda (analysis of post-event time) byla použita v [2]. Charakteristickými událostmi EKG signálu byly stanoveny R a P vrcholy. U respirační křivky stanovíme charakteristickými událostmi její maxima. Charakteristické intervaly (post-event time series) obou pseudoosilátorů definujeme jako sekvenci časových úseků mezi charakteristickými událostmi jednoho pseudoosilátoru a příslušné předcházející události druhého pseudoosilátoru. Konkrétně tedy budeme hledat časové intervaly mezi maximem respirační křivky a R popř. P vrcholy EKG signálu (Obr. 14). Analýza intervalové synchronizace byla provedena pro všechny čtyři úseky zátěžového testu. Výsledky této analýzy byly vyjádřeny v grafech časového vývoje charakteristických intervalů (časové intervaly mezi sousedními charakteristickými událostmi) během průběhu testu (Obr. 15), (Obr. 16). Těmto grafům odpovídají histogramy ukazující rozložení charakteristických intervalů během daných úseků testu. Před provedenou analýzou bylo očekáváno, že v grafu

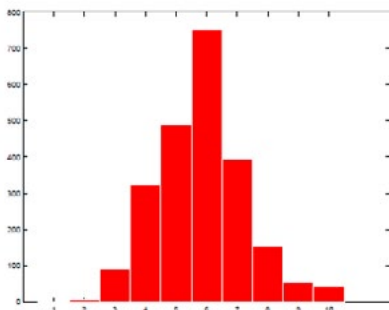


Obrázek 17 — Fázová synchronizace. Druhý zátěžový skok – časový vývoj relativní fáze počítané v době výskytu char. událostí (R vrcholů) pro první zátěžový skok. Četnost výskytu jednotlivých hodnot fáze je uveden v histogramu

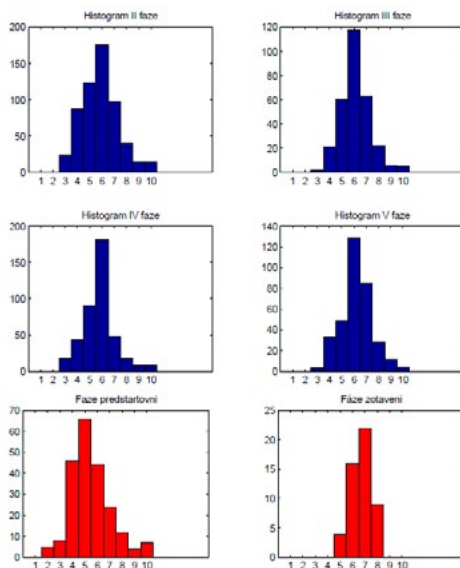


Obrázek 18 — Fázová synchronizace. Druhý zátěžový skok – časový vývoj relativní fáze počítané v době výskytu char. událostí (R vrcholů) pro zotavovací úsek. Četnost výskytu jednotlivých hodnot fáze je uveden v histogramu

vývoje časových intervalů se budou tvořit zřetelné rovnoběžné linie, v ideálním případě tyto linie budou horizontální. Počet těchto linií by mohl určit velikost vazby, která bude zřetelně detekovatelná z histogramu rozložení intervalů, kde lze předpokládat několik ostrých vrcholů. Tento výsledek by tak mohl dokázat, že srdeční rytmus není náhodný vůči respiraci. Ve výsledcích nemůžeme ovšem očekávat, že tyto charakteristické události se budou distribuovat pouze do několika málo časových úseků, jelikož vycházíme z reálného měření, které je zatíženo chybami způsobenými nedostatečným odrušením svodů použitého měřicího zařízení. V grafickém vyjádření, jsou zřetelné rovnoběžné linie charakteristických intervalů. Tyto linie jsou nejvíce markantní v zotavovacím úseku, hlavně pak mezi 60–100 sekundou a mezi 150–230 sekundou tohoto úseku. Histogramy korespondující s těmito grafy ukazují 6 vrcholů, které ovšem nejsou tak ostré a zřetelné, jak se předpokládalo. Počet těchto vrcholů je v obou úsecích testu roven 6. V těchto úsecích byl testovaný zatěžován fyzickou námahou při všech prováděných analýzách. Tyto vrcholy jsou markantní hlavně při analýze s R vrcholy jako charakteristickými událostmi. Výsledky s P vrcholy mohou být částečně zkreslené možnou špatnou detekcí



Obrázek 19 — Frekvenční synchronizace. Globální histogram četnosti výskytu poměrů srdeční a dechové frekvence během zátěžového testu



Obrázek 20 — Frekvenční synchronizace. Histogram poměru srdeční a dechové frekvence ve všech fázích testu

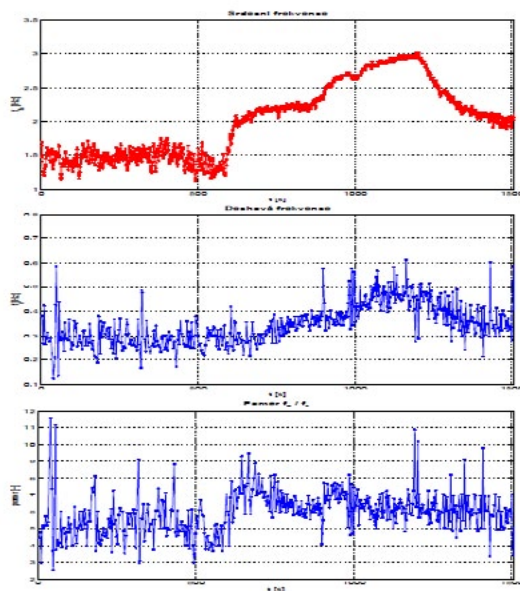
P vrcholu naměřeného průběhu EKG. V histogramech zotavovací fáze se objevuje ještě jeden vrchol, který ovšem není tak výrazný, ale domníváme se, že v úseku, kdy je tělo odlehčeno od zátěže může být poměr kardiopulsačních událostí v poměru 7:1. V předstartovním úseku byl poměr charakteristických intervalů 6:1, stejně jako při obou zátěžových úsecích. Nalezení horizontálních linií v grafech intervalů charakteristických událostí a nalezení konstantního poměru kardiopulsačních událostí může detekovat kardiopulsační synchronizaci.

4.1.2.2 Fázová synchronizace

Druhým případem synchronizace, která byla aplikována na signál EKG a respirační křivku, byla fázová synchronizace, o jejímž matematickém pozadí zde pomlučíme, bližší v [6]. V nich ale nebyly nalezeny žádné rovnoběžné linie charakterizující fázovou synchronizaci (Obr. 17), (Obr. 18). Z histogramu ovšem lze vyčíst hodnoty fází, které se opakují s větší četností a v histogramu tvoří vrcholy. Tyto nejednoznačné výsledky jsou zajisté zkrasleny dvěma hlavními faktory: 1. nepřesným měřením a 2. nesplněním podmínky konstantní amplitudy dechové frekvence po dobu celého úseku. Podmínka 2. ovšem při realizovaném zátěžovém testu nemůže být splněna, jelikož amplituda dechové frekvence se při vzrůstající zátěži postupně zvětšuje a naopak. Výsledek by měl být nejvíce směřodatný pouze v předstartovním úseku testu, kdy osoba není namáhána, ovšem ani zde výsledky nejsou uspokojivé .

4.1.2.3 Frekvenční synchronizace

Posledním typem synchronizace, jež byla použita, byla frekvenční synchronizace. Frekvence je jedna z hlavních veličin charakterizující oscilátor. Každý z daných pseudooscilátorů má svoji vlastní frekvenci, frekvence OSC1 je označena f_{h1} ,



Obrázek 21 — Průběh srdeční frekvence, dechové frekvence a jejich poměru při zátěžovém testu

frekvence OSC2 je označena f_r . Při existenci vazby mezi pseudooscilátory, by se frekvence měly synchronizovat, a tudíž poměr f_h/f_r by se měl zachovávat. Tato hypotéza byla aplikována na naměřená data v obou výše popsanych zátěžových testech.

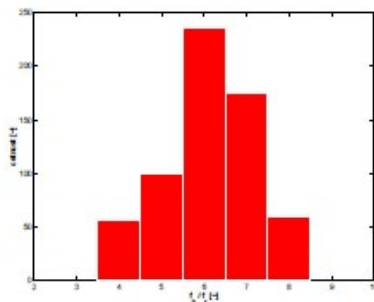
4.1.3 Data ze zátěžových testů pro účely testování synchronizace

4.1.3.1 Zátěžový test I – Laboratoř Ústavu tělovýchovného lékařství

Při testech byl sledován poměr srdeční a dechové frekvence u všech testovaných osob a byla zjišťována četnost výskytu podílu f_h/f_r . Poměr byl hodnocen globálně a i v jednotlivých fázích testu. Hodnoty poměrů byly zaokrouhleny na celá čísla a hodnoty poměrů vyšší než 10 byly zanedbány, jelikož jejich počet byl vůči ostatním zanedbatelný. Tyto vysoké hodnoty poměru srdeční a dechové frekvence vznikly pravděpodobně v důsledku chyby měření přístroje nebo extrasystol srdce. Výsledky jsou zobrazeny v histogramech na CD sborníku (Obr. 19) a (Obr. 20). Z těchto histogramů vyplývá, že při zátěži se poměr srdeční a dechové frekvence zachovává během všech fází testu. Marginální hodnota poměru f_h/f_r je rovna 6, tj. srdeční frekvence při střední zátěži je 6krát větší než frekvence dechová. Při předstartovní fázi a fázi zotavení již nebyla maximální hodnota shodná jako při zátěži, ale blížila se maximální hodnotě poměru při zátěži. Při předstartovní fázi byl poměr $f_h/f_r = 5$, při fázi zotavení byl poměr $f_h/f_r = 7$.

4.1.3.2 Zátěžový test II – Laboratoř Katedry kybernetiky

Pro zjištění frekvenční synchronizace byla použita i data naměřená při zátěžovém



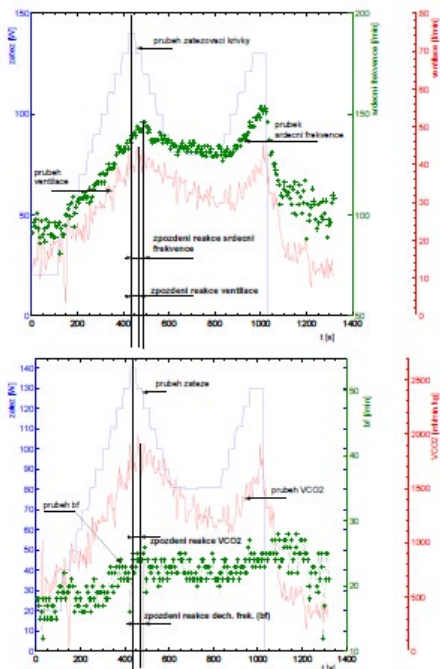
Obrázek 22 — Histogram srdeční frekvence (f_h), dechové frekvence (f_r) a poměru (f_h/f_r) při zátěžovém testu

testu II na Katedře kybernetiky, Aktuální srdeční frekvence f_h byla vypočítána z časových intervalů R vrcholů, aktuální dechová frekvence f_r z časových intervalů mezi maximy respirační křivky. Z těchto frekvencí byl počítán žádaný podíl f_h/f_r , v kterém bylo f_h rovno průměru aktuální frekvence během jednoho respiračního cyklu. Výpočet byl současně proveden pro celý zátěžový test a po jednotlivých úsecích testu. Ze všech uvedených výsledků vyplývá poměr $f_h/f_r = 6$. Tato hodnota byla marginální hlavně v zátěžových částech testu a v zotavovacím úseku. V těchto částech se také hojně vyskytoval poměr frekvencí roven 7, jehož četnost byla v prvním zátěžovém úseku o 7 výskytů nižší a ve druhém o 9 výskytů nižší. V zotavovacím úseku byl poměr frekvencí jednoznačně roven 6. V předstartovním úseku testu byla marginální hodnota poměru $f_h/f_r = 5$. Z uvedených analýz obou zátěžových testů vyplývá, že při fyzické zátěži je poměr srdeční a dechové frekvence roven 6. Ve fázi předstartovní byl u obou testů detekován podíl frekvencí roven 5. V zotavovací fázi jsme u obou testů získali rozdílné výsledky. Při testování deseti osob prováděného v Ústavu tělovýchovného lékařství byla nejvyšší hodnota poměru rovna 7, při testu jedné osoby na Katedře kybernetiky byla nejvyšší hodnota rovna 6. (Obr. 21), ukazuje průběhy vývoje srdeční frekvence f_h , dechové frekvence f_r a poměru f_h/f_r při zátěžovém testu. Histogram je na (Obr. 22).

5. Dílčí výsledky

5.1 Výsledek synchronizační analýzy

Pro nalezení vazby mezi definovanými pseudooscilátory byla použita metoda synchronizační analýzy, která se skládala ze tří částí, intervalové, fázové a frekvenční. Výsledky intervalové synchronizace potvrdily hypotézu nalezení horizontálních linií, které představovaly časové intervaly mezi charakteristickými událostmi EKG a respirační křivky. Tyto horizontální linie byly nalezeny ve všech úsecích zátěžového testu. Lepší výsledky však byly získány při volbě R vrcholu jako charakteristické události EKG signálu. Horizontální linie se pohybovaly v rozmezí délek od 10 sekund (předstartovní úsek) až do 80 sekund (zotavovací úsek). Bylo nalezeno také velké množství rovnoběžných linií, které již nebyly horizontální, a tudíž nedokazovaly konstantní poměr synchronizace signálů, ale stále potvrzovaly hypotézu existence synchronizace mezi oscilátory. Histogramy charakteristických intervalů také podpořily stanovenou hypotézu a distribuovaly



Obrázek 23 — Maxima veličin a jejich vzájemné posuny k zátěži

| Osoba | max_{hr} | $\overline{max_{hr}}$ | $tmax_{hr}[s]$ | Osoba | max_{hr} | $\overline{max_{hr}}$ | $tmax_{hr}[s]$ |
|-------|------------|-----------------------|----------------|-------|------------|-----------------------|----------------|
| 1 | 129 | 125,6 | 450 | 6 | 146 | 144,4 | 485 |
| 2 | 141 | 139 | 485 | 7 | 148 | 146,4 | 500 |
| 3 | 121 | 110,8 | 485 | 8 | 127 | 125,2 | 500 |
| 4 | 139 | 136,6 | 505 | 9 | 109 | 105,6 | 485 |
| 5 | 148 | 146,8 | 500 | 10 | 151 | 150,6 | 495 |

Tabulka 5 — Srdeční frekvence – hodnota a čas dosažení maxima

| Osoba | max_{BF} | $\overline{max_{BF}}$ | $tmax_{BF}[s]$ | Osoba | max_{BF} | $\overline{max_{BF}}$ | $tmax_{BF}[s]$ |
|-------|------------|-----------------------|----------------|-------|------------|-----------------------|----------------|
| 1 | 23 | 20,6 | 440 | 6 | 26 | 23 | 490 |
| 2 | 31 | 24 | 395 | 7 | 27 | 24,2 | 420 |
| 3 | 25 | 19 | 125 | 8 | 23 | 19,8 | 420 |
| 4 | 33 | 27 | 225 | 9 | 31 | 24,8 | 210 |
| 5 | 26 | 24,6 | 550 | 10 | 27 | 24 | 600 |

Tabulka 6 — Respirece – hodnota a čas dosažení maxima

| Osoba | $max_{V'E}$ | $\overline{max_{V'E}}$ | $tmax_{V'E}[s]$ | Osoba | $max_{V'E}$ | $\overline{max_{V'E}}$ | $tmax_{V'E}[s]$ |
|-------|-------------|------------------------|-----------------|-------|-------------|------------------------|-----------------|
| 1 | 39,2 | 36,68 | 440 | 6 | 44,6 | 41,24 | 460 |
| 2 | 48,8 | 44,64 | 470 | 7 | 47,3 | 45,2 | 510 |
| 3 | 42 | 36,68 | 545 | 8 | 50,7 | 45,46 | 475 |
| 4 | 52,4 | 48,78 | 580 | 9 | 41,6 | 38,88 | 510 |
| 5 | 43,2 | 40,88 | 460 | 10 | 54,5 | 43,16 | 495 |

Tabulka 7 — Ventilace – hodnota a čas dosažení maxima

| Osoba | max_{VCO_2} | $\overline{max_{VCO_2}}$ | $tmax_{VCO_2}[s]$ | Osoba | max_{VCO_2} | $\overline{max_{VCO_2}}$ | $tmax_{VCO_2}[s]$ |
|-------|---------------|--------------------------|-------------------|-------|---------------|--------------------------|-------------------|
| 1 | 1695 | 1583,4 | 440 | 6 | 2002 | 1821,4 | 460 |
| 2 | 1999 | 1793 | 470 | 7 | 1949 | 1848,2 | 510 |
| 3 | 1952 | 1700,4 | 545 | 8 | 2078 | 1796,6 | 420 |
| 4 | 1990 | 1775,4 | 505 | 9 | 1633 | 1545,4 | 510 |
| 5 | 1878 | 1697,4 | 460 | 10 | 2000 | 1595,2 | 495 |

Tabulka 8 — Výdej oxidu uhličitého – hodnota a čas dosažení maxima

se více v určitých časových úsecích, čímž vytvořily viditelné vrcholy. Tyto vrcholy ovšem nebyly tak strmé, jak se původně předpokládalo. Poměr charakteristických událostí EKG (OSC1) a charakteristických událostí respirační křivky (OSC2) byl 6:1 ve všech fázích testu kromě fáze zotavovací, kde je možno diskutovat o vrcholu ve 3 sekundě. Při připuštění tohoto vrcholu, by byl poměr charakteristických intervalů 7:1. Pro přesné určení doby výskytu charakteristických intervalů vztažených na jeden respirační cyklus byla vypočítána střední hodnota těchto intervalů v jednotlivých výskytech událostí a úsecích zátěže. K těmto hodnotám byly vypočítány jejich výběrové rozptyly, jež jsou velmi malé, což potvrzuje dobrou synchronizaci signálu. Hodnoty výběrového rozptylu jsou v setinách sekundy. Střední doby výskytu se se vzrůstající zátěží snižují, při prvním zátěžovém skoku až o polovinu. Při frekvenční synchronizaci byla analyzována data z obou zátěžových testů. Z dat získaných při měření v Ústavu tělovýchovného lékařství byl získán poměr srdeční frekvence f_h a dechové frekvence f_r 6:1. Když byly frekvence vypočítány v jednotlivých fázích testu, lišil se tento poměr ve fázi předstartovní, kde byl roven 5:1 a ve fázi zotavovací, kde byl roven 7:1. Z těchto výsledků plyne, že poměr f_h/f_r se při všech stupních střední a nízké fyzické zátěže zachovává a oscilátory se tedy synchronizují. Tento závěr byl podpořen i daty z druhého zátěžového testu, kde marginální poměr frekvencí při fyzické zátěži byl zjištěn 6:1. Hodnota tohoto poměru ovšem není tak výrazná vůči poměru 7:1, jak by pro jednoznačný závěr bylo třeba. Z těchto výsledků můžeme stanovit závěr, že při přípravě na fyzickou zátěž se poměr frekvencí pseudooscilátorů snižuje (předstartovní horečka). Poslední provedenou analýzou byla analýza fázová, která měla podpořit svými výsledky analýzy ostatní. Byla zde stanovena relativní fáze respirace při charakteristických událostech OSC1. Jako charakteristické události byly zvoleny pouze R vrcholy pro jejich přesnější detekci. Z této analýzy nebyly získány jednoznačné výsledky. Očekávané horizontální a rovnoběžné linie nebyly získány, ale v histogramu se objevily určité relativní fáze, které se vyskytovaly s větší četností než ostatní a tvořily v histogramu vrcholy.

5.2 Maxima veličin a časové zpoždění reakce veličin na zátěž

Byla odhadnuta velikost maxim vybraných průběhů fyziologických veličin naměřených při zátěžovém testu I v Ústavu tělovýchovného lékařství u deseti testovaných osob. Mezi vybrané průběhy patřila srdeční frekvence (HR), dechová frekvence (BF), výdej oxidu uhličitého (V_{CO_2}) a ventilační ekvivalent ventilace ($V'E$). Byly získány velikosti časového zpoždění reakce kardiorepiračních veličin na zátěž (posun maxim vybraných charakteristických průběhu vzhledem k maximu zátěže) (Obr. 23). Časové zpoždění reakce kardiorepiračních veličin je určováno jako rozdíl časových okamžiků, kdy zátěžová křivka nabyla maxima a kdy maxim nabýly průběhy charakteristických veličin. Maxima těchto průběhů jsou značena \max_{hr} pro srdeční frekvenci, \max_{bf} pro dechovou frekvenci, $\max_{V_{CO_2}}$ pro výdej oxidu uhličitého a $\max V'E$ pro ventilační ekvivalent. Pro stanovení dosažených maxim a daného zpoždění jsou veškeré hodnoty vypočítány z dosaženého globálního maxima zátěže testovaných osob, které nastalo v čase $t = 440s$, tj. v sedmé minutě a dvacáté sekundě zátěžového testu. Toto místo bylo vybráno, jelikož zde lze nejlépe odečíst reakce veličin, a protože zde dochází ke změně trendu zátěžové křivky ze vzrůstu na pokles. Jelikož průběhy veličin jsou dosti členité, je hodnota pravděpodobného reálného maxima těchto charakteristických veličin, vztažených k dané maximální zátěži, vypočítávána jako střední hodnota maxima (\max_{hr} , \max_{bf} , $\max_{V_{CO_2}}$, $\max_{V'E}$) a 4 vzorků rozložených kolem něj. Tyto hodnoty budou označeny s pruhem. Doba nabytí maximální hodnoty jednotlivých fyziologických veličin bude označována v pořadí $t_{\max_{hr}}$, $t_{\max_{bf}}$, $t_{\max_{V_{CO_2}}}$, $t_{\max_{V'E}}$ (Tab. 5), (Tab. 6), (Tab. 7), (Tab. 8). Zpoždění reakce srdce na pokles zátěže se pohybuje v rozmezí od 35 až po 50 sekund. Průměrný čas zpoždění je 49,4s. Reálná hodnota maxim srdeční frekvence se pohybuje v intervalu od 105,6 tepů za minutu do 150,6 tepů za minutu při 140W zátěži. Hodnoty maxim srdeční frekvence jsou u druhého zátěžového maxima nabytého v čase $t = 1050s$, které je ovšem o 10 W nižší než globální maximum dosažené v čase $t = 450s$, z 90 procent vyšší než dosažené hodnoty u prvního maxima. Velikost rozdílu se pohybuje v intervalu od 1–7 tepů za minutu. Tato skutečnost pravděpodobně souvisí s únavou jedince, kdy svalům musí být přiváděno větší množství kyslíku a srdce musí pracovat s větší frekvencí. Pro průběh dechové frekvence je určení extrémů a časového zpoždění velmi obtížné, jelikož průběhy nedosáhly očekávaného tvaru s dvěma extrémy, jako v případě ostatních průběhů charakteristických veličin zde hodnocených. Aby bylo možno provést alespoň částečnou analýzu maxim dechové frekvence, bylo vybráno 5 průběhů z celého souboru měření. Tyto průběhy kopírují zátěžovou křivku, a mají tudíž viditelný extrém, z kterého lze odečíst časové zpoždění reakce dechové frekvence na zátěž.

Pro vybrané křivky platí, že maximum průběhu dechové frekvence nastalo pro 3 křivky ve stejném časovém intervalu, v jakém probíhalo maximální zatížení testovaných osob, tj. mezi 410–440 sekundou zátěžového testu. U zbývajících dvou průběhů nastalo zpoždění reakce za zátěží o 50 sekund a o 110 sekund. Velikost maxim se pohybovala v intervalu od 23–27 dechů za minutu. Ve stejném intervalu se pohybovaly i maxima při druhém zátěžovém maximu. Z průběhu reakce srdeční a dechové frekvence na zátěžový skok lze vidět, že reakce srdeční frekvence nastala přibližně po 8–10 sekundách po zahájení zátěže. Reakce dechové frekvence nastala přibližně 80 sekund po zatížení. U druhého

zátěžového skoku jsou podobné výsledky jako u prvního, srdeční frekvence začala vzrůstat přibližně po 6–8 sekundách, dechová frekvence až po 70 sekundách. Reakce srdeční frekvence nastává při stoupající fyzické zátěži velmi rychle a to přibližně do 10 sekund po zatížení. Velikost zpoždění reakce dechové frekvence je přibližně 7 až 8krát větší. Tento závěr platí pouze pro velké zátěžové skoky. Při postupném zatěžování a následném odlehčování se interval zpoždění reakce srdeční frekvence zvětšuje a to přibližně až na 50 sekund, což dokumentují výsledky naměřené u deseti osob v Ústavu tělovýchovného lékařství. Zpoždění reakce dechové frekvence není již tak průkazná jako reakce srdeční frekvence, jelikož dechová frekvence nebyla pro danou analýzu dostatečného vybudovaná Lze ale očekávat, že zpoždění reakce dechové frekvence se bude postupně se zvyšující zátěží snižovat. Doba reakce záleží také na průběhu zátěžové křivky. Při postupném zatěžování se zpoždění reakce zvyšuje a interval mezi srdeční a dechovou frekvencí se zmenšuje. Zpoždění reakce ventilace a výdeje oxidu uhličitého se průměrně pohybuje v intervalu mezi 40–60 sekundou při postupné změně zátěže. Tyto závěry byly získány na základě dat naměřených pouze u deseti lidí a proto je nelze zobecnit a je nutno je brát pouze za orientační

5.3 Aproximace průběhů srdeční frekvence

Formalizujeme závislost časového vývoje srdeční frekvence na fyzické zátěži vodným aproximačním polynomem. Vyjdeme z výsledků měření (dat) ergometrickém testu v Ústavu tělovýchovného lékařství. Pro tuto aproximaci byla vybrána srdeční frekvence, protože představuje hlavní veličinu charakterizující definovaný pseudooscilátor OSC1. Pro popis průběhů byla použita aproximace, jelikož naměřené hodnoty mají větší rozptyl a jsou zatížené většími chybami.

5.3.1 Aproximace průběhů srdeční frekvence metodou nejmenších čtverců

5.3.1.1. Předstartovní fáze

Tato fáze sloužila jako zklidňovací část zátěžového testu, kdy testovaný si měl zvyknout na laboratorní podmínky, a tudíž se u něj měla odstranit či alespoň snížit psychická zátěž, která ovlivňuje měřené veličiny. Toto ovlivnění způsobovalo zvýšenou hodnotu srdeční frekvence, což by mohlo vnášet chybu aproximace.

Stanovení sklonů poklesu srdeční frekvence v předstartovní fázi.

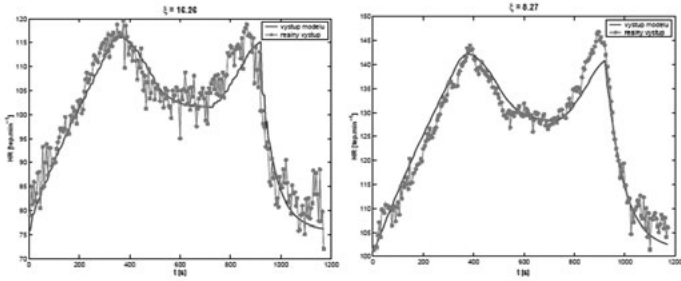
Pro aproximaci vývoje srdeční frekvence v předstartovní fázi byl použit polynom 5. stupně. Metoda uvažuje 95 procentní interval spolehlivosti.

5.3.1.2. Fáze růstu zátěže

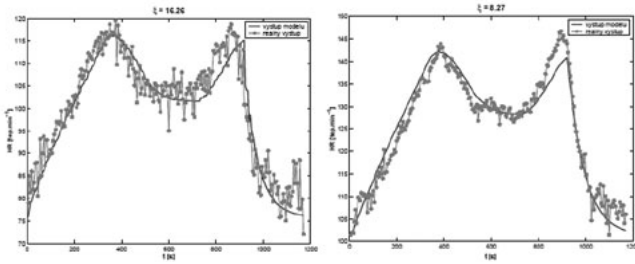
V daném testu se vyskytují dvě fáze, při nichž se zátěž zvyšuje. Jedná se o druhou fázi testu, která probíhá mezi 120 až 440 sekundou a o pátou fázi testu, probíhající mezi 840 až 980 sekundou. V obou fázích došlo u všech průběhů k nárůstu srdeční frekvence. Stejnou metodou jako při aproximaci klidové (předstartovní) fáze byly popsány průběhy srdeční frekvence při vzrůstající zátěži. Výsledky aproximace v obou fázích růstu byly porovnány.

5.3.1.3. Fáze poklesu zátěže a fáze pro dosažení rovnovážného stavu srdeční frekvence

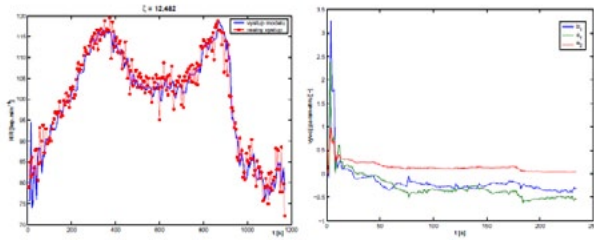
Vývoj srdeční frekvence při poklesu zátěže (3. fáze zátěžové křivky) a při konstantní nižší střední zátěži (4. fáze zátěžové křivky). 3. fáze probíhala mezi



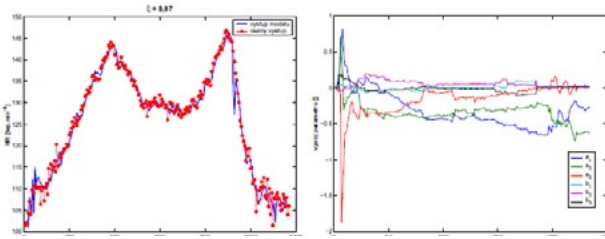
Obrázek 24 — Model změn srdeční frekvence při zátěži – jednorázová identifikace



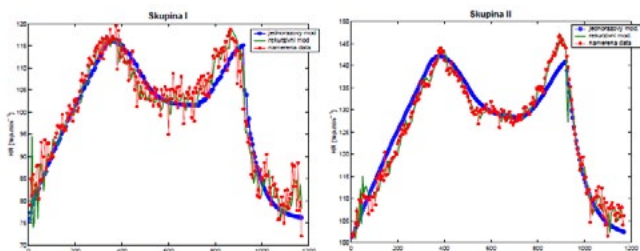
Obrázek 25 — Model změn srdeční frekvence při zátěži – rekurzivní identifikace



Obrázek 26 — Porovnání výstupů I měření a modelu a průběh nastavování jeho parametrů



Obrázek 27 — Porovnání výstupů II měření a modelu a průběh nastavování jeho parametrů



Obrázek 28 — Porovnání výstupů modelů jednorázové a rekurentní identifikace pro skupinu I a II

441–600 sekundou testu, 4. fáze probíhala mezi 601–840 sekundou testu. Při 3. fázi byl očekáván pokles srdeční frekvence a při 4. fázi bylo předpokládáno ustálení srdeční frekvence kolem 3. až 4. minuty dané fáze. Ustálení srdeční frekvence se uvažuje tehdy, jestliže hodnoty sousedních vzorků se neliší o více než 2 tepy za minutu.

5.3.1.4. Fáze zotavení

V této fázi byly vyšetřeny průběhy srdeční frekvence při skončení fyzické námahy. Cílem bylo zjistit, zda srdeční frekvence poklesne pod klidové hodnoty naměřené v předstartovní fázi. Toto zjištění by bylo dalším podporujícím faktorem, že před fyzickým výkonem se tělo již na zátěž připravuje a zvyšuje hodnoty kardiorepiračních veličin.

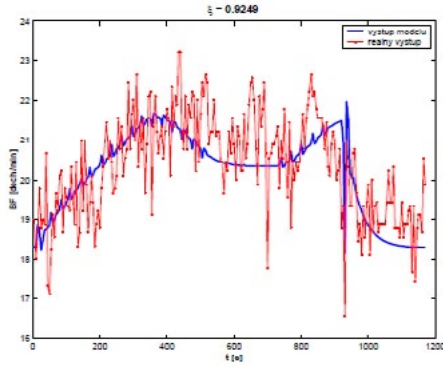
6. Modely kardiorepiračního systému

6.1 Parametrické modely

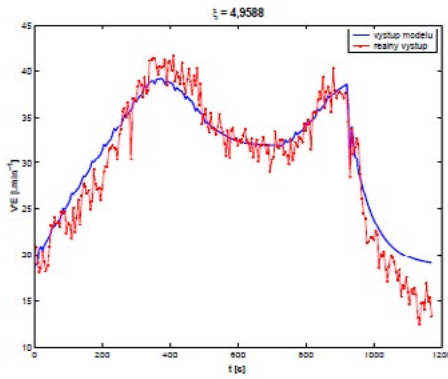
Parametrické modely jsou modely s danou strukturou a explicitně vyjádřenými parametry. Jsou nejčastěji představovány diferenciálními rovnicemi, diferenčními rovnicemi nebo přenosem. Zde se budeme věnovat některým vnějším parametrickým modelům popisujícím kardiorepirační soustavu, vytvořené na základě odhadu parametrů modelu z posloupnosti naměřených dat. Tato struktura se obecně označuje jako model ARX (AutoRegressive model with eXternal input), tj. model s chybou vstupu. Metody odhadu parametrů modelu výstupu dělíme do 2 skupin, první je jednorázový odhad (off-line identifikace), při které odhadujeme parametry z celé sady naměřených dat, druhá je rekurzivní (on-line identifikace), která umožňuje v průběhu času naměřit nová data a stanovit nový odhad parametrů. Odhad parametrů je založen na lineární regresi.

Metoda rekurzivní identifikace

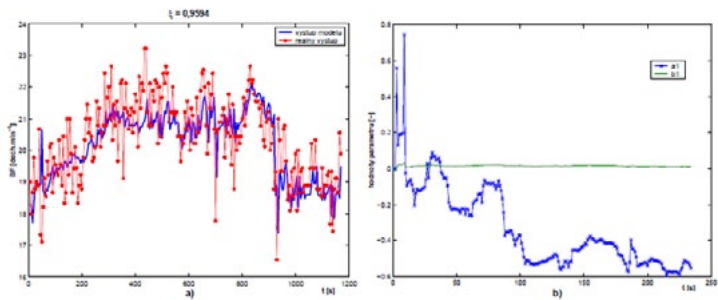
Rekurzivní metoda identifikace přináší oproti jednorázové identifikaci řadu výhod. Hlavními přednostmi jsou menší požadavky na operační paměť a možnost výpočtu modelu v reálném čase. Parametry modelu jsou vypočítávány pomocí rekurzivní metody nejmenších čtverců. Pomocí metody parametrické identifikace (pi), byl vytvořen vnější model chování srdeční



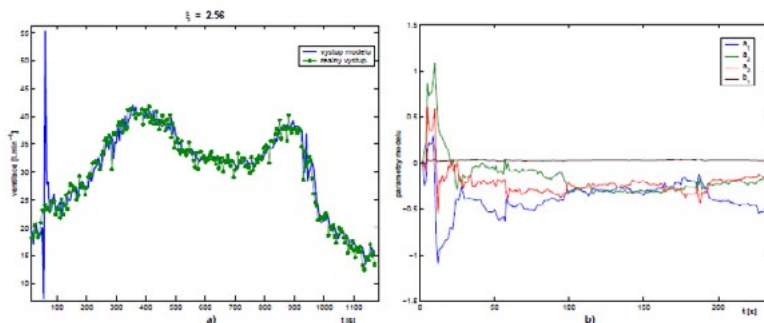
Obrázek 29 — Model změny dechové frekvence na zátěž (jednorázová identifikace)



Obrázek 30 — Model změny ventilace na zátěž (jednorázová identifikace)



Obrázek 31 — Model změn srdeční frekvence na zátěži (rekurzivní identifikace)



Obrázek 32 — Model změn ventilace na zátěž (rekurzivní identifikace)

frekvence při definované fyzické zátěži. Pro identifikaci byla použita data naměřená u devíti testovaných osob při zátěžovém testu I v Laboratoři Ústavu tělovýchovného lékařství. Realizovaný model popisuje reakci srdeční frekvence, jako charakteristické veličiny pseudooscilátoru OSC1 kardiorepiračního systému na fyzickou zátěž $P(t)$, která je vstupní veličinou modelu.

6.1.1 Jednorázová identifikace

Před samotnou identifikací byly průběhy srdeční frekvence rozděleny do 2 skupin podle klidové srdeční frekvence, získané jako průměr vzorků posledních 30 sekund předstartovní fáze testovaných osob. Před zahájením identifikace byly vypočítány pro každou skupinu dva charakteristické průběhy srdeční frekvence jako průběh středních hodnot všech charakteristických průběhů v dané skupině a dále pro zlepšení identifikace byla ještě od průběhů odečtena průměrná hodnota klidové srdeční frekvence. Takto upravená data dále sloužila jako výstupní signál při identifikaci ARX modelu. Z rekurzivní identifikace byl pro vývoj srdeční frekvence v závislosti na fyzické zátěži vypočten, jako nejlepší model pro skupinu I, model popsáný druhým řádem. Modely řádu vyššího než pátého nebyly uvažovány, jelikož modely nižších řádů dostatečně popisují chování srdeční frekvence při zátěži. Oproti jednorázové identifikaci průběhy generované uvedenými modely velmi dobře kopírují reálnou křivku, ale na počátku identifikace a na začátku zotavovací fáze generují skokové hodnoty neodpovídající reálnému průběhu, které způsobují vyšší střední kvadratickou chybu, než se očekávala. Velikost exponenciálního zapominání λ byla zvolena 0,98, jelikož při tomto nastavení byly při zkušebních výpočtech docíleny nejlepší výsledky.

Jednorázová identifikace – ARX struktura

Před samotným výpočtem byla od průběhu charakteristických veličin (BF, V'E) odečtena příslušná klidová hodnota získaná jako průměr hodnot posledních 30 sekund předstartovní fáze. Tato klidová hodnota je později přičítána k výstupu modelu. Jednorázovou identifikací byl získán model reakce dechové frekvence na fyzickou zátěž. Přesnost modelu je vyjádřena střední

kvadratickou chybou ($\xi = 0,9617$) a průběhem reálného a odhadnutého výstupu. Řád tohoto modelu je rovný pěti a byl zvolen v závislosti na minimální hodnotě střední kvadratické chyby (Obr. 24).

6.1.2 Rekurzivní identifikace

Odhad parametrů modelu pomocí rekurzivní identifikace je proveden i u charakteristických veličin pseudooscilátoru OSC2 (plic). Lze očekávat, že výstup tohoto rekurzivního modelu bude lépe kopírovat naměřené průběhy. Míra dobrého sledování reálného výstupu bude záviset na vhodné volbě koeficientu zapomínání λ a na volbě řádu modelu. Po aplikaci algoritmu rekurzivní identifikace na vstupní a výstupní naměřené veličiny modelu plic (vstup – zátěž P, výstup – BF, V'E) byly získány následující výsledky. Pro model chování dechové frekvence při fyzické zátěži byl jako nejvhodnější vypočten model prvního řádu. Jako nejvhodnější model chování ventilace při fyzické zátěži (Mv,z) byl stanoven rekurzivní metodou model třetího řádu (Obr. 25) až (Obr. 32).

7. Závěr

Tato práce byla zaměřena na vázané říditelné biologické oscilátory, které lze nalézt v lidském organismu. Tyto oscilátory jsou zde popsány a jejich chování je diskutováno v závislosti na fyzické zátěži. Na základě prostudování fyzikálních a technických vlastností oscilátorů a teorie systémů, byl definován kardiorepirační systém. Tento systém se skládá ze srdce, jako hnací jednotky oběhového systému člověka, a plic, které zajišťují výměnu respiračních plynů mezi atmosférou a krevním oběhovým systémem. Výběr těchto orgánů byl založen na skutečnosti, že oba orgány vykonávají periodicky opakující se děje. Srdce provádí cyklické stahy hladké svaloviny a plíce periodicky zvětšují a zmenšují svůj objem. Četnost těchto dějů lze definovat jako frekvenci oscilátorů, z které lze jednoduše vypočítat časovou periodu oscilací. Dalším hlediskem výběru byla vzájemná biologická vazba a provázanost řídicích mechanismů. U takto zvoleného oscilačního systému nelze určit všechny veličiny jako u technických vázaných oscilátorů, proto jsou jednotlivé biologické oscilátory nazývány pseudooscilátory. Data pro popis a modelování chování byla získána prostřednictvím zátěžových testů provedených u 10 zdravých osob, které byly ve věku mezi 22–28 lety, nebyly vrcholoví sportovci a sport provozovaly pouze rekreačně. Testy byly prováděny v laboratoři Ústavu tělovýchovného lékařství 1. LF UK v Praze a na Katedře kybernetiky, FEL ČVUT v Praze. Z těchto testů se získaly průběhy charakteristických veličin kardiorepiračního systému. Na naměřených datech byla provedena korelační a synchronizační analýza s cílem jednoznačně prokázat vazbu mezi charakteristickými veličinami definovaných pseudooscilátorů. Z korelační analýzy vyplynulo, že pravděpodobně existují vazby mezi oběma definovanými pseudooscilátory, nelze ovšem říci, zda jsou tyto vazby lineární a zda je lze parametrizovat. Otázka parametrizace vazby byla vyřešena v části věnované synchronizaci charakteristických

veličin pseudooscilátorů (srdeční a dechové frekvence). Byly provedeny tři typy synchronizační analýzy (frekvenční, fázová, intervalová). U prošetření intervalové a frekvenční synchronizace byla detekována vazba. Poměr srdeční a dechové frekvence se při zátěži zachovával a to v poměru 6:1. Ve fázích, kdy člověk nebyl zatěžován, se poměr frekvencí měnil, a to při předstartovní fázi na 5:1 a ve fázi zotavovací 7:1. Tyto výsledné poměry byly shodně zjištěny v obou provedených zátěžových testech. Z výsledků fázové synchronizace nelze vyvodit jednoznačné závěry. Při vyšetřování rychlosti reakce charakteristických veličin na zátěž bylo zjištěno, že reakce srdeční frekvence je při velkých zátěžových skocích velmi rychlá a nastává přibližně do 10 sekund. Při postupném vývoji zátěže s pomalým růstem se doba reakce srdeční frekvence prodlužuje až na hodnotu přibližně 50 sekund. Dechová frekvence při velkých zátěžových skocích reaguje asi 7 až 8 krát pomaleji než frekvence srdeční. Pro vyšetření rychlosti reakce při postupném zatěžování nebyly naměřeny vhodné průběhy pro konkrétní závěry. Ventilace a výdej oxidu uhličitého, jako další charakteristické veličiny plic, reagují při postupném zatěžování se zpožděním 40–60 sekund po zvýšení zátěže. Při aproximaci průběhů srdeční frekvence bylo zjištěno, že na testované osoby působí psychický stres, který se postupem času odbourává. Tento závěr dokazuje pokles srdeční frekvence při předstartovní fázi. Průběh růstu a poklesu srdeční frekvence při postupném lineárním zatěžování lze velmi dobře aproximovat přímkou. Průběh srdeční frekvence při fázi zotavení, kdy testovaný regeneruje po dokončení fyzické zátěže, je exponenciální a lze ho aproximovat polynomem třetího až pátého stupně. Vytvořené parametrické modely vývoje charakteristických veličin pseudooscilátorů, založené na jednorázové a rekurzivní identifikaci, jsou dostatečně přesné pouze pro průběhy, které sloužily jako vstupní a výstupní veličiny při identifikačním procesu. Při porovnání jednorázové a rekurzivní metody identifikace jsme dospěli k závěru, že rekurzivní identifikace je pro tyto účely přesnější a průběhy získané z těchto modelů věrněji kopírují reálné průběhy. Získané výstupy modelů byly také srovnány s naměřenými průběhy a bylo zjištěno, že odchylky mezi nimi byly již výraznější, trend vývoje daných charakteristických veličin však zachycovaly. Na základě vytvořených modelů průběhů charakteristických veličin a poznatků vlastností zkoumaného systému byl vytvořen simulační model kardiorepiračního systému. Při provedených testech kvality tohoto simulačního modelu bylo zjištěno, že odhad dechové frekvence, vytvořený pomocí poznatku zachování poměru srdeční a dechové frekvence, je stejně dobrý, v některých případech dokonce lepší, než odhad jednorázově identifikovaného ARX modelu chování dechové frekvence. Na základě těchto poznatků lze říci, že použité metody identifikace lze aplikovat pro modelování průběhů biologických veličin. Nepodařilo se ovšem vytvořit dostatečně přesný model chování charakteristických veličin, který by obecně popisoval vývoj veličin uvedených pseudooscilátorů při zátěži. V závěru konstatujeme, že na zvolený vázaný systém srdce a plic lze pohlížet jako na vázané oscilátory. Přímé vazby ve smyslu technickém

pravděpodobně nelze nalézt, ale na základě provedených experimentů prokazatelně tyto vazby existují a oba orgány se vzájemně synchronizují. Dané závěry ovšem nelze plně zevšeobecnit, protože byly vytvořeny na základě měření provedených pouze na deseti testovaných osobách. Pro statistickou významnost zde uvedených tvrzení by bylo nutno soubor testovaných osob rozšířit nejméně 5 krát. Měření byla prováděna v Ústavu tělovýchovného lékařství 1. LF University Karlovy v Praze a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze a za odborných konzultací doc. MUDr. Z. Vilíkuse, CSc. Práce byla podporována výzkumným záměrem č. MSM 6840770012 „Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství II“.

Literatura:

- [1.] Převorovská, S., Maršík, F. (2002). *Interakce respiračního a kardiovaskulárního systému člověka, výzkumná zpráva, Ústav termomechaniky ČAV, Praha*
- [2.] Lotric, M.B. (1999). *Couplings Among Subsystems that Regulate Blood Flow, Ph.D Thesis, Faculty of Electrical Engineering, University Ljubljana*
- [3.] Novák, J. (2002). *Vázané biologické oscilátory, diplomová práce, Fakulta elektrotechnická, ČVUT v Praze*
- [4.] Honzíková, N. (1995). *Biologie člověka, skriptum, VUT Brno*
- [5.] Noskievič, P. (1999). *Modelování a identifikace systémů, Montanex a.s., Ostrava*
- [6.] Michněvič, P. (2003). *Vázané říditelné biologické pseudooscilátory, diplomová práce, Fakulta elektrotechnická, ČVUT v Praze*
- [7.] Rosenblum, M., G., Pikovsz, A., S., Kurths, J., M., B. (1997). *Phase Synchronization of Chaotic Oscillators, Phys.Rev.Lett., Vol.78, 4193–4196*
- [8.] Pikovsky, A., S., Rosenblum, M., G., Osipov, G., V. (1997). *Phase Synchronization of Chaotic Oscillators by External Driving, Physica D., 104, 0219–238*

Kontakt:

Doc.Ing.Vladimír Eck, CSc.,

katedra kybernetiky FEL ČVUT v Praze

Karlovo náměstí 13

121 35 Praha 2

tel.: 224357255

e-mail: eck@fel.cvut.cz

<http://nit.felk.cvut.cz>

<http://cyber.felk.cvut.cz>

SYSTÉM R JAKO NÁSTROJ STATISTICKÉ ANALÝZY V BIOMEDICÍNSKÉM VÝZKUMU

Jan Hendl

Souhrn

Příspěvek pojednává některé aspekty využívání programů pro statistickou analýzu. Ukazuje se, že vedle tradičních programových systémů jako SPSS nebo STATISTICA se stále více prosazuje systém R se svým programovacím jazykem. Tento systém má dvě hlavní výhody. Je volně šiřitelný stejně jako programové balíčky, které jsou v něm vytvářeny. Existuje již několik tisíc programových balíčků v jazyce R pro nejrůznější úkoly statistické analýzy. Pojednáváme základy systému R a některé rozšiřující programové balíčky.

Klíčová slova:

software, statistické programy, SPSS, jazyk R

Úvod

V lékařském výzkumu je statistická analýza dat běžným postupem. Bez vhodného programu bychom nemohli analyzovat efektivně naše data. V dnešním světě softwaru zaměřeného na statistickou analýzu dat se setkáváme se značnou vlnou různých přístupů. Kromě velkých profesionálních statistických systémů s dlouhou tradicí jako SPSS, SYSTAT, STATISTICA nebo SAS, existují menší profesionální systémy (StatGraphics, NCSS) nebo volně dostupné systémy (OPENSTAT, FastStat, atd.). Statistické výpočty lze také provádět a programovat v matematicky orientovaných systémech jako například MATLAB. V minulém století i dnes má statistik samozřejmě možnost si vytvářet vlastní programy v jazycích jako FORTRAN nebo PASCAL či C. K tomu má k dispozici knihovny předprogramovaných statistických procedur v těchto jazycích. V současné době je velmi populární vytvářet nové aplikace v jazyce R, který byl navržen speciálně pro tvorbu statistických programů. Jeho obliba stále roste. Náš příspěvek se věnuje základnímu popisu prostředí a jazyka R. Dále popisujeme tři důležité systémy, které usnadňují práci v R. Jedná se o rozhraní k systému R: R – **Commnader**, **RStudio** a implementaci R do prostředí tabulkového procesoru **MS Excel (RExcel)**.

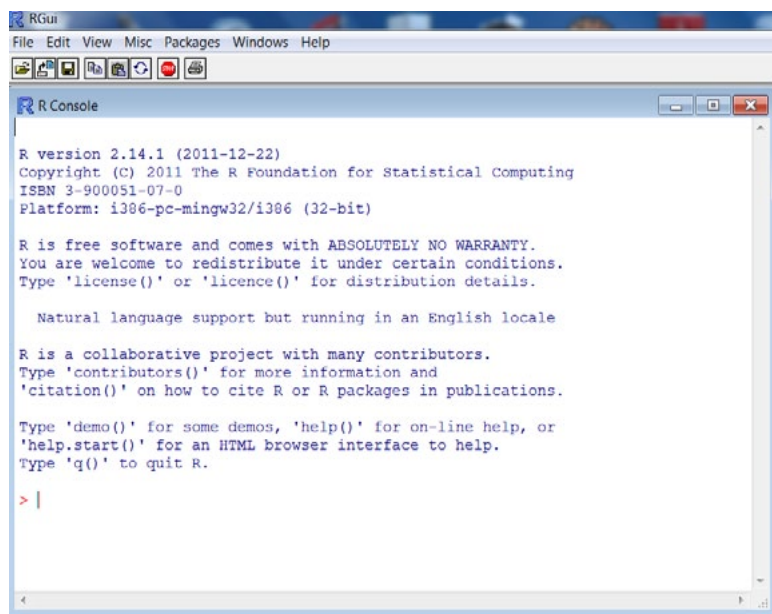
Statistický systém a jazyk R

R je jazyk a prostředí pro statistické výpočty a jejich grafickou interpretaci. Informační stránky o projektu včetně volně šiřitelného softwaru nalezneme na adrese: <http://www.r-project.org/>. Z R se stal standard mezi statistiky. Systém R se využívá stále častěji ve výuce statistiky a je mnohem uživatelsky příjemnější než jiné programovací jazyky využívané pro návrh statistických systémů (např. C++ nebo Fortran). Má značnou podobnost s komerčním S-Plus jazykem a prostředím, vyvinutým v Bellových laboratořích. Obsahuje mohutné statistické makropříkazy a možnosti další příkazy a procedury naprogramovat v jazyku R.

Kromě jeho nulové ceny existuje mnoho důvodů, proč systém R získává na oblibě:

- R je velmi dobře navržený software s komerční kvalitou. Jeho vývojem se zabývali významní odborníci na statistické výpočty (D. Bates, J. Chambers, B. Ripley a další).
- R jazyk je dobře navržen s ohledem jak na praktikující statistiky tak na počítačové experty. Například jeho autor John Chambers získal cenu společnosti ACM (Ass. for Computing Machinery).
- Má výbornou podporu statistické grafiky.
- Protože zohledňuje požadavky na dobrý programovací jazyk, lze systém R relativně jednoduše rozšiřovat a doplňovat.
- R systém je možné instalovat na mnoha počítačových platformách, včetně Windows, Unix/Linux, Macintosh.

Na rozdíl od klasických statistických systémů, které využívají klikací grafické rozhraní pro své ovládání, R systém v původní podobě je příkazově orientovaný. Uživatelé řídí vykonávání operací pomocí příkazů v jazyce R. Interpreter příkazů v jazyce R odpovídá interaktivně na tyto příkazy. Je pravda, že R poskytuje určité možnosti běžného grafického rozhraní, ale ty jsou velmi skromné. Například můžeme pomocí něho instalovat programový balíček (viz dále). R rozhraní má také možnosti pro editování příkazů ve formě skriptů. Na obrázku 1 vidíme podobu standardního rozhraní systému R po spuštění.



```
RGui
File Edit View Misc Packages Windows Help
R Console
R version 2.14.1 (2011-12-22)
Copyright (C) 2011 The R Foundation for Statistical Computing
ISBN 3-900051-07-0
Platform: i386-pc-mingw32/i386 (32-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

Natural language support but running in an English locale

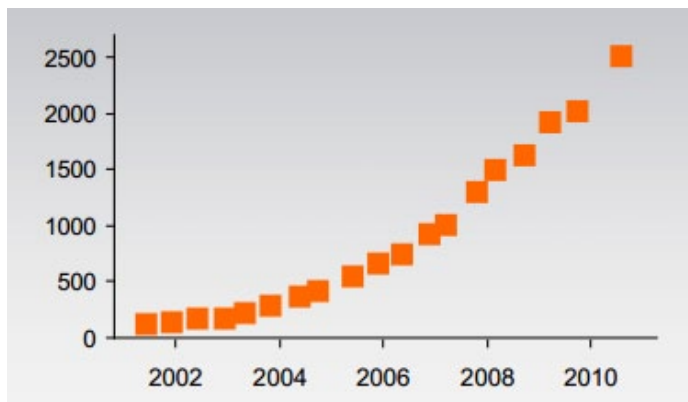
R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

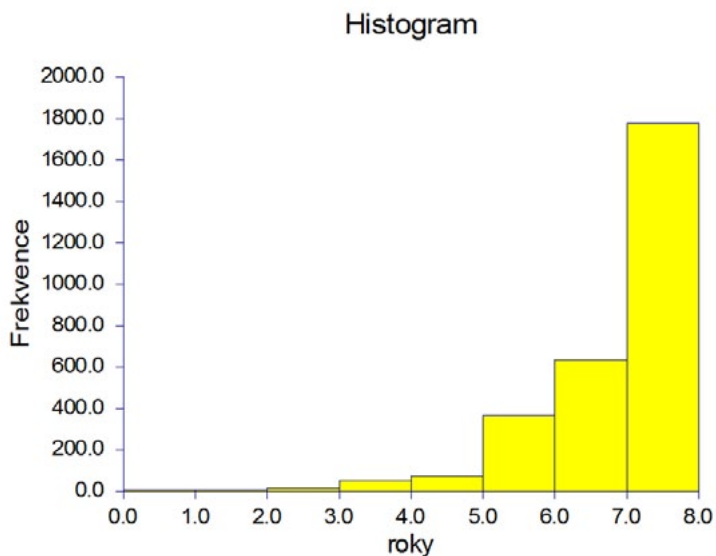
> |
```

Obrázek 4 — Rozhraní systému R se základní nabídkou nahoře a příkazovým řádkem začínajícím symbolem >.

Systém R lze používat v jeho původní podobě, ale stále více se uplatňuje využívání volně dostupných speciálních programových balíčků (packages) v jazyce R, které se vyvolávají v prostředí R. Tyto balíčky usnadňují mnoho standardních statistických operací a práci s daty. V dalším výkladu si všimneme balíčků R – Commander, RStudio. Kromě nich existuje několik tisíc balíčků, které implementují další operace a hlavně různé statistické procedury pro nejrůznější úkoly a situace vznikajících při analýze dat. Rostoucí dynamiku



Obrázek 2 — Vývoj počtů R balíčků od roku 2001 do roku 2011



Obrázek 3 — Četnosti změn v databázi R balíčků mezi roky 2004 a 2011

tvorby R balíčků ukazuje obrázek 2. Do konce roku 2011 bylo vytvořeno celkem 2950 balíčků. V období 2003–2007 to bylo pouze 82 balíčků. Počty změn v databázi balíčků v závislosti na čase v prvních 8 letech od vzniku systému R (do roku 2011) zobrazuje obrázek 3. Poznamenejme, že v lednu 2012 bylo zaregistrováno v databázi 420 změn balíčků (většina změn znamená dodání zcela nového balíčku). Uvedená data poukazují na oblibu R systému a vytváření R balíčků praktikujícími statistiky a dalšími výzkumníky, kteří chtějí své nápady zpřístupnit svým kolegům po celém světě. R balíčky jsou samozřejmě vytvářeny i odborníky z oborů mimo statistiku.

Tabulka 1 ukazuje výpis z přírůstků do databáze R balíčků poslední den měsíce prosinec v roce 2011.

| | | |
|------------|--------------------|--|
| 30.12.2011 | CDVine | Statistical inference of C- and D-vine copulas |
| 30.12.2011 | CellularAutomaton | One-Dimensional Cellular Automata |
| 30.12.2011 | cin | Causal Inference for Neuroscience |
| 30.12.2011 | coxme | Mixed Effects Cox Models |
| 30.12.2011 | fame | Interface for FAME time series database |
| 30.12.2011 | fast | Implementation of the Fourier Amplitude Sensitivity Test (FAST) |
| 30.12.2011 | genridge | Generalized ridge trace plots for ridge regression |
| 30.12.2011 | languageR | Data sets and functions with "Analyzing Linguistic Data: A practical introduction to statistics" |
| 30.12.2011 | MigClim | Simulating migration under climate change |
| 30.12.2011 | NormalGamma | Normal-gamma convolution model |
| 30.12.2011 | oro.nifti | Rigorous - NIFTI+ANALYZE+AFNI Input / Output |
| 30.12.2011 | R2OpenBUGS | Running OpenBUGS from R |
| 30.12.2011 | random.polychor.pa | A Parallel Analysis With Polychoric Correlation Matrices |
| 30.12.2011 | RcppExamples | Examples using Rcpp to interface R and C++ |
| 30.12.2011 | ror | Robust Ordinal Regression MCDA library |
| 30.12.2011 | RSAGA | SAGA Geoprocessing and Terrain Analysis in R |
| 30.12.2011 | RTisean | R interface to Tisean algorithms |
| 30.12.2011 | testthat | Testthat code. Tools to make testing fun :) |
| 30.12.2011 | tis | Time Indexes and Time Indexed Series |
| 30.12.2011 | wasim | Visualisation and analysis of output files of the hydrological model WASIM |

Tabulka 1 — Charakteristiky (datum dodání, název s hypertextovým odkazem, charakteristika) R balíčků pro den 30.12.2011 v databázi projektu R.

Standardní příkazově orientované rozhraní k statistickému softwaru (implementované v systému R) poskytuje určité výhody, zvláště:

- Je jednodušší v něm opravovat, modifikovat nebo opakovat analýzu. Mnoho statistických systémů (např. SPSS) mají grafické rozhraní umožňující generovat příkazy, je však zřejmé, uživatelé, kteří se spoléhají na grafické rozhraní tuto možnost nevyužívají, preferují klikání.
- Je jednodušší a přirozenější uchovávat záznam své práce, včetně vstupních parametrů a výstupů. R poskytuje mnoho triků pro sofistikované programování, kdy můžeme přirozeným způsobem příkazy, výstupy a osvětlující text (package).
- Grafická rozhraní statistických systémů jsou složitá a přesto neúplně pro pružné určení úkolu statistické analýzy.
- Jestliže přecházíme od grafické klikací nabídky k příkazově orientovanému systému, přináší to však určitý diskomfort. Přímé učení jazyku R bez předchozí zkušenosti s klikacími systémy je možná příhodnější. R povzbuzuje hlubší porozumění statistickým procedurám, než třeba SPSS. Na druhou stranu také pro systém R jsou k dispozici balíčky – jak jsme zmínili – simulující možnost klikání (např. R — Commander, který bude popsán dále).

V tomto příspěvku nechceme popsat jazyk R podrobně. Pouze poskytneme základní vstupní informace. R je funkcionální programovací jazyk, programy implementované v jazyce R mají formu funkcí a výrazy v jazyce R vyvolávají funkce. Například operátory pro sčítání + nebo násobení * implicitně vyvolávají funkci.

Možnosti jazyka R jsou rozsáhlé, lze zadávat stovky různých příkazů. Po spuštění se otevře hlavní okno (obr. 1) a v něm menší okno příkazové konzole (R Console). Na horní liště hlavního okna je několik základních příkazů spouštěných kliknutím přes nabídku nebo pomocí tlačítka.

Po úvodním textu (viz obr. 1) se objeví prompt > (znak větší než). Ten signalizuje místo, kam se píše výrazy jazyka R. Interpreter pak provede výrazy zapsané na řádce a zakončené klávesou ENTER. Uvedeme příklady:

```
> 1 + 2*3
[1] 7
> 1:3
[1] 1 2 3
> 1:3 + c(2, 5, -1)
[1] 3 7 2
> x <- 1:3
> 5*x
[1] 5 10 15
```

Většina ze zobrazených výstupů a vstupů jsou pochopitelné, některé však potřebují vysvětlení:

- Jednoduchý výstup začíná symbolem [1]. Jestliže výstup má více řádků, pak na začátku řádky se objeví její číslo podobně jako u prvního řádku.
- c() je funkce kombinování, která vytvoří vektor z jejích parametrů,

proměnných. Obecně argumenty jsou mezi závorkami a odděleny čárkami, jestliže argumenty mají jméno (name), pak jim přiřadíme hodnotu (value) takto: name = value.

- <- je přiřazovací operátor, v příkladu přiřazujeme hodnoty 1, 2, 3 proměnné x. Pro přiřazení lze však také použít znak =. Proměnné jsou vytvářeny dynamicky. Jejich jména sestávají z kombinace velkých a malých písmen, číslic a dalších znaků, nemohou začít číslicí nebo podtržítkem _. Rozlišujeme velká a malá písmena.
- Všechny objekty v příkladu jsou vektory. Kromě vektorů, používáme skaláry, datové rámce (data frame), tabulky (tables) a seznamy (list). R také rozlišuje objekty generované pomocí objektového programování.

Nyní vytvoříme vektor s jménem mujvektor s hodnotami 8, 6, 9, 10 a 5, musíme na příkazový řádek napsat:

```
> mujvektor<- c(8, 6, 9, 10, 5)
```

Abychom viděli co mujvektor obsahuje, napíšeme jeho jméno:

```
> mujvektor
[1] 8 6 9 10 5
```

Můžeme extrahovat jakýkoliv prvek tohoto vektoru

```
> mujvektor[4]
[1] 10
```

Na rozdíl od vektoru seznam (list) obsahuje prvky různých typů, numerické nebo znakové hodnoty, objekt list může jako prvek obsahovat také vektor. Funkce list() použijeme k vytvoření seznamu. Například vytvoříme seznam mujseznam takto:

```
> mujseznam <- list(jmeno="Franta", zena="Marie",
mujvektor)
```

Obsah seznamu zobrazíme uvedením jeho jména:

```
> mujseznam
$jmeno
[1] „Franta“
$zena
[1] „Marie“
[[3]]
[1] 8 6 9 10 5
```

Prvky seznamu jsou očíslovány a lze na ně odkázat číslicí v dvojitéch hranatých závorkách. Například:

```
> mujseznam[2]]
[1] „Marie“
> mujseznam[[3]]
[1] 8 6 9 10 5
```

Prvky seznamu mohou být také pojmenovány a pak vyvolány jménem seznamu

a jménem položky oddělené znakem \$. Například `mujseznam$jmeno` je totéž jako `mujseznam[[1]]` a `mujseznam$zena` je totéž jako `mujseznam[[2]]`:

```
> mujseznam$zena
[1] „Marie“
```

Můžeme nalézt jména pojmenovaných prvků použitím funkce `attributes()`: Například:

```
> attributes(mujseznam)
$names
[1] „jmeno“ „zena“
```

Jestliže použijeme funkci `attributes()` k nalezení jména prvků seznamu, jména jsou vždy uvedena za symbolem `“$names”`.

Jiným typem jazyka R je proměnná tabulka (`table`). Například jestliže vytvoříme vektorovou proměnnou `mojejmena` obsahující jména dětí ve třídě, použijeme funkci `table()`:

```
> mojejmena <- c(„Marie“, „Jan“, „Anna“, „Jirka“,
„Ota“, „Marie“, „Jarda“, „Jan“, „Franta“)
> table(mojejmena)
mojejmena
Anna Franta Jan Jarda Jirka Marie Ota
1 1 2 1 1 2 1
```

Můžeme vytvořit proměnnou `mojetabulka` a v ní uchovat obsah tabulky:

```
> mojetabulka <- table(mojejmena)
```

Opět k přístupu k jednotlivým hodnotám tabulky použijeme dvojité hranaté závorky:

```
> mojetabulka[[3]]
[1] 2
```

Kromě toho můžeme použít k získání třetího prvku tabulky jeho jméno:

```
> mojetabulka[,„Jan“]
[1] 2
```

Datový rámeč (`frame`) je důležitá datová struktura v R. Lze si jí představit jako dvourozměrné pole (resp. matici), přičemž jednotlivé sloupce nemusí být tvořeny vektory stejného typu. Datový rámeč je ve své podstatě vlastně tabulka, ve které se lze pomocí indexů odkazovat na jednotlivé buňky. Datové rámeče jsou velmi užitečné při zpracování dat, která jsme zapsali například do sešitu v tabulkovém procesoru (MS Excel, OpenOffice.org Calc apod.). Nejjednodušší je exportovat tabulku z těchto systémů jako text, kde položky jsou odděleny tabelátorem (viz tab. 2). Vzhledem k tomu, že R akceptuje jako oddělovač desetinných míst desetinnou tečku, je nutné převést desetinné čárky na desetinné tečky nejlépe v nějakém obyčejném textovém editoru.

Máme-li nachystaný textový soubor pojmenovaný např. `vysledky.txt`.

Jeho import do podoby datového rámce provedeme pomocí příkazu `read.table` následujícím způsobem:

```
> mojetabulka <- read.table(„vysledky.txt“, header =
T, sep = „\t“)
```

Volba `header = T` říká, že každý sloupec v textovém souboru má jméno, které má být také použito pro název sloupce v datovém rámci. Volba `sep = „\t“` říká, že importovaná data ve zdrojovém souboru jsou oddělena pomocí znaku tabulátor.

Funkce v R vyžadují obvykle argumenty, což jsou proměnné nebo objekty, na kterých funkce provede nějakou operaci:

```
> log10(100)
[1] 2
```

V systému R získáme nápovědu funkcí `help()`. Například chceme nápovědu pro funkci `log10()`:

```
> help(„log10“)
```

Jestliže tuto funkci použijeme, objeví se rámeček s informací o zvolené funkci.

Jestliže si nejsme jisti jménem, ale známe jeho úsek, použijeme funkce `help.search()` nebo `RSiteSearch()`. Funkce `help.search()` hledá již instalovanou funkci (i v instalovaných balíčcích). Funkce `RSiteSearch()` hledá všechny R funkce (i v neinstalovaných balíčcích).

Například chceme nalézt funkci počítající směrodatnou odchylku, budeme ji hledat jménem „deviation“:

```
> help.search(„deviation“)
Odpověď systému je následující:
Help files with alias or concept or title matching
' deviation ' using fuzzy matching:
genefilter::rowSds
Row variance and standard deviation of
a numeric array
nlme::pooledSD Extract Pooled Standard Deviation
stats::mad Median Absolute Deviation
stats::sd Standard Deviation
vsn::meanSdPlot Plot row standard deviations versus
row
```

Mezi nalezenými funkcemi je funkce `sd()` balíčku „stats“ (R balíček obsažený v standardní instalaci R), který využijeme pro výpočet směrodatné odchylky.

V uvedeném příkladu funkce `help.search()` nalezne relevantní funkci (zde `sd()`). Jestliže nenalezneme, co chceme, použijeme funkci `RSiteSearch()` k hledání funkcí popsanych na WWW stránkách projektu:

```
> RSiteSearch(„deviation“)
```

Výsledkem hledání funkcí `RSiteSearch()` budou vyhledané funkce a odkazy na příslušné diskusní příspěvky.

Lze také provádět výpočty s objekty jako skaláry nebo vektory. Například aritmetický průměr pro vektor mujvektor (z čísel 8, 6, 9, 10, 5) vypočítáme pomocí funkce `mean()`:

```
> mean(mujvektor)
[1] 7.6
```

Použili jsme vnitřní R funkce (další příklady: `length()`, `print()`, `plot()`, atd.). Vytváříme také vlastní R funkce pro výpočty, které použijeme pro různé opakující se objekty

Například vytvoříme funkci, která vypočte součet čísla 20 + druhou mocninu vstupního čísla:

```
> mojefunkce <- function(x) { return(20 + (x*x)) }
```

Příkaz `return()` vrátí vypočtenou hodnotu.

Jakmile jste funkci vytvořili, je přístupná v dalších výpočtech. Například použijeme navrženou funkci postupně pro dvě čísla 10 a 25:

```
> mojefunkce(10)
[1] 120
> mojefunkce(25)
[1] 645
```

Užitečná je také vnitřní funkce `summary()`, který vrací souhrn výsledků v závislosti na typu objektu, který ji předáme jako argument. Pokud jako argument zadáme numerický vektor, funkce zobrazí základní statistické veličiny, které popisují soubor. V následujícím příkladu si vytvoříme numerický vektor `a`, který bude obsahovat náhodně vygenerované hodnoty, které pochází ze souboru s normálním rozdělením. Následně vyzkoušíme příkaz `summary()`.

```
> a <- rnorm(2000)
> summary(a)
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
-3.477000 -0.676300 0.004711 0.004043 0.681600
3.658000
```

Zakončení programu R provedeme příkazem:

```
> q()
```

R – Commander

R – **Commander** (balíček `Rcmdr`) je volně šiřitelný program. Byl vyvinut prof. Johnem Foxem jako grafické uživatelské prostředí pro zjednodušení práce v R. Má nabídku s volbami pro spuštění různých statistických procedur. V tomto smyslu je přitažlivou alternativou k programům jako je NCSS, SPSS nebo STATISTIKA. Program R – Commander je především vhodný pro začátečníky a účastníky kurzů základů statistiky. Lze v něm kontrolovat správné vytváření příkazů v jazyce R. Je možné ho obohatit o další části (tzv. plug-ins), které rozšiřují možnosti tohoto programku. Uvádíme některé z nich:

- `RcmdrPlugin.Export` — Grafický export do jazyka LATEX nebo HTML

- *RcmdrPlugin.IPSUR* — Úvod do statistiky použitím jazyka R
- *RcmdrPlugin.SurvivalT* — R – Commander plugin pro analýzu dat o přežívání
- *RcmdrPlugin.TeachingDemos* — R - Commander plugin s učebními demo procedurami
- *RcmdrPlugin.epack* — R – Commander plugin pro analýzu časových řad

Aby bylo možné R – Commander používat, musíme instalovat systém R a balíček *Rcmdr* ze stránek projektu R spolu se všem podřazenými balíčky, který R – Commander využívá. Upozorníme, že R – Commander vyžaduje SDI nastavení prostředí R (single-document interface).

Výhody používání R – Commander

1. Užitečný pro začátečníky v jazyce R při vytváření základních grafů a vytváření statistických modelů.
2. Má okno se skriptem, výstupní okno a okno s historií, což umožňuje uživateli modifikaci skriptu. Například může změnit označení a parametry grafu.
3. Lze ho rozšířit o další R balíčky.
4. Rozhraní je jednoduché a dobře srozumitelné pro začínajícího uživatele.
5. Položky nabídek, které nejsou relevantní, nejsou plně označeny a upozorňují uživatele na potřebu úpravy dat.

Relativní nedostatky programu R – Commander

1. Je určen pro zájemce o statistiku (původně studenty statistiky). Není kladen důraz na podrobnosti analýzy.
2. Má omezené možnosti vyhodnocování modelu z perspektivy firemních analytiků.

Není určen pro zájemce bez znalostí statistiky (např. uživatele s pouhým cílem dolovat informace z dat).

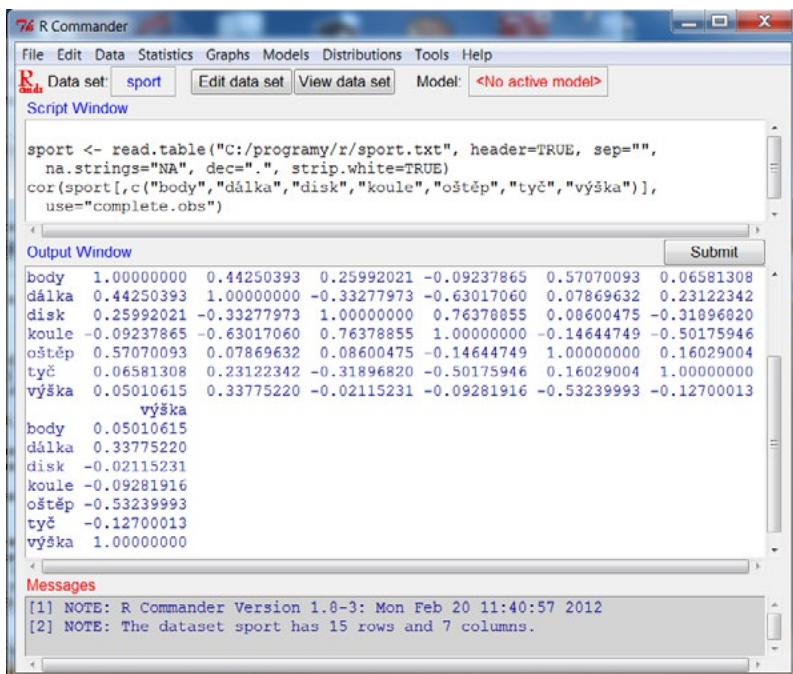
| Základní nabídky v R – Commander Rcmdr – jednotlivé skupiny jsou podobné nabídce v ostatních statistických programech | |
|--|---|
| File | V této nabídce najdeme položky pro vyvolání a ukládání programů a skriptů v jazyce R a položky pro uložení výstupů výpočtů. |
| Edit | Obsahuje položky (Cut, Copy, Paste, atd.) pro práci s obsahem skriptů a obsahem výstupního okna s výsledky. Kliknutím pravým tlačítkem do skriptu nebo výstupního okna vyvolá nabídku EDIT. brings up an edit "context" menu |
| Data | Obsahuje položky pro čtení dat a manipulaci s daty. |
| Statistics | Obsahuje položky s běžnými statistickými procedurami. |
| Graphs | Obsahuje položky pro vytváření různých statistických grafů. |
| Models | Obsahuje speciální položky pro vyhodnocování statistických modelů. |

| Základní nabídky v R – Commander | |
|--|--|
| Rcmdr – jednotlivé skupiny jsou podobné nabídce v ostatních statistických programech | |
| Tools | Osbahuje položky pro vyvolání R balíčků nemajících vztah k Rcmdr (například pro nahrání dat s jiných statistických programů) a nastavení určitých voleb. |
| Help | Slouží k získání nápovědy o možnostech programu R – Commander. |

V nabídce R – Commander jsou také tlačítka pro rychlé vyvolání akcí:

- **Data set:** ukáže jméno aktivního souboru dat a umožňuje přepnutí na jiný soubor, který je v paměti.
- **Edit data set:** umožňuje otevřít a editovat aktivní soubor dat.
- **View data set:** umožňuje prohlédnout aktivní soubor dat.
- **Model:** ukáže jméno aktivního statistického modelu a přepnutí mezi statistickými modely v paměti.

Demonstrujeme práci s R – Commander pomocí jednoduché analýzy dat s výkony atletů ve vybraných disciplínách desetiboje (obr. 4). V horním okně se znázorňují použité příkazy v jazyce R, které generuje R – Commander, v dolním okně jsou výsledky výpočtů..



Obrázek 4 — Okna systému R – Commander s hlavní nabídkou

Pomocí nabídky DATA→IMPORT jsme načetli data ze souboru sport.txt, který má podobu patrnou z tabulky 2.

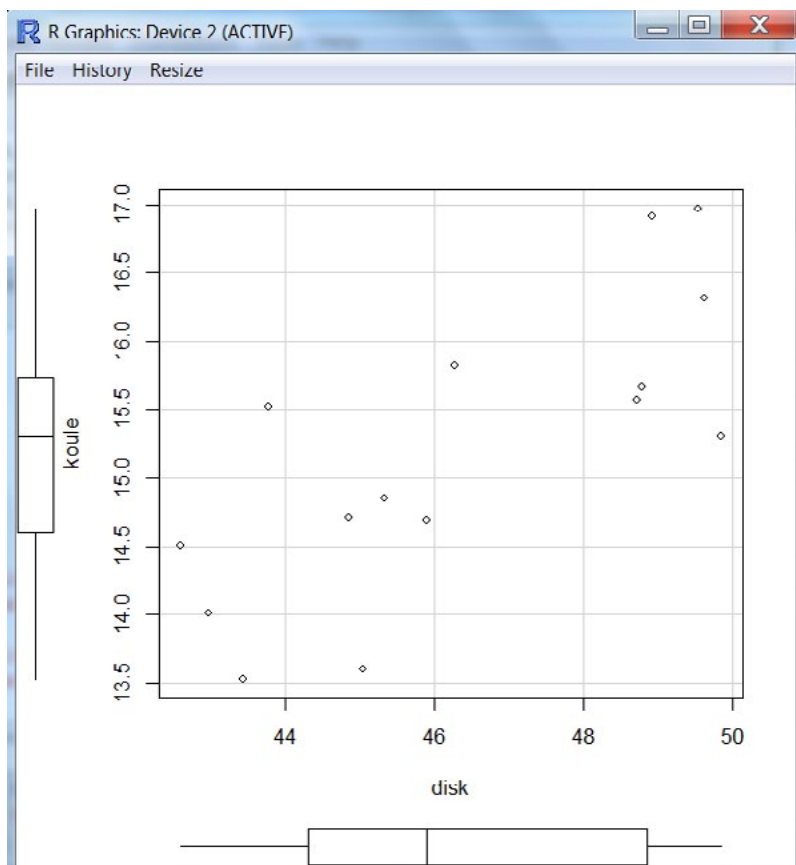
| | "dálka" | "koule" | "výška" | "disk" | "tyč" | "oštěp" | "body" |
|--------------|---------|---------|---------|--------|-------|---------|--------|
| "OBRIEN" | 7.57 | 15.66 | 207 | 48.78 | 500 | 66.9 | 8824 |
| "BUSEMANN" | 8.07 | 13.6 | 204 | 45.04 | 480 | 66.86 | 8706 |
| "DVORAK" | 7.6 | 15.82 | 198 | 46.28 | 470 | 70.16 | 8664 |
| "FRITZ" | 7.77 | 15.31 | 204 | 49.84 | 510 | 65.7 | 8644 |
| "HAMALAINEN" | 7.48 | 16.32 | 198 | 49.62 | 500 | 57.66 | 8613 |
| "NOOL" | 7.88 | 14.01 | 201 | 42.98 | 540 | 65.48 | 8543 |
| "ZMELIK" | 7.64 | 13.53 | 195 | 43.44 | 540 | 67.2 | 8422 |
| "GANIYEV" | 7.61 | 14.71 | 213 | 44.86 | 520 | 53.7 | 8318 |
| "PENALVER" | 7.27 | 16.91 | 207 | 48.92 | 470 | 57.08 | 8307 |
| "HUFFINS" | 7.49 | 15.57 | 204 | 48.72 | 470 | 60.62 | 8300 |
| "PLAZIAT" | 7.82 | 14.85 | 204 | 45.34 | 490 | 52.18 | 8282 |
| "MAGNUSSON" | 7.28 | 15.52 | 195 | 43.78 | 480 | 61.1 | 8274 |
| "SMITH" | 7.47 | 16.97 | 195 | 49.54 | 500 | 64.34 | 8271 |
| "MUELLER" | 7.25 | 14.69 | 195 | 45.9 | 510 | 66.1 | 8253 |
| "CHMARA" | 7.75 | 14.51 | 210 | 42.6 | 490 | 54.84 | 8249 |

Tabulka 2 — Textový soubor sport.txt s daty o výkonech atletů

Přechodem do nabídky STATISTICS→SUMMARIES→CORRELATIONS a volbou proměnných vypočítáme korelační matici. Použité příkazy jsou zobrazeny v horním okně programu.

V dalším kroku pomocí nabídky GRAPHICS jsem vytvořili dvojrozměrný bodový graf závislosti výkon v hodu koulí a diskem (obr. 5).

Dále se omezíme na vyjmenování nejdůležitějších statistických a grafických procedur implementovaných v R – Commander:



Obrázek 5 —Grafický výstup po závislost výkonu v hodu koulí a oštěpem u sledovaných atletů.

| Statistické procedury | Statistické grafy |
|---|---|
| Sumarizace dat (četnosti, tabulka s průměry, směrodatnými odchylkami, atd., korelační matice, test normality dat) | Volby barev v grafu |
| Kontingenční tabulky dvojrozměrné a vícerozměrné | Indexový graf |
| Statistická inference o průměrech | Histogram, graf lodyhy a listu, krabičkový graf |
| Statistická inference o četnostech | Kvantilový komparativní graf |

| Statistické procedury | Statistické grafy |
|---|---|
| Statistická inference o rozptylech | Jednoduchý shlukový graf a matice shlukových grafů |
| Neparametrické testy | Čárový graf, graf průměrů, sloupkový graf, koláčový graf, |
| Mnohorozměrné metody (metoda hlavních komponent, explorační a konfirmační faktorová analýza, shluková analýza, realibilita škály) | 3D modifikace grafů |
| Predikční modely (lineární regrese, zobecněná lineární regrese, multinomická logitová regrese, ordinální regresní model) | Uložení obrázků s grafy jako PDF soubor |

Modul R – Commander obsahuje bohaté možnosti zobrazování hustot a frekvenčních funkcí spojitých a diskretních pravděpodobnostních rozložení včetně možnosti z nich generovat příslušná náhodná čísla.

Data lze přímo importovat pomocí speciálních funkcí systému R – Commander ze souborů ve formě SPSS, EXCEL nebo jednoduchých textových souborů (viz obr. 6).

RExcel

RExcel je přídatný modul (add-in) pro MS Excel. Podporuje práci se systémem R uvnitř Excelu.

Jeho hlavní možnosti jsou:

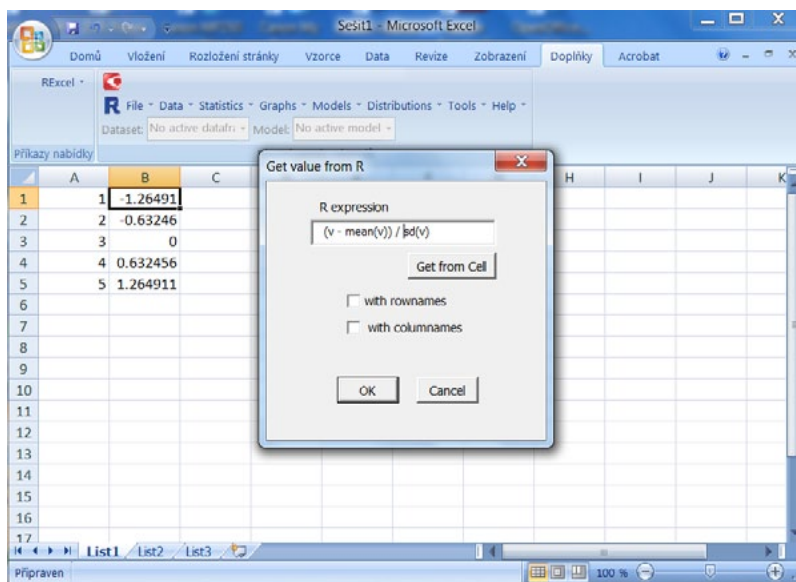
- Přenos dat mezi R a Excel oběma směry.
- Spuštění R skriptů přímo v Excelu
- Psaní maker, která volají R k provedení statistických výpočtů, aniž by by uživatel vnímal
- Volání R funkcí přímo ze vzorců v buňkách Excelu
- Využití Excelu jako rozhraní pro R, čímž umožňuje dostupnost funkcionality R pomocí nabídek a dialogových rámečků. Toto paradigma dovoluje využít také R Commander z nabídky Excelu.

Další informace o RExcel a instalační soubory nalezneme na adrese

<http://rcom.univie.ac.at/>.

Obrázek 6 přibližuje nainstalované prostředí RExcel spolu s modulem R – Commander a ukazuje, provedení standardizace pro vektor dat v sloupci A pomocí funkcí jazyka R.

Jestliže máme nainstalován systém R, pak lze instalovat systém RExcel jako balíček R. Následující množina kroků nahraje systém RExcel, konfiguruje RCOM server, instaluje RCOM server a nainstaluje RExcel instalační program. V systému musí být zpřístupněn balíček rcom, rsproxy a RExcelInstaller.



Obrázek 6 — Okno s RExcel v prostředí Excel s provedenou standardizací sloupce A pomocí funkce jazyka R.

Při instalaci celého systému postupujeme v těchto krocích:

```
> install.packages(„REExcelInstaller“, „rcom“,
„rsproxy“)
> # configure rcom
> library(rcom)
> comRegisterRegistry()
> library(REExcelInstaller)
> # provedeme následující příklad v R k provedení
příkazu v R pro start RDCOM
> installstatconnDCOM()
> # provedeme příkaz v R k nastartování instalace
REExcel
> installREExcel()
```

Řídíme se návodem instalace RExcel. Po instalaci RExcel, je možné vyvolat RExcel z nabídky programu EXCEL. Také se nainstalovala do Excelu nabídka balíčku R – Commander.

Jako jednoduchý test dokončení instalace provedeme následující úkoly:

Do sloupce A v Excelu napíšeme hodnoty 1 2 3 4 5. Dáme tyto hodnoty do bloku. V nabídce RExcel zvolíme položku „Put R Var“ > „Array“. Otevře se dialogové okno, vložíme jako jméno proměnné „v“ a stiskneme ENTER. Vytvoří se proměnná „v“ v systému R, která bude mít hodnoty ze sloupce A. Nyní přejdeme do buňky B1. V nabídce RExcel zvolíme položku „Get R Value“ > „Array“. Otevře se dialogové okno, vložíme výraz v jazyce R $(v - \text{mean}(v)) / \text{sd}(v)$ a stiskneme ENTER. Prove se standardizace hodnot vektoru v, výsledky se objeví v sloupci B (viz obr. 6).

RStudio

RStudio je volně přístupný software, který rozšiřuje standardní rozhraní R. Stále v něm musíme psát příkazy, ale mnoho věcí se stává pohodlnější (Baier et al, 2011). Je určen především pro ladění programových skriptů. Abychom tento program nainstalovali, přejdeme na adresu <http://www.rstudio.org/> a stáhneme pomocí funkce Download RStudio ve verzi vhodné pro náš počítač.

Program RStudio je IDE systém (Integrated Development Environment). Jeho výhody jsou následující:

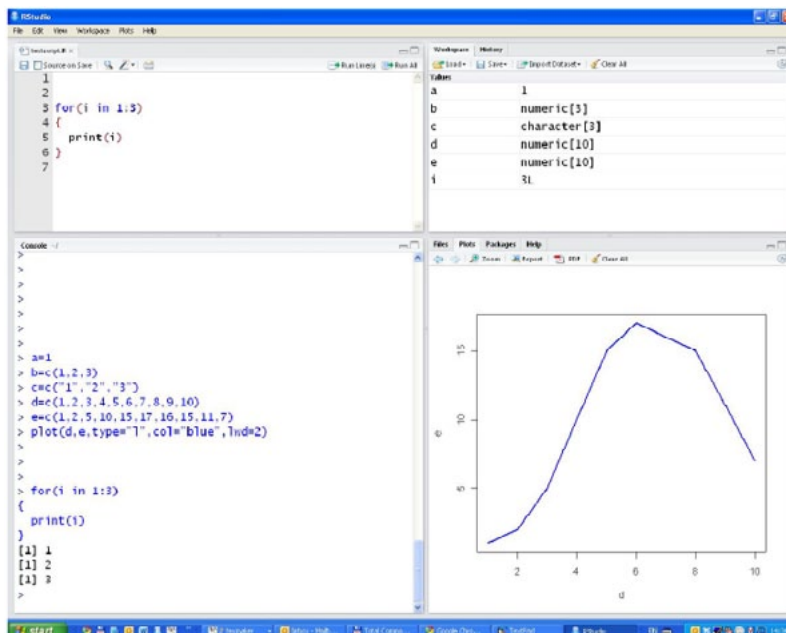
- RStudio usnadňuje interaktivní práci v systému R
- Data lze opravovat a formátovat pomocí několika komponent systému RStudio
- Editor v RStudio zlepšuje možnost opravovat kód příkazů a vytváření funkcí.
- Zjednodušuje hledání R balíčků, zrychluje vytváření vlastních balíčků.
- Vytváří pdf soubory s kombinací textu a výsledků výpočtů.
- RStudio poskytuje podporu „projektů“, které umožňují uživateli rychle přecházet mezi jednotlivými projekty. Každý projekt má vlastní pracovní adresáře, pracovní prostor a množinu zdrojových souborů.

Rozhraní programu RStudio sestává z několika oken (viz. obr. 7)

Vlevo dole: okno konzole, příkazové okno. V něm vkládáme jednoduché příkazy jazyka R po výzvě >. Po stisknutí klávesy RETURN, systém R provede příslušný příkaz. Jedná se o nejdůležitější okno, protože v něm provádí R příslušné operace.

Vlevo nahoře: okno editoru, okno skriptování. Skript je množina příkazů a může být opravován a uložen na disk. Jestliže se toto okno neobjeví, lze vyvolat nabídkou FILE ->New ->R script

Vložením příkazů do tohoto okna nestačí pro vykonání příkazů. Je nutné je přenést do příkazového okna a v něm je provést. Jestliže to chceme provést, klikneme na nabídku Run nebo stiskneme CTRL+ENTER a tím přeneseme příkazy do příkazového okna.



Obrázek 7 — Program RStudio pro zjednodušení práce v systému R

Vpravo nahoře: workspace (pracovní prostor)/history (historie). V tomto okně uvidíme data a hodnoty systému R, které jsou v paměti. Je možné je opravit, jestliže na ně klikneme. Okno historie zobrazuje, co jsme vložili do systému a hodnoty.

Vpravo dole: files / plots / packages / help window. V tomto okně otevíráme soubory, prohlížíme grafy, instalujeme balíčky a zobrazujeme nápovědu.

V programu RStudio je možné měnit velikost popsaných oken. Veškerou práci v RStudio lze uchovávat v LATEX systému.

Závěr:

Prostředí R se stalo standardem výpočetního softwaru pro statistiky a vzhledem k jednoduché dostupnosti a rozšiřitelnosti o speciální funkce je oblíben také u mnoha výzkumníků. Každý měsíc narůstá počet programových balíčků vytvořených v jazyce R o několik desítek. Každý z balíčků je určen pro jinou oblast statistické analýzy. V příspěvku jsme se podrobněji věnovali třem rozšířením a úpravám systému R, které umožňují využít systém při výuce statistiky a k přípravě statistických výpočtů v biomedicině (srov. [Biomedicina]).

Literatura:

- [1.] BAIER, T., NEUWIRTH, E., DE MEO, M. *Creating and Deploying an Application with (R)Excel and R. The R Journal* Vol. 3/2, December 2011.
- [2.] BÍNA, V., KOMÁREK, A., KOMÁRKOVÁ, L. *Jak na jazyk R: instalace a základní příkazy*. [online] 2006. 18 s. [cit. květen 2010]. Dostupné z WWW: <<http://www.karlin.mff.cuni.cz/~komarek/Rko/Rmanual2.pdf>>
- [3.] CHAMBERS, J. M. *Programming with Data*. Springer :New York, 1998.
- [4.] URL <http://cm.bell-labs.com/cm/ms/departments/sia/Sbook/>.
- [5.] EVERITT, B.S., HOTHORN, T. *A Handbook of Statistical Analysis Using R*. London : Chapman, Hall/CRC, 2006.
- [6.] [Biomedicína] Pdf soubor s popisem práce s R systémem při analýze biomedicinských dat: https://github.com/avrilcoghlan/LittleBookofRBiomedicalStats/raw/master/_build/_latex/

Kontakt:

Doc. RNDr. Jan Hendl, CSc.
Fakulta tělesné výchovy a sportu University
Karlovy,
katedra základů kinatropologie
José Martího 31
16252 Praha 6
email: hendl@ftvs.cuni.cz

ZDRAVOTNICKÉ INFORMACE V OHROŽENÍ: ÚSPĚŠNÉ STRATEGIE PRO ZABEZPEČENÍ A OCHRANU OSOBNÍCH DAT VE ZDRAVOTNICTVÍ

David Houlding, Pavel Kubů, Intel

Rostoucí rizika, větší ohrožení, omezený rozpočet

Vyšší kvalita a nižší náklady na péči o pacienta závisejí na digitalizaci zdravotních záznamů a na přechodu na elektronické záznamy o pacientech. Tyto záznamy představují typ citlivých informací označovaných také jako elektronické chráněné zdravotní záznamy (electronic Protected Health Information–ePHR). Ve srovnání se svými papírovými ekvivalenty představují citlivé informace v elektronické podobě nová slabá místa. Bezpečnostní rizika a rizika spojená s ochranou citlivých informací se vlivem řady silících trendů ve zdravotnictví zvyšují. K takovým rizikům patří např. mobilita lékařů a využívání bezdrátových sítí, výměna zdravotnických informací, cloudové aplikace, přístup typu „přineste si vlastní počítač“ či používání osobních zdravotních záznamů (Personal Health Records–PHRs). Rafinovanost malwaru a bezpečnostní hrozby se neustále stupňují. K těmto problémům lze dále přiřadit omezené finanční prostředky, které mají zdravotnická zařízení k dispozici v oblasti snižování rizik, a zároveň zvyšující se závažnost důsledků případného selhání při ochraně citlivých informací.

Tato bílá kniha popisuje standardní postup, pomocí něhož mohou zdravotnická zařízení vyhodnotit rizika a zformulovat nutné požadavky na zabezpečení a ochranu dat. Nabízíme také několikvrstvou strategii hloubkové ochrany, která může zdravotnickým organizacím pomoci v průběhu životního cyklu hrozby snížit rizika a zabezpečit tak důvěrnost, celistvost a dostupnost citlivých informací. Na základě toho pak hovoříme o specifických bezpečnostních potřebách a potřebách ochrany dat ve zdravotnických organizacích a popisujeme několik technologií Intel®, jež mohou těmto potřebám vyjít vstříc, protože

- snižují riziko ztráty nebo odcizení citlivých informací
- chrání momentálně nevyužívané, přesouvané i právě používané citlivé informace
- chrání přístup k citlivým informacím pomocí silné autentizace
- umožňují lépe plnit kritéria politiky zabezpečení a ochrany osobních dat

Klíčová slova

Osobní informace, zdravotnický záznam, ochrana dat, bezpečnostní rizik, Intel Identity Protection Technology (IPT)

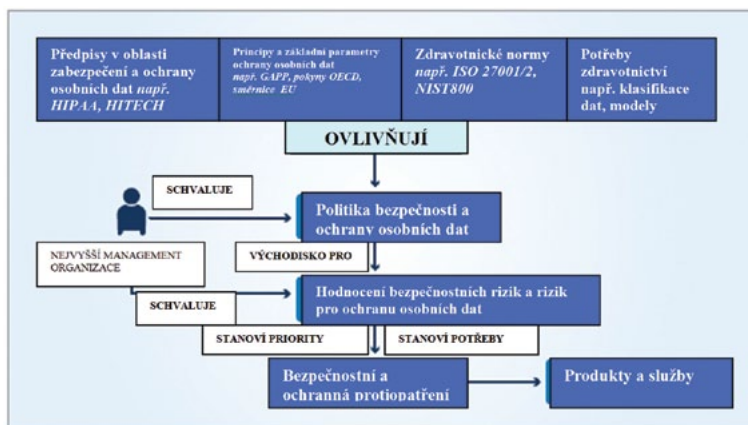
1. Identifikace potřeb v oblasti bezpečnosti a ochrany dat ve zdravotnických zařízeních

V dnešním světě životně důležitých elektronických informací a nebezpečných hrozeb zjišťují zdravotnická zařízení, že parametry zabezpečení a ochrany

dat definované na základě reaktivní, technologicky orientované metody směrem zdola nahoru neposkytují jim ani jejich pacientům dostatečnou ochranu. Zabránit prolomení ochrany citlivých informací a dalším typům bezpečnostních incidentů lze tehdy, pokud zdravotnická zařízení budou mít proaktivní, preventivní přístup s důrazem na budoucí potřeby zabezpečení a ochrany údajů. Chtějí-li zdravotnické organizace využít své omezené finanční prostředky způsobem, který maximální měrou sníží obchodní riziko, měly by zvolit postup shora dolů založený na hodnocení rizik a snížit riziko kombinací administrativních, fyzických a technických bezpečnostních mechanismů.

Jak ukazuje obr. 1, obecně uznávané známé metody stanovení potřeb v oblasti zabezpečení a ochrany osobních dat v určité organizaci se řídí příslušnými předpisy: normami pro bezpečnost řízení informačních systémů a způsoby zabezpečení¹, jako jsou ISO 27001 a ISO 27002 vydané Mezinárodní organizací pro normalizaci (International Standards Organization), a zásadami typu GAPP (Generally Accepted Privacy Principles, Obecně přijímané zásady ochrany osobních údajů)² vydanými Americkým institutem certifikovaných veřejných účetních (American Institute of CPA), dále pokyny Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD)³ a směrnicemi Evropské unie.⁴

Dalším klíčovým faktorem ovlivňujícím bezpečnost a ochranu dat v rámci zdravotnické organizace jsou specifické požadavky zdravotnictví jako celku, k nimž patří klasifikace dat a modely použití. Základ zabezpečení a ochrany dat zdravotnické organizace tvoří koncepce, která by měla podléhat kontrole a schvalování nejvyššího vedení takové organizace.



Obrázek 1 — Identifikace požadavků na bezpečnost a ochranu osobních dat ve zdravotnickém zařízení

Hodnocení rizik týkající se bezpečnosti a ochrany osobních dat se provádí na základě stanovené koncepce a spočívá v modelování rizik. Riziko je funkcí pravděpodobnosti, že dojde ke zneužití slabého místa v systému zabezpečení,

a následného obchodního dopadu takového prolomení ochrany. Modelová rizika, která vzejdou z hodnocení, lze seřadit podle pravděpodobnosti vzniku a obchodního dopadu a porovnat s referenční mírou přípustného rizika stanovenou v rámci politiky. Rizika, která přesáhnou stanovenou úroveň, je pak možné snižovat v pořadí dle priorit pomocí protipatření označovaných také jako bezpečnostní mechanismy nebo ochranná opatření. Zmírnění rizik podle pořadí priorit umožní zdravotnickému zařízení využít jeho omezený rozpočet ke snížení úrovně maximálního obchodního rizika.

Podle definice je bezpečnost a ochrana osobních údajů adekvátní, pokud se míra rizika pohybuje ve stanoveném přípustném intervalu. To umožňuje zdravotnickému zařízení přistupovat k problematice bezpečnosti a ochrany osobních dat přiměřeným způsobem a rozhodnout, kdy je úkol splněn. Protipatření k zabezpečení a ochraně osobních údajů identifikovaná touto cestou lze implementovat pomocí bezpečnostních produktů a služeb. Společnost Intel poskytuje širokou škálu hardwarově podporovaných bezpečnostních technologií včetně následujících:

- Intel® AES–NI k ochraně důvěrnosti momentálně nevyužívaných, přesouvaných či právě používaných citlivých informací, s novými instrukcemi pro silné, vysoce výkonné šifrování vycházející z široce používané normy Advanced Encryption Standard5
- Intel® Anti–Theft Technology (Intel® AT) pro snížení rizika ztráty nebo krádeže citlivých informací v počítačích
- Intel® Identity Protection Technology (Intel® IPT) se silnou autentizací chrání přístup k citlivým informacím; k dispozici ve vybraných počítačích s procesorem Intel® Core™ druhé generace7
- Intel® Virtualization Technology (Intel® VT) zajišťující vysoký výkon a bezpečí při práci na počítači ve virtuálních prostředích využívaných v datových centrech, cloudových aplikacích nebo virtualizovaných počítačích8
- Intel® Trusted Execution Technology (Intel® TXT) chrání důvěrnost a integritu dat v systémech zdravotní péče a citlivé informace v počítačích a na serverech9
- Intel® Active Management Technology (Intel® AMT) pro bezpečnou vzdálenou správu počítačů; zlepšuje zabezpečení a ochranu osobních dat, jejich integritu a dostupnost, čímž přispívá k dodržování politiky bezpečnosti a ochrany osobních dat.

2. Ochrana důvěrnosti, integrity a dostupnosti

Potřeba ochrany osobních údajů a zamezení neoprávněnému přístupu k nim je ve zdravotnictví chápána relativně dobře. Tato nutnost je vedena snahou zabránit prolomení ochrany citlivých informací. Řada předpisů dnes ukládá povinnost takové prolomení oznámit, jeho důsledky jsou proto závažnější než kdykoli předtím. Účinným protipatřením, které může pomoci chránit data před zcizením, je šifrování. Uživatelé ovšem mohou svůj šifrovací software vypínat z obavy, že jeho funkční požadavky zpomalí chod počítače a ovlivní tak použitelnost aplikace a produktivitu uživatele. Intel AES–NI nabízí hardwarově podporované šifrování, které dává

nemocničním lékařům do rukou zabezpečení prostřednictvím šifrování při současném zachování dobrého výkonu, použitelnosti a produktivity. V porovnání s výhradně softwarovým způsobem šifrování AES dokáže Intel AES-NI šifrování třikrát až desetkrát zrychlit.¹⁰

V oblasti zdravotní péče je třeba chránit důvěrnost citlivých informací v rozsahu end-to-end, ať už se data uchovávají, používají či vyměňují. Intel AES-NI představuje univerzální řešení využitelné ve zdravotnických zařízeních v různých situacích, kdy je potřeba šifrování – na rozdíl od jiných řešení urychlujících šifrování jen v jedné konkrétní oblasti jako např. samošifrovací disky nebo hardwarové akcelerátory Secure Sockets Layer/ Transport Layer Security (SSL/TLS). Intel AES-NI lze použít k zašifrování informací, jež spočívají na pevném disku nebo ve vyměnitelném paměťovém zařízení, přesouvají se (například pomocí protokolu SSL/TLS) nebo se používají v aplikacích a databázích. Tato všestrannost podporuje odolné end-to-end zabezpečení citlivých informací v celém zdravotnickém systému. Ve zdravotnictví je nutné chránit citlivá data v rozsahu end-to-end, ať už jsou uložena nebo se právě používají či přesouvají.

V oblasti zdravotní péče je třeba chránit důvěrnost citlivých informací v rozsahu end-to-end, ať už se data uchovávají, používají či vyměňují.

S tím, jak se v systémech podnikových zdravotních záznamů (Enterprise Health Record–EHR) soustřeďuje stále více citlivých informací, stává se požadavek zamezení prolomení ochrany prostřednictvím neoprávněného přístupu do EHR zásadním. Ověření typu „co víte“ pomocí uživatelského jména/hesla je relativně slabé. Zvyšování složitosti hesel má v praxi omezený úspěch, s rostoucí složitostí hesla se totiž zvyšuje pravděpodobnost, že si je uživatelé napíšou nebo zapomenou, a pak zatěžují help desk.

Koncepce zdravotnického zařízení je východiskem pro metody zabezpečení a ochrany dat.

Navíc i silná a složitá hesla jsou náchylná k malwaru, jako jsou např. key loggery. Dvoufaktorová autentizace typu „máte u sebe“ s využitím hardwarových tokenů sice zajišťuje silnou autentizaci, zároveň však přináší problémy v oblasti podpory a použitelnosti v případě ztráty či poškození šifrovacího tokenu nebo zatěžuje uživatele. Intel IPT nabízí silnou dvoufaktorovou autentizaci typu „co víte a máte“, aniž by docházelo k potížím s podporou či použitelností. Kombinuje klasické heslo typu „co víte“ s šestičíselným jednorázovým heslem spojeným s klientovou počítačovou platformou. Zdravotnická zařízení digitalizují životně důležitá data, a neméně důležitá je tudíž i ochrana integrity citlivých informací a systémů, které je zpracovávají.

To znamená zajistit jednak celistvost, přesnost a aktuálnost citlivých informací a systémů a jednak to, aby změny v nich prováděly pouze osoby k tomu oprávněné. Intel TXT poskytuje důvěryhodné prostředí pro spouštění zdravotnických aplikací obsahujících citlivá data. Toto prostředí disponuje funkcí ověřeného spuštění, která zajišťuje integritu pracovního prostředí, jakým je např. virtuální stroj (VM), a snižuje rizika spojená s přítomností malwaru nebo rootkitů. Intel TXT umožňuje také hardwarově řízenou separaci

jednotlivých VM, čímž chrání integritu a důvěrnost zdravotnických aplikací s citlivými daty spuštěných na souběžně provozovaných VM před malwarem.

Dojde-li k vypnutí VM se spuštěnou zdravotnickou aplikací, dokáže Intel TXT vyčistit paměť a ochránit tak důvěrnost v ní uložených citlivých informací. Nástroje pro zabezpečení v rámci aplikace Intel TXT hrají obzvláště důležitou roli ve sdíleném virtualizovaném prostředí, jakým je např. prostředí cloudové. Ve virtualizovaném prostředí Intel VT rovněž zajišťuje zvláštní ochranu grafiky a I/O (vstupů a výstupů). Intel TXT využívá hardwarový modul Trusted Platform Module (TPM), který nabízí také hermeticky uzavřené úložiště střežící uložená i právě používaná citlivá data před útokem. Tato funkce může přispět k ochraně certifikátů sloužících k ověření identity lékaře. Péče o pacienta se stává kriticky závislou na elektronických záznamech o pacientech a pracovních tocích, proto musejí být zdravotnická zařízení s to zajistit oprávněným osobám přístup k citlivým informacím kdykoli je třeba. Včasný a spolehlivý přístup k datům tak nabývá stejného významu jako ochrana důvěrnosti a integrity těchto dat. Z hlediska dostupnosti čelí zdravotnická zařízení řadě hrozeb. Některé z nich jsou úmyslné jako např. útoky vyvolávající odepření služby, některé náhodné či způsobené prostředím. Odolné, holisticky koncipované zabezpečení a ochrana osobních dat mohou tato rizika snížit pomocí protipatření, jakými jsou systémy detekce a prevence napadení, zálohování a obnova dat, plán zajištění kontinuity činnosti a plán obnovy po mimořádné události.

3. Odolné vícevrstvé zabezpečení

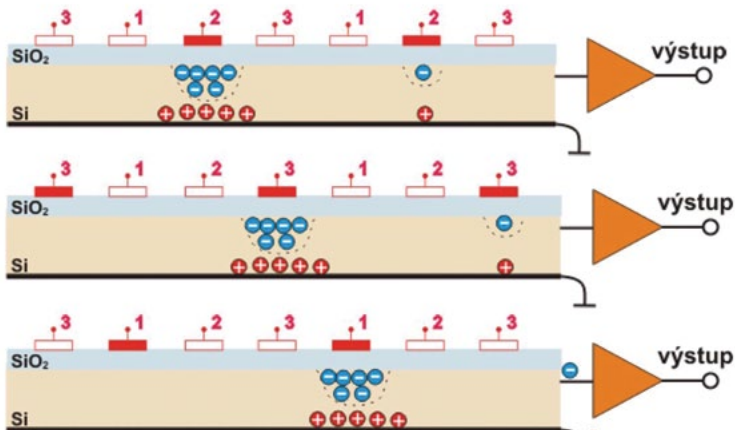
Snížení rizika a zajištění odolného zabezpečení a ochrany osobních údajů v rámci zdravotnického zařízení vyžaduje administrativní, fyzické i technické bezpečnostní mechanismy (viz obr. 2). Pro ilustraci: pouhé technické zabezpečení pomocí šifrování nedosahuje v praxi takového účinku, jako když je spojeno s administrativními mechanismy, jakými jsou např. politika kladoucí důraz na zachování důvěrnosti citlivých informací, školení v oblasti zabezpečení a dohled nad prosazováním takové koncepce. K zajištění bezpečného používání, přesouvání a uchovávání zařízení obsahujících a zpracovávajících citlivé informace jsou rovněž nutné fyzické bezpečnostní mechanismy jako např. zámky či zabezpečení perimetru.

4. Odolné a výkonné hardwarově podporované zabezpečení

V porovnání s čistě softwarovými typy technických bezpečnostních mechanismů potřebných ke snížení bezpečnostních rizik a rizik týkajících se ochrany osobních dat nabízí hardwarově podporované zabezpečení – kombinované s kompatibilním softwarem – zásadní výhody. Útoky na zdravotnické organizace a systémy jsou stále rafinovanější. Tradiční výhradně softwarové bezpečnostní mechanismy lze obejít a mohou podléhat virovým útokům. Hardwarově podporované zabezpečení může tyto systémy ve zdravotnické organizaci upevnit (obr. 3). Ústřední důvěryhodný hardwarový prvek jako základ bezpečnostního řešení je na rozdíl od výhradně softwarových řešení stálý a nepodléhá

virovým útokům. Tuto odolnost lze převést na vyšší prvky zabezpečení např. prostřednictvím ověřeného spuštění nebo stupňovitého bootovacího řetězce, kterým disponuje aplikace Intel TXT.

Ze zkušenosti víme, že hardwarově podporované zabezpečení je také lépe přijímáno, protože odpadá riziko snížení výkonu, což možná v minulosti vedlo řadu uživatelů k vypínání softwarového zabezpečení. Zvýšená složitost znamená vyšší zranitelnost. Hardwarově podporované zabezpečení přesouvá základní procesy do hardwaru, kde jsou méně náchylné k narušení, např. k únikům vedlejším kanálem. To také zjednodušuje a zefektivňuje softwarovou část bezpečnostního řešení, protože snižuje jeho zranitelnost a zvyšuje odolnost celého bezpečnostního řešení. Výhody hardwarově podporovaného zabezpečení se ve finálním bezpečnostním řešení projeví jen tehdy, jestliže je software a služby ve vyšších úrovních řešení s to rozpoznat toto hardwarově podporované zabezpečení a jsou-li s ním kompatibilní. K aktivaci hardwarově podporovaného zabezpečení je také obvykle nutné nastavení a konfigurace.



Obrázek 2 — Vícevrstvá metoda zabezpečení a ochrany osobních dat

Bezpečnostní technologie Intel nabízejí odolné, vysoce výkonné hardwarově podporované nástroje pro vyšší bezpečnost. Tyto technologie se maximální měrou opírají o normy: např. AES–NI vychází z normy Advanced Encryption Standard standardizované Národním institutem pro normalizaci a technologie (National Institute of Standards and Technology, NIST)¹¹ a momentálně je nejrozšířenější symetrickou blokovou šifrou. Tyto hardwarově podporované technologie také představují otevřenou platformu pro třetí strany (dodavatele softwaru a poskytovatele služeb), které mohou inovovat a poskytovat kompatibilní software a služby.

Bezpečnostní technologie Intel poskytují odolné a vysoce výkonné hardwarově podporované nástroje pro vyšší bezpečnost.



Obrázek 4 — Hardwarově podporované zabezpečení

5. Posílení bezpečnosti pomocí hloubkové ochrany

Šifrování samozřejmě není všelékem proti prolomení ochrany. Tento typ bezpečnostní ochrany může selhat, pokud uživatel šifrování vypne, používá slabá šifrovací hesla nebo ponechá systém nezamčený (např. ponechá laptop aktivní nebo v pohotovostním režimu, který nevyžaduje předbootovací autentizaci). Takové kroky otvírají dveře závažným a finančně nákladným útokům, řada zdravotnických zařízení proto žádá vyšší úroveň zajištění bezpečnosti citlivých informací. Toho lze dosáhnout pomocí vícevrstvé hloubkové ochrany.

Technologie Intel Anti-Theft může dále snížit riziko ztráty nebo krádeže citlivých informací z notebooku. V případě ztráty či odcizení notebooku do něj může zdravotnická organizace poslat „jedovatou pilulku“. Ta počítači zabrání v nabootování a v přístupu k citlivým informacím, čímž se sníží riziko narušení důvěrnosti citlivých informací. Pokud je ztracený nebo odcizený notebook nedostupný přes síť, lze ochranu Intel AT spustit lokálně pomocí hardwarového časovače, který se zapíná, pokud notebook kontaktuje centrální server se zpožděním. Podobně se může zabezpečení Intel AT lokálně zapnout na notebooku tehdy, když počet opakovaných neúspěšných pokusů o přihlášení dosáhne stanoveného maxima. Intel AT představuje další vrstvu odolné ochrany nad úrovní šifrování. Tyto dvě vrstvy technického bezpečnostního mechanismu společně poskytují hloubkovou ochranu citlivým informacím v přenosných počítačích a tím i větší jistotu zdravotnickým zařízením a pacientům, že jsou jejich data v bezpečí.

6. Snížování rizik v průběhu životního cyklu hrozby

Ke snížení bezpečnostních rizik a rizik souvisejících s ochranou osobních dat ve zdravotnických zařízeních je třeba podnikat kroky v celém životním cyklu

hrozeb, od prevence, přes detekci, reakci až po obnovu dat. Hlavním cílem politiky bezpečnosti a ochrany citlivých údajů ve zdravotnických zařízeních je nepřetržitá aktualizace systému. Neustále vyvstávají nová slabá místa, a to zejména v oblasti softwaru. Snížení rizika výskytu bezpečnostních incidentů spojených s těmito novými slabými místy vyžaduje včasnou aplikaci aktualizací bezpečnostních záplat. Pokud je slabé místo zjištěno až na základě zero-day útoku, dodavatelé softwaru vyvinou a vydají opravnou záplatu. Zdravotnické zařízení pak musí tuto záplatu zavést co nejdříve do svých počítačů, protože každé zpoždění zvětšuje prostor pro útok vedený proti takovému nově zjištěnému slabému místu.

Zabezpečovací technologie Intel představují odolné, vysoce výkonné hardwarově podporované nástroje k posílení ochrany.

Opravné záplaty lze obvykle rozšířit k většině počítačů v rámci jedné skupiny automaticky a včas. Není však výjimkou, že záplatování selže až u 20 procent počítačů takové skupiny např. proto, že jsou vypnuté nebo nefunkční. Každé prodlení s aplikací bezpečnostní záplaty zvětšuje prostor pro útok proti nově zjištěnému slabému místu a zvyšuje riziko bezpečnostních incidentů.

Počítač vybavený procesorem řady Intel® Core™ vPro™ umožňuje vzdálenému centrálnímu administrátorovi zabezpečené připojení a instalaci opravné záplaty prostřednictvím kabelové nebo bezdrátové sítě, a to i v případě, že je počítač vypnutý.¹² To umožňuje počítačovým technikům rychleji a efektivněji rozšiřovat opravné záplaty do všech počítačů, čímž brání vzniku nákladů a zpoždění spojených s jejich fyzickou návštěvou pracovišť. Zmenšením prostoru pro případný útok na nově zjištěné slabé místo se rovněž snižují rizika. Taková aplikace technologie Intel® vPro™ je příkladem technického bezpečnostního mechanismu používaného v preventivní fázi životního cyklu hrozby. Technologii Intel vPro je možné použít i v případě, kdy je počítač už nakažený malwarem, a to k rychlejšímu a efektivnějšímu řešení problému ve fázi obnovy dat, bez nákladného a časově náročného zásahu technika na pracovišti. Tato technologie umožňuje lékaři rychlý návrat k práci na jeho počítači a zároveň zvyšuje produktivitu a snižuje náklady na IT podporu.

7. Šest kroků k dokonalejšímu zabezpečení a ochraně osobních dat ve zdravotnictví

Bezpečnostním incidentům, jakým je např. prolomení ochrany, se lze vyhnout, vyžaduje to ovšem dlouhodobý proaktivní a preventivní přístup tj. aby zabezpečení a ochrana osobních údajů, hodnocení rizik a protiopatření byla na svém místě dříve, než se hrozba objeví. Budování bezpečnostních a ochranných nástrojů ve vaší organizaci je postupný, opakovaný a nepřetržitý proces. Začněte ihned a postupujte následujícím způsobem:

1. Vybudujte systém zabezpečení a ochrany osobních dat ve své zdravotnické organizaci podle standardního schématu shora dolů.
2. Stanovte a vytvořte vlastní politiku bezpečnosti a ochrany osobních dat,

- příčemž do ní integrujte příslušné předpisy, zásady ochrany osobních údajů, normy a vlastní potřeby v oblasti kategorizace dat, praktických modelů a zpracování dat. Definujte požadavky na zabezpečení a ochranu osobních údajů během jejich sběru, používání, uchovávání, zveřejňování a skartování.
3. Zvolte zabezpečení a ochranu osobních dat založenou na hodnocení rizik. To vám umožní vybudovat optimálně zaměřený a účelný systém, který maximální měrou zužitkuje váš omezený rozpočet a co nejvíce sníží obchodní rizika.
 4. Snižte riziko narušení a dalších bezpečnostních incidentů pomocí odolné vícevrstvé hloubkové ochrany, která pokryje celý životní cyklus hrozby.
 5. Použijte hardwarově podporované bezpečnostní technologie Intel, zlepšíte tím odolnost a výkonnost vašich technických bezpečnostních mechanismů.
 6. Maximalizujte hodnotu vašich bezpečnostních mechanismů holistickým způsobem, který zajistí, že bezpečnostní mechanismy na úrovni hardwaru, softwaru i služeb budou kompatibilní a budou fungovat harmonicky, čímž maximální měrou sníží obchodní riziko.

Počítač vybavený procesorem řady Intel® Core™ vPro™ umožňuje vzdálenému centrálnímu administrátorovi zabezpečené připojení a instalaci opravné záplaty prostřednictvím kabelové nebo bezdrátové sítě, a to i v případě, že je počítač vypnutý.

Další krok:

Kontaktujte svého obchodního zástupce společnosti Intel nebo navštivte internetové stránky Intelu věnované informačním technologiím ve zdravotnictví:

Více informací o zabezpečovacích technologiích Intel k dispozici na:

- www.intel.com/technology/anti-theft
- www.intel.com/technology/dataprotection
- www.intel.com/technology/identityprotectiontechnology
- www.intel.com/technology/malwarereduction
- www.intel.com/technology/virtualization/technology.htm
- www.intel.com/technology/vpro/

Poznámky:

[1.] <http://www.iso.org>

[2.] <http://www.aicpa.org>

[3.] <http://www.oecd.org>

[4.] <http://eur-lex.europa.eu>

[5.] AES–NI je sada instrukcí, která kombinuje matematické operace použité v algoritmu Advanced Encryption Standard (AES). Technologie AES–NI vyžaduje jednak to, aby byl počítačový systém vybaven procesorem podporujícím instrukce AES–NI a jednak aby software od jiných dodavatelů než Intel byl schopen vykonávat tyto instrukce ve správném pořadí. AES–NI je k dispozici v procesorech řad Intel® Core™ i5–600 Desktop Processor,

Intel® Core™ i7-600 Mobil Processor a Intel® Core™ i5-500 Mobil Processor. Pro informace o dalších procesorech a systémech podporujících technologii AES-NI se obraťte na vašeho prodejce nebo výrobce systému. Více informací na http://softwarecommunity.intel.com/isn/downloads/intelavx/AES-Instructions-Set_WP.pdf.

- [6.] Žádný počítačový systém nemůže zajistit absolutní bezpečnost za všech okolností. Technologie Intel® Anti-Theft (Intel® AT) vyžaduje, aby čipset, BIOS, verze firmwaru, software daného počítače podporovaly aplikaci Intel AT a aby technologie poskytovatele služeb připojení a nezávislého dodavatele softwaru (independent software vendor-*ISV*) byly kompatibilní s aplikací Intel AT. Veškeré detekční (triggery), reaktivní (akce) a obnovovací mechanismy fungují teprve až po aktivaci a konfiguraci funkce Intel AT. Určité funkce nemusí být v nabídce všech *ISV* či poskytovatelů služeb a rovněž nemusí být dostupné ve všech zemích. Intel nenesé žádnou odpovědnost za ztrátu či odcizení dat a/nebo systémů nebo jakékoli jiné škody vzniklé v důsledku takové ztráty či odcizení.
- [7.] Žádný počítačový systém nemůže zajistit absolutní bezpečnost za všech okolností. Intel IPT vyžaduje čipset, BIOS, firmwaru a software s podporou této technologie a internetové stránky, které využívají řešení Intel® IPT od autorizovaného poskytovatele služeb Intel® IPT. Poradte se s výrobcem vašeho systému nebo vaším poskytovatelem služeb o dostupnosti a funkcích. Intel nenesé žádnou odpovědnost za ztrátu či odcizení dat a/nebo systémů nebo jakékoli jiné škody vzniklé v důsledku takové ztráty či odcizení.
- [8.] Technologie Intel® Virtualization vyžaduje počítačový systém s procesorem Intel®, BIOSem, virtuálním strojovým monitorem (VMM) podporujícími tuto technologii a pro některé účely také určitý software s ní kompatibilní. Funkčnost, výkon a jiné výhody se mohou lišit v závislosti na konfiguraci hardwaru a softwaru a mohou případně požadovat aktualizaci systému BIOS. Softwarové aplikace nemusí být kompatibilní se všemi operačními systémy. Kompatibilitu, prosím, konzultujte se svým dodavatelem aplikace.
- [9.] Žádný počítačový systém nemůže zajistit absolutní bezpečnost za všech okolností. Intel Trusted Execution Technology (TXT) je bezpečnostní technologie, která ke svému provozu potřebuje počítačový systém s technologií Intel® Virtualization, procesor Intel s technologií Intel Trusted Execution Technology, čipset, BIOS, moduly Authenticated Code Modules a virtuální strojový monitor Intel nebo jiný kompatibilní s technologií Intel® Trusted Execution Technology. Kromě toho technologie Intel Trusted Execution Technology vyžaduje, aby byl systém vybaven aplikací TPM v1.2, jak požaduje Trusted Computing Group, a pro některé účely také specifickým softwarem. Více informací na <http://www.intel.com/>.
- [10.] Stáhněte si článek o mimořádně výkonné technologii Intel AES s novými instrukcemi z <http://software.intel.com/en-us/articles/intel-advanced-encryption-standard-instructions-aes-ni/>
- [11.] Publikace FIPS 197, <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>
- [12.] Intel® vPro™ obsahuje výkonnou technologii Intel® Active Management Technology (Intel® AMT). Intel AMT vyžaduje, aby byl počítač vybaven čipsetem s podporou technologie Intel® AMT, síťovým hardwarem, softwarem, a dále také připojením ke zdroji napájení a podnikové síti. Zákazník musí konfigurovat nastavení, které může k aktivaci některých funkcí vyžadovat rovněž skriptování v konzoli pro správu nebo další integraci do stávajících bezpečnostních rámců či úpravy nebo implementaci nových podnikových procesů. Pro notebooky nemusí být technologie Intel AMT dostupná nebo mohou být některé její funkce omezeny podle konkrétní implementace virtuální privátní sítě využívané pod instalovaným operačním systémem (OS) nebo při bezdrátovém připojení, při bateriovém napájení, v režimu spánku či hibernace nebo je-li počítač vypnutý. Více informací na <http://www.intel.com/technology/platform-technology/intel-amt/>.

Informace obsažené v tomto dokumentu jsou poskytovány v souvislosti s produkty Intel®. Tento dokument neuděluje žádnou licenci k právům a duševnímu vlastnictví, ať už výslovnou nebo implicitní, vzniklou na základě právní překážky nebo jinak. S výjimkami uvedenými v obchodních podmínkách společnosti Intel® pro určité produkty nenesete Intel žádnou odpovědnost a Intel nepřebírá žádné výslovné či implikované záruky týkající se prodeje a/nebo používání produktů Intel včetně odpovědnosti či záruk v souvislosti s vhodností pro určitý účel, obchodovatelností nebo porušením jakéhokoli patentu, autorských práv či jiných práv k duševnímu vlastnictví. Pokud Intel výslovně písemně nesjedná jinak, nejsou produkty Intel navrženy ani určeny pro žádné použití, při němž by selháním produktu Intel vznikla situace, v níž by mohlo dojít ke zranění nebo smrti osoby.

Intel může provádět změny specifikací a popisy produktů kdykoli, bez předchozího upozornění. Návrháři se nesmějí opírat o neuvedené charakteristiky nebo charakteristiky jakýchkoli vlastností či instrukcí s označením „vyhrazené“ nebo „nedefinované“. Intel je bude definovat v budoucnu a nenesete žádnou odpovědnost za rozpory nebo nekompatibilitu plynoucí z takových v budoucnu provedených změn. Zde uvedené informace se mohou měnit bez předchozího upozornění, nejsou určeny pro finální návrh. Produkty popsané v tomto dokumentu mohou obsahovat konstrukční vady nebo chyby označované jako errata, jež mohou způsobit odchylku produktu od uveřejněné specifikace. Momentálně specifikovaná errata jsou k dispozici na vyžádání. Než si objednáte zboží, kontaktujte místní pobočku Intelu nebo svého distributora, kde také můžete získat nejnovější specifikace. Kopie dokumentů s pořadovým číslem, na něž tento dokument odkazuje, nebo jiné dokumenty Intelu je možné získat na telefonním čísle 1–800–548–4725 nebo na adrese webových stránek Intel na www.intel.com.

Copyright © 2011 Intel Corporation. Všechna práva vyhrazena. Intel, logo Intel, Intel Xeon, Intel Core a Intel vPro jsou ochranné známky společnosti Intel Corporation ve Spojených státech a dalších zemích.

Další jména a značky mohou být majetkem jiných subjektů.

Kontakt:

MUDr. Pavel Kubů

email: pavel.kubu@intel.com

E–LEARNINGOVÁ WEBOVÁ APLIKACE PRO VÝUKU BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Petr Huňka

Anotace

V rámci projektu FRVŠ jsme připravili webovou e-learningovou aplikaci, která je implementována v jazyce Java v rozšířené verzi Java EE 6. Aplikace je navržena tak, aby bylo možné studijní materiály doplňovat, upravovat a dále rozšiřovat o další oblasti výuky. Tímto krokem se nám podařilo vytvořit multimediální e-learningový systém, který bude snadno udržitelný i v dalším časovém horizontu.

Aplikace se automaticky přizpůsobuje jazykové preferenci studenta. Obsahuje administrátorské rozhraní pro vytváření nových studijních modulů a jejich rozšiřování a jednoduchý testovací modul, který dává uživateli zpětnou vazbu z právě nastudované látky.

V aplikaci jsme vytvořili studijní modul zabývající se metodou elektrických analogií, což je jedna z hojně využívaných metod modelování živých organismů. Tuto metodu vysvětlujeme na problematice měření tělesného složení. Materiál obsahuje také informační video znázorňující klinický experiment, který probíhá na cvičení předmětu vyučovaného v rámci studia biomedicínského inženýrství na Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze. Video je vhodný způsob domácí přípravy a ukázka experimentálního měření pro studenty, kteří se nemohou výuky zúčastnit. Doufáme, že systém pomůže zatraktivnit nejen biomedicínské inženýrství vyučované na ČVUT, ale poskytne také cenné informace budoucím odborníkům na tomto poli.

Klíčová slova

E–learning, biomedicínské inženýrství, Java EE

1. Úvod

S rozvojem výuky biomedicínského inženýrství na fakultě elektrotechnické Českého vysokého učení technického v Praze a snahou zkvalitnit a zatraktivnit výuku, vznikla potřeba moderního e-learningového prostředí.

Tato aplikace by měla být nezávislá na prostředí, které ji využívá. Měla by být přístupná nejen studentům prezenčního, ale také studentům kombinovaného studia, případně i zahraničním studentům a široké odborné veřejnosti. Mezi další významné aspekty kladené na vznik aplikace patří: snadná udržitelnost systému, jeho víceúčelnost a snadná evidence a přístup ke studijním materiálům.

Z těchto důvodů jsme v rámci projektu FRVŠ připravili webovou e-learningovou aplikaci, která je implementována v jazyce Java v rozšířené verzi Java EE 6[1].

2. Materiály a metody

Na začátku projektu jsme provedli analýzu požadavků, které jsme považovali za zásadní pro úspěšné splnění projektu. Těmi jsou sestupně dle priority:

- Dostupnost,
- udržitelnost a rozšiřitelnost,
- nezávislost na platformě, na které je systém provozován,
- možnost lokalizace prostředí a výukových materiálů do více jazyků,
- snadná administrace výukových materiálů.

Po pečlivém zvážení jsme se rozhodli implementovat e-learningový systém, jako webovou aplikaci v jazyku Java v rozšířené verzi Java EE6. Tímto krokem se nám podařilo naplnit větší část požadavků, které jsme si v analýze vytyčili. Jazyk Java se na FEL ČVUT vyučuje, což v budoucnu umožňuje rozšiřování aplikace studenty v podobě semestrálních projektů. Jazyk je multiplatformní a open–source licenční politika spojená s využitím této technologie, spolu s podpůrnými programy, je krajně výhodná pro naše využití.

Implementované prostředí je z hlediska maximální modularity vícevrstvé a jednotlivé vrstvy jsou na sobě navzájem nezávislé. V praxi to znamená, že je maximálně oddělena funkcionality aplikace od správy dat v databázi a jejich zobrazení. Nevýhodou tohoto přístupu je složitější koncept a náročnější implementace. Výhodou je naopak zmiňovaná oddělitelnost jednotlivých logických bloků naprogramovaného kódu, a tudíž jeho snadná rozšiřitelnost.

Vzhledem k velkému rozšíření mobilních zařízení mezi širokou populací si myslíme, že koncept, který jsme zvolili, je správný a umožní nám v případě potřeby jednoduše implementovat mobilní aplikace propojenou s naším e-learningovým systémem. Nutno podotknout, že naše řešení je také nezávislé na zařízení a platformě, kterým do prostředí přistupujeme. To nám dává výhodu oproti řešením, která jsou implementována např. v prostředí Flash, Silverlight aj.

Použité technologie a jednotlivé vrstvy implementovaného prostředí[1]:

- Perzistentní vrstva – EclipseLink JPA 2.0 (JSR 317)
- Bussines logika – EJB 3.1 (JSR 318)
- Prezentační vrstva – Java Server Faces 2.0 (JSR 314)

Architektonicky je aplikace koncipována jako Model–View–Controller (MVC)[2] viz (Obr. 1)

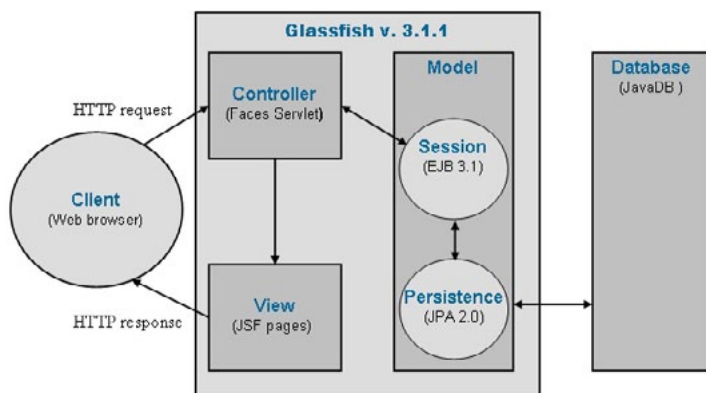
Naše prostředí potřebuje pro svůj provoz plnohodnotný aplikační server a serverovou databázi. Při tomto výběru jsme opět vycházeli z výše uvedených požadavků. Jako aplikační server byl zvolen Glassfish Open-source Application Server v. 3.1.1 spolu s databází Apache Derby.

V prezenční vrstvě jsme využili moderních komponent PrimeFaces 3.1[3], které umožňují snadné použití technologie AJAX (Asynchronous JavaScript and XML), podporu Html5[4] a Push[3]. Technologie Java Server

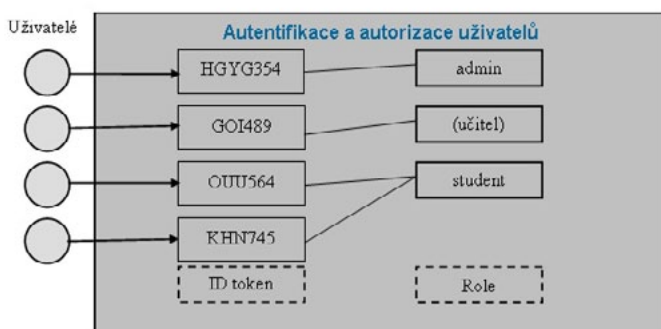
Faces 2.0 (JSF 2.0) nám umožnila splnit požadavek na vícejazyčné prostředí. FacesServlet, který je součástí frameworku JSF 2.0, rozpozná autonomně z http požadavku preferovaný jazyk uživatele přistupujícího do systému a příslušně upraví lokalizaci prostředí webové aplikace.

Zabezpečení aplikace je řešeno technologií JAAS(Java Authentication and Authorization Service)[1] viz (Obr. 2).

V současné době rozlišujeme dvě úrovně zabezpečení, které opravňují držitele k přístupu a nakládání s vytvořenými nástroji. Těmi jsou admin, který má právo mazat, vytvářet a modifikovat výukové materiály, a student, který má právo si materiály pouze prohlížet. V blízké budoucnosti plánujeme z důvodu propojení aplikace s KOSem rozdělit úroveň admin na úrovně admin, starající se o účty studentů, a úroveň učitel, který bude mít na starosti výukové materiály.



Obr.ázek 1 — Model–Controller–View



Obr.ázek 2 — Příklad využití zabezpečení pomocí technologie JAAS

3. Výsledky

Abychom vyzkoušeli možnosti nového prostředí, rozhodli jsme se v něm vytvořit první výukový modul zaměřený na metodu hodnocení složení lidského těla. Výukový modul obsahuje nejen množství studijních materiálů v podobě tabulek, obrázků a videí, ale také umožňuje uživatelům si jednoduše vyzkoušet, zda látce porozuměli. Pro prostředí obsahuje pro tyto účely jednoduchý testový modul, který poskytuje studujícím cennou zpětnou vazbu.

Hlavní obrazovka webové aplikace slouží jako vstup do zabezpečené administrátorské části nebo si zde uživatel vybírá požadovaný studijní modul. Obr. 3 představuje ukázkou studijního rozhraní aplikace. Zde jsou jednotlivé části studijního materiálu děleny na jednotlivé logické sekce, mezi kterými si student volně přepíná, případně si může projít jednoduchý test.

Níže viz (Obr. 4) je naznačena možnost administrace studijního modulu v zabezpečené části e-learningového systému. Zde je možné aplikaci volně rozšiřovat a upravovat, což umožňuje snadné udržení aktuálnosti studijního materiálu.

Realizovaná aplikace je dostupná na adrese <http://bio.felk.cvut.cz/e-learning>

Struktura modulu

- Lectures
 - Úvod
 - BMI
 - Denzitometrie a další měření
 - Duální absorpciometrie
 - Bioimpedance**
 - Tělesné složení
 - Provalší měření
 - Cvičení
- Tests

Detail

Název modulu:
Hodnocení tělesného složení

Název přednášky:
Bioimpedance

Slide:
4/17

Autor:
Petr Huňka

Modul: Hodnocení tělesného složení

Slide

Principy bioimpedance a BIA

Pro získání hodnot bioimpedance je použit malý proud v řádech 10^{-4} Ampér. Tento proud protéká jednotlivými tělesnými orgány a následně je měřen odpor těchto tělesných částí pro získání elektrických vlastností. Tento princip je použitelný díky vlastnostem tělesných tkání, které mají převážně charakteristiku ortotropních roztoků. V takovýchto elektrolytech následně proud protéká mezi kladným a záporným pólem obvodu. Proud je v pravém směru následně protéká mezi dvojitou elektrodou. Pomocí měřících obvodů je následně získán zdroj napětí mezi kladnými elektrodami. Z tohoto zdroje je následně potřebná impedance a další hodnoty. Pro lepší popisání jednotlivých elektrických hodnot tělesných tkání si musíme představit tělo jako trubku.

Cylinder

Current

Length (L)

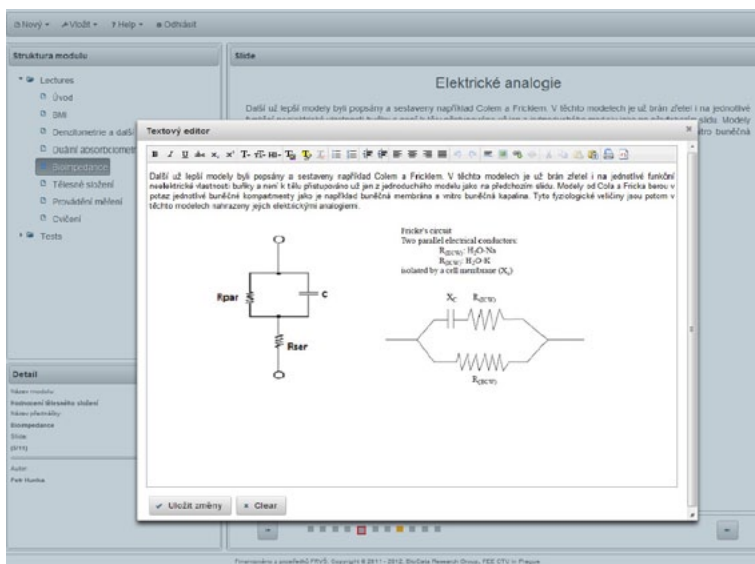
Cross-sectional area (A)

Pro popisání takového modelu, je potřeba znát pouze základní vlastnosti vodiče. A to jsou L - délka vodiče, A - průřez vodiče a proud protékající vodičem. Následně je potřeba znát hodnotu vodivosti celého prostředí ρ . V dalším kroku lze následně nahradit průřez objemem. Pokud máme tyto základní vlastnosti jsme schopni vypočítat hodnotu odporu prostředí jako:

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{\rho L^2}{V^2} \quad (1)$$

Financováno z prostředků PRV. Copyright © 2011 - 2012. BioData Research Group, FEE CTZ in Prague

Obrázek 3 — Uživatelské rozhraní



Obrázek 4 — Administrátorské rozhraní – editace existující sekce

4. Diskuze

Požadavky, které jsme si vytýčili na základě analýzy, se nám podařilo splnit. Realizovaná aplikace je naplňuje ve všech směrech. Její modulárnost nám umožňuje postupné přidávání dalších nástrojů pro zkvalitnění výuky, jako je již zmíněné propojení s KOSem, možnost automatizované domácí přípravy, testování apod.

Doufáme, že systém pomůže zatraktivnit nejen biomedicínské inženýrství vyučované na ČVUT, ale poskytne také cenné informace budoucím odborníkům na tomto poli.

Poděkování

Tento výzkum je podporován z prostředků SGS10/279/OHK3/3T/13.v

Literatura:

- [1] *The Java EE 6 Tutorial* [online]. July 2011 [cit. 2012–02–20]. Dostupné z: <http://docs.oracle.com/javaee/6/tutorial/doc/>
- [2] *Model–View–Controller. Java BluePrints* [online]. 2000 [cit. 2012–02–20]. Dostupné z: <http://java.sun.com/blueprints/patterns/MVC-detailed.html>
- [3] *PrimeFaces* [online]. 2011 [cit. 2012–02–20]. Dostupné z: <http://primefaces.org/>
- [4] *HTML5: A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML* [online]. 25 May 2011 [cit. 2012–02–20]. Dostupné z: <http://www.w3.org/TR/html5/>

Kontakt:

Petr Huňka

hunkape1@fel.cvut.cz

ZKUŠENOSTI Z INOVACE VÝUKY MODELOVÁNÍ A SIMULACE NA FEL ČVUT

Filip Ježek, Tomáš Kroček, Marek Mateják, Jiří Kofránek

Klíčová slova

Výuka, Modelica, OpenModelica, Modelování a simulace

Anotace

V zimním semestru 2011 jsme odučili první semestr inovovaného předmětu Modelování a simulace pro magisterský obor Biomedicínské inženýrství na Katedře kybernetiky FEL ČVUT. Těžiště inovace spočívalo zejména ve změnách cvičení – oproti minulým letům, kdy se na cvičení vyučoval jazyk MATLAB/Simulink, rozhodli jsme se zacílit na moderní jazyk Modelica, což si vyžádalo kompletní revizi předmětu. Získané poznatky se dají využít při výuce jakéhokoli předmětu, kde cvičíme zejména dovednosti.

Jelikož jazyk není syntakticky složitý, prakticky od začátku jsme začali pracovat na jednoduchých modelech fyziologických procesů. Důraz byl kladen zejména na analýzu a pochopení modelu, čímž se studenti učili nejen chápat části fyziologie (jejíž základy již mají z minulých předmětů), ale i analyticky přemýšlet a skládat si souvislosti. Stavěli jsme před studenty náročná témata, což povětšinou vedlo k hlubšímu zájmu a pochopení látky. Předmět patřil mezi časově náročné, měl domácí úlohu na každou hodinu (cca 4h domácí práce týdně), testy v semestru a semestrální práci (cca 50h). S náročnými úkoly však musí být cvičící vždy připraveni a ochotni pomoci a vysvětlit. Zejména u méně zorientovaných studentů bylo třeba mnoho úsilí proto, aby z předmětu neodcházeli frustrováni. Studenti FEL obecně nejsou zvyklí chodit konzultovat, přesto se nám podařilo je na tuto jinde běžnou praxi navykhnout.

V článku prezentujeme výukové postupy a jejich zhodnocení, některé klíčové postřehy, dále srovnáváme vývojová prostředí a praktickou využitelnost znalostí pro absolventy.

Úvod

V zimním semestru 2011 jsme odučili první semestr inovovaného předmětu Modelování a simulace pro magisterský obor Biomedicínské inženýrství na Katedře kybernetiky FEL ČVUT.

Těžiště inovace spočívalo zejména ve změnách cvičení – oproti minulým letům, kdy se na cvičení vyučoval jazyk MATLAB/Simulink, rozhodli jsme se zacílit na moderní jazyk Modelica, což si vyžádalo kompletní revizi předmětu.

Cíle

Hlavním cílem předmětu bylo seznámit studenty s možnostmi modelování a simulace. Jak je zmíněno výše, jako hlavní jsme si vybrali jazyk Modelica pro jeho názornost a jednoduchost. Na přednáškách se pak probíral teoretický základ modelování, včetně základů teorie řízení.

Vedlejším cílem bylo získat obecné inženýrské kompendium znalostí, mezi něž patří zejména:

- **Porozumění a analýza problému** – pokud máme modelovat systém, musíme ho nejprve pochopit a rozhodnout o úrovni detailů či zjednodušení, mít nad systémem jakýsi obecný nadhled
- **Fyziologické souvislosti** – jelikož jsme na oboru biomedicína, předkládali jsme studentům většinou úlohy založené na lidské fyziologii, jako například regulace teploty těla, jednoduchý krevní oběh a podobně.
- **Technické zprávy** – ke každé úloze museli studenti vypracovávat zprávu, kde měli stručně shrnout o co šlo, co vyšlo a co to znamená. Snažili jsme se jim vštípit technickou úroveň reportu.
- **Prezentační dovednosti** – závěrem předmětu (a nejvíce hodnocenou částí) je semestrální práce, prezentovaná před kolegy a vyučujícími. Zde se mimo jiné ukazuje, jestli studenti svému problému opravdu porozuměli, dokázali ho správně zpracovat a zejména dokáží-li si svůj přístup obhájit.
- **Práce v týmu** – semestrální práce byly většinou pro skupinky o dvou až třech studentech. Ukázalo se, že členové skupinky opravdu pracovali dohromady, stav kdy se jeden člen "svezl" byl ojedinělý.

Dalším, trochu skrytým, cílem bylo výukou v OpenModelice pomoci toto prostředí odladit a nalézt chyby, které pokročilý uživatel nepotká. Bohužel uživatelské prostředí nebylo v té době (říjen 2011) ještě dostatečně zralé, takže po počátečních problémech jsme přešli na Dymolu a za zpracování a report chyb v OpenModelice přidávali bonusové body navíc.

Přednášky

Základ změn tkví zejména ve cvičeních. Cvičení navazovala na přednášky tematicky, nikoli však obsahově – na cvičeních se řešily především implementační problémy. Celkem přednášeli 4 osoby, vždy odborník na dané téma (základy jazyka modelica, řízení, fyziologické systémy, farmakokinetika a epidemiologie). V takovém počtu je obtížné přednášející koordinovat, celkově chyběla návaznost na další přednášky a často i na cvičení, jelikož si každý přednášející téma vyložil trochu jinak. Čili zapojení více přednášejících se neukázalo být dobrým krokem. V příštím běhu počet omezíme maximálně na dva, případně by byla nutná pevnější kontrola přednášeného sylabu.

Cvičení

V semestru bylo celkem 13 cvičení, z nichž vzniklo celkem 10 domácích úloh. Odevzdání všech úloh alespoň na minimální úrovni byl jeden ze základních požadavků. Úlohy obsahovali i náročnější části, které tvořili 10 % závěrečného hodnocení. Body za práci v OpenModelice byly čistě navíc.

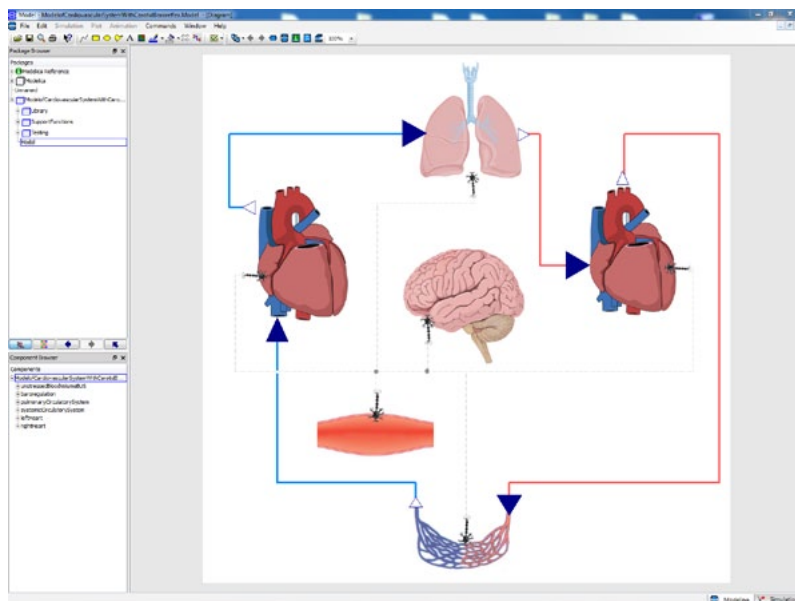
Předmět nebyl pouze o jazyce Modelica, součástí byl i náhled a srovnání se simulinkovými schématy (které byly většinou již předem známé), dále seznámení se simulačním programem pro farmakokinetiku MWPharm a prostředím JSim pro identifikaci modelu z dat.

Jazyk Modelica

Modelica je objektový hierarchický akauzální jazyk s grafickým uživatelským rozhraním, které umožňuje model vizuálně skládat z předem připravených komponent.

Modelovací prostředí Modelica zesnadňuje modelování systémů na tolik, že se se studenty můžeme více zabývat analýzou systému – Modelica zápis je v podstatě výsledek takové analýzy. Na druhou stranu zatím chybí funkční podpora analýz systému, stability, optimalizační funkce a další nástroje, často používané při modelování a simulacích. Zmíněné nástroje jsou buďto komerční a velmi drahé, nebo ještě ne zcela odladěné (OMOptim).

Jednou z výhod jazyka Modelica je jeho otevřenost – existují jak komerční proprietární prostředí (například Dassault Dymola, Mathcore MathModelica), ale i OpenSource projekty – OpenModelica (OpenModelica Consortium www.openmodelica.org). Díky otevřenosti nejsou studenti vázáni školní licencí produktu, ale mohou jazyk volně používat ve své další praxi. Takovouto výhodu nemá mnoho simulačních prostředí, již zmíněný Simulink bývá součástí školních licencí, ale po ukončení studia je absolventům finančně nedostupný. Stejně tak jiná komerční simulační prostředí bývají velmi nákladná.



Obrázek 1 — Ukázka prostředí Dymola s jednou z velmi zdařilých semestrálních prací studentů "Model kardiovaskulárního systému s karotidovým baroreflexem"

Software – OpenModelica vs. Dymola demo

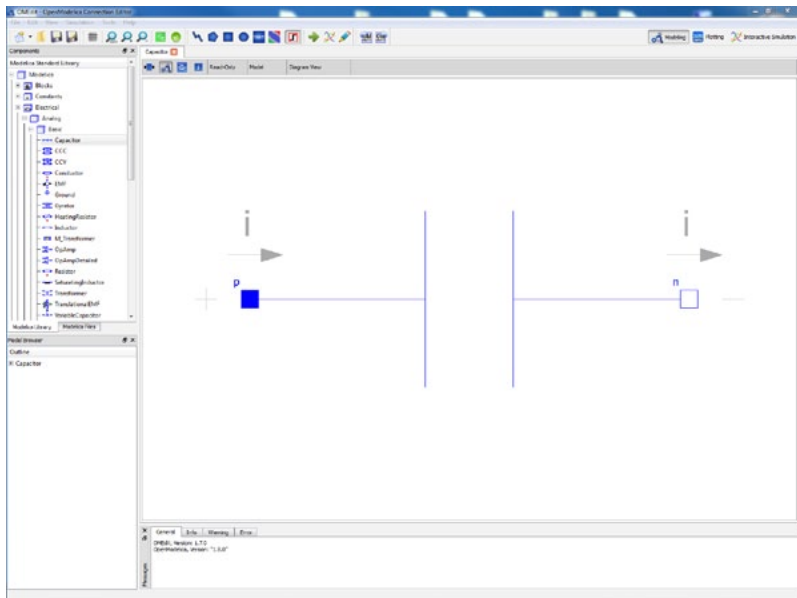
Nedokonalá funkčnost softwaru byl hlavním zmiňovaným problémem předmětu. V počátku roku jsme totiž využívali prostředí OpenModelica, OpenSource prostředí pro vývoj v jazyce Modelica. Během dvou měsíců bylo vydáno několik aktualizací a záplat, které s rozdílnými výsledky opravovaly některé ze zásadních chyb. Paradoxně některé problémy přibýly.

Frustrace studentů z nutnosti instalace nových a nových verzí, z čehož každá má nějaké (a jiné) problémy, vedla k zavedení Dymoly jakožto hlavní platformy. Domácí úkoly byly navrženy tak, aby šly vypracovat i v demo verzi tohoto prostředí.

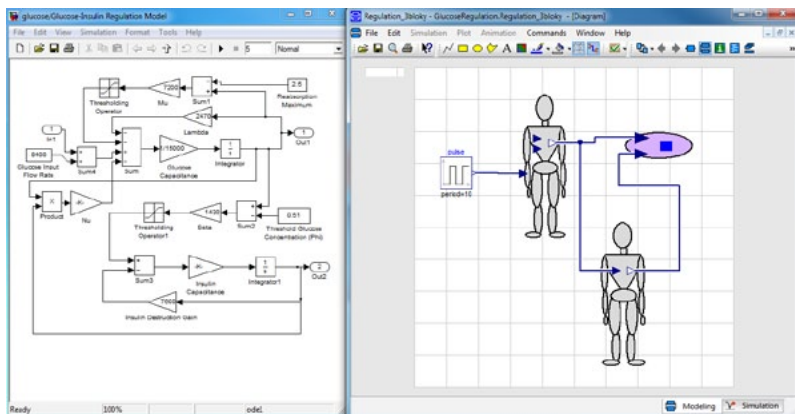
OpenModelica má stále problémy zejména s vizuálním režimem, kompilátor je na relativně dobré (a stále se zlepšující úrovni). Ačkoli obě prostředí operují se stejným jazykem, existují zde drobné rozdíly – například při inicializaci, kdy Dymola lépe sama odhaduje počáteční stavy a to někdy i proti naší vůli – musí se tedy nastavit explicitně, nebo grafické reprezentace nejsou mezi prostředími dobře přenosné.

Pokud bychom pracovali s jednoduššími, převážně nehierarchickými modely, OpenModelica by byla dostatečným řešením.

Studenty hodně mate práce v různých prostředích, na druhou stranu se domníváme, že to prohlubuje pochopení. problému. Prostředí jim ovšem nemůžeme střídat neustále, spíše by bylo lepší uprostřed semestru udělat jednu úlohu v OpenModelica, předem důkladně odzkoušenou. Obzvláště



Obrázek 2 — Ukázka prostředí OpenModelica, OpenSource variantě Dymoly.



Obrázek 3 — Ukázka výsledků jedné z domácích úloh – implementace modelu glukózy v prostředí Simulink (vlevo) a v jazyce Modelica (vpravo – zde prostředí Dymola)

na začátku semestru nebyla OM natolik odladěná, aby umožňovala práci. Během tří měsíců se všem rapidně vylepšila, ovšem frustrace studentů dosáhla takové úrovně, že ji odmítali dále využívat.

Proto pro výuku je třeba používat jednu definovanou verzi, na které odladíme cvičené modely tak, aby nemohl nastat problém.

Pro výuku a domácí úlohy byla postačující demo verze Dymoly. Od plné verze se liší pouze nemožností simulovat rozsáhlejší modely. Definici rozsáhlosti je ovšem nejasná, proto domácí úlohy museli být zjednodušeny a vyzkoušeny přímo pro demo verzi. V zásadě je omezení na cca 50 rovnic, včetně rovnic connect sloužících ke spojování prvků. Na druhou stranu omezení demo verzí nás nutilo připravovat dostatečně jednoduché a přehledné úlohy. Jediný logický problém byl snad u expandable konektorů, kdy u tak jednoduchého zapojení by se normálně tyto konektory stěží uplatnili.

Důsledná kontrola plagiátů a testy

Náš odevzdávací systém pro domácí úlohy (cw.felk.cvut.cz) má zabudovanou kontrolu plagiátů, nicméně není přizpůsoben pro jazyk Modelica, kde rozdíl v jednom znaménku je pro model zásadní, naopak například dva řádky generovaného kódu znamenají v grafickém zázornění pouze úsečku navíc bez efektu na funkci. Přesto jsme se snažili plagiáty odhalovat a silně je penalizovat.

Nejllepší metodou je použít test, kde studenti nemají možnost vzájemné komunikace a kde se projeví, jestli látce samostatně rozumí. Test v druhé půlce semestru ukázal, že většina umí s Modelicou pracovat, chybí jim však větší nadhled a schopnost problém analyzovat a model odladit.

Náročnost úloh

Úlohy nebyly z našeho pohledu vůbec náročné, odhadovali jsme je na cca půl až hodinu práce. Přesto, studenti se často dlouze potýkali s drobnými

problémy, nicméně ti co je sami překonali si řešení jistě zapamatovali. Vždy jsme však nabízeli konzultace, ať už po e-mailech, nebo osobní, kde jsme se trpělivě snažili problém vysvětlit. I tak nebylo výjimkou, že studenti nad úlohou trávili pět i více hodin.

Úlohy byly hodnoceny 0 body, přesto musely být všechny odevzdány v náležité kvalitě. U většiny byla možnost " bonusu", tedy bodů, které dohromady tvořili 10 % hodnocení. Kdo tedy nedělal bonusy, neměl šanci na nejlepší známku. Úlohy sami o sobě byly poté hodnoceny u zkoušky, kde se mělo zjistit, jestli student úlohu vypracoval sám a problému rozumí. To se ukázalo jako poněkud demotivační, příště budeme raději nějaké body udělovat rovnou. Součástí hodnocení by měla být i úroveň zprávy.

Časová náročnost výuky

Celkově se na předmětu podíleli 4 přednášející a 3 cvičící, celkem 6 osob.

Celkovou časovou náročnost výuky odhaduji na 1.2 úvazku, zejména z důvodu organizace a tvorby nových úloh a zadání. Cca 3 hodiny týdně zabrali konzultace, o zkouškovém období jejich četnost stoupla na minimálně dvojnásobek. Studenti ČVUT FEL nejsou příliš zvyklí konzultovat úlohy mimo čas cvičení, čili trvalo zhruba dva měsíce než začali chodit, ačkoli jsme tuto možnost připomínali téměř každé cvičení.

Semestrální práce

Semestrální práce byl jakýmsi vyvrcholením předmětu, kdy studenti měli být schopni sestavit model v jazyce Modelica a to buďto podle nějakého vědeckého článku, zabývajícího se nejlépe fyziologií, nebo konverzí modelu z Katalogu modelů (s dostupnou Simulinkovou implementací) anebo přijít s něčím zcela vlastním.

Na semestrální práci si měli studenti upevnit získané znalosti jazyka a zejména se naučit problém samostatně analyzovat, rozdělit na logické celky a po částech implementovat, otestovat a výsledky interpretovat. Celkově byly práce úspěšné, rozpačité byly akorát některé konverze ze Simulinku, bez hlubšího pochopení dějů a chování modelovaného systému. V Modelica implementaci je možné zapojením vystihnout podstatu systému a nesoustředit se jen na postup výpočtu, jak je nutné například v Simulinku. Takový model je potom mnohem přehlednější a je snadnější ho rozšiřovat o další podrobnosti.

Průměrně semestrální práce zabrala 50 hodin, průměrné hodnocení bylo 26 z celkem 30 bodů.

Studenti tvořili v plné verzi prostředí Dymola.

Výsledky předmětu

Předmět úspěšně dokončilo 39 studentů z původně 50 zapsaných, tedy 78%, což se na první pohled může zdát jako malé číslo, nicméně 2 studenti vůbec nenastoupili, 1 mezitím úspěšně dokončil studium, 5 přestalo chodit během semestru a pouze 2 studenti vzdali během zkouškového období, pravděpodobně kvůli nedokončeným úlohám.

V zásadě se dá říci, že kdo projevil snahu a investoval dostatek času, tomu jsme se věnovali natolik, že byl schopen předmět vlastními silami dokončit.

Praktická využitelnost znalostí

Ze semestrálek bylo vidět, že studenti jsou schopni namodelovat systém podle zadání. Jedním z našich cílů však bylo pomoci absolventům s rozhodováním za pomoci modelování a simulace. Budou-li mít k dispozici prostředí Dymola, pak mohou dovednosti využívat, bohužel negativní zkušenosti s tehdy nezralým prostředím OpenModelica bude mít silně odrazující efekt.

Na druhou stranu, pokud se absolvent ve své praxi setká s podobným požadavkem, rozhodně mu zůstane přehled o tom, jakým způsobem by problém šel řešit.

Praktickou využitelnost dalších cílů předmětu považujeme v inženýrské praxi za samozřejmou.

Zpětná vazba od studentů

Anketa hodnocení výuky ČVUT nemá bohužel vypovídající hodnotu, jelikož hodnotilo pouze 6 procent studentů (3/49). Z osobních pohovorů byli celkově studenti nejvíce frustrováni počátečními problémy se softwarem, dále nejasnostmi v zadání domácích úkolů a časovou náročností domácích úloh. Někteří si stěžovali i na vyhlášení zkoušky, jejíž formu jsme upřesnili až ke konci semestru. Po uzavření předmětu si stěžoval málokdo, většinou oceňovali naši snahu a upozorňovali na nedotaženosti zadání úloh a požadavků a na problémy vzniklé z přípravy předmětu za chodu. Obecně největší problémy výuky byl nedostatečně funkční software OpenModelica a pro studenty matoucí přechod mezi prostředím Dymola a OpenModelica.

Zkušenosti pro další semestr

Jelikož byl předmět tvořen víceméně operativně a za chodu, příští běh bude úspěšnější.

Jako první zásadní věc považujeme lepší synchronizaci přednášek navzájem a se cvičeními tak, aby pokrývaly teoretický rozsah předmětu a přitom témata logicky navazovala a zároveň sloužila jako úvod ke cvičením. Definujeme-li si hned na začátku zkouškové otázky, náplň přednášek je tím v podstatě již určena. Poté je jen potřeba je správně setřídit a navázat na cvičení.

Dalším důležitým vylepšením bude detailnější příprava cvičení, včetně jakéhosi handoutu – co nového se měli na cvičení naučit, čili jakási nápověda k domácím úlohám. Na začátku cvičení bychom se opět měli vrátit k minulému úloze a zmínit úskalí, na která mohli narazit a další možnosti, jak jim čelit, případně zajímavá řešení kolegů. Měli bychom také ke konci hodiny zajistit dostatek času pro zadání úlohy a její vysvětlení.

Jelikož se předmět nechtěl soustředit pouze na jeden modelovací jazyk, kromě farmakokinetiky a identifikace bychom ještě chtěli začlenit finite-element-method simulace (numerické simulace parciálních diferenciálních

rovníc, například toky tekutin – CFD, či deformace materiálů) jako například seznámení s ANSYS Fluent.

Závěr

Inovaci výuky považujeme za úspěšnou a přínosnou pro studenty. Přechod na jazyk Modelica nám umožnil se namísto implementační problematice věnovat hlouběji analýze problému a procvičit i další inženýrské dovednosti, jako prezentační schopnosti, úroveň reportů a podobně.

Poděkování

Autor byl podpořen grantem FRVŠ 112–120029C.

Kontakt:

Ing. Filip Ježek
Katedra Kybernetiky,
Fakulta Elektrotechnická, ČVUT
Karlovo náměstí 32
email: jezekfi1@fel.cvut.cz
<http://bio.felk.cvut.cz/>

INTEGROVANÉ MODELY FYZIOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ – HISTORIE, SOUČASNOST, PERSPEKTIVY

Jiří Kofránek

Anotace

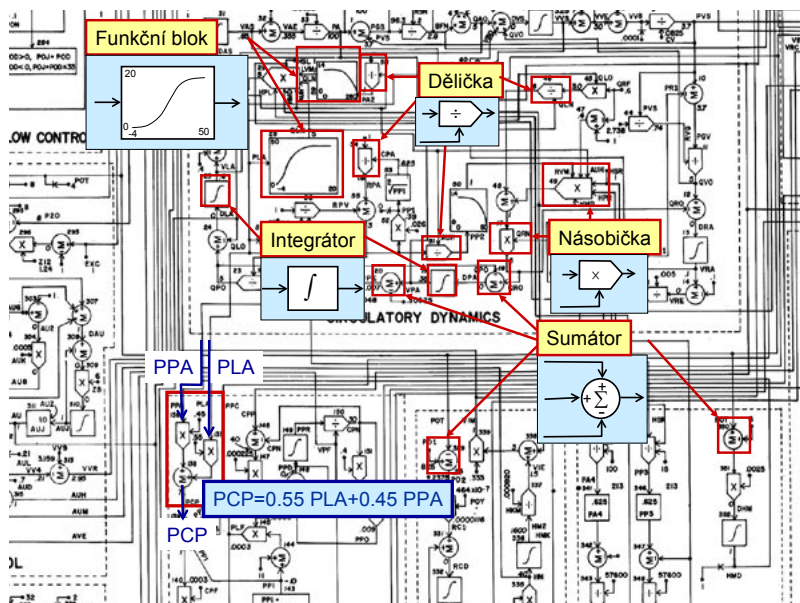
Před 40 lety vyšel v lékařském časopise *Annual Review of Physiology* přehledový článek A. Guytona a dvou spoluautorů o regulaci krevního oběhu, jehož obsahem byl formalizovaný popis fyziologických vztahů v oběhovém systému, včetně všech jeho návazností na ostatní fyziologické subsystémy pomocí graficky vyjádřeného matematického modelu. Tento článek byl jítým mezníkem, který otevřel novou oblast fyziologického výzkumu nazývanou „integrativní fyziologie“. Obdobně jako se teoretická fyzika formálními prostředky snaží popsat fyzikální realitu a vysvětlit výsledky experimentálního výzkumu, tak se „integrativní fyziologie“ na základě experimentálních výsledků snaží vytvořit formalizovaný popis vzájemného propojení fyziologických regulací a vysvětlit jejich funkci v rozvoji nejrůznějších onemocnění. V sedmdesátých letech byla tato doména oblastí čistě teoretického výzkumu několika ojedinělých pracovišť. S rozvojem informačních technologií se modelování fyziologických systémů stalo běžnou součástí fyziologického výzkumu, kde začala převládat spíše tvorba menších, snadněji identifikovatelných modelů jednotlivých fyziologických subsystémů. V posledních letech však tvorba rozsáhlých modelů fyziologických systémů zažívá určitou renesanci, zejména v souvislosti s možností uplatnění těchto modelů jako teoretického podkladu pro lékařské trenažéry. Rozvoji rozsáhlých integrovaných modelů fyziologických systémů napomáhá i nová generace (tzv. equation-based) simulačních prostředí. Problematika modelování integrativní fyziologie se stala součástí řady mezinárodních projektů (např. programy „Physiome“, nebo program EU „Virtual Physiological Human“), uplatnění těchto modelů pro vysvětlení kauzálních souvislostí patogeneze řady onemocnění i jejich využití v lékařských trenažérech.

Klíčová slova:

Integrativní fyziologie, Modelica, modelování, lékařské trenažéry, rozsáhlé modely

1. Úvod

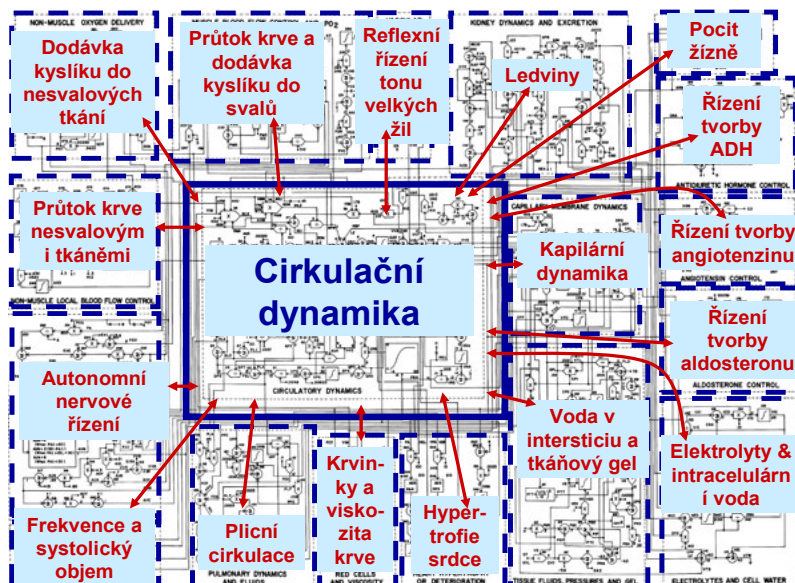
Před čtyřiceti lety v ročence *Annual Review of Physiology* [9] vyšel článek Arthura Guytona, Thomase Colemana a Harrise Grangera který popisoval regulaci krevního oběhu. Jeho podstatnou částí bylo rozsáhlé schéma na vlepéné příloze, na první pohled připomínající nějaké složité elektronické zařízení. Sestával se s výpočetních prvků – násobiček, děliček, sumátorů, integrátorů, funkčních bloků. Jejich propojení znázorňovalo matematické operace a vytvářelo tak grafické znázornění matematických rovnic (obr. 1). Celé schéma pak představovalo soustavu rovnic formalizovaným způsobem



Obrázek 1 — Jednotlivé prvky v blokovém diagramu Guytonova modelu reprezentují matematické operace, spojení prvků reprezentuje rovnice v graficky vyjádřeném matematickém modelu.

vyjadřující tehdejší představy o regulaci krevního oběhu, včetně všech podstatných návazností oběhového systému na další fyziologické subsystemy organismu (obr. 2). Guytonův model byl jedním z prvních rozsáhlých matematických popisů spojených fyziologických systémů organismu a odstartoval tak oblast fyziologického výzkumu, která je někdy popisována jako **integrativní fyziologie**, kde výrazným metodologickým nástrojem je využívání počítačových modelů.

Modelování fyziologických systémů úzce souvisí problematikou **formalizace** – tj. s nahrazením čistě verbálního popisu fyziologických systémů přesným jazykem matematiky. Na rozdíl od fyziky, kde je využívání formalizovaného popisu běžné již několik století, formalizace v biologických vědách přichází až s rozvojem vypočetní techniky. Obdobně jako se teoretická fyzika snaží formálními prostředky popsat fyzikální realitu a vysvětlit výsledky experimentálního výzkumu, tak se i integrativní fyziologie snaží formalizovaným popisem fyziologických regulací vysvětlit jejich funkci v normě i při rozvoji nejrůznějších onemocnění. Těto problematice jsou věnovány mezinárodní projekty, např. celosvětový **Physiome** a evropský projekt **Virtual Physiological Human** [2,15].



Obrázek 2 — Jednotlivé propojené subsystémy v Guytonově modelu..

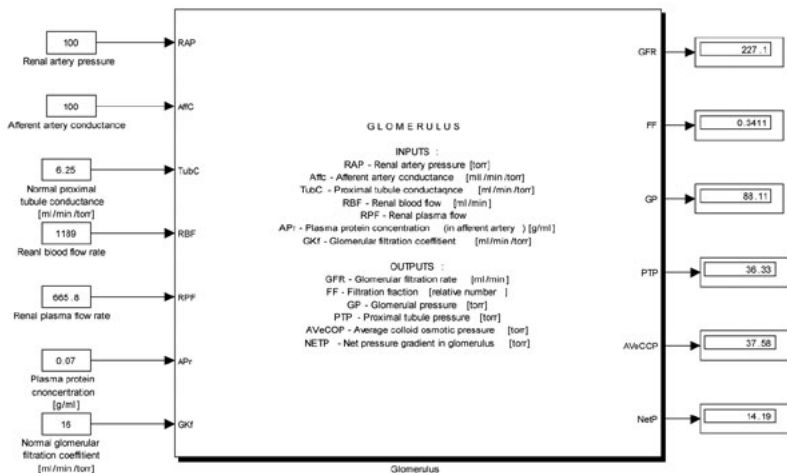
2. Simulační čipy v blokové orientovaných jazycích

Guytonova grafická notace (násobičky, děličky, sumátory integrátory) v rozsáhlém blokovém schématu řízení krevního oběhu [9] a v dalších návazných monografiích [10, 11] silně připomíná simulinkové bloky používané ve vývojovém prostředí Matlab/Simulink od firmy Mathworks. Sám Guyton a jeho spolupracovníci ovšem tenkrát, v roce 1972, model implementovali v jazyku Fortran – Simulink ve verzi 1 byl uveden až trh až o osmnáct let později (v roce 1990).

Grafická notace byla inspirována světem analogových počítačů, které v době vzniku modelu byly jedním z efektivních nástrojů pro modelování dynamických systémů. Propojování výpočetních bloků na analogových počítačích bylo realizováno fyzickým propojováním příslušných počítačích jednotek. V Simulinku propojujeme jednotlivé simulinkové prvky pomocí počítačové myši.

Guytonovu notaci převzali další autoři, např. např. Ikeda a spol. [16] v Japonsku nebo výzkumná skupina Amosova v Kijevě [1].

Grafická podobnost Guytonovy notace a simulinkových prvků nás přiměla k tomu, že jsme Guytonův diagram implementovali v Simulinku [28]. K mému překvapení jsme byli prvními, kdo to udělal. Toto schéma, které se často přetiskuje totiž obsahuje drobné nepřesnosti, grafické překlepy. Při znalosti fyziologie a systémové analýzy se tyto chyby daly dobře odhalit [29,30]. Autoři diagram tenkrát kreslili ručně a vlastní funkční model realizovali v jazyce



Obrázek 3 — Ukázka simulačního čipu „GLOMERULUS“ (realizovaného simulinkovým blokem) počítajícího glomerulární filtraci. Struktura výpočtu je před uživatelem skryta. V prostředí Simulinku je možno snadno otestovat jeho chování – k jednotlivým „vstupním pinům“ lze přivést vstupní hodnoty (nebo průběhy hodnot) a od „výstupních pinů“ na virtuálních displejích či osciloskopech odečítat výstupy, resp. časové průběhy výstupů.

Fortran. Diagram využívali jen jako přehledový obrázek pro vysvětlování příslušných regulačních vztahů.

Naši simulinkovou implementaci Guytonova modelu z roku 1972 a implementaci o čtrnáct let staršího Guytonova modelu z roku 1986 (včetně podrobného popisu formalizovaných fyziologických vztahů) je možno stáhnout z <http://www.physiome.cz/Guyton>.

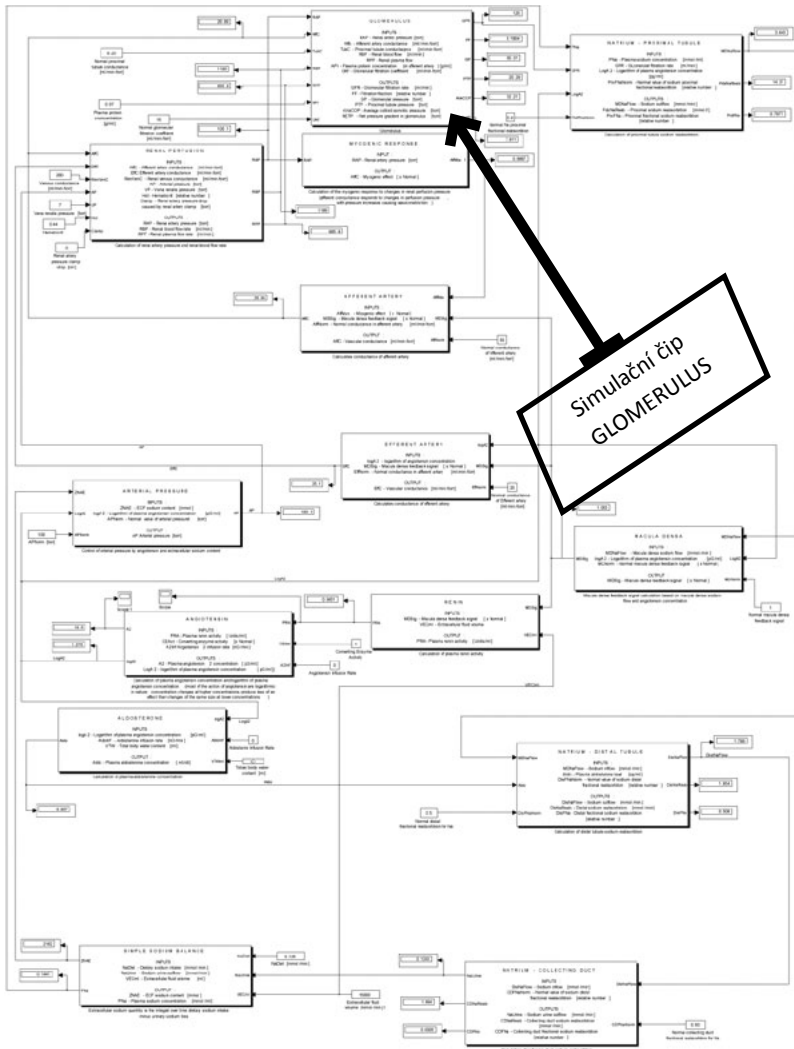
Analogové počítače předznamenaly vznik tzv. **blokově orientovaných simulačních jazyků**.

Blokově orientované simulační nástroje, jejichž typickým představitelem je Simulink, pracují s propojenými bloky. V propojkách mezi jednotlivými bloky „tečou“ signály, které přenášejí hodnoty jednotlivých proměnných od výstupu jednoho bloku k vstupům dalších bloků.

V blocích dochází ke **zpracování vstupních informací na výstupní**. Z propojení jednotlivých bloků je pak zřejmé, jakým způsobem se v modelu počítají hodnoty jednotlivých proměnných – tj. jaký je algoritmus výpočtu.

Simulinkovou sítí je možné hierarchicky uspořádat.

Bloky, je možno seskupovat do jednotlivých subsystémů, které s jejich vnějším okolím komunikují prostřednictvím definovaných vstupních a výstupních „pinů“ a představují tak jakési „**simulační čipy**“. Simulační čip (realizovaný simulinkovým subsystémovým blokem) skrývá před uživatelem strukturu simulační sítě, obdobně jako elektronický čip ukrývá před uživatelem propojení jednotlivých tranzistorů a dalších elektronických prvků (viz obr. 3). Uživatel se pak může zajímat pouze o chování čipu a nemusí se starat o vnitřní strukturu



Obrázek 4 — Zapojení imulačního čipu „GLOMERULUS“ z předchozího obrázku v jedno-
duchém modelu ledvin. Propojení jednotlivých simulinkových bloků (simulačních čipů)
je srozumitelné i pro experimentálního fyziologa.

a algoritmus výpočtu. Chování simulačního čipu (simulinkového bloku) pak
může testovat pomocí sledování výstupů na připojených virtuálních displejích
či na virtuálních osciloskopech.

„Simulační čipy“ mají hierarchickou strukturu. Obsahem simulačního čipu
může být simulinková síť, která se sestává z propojených simulačních čipů nižší
hierarchické úrovně (obr. 4). „Simulační čipy“ můžeme seskupovat do knihoven

a pomocí počítačové myši při tvorbě modelu vytvářet jejich jednotlivé instance, jejichž vstupy a výstupy se propojují pomocí vodičů, kterými „proudí“ informace.

Pomocí simulačních čipů lze snadněji testovat chování modelu a zejména přehledněji vyjádřit vzájemné závislosti mezi proměnnými modelovaného systému. Celý složitý model pak můžeme zobrazit jako propojené simulační čipy a ze struktury jejich propojení je jasné, jaké vlivy a jakým způsobem se v modelu uvažují.

To je velmi výhodné pro mezioborovou spolupráci – zejména v hraničních oblastech jakým je např. modelování biomedicínských systémů [20]. Experimentální fyziolog nemusí dopodrobna zkoumat, jaké matematické vztahy jsou ukryty „uvnitř“ simulačního čipu, z propojení jednotlivých simulačních čipů mezi sebou však pochopí strukturu modelu a jeho chování si může ověřit v příslušném simulačním vizualizačním prostředí.

Pro fyziologa je např. mnohem přehlednější Guytonův model graficky vyjádřený ve formě propojených simulačních čipů než jeho implementace spletitou simulinkovou sítí.

V masce simulinkových bloků z nichž vytváříme simulační čipy, popisujeme stručně význam všech vstupů a výstupů (včetně fyzikálních jednotek), případně k blokům vytvoříme i příslušnou dokumentaci dosažitelnou na kliknutí na připojenou nápovědní stránku. Maska bloku může mít i tvar ikonky graficky znázorňující funkci simulačního čipu (například znázornění elektrické analogie při modelování tlaků a průtoků v cirkulačním a respiračním systému. Toho jsme například využívali při tvorbě simulačních čipů využitelných pro modely cirkulace a respirace.

Dobrým implementačním pravidlem je udržovat pokud možno hierarchické uspořádání simulačních čipů, které na jedné straně zpřehledňuje strukturu modelu a napomáhá multidisciplinární komunikaci, na druhé straně podporuje znovupoužitelnost vytvořených simulačních bloků v jiných modelech. Vlastní výpočetní operace jsou ukryty na nejnižší úrovni bloků (kde se ovšem přehlednost ztrácí).

V sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století byla problematika tvorby rozsáhlých modelů integrovaných fyziologických systémů poněkud raritním a odtažitým tématem, kterému se věnovalo relativně málo pracovišť. Modely se tehdy vytvářely v klasických programovacích jazycích a jejich implementace byla často velmi nepřehledná.

S rozvojem výpočetní techniky a vznikem softwarových nástrojů pro tvorbu simulačních modelů se situace změnila. Objevily se i nové možnosti praktického uplatnění rozsáhlých modelů fyziologických systémů ve výukových simulátorech. Integrativní fyziologie se stala náplní mezinárodních projektů a do Simulinku se dnes z původních implementací ve Fortranu nebo C++ převádějí i některé starší modely Guytona a spol. [32, 34].

Pomocí hierarchicky propojených simulinkových „simulačních čipů“ je dnes vytvářena řada rozsáhlých modelů integrativních modelů fyziologických

systemů – např. rozsáhlý model respiračního systému, cirkulace a přenosu krevních plynů PNEUMO [3,4]. Tyto rozsáhlé modely integrativní fyziologie jsou využívány pro vysvětlení patogeneze některých onemocnění – např. výše zmíněný model PNEUMO, rozšířený o propojení s modely glukózového metabolismu a metabolismu volných mastných kyselin autoři nedávno využili ke studiu patogeneze obstruktivní spánkové apnoe u diabetiků [5].

3. Knihovny „simulačních čipů“

Výhodou „simulačních čipů“ je jejich **znovupoužitelnost**. Jednou vytvořené „simulační čipy“ se mohou využívat v různých modelech. Simulační čipy je možné ukládat do knihoven a uživatel může vytvářet jejich instance pro použití ve svých modelech. Ze simulačních simulinkových čipů jsme vytvořili **knihovnu *PHYSIOLIBRARY pro modelování fyziologických regulací***. Knihovna obsahuje i dokumentaci přímo zintegrovanou do nápovědy k Matlab/Simulink. Knihovnu i příslušný instalátor lze bez omezení stáhnout z adresy <http://physiome.cz/simchips>.

Mezinárodní projekty Physiome a Virtual Physiological Human podporují co možno nejúplnější zveřejňování fyziologických modelů jako vědeckého výsledku; proto také struktura modelů vytvářených v univerzitním prostředí je obvykle šířena jako „open source“. V rámci tohoto projektu vzniklo i několik databází obsahující přesnou strukturu fyziologických modelů.

Databáze modelů vyjádřených v prostředí standardizovaného jazyka **CellML** [31] je dostupná na adrese <http://models.cellml.org>. Jiná databáze fyziologických modelů vytvořená v otevřeném prostředí jazyka JSIM [33] je dostupná na adrese <http://www.physiome.org/model/doku.php>.

Databáze anotovaných biologických modelů popsaných ve značkovacím jazyce SBLM (System Biology Markup Language), používaného jako jeden ze standardů pro popisování modelů biologických systémů (<http://sbml.org>) je dostupná na adrese <http://www.ebi.ac.uk/biomodels-main/>.

Modely, které jsou podkladem rozsáhlých komerčních výukových simulátorů, však v těchto databázích obvykle nenajdeme, protože jejich podrobnou strukturu autoři, až na některé výjimky, většinou nezveřejňují.

Volně přístupná simulinková knihovna **PHYSIOLIBRARY** vytvořená pro prostředí jazyka Simulink (<http://physiome.cz/simchips>) je naším skromným příspěvkem do volně šířených databází modelů fyziologických systémů.

Tato knihovna mimo jiné obsahuje též zdrojový kód integrovaného modelu fyziologických systémů, který byl podkladem pro náš **výukový simulátor Golem**.

Simulátor Golem, který jsme vyvíjeli koncem devadesátých let a na přelomu tisíciletí byl určen k výuce klinické fyziologie poruch homeostázy vnitřního prostředí [21]. Simulátor se využíval jako výuková pomůcka na některých našich i zahraničních lékařských fakultách.

Model, který byl podkladem simulátoru Golem, je reprezentován jedním velkým simulačním blokem, který je na další úrovni tvořen 18 vzájemně propojenými bloky. Model umožňuje modelovat poruchy přenosu krevních

plynů a složené poruchy homeostázy vnitřního prostředí s uvažováním vlivu cirkulace, ledvin a endokrinní regulace, včetně vlivu některých léčebných zásahů.

4. Nevýhody blokově orientovaných jazyků

V blokově orientovaných jazycích mají bloky hierarchickou strukturu a na nejnižší úrovni jsou již tvořeny sítí propojených numerických bloků, které ze vstupních hodnot vypočítávají výstupní hodnoty. Propojení numerických bloků reprezentuje řešení matematických rovnic modelu, tak, aby se ze vstupních hodnot vypočítali hodnoty výstupní. Propojování bloků do sítě vztahů ale nemůže být zcela libovolné. V propojených prvcích se **nesmějí vytvářet algebraické smyčky** – tj. cyklické struktury, kdy nějaká vstupní hodnota přiváděná jako vstup do výpočetního bloku ve stejném časovém kroku závisí (přes několik prostředníků) na výstupní hodnotě z tohoto bloku.

Existují metody, jak se v simulinkových sítích algebraických smyček zbavit [6], vedou však k takovým transformacím, které strukturu modelu dále zesložití a model je méně přehledný.

Simulinková síť proto netvoří grafické zobrazení matematických vztahů v modelu, ale zobrazuje spíše grafické vyjádření řetězce transformací vstupních hodnot na výstupní přes jednotlivé simulinkové elementy, kde cyklení není dovoleno. Požadavek pevně zadaného směru spojení od vstupů k výstupům s vyločením algebraických smyček vede i k náročnější stavbě modelu.

Propojení bloků v Simulinku i dalších blokově orientovaných jazycích proto **odráží spíše postup výpočtu než vlastní strukturu modelované reality**.

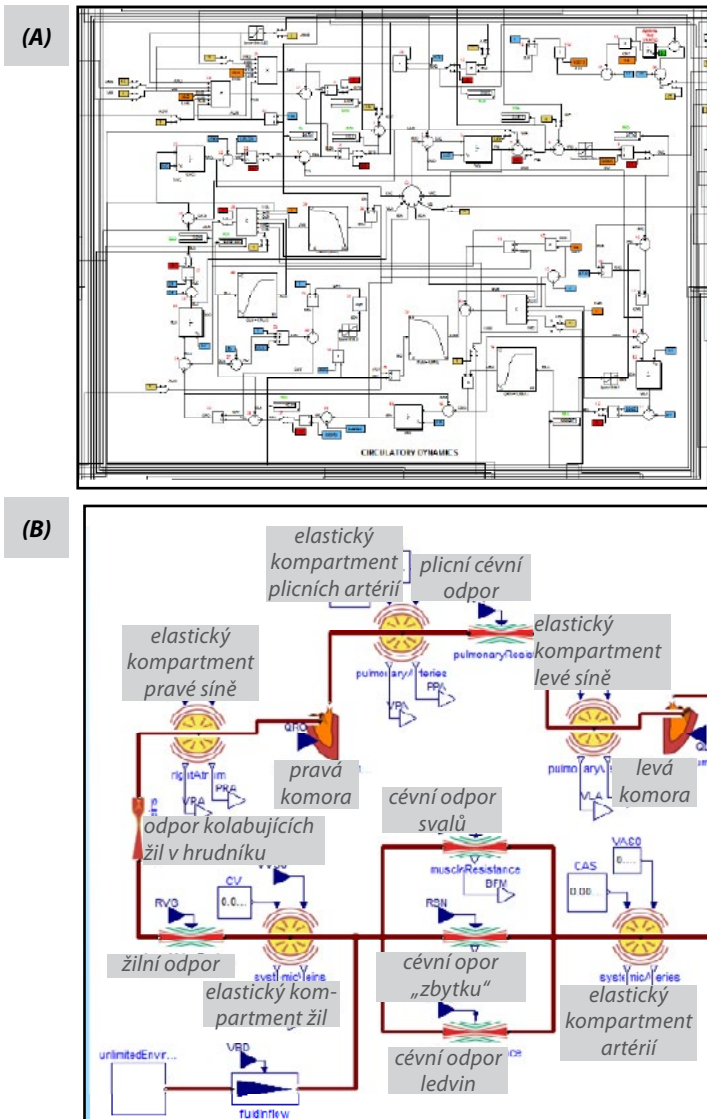
5. Modelica

Před několika lety se objevila zcela nová kategorie modelovacích nástrojů, která umožňuje **nestarat se o způsob výpočtu a v modelovacích blocích popisovat přímo rovnice**. Místo vstupních a výstupních hodnot se bloky propojují s dalšími bloky přes propojovací konektory.

V těchto konektorech se již nemusí stanovovat směr výpočtu propojovaných hodnot (o to se pak postará stroj), proto se někdy tyto konektory nazývají **akauzální**. Do bloků mohou ovšem také vstupovat **vstupní řídicí hodnoty** – ty reprezentují skutečné kauzální ovlivnění modelované reality okolím bloku, ne směr výpočtu výstupních proměnných modelu.

V nových modelovacích nástrojích se tedy soustředíme na formalizovaný popis modelované reality pomocí rovnic a způsob jejich řešení přenecháváme počítači. Pro tyto nové modelovací nástroje byl navržen speciální modelovací jazyk **Modelica** – [7,8,35] dnes existuje několik komerčních i nekomerčních vývojových nástrojů využívajících tento jazyk.

Význam této zcela převratné technologie tvorby modelů je ilustrativní demonstrovat na klasickém Guytonově diagramu. V centrální části tohoto diagramu je na mnoha místech počítán průtok cévním řečištěm z rozdílů tlaků a odporu dle Ohmova zákona. Stejně jako ve všech tzv. blokově orientovaných



Obrázek 5 — (A) Cirkulační dynamika – detailní struktura centrální části simulinkové implementace Guytonova modelu zobrazující toky krve agregovanými částmi cirkulačního systému a činnost srdce jako pumpy. (B) Stejná část modelu, ale implementovaná v Modelice. V modelu jsou propojeny instance dvou čerpadel (pravé a levé komory srdce), elastické kompartmenty (EK) cév a síní, a cévní odpory. Porovnáním obr. (A) a (B) vidíme, že struktura modelu v Simulinku odpovídá spíše algoritmu výpočtu, zatímco struktura modelu v Modelice více zobrazuje vlastní strukturu modelované reality.

jazycích je jsou zde jednotlivé bloky propojeny tak, že z výstup každého bloku je zároveň vstupem do dalších bloků.

V Modelice je to jinak. V Modelice každou cévu reprezentujeme uživatelsky zvolenou ikonkou na jejímž pozadí napíšeme rovnice. S okolím je blok propojen akauzálními komunikačními konektory, kde si bude na obou koncích s jinými prvky předávat hodnoty tlaku a průtoku. Z vnějšího okolí je řídicím vstupem řízen cévní odpor řízen řídicím vstupem.

Dalším prvkem s propojovacím konektorem s komunikačními hodnotami tlaku a průtoku je tzv. elastický kompartment, který modeluje vztah mezi náplní velké cévy nebo srdeční síně a výsledným tlakem [17].

Třetím prvkem s propojovacími komunikačními hodnotami tlaku a průtoku jsou dvě čerpadla – pravá a levá srdeční komora. Rovnice na pozadí těchto prvků popisují Starlingovu závislost minutového objemu srdečního na plnicích tlacích a protitlaku plicnice a aorty.

Propojení bloků v Guytonově diagramu a v simulinkovém modelu vyjadřuje spíše způsob výpočtu než modelovanou realitu, zatím co struktura modelu v Modelce vyjadřuje strukturu modelovaného systému (viz obr. 5).

Vidíme také, že Guytonův model z roku 1972, přes svou zdánlivou složitost vlastně vyjadřuje, velmi jednoduchý model.

6. HumMod

Jak vypadá model po čtyřiceti letech? Čtyřiceti let vývoje je znát. Guytonovi žáci a spolupracovníci vytvořili model Quantitative Human Physiology, nyní přejmenovaný na HumMod, který mimo jiné využívá NASA. Model je dnes patrně nejrozsáhlejším modelem integrativní fyziologie člověka. Model je možné stáhnout s Internetu a spustit ho na počítači (viz <http://hummod.org>).

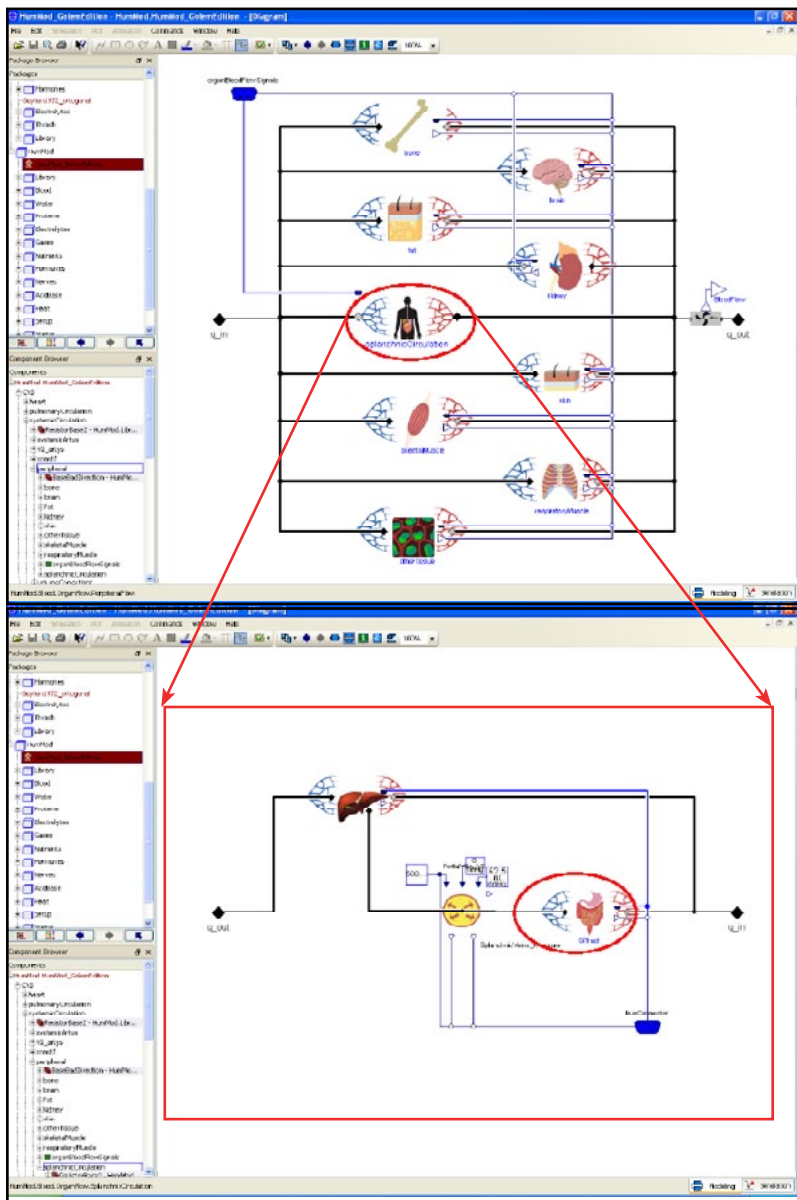
Z internetu je možné si stáhnout i jeho zdrojovou verzi s popisem veškerých použitých matematických vztahů ve speciálním XML formátu. Má to ale jeden malý háček. Těch souborů je několik tisíc.

V odborné literatuře je tento model přijímán s rozpaky [32]. Pro řešitele Evropského projektu VPH je tento model příliš složitý (jak píše je špatně čitelný a obtížně vizualizovatelný), a proto berou za východisko práce raději dvacet let starý Guytonův model z roku 1992, který je jednodušší pro pochopení [34]. Pro nás ovšem byl model QHP velkou výzvou.

Sestavili jsme speciální software QHP View [25], který nám zobrazil veškeré rovnice. Z těchto rovnic jsme pak v Modelice sestavili simulační model [23], a to nám otevřelo cestu k americkým autorům, se kterými na vývoji modelu spolupracujeme již třetím rokem.

Náš příspěvek k rozvoji modelu byl zejména v oblasti modelování acidobazické rovnováhy a výměny krevních plynů, kdy jsme mimo jiné vyšli z původního modelu simulátoru Golem. Naši verzi modelu HumMod v Modelice proto nazýváme HumMod – Golem Edition. (viz <http://physiome.cz/hummod>).

Model v Modelice je hierarchicky strukturovaný a svou formou připomíná fyziologická schemata [17,23,25] viz obr. 6.



Obrázek 6 — Ukázka části zdrojového textu modelu HumMod v Modelice. Zdrojový text připomíná hierarchická fyziologická schemata. Obsah komponenty Slančnické cirkulace (z horního obrázku) zobrazuje průtok krve komponentou gastrointestinálního traktu, elastickým kompartmentem portální žíly a průtok játry.

7. Modely fyziologických systémů ve výuce

Komplexní modely fyziologických systémů mohou být dobrým teoretickým podkladem pro lékařské výukové simulátory [17,25]. Modely složitých systémů ve výuce lékařů ve stávající podobě jsou však pro výuku lékařů obtížně využitelné. Ukázalo se však, že pro uživatele je model s velkým množstvím vstupních a výstupních proměnných trochu málo srozumitelná hračka. Trochu to připomíná situaci, jako kdybychom medika bez pilotního kurzu posadili do trenážeru Airbusu a chtěli aby s letadlem letěl z Ruzyně do Paříže.

A tak jako se na simulátoru dopravního letadla dá absolvovat pilotní výcvik pouze s pomocí instruktora, tak i efektivní využití simulačních modelů ve výuce vyžaduje zkušeného učitele, který pomocí simulačních her může pomoci studentům pochopit jak pracuje organismus v normě a v patologii.

Naše zkušenosti ukazují, že mnohem větší pedagogický význam než rozsáhlé komplexní modely mají modely jednotlivých subsystémů, které „odpojíme z okolního propojení“, a jejich funkci můžeme sledovat samostatně. Tak například odpojením subsystému cirkulace můžeme sledovat reakci cirkulačního systému na jednotlivé v organismu řízené vstupy a studentům pomocí modelu vysvětlovat patogenezu nejrůznějších poruch cirkulace – od levostranného a pravostranného selhání, poruch řízení arteriálního tlaku až po patogenezu čtyř druhů šoku [22]. Obdobně využíváme model přenosu krevních plynů, model acidobazické rovnováhy, model respirace a další modely [26].

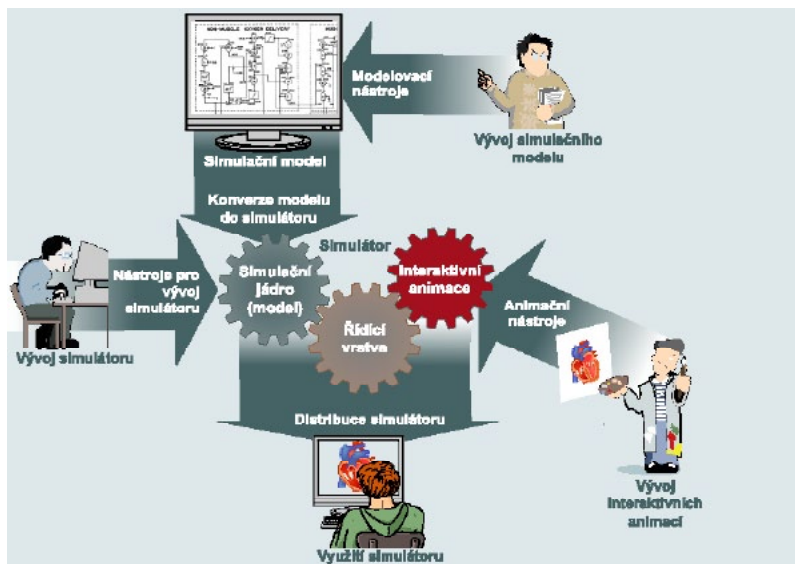
8. Schola Ludus pro 21. století

Internet a interaktivní grafika řízená modelem na pozadí – to je skutečná škola hrou pro 21. století, která umožňuje vytvořit simulační hry dosažitelné přes internet, které jako norimberským trychtýřem pomohou studentům pochopit dynamické souvislosti.

Proto jsme vytvořili projekt internetového atlasu fyziologie a patofyziologie, soustřeďujícího internetem dostupné simulační hry propojené s výkladovými kapitolami [26]. Atlas je dostupný na adrese <http://physiome.cz/atlas>.

Tvorba kvalitního výukového softwaru, který by dokázal využít potenciál, který rozvoj informačních a komunikačních technologií přinesl, dnes nestojí na pili a nadšení jednotlivců. Je to náročný a komplikovaný projekt, vyžadující týmovou spolupráci řady profesí – od zkušených učitelů, jejichž scénář je základem kvalitní výukové aplikace, přes systémové analytiky, kteří jsou ve spolupráci s profesionály daného oboru odpovědní za vytvoření simulačních modelů pro výukové simulační hry, výtvarníky, kteří vytvářejí vnější vizuální podobu, až po programátory, kteří celou aplikaci „sešijí“ do výsledné podoby.

Aby mezioborová spolupráce byla účinná, je zapotřebí pro každou etapu vývoje mít k dispozici řadu **specifických vývojových nástrojů a metodologií**, které práci jednotlivých členů týmu usnadní a pomohou jim překonat mezioborové bariéry. K vytvoření i ovládnutí těchto nástrojů je zapotřebí věnovat značné úsilí, které se ale nakonec vyplatí.



Obrázek 7 — Pracovní postup při tvorbě interaktivních simulátorů. Simulační model (tj. matematický model implementovaný na počítači) je vytvářen, testován a identifikován pomocí softwarových modelovacích nástrojů. Simulátor je vytvářen v softwarovém vývojovém prostředí odlišném od modelovacího prostředí, v němž byl vytvořen simulační model. Proto je zapotřebí vytvořený model přenést do simulátoru – což v praxi znamená naprogramovat simulační jádro simulátoru (tuto konverzi je možné automatizovat pomocí speciálně vytvořených konverzních programů). Součástí uživatelského rozhraní simulátoru jsou interaktivní animace, vytvářené pomocí softwarových animačních nástrojů. Interaktivní animace je pak nutné v simulátoru propojit se simulačním jádrem (animace jsou pak řízené modelem) – to je úlohou tzv. řídicí vrstvy. Vytvořený simulátor je pak distribuován uživatelům – pomocí CD ROM nebo prostřednictvím internetu. Simulátor se nainstaluje do počítače uživatele, některé simulátory jsou schopny běžet přímo v internetovém prohlížeči bez nutnosti instalace

Propojením různých profesí a technologií se **tvorba výukového softwaru** stává efektivnější, pozvolna přestává být výsledkem kreativity a pracovitosti jedinců a stále více získává **rysy inženýrské konstrukční práce** [18].

Během tvorby výukových simulátorů se využitelné technologie doslova měnily pod rukama. Objevovaly se nové technologie usnadňující tvorbu multimediálních animací, propojitelných se simulačním modelem na pozadí. Zároveň se objevily i simulační nástroje, usnadňující vytváření složitých hierarchicky organizovaných modelů.

Pro propojení jednotlivých vývojových nástrojů mezi sebou jsme si často museli vytvořit vlastní softwarové nástroje (např. pro automatizaci konverze modelů, vyvinutých v modelovacích nástrojích Simulink nebo Modelica do cílové platformy vytvářených simulátorů).

| Technologie používané pro vývoj interaktivních simulátorů | | | | | |
|---|---------------------|-------------------------------|--|--|--|
| Platforma | Modelovací nástroje | Konverze modelu do simulátoru | Nástroje pro vývoj simulátorů | Animační nástroje | Distribuce simulátoru |
| Control Web | Simulink / Matlab | Automatická | vývojové prostředí Control Web, C++ | Animační nástroje v prostředí Control Web, Adobe Flash | CD ROM s instalátorem nebo stažení instalačního programu z Internetu |
| Adobe Flash | Simulink / Matlab | Manuální | jazyk Action Script (Adobe Flash, Adobe Flash Builder) | Adobe Flash | Internetový prohlížeč (se zásuvným modulem Flash Player) |
| .NET | Simulink / Matlab | Automatická | Microsoft Visual Studio | Adobe Flash | Instalace do lokálního počítače z Internetu |
| Silverlight | Modelica | Automatická | Microsoft Visual Studio | Microsoft Expression Blend, Animate | Internetový prohlížeč (se zásuvným modulem Silverlight). |

Tabulka 1 — Námí využívané technologie tvorby výukových interaktivních simulátorů

Přehled námí používaných technologií při vývoji simulátorů uvádí tabulka 1. Porovnání výhod a nevýhod jednotlivých technologií uvádí tabulka 2.

O našich technologiích tvorby interaktivních simulátorů podrobněji pojednává článek [24] a [18]. Struktura našich modelů fyziologických systémů je více rozvedena v [19].

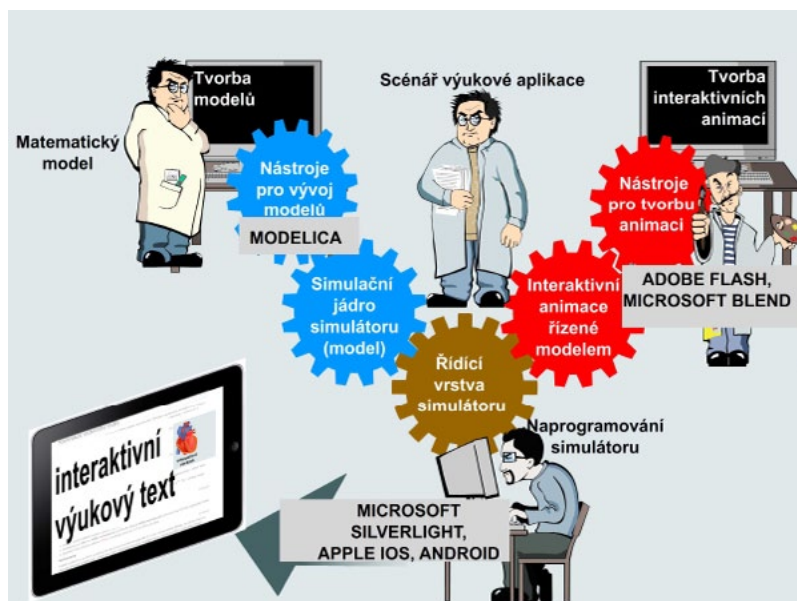
Podstatná není jen technologie tvorby, ale i didaktický obsah. Proto je nesmírně důležité, že si uplatnění simulačních her ve výuce můžeme vyzkoušet přímo ve výukovém procesu, kdy máme zpětnou vazbu vývojového týmu se studenty. To nám umožňuje vyvíjené modely modifikovat tak, aby byly s didaktického hlediska co nejpřínosnější.

9. Cíl – interaktivní učebnice pro tablety a lékařský тренаžér

Rychlý rozvoj tabletů, které se začínají využívat i jako médium pro elektronickou distribuci knih a interaktivních výukových materiálů otevírá možnost vytvářet lékařské učebnice zcela nového typu. Výukový text může být doprovázen interaktivními animovanými obrázky řízenými podle modelem na pozadí. To nám dá velké pedagogické možnosti pro vysvětlení složité dynamiky

| Porovnání technologií pro vývoj interaktivních simulátorů | | |
|---|--|--|
| Platforma | Výhody | Nevýhody |
| Simulátory na platformě Control Web | Jednoduché vytvoření uživatelského rozhraní z rozsáhlé nabídky virtuálních přístrojů. Automatické generování zdrojového programu pro simulační jádro ze Simulinku | Pracuje pouze pod operačním systémem MS Windows Příliš technický tvar uživatelského rozhraní, připomínající spíše velín průmyslového zařízení než obrázek z fyziologické učebnice. Omezený počet možných flashových animací. Nutnost distribuce s instalátorem provozního programu Control Web. Nutnost instalace na počítači klienta. |
| Simulátory na platformě Adobe Flash | Běží přímo v internetovém prohlížeči (s instalovaným zásuvným modulem Flash Player) na různých operačních systémech Bohaté možnosti vytváření animovaného uživatelského rozhraní. | Nutnost manuální konverze modelu ze Simulinku do jazyka ActionScript. Relativně pomalé simulační jádro (vhodné pro relativně malé modely) |
| Simulátory na platformě .NET | Automatické generování zdrojového programu pro simulační jádro ze Simulinku. Rychlé simulační jádro umožňuje vytváření výpočetně náročných simulátorů. | Běží pouze pod MS. Windows. Nutnost instalace na počítači klienta (pomocí technologie ClickOnce je však možno aplikaci nainstalovat a spustit z internetového prohlížeče) |
| Simulátory na platformě Silverlight | Běží přímo v internetovém prohlížeči (s instalovaným zásuvným modelem Silverlight) na různých operačních systémech. Rychlé simulační jádro umožňuje vytváření výpočetně náročných simulátorů. Deklarativní tvorba modelů (pracující přímo s rovnicemi) v jazyce Modelica. Automatické generování zdrojového programu pro simulační jádro z Modeliky. Společné prostředí pro simulační jádro i interaktivní animace. Při vytváření interaktivních animací nástroj Animtester poskytuje rozhraní mezi výtvarníky a programátory | Silverlight není v prohlížečích zatím tak rozšířen tak jako Flash Player |

Tabulka 2 — Výhody a nevýhody námi používaných technologií tvorby simulátorů.



Obrázek 8 — Tablety nabízejí možnost vytvářet zcela nový druh učebnic, kde je výklad doplněn interaktivními obrázky řízenými matematickým modelem na pozadí. Tak je možné pomocí simulačních her vysvětlit složité provázané dynamické souvislosti. Proto se v poslední době věnujeme vývoji technologií, které nám vytváření těchto nových výukových materiálů umožní..

fyziologických procesů. Proto v současné době vyvíjíme technologie, které nám tyto nové učební pomůcky umožní vytvářet (viz obr. 8).

Rozhraním výukových simulátorů nemusí být jen obrazovka počítače. Pokrok v technologii haptického snímání a v zobrazování virtuální reality přinesl novou třídu simulátorů určenou pro nácvik chirurgických technik. Rozvíjí se trh lékařských simulátorů, určených k procvičování praktického provádění některých zdravotnických úkonů (kardiopulmonální resuscitace, katetrizace, endoskopie, intubace pacienta apod.) na figuríně pacienta.

Stále více se však objevuje na trhu řada hardwarových trenažérů určených zároveň i k procvičování lékařského rozhodování. Jejich jádrem je integrovaný model fyziologických regulací lidského organismu, propojený s hardwarovým simulátorem.

Studenti na základě výsledků simulovaných vyšetření, a v sofistikovanějších simulátorech i na základě dat z reálných lékařských monitorů, připojených k figuríně pacienta, rozhodují o terapeutickém postupu, provádějí léčbu (od připojování pacienta na ventilátor umělé plicní ventilace či anesteziologický přístroj, přes kardiopulmonální resuscitaci, až po podávání simulovaných infúzí, a simulaci podávání příslušných léků). Tyto trenažéry mají velký význam zejména pro nácvik správného lékařského rozhodování v medicíně akutních stavů.



Obrázek 9 – Naším perspektivním cílem je vytvoření lékařského trenažéru využívajícího robotizovanou figurínu pacienta pro nácvik lékařského rozhodování. Simulační model přijímá vstupy z robotizované figuríny (např. simulovaná terapie), z připojeného počítače nebo z řídicí jednotky instruktora, výstupy modelu ovlivní chování figuríny, změni informace na připojeném monitoru i informace na řídicí jednotce instruktora.

Lékařské trenažéry umožňují, obdobně jako letecké trenažéry, zcela nový způsob výuky, kdy si student, bez nebezpečí pro pacienta může ve virtuální realitě procvičovat diagnostické a terapeutické úkony. Na rozdíl od reálného světa, ve virtuální realitě jsou chyby vratné. Ale nejenom to, student může podrobně sledovat průběhy hodnot nejrůznějších veličin, které u reálného pacienta nejsou běžně dostupné klinickému vyšetřování. Student také může opakovaně rozpojovat i zapojovat jednotlivé regulační smyčky, sledovat odezvy jednotlivých fyziologických subsystémů na nejrůznější vstupy odděleně od jejich okolí (což v reálném světě často není možné ani v těch nesložitějších experimentech). Simulátory tak mohou sloužit jako interaktivní výuková pomůcka k vysvětlení fyziologických mechanismů fungování lidského organismu.

Vlastní trenažér je, obdobně jako u leteckých pilotních simulátorů, řízen ze stanoviště operátora, odkud učitel může ovládat simulovaného pacienta a volit mezi nejrůznějšími scénáři simulovaných onemocnění (obr. 9). Ukazuje se, že z pedagogického hlediska je velice efektivní, když veškeré akce studentů jsou monitorovány a simulátor poskytuje podklady pro pozdější rozbor (debriefing) diagnostického a terapeutického postupu studentů u simulovaného onemocnění.

Sofistikované robotizované simulátory pacienta dnes vyrábějí především dvě velké společnosti. První je původně norská hračkařská firma Laerdal (<http://www.laerdal.com/>), která je dnes společností s pobočkami ve dvaadvaceti státech světa. Vyrábí sadu robotizovaných simulátorů, včetně simulátor SimBaby úspěšně využívaného jako lékařský тренаžér pro péči o novorozence a kojence.

Druhým úspěšným výrobcem je americká firma METI, jejíž robotizované тренаžéry jsou velmi efektivní (i když nákladnou) výukovou pomůckou pro výcvik anesteziologů a zdravotnických týmů zejména v oblasti medicíny akutních stavů.

Naším perspektivním cílem je vytvoření lékařského тренаžéru. Obdobně, jako je teoretickým základem leteckého simulátoru model letadla, základem lékařských výukových simulátorů je dostatečně věrný model fyziologických systémů lidského organismu. Jeho podrobná struktura (soustava rovnic a hodnoty parametrů) není obvykle u komerčních тренаžérů zveřejňována a stává se pečlivě chráněným technologickým know-how.

Matematický model fyziologických systémů se tak stává ceněným teoretickým podkladem pro praktické aplikace (Kofránek, 2010b). Problém tvorby matematických modelů, které jsou využitelné v lékařských тренаžérech, tkví v tom, že pro praktické využití **nestačí pouze sada modelů jednotlivých fyziologických systémů**. Modely jednotlivých fyziologických systémů musí být **propojeny do komplexního celku** a jejich chování musí s určitou přesností odpovídat chování fyziologického originálu.

Teoretickým podkladem lékařských тренаžérů je proto **integrováný model fyziologických regulací** zahrnující **matematické modely jednotlivých fyziologických subsystémů propojené do jednoho celku** a navíc musí zahrnovat vliv léků i propojení na modely lékařských přístrojů.

Tak se integrativní fyziologie a integrované modely fyziologických systémů stávají technologickým know how pro vývoj výrobků s vysokou přidanou hodnotou.

10. Poděkování

Tvorbu integrovaných modelů fyziologických systémů podporuje projekt MPO FR—TI3/869.

Literatura:

- [1.] Amosov, N. M., Palec, B. L., Agapov, G. T., Ermakova, I. I., Ljacob, E. G., Packina, S. A., a další: *Teoretičeskoe issledovanie fiziologičeskich sistem*. Kiev: Naukova Dumka, 1977.
- [2.] Basingthwaighte, J. B.: *Strategies for the Physiome Project*. *Annals of Biomedical Engineering*, 2000, 28, 1043–1058.
- [3.] Cheng, L., Ivanova, O., Fan, H., Khoo, M.C.K.: *An integrative model of respiratory and cardiovascular control in sleep-disordered breathing*. *Respir. Physiol. Neurobiol.*, 2010, 174, 4–28.
- [4.] Cheng, L., Ivanova, O., Fan, H., Khoo, M.C.K.: [Online] PNEUMA, Simulation of State – CardioRespiratory Interactions, Release 2.0 [cit. 2012–02–28]. Dostupný z <http://bmsr.usc.edu/Software/PNEUMA/PNEUMAGuide.html>

- [5.] Cheng L, Kho, M.C.: Modeling the autonomic and metabolic effects of obstructive sleep apnea: a simulation study. *Front. Physiol.* 2012,2:111. doi: 10.3389/fphys.2011.00111
- [6.] Dabney, J. B., & Harman, T. L.: *Mastering Simulink*. Houston: Prentice Hall, 2004.
- [7.] Fritzon, P.: *Principles of object-oriented modeling and simulation with Modelica 2.1*. Wiley-IEE Press, 2003
- [8.] Fritzon, P. *Introduction to Modeling and simulation of technical and physical systems with Modelica*. Willey,-IEE Press, 2012
- [9.] Guyton, A. C., Coleman, T. G., & Grander, H. J. : *Circulation: Overall Regulation*. *Ann. Rev. Physiol.* , 1972, 41, 13–41.
- [10.] Guyton, A. C., Jones, C. E., Coleman, T. G. : *Circulatory Physiology: Cardiac Output and Its Regulation*. Philadelphia, London, Toronto: WB Saunders Company, 1973.
- [11.] Guyton, A. C., Taylor, A. E., Grander, H. J. : *Circulatory physiology II. Dynamics and control of the body fluids*. Philadelphía, London, Toronto: W. B. Saunders, 1975
- [12.] Hester RL, Summers RL, Iliescu R, Esters J, Coleman TG. *DigitalHuman (DH): An Integrative Mathematical Model of Human Physiology*. *Proceedings of MODSIM World Conference 2009*.
- [13.] Hester RL, Iliescu R, Summers RL, Coleman TG. *Systems Biology and Integrative Physiological Modeling*. *J Physiol.* 2010 Dec 6. [Epub ahead of print] PMID: 21135044
- [14.] Hester R, Brown A, Husband L, Iliescu R, Pruett WA, Summers RL and Coleman T (2011). *HumMod: A modeling environment for the simulation of integrative human physiology*. *Front. Physiol.* 2:12. doi: 10.3389/fphys.2011.00012
- [15.] Hunter, P. J., Robins, P., & Noble, D. : *The IUPS Physiome Project*. *Pflugers Archive–European Journal of Physiology*, 2002, 445, 1–9.
- [16.] Ikeda, N., Marumo, F., Shirsataka, M. : *A Model of Overall Regulation of Body Fluids*. *Ann. Biomed. Eng.* ,1979, 7, 135–166.
- [17.] Kofránek, J.: *Komplexní modely fyziologických systémů jako teoretický podklad pro výukové simulátory*. In *MEDSOFT 2011 (Milena Ziethamlová Ed.)* Praha: Agentura Action M, Praha, str. 74–105, ISSN 1803–8115.
- [18.] Kofránek, J.: *Tvorba lékařských simulátorů. Habilitační práce pro obor Technická kybernetika, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Praha, 2010 (práce se zabývá inženýrskou stránkou technologie výstavby výukových simulátorů, je dostupná na <http://www.physiome.cz/references/habilitacnipraceCVUTJiriKofranek.pdf>).*
- [19.] Kofránek, J.: *Integrované modely fyziologických systémů. Habilitační práce pro obor Patologická fyziologie, Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Praha 2011 (práce se zabývá tvorbou rozsáhlých matematických modelů fyziologických systémů, je dostupná na http://www.physiome.cz/references/jirikofranekhabilitacnipraceUK_text.pdf a na http://www.physiome.cz/references/jirikofranekhabilitacnipraceUK_priloha.pdf).*
- [20.] Kofránek, J., Andrlík, M., Kripner, T., & Mašek, J.: *From simulation chips to biomedical simulator*. V K. Amborski, & H. Meuth (Editor), *Modelling and Simulation 2002*. *Proceedings of 16th European Simulation Multiconference*. Darmstadt: SCS Publishing House, 2002, 431–436. Práce je dostupná na adrese <http://www.physiome.cz/references/EURO-SIM2002.pdf>.
- [21.] Kofránek, J., Anh Vu, L. D., Snášelová, H., Kerekeš, R., & Velan, T.: *GOLEM – Multimedia simulator for medical education*. V L. Patel, R. Rogers, & R. Haux (Editor), *Studies in Health Technology and Informatics*, 2001, vol. 84, MEDINFO 2001, *Proceedings of the 10th World*

- Congress on Medical Informatics. 1042–1046. London: IOS Press, 2001. Práce je dostupná na adrese <http://www.physiome.cz/references/MEDINFO2001.pdf>
- [22.]Kofránek, J., Mateják, M., Ježek, F., Privitzer, P., Šilar, J.: Výukový webový simulátor krevního oběhu. In MEDSOFT 2011 (Milena Ziehamlová Ed.) Praha: Agentura Action M, Praha, str. 106–121, ISSN 1803–8115.3,4
- [23.]Kofránek, J., Mateják, M., Privitzer, P.: Large scale physiological models in Modelica. Proceedings of 8th. International Modelica conference 2011, internetový sborník https://www.modelica.org/events/modelica2011/Proceedings/pages/papers/23_poster_ID_175_a_fv.pdf, 12 str.
- [24.]Kofránek, J., Mateják, M., Privitzer, P.: Web simulator creation technology. In: MEFANET report 03 (Dušek, Vladimír Mihál, Stanislav Štípek, Jarmila Potomková, Daniel Schwarz, Lenka Šnaidrová, Eds.). Institute of Biostatistics and Analysis. Masaryk University, 2010, ISSN 1004–2961, vol. 3, 52–97.
- [25.]Kofránek, J., Mateják, M., Privitzer, P.: Complex model of integrated physiological systems – a theoretical basis for medical training simulators. In: MEFANET report 04 (Daniel Schwarz, Martin Komenda, Stanislav Štípek, Vladimír Mihál, Eds.). Institute of Biostatistics and Analysis. Masaryk University, 2011, ISSN 1804–2961, ISBN 978–80–210–5539–1, vol. 4, . 32–59.
- [26.] Kofránek, J., Matoušek, S., Ruzs, J., Stodulka, P., Privitzer, P., Mateják, M., Tribula M.: The Atlas of physiology and pathophysiology: web-based multimedia enabled interactive simulations. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 104(2), 143–153, 2011
- [27.]Kofránek, J. Privitzer, P. Mateják, M., Matoušek, S.: Use of web multimedia simulation in biomedical teaching. In Proceedings of the 2011 International Conference on Frontiers in Education: Computer Science & Computer Engineering, Las Vegas, July 18–21, 2011, (H. R. Arabia, V. A. Cincy, L. Deligianidis, Eds.), ISBN 1–60132–180–5, CSREA Press, Las Vegas, Nevada, 2011, 282–288.
- [28.] Kofránek, J., Ruzs, J.: Od obrázkových schémát k modelům pro výuku. *Československá fyziologie*, 2007, 56(2), str. 69–78. Práce je dostupná na adrese <http://www.physiome.cz/references/CSFyziol2007.pdf>
- [29.]Kofránek, J., Ruzs, J.: Restoration of Guyton diagram for regulation of the circulation as a basis for quantitative physiological model development. *Physiological Research*, 2010, 59, str. 897–908 Práce je dostupná na adrese http://www.biomed.cas.cz/physiol-res/pdf/59/59_897.pdf
- [30.]Kofránek, J., Ruzs, J., Matoušek, S.: Guytons Diagram Brought to Life – from Graphic Chart to Simulation Model for Teaching Physiology. V P. Byron (Editor), *Technical Computing Prague 2007. Full paper CD-ROM proceedings..* Praha: Humusoft s.r.o. & Institute of Chemical Technology, 2007, 1–13, Práce je dostupná na adrese <http://www.physiome.cz/references/TCP07.pdf>
- [31.]Lloyd, C. M., Halstead, M. D., Nielsen, P. F.: CellML: its future, present and past. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 2004, 85, 433–450.
- [32.]Mangourova, V., Ringwood, J., Van Vliet, B.: Graphical simulation environments for modelling and simulation of integrative physiology. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 2011, 102, 295–304.
- [33.]Raymond, G. M., Butterworth, E., Bassingthwaight, J.: JSIM: Free Software Package for Teaching Physiological Modeling and Research. *Experimental Biology*, 2003, 280, str. 102–107.

- [34.] Thomas, R.S. Baconnier, P., Fontecave, J., Francoise, J., Guillaud, F., Hannaert, P., Hernández, P., Hernández, A., La Rolle, V., Maziere, P., Tahi, F., White, R. J.: SAPHIR: a physiome core model of body fluid homeostasis and blood pressure regulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 2008, 366, 3175–319.
- [35.] Tiller M., M.: *Introduction to physical modeling with Modelica*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2001.

Kontakt:

doc. MUDr. Jiří Kofránek, CSc.,
Oddělení biokybernetiky,
Ústav patologické fyziologie 1. LF UK
U nemocnice 5, 128 53 Praha 2
tel: +420 777-686868
e-mail: kofranek@gmail.com
<http://physiome.cz>

AUTOMATIZACE VYUŽITÍ BLOKOVÝCH ŘEŠENÍ PRO VÝVOJ ARCHITEKTUR IS

Daniel Krsička, Milan Šárek

Anotace

Interoperabilita je motivace, kapacita a schopnost dvou a více subjektů spolupracovat za účelem dosažení společných cílů. Požadavky na interoperabilitu ovlivňují rozvoj architektury procesů, dat, aplikací i technologií. Pouhá technologická standardizace umožňující výměnu dat mezi systémy negarantuje plnou interoperabilitu. K tomu je nutné zajistit nejen samotnou výměnu dat, ale také sdílení jejich interpretace a způsobu využití. Schopnost realizovat potřebnou výměnu dat definovaným způsobem, v dohodnuté kvalitě a udržet tyto schopnosti v průběhu vývoje jednotlivých integrovaných systémů, je jedním z dílčích cílů disciplíny Enterprise Architecture. Prezentovaný záměr si klade za cíl definici a otestování předpřipravených architektonických vzorů a bloků (Solution Building Blocks) pro doménu integrace informačních systémů ve zdravotnictví. Výsledné bloky včetně hodnotících kritérií a metody pro jejich využití budou otestovány v prostředí Krajské zdravotní a. s. Podstatou inovace je možnost budování a rozvoje ICT struktur z prefabrikovaných řešení určených právě pro danou organizaci (organization specific), tj. s mnohem vyšší pravděpodobností přímé použitelnosti a udržitelnosti v čase ve srovnání s genericky dostupnými systémy. Primárním cílem prezentovaného výzkumného záměru není implementační programátorská práce na integračním řešení, ale analýza a návrh bloků a jejich použití.

Klíčová slova

Interoperabilita, enterprise architektura, integrační architektura, zdravotnictví

1. Penetrace ICT do medicíny a zdravotnictví

Lze vzájemně rozlišovat různé obory lidské činnosti, každý s různou mírou penetrace informačních a komunikačních technologií (ICT). Medicína a zdravotnictví patří k oborům, kde využití ICT neustále narůstá. Přesto, že primární činností medicíny je interakce lékaře a pacienta tj. lidí, řadu podpůrných činností mají na starosti křemíkové stroje. A stejně jako v jiných oborech se lidé postupně stávají na ICT závislí. Bez využití ICT nelze udržet a dále zvyšovat rozsah a kvalitu zdravotnické péče, stejně jako není možné účinně vykonávat výzkum.

Ve zdravotnické organizaci běžně existuje řada aplikací a systémů, nejčastěji členěná tak, jak vznikla v čase tj. podle organizačních procesů nebo organizační struktury. Každý systém lze zařadit do jedné z 3 kategorií: vyvinutý na míru, zakoupený od 3. strany nebo jejich kombinace. Jak ukazuje celosvětová praxe, ani ty největší systémy od největších výrobců software

nemohou vyhovět všem potřebám organizace. Softwarový systém vychází ze svého návrhu a ten z analýzy založené na modelu architektury (viz dále). Opačný postup by měl katastrofální následky [04]. Nevyhnutelně se tedy setkáváme s potřebou systému spolu propojovat (integrace) a s různými úrovněmi spolupráce (interoperabilita – viz dále). Samotná technologická integrace je velmi primitivní a nestačí k dosažení cílů, daných organizací jako celkem [02]. Postupnou indukci v oboru informatiky se v minulosti formovala problematika architektury informačních systémů, která od 70. let minulého století [22] mnohonásobně zvětšila svůj záběr. V tomto článku se pokusíme záběr architektury v dnešním měřítku znázornit a vyvodíme potřebu definice předpřipravených integračních bloků, které umožní zdravotnické organizaci zvýšit transparentnost a flexibilitu svých procesů i systémů.

2. Architektura, integrace, řízení architektury

Architektura genericky je definována jako podoba struktury objektů, které vykazují určité vlastnosti a chování. Toto chování je dáno vzájemnou interakcí mezi objekty tj. šířením událostí vyvolávajících změny ve vlastnostech objektů, vnitřní činností objektů projevující se transformační vstupních událostí na výstupní, případně koordinací činností jedné skupiny objektů skupinou jinou (řízení). Tak lze architekturu vnímat jako definici chování systému. Z uvedeného plyne, že každý systém má svou architekturu, bez ohledu na to, zda je identifikována, popisována nebo řízena. Systém tvoří obecně libovolná množina objektů (rolí, komponent, služeb, ...). Za systém lze považovat běžný počítačový systém stejně jako fungující firmu, lidskou komunitu nebo třeba živý organismus. Jednotlivé typy se od sebe liší pouze druhem objektů, tedy i vlastnostmi a chováním tj. typem vzájemných vazeb a především různou úrovní složitosti. Systémy se také mohou vzájemně obsahovat a to buď se překrývat, nebo výlučně vlastnit. Řízením a rozvojem architektury komplexních IT systémů situovaných v prostředí organizací se zabývá disciplína Enterprise Architecture (EA). Paradigmatem EA je rozšíření zájmové oblasti IT architektury mimo rámec správy ICT. Používané i rozvíjené metodiky řízení Enterprise Architecture [01] se vyvíjí od zaměření na pouhý popis architektury k metodám a kritériím podporujícím rozhodování v řízení architektury. V tomto článku se zaměříme na podmnožinu EA – tzv. integrační architekturu (EAI) [02]. Doménou EAI je část IT, zabývající se propojováním informačních systémů mezi sebou. Představíme záměr připravit podpůrný rozhodovací aparát pro řízení EAI, včetně použitelných stavebních bloků k realizaci zmíněných rozhodnutí. Záměr bude nejprve zdůvodněn poukázáním na důležité vazby v EA, vyvozením potřeby koordinovaného řízení architektury ve společnosti a nastíníme možnosti standardizace řízení v oblasti integrací informačních systémů ve shodě s principy řízení rozvoje EA.

3. Systém a interoperabilita

Systém je množina objektů, které mezi sebou vzájemně kooperují. Systém je tedy specifikací architektury. Spolupráce probíhá buď lokálně mezi jednotlivými objekty resp. částmi systému, nebo mezi různými systémy vzájemně. Ve středu

zájmu jsou systémy podporující dosahování (obchodního) cíle, k vykonávání definované činnosti. Schopnost systémů různé úrovně vzájemně komunikovat a spolupracovat za účelem dosahování společného cíle je definována jako interoperabilita. Interoperabilitu lze rozlišovat na několika úrovních [03][04]. V ICT praxi je tou běžně realizovanou interoperabilita technologická, která je ICT personálu nejbližší. Jedná se o přístup k integraci informačních systémů uvnitř společnosti nebo i mezi nimi s důrazem na schopnost komunikace integrovaných IS. Dále budou demonstrovány limity výhradně technologické interoperability. IT je i v mnoha zdravotnických organizacích jejich integrální, neoddelitelnou součástí, na které je přímo závislá celá řada kritických procesů a provozů. Jak bude ukázáno dále, soustředěním se na technologickou interoperabilitu jsou možnosti řízení architektury systému tendenčně ovlivněny a schopnost optimálně podporovat strategické cíle společnosti je tak drasticky snížena.

Přitom nelze tvrdit, že by neexistovaly technické prostředky k dosažení vyšších úrovní interoperability. Příklady a zdůvodnění uvádí např. [08]. Je zřejmé, že teoretický aparát i technologická realizace je k dispozici, nicméně její praktické uplatnění je mnohem náročnější. Problematiku dobře ilustruje tzv. Enterprise Continuum [01]. Podmínkou je zvládnout a přijmout generické principy budování softwarových systémů, jejichž definice a metodika budování jsou dnes na vysoké úrovni vyspělosti. Existuje jazyk ke specifikaci, vizualizaci a konstrukci softwarových systémů [09] stejně jako standardy pro definici sémantiky systémů [10] určené pro obor softwarového inženýrství. Jsou definovány metodiky řízení softwarového procesu [11]. Podobně standardy pro různé domény architektury IS v oblasti zdravotnictví jsou celosvětově poměrně dobře definovány, především pro doménu datové architektury [24] [25] [26] [27] [28]. Hlavní důraz na datovou architekturu dle [01] je pro medicínu a zdravotnictví přirozený, protože ICT našlo v těchto oborech primární oporu v evidenci informací, nikoli např. v řízení procesů. Globální přijetí uvedených vyspělých mezinárodních datových standardů pro zdravotnictví v českém prostředí je minimálně sporné. Nicméně, poslední úroveň – architektonická standardizace vycházející z výše uvedených, specifická pro danou organizaci (tzv. Organization Specific Architecture), je v ČR pojmem prakticky neznámým. Právě zde lze hledat základní riziko pro řízení architektury IS v českém zdravotnictví resp. v jednotlivých organizacích. Důsledky zmíněné absence budou ilustrovány dále v tomto článku.

4. Nedostatečnost technologického přístupu

Nedostatečnost čistě technologického přístupu k integraci IS lze dobře demonstrovat, budeme-li hledat ekvivalence mezi úrovněmi interoperability podle [06] a levely referenčního modelu ISO/OSI [05]. Referenční model ISO/OSI je běžně používaným modelem v ICT doméně, a IT role ho rutinně používají při organizaci své práce, modelování požadavků, mapování požadavků na komponenty, z nichž budují řešení apod. V IT tak ISO/OSI často určuje rozsah zájmu jednotlivých pracovníků, tedy i rozsah modelů a dokumentace, které

jsou v IT doméně vytvářeny a udržovány. Provedeme vzájemné přiřazení sémanticky si odpovídajících úrovní ISO/OSI modelu a úrovní interoperability podle [06]. Každá úroveň interoperability je charakterizována přítomností určitých artefaktů v systému s danou architekturou. Na druhé straně pro jednotlivé úrovně ISO/OSI modelu jsou definovány funkce, které musí artefakty dané vrstvy vykonávat. Lze ukázat, že v hypotetickém systému s nejvyšší definovanou úrovní interoperability nalézáme takové objekty, které nelze svou funkcí přiřadit žádné vrstvě ISO/OSI modelu. Typicky se jedná o organizační jednotky, osoby, role, definice významů, slovníky apod. Konkrétní ekvivalentní mapování je uvedeno v (tab. 1).

| ISO 7498 level | Interoperability Level | Vlastnosti dané úrovně |
|-------------------|--------------------------|--|
| N/A | Organizational / Service | Schopnost kooperace business procesů, společné strategické cíle, společné metody dosahování obchodních cílů. Např. schopnost orchestrace napříč společnostmi |
| N/A | Semantic | Společný význam dat (společné informace), stejná terminologie rolí |
| L7 – Application | Syntactic | Společná struktura informací tj. dat, které mají přímý význam pro role v procesech |
| L6 – Presentation | Structural | Společná struktura dat (formát), vzájemně viditelná mezi komunikujícími systémy |
| L5 – Session | Technical | Společné / integrovatelné technologie, komunikační protokoly - obecně zajištění přenosu dat |
| L4 – Transport | | |
| L3 – Network | | |
| L2 – Data link | | |
| L1 – Physical | | |

Tabulka 1 — Ekvivalence mezi vrstvami ISO/OSI modelu a úrovněmi interoperability

5. Korelace s vyspělostí organizace

Interoperabilitu je možné vnímat i jako hodnotící veličinu, která je v korelaci s úrovní vyspělosti celé organizace. Vhodným měřítkem pro hodnocení vyspělosti organizace, tedy schopnosti řídit, vyhodnocovat a optimalizovat své procesy na základě definovaných postupů, je Capability Maturity Model Integration (CMMI) [07]. Obory softwarového inženýrství i proces managementu tak získávají aparát ke standardizaci svých postupů. Od reaktivní úrovně,

kdy organizace resp. IT pouze jednosměrně reaguje na požadavky businessu, přes identifikaci a definici procesů, postupů, jejich následné kvalitativní vyhodnocování až ke schopnosti zpětnovazebně optimalizovat svou vlastní činnost na základě vyhodnocení kvality provádění své vlastní činnosti.

Pokud se zaměříme na úroveň vyspělosti ICT ve společnosti, lze najít korelaci mezi úrovní interoperability, kterou architektura dané společnosti disponuje a úrovní její vyspělosti dle CMMI. Jak IT resp. celá společnost postupuje k vyšším úrovním CMMI hodnocení, tím je interoperabilita jejich systémů vyšší. Je to dáno předpoklady, které daná úroveň CMMI klade na organizaci jako celek. Pokud jsou splněny, znamená to, mimo jiné, že interoperabilní jsou nejen systémy, ale i procesy, organizační jednotky apod. S vyšší úrovní CMMI tak roste i interoperabilita. CMMI se a priori nezabývá hodnocením interoperability ale úrovní procesů. Např. řízení softwarového procesu (vývoje IS) o určité úrovni CMM hodnocení je podmíněno schopností kooperace určitých rolí v organizaci resp. společně spravovanými procesy a modely. Právě procesy identifikace a definice postupů, jejich měření, vyhodnocování a optimalizace nutí ke kooperaci a postupně integrují další role ve společnosti. Nejprve jsou přivedeni k potřebě vzájemné spolupráce jednotliví ICT pracovníci, následně dochází ke vzniku specializovaných rolí v IT oddělení, které se soustředí na aktivity governance a compliance. Podrobnosti mapování a hledání ekvivalencí uvádí [12].

Po definici a implementaci společných IT standardů (IT standardizace v IT oddělení / IT doméně) je možné dosáhnout maximálně až úrovně syntaktické interoperability. Tj. jednotlivé integrované systémy mohou být vzájemně propojeny a komunikovat mezi sebou data ve formátu srozumitelného všem systémům (nikoli procesům nebo lidem). Z uvedeného plyne, že organizace, která se vědomě nevěnuje problematice řízení Enterprise architektury, nemůže jako celek dosáhnout vyšší úrovně v hodnocení CMMI než 3. Uvnitř ICT domény sice lze provádět měření a vyhodnocování provádění definovaných procesů, nicméně nastavené metriky budou logicky jen metrikami ICT domény, nikoli společnosti jako celku. Není třeba opakovat, že ICT je ve společnosti pro její podporu (podporu business procesů), nikoli naopak. Pokud tedy mají být v organizaci implementovány compliance procesy pomocí definovaných metodik [17] [18] nebo např. [19] a architektura založená na normách [13] [14] [15] [16] a dalších, je nezbytně nutné se zaměřit na zvyšování interoperability společnosti resp. jejich systémů. Předmětnou disciplínou je právě Enterprise architektura a její řízení. Problematika řízení EA tak jasně překračuje hranice ICT domény (IT oddělení).

S rostoucí úrovní CMMI resp. interoperability se mění i organizační postavení IT oddělení v organizaci. Původní role poskytovatele technických služeb se doplňuje a transformuje o roli participující na řízení společnosti. Klíčovými přínosy IT v této nové roli jsou především informace o dostupných kapacitách a schopnostech organizace stejně jako informace o procesech, které se ve výkonné rovině překrývají, kříží, čerpají stejné prostředky vícenásobně apod. Organizace nastavená na úrovni CMMI 4+ pak má otevřené dveře ke své vlastní účinné optimalizaci.

S optimalizací zdravotnických organizací pak souvisí posun v objektu jejich zaměření. Původně definované činnosti založená na vykazování činnosti jednotlivých organizačních složek (klinik, oddělení) se postupně mění. Primárním cílem se stává optimalizace procesů v organizaci jako celku. Důraz na globální zájmy celé zdravotnické organizace má řadu následků. Příkladem může být důraz na compliance certifikace nebo změny v plánování a rozdělování rozpočtu v organizaci. Jednou nastartovaná transformace otevírá další možnosti implementace plošných změn – v ICT např. využití EHR založeného na mezinárodních standardech. Lze očekávat, že v budoucnu dojde k dalšímu posunu přístupu vedení zdravotnických organizací a zaměření na procesy bude změněno na zaměření na pacienta / klienta / zákazníka. Tento posun je, především, odborné lékařské společnosti vnímám často jako kontroverzní, nicméně je předpovídan v jiných, blízkých doménách [04][03].

6. Zvyšování interoperability jako strategický cíl

Zvyšování interoperability informačních systémů resp. organizace jako celku je jedním z hlavních cílů řízení EA, byť většinou není strategií společnosti přímo jmenován. Tento cíl, zasahuje více domén napříč celou organizací [03] [04] [06]. Zvyšování interoperability je nutné do konkrétních cílů nejen podle domén, ale také s ohledem na fáze životního cyklu jednotlivých systémů. Úkolem architekta jako role, která EA praktikuje, je mimo jiné i nalezení a správa společného modelu architektury, který zachycuje informace klíčové pro její řízení. Takový model lze rozpracovávat hierarchicky na různých úrovních obecnosti. Základní klíčové informace lze odvodit z metamodelu uvedeného v [13]. Jednotlivé role, participující na řízení EA (stakeholders) pracují ve vzájemně nesourodých doménách. Jsou školeni v rozdílných oborech, používají odlišnou terminologii a jejich práce je soustředěna vždy jen na část business procesů, které společnost vykonává. Úkolem architekta tak je hledat a komunikovat mapování jednotlivých pojmů, jejich vztahů, konstrukcí a modelů mezi jednotlivými doménami

Architekt nejčastěji pochází z IT domény, nicméně je konfrontován prakticky se všemi oblastmi organizace (doménami), kterých se IT dotýká. Jak bylo uvedeno v úvodu, počet takových domén neustále roste. Protože jednotlivé domény představují lidé pracující ve vzájemně odlišném prostředí, s odlišným vzděláním a životní praxí, musí architekt rozlišovat a řešit komunikaci společného modelu architektury na několika úrovních [04]. Jde nejen o to informace centralizovat, ale také je nabídnout zúčastněným v jazyce, kterému rozumí a zajistit, že jejich porozumění a následná činnost bude odpovídat původnímu záměru abstrahovanému z reality do modelu.

7. Model architektury jako prostředek

Model architektury zachycuje entity a vazby významné pro zúčastněné klíčové role (stakeholders). Model je abstrakcí reality, tj. zachycuje pouze některé její aspekty. V modelu jsou zachycena jen fakta umožňující ukázat klíčové

potřeby jednotlivých stakeholderů, jejich motivaci, dále realizaci potřeb, důsledky a vzájemná propojení. Naopak nepodstatné informace nejsou v modelu zachyceny. Model architektury v rozsahu problematiky EA pokrývá řadu vzájemně nesourodých domén, jako např. strategie a cíle společnosti, jednotlivé klinické specializace, laboratorní specializace, vnitřní administrativa, nákup materiálů a služeb, provoz ICT infrastruktury, provoz a rozvoj IT aplikací apod. Korektní model architektury umožňuje ukázat vzájemné vazby mezi jednotlivými doménami. Pro svou komplexitu se však jako celek stává nečitelným pro jednotlivé zúčastněné. Umožňuje sice zobrazit veškeré objekty ze vzájemně různých domén a všechny relace, nicméně takový model je nepoužitelný k demonstraci informací o existujících systémech, nelze na něm budovat další nové řešení ani není možné ho užít jako nástroj při podpoře rozhodování. Je zřejmé, že architektonický model má opodstatnění teprve tehdy, když poskytne užitnou hodnotu. K dosažení tohoto cíle je tedy nutné přikročit k dalším krokům, které korelují s definicí informačního cyklu a užité hodnoty informace podle [03][04][06]:

1. zvýšit čitelnost modelu a zajistit tak správné porozumění modelu (zlepšit porozumění modelu na základě upřesnění sémantiky)
2. zajistit, že informace bude správně použita (zajistit správnou reakci stakeholdera na informaci, které porozuměl)

7.1 Zvýšení čitelnosti modelu

Čitelnost modelu lze zvýšit několika způsoby, které se vzájemně doplňují. Základním principem je definice předpřipravených pohledů na model (viewpoints), které každý zobrazují jen ty informace (objekty, relace, vlastnosti), které jsou důležité pro danou roli (stakeholdera). Existenci takových viewpoints deklaruje i [13]. Příklad implementace lze nalézt v [23]. Podmínkou je konzistentní model architektury, existující mapování mezi jazyky a modely jednotlivých domén a samozřejmě definice rolí, pro které se viewpoints definují. Roli lze definovat na základě její organizační pozice, integrace do procesů organizace, náplně práce, sféry zájmu a sféry vlivu. Viewpoint je pak taková projekce modelu, která vyhovuje určené roli z dané domény (např. vedení společnosti, specialista v oboru, administrativní pracovník, technický pracovník apod.) a zobrazuje z unikátního modelu jen ty objekty, vlastnosti a relace, které jsou pro danou roli potřebné a srozumitelné. Je tedy nutné viewpoint vyjádřit v jazyce, který role z dané domény zná a umí použít. S tím souvisí problematika ontologií a jejich vzájemného mapování. Ontologie a jejich vazby na interoperabilitu je poměrně široké téma a jeho rozbor je mimo rozsah tohoto textu.

7.2 Zvýšení použitelnosti modelu

Naopak, tento článek je zaměřen na zajištění správných akcí zúčastněných rolí (stakeholderů) na základě porozumění informacím z modelu architektury. Jak bylo uvedeno výše každý stakeholder participuje na řízení architektury

(tj. zvyšování interoperability) pomocí jednoho či více viewpoints [23]. Viewpoint musí zohledňovat doménu daného stakeholdera, používat příslušný jazyk a zobrazovat jen ty entity z ostatních domén, které jsou s entitami stakeholderovi vlastními v přímém kontaktu. Příkladem může být relace mezi procesní aktivitou a IT systémem, který ji podporuje, v EPC diagramu. Je přirozené, že prakticky žádný stakeholder není schopen rozumět celému modelu architektury ve všech jeho detailech. Zvláštní postavení zaujímá architekt resp. enterprise architekt, který musí znát, rozumět a být schopen komunikovat jednotlivé části modelu na úrovni jeho konceptu. Pro architekta je nezbytné znát participující domény, být schopen mapovat mezi sebou základní koncepty a pojmy jednotlivých domén. Architekt rozumí principům řízení architektury, metodám analýzy, výstavby a udržování modelu. Nicméně, informace v modelu obsažené, nemůže, na rozdíl od jednotlivých stakeholderů, znát ani zdaleka tak podrobně jako jednotlivé role z participujících domén.

Na první pohled jedinečná, je role výkonného managementu, kterému model architektury resp. příslušná sada viewpoints slouží jako nástroj pro podporu rozhodování. Právě v podpoře rozhodování ve věcech identifikace příležitostí, analýzy rizik, gap analysis, plánování kapacit a řadě dalších témat lze najít primární účel modelování architektury. V prvním přiblížení je uvedena hodnota přínosem pouze pro management, ale při bližším zkoumání se stane zřejmé, že prakticky každý viewpoint lze využít pro podporu rozhodování v dílčích doménách. Každý klíčový stakeholder by tak měl profitovat ze své vlastní participace na udržování a rozvoji modelu architektury. Úkolem architekta je vždy hledat uvedené přínosy pro každého stakeholdera. Pokud takový přínos není nalezen, je spolupráce s daným stakeholderem nebo dokonce celou doménou vážně ohrožena. Vyčlenění jedné nebo více domén z modelu architektury je neslučitelné s dlouhodobou udržitelností řízení a rozvoje architektury resp. optimalizací fungování celé společnosti.

8. Metodika jako prostředek

V doménách, které jsou v relaci s ICT infrastrukturou, mohou být definovány procesy, zajišťující právě řízení architektury. Nejpoužívanější hlediska jsou ICT provoz a vývoj aplikací. Existují standardy pro řízení ICT provozu [17] i pro vývoj aplikací [11]. Charakteristickým znakem uvedených metodik je vždy definice pracovního cyklu resp. iterace. Existence opakujícího se procesu s sebou nese obrovský potenciál použití opakovaně použitelných entit, v našem případě standardů a komponent přímo realizující požadované funkce.

Je tedy přirozené, že v oblasti softwarového inženýrství byly vyvinuty principy pracující s dekompozicí dané problematiky na dílčí bloky, realizující potřebné funkce. Opětovnou kompozicí pak lze dosahovat požadovaného řešení. Uvedené paradigma je v informatice silně zakotveno a periodicky se vrací tak, jak jsou poptávány stále složitější požadavky. Od komplexních strojových instrukcí, přes procedurální programování, k objektům a softwarovým komponentám až třeba k webovým službám. Všechny uvedené přístupy mají

společný znak – skrytí vnitřní funkcionality a zveřejnění jen těch informací, které jsou k použití (volání) potřeba. Tím se snižuje celková komplexnost řešení a zvyšuje se flexibilita tj. schopnost řešení (IT systému) změnit se podle nových požadavků v kratším čase ve srovnání s realizací změněných požadavků znovu ad-hoc.

8.1 Inkompatibilita a nedostatky

Uvedené postupy s sebou vždy přinesou problém nekompatibility jednotlivých implementací, plynoucí z omezení řešení na syntaktickou úroveň. Jednoznačnost / význam komponent je tak definován jen strukturálně. Významová část určující (správné) použití komponenty je v nejlepším případě dána popisem ve formě volného textu tj. neformálně. Toto rozdělení je přirozené hned z několika důvodů:

- Počítačové systémy obecně jsou zobrazením části reálného světa (podporují reálné procesy). Člověk pro vyjadřování se o obecných věcech používá přirozený jazyk, jehož vyjadřovací schopnosti jsou obrovské, nicméně formalismus ve smyslu matematické logiky je malý. Definice sémantiky resp. integritních omezení [10] je pro obecné využití v praxi poměrně obtížná právě proto, že člověku je přirozené využívat neformálních jazyků. Při komunikaci významu mezi IT a non IT rolemi (doménami) je použití striktně formálního jazyka vždy zdržením. Zdržení je tím větší, čím přesnější má být specifikace.
- Kompozice prvků je v praxi prováděna právě s ohledem na ICT doménu, případně s účelovým ohledem na jednu doménu, řešenou v rámci jednoho implementačního projektu. Komponenty / služby (5. level interoperability) resp. obsah jejich rozhraní (4. level interoperability) jsou tak definovány buď bez širší analýzy, nebo s ohledem na jeden účel. Tento fakt a priori brání širšímu využití služeb podporujících business procesy a zvyšování interoperability společnosti.
- Pro evoluci v ICT doméně je typické, že problém nedostatečně uchopené problematiky aktuální vrstvy (procedury, komponenty, služby), je řešen přidáním vrstvy nové, vyšší, obsahující koncepty, jejichž respektováním lze interoperabilitu zvýšit. Úspěchu brání neustále postupné zvyšování komplexity business procesů, kde zdravotnictví není žádnou výjimkou) a dále obchodní zájmy ICT dodavatelů. Zdravotnická organizace bez vlastního řízení architektury je tak vystavena přímému vlivu dodavatele ICT, který opět plánuje pouze v rozsahu svých schopností a rozpočtu daného projektu, navíc je motivován i limitován množinou vlastního know-how a kapacit. Jak bylo uvedeno a vysvětleno dříve [20] [21], řízení a rozvoj vlastní architektury nelze outsourcovat ani dodat v rámci projektu externím dodavatelem. Enterprise architekt stejně jako další klíčové role (aplikační, technologický, business, datový architekt etc.) musí být přímou součástí dané společnosti.

9. Integrovaní Solution Building Blocks

Riziko problémů s inkompatibilitou lze snížit, pokud jsou v organizaci definovány komponenty vycházející z Common System a Industry-specific standardů [01]. Zpracování plánu rozvoje architektury (roadmap) zohledňující cíle a procesy společnosti a dále výše uvedené standardy dává základ pro řízení EA v dané společnosti.

Zásadním doménou EA je oblast budování integrací informačních systémů. Nejdůležitější funkce jsou realizovány v existujících systémech. Rozvoj většinou promiňuje zpřístupnění těchto funkcí systémům dalším. Je tedy nasnadě, že podstatnou část realizace vyplývající z řízení EA se týká budování a rozvoje integrací mezi systémy (EAI – Enterprise Application Integration).

Základem správného EAI je standardizace. Právě standardizací v EAI se věnuje prezentovaný výzkumný záměr. Cílem je definovat integrační infrastrukturu (logický Enterprise Service Bus – ESB), kterou budou moci definovat pro vzájemnou interoperabilitu systémy resp. procesy Krajské zdravotní a. s. (KZ). Bude nutné definovat požadavky na interoperabilitu procesů KZ vně a uvnitř společnosti, stejně jako cílový level interoperability. S ohledem na tyto a další informace (týkající se už přímo detailů KZ) bude možné provést návrh konceptu ESB a jeho dílčích částí. Očekáváme, že požadavky jednotlivých stakeholderů budou vzájemně odlišné. Je žádoucí, aby výsledná integrační infrastruktura byla bezesporná tj. použitelná klíčovými stakeholdery KZ za podmínek a nákladů stanovených strategií společnosti.

Literatura:

- [1.] TOGAF Version 9. 9th ed. Zaltbommel: Van Haren Publishing, 2009. ISBN 978–9087532307.
- [2.] HOHPE, Gregor. *Enterprise integration patterns: designing, building, and deploying messaging solutions*. Boston: Addison–Wesley, 2004, 683 s. ISBN 03–212–0068–3.
- [3.] BLOBEL, B. *Architectural Approach to eHealth for Enabling Paradigm Changes in Health. Methods of Information in Medicine*. 2010, roč. 49(č. 2), 123–134. DOI: 10.3414/ME9308. Dostupné z: <http://www.schattauer.de/index.php?id=1214>
- [4.] BLOEBEL, Bernd. *Ontologies, Knowledge Representation, Artificial Intelligence – Hype or Prerequisites for International pHealth Interoperability?*. In: STOICU–TIVADAR, Lăcrămioara. *E–health across borders without boundaries: proceedings of the EFMI Special Topic Conference, 14–15 April 2011, Laško, Slovenia = E–salus trans confinia sine finibus*. Amsterdam: IOS Press, c2011, 11 – 20. *Studies in health technology and informatics*, v. 165. DOI: 10.3233/978–1–60750–735–2–11.
- [5.] ISO/IEC 7498–1:1994. *Information technology – Open Systems Interconnection: Basic Reference Model: The Basic Model*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 1997.
- [6.] BLOEBEL, Bernd, Frank OEMIG, Carolina GONZALES a Diego LOPÉZ. *What is Missing in Health Informatics. Medical and care computenics* 6. Washington, DC: IOS Press, 2010(č. 156), 3–12. DOI: 10.3233/978–1–60750–565–5–3.
- [7.] SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE. *CMMI* [online]. 2012–02–07 [cit. 2012–02–07]. Dostupné z: <http://www.sei.cmu.edu/cmmi>

- [8.] VAN DER AALST, W.M.P. *Formalization and verification of event-driven process chains. Information and Software Technology*. 1999, roč. 41(č. 10), 639–650. DOI: 10.1016/S0950–5849(99)00016–6.
- [9.] OBJECT MANAGEMENT GROUP. *Unified Modeling Language [online]*. 2011 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: <http://www.uml.org>
- [10.] OBJECT MANAGEMENT GROUP. *Object Constraint Language [online]*. 2.3.1. 2012 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: <http://www.omg.org/spec/OCL/2.3.1>
- [11.] JACOBSON, I., M. FOWLER a J. RUMBAUGH. *Unified software development process*. Vyd. 1. Boston: Addison–Wesley, 1999, 463 s. ISBN 02–015–7169–2.
- [12.] GALLAGHER a L. BROWNSWORD. *The Rational Unified Process and the Capability Maturity Model: Integrated Systems / Software Engineering*. SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE. [Http://www.sei.cmu.edu/library/assets/rup.pdf](http://www.sei.cmu.edu/library/assets/rup.pdf) [online]. 2001 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: <http://www.sei.cmu.edu/library/assets/rup.pdf>
- [13.] ISO/IEC/IEEE 42010:2011. *Systems and software engineering -- Architecture description*. Geneva Switzerland: International Organization for Standardization, 2011.
- [14.] ISO/TS 22600–1:2006. *Health informatics -- Electronic health record communication -- Part 1: Reference model*. Geneva Switzerland: International Organization for Standardization, 2006.
- [15.] ISO/IEC 27000:2009. *Information technology -- Security techniques -- Information security management systems -- Overview and vocabulary*. Geneva Switzerland: International Organization for Standardization, 2009.
- [16.] ISO/TS 22600–1:2006. *Health informatics -- Privilege management and access control -- Part 1: Overview and policy management*. Geneva Switzerland: International Organization for Standardization, 2006.
- [17.] ITSMF. ITIL [online]. 3. 2007 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: <http://www.itsmf.org>
- [18.] JAPM GROUP LTD. Prince2 [online]. 2009 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: <http://www.prince-officialsite.com>
- [19.] US DEPARTMENT OF DEFENSE. *Integrated DEFinition Method [online]*. 2010 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: <http://www.idef.com>
- [20.] KRSIČKA, D. a M. ŠÁREK. *Integrační vzory a jejich automatické vyhodnocování*. In: MEDSOFT 2011. Praha: Dům techniky ČSVTS, 2011, s. 146–149.
- [21.] KRSIČKA, D. *Význam architektury pro pořizování a rozvoj informačních systémů v medicíně*. In: *Standards a elektronické zdravotnictví [online]*. GSI Czech Republic, 2011 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: http://www.gs1cz.org/download/zdravotnictvi/Seminar-HL7/Krsicka_Vyznam_architektury_pro_porizovani_a_rozvoj_IS_ve_zdravotnictvi-2011-10-13.pdf
- [22.] STEVENS, W. P., G. J. MEYERS a L. L. CONSTANTINE. *Structured Design*. IBM Systems Journal. 1974, roč. 13(č. 2), 115–139.
- [23.] THE OPEN GROUP. ArchiMate [online]. 2.0. 2012 [cit. 2012–02–11]. Dostupné z: <http://www3.opengroup.org/subjectareas/enterprise/archimate>
- [24.] ISO TC 215. *Health Informatics*. Geneva Switzerland: The International Organization for Standardization, 0000.
- [25.] HEALTH LEVEL 7. HL7 v3 [online]. 3. [cit. 2012–02–11]. Dostupné z: <http://www.hl7.org>
- [26.] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. CEN/ISO EN13606 [online]. [cit. 2012–02–11]. Dostupné z: <http://www.en13606.org>

[27.] INTERNATIONAL HEALTH TERMINOLOGY STANDARDS DEVELOPMENT ORGANIZATION. SNOMED [online]. [cit. 2012–02–11]. Dostupné z: <http://ihtsdo.org>

[28.] OPENEHR. OpenEHR [online]. 2012 [cit. 2012–02–11]. Dostupné z: <http://www.openehr.org>

Kontakt:

Ing. Daniel Krsička

1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze
Kateřinská 32
121 08 Praha 2
tel: 731295255
email: dkrsicka@gmail.com

Ing. Milan Šárek, CSc.

CESNET, z. s. p. o.
Žitkova 4
160 00 Praha 6
email: ms@cesnet.cz

VZDÁLENÁ ANALÝZA LIDSKÉHO HLASU V REÁLNÉM ČASE.

Tomáš Kulhánek^{1,2}, Marek Frič³, Jaroslav Hrb³

Abstrakt

Během foniatrického vyšetření se provádí analýza hlasu, jejímž výsledkem je diagram hlasového pole, tzv. fonetogram. Aplikace RealVoiceLab vyvinutá centrem hudební akustiky HAMU v prostředí Matlab umožňuje vytvoření fonetogramu v reálném čase a další následné analýzy jakými jsou plocha hlasového pole, poloha nejčtenějších zastoupení, statistiky hlasových projevů po dokončení nahrávání. V příspěvku představíme vzdálené nasazení aplikace RealVoiceLab přes upravený protokol RDP. Tato aplikace je přístupná v síti CESNET 2 a obecně Internetu a umožňuje aplikaci používat pomocí standardního klientského programu „Vzdálená plocha“ nebo i „Remote Desktop“, která přeměrovává grafické rozhraní, vstupy z klávesnice a myši a nahrávaný zvuk k výkonnému serveru, kde aplikace ve skutečnosti běží. Aplikaci používají u specialistů na foniatrii, kteří ji používají k analýze hlasu v reálném čase za přítomnosti pacienta a také k analýze záznamu hlasu archivovaných.

Klíčová slova:

fonetogram, vzdálená plocha, RDP, přenos zvuku

Úvod

V rámci spolupráce Hudební a taneční fakulty akademie múzických umění (HAMU), První lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze a sdružením CESNET z.s.p.o. vzniká produkt pro podporu vzdálených vyšetření v oblasti ORL medicíny, konkrétně v oblasti pořízení a analýza hlasu vydávaný hlasivkami. Ve výzkumném centru hudební akustiky HAMU vzniká aplikace RealVoiceLab, která provádí analýzu hlasového signálu v real-time režimu, tzn. během nahrávání se zobrazuje rychlá analýza hlasového pole.

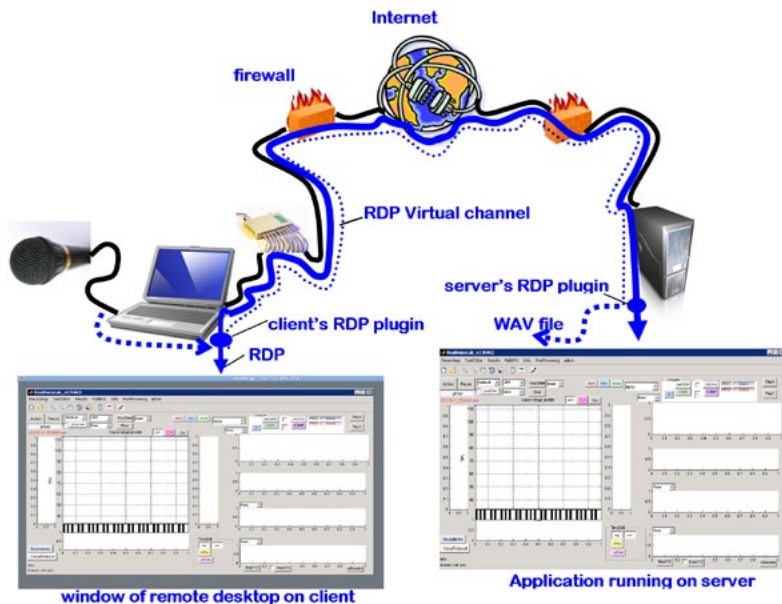
Na konferenci MEDSOFT 2010, jsme představili aplikaci ParVRP[1], která analýzu prováděla v tzv. postprocesingu, tzn. bezprostředně po pořízení nahrávky přes tzv. vzdálenou plochu (Remote Desktop). Vzdálená plocha dovoluje použít aplikaci z jakéhokoliv počítače připojeného na dálku a vybaveného jen klientskou aplikací pro vzdálenou plochu bez nutnosti instalace výpočetních knihoven a konfigurace analytické aplikace v lokálním počítači [2]. Aplikaci jsme rozšířili o možnost sledování a vyhodnocování v reálném čase. Po ukončení nahrávání, lze provádět detailnější analýzy a připravit výsledný report. Aplikace zároveň umožňuje sdílet na souborové úrovni data z lokálního počítače opět přes protokol RDP.

¹LF UK, ²CESNET z.s.p.o., ³HAMU

Metody

Protokol Vzdálené plochy, tzv. RDP přenáší od klientské aplikace (většinou okna) události z klávesnice a změny polohy myši k serveru, která tyto události vyhodnotí a vykreslí je v prostředí, či předá aplikaci. Změny grafického vzhledu jsou zakódovány a přeneseny zpět ke klientovi, který je vykreslí na obrazovku uživatele. Protokol RDP verze 5.2 umí přesměřovat zvuk ke vzdálené aplikaci ke klientovi na zvukovou kartu, ale neumí přesměřovat nahrávání zvuku z klientského mikrofону k serverové aplikaci. Protokol RDP verze 7 dostupný v novějších verzích MS Windows 2008 R2 a Windows 7, případně pluginy třetích stran umí přesměřovat i nahrávání zvuku ke vzdálené aplikaci běžící na serveru. Při přenosu zvuku touto cestou jsou však použity zvukové kodeky, které jsou ztrátové a v předchozím výzkumu se ukázaly jako nevhodné pro přesnou analýzu lidského hlasu. Proto jsme vyvinuli vlastní metodu přenosu nahrávaného zvuku. Plugin v protokolu RDP, který je naprogramován v technologii .NET, využívá samostatné kanály RDP spojení tak, aby po nich posílal a přijímal proprietární data (v našem případě řídicí signály pro spuštění) a ukončení nahrávání a binární audio data ve formátu WAV. Kvalita přenášeného zvuku je tak pod kontrolou analytické aplikace RealVoiceLab[2].

Zvukové vzorky se v nahrávce několikrát opakují, analýza několika vybraných vzorků během nahrávání proto poskytne dostačující přehled o hlasovém rozsahu. Analytická část aplikace v reálném čase vyhodnocuje jen několik



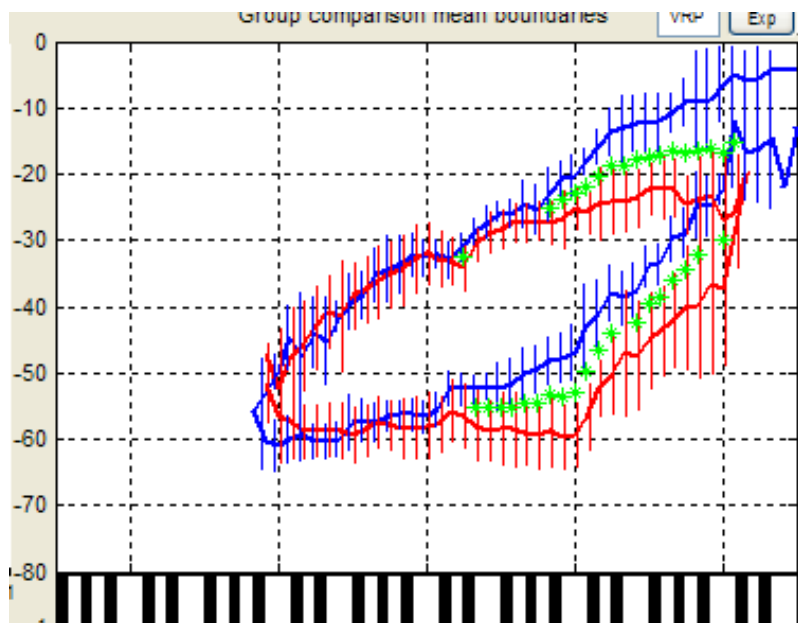
Obrázek 1 — Obrazovka aplikace RealVoiceLab s analýzou hlasového pole

vybraných vzorků zvuku za sekundu podle rychlosti s jakou je stačí analyzovat. Po dokončení nahrávání se analyzuje zbytek nahrávky už post-procesingově. Plugin protokolu RDP využívající technologii .NET byl pro analýzu v reálném čase upraven tak, aby poskytoval vybrané vzorky matematické části aplikace k rychlé analýze z datového toku, který proudí z vyhrazeného RDP kanálu.

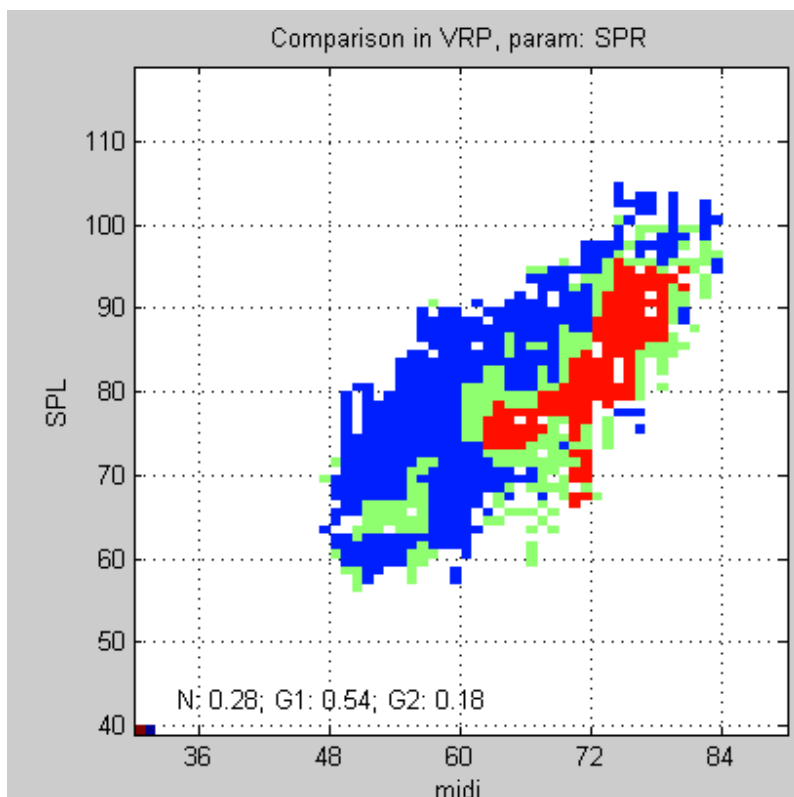
Analýza zvuku

Aplikace RealVoiceLab využívá numerické knihovny systému Matlab a ze zvukových dat ve formátu WAV analyzuje základní frekvenci (pomocí autokorelační funkce), vypočte okamžitou energii signálu a spektrální charakteristiky pomocí rychlé Fourierovy transformace. Vypočtená data jsou následně efektivně filtrována podle vlastností lidského hlasu, tak aby vytvořila konečné zobrazení hlasového pole (voice range profile, VRP) a jeho parametrů.

Na virtuálních serverech se systémy MS Windows 2003 a MS Windows 2008 provozujeme aplikaci RealVoiceLab, která se automaticky spustí při přihlášení uživatele na vzdálenou plochu, připojí lokální disk a nastaví přeměrování nahrávání k lokálnímu mikrofonu.



Obrázek 2 — Porovnání průměrných obrysů zpěvních hlasových polí pěvecky trénovaných (modře) a netrénovaných (červeně) studentek. Zelené hvězdičky označují tóny se statisticky významným rozdílem v průměrně dosažené hladině akustického tlaku.



Obrázek 3 — Porovnání rozložení parametru Singing power ratio s ohledem na pozici v hlasovém poli. Modré části ukazují část překrývajícího se hlasového pole s naměřeným parametrem statisticky významně vyšším pro první skupinu, červeně pro druhou skupinu, zelené části nevykazují významné rozdíly.

Výsledky

Pokud je nahrávka pořízena kalibrovaným mikrofonem v předem dané vzdálenosti od obličeje, pak lze poměrně dobře porovnat analýzy hlasů různých lidí a najít statisticky významné rozdíly, které mohou sloužit k obecným závěrům či dalšímu výzkumu. Přípravek k upevnění mikrofonu na hlavu je doporučován uživatelům programu.

Vzdálený přístup k analýze hlasu pomocí programu RealVoiceLab a serveru medicus.cesnet.cz byl využit v roce 2011 k několika vědeckým účelům. Významným příkladem spolupráce je výzkum Mgr. A. Kulanové z Katolické Univerzity v Ružomberku, která systém použila pro zpracování akustických nahrávek vzorku svých studentů, které vzdělává v oblasti liturgického zpěvu. Na základě uvedené spolupráce vznikla studie, připravená k publikování

v časopise Disputationes (SK), pod názvem: „A. Kulanová, M. Frič: Komparácia náčuvových a počítačových akustických hodnotení speváckych vlastností hlasu“. Dále byl systém použit při výzkumu porovnání vlastností hlasu pěvecky trénovaných a netrénovaných studentů pedagogiky na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy [3], viz též obrázek 2 a 3.

Závěr

Přenos zvuku pořízeného na lokálním počítači ke vzdálené aplikaci pomocí virtuálních kanálů v protokolu RDP je efektivním řešením pro systémy sledující koncept tenkého klienta i pro systémy, které chtějí obecně přenést balík dat z klienta na server. Využití této koncepce pro nasazení aplikace RealVoiceLab vede k jejímu použití z různých míst, kterým stačí připojení k Internetu rychlostí aspoň 1MBit/s.

Poděkování

Práce na tomto projektu byla podpořena z projektu Velká Infrastruktura CESNET a z fondu rozvoje sdružení CESNET č. 423 r. 2011.

Literatura

- [1.] Frič M., *Parametrizovaný fonetogram obecných řečových a hlasových projevů – ParVRP, MARC–Technologický list č. 12, Zvukové studio HAMU, Praha 2007, <http://web.hamu.cz/zvuk/vyzkum/dokumenty/TL12x.pdf>*
- [2.] Kulhánek T., Frič M., Šárek M.: *Vzdálená analýza lidského hlasu – bezeztrátové nahrávání zvuku přes IP síť, MEDSOFT 2010, sborník příspěvků, vydal Creative Connections s.r.o., ISSN 1803–8115*
- [3.] Králová M.: *Nároky učitelské profese na hlas pedagoga, diplomová práce, Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy v Praze, katedra hudební výchovy, Praha 2011*

Kontakt:

Mgr. Tomáš Kulhánek

Ústav patologické fyziologie 1.LFUK

U Nemocnice 5

128 53 Praha 2

email: tomas.kulhanek@lf1.cuni.cz

PODPORA VÝUKY TVORBY BEZBARIÉROVÉHO WEBU

Jakub Kužílek, Jiří Spilka, Lenka Lhotská

Anotace

V současnosti nabývá tvorba bezbariérového webu stále většího významu. Bezbariérový web je jakýmsi standardem slušnosti a plně v souladu se základní myšlenkou Internetu jako univerzálního média pro všechny. V současné době existuje několik metodik (českých i zahraničních), které se tvorbou bezbariérového webu zabývají. Tvůrce stránek zároveň musí počítat s tím, že ne každý má k dispozici stejné zobrazovací a vstupní zařízení. Naší prací bylo vytvořit multimediální materiál o tvorbě, správě a provozování bezbariérového webu, který bude využitelný studenty prezenčního i dálkového studia.

Klíčová slova

Bezbariérový web, Blind Friendly Web, WCAG metodika, Pravidla tvorby přístupného webu

1. Úvod

Spolu s rozvojem internetu a jeho dostupností narůstá počet uživatelů, kteří trpí nějakým hendikepem omezujícím jejich schopnost plně využívat všech možností, které internetové připojení a s ním související webové stránky přináší. V současné době se začíná dostávat pozornosti i tvorbě takzvaného přístupného webu. Přístupný web je takový, který neklade svým uživatelům žádné překážky při svém používání (). Dnes se pojem přístupnost u webových stránek často zaměňuje s pojmem funkčnosti webových stránek, což není to samé – funkční stránky mohou být funkční a zároveň zcela nepřístupné. Přístupnost je tedy vlastně synonymem pojmu bezbariérovost.

Přístupnost webových stránek se netýká pouze hendikepovaných – jedná se i o uživatele, kteří mají špatné technické vybavení, apod. Uživatelé mají různé prostředky pro užívání webu a tyto prostředky lze rozdělit:

1. Zdravotní dispozice – uživatel může být znevýhodněn zdravotně a to jak problémy se zrakem či sluchem, tak problémy s používáním horních končetin či poruchou soustředění
2. Zkušenosti s Internetem – uživatelé se velmi liší mírou uživatelské zkušenosti v používání Internetu a mírou zažití funkčních mechanismů užívaných na webových stránkách
3. Jazykové vybavení a schopnost porozumění psanému textu – uživatelé nemusí plně ovládat jazyk webových stránek a složité slovní konstrukce v textu jim velmi komplikují jejich používání
4. Technické vybavení – ne všichni uživatelé používají myš a klávesnici jako hlavní vstupní zařízení. Zvláště myš nemusí být součástí vybavení specializovaných zařízení (touchpady, pda, mobilní telefony,...). Uživatelé také mohou používat alternativní zařízení pro výstup – mohou mít pouze černobílý monitor či používat hlasovou čtečku

5. Softwarové vybavení – uživatel může používat jiný operační systém či internetový prohlížeč než tvůrce webových stránek

Velmi často se u tvůrců webových stránek projevuje také neuvědomění počtu skutečně hendikepovaných uživatelů internetu. Udává se, že až jedna třetina všech uživatelů Internetu má nějaké postižení, které mu komplikuje práci s obsahem webových stránek.

Z výše uvedených důvodů vyplývá potřeba správného vzdělávání tvůrců webových stránek – nové generace techniků. Rozvoj informačních a komunikačních technologií (ICT) nám poskytuje nové možnosti a přístupu k jejich vzdělávání. Zároveň se rozšiřuje množství studentů, pro které je tato forma výuky dostupná.

Náš projekt je zaměřen na základní vysokoškolské a postgraduální studenty z oblasti biomedicínského inženýrství a informatiky, kteří se ve své běžné praxi setkávají s řadou hendikepovaných uživatelů a tvorba přístupného webu je dovedností, kterou zužitkují ve své praxi. Vytvořené materiály lze použít i při celoživotním vzdělávání jako stručný úvod do problematiky bezbariérovosti webových stránek.

Materiál je postaven na webových technologiích HTML, PHP a je prezentován formou přístupných webových stránek, které obsahují texty a videa pojednávající o tvorbě přístupného webu a nejčastějších hendikepech uživatelů.

Materiál se skládá ze tří základních částí:

1. Metodiky tvorby bezbariérového webu
2. Ukázky různých hendikepů při užívání webových stránek
3. Konkrétní pravidla a problémy při tvorbě bezbariérového webu

2. Obsah multimediálního materiálu

A. Metodiky tvorby bezbariérového webu

V průběhu rozvoje Internetu a jeho dostupnosti vznikalo několik metodik, které se zabývaly tvorbou bezbariérového webu. Mezi nejznámější a nejužívanější v ČR se řadí tyto:

1. WCAG 1.0 (Web Content Accessibility Guidelines 1.0) () – jedná se o nejstarší metodiku, která vznikla v USA v květnu 1999 v rámci konsorcia W3C. Obsahuje 14 základních pravidel, které se dále dělí na kontrolní body. Tyto body mají určitou prioritu, která stanovuje závažnost jejich nesplnění:
 - Body s prioritou 1 – tvůrce webu musí tyto kontrolní body splnit, jsou zásadní pro přístupnost celého webu
 - Body s prioritou 2 – tvůrce webu by měl tyto body splnit, v případě jejich nesplnění je web obtížně přístupný pro určité skupiny uživatelů
 - Body s prioritou 3 – tyto body tvůrce může splnit, bez jejich splnění bude část webu obtížně dosažitelná pro část uživatelů

Pravidla mají jednoduchou a dobře pochopitelnou logickou strukturu, která jasně definuje, co by měl tvůrce webu provést. Nicméně pravidla sama

o sobě jsou velice obecná. Celá tato metodika slouží jako základ všech následujících metodik, je to nejdůležitější zdroj o tvorbě bezbariérového webu vůbec.

2. WCAG 2.0 () – jedná se o následníka předchozí metodiky, jejíž některé body jsou nejasné a některá hlediska tvorby webu zcela vynechané. U této verze došlo ke změně základní struktury pravidel a metodika je rozdělena do čtyř základních principů:

- Obsah musí být vnímatelný
- Prvky rozhraní v obsahu musejí být ovladatelné
- Obsah a ovládací prvky musí být pochopitelné
- Obsah musí být robustní, aby fungoval s dnešními a budoucími technologiemi

Každý princip má vlastní pravidla a jednotlivá pravidla jsou rozdělena na kritéria, která se dělí podle úrovně důležitosti.

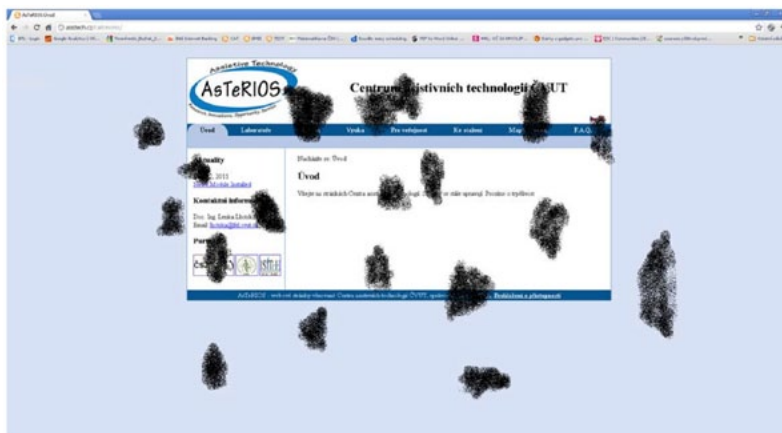
3. Section 508 () – jedná se o předváděcí předpis doplňku č. 508 amerického zákona Rehabilitation Act z roku 2000. Obsahuje konkrétní pravidla pro federální úřady s požadavky na přístupnost a to nejenom webových stránek, ale zcela obecně. Tato pravidla jsou pojímána velice obecně a pro internetové aplikace v nich existuje 16 základních bodů shrnujících základní pravidla tvorby bezbariérového webu.
4. Blind Friendly Web () – jedná se o dokumentaci zásad přístupnosti webových stránek a jejich obsahu pro těžce zrakově postižené uživatele. Je to dokument, který vznikl v roce 2000 v prostředí české Sjednocené organizace nevidomých a slabozrakých (SONS). Tato metodika je velmi inspirována pravidly WCAG 1.0. a stejně jako WCAG je rozdělena na kontrolní body se třemi prioritami. Tato metodika je zaměřena jen na jednu skupinu hendikepovaných uživatelů a v tom spočívá její hlavní nevýhoda.
5. Pravidla pro tvorbu přístupného webu () – jedná se o metodiku, která jsou součástí novely zákona č. 365/2000 Sb. o informačních systémech veřejné správy. Pravidla jsou zaměřena na instituce veřejné správy ČR, ale jsou natolik univerzální, že mohou sloužit jako velmi dobrý nástroj pro tvorbu webových stránek obecně. Pravidla obsahují 37 kontrolních bodů, které by měl každý web dodržovat pro zajištění přístupnosti.

B. Ukázky různých hendikepů při užívání webových stránek

Cílem této části je prakticky ukázat studentům problémy, se kterými se může hendikepovaný uživatel při procházení webových stránek setkat. Část také pomocí videí ukazuje, jakými zrakovými hendikepy mohou uživatelé trpět. Příklad hendikepu můžeme vidět na Obr. 1. Studenti se tedy prakticky seznámí s problémy, které mohou uživatelé Internetu mít. Základním smyslem je uvědomění si těchto problémů a přípravy stránek s ohledem na tyto problémy.

C. Konkrétní pravidla a problémy při tvorbě bezbariérového webu

Tato část obsahuje konkrétní příklady pro tvorbu bezbariérového webu včetně ukázky HTML kódu. Diskutuje využití různých technologií pro tvorbu webu



Obrázek 1 — Příklad zrakového postižení a jeho vlivu na prohlížení obsahu webu (diabetická retinopatie)

a jejich výhody a nevýhody. Poukazuje na sílu tvorby webových stránek pomocí kaskádových stylů (CSS) a snaží se studenty motivovat k tvorbě přístupných webových stránek.

Velmi častým problémem při tvorbě webových stránek je špatné pojmenování obrázkových souborů. Tento problém ilustruje příklad:

```

```

Z takto zapsaného vkládání obrázku například hlasová čtečka nedokáže vyčíst obsah obrázku, a tudíž se hendikepovaný uživatel stává obětí nepřístupných stránek, neboť nemůže číst veškerý obsah stránky. Pro nápravu přitom stačí k tagu `img` připsat atribut `alt`, který vysvětluje několika slovy obsah obrázku:

```

```

V rámci obsahu této sekce se studenti naučí právě tyto problémy identifikovat a předcházet jim.

3. Závěr

Tento multimediální materiál představuje zlepšení vzdělávání v oblasti tvorby bezbariérového webu a zároveň vylepšuje atraktivitu univerzitních kurzů, které se zabývají asistivními a webovými technologiemi. Materiál je vhodný jak pro začínající tvůrce webu, tak i pro zkušené programátory, kteří hledají jednoduchý úvod do problematiky bezbariérového webu.

Materiál zevrubně prochází jednotlivé metodiky tvorby bezbariérového webu a vyzdvihuje jejich přednosti a nedostatky. Zároveň se snaží studenty motivovat ke správnému přístupu při tvorbě webových stránek s použitím těchto metodik.

Zvláštní pozornost je věnována i ukázce různých hendikepů, kterými mohou být uživatelé postiženi. Zároveň se v materiálu vyzdvihuje potřeba tvorby přístupných stránek.

Studenti mají k dispozici nový multimediální materiál dostupný na webových stránkách univerzity, kde k němu mohou kdykoli a odkudkoli přistupovat. Materiál zevrubně a přehledně shrnuje celou problematiku tvorby bezbariérového webu.

Poděkování

Výzkum popsany v článku je podporován výzkumným programem Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy číslo MSM 6840770012 „Transdisciplinární výzkum v biomedicinském inženýrství II“, grantem Fondu rozvoje vysokých škol číslo 1064/2012 a studentským grantem ČVUT číslo SGS10/279/OHK3/3T/13.

Literatura:

- [1.] ŠPINAR, David. *Tvoříme přístupné webové stránky: připraveno s ohledem na novelu Zákona č. 365/2000 Sb., o informačních systémech veřejné správy*. Vyd. 1. Brno: Zoner Press, 2004, 360 s. ISBN 80–868–1511–0.
- [2.] Pravidla WCAG 1.0 [online]. 1999–05–05 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: <http://www.w3.org/TR/WCAG10/>
- [3.] Pravidla WCAG 2.0 [online]. 2000–12–11 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: <http://www.w3.org/TR/WCAG10/>
- [4.] Section 508 [online]. 2000 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: <http://www.section508.gov/>
- [5.] Blind Friendly Web [online]. 2000 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: <http://blindfriendly.cz/>
- [6.] Pravidla tvorby přístupného webu [online]. 2004 [cit. 2012–02–09]. Dostupné z: <http://pristu.pnost.nawebu.cz/texty/pravidla-standardy.php>

Kontakt:

Jakub Kužilek
Ph.D. student
BioDat Group
Department of Cybernetics
FEE CTU
email: jakub.kuzilek@gmail.com

INTEROPERABILITA VE ZDRAVOTNICKÝCH INFORMAČNÍCH SYSTÉMECH

Lenka Lhotská, Miroslav Burša, Michal Huptych

Anotace

Chceme-li vyvíjet pružné systémy elektronického zdravotnictví (nebo zdravotnické informační systémy), musíme definovat standardní rozhraní, která umožní (pokud možno) spojení typu „plug-and-play“. Technologicky vyspělejší systémy jsou zpravidla tvořeny různými hardwarovými a softwarovými moduly, které spolu musejí komunikovat. Často jde o přímé propojení přístrojů s počítači a informačními systémy. Základní podmínkou správné funkce je, že přijímací strana správně rozumí obsahu přijaté zprávy. Tudíž nestačí jen umět přijmout zprávu, tj. rozumět syntaxi zprávy, ale je nutné rozumět obsahu zprávy. Tento požadavek implikuje vývoj datového modelu, který mapuje sémantický obsah z dat přijatých z přístroje či jiného vstupu na informační systém, který je obvykle používán pro sběr a vyhodnocování dat jednotlivých pacientů. Jedním z dosti rozšířených standardů pro zdravotnické systémy je komunikační standard HL7. V příspěvku budeme diskutovat možnosti využití existujících standardů pro komunikaci mezi přístroji navzájem, mezi přístroji a softwarovými systémy a konečně mezi několika softwarovými systémy navzájem. Ukážeme návrh architektury takového heterogenního systému. Dotkneme se problematiky ontologií, které umožňují vhodné strukturování znalostí a informací.

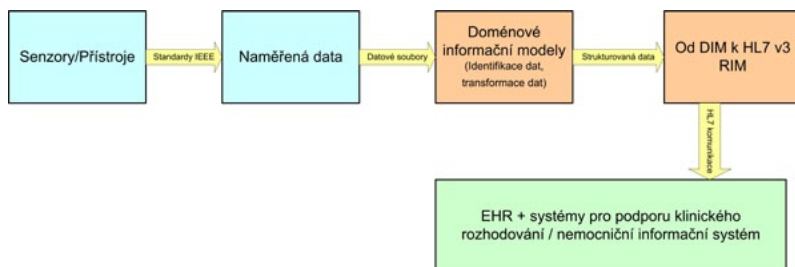
Klíčová slova

Informační systém, interoperabilita, standard, bezdrátová komunikace, elektronický záznam pacienta

1. Úvod

Jedním z klíčových problémů lékařské informatiky je stále ještě nedostačující nebo zcela chybějící interoperabilita mezi různými zdravotnickými informačními systémy. Interoperabilitu můžeme zkoumat v různých kategoriích v oblasti eHealth, například interoperabilitu zpráv vyměňovaných mezi zdravotnickými aplikacemi, interoperabilitu elektronických zdravotních záznamů, interoperabilitu patientských identifikátorů, popisných termínů, doporučených lékařských postupů a zdravotnických business procesů. Dále se můžeme na všechny tyto kategorie dívat ve dvou rovinách: syntaktické a sémantické operability. Syntaktická interoperabilita představuje schopnost dvou či více systémů si vyměňovat informace. Syntaktická interoperabilita zahrnuje několik vrstev: síťovou a transportní vrstvu (jako Internet), vrstvu aplikačního protokolu (jako http nebo email), protokol zpráv a vrstvu formátu zpráv (jako ebXML nebo SOAP), a sekvencování zpráv.

Syntaktická interoperabilita garantuje, že je zpráva doručena, ale nezaručuje, že bude obsah zprávy zpracovatelný na straně příjemce. Abychom zaručili interoperabilitu obsahu zprávy, musí obsah zprávy odpovídat buď



Obrázek 1

standardu přijímajícího zařízení nebo požadavkům sémantické interoperability. Sémantická interoperabilita znamená, že sdíleným informacím systémy rozumějí na úrovni formálně definovaných konceptů v dané problémové oblasti. Problematiku základních komunikačních standardů a roviny syntaktické interoperability jsme diskutovali v [1]. Zaměřili jsme se i na problematiku různých standardů, využívaných pro přenos dat z přístrojů. V tomto příspěvku se soustředíme více na možnosti využití existujících nástrojů a modelů pro vytváření elektronických zdravotních záznamů, splňujících podmínky sémantické interoperability.

2. Sémantická interoperabilita v eHealth

Sémantika, což jsou vlastně metadata popisující data, je zpravidla vyjádřena pomocí ontologií. Ontologie může být definována jako formální explicitní specifikace sdílené konceptualizace. Formální znamená, že specifikace významu je dána ve strojově zpracovatelném jazyce, zvaném jazyk ontologie. Explicitní specifikace znamená, že konceptům a vztahům v abstraktním modelu jsou přiřazena explicitní jména a definice. Důležitou vlastností jazyků ontologií je, že poskytují nástroj pro automatickou inferenci nových implicitních informací z těchto explicitních specifikací. Sdílená znamená, že ontologie popisuje konsenzuální znalosti, tedy význam, který byl přijat skupinou a ne jen jednotlivcem. Ontologie spolu se souborem konkrétních instancí vytvářejí bázi znalostí. Ontologie nabízejí flexibilitu: jsou vhodné pro kombinování informací z různých zdrojů a odvozování nových faktů. Existující ontologie je také možné dále rozšiřovat. V [2] je uveden přehled existujících ontologií v biomedicině, autoři také ukazují potenciál ontologií a možnosti budoucího využití. V uplynulých dvou desetiletích byly vyvinuty ontologie pro řadu různých biomedicínských aplikací. Můžeme je rozdělit do následujících skupin: hledání a dotazování v heterogenních biomedicínských datech; výměna dat mezi aplikacemi; integrace informací; zpracování přirozeného jazyka; reprezentace encyklopedických znalostí; a automatické odvozování s daty. Z tohoto seznamu je zřejmé, že pro EHR a interoperabilitu jsou relevantními oblastmi výměna dat, integrace informací a automatické odvozování. Pro reprezentaci ontologií se často používá Web Ontology Language (OWL) [3]. OWL je rodina jazyků pro reprezentaci znalostí pro tvorbu ontologií a stala se standardem

W3C [4]. Příkladem použití je SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms), což je ontologie založená na konceptech a podporovaná deskripční logikou. Obsahuje více než 366 tisíc medicínských konceptů organizovaných do hierarchií s přibližně 1 460 000 sémantických vztahů mezi nimi a více než 993 tisíc pojmů.

Vedle těchto konceptů a vztahů nesmíme zapomenout na další datové a informační struktury, které se ve zdravotnictví používají. Mezi ty nejdůležitější patří různé speciální číselníky, které jsou definovány buď na mezinárodní úrovni (číselníky WHO – ICD–10, ICF, ICHI) [5], či národní (Národní číselník laboratorních položek, číselníky výkonů pro úhrady pojišťovny).

3. Interoperabilita elektronických zdravotních záznamů

Elektronický zdravotní záznam je v současnosti diskutovanou otázkou nejen v České republice, ale v celé řadě dalších zemí. Existuje celá řada různých datových modelů, nástrojů pro tvorbu a doporučení, ale jednotná definice či alespoň doporučení dosud není k dispozici. Podle [6] je EHR „digitálně uložený soubor zdravotních informací za celý život jednotlivce s cílem podporovat průběžnou péči, výuku a výzkum při zajištění důvěrnosti za všech okolností“. Jinými slovy lze EHR označit za soubor relevantních klinických dat získávaných po dobu života jednotlivce, soubor má zpravidla strukturu dokumentu. Postupně vzniklo několik směrů vývoje elektronických zdravotních záznamů a následně se začaly tvořit i standardy. Těmi nejvýznamnějšími, které se snaží o řešení problémů interoperability, jsou Health Level 7 [7] a její Clinical Document Architecture (CDA), CEN EN 13606 EHRcom [8] a openEHR [9]. Detailní přehled a analýza standardů EHR jsou prezentovány v [10].

Tyto standardy mají za cíl strukturovat a označovat klinický obsah záznamů pro výměnu informací. Za tímto účelem vznikla i iniciativa Integrating the Healthcare Enterprise (IHE) [11], která vytvořila sadu doporučení. Nejprve jsou definovány reálné procesy na straně uživatele, popisující běžnou práci v dané oblasti. Tyto procesy jsou podkladem pro definování tzv. integračních profilů. Z nich se odvozují standardní UseCases. Pomocí integračních profilů je specifikována již řada klinických oborů. Integrační profily jsou definovány tak, že zaručují „Plug&Play“ kompatibilitu v komunikacích, jednotnou elektronickou identifikaci pacienta napříč všemi participujícími systémy (PIX – Patient Identifier Cross Referencing) a popisují doporučení logické infrastruktury EHR pro výměnu dat (XDS – Cross Enterprise Document Sharing). Základní myšlenkou IHE XDS je ukládat zdravotní dokumenty v úložišti ebXML tak, aby se usnadnilo jejich sdílení. Na tomto místě musíme zdůraznit, že po technické stránce tyto standardy a doporučení zpravidla specifikují dvě úrovně: úroveň zpráv (jaké standardní sítě a transportní protokoly se mají pro přenos EHR použít) a úroveň interoperability obsahu (co je standardem z hlediska obsahu).

4. Návrh architektury heterogenního systému

V teoretické rovině byla popsána řada možných řešení, zejména v oblasti informačních systémů. Nicméně když jsme se začali detailně zabývat

problematikou propojení přístrojů a informačních systémů, zjistili jsme, že tato oblast není dosud uspokojivě řešena. Problém se ještě dále totiž komplikuje, protože dnešní přístrojová technika umožňuje zaznamenat a hlavně v digitální podobě ukládat další data, zejména v podobě signálů (např. EKG, EEG, EMG) či obrazů a videí (např. CT, MRI, ultrazvuk). Tady se dostáváme k otázkám datových formátů, problematice ukládání velkých objemů dat, bezztrátové komprese, náročnosti vybavování dat z datových úložišť, vhodnému zobrazování, apod. To nás vedlo k návrhu obecné architektury heterogenního systému (viz obr. 1), který by umožňoval ukládat a hlavně také zpracovávat i naměřená data. Podmínkou pro úspěšnou realizaci takového systému je respektování požadavků na standardy. To se týká zejména dat z lékařských přístrojů.

Jediná oblast, kde standardy již dobře fungují, je oblast obrazových dat. Zde je definován standard DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) [12], který dnes respektují i všichni výrobci zobrazovacích systémů. Tento formát je podporován i systémy PACS (Picture Archiving and Communicating System).

Bohužel na opačném konci jsou data signálová, byť přístroje EKG, EEG a další jsou velmi frekventované. Často se setkáváme s tím, že jediný podporovaný výstup u kratších záznamů je pouze tisk na papír. Delší záznamy jsou ukládány do počítače, ale téměř ve 100% případů v proprietárním formátu výrobce přístroje! Co to znamená? Znamená to, že je možné záznam načíst pouze do softwarové aplikace vytvořené výrobcem a dodávané spolu s přístrojem. Pokud bychom takové soubory připojili k elektronickému záznamu pacienta, tak nám stejně bez příslušné programové podpory nebudou k ničemu. Často se navíc i u jednoho výrobce stává, že s novým přístrojem dodá nový software, který ale nepodporuje předchozí formát dat, takže dříve pořízené záznamy nelze ani zobrazit, ani zpracovávat. Tím však přicházíme o cenný zdroj informací u chronicky nemocných pacientů, u signálů sbíraných pro longitudinální studie, u dlouhodobého sledování působení léků, případně u dalších způsobů léčby.

Se stejným problémem se často setkáváme i u dalších přístrojů, z nichž lze sice již celkem jednoduše předávat data do počítače (bezdrátově, přes USB, prostřednictvím paměťových karet). Nicméně pro jejich zpracování či jen prosté zobrazení se musí použít pouze programové vybavení od dodavatele přístroje.

V naší architektuře pracujeme se standardy jak na úrovni komunikace, tak i na úrovni sémantického obsahu. Pro přenos naměřených dat navrhujeme využívat existující (případně vyvíjené) standardy IEEE, které definují technické parametry pro přenos dat [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20]. V těchto specifikacích se však nemluví o obsahu přenášených zpráv. To znamená, že je nutné definovat strukturu přenášených dat tak, aby bylo snadno dekódovatelné, co která položka ve zprávě znamená. V celé řadě technických aplikací jsou popsány problémy již vyřešeny. Mluvíme-li například o měřených biologických signálech, musíme spolu s naměřenými (lépe řečeno navzorkovanými) daty přenést minimálně následující informace:

vzorkovací frekvence, typ signálu, počet svodů, počet kvantizačních úrovní. Nediskutujeme zde o tak jasných informacích, jako je identifikace pacienta. Tato data pak lze přiřadit k odpovídajícím datovým modelům a následně adekvátním způsobem zpracovat. Příkladem může být naměření signálu EKG, identifikace (potvrzení, že jde skutečně o EKG) a následné volání i externího programu pro analýzu EKG. Výstupem takového programu může být podrobná zpráva, která se ve strukturované podobě (případně i s původními daty) odešle do datového úložiště EHR.

V navržené architektuře můžeme identifikovat tři bloky, kde první je tvořen měřicími přístroji a komunikační částí. Zde jsou přenášena surová naměřená digitalizovaná data. Jak bylo uvedeno výše, musí k těmto datům být připojeny identifikační informace. Další část systému tvoří informační modely, které odpovídají jednotlivým typům dat a z dat vytvoří strukturované záznamy i s případnými vypočtenými údaji a s agregovanými informacemi získanými z více datových vstupů. Poslední částí je úložiště elektronických zdravotních záznamů a systém pro podporu klinického rozhodování propojený s nemocničním informačním systémem. V tomto kontextu je elektronický zdravotní záznam soubor strukturovaných dokumentů, jejichž vnitřní struktura a obsah mohou být rozdílné, ale musejí být např. z hlavičky každého dokumentu zřejmé a automaticky systémem rozpoznatelné.

I když standardy HL7 nejsou nejjednodušší, tak se zdá, že pro podobné systémy jsou nejtransparentnějším řešením, byť implementace nebude nejsnazší. S výhodou lze ale využít základní relativně jednoduché principy HL7: tvorba formátů a protokolů pro výměnu datových záznamů mezi počítačových systémy ve zdravotnictví; standardizace formátů a s tím spojená unifikace rozhraní; zlepšení účinnosti komunikace; návod pro dialog mezi zúčastněnými stranami při specifikaci rozhraní; minimalizace počtu rozhraní; minimalizace výdajů na implementaci rozhraní. Další důležitý aspekt je, že z hlediska implementace neklade HL7 žádná omezení na architekturu jednotlivých systémů, použité operační systémy nebo programovací jazyky. Postupně vznikly jednotlivé verze standardu. Verze 3 znamená významný posun k systematickému přístupu a navržení jednoznačného standardu tak, aby bylo možné snáze porovnat implementovaný systém se standardem (to ve verzi 2 vyžadovalo náročnější analýzu). Verze 3 pracuje s objektivě orientovanou metodologií a využívá Referenční informační model (RIM) pro tvorbu zpráv [21]. Právě RIM je základním prvkem metodologie HL7 verze 3, protože poskytuje jednoznačnou reprezentaci sémantických a lexikálních spojení, které lze nalézt mezi informacemi přenášenými ve zprávách. Pro data se využívá formát XML [22], [23]. Je možné využívat řadu číselníků a klasifikací, z nichž některé jsou přímo součástí standardu. Lze ale použít i externí klasifikace, vytvořené jinými organizacemi. .

Závěr

Z výše uvedených faktů je vcelku zřejmé, že největší problémy a zároveň největší prostor pro budoucí řešení jsou v oblasti správného mapování získávaných

dat do datového modelu, který popisuje elektronický záznam pacienta. Zejména s ohledem na budoucí vývoj a možnost snímat a ukládat daleko větší objemy různorodých fyziologických parametrů je otázka interoperability stále důležitější. V této souvislosti před námi stojí celá řada úkolů. Tím nejdůležitějším je kvalitní datová analýza potřebných patientských dat v jednotlivých lékařských odbornostech, na jejímž základě bude možné identifikovat množinu dat společnou pro všechny odbornosti (či alespoň část odborností) a definovat data specifická pro každou odbornost a následně vytvořit datové modely, které budou sloužit jako základ pro příslušné dokumenty v EHR.

Studie z posledních let ukazují, že otázka interoperability může významně ovlivnit efektivitu jak při návrhu a tvorbě integrovaného systému, tak i při vlastním provozu. Pokud interoperabilita mezi lékařskými přístroji a zdravotnickými IS opravdu funguje, je možné snížit náklady na integraci (udává se až o 30%), čas pro mapování datových typů až o 50%, a podstatně zvýšit přesnost dat v elektronickém zdravotním záznamu. Nemluvě o tom, že tato automatizace znamená usnadnění práce lékařského a zdravotnického personálu a možnost zaměřit se na vlastní práci s pacientem.

Vývoj v poslední době ukazuje, že i výrobci lékařských přístrojů začínají být nakloněni myšlence určité míry standardizace. Projevem je vytvoření konsorcia Continua Health Alliance [24], což je sdružení výrobců lékařských přístrojů, jehož cílem je vytvářet doporučení pro návrh interoperabilních řešení v oblasti personalizované telemedicíny. Nutno však zmínit, že v konsorciu nejsou zdaleka všichni výrobci. Z velkých hráčů na světových trzích se aktivit účastní zhruba polovina.

Do budoucna se jeví jako nejvhodnější vytvoření nadstavby základních standardů a technologií, které umožní snadnější splnění požadavku na interoperabilitu bez nutnosti vytvářet datové modely a mapování datových typů pro konkrétní použité standardy a implementovat příslušná rozhraní. Jednu cestu nabízí již výše zmíněná iniciativa výrobců softwaru a zařízení IHE (Integration of Healthcare Enterprise) [11], která vytváří technické specifikace pro IT řešení integrací a komunikací ve zdravotnictví na základě již existujících standardů (DICOM, HL7). Profily IHE jsou v široké míře přijímány také prodejci a jsou snáze srozumitelné a použitelné než abstraktní standardy. Je pravděpodobné, že během následujících let bude jejich využití při výměně zdravotnických informací rychle vzrůstat.

Poděkování

Práce je částečně podporována projektem MAS Nanoelectronics for Mobile Ambient Assisted Living(AAL) Systems (grant no. 120228) (projekt je částečně financován ENIAC Joint undertaking's Funding (no. 120228) a MŠMT ČR (č. projektu 7H10019) a výzkumným záměrem č. MSM 6840770012 "Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství II").

Literatura:

- [1.] Lhotská, L., Burša, M., Huptych, M.: ICT v medicíně a problematika standardů. In Sborník příspěvků MEDSOFT 2011. Praha: Agentura Action M, 2011, s. 172–181. ISSN 1803–8115
- [2.] Rubin, D.L., Shah, N.H., & Noy, N.F. (2007). Biomedical ontologies: a functional perspective. *Briefings in bioinformatics*. 9(1), 75–90
- [3.] Horrocks, I. (2002) An ontology language for the semantic Web. *IEEE Intelligent Systems*, 17:74–5.
- [4.] Dean, M., & Schreiber, G. (eds.) (2004). OWL web ontology language: reference. Recommendation, W3C. <http://www.w3c.org/TR/owlref/>
- [5.] World Health Organization URL <http://www.who.int>
- [6.] Iakovidis I. Towards Personal Health Record: Current situation, obstacles and trends in implementation of Electronic Healthcare Records in Europe. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 52, No. 123, pp. 105–117, 1998
- [7.] <http://www.hl7.org/implement/standards/index.cfm?ref=nav>
- [8.] CEN ENV 13606, 2000. Medical informatics – Electronic healthcare record communication. European Prestandard EVN 13606, European Committee for Standardization. Brussels, Belgium
- [9.] OpenEHR. openEHR Community, <http://www.openehr.org/>
- [10.] Eichelberg, M., Aden, T., Riesmeier, J., Dogac, A., & Laleci, G. (2005). A Survey and Analysis of Electronic Healthcare Record Standards. *ACM Computing Surveys*, 37 (4), 277–315
- [11.] IHE. Integrating Healthcare Enterprise. Official website: <http://www.ihe.net/>
- [12.] DICOM. Digital Imaging and Communications in Medicine. NEMA Standards Publication PS 3, National Electrical Manufacturers Association, Rosslyn VA, USA.
- [13.] Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Std 802.11–2007, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 12 June 2007.
- [14.] Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Std 802.15.1–2005, Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs), 14 June 2005. URL <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.1–2005.pdf>.
- [15.] Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Std 802.15.4–2006, Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), 8 September 2006. URL <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4–2006.pdf>.
- [16.] IEEE P802.15 Study Group Medical Body Area Networks (SGMBAN). SG BAN Montreal Interim Meeting Minutes, 20 May 2007. URL <ftp://ieee.wireless@ftp.802wirelessworld.com/15/07/15-07-0748-00-0ban-mban-meeting-minute-montreal-may-2007.doc>.
- [17.] IEEE P802.15 Study Group Medical Body Area Networks (SGMBAN). SG BAN San Francisco Plenary Meeting Minutes, 16 August 2007. URL <ftp://ieee.wireless@ftp.802wirelessworld.com/15/07/15-07-0820-00-0ban-ban-sessions-minute-sanfrancisco-july-2007.doc>.
- [18.] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>
- [19.] IEEE 802.15.6 Regulation Subcommittee Report, IEEE 802.15 Working Group for Wireless Personal Area Network, May 2010

- [20.]JW. ASTRIN, H.–B. LI, and R. KOHNO, "Standardization for body area networks," *IEICE Transactions on Communications*, vol. E92.B, no. 2, pp. 366–372, 2009
- [21.]HL7 Reference Information Model, HL7 Std. [Online]. Available: <http://www.hl7.org/v3ballot/html/infrastructure/rim/rim.htm>
- [22.]Data Types – Abstract Specification, Release 1, HL7 Std. [Online]. Available: <http://www.hl7.org/v3ballot2009sep/html/infrastructure/datatypes/datatypes.htm>
- [23.]XML Implementation Technology Specification – Data Types, R1, HL7 Std. [Online]. Available: <http://www.hl7.org/v3ballot2009sep/html/infrastructure/itsxml/datatypes-its-xml.htm>
- [24.]Continua Health Alliance (2011). Official website: <http://www.continuaalliance.org/about-the-alliance.html>

Kontakt:

Lenka Lhotská

ČVUT FEL Praha, katedra kybernetiky
Technická 2, 166 27 Praha 6
tel.: 224353933, fax: 224311081
e-mail: lhotska@fel.cvut.cz
<http://cyber.felk.cvut.cz>

Miroslav Burša

ČVUT FEL Praha, katedra kybernetiky
Technická 2, 166 27 Praha 6
tel.: 224357325, fax: 224311081
e-mail: bursam@fel.cvut.cz
<http://cyber.felk.cvut.cz>

Michal Huptych

ČVUT FEL Praha, katedra kybernetiky
Technická 2, 166 27 Praha 6
tel.: 224357325, fax: 224311081
e-mail: michalhuptych@seznam.cz
<http://cyber.felk.cvut.cz>

DIGITÁLNÍ KNIHOVNA NÁRODNÍ LÉKAŘSKÉ KNIHOVNY – ARCHIVACE A ONLINE ZPŘÍSTUPNĚNÍ PLNÝCH TEXTŮ VĚDECKÝCH PUBLIKACÍ VE ZDRAVOTNICTVÍ

**Lenka Maixnerová, Filip Kříž, Helena Bouzková, Ondřej Horský,
Adéla Jarolímková, Eva Lesenková**

Abstrakt

Národní lékařská knihovna (NLK) provozuje Digitální knihovnu (DK) od roku 2008 v systému Kramerius, který umožňuje archivovat a zpřístupňovat plné texty různých typů dokumentů. Plné texty jsou automaticky propojovány s bibliografickými záznamy v portálu Medvik, takže je možné dostat se k plnému textu více způsoby. Dokumenty archivované v DK NLK jsou vytvářeny vlastní i externí digitalizací, případně se jedná o plné texty získané na základě licenčních smluv přímo od autorů a vydavatelů. Mezi dokumenty, které NLK zpřístupňuje přes DK, patří i závěrečné grantové zprávy Interní grantové agentury (IGA) MZ ČR. Tyto zprávy NLK shromažďuje, zpracovává, zpřístupňuje a uchovává v tištěné podobě od roku 1996. Svou povahou zprávy představují autorská díla, která dle autorského zákona řadíme mezi tzv. zaměstnanecká díla. V NLK je uchovávan pouze 1 exemplář, který je možné využívat pouze prezenčně v prostorách NLK. Pro efektivnější zpřístupnění zpráv přistoupila NLK k jejich digitalizaci a online zpřístupnění. Vytvoření digitálního úložiště, vybudování digitalizačního oddělení a online zpřístupnění dle pravidel autorského zákona je řešením projektu „Archivace a online zpřístupnění plných textů vědeckých publikací pro podporu rozvoje vědy a vzdělávání lékařských a nelékařských oborů“ podpořeného IGA MZČR. Výsledkem projektu bude převedení 3.500 závěrečných zpráv do elektronické podoby do konce roku 2013, včetně jejich volného zpřístupnění přes Internet. Ve spolupráci s IGA MZ ČR se připravuje též předávání závěrečných zpráv v elektronické podobě. NLK veškeré aktivity ohledně DK koordinuje s obdobnými projekty, řešenými v ČR (Národní úložiště šedé literatury – NUŠL, Národní digitální knihovna – NDK).

Klíčová slova

Digitální knihovny, digitalizace, lékařské knihovny, elektronické dokumenty, autorská práva, výzkumné zprávy

Úvod

Národní lékařská knihovna (NLK) od roku 2008 buduje Digitální knihovnu (DK). Digitální knihovna představuje systém pro získávání, zpracování, dlouhodobou archivaci a zpřístupnění elektronických dokumentů. DK je provozována v českém open–source systému Kramerius, který je vyvíjen Národní knihovnou (NK ČR), Knihovnou Akademie věd ČR a Moravskou zemskou knihovnou. Vývoj systému je zajišťován finančními dotacemi Ministerstva kultury ČR (MK ČR) a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR. Systém Kramerius slouží k zpřístupňování digitálních dokumentů v souladu s autorským zákonem.

Podporuje řadu formátů, např. XML, TXT, DjVu, JPG, PNG, PDF, JPEG2000, TIFF. Systém umožňuje replikaci dat mezi jednotlivými instalacemi.

Primárně byla Digitální knihovna NLK určena k ukládání digitálních dokumentů z fondu NLK digitalizovaných při řešení projektů v programu MK ČR Veřejné informační služby knihoven (VISK), podprogramy VISK 6 – Národní program digitálního zpřístupnění vzácných dokumentů Memoriae Mundi Series Bohemica a VISK 7 – Národní program mikrofilmování a digitálního zpřístupňování dokumentů ohrožených degradací kyselého papíru – Kramerius. Postupně začala být využívána i pro jiné výstupy, neboť obsah DK není omezen pouze na dokumenty vzniklé procesem digitalizace, ale je možné ho využít i pro ukládání dokumentů vytvořených již v digitální podobě. V roce 2009 NLK oslovila vybrané české nakladatele, zdali by měli zájem o službu dlouhodobé archivace a zpřístupnění elektronických verzí periodik na bezpečném úložišti včetně následného propojení s bibliografickou databází Bibliographia medica Českoslovaca (BMČ). Pro ukládání a zpřístupňování elektronických verzí periodik v NLK bylo nutné získat povolení od nakladatelů. Smlouvu o poskytování elektronických dokumentů má NLK podepsanou s 27 nakladateli, celkem se jedná asi o 80 odborných periodik. V rámci smlouvy mohou nakladatelé zvolit časové embargo oproti tištěnému vydání a způsob zpřístupnění. Se 2 dodavateli došla spolupráce tak daleko, že se předávají nejenom plné texty článků, ale i bibliografická data ve strukturované podobě (Medicina sportiva Bohemica a Slovaca a časopisy České lékařské společnosti J.E.Purkyně zpřístupňované přes Meditorial).

Obsah Digitální knihovny NLK

Obsah DK NLK tvoří monografie, noviny, časopisy, konferenční sborníky, výzkumné zprávy, specializační atestační práce, výukové materiály, vzácné tisky, kvalifikační práce a závěrečné grantové zprávy. Závěrečné grantové zprávy Interní grantové agentury (IGA) MZ ČR NLK shromažďuje, zpracovává, zpřístupňuje a uchovává v tištěné podobě již od roku 1996. Vzhledem k tomu, že v NLK je uchováván pouze 1 exemplář, je možné pouze jejich prezenční studium v prostorách NLK. Pro efektivnější využití v rámci celé ČR, se NLK rozhodla pro jejich převedení do elektronické podoby a zpřístupnění přes internet. Do konce roku 2013 by mělo být digitalizováno 3.500 závěrečných prací. Ve spolupráci s IGA MZ ČR se připravuje též předávání závěrečných zpráv v elektronické podobě. V DK se nyní nachází 1.120 dokumentů (tj. cca 150.000 stran). Z nichž 1/3 vznikla digitalizací (vlastní i externí), ostatní dokumenty (zejména periodika) získáváme na základě smluv přímo od nakladatelů nebo autorů.

NLK také plánuje rozšířit funkce DK o možnost tzv. autoarchivace, tj. umožnit samotným autorům, aby si do DK ukládali vlastní dokumenty (např. preprinty, příspěvky ze sborníků, výukové materiály).

Proces digitalizace

Digitalizace znamená převedení analogového obsahu do digitálního. Proces zahrnuje řadu činností, nejedná se pouze o čisté skenování, při kterém dochází

k převodu textového a obrazového materiálu do digitální podoby. Takto vzniklá data, obrazy se dále upravují (ořezy, narovnání), vytváří se metadata (popisná, administrativní, technická), provádí se OCR (optické rozpoznávání znaků), propojují se všechny části digitálního dokumentu. Výsledkem je digitální dokument skládající se z metadat a požadovaných digitálních souborů.

Pro digitalizaci NLK využívá knižní skenery Plustek OptiBook 4600 (formát A4), které pro tuto činnost ne zcela vyhovují. V letošním roce NLK plánuje zakoupit manuální knižní skener pro formát A2 s kolébkou a přítlačným sklem, s možností skenování v barevné a šedé škále, rozlišení min. 300 dpi. Požadavky na SW vybavení skeneru: ořez a vyrovnání, dělení stránek, OCR – čeština, angličtina, němčina (minimálně), výstupy: PDF/A, JPEG, TIFF, česká lokalizace a manuály.

Pro organizační zajištění procesů digitalizace v NLK bylo zřízeno nové pracoviště Centrum knihovnických a digitalizačních aplikací, které se bude problematikou digitalizace, uchovávání a zpřístupňování elektronických dat do budoucna zabývat.

Datové formáty a standardy

V DK NLK byly doposud používány formáty PDF a DjVu. Formát PDF bude i nadále využíván pro určité typy dokumentů, formát DjVu bude nahrazen formátem JPG případně JPEG2000. Pro potřeby dlouhodobé archivace (LTP – long time preservation) a zpřístupnění závěrečných zpráv IGA se jako nejvhodnější jeví formát PDF/A–1b, protože se jedná o otevřený standard (ISO 19005–1 Level B), obvyklý pro vědeckou komunikaci, tzv. “self–contained” formát – veškeré údaje potřebné pro zobrazení dokumentu jsou vloženy v samotném souboru. Pro PDF soubory již uložené v archivu nebo získané z externích zdrojů, které nejsou ve formátu PDF/A, bude po analýze typu souborů provedena normalizace na formát PDF/A–1b. V budoucnu bude možné využití formátu PDF/A–2 (ISO 19005–2), který je s PDF/A–1 zpětně kompatibilní.

Rozlišení při skenování bude nastaveno minimálně na 300 DPI, barevné předlohy (stránky s barevným obsahem) budou skenovány barevně (24-bit hloubka), černobílé předlohy v šedé škále (8-bit hloubka).

Právní ošetření zpřístupňování archivovaných dokumentů


Získávání a zpřístupňování dokumentů v DK se řídí Autorským zákonem č. 121/2000 Sb. Knihovna může převést dokumenty, které má ve vlastnictví (případně o ně přišla – ztráta, krádež, poškození), do elektronické podoby. Takto vzniklé elektronické kopie může volně zpřístupňovat přes internet, pokud již uběhlo 70 let od smrti autora/ů, případně získala povolení (licenci) k online šíření od nakladatele nebo autora případně dědiců autorských práv. V ostatních případech je možné dokumenty zpřístupňovat pouze na IP adrese knihovny. U sirotčích děl, kde není nositel práv k dílu určen, nebo i když je určen, není nalezen po důsledném vyhledávání nositele práv [cit. 9], je možné dílo zpřístupnit 100 let od vydání. U novin a časopisů, jejichž obsah je tvořen více autory se postupuje obdobně jako u sirotčích děl.

NLK si nechala v roce 2011 vyhotovit právní analýzu k problematice zpřístupňování šedé literatury. Mezi šedou literaturu řadíme dokumenty, které nejsou publikovány obvyklým způsobem a nejsou proto dostupné na běžném knižním trhu (např. diplomové a dizertační práce, výzkumné zprávy, interní dokumenty, oficiální publikace atd.) [cit. 3]. Závěrečné zprávy IGA MZ ČR patří též do šedé literatury, mají povahu autorských děl a patří dle autorského zákona mezi tzv. zaměstnanecká díla. „Není-li sjednáno jinak, zaměstnavatel vykonává svým jménem a na svůj účet autorova majetková práva k dílu, které autor vytvořil ke splnění svých povinností vyplývajících z pracovněprávního či služebního vztahu k zaměstnavateli nebo z pracovního vztahu mezi družstvem a jeho členem (zaměstnanecké dílo). Zaměstnavatel může právo výkonu podle tohoto odstavce postoupit třetí osobě pouze se svolením autora, ledaže se tak děje při prodeji podniku nebo jeho části. Smrtí nebo zánikem zaměstnavatele, který byl oprávněn vykonávat majetková práva k zaměstnaneckému dílu a který nemá právního nástupce, nabývá oprávnění k výkonu těchto práv autor.“ (AZ). U grantových zpráv za zaměstnavatele považujeme příjemce dotace. NLK může díla užívat pouze na základě svolení IGA. Do současné doby byl vztah mezi IGA a NLK řešen pouze ústní dohodou, což se ukázalo jako jeden z možných problémů v právní analýze. Do budoucna je proto nutné tento vztah ošetřit smluvně. Dle analýzy je možné povolit zpřístupnění již odevzdaných závěrečných zpráv v elektronické podobě na základě podepsání licenční smlouvy mezi IGA a NLK a mezi IGA a příjemci dotace (zaměstnavatelé). Do budoucna se doporučuje již do grantové dohody mezi IGA a příjemcem dotace vložit formulace ohledně zpřístupnění elektronických verzí v Digitální knihovně NLK. Volně přes internet budou moci být zpřístupněny pouze určité části závěrečných zpráv, a to věcná a ekonomická část. Doložená publikační činnost bude moci být zpřístupněna pouze v režimu neveřejné. Veřejné zpřístupnění publikační činnosti je možné, pouze pokud bude výsledek publikován v Open Access zdroji nebo pod licencí Creative Commons.

Co se týče již zmíněné problematiky autoarchivace, do Digitální knihovny NLK je možné vkládat autorská díla přímo autory, a to na základě využití licence Creative Commons. NLK však vždy ponese právní odpovědnost i za zpřístupnění těchto materiálů. Autoři mohou přes Digitální knihovnu zpřístupňovat konferenční příspěvky publikované ve sbornících, pokud nedošlo k uzavření smlouvy mezi autorem a vydavatelem sborníku. Totéž platí i pro preprinty. Výukové materiály, které vzniknou na základě dohody o provedení práce, patří též mezi zaměstnanecká díla.

Zpřístupnění

Data v DK NLK jsou zpřístupňována přes systém Kramerius. NLK pracuje na převedení dat do vyšší verze Kramerius 4 (K4), která je více orientována na fulltextové vyhledávání doplněné o fasetovou navigaci a časovou osu. Systém Kramerius je propojený s portálem Medvik pomocí linkovacího mechanismu, uživatel tak nemusí složitě zjišťovat, zda má dokument elektronickou podobu. Přímo z bibliografického záznamu v systému Medvik je směřován do elektronické verze.

- 4  **Zhodnocení vývoje, současného stavu a podmínek k zajištění zdravého tělesného, duševního a sociálního vývoje nové generace do roku 2010**



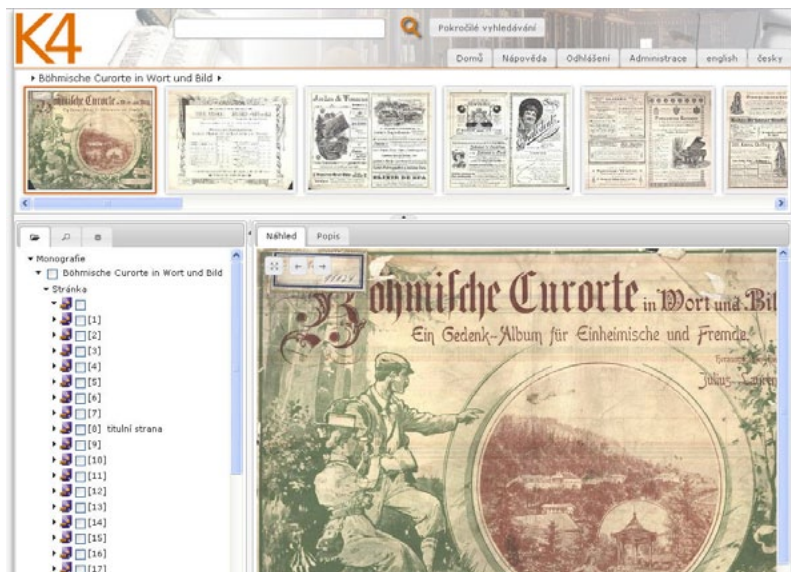
Pfeifer, Ivan, 1944- 

Praha : Iga MZ ČR, 2005. Přeřuš. str. : tab., grafy ; 30 cm.

[katalog](#) [detail](#) [Digitální archiv](#) 

Obrázek 1 — Zobrazení grantové zprávy v portálu Medvik

Z prostředí Java, v němž je provozován portál Medvik, je přístupováno pomocí ODBC konektoru přímo do databáze Krameria (PostgreSQL). Výsledkem je zobrazení odkazů na všechny úrovně metadat, která jsou v Krameriovi k dispozici – typicky tedy na článek, číslo, ročník a časopis. Řešení umožňuje propojení nejen na digital-born dokumenty, ale i na digitalizované dokumenty – zde však pouze maximálně na úroveň čísla. Vzhledem k odlišné architektuře systému Kramerius4 bude nutno upravit mechanismus propojení bibliografických záznamů v portálu Medvik a objektů v digitální knihovně.



Obrázek 2 — Zobrazení dokumentu v K4

Spolupráce

NLK veškeré aktivity ohledně DK koordinuje s obdobnými projekty, řešenými v ČR. Při digitalizaci využívá Registr digitalizace:

<http://www.registrdigitalizace.cz/>, ve kterém se dá ověřit, zdali dokument byl již digitalizován nebo se plánuje digitalizovat jinou institucí v ČR. Pokud ano, je možné zažádat o replikaci data a není nutné dokument znovu digitalizovat. Většina

institucí poskytuje tuto službu zdarma. NLK sleduje a koordinuje digitalizační aktivity s projektem Národní digitální knihovna NK ČR a spolupracuje s Národním úložištěm šedé literatury.

Závěr

NLK předpokládá, že digitalizací závěrečných grantových zpráv a jejich zpřístupněním širokému okruhu uživatelů přes internet dojde ke zlepšení dostupnosti informací o řešených projektech programů IGA MZ ČR a efektivnímu zviditelnění dosažených výsledků.

Článek byl podpořen grantem IGA MZ ČR NT12345.

Literatura:

- [1.] *Autorské právo a knihovny*. Dostupný z [www: http://www.nkp.cz/o_knihovnach/AutZak/Index.htm](http://www.nkp.cz/o_knihovnach/AutZak/Index.htm)
- [2.] *Cubr, L. Dlouhodobá ochrana digitálních dokumentů*. Praha: Národní knihovna ČR, 2010. 154 s.
- [3.] *Česká terminologická databáze knihovnictví a informační vědy (TDKIV)*. Dostupný z [www: http://aleph.nkp.cz/F/](http://aleph.nkp.cz/F/)
- [4.] *Hutař, J. Nové standardy digitalizace (od roku 2012)*. Dostupný z [www: http://www.ndk.cz/digitalizace/nove-standardy-digitalizace-od-roku-2011](http://www.ndk.cz/digitalizace/nove-standardy-digitalizace-od-roku-2011)
- [5.] *Kříž, F., Maixnerová, L. Digitalizace v Národní lékařské knihovně. Lékařská knihovna, 2009, č. 1–2*. Dostupný z [www: http://www.nlk.cz/publikace-nlk/lekarska-knihovna/2009/lk2009-1-2/digitalizace-v-nlk](http://www.nlk.cz/publikace-nlk/lekarska-knihovna/2009/lk2009-1-2/digitalizace-v-nlk)
- [6.] *Maixnerová, L., Kříž, F., Horsák, O. Zpřístupnění a archivace plných textů českých lékařských a zdravotnických časopisů. Knihovnický zpravodaj Vysočina, 2010, roč. 10, č. 2*. Dostupný z [www: http://kzv.kkvysoctiny.cz/archiv.aspx?id=1266&idr=10&idci=26](http://kzv.kkvysoctiny.cz/archiv.aspx?id=1266&idr=10&idci=26)
- [7.] *Maixnerová, L., Kříž, F., Horsák, O., Bouzková, H. Rozvoj digitálního archivu Národní lékařské knihovny ve spolupráci s vydavateli a autory vědeckých lékařských informací. MEDSOFT 2009. 2009, s. 97–103*.
- [8.] *Matušík, Z. K některým autorskoprávním otázkám činnosti knihoven v současnosti*. *Knihovna plus [online]*. 2010, č. 1. Dostupný z [www: http://knihovna.nkp.cz/knihovnaplus101/matusik.htm](http://knihovna.nkp.cz/knihovnaplus101/matusik.htm)
- [9.] *Matušík, Z. Osířelá díla a díla nedostupná na trhu a novela autorského zákona. 12. Konference AKM v digitálním světě, 30.11.2011*. Dostupný z [www: http://www.skipcr.cz/dokumenty/akm-2011/Matusik.pdf](http://www.skipcr.cz/dokumenty/akm-2011/Matusik.pdf)
- [10.] *Myška, M., Polčák, R., Šavelka, J. Zpřístupňování závěrečných zpráv IGA MZ ČR v Digitální knihovně Národní lékařské knihovny: opinio (stanovisko k právní otázce)*. 2011. 25 s.
- [11.] *Rosenthal, V., Blekinge–Rasmussen, A., Hutař, J. a kol. Průvodce plánem důvěryhodného repozitáře (PLATTER)*. Praha: Národní knihovna ČR, 2009. 51 s.

Kontakt:

Mgr. Lenka Maixnerová

Národní lékařská knihovna

Sokolská 54, Praha 2

maixnero@nlk.cz

Mgr. Filip Kříž

PhDr. Helena Bouzková

Mgr. Ondřej Horsák

Mgr. Adéla Jarolímková, Ph.D.

PhDr. Eva Lesenková, Ph.D.

MODEL ECMO OXYGENÁTORU

**Marek Mateják, Barbora Nedvědová, Anna Doležalová,
Jiří Kofránek, Tomáš Kulhánek,**

ANOTACE

Práce se zabývá modelováním oxygenátoru v ECMO pomocí modelovacího jazyka Modelica. Tento virtuální oxygenátor by po propojení s modelem HumMod Golem Edition mohl sloužit pro výuku studentů medicíny, či biomedicínského inženýrství. ECMO je obdoba mimotělního oběhu, s tím rozdílem, že jeho součástí není rezervoár, kde se kumuluje žilní, venózní krev. Používá se jako náhrada srdce a plic v průběhu složitých operačních zákroků, či pomáhá přemostit dobu čekání na transplantaci atd. Oxygenátor v tomto přístroji slouží k ohřevu a okysličení krve, která se vrací pacientovi do cévního systému.

KLÍČOVÁ SLOVA

Oxygenátor, výměna plynů, ohřev krve, ECMO, modelování, Modelica

1. ÚVOD

Cílem naší práce je vytvoření zidealizovaného oxygenátoru, ve kterém bude probíhat výměna krevních plynů. Simulace by měla být schopna počítat ohřev krev a transport krevních plynů.

Vstupem do modelu oxygenátoru je průtok krve, vody a plynů. Nejprve voda ohřívá krev a poté proběhne mezi plyny a krví výměna CO_2 a O_2 . Pro vstupující krev se bude brát v úvahu její tlak, totální koncentrace CO_2 a O_2 , koncentrace vodíkových iontů, koncentrace jednotlivých acidobazických buffrů a faktory, které ovlivňují saturaci kyslíkem (například DPG). Uživatel bude moci nastavit zastoupení vstupních plynů, které se řídí rovnicí 1.1.

$$PV=nRT$$

Rovnice 1.1

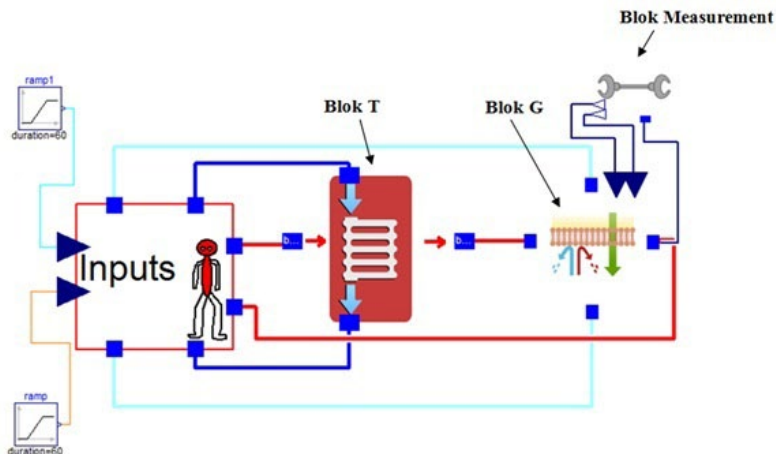
kde P je tlak plynu (Pa), V objem plynu (m^3), n látkové množství (mol), R plynová konstanta $8.3144621 \text{ (J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1})$ a T termodynamická teplota (K).

Dále bude možno nastavit teplotu vody, která bude ohřívát krev. Výstupem z modelu budou přibližné hodnoty krve, vystupující z oxygenátoru. Model by mělo být možné propojit s komplexním modelem HumMod Golem Edition [10,11], tudíž by tento virtuální oxygenátor mohl sloužit jako část trenážeru pro vyučování akutní medicíny.

2. ZPRACOVÁNÍ

Model (viz brážek 1) má několik částí, z nichž každá plní jednu svou základní funkci. Zjednodušený oxygenátor jako celek má na vstupu neokysličenou, studenou krev. Z oxygenátoru vystupuje okysličená a ohřátá na námi požadovanou teplotu. Teplo krvi předává voda. Neokysličená krev se stane

okysličenou po průchodu částí modelu, která krvi předává kyslík a odebírá jí oxid uhličitý. Výměna plynů probíhá pomocí vyrovnání parciálních tlaků jednotlivých složek vzduchu, přiváděného do bloku.



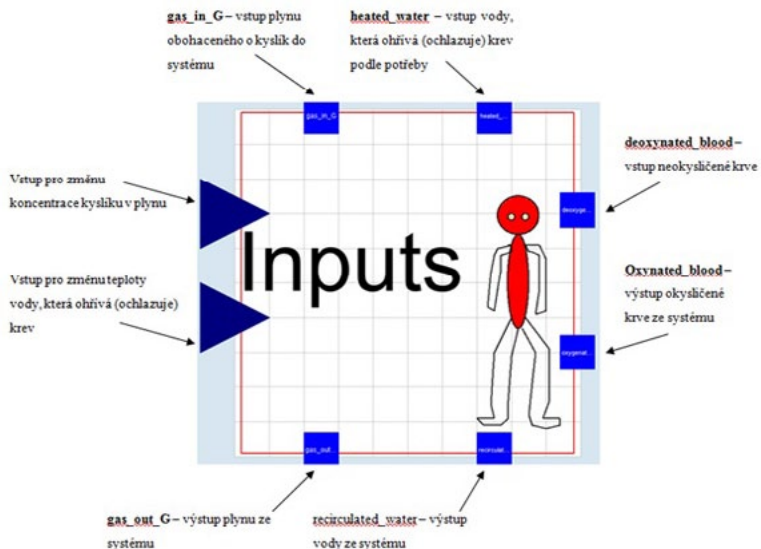
Obrázek 1 — Celkové schéma zapojení oxygenátoru v programu Dymola

Na začátku jsme vyrobili konektor jménem Port, který obsahuje základní nezávislé parametry krve, plynů i vody. Konkrétně se jedná o relativní tlak [Pa], volumeFlow [m³], enthalpii [J/m³], ctO₂ [mmol/l] což je koncentrace kyslíku v krvi, ctCO₂ [mmol/l] je koncentrace oxidu uhličitého v krvi, ctTHox [mmol/l] je přebytek koncentrace titrovatelných H⁺ iontů v plně okysličené v krvi, ctHb [mmol/l] je koncentrace hemoglobinu v krvi, ctAlb [mmol/l] je koncentrace albuminu v krvi, ctGlb [g/l] je koncentrace globulinu v krvi, ctPO₄ [mmol/l] je koncentrace fosfátů v krvi a cDPG [mmol/l] což je koncentrace bifosfoglycerolů v krvi[7].

2.1 Blok Inputs

Náš model je složen z dílčích částí. První blok jménem Inputs (viz obrázek 2) je zároveň vstupem i výstupem z modelu. Obsahuje šest portů. První port gas_in_G je vzduch obohacený o kyslík, který okysličuje krev. Tento port z bloku Inputs vystupuje a do celkového modelu vstupuje. Druhým portem je gas_out_G. Tento port je vlastně výstup z modelu a vstup do bloku Inputs. Deoxygenated_blood je třetí port. Ten představuje neokysličenou krev, která z bloku Inputs vystupuje a do systému vstupuje. Čtvrtý port jménem Oxygenated_blood je vlastně celkovým výstupem z modelu a v praxi by měl být napojen do cévního systému člověka a přivádět mu okysličenou krev. Pro ohřívání krve využíváme vodu, která krvi předává teplo. Na to nám slouží zbylé dva porty v bloku Inputs. Z bloku Inputs tato voda do modelu vstupuje portem

Heated_water, zde předá své teplo krvi a do Inputs se vrací jako Recirculated_water. Uživatel si může zvolit, na jakou teplotu se má mít vstupující voda.



Obrázek 2 — Blok Inputs s popisy vstupů a výstupů

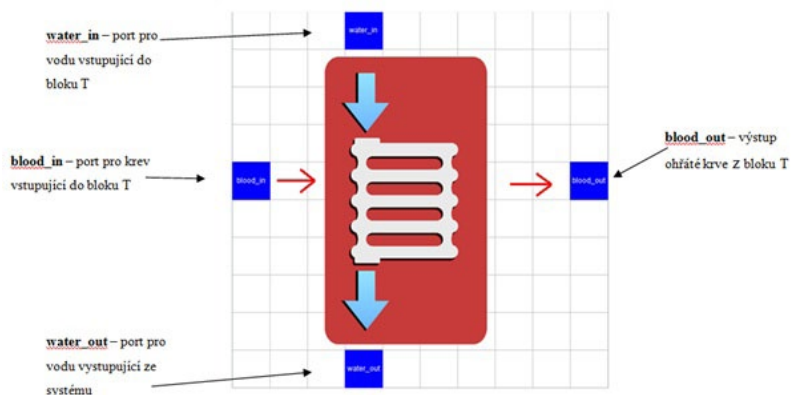
Samotný model oxygenátoru se nám skládá z bločku T zajišťujícího ohřívání či chlazení krve a z bloku G, který se stará o okysličení krve. Přenos plynů se řídí pomocí jejich finálních parciálních tlaků, kterých rovnice jsou v bloku Measurement.

2.2 Blok T

Blok T má celkem čtyři porty. Dva z nich slouží pro vstupující a vystupující krev. Druhé dva potom pro vstupující a vystupující vodu. Do bloku T vstupuje voda ohřátá na určitou teplotu (například 38°C) portem water_in. Dále sem vstupuje krev s určitou teplotou (například 35°C) portem blood_in. V bloku se tyto teploty vyrovnají a výstupem je voda a krev o stejné teplotě.

Pro možnost přesného nastavení teploty výstupní krve by se mohla v modelu použít regulační smyčka. V našem případě je tedy možné nastavit teplotu vstupující vody, která se pak vyrovná s teplotou krve a tím krev ohřeje. Regulační smyčka by sledovala, o kolik stupňů se krev ohřívá, a umožňovala by přesnější nastavení teploty výstupní krve. V našem případě se jedná o zjednodušený model bez této regulační smyčky. Směry toků jak krve, tak vody jsou patrné na obrázku 3.

Tok tepla je vyjádřen v Joulech za sekundu. Blok T předpokládá toky tepla jenom mezi krví a vodou podle zákona zachování energie (1.2), kde p je index



Obrázek 3 — Blok T se směry průtoky krve (červené šipky) a vody (modré šipky)

každého ze čtyř portů, h je entalpie na daném portu, f je přítok vody nebo krve přes daný port.

$$0 = \sum h_p \cdot f_p$$

Rovnice 1.2

Teplota T se z entalpie h vyjádří pomocí vztahu (1.3), kde T_0 (0°C) je základní nejnižší teplota v kapalném skupenství a c je konstantní tepelná kapacita krve (resp. vody).

$$T = T_0 + hc$$

Rovnice 1.3

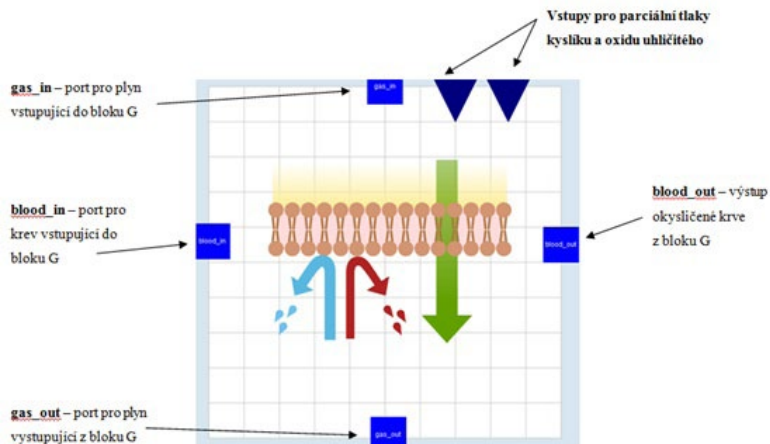
2.3 Blok G

Druhým blokem, ve kterém dochází k úpravám vlastností krve, je blok G. Tento blok slouží k výměně dýchacích plynů, tudíž k přivádění kyslíku do krve a odvádění oxidu uhličitého z krve. Do tohoto bloku vstupují údaje o parciálních tlacích kyslíku a oxidu uhličitého zjištěných z krve pomocí bloku Measurement. Spojením tohoto bloku s blokem G pomocí RealOutputs a RealInputs dochází k vytvoření rovnice, ve které platí, že hodnoty parciálních tlaků O_2 a CO_2 v krvi a plynu vtékajícího do G se rovnají (1.4).

Směry průtoků plynu a krve jsou patrné na obrázku 4.

Vstupující plyn má větší koncentraci O_2 , v našem případě od 15 do 30% a téměř nulovou koncentraci CO_2 . V bloku G plyn část O_2 odevzdá krvi a naopak z krve přijme část CO_2 . Výstupní koncentrace O_2 v plynu je tedy nižší v porovnání se vstupující a koncentrace CO_2 je naopak vyšší.

Vstupující krev má malou koncentraci O_2 (6.326 mmol/l) a vyšší koncentraci CO_2 (22.83 mmol/l). Na základě vyrovnání parciálních tlaků krev přijímá část O_2 z plynu a odevzdává mu část CO_2 . Výsledné koncentrace plynů v krvi jsou tedy takové, že koncentrace O_2 je vyšší v porovnání se vstupující krví a CO_2 je nižší.



Obrázek 4 — Blok G, průtoky krve a plynů

2.4 Blok Measurement

Tento blok slouží pro měření parciálních tlaků O_2 a CO_2 v krvi. Toto měření probíhá pomocí bloků, které se přímo týkají všech parametrů krve. Blok Blood nám přivádí do bloku Measurement informace o krvi protékající blokem G a bloky CO_2 , O_2 a pH z těchto informací určí hodnoty parciálních tlaků O_2 a CO_2 potřebné pro blok G, aby došlo k výměně plynů mezi plynem a krví. Vstupní hodnoty jsou do tohoto bloku přivedeny opět portem. Schéma zapojení bloku Measurement vidíme na obrázku 5. Gain jsou v tomto bloku přítomny z důvodu úpravy jednotek. Stejně tak i blok ConvertorKtodegC, který převádí jednotky teploty Kelvin na jednotky stupně Celsia.

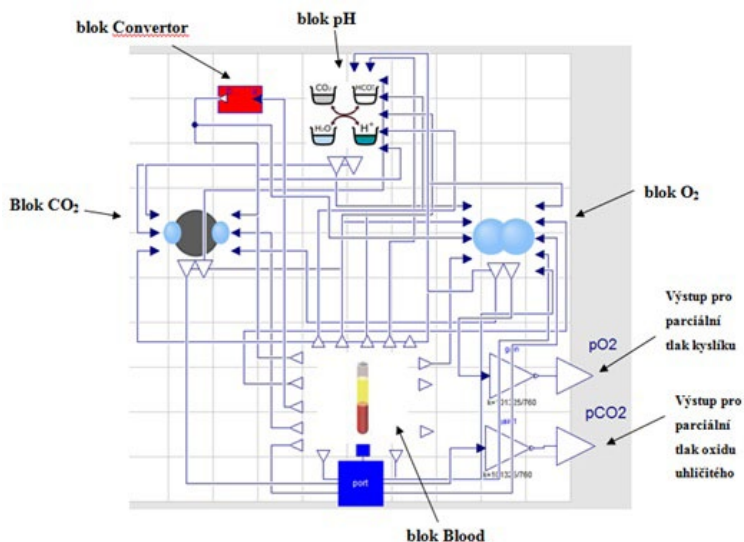
Spojením bloku Measurement s blokem G dochází k vyrovnání parciálních tlaků CO_2 a O_2 v krvi a procházejícího plynu. Toto spojení je jednou z nejdůležitějších rovnic pro celkové okysličení krve.

2.4.1 Blok Blood

Výstupní hodnoty bloku Blood spojíme s jednotlivými bloky týkajícími se informací o parametrech krve. Pomocí bloku Blood přivedeme do celkového bloku Measurement informace o krvi vytékající z bloku G a na základě těchto informací blok Measurement spočítá parciální tlaky O_2 a CO_2 .

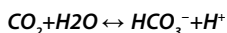
2.4.2 Blok Blood

Tento blok se týká oxidu uhličitého obsaženého v krvi. Jedním z výstupů tohoto bloku je pro nás důležitý parciální tlak CO_2 v krvi. Tento tlak je i výstupem z celkového modelu Measurement. Po spojení s bloky O_2 , pH a Blood je tento blok schopen parciální tlak CO_2 zjistit.



Obrázek 5 — Blok Measurement

Poıtanı parciální tlaek CO₂ se řídí hlavně podle Handerson-Hasselbachovej (1.4) reakce s jinými rovnicemi popsánými Siggard-Andersnom a spol. [14].



Rovnice 1.4

2.4.3 Blok O₂

Tento blok zjistuje parciální tlaek O₂ v krvi z ostatních parametrů vstupujících z bloků Blood, pH a CO₂. Jedním z výstupů tohoto bloku je také parciální tlaek O₂ obsaženého v krvi. Tento tlaek je opět výstupem z celkového bloku Measurement a na jeho základě probíhá výměna plynů v bloku G.

Parciální tlaek O₂ je poıtanı pomocí saturanı křivky kysliku, která je však závislá na mnohých dalších vlastnostech popsáných v klinicky pouızıvane aplikaci Oxygen Saturation Algorithm od Siggard-Andersnom a spol. [5].

2.4.4 Blok pH

Do bloku pH vstupují parametry krve z bloku Blood, O₂ a CO₂. Vystupují udaje o pH krve a pH erytrocytů. Blok slouží pro poskytnutí těchto udaju důležitých při zjištování parciálních tlaeku O₂ a CO₂.

Kyselost krve kromě přebytků silných kyselin (ctHox) závislé hlavně na puranıch vlastnostech krve. Je poıtana lineárním zjednodušením přes Van-Slykeovu rovnicí z koncentrací a vlastností jednotlivých slabých kyselin jako jsou bikarbonát, fosfáty, hemoglobin, albumıny a globuliny [5,6,7,8,14].

2.4.5 Blok Convertor

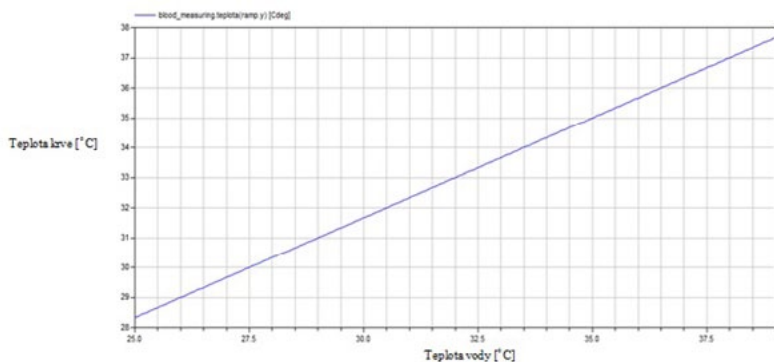
Blok ConvertorKtodegC slouží pro převod jednotek teploty z Kelvinů na stupně Celsia. Blok je zařazen proto, aby bylo model možné napojit na celkový model Hummod, kde se například v bloku CO₂ počítá s teplotou v jednotkách stupně Celsia.

3. TESTOVÁNÍ MODELU

| Vstup do modelu | Hodnota | Fyzikální jednotka |
|--------------------------------------|---------|--------------------|
| plynová konstanta | 8.31 | J/(mol.K) |
| tepelná kapacita vody | 4.15 | J/(m3.K) |
| tepelná kapacita krve | 4.14 | J/(m3.K) |
| teplota vstupující vody | 38 | °C |
| průtok vody | 10 | l/min |
| tlak plynů | 1 | atm |
| průtok plynů | 4 | l/min |
| koncentrace O2 ve vstupujícím plynu | 21 | % |
| koncentrace CO2 ve vstupujícím plynu | 0 | % |
| teplota vstupující krve | 35 | °C |
| průtok krve oxygenátorem | 5 | l/min |
| množství O2 ve vstupující krvi | 6.326 | mmol/l |
| množství CO2 ve vstupující krvi | 22.83 | mmol/l |
| přebytek silných kyselin v krvi | 0.0227 | mEq/l |
| koncentrace hemoglobinu v krvi | 8.4 | mmol/l |
| koncentrace albuminů v krvi | 0.66 | mmol/l |
| koncentrace globulinů v krvi | 28 | g/l |
| koncentrace fosfátů v krvi | 0.169 | mmol/l |
| koncentrace DPG v krvi | 5.4 | mmol/l |

Tabulka 1 — Defaultní nastavení modelu

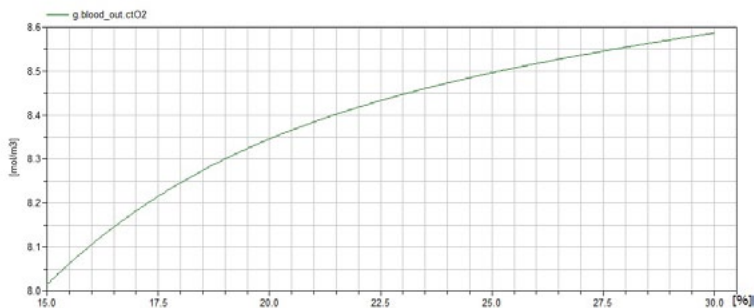
Pro ověření správného fungování modelu jsme provedli několik experimentů. Výstupem z modelu by měla být oksyložená krev, ohřátá na určitou teplotu, která by se dala teoreticky vracet do pacienta, připojeného na mimotělní oxygenaci.



Obrázek 6 — Závislost ohřevu krve na teplotě vody (osa x) při defaultním nastavením modelu (tab 1).

Bylo nutné zjistit, jestli se odkysličená krev vstupující do systému po průchodu blokem T ohřívá na námi požadovanou teplotu. Tahle vstupní žilní krev odváděná z těla pacienta byla nastavena na 35 °C. Vzhledem k tomu, že na vstup přivádíme vodu, která mění svojí teplotu od 25 do 39 °C, měla by se i krev ohřívát v podobném intervalu. Jak vidíme na obrázku 6, teplota krve roste od necelých 29 do 38 °C, tudíž úměrně ohřevu vody na vstupu.

Další ze dvou hlavních problémů je v oxygenátoru okysličení krve. Vzhledem k tomu, že tento přístroj má substituovat činnost srdce a plic, musí tělo pacienta dostatečně zásobovat kyslíkem. Na vstupu našeho modelu měníme obsah kyslíku v plynu, který vhnáme do bloku G, od 15 do 30%. Koncentrace kyslíku ve venózní krvi je nastavena na konstantní úroveň $ctO_2=6.326$ mmol/l, co odpovídá normální 75% venózní saturaci. Na výstupu by se tudíž měla měnit koncentrace kyslíku v okysličené krvi v závislosti na tuto změnu. Jak vidíme na obrázku 7, tak se koncentrace kyslíku v krvi, která vystupuje ze systému, mění v závislosti na procentech kyslíku ve vstupujícím plynu.



Obrázek 7 — Závislost koncentrace kyslíku ve vystupující krvi (zelená křivka) na koncentraci kyslíku ve vstupujícím plynu (osa x – procenta kyslíku ve vstupujícím vzduchu) při defaultním nastavením modelu (tab 1).

4. ZÁVĚR

Cílem naší práce bylo namodelovat oxygenátor používaný v ECMO. Model dokáže simulovat ohřívání a okysličování krve pacienta připojeného na tento typ mimotělního oběhu. Tento model lze využívat pro ohřívání krve na různé teploty. Uživatel může nastavit teplotu vody, která pak tuto teplotu krvi odevzdá. Pro přímé a přesné nastavení teploty výstupní krve by bylo nutné model vylepšit zařazením regulační smyčky.

V bloku okysličování krve lze nastavit hodnoty koncentrace kyslíku v plynu. Čím jsou tyto hodnoty vyšší, tím více se výstupní krev okyslíčí.

Po vylepšení modelu, zpřesnění fyzikálních a fyziologických hodnot a propojení se stávajícím modelem HumMod Golem Edition [11] by tento systém mohl sloužit jako pomůcka při výuce jak mediků, tak budoucích biomedicínských inženýrů.

Poděkování

Tato práce je podporována projektem MPO FR—T13/869.

Literatura:

- [1.] Klaus Lewandowski: *Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory failure*; *Crit Care*. 2000; 4(3): 156–168.
- [2.] Madershahian N, Nagib R, Wippermann J, Strauch J, Wahlers T (2006). "A simple technique of distal limb perfusion during prolonged femoro–femoral cannulation.". *J Card Surg* 21 (2): 168–9.
- [3.] Wang D, Zhou X, Liu X, Sidor B, Lynch J, Zwischenberger JB (2008). "Wang–Zwische double lumen cannula–toward a percutaneous and ambulatory paracorporeal artificial lung.". *ASAIO J* 54 (6): 606–11.
- [4.] Angelica Oung (2008–01–31). "Patient recovers after 117 days of ECMO treatment". *Taipei Times*. Retrieved 2011–02–01.
- [5.] ANDERSEN, Siggard. *Hydrogen Ion, Carbon Dioxide, and Oxygen in the Blood*. [online]. [cit. 2012–02–05]. Dostupné z: [<http://www.siggard-andersen.dk/>]
- [6.] Jiří Kofránek: *Komplexní model acidobazické rovnováhy*. In *MEDSOFT 2009*. (Milena Ziemhamlová Ed.) Praha: Agentura Action M, Praha 2008, str. 23–60. ISBN 978–80–904326–0–4 english version: *Complex model of blood acid–base balance*
- [7.] Jiří Kofránek, Stanislav Matoušek, Ondřej Vacek: *Bilanční pojetí acidobazické rovnováhy a jeho využití ve výukových simulátorech*. In *Sborník 17. Konference českých a slovenských patofyziologů, 11–12. září 2008, str.17–18*. (Emanuel Nečas, Martin Vokurka, Eds.), 1. Lékařská fakulta UK, ISBN 978–80–254–0863–6
- [8.] Kofránek, Jiří, Matoušek, Stanislav, Mateják, Marek: *Modelování acidobazické rovnováhy*. In *MEDSOFT 2010 (Milena Ziemhamlová Ed.)* Praha: Agentura Action M, Praha, str.66–80, ISSN 1803–8115.
- [9.] Marek Mateják, Pavol Privitzer, Jiří Kofránek: *Modelica vs. blokovo–orientované jazyky matematického modelovania*. In *OBJEKTY 2008 (Žilina SR): Žilinská Univerzita, 20.–21.11.2008*, (Jan Janech Ed.), Edis, Žilina, s. 79–94. ISBN 978–80–8070–923–3
- [10.] Mateják Marek, Kofránek, Jiří: *Rozsáhlý model fyziologických regulací v Modelice*. In *MEDSOFT 2010 (Milena Ziemhamlová Ed.)* Praha: Agentura Action M, Praha, str. 126–146, ISSN 1803–8115.

[11.] Marek Mateják, Jiří Kofránek: HUMMOD – GOLEM EDITION – ROZSÁHLÝ MODEL FYZIOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ. In Medsoft 2011

[12.] Siggaard-Andersen O., Wimberley P.D., Fogh-Andersen, Gøthgen I.H. (1988): Measured and derived quantities with modern pH and blood gas equipment: calculation algorithms with 54 equations. *Scand J Clin Lab Invest.* 48, Suppl 189: 7–15.

Kontakt:

MGr. Marek Mateják

MUDr. Jiří Kofránek, CSc.

Oddělení biokybernetiky a počítačové podpory výuky

Ústav patologické fyziologie 1.LF UK a VFN

Praha, U nemocnice 5, 128 53 Praha 2

tel: +420 224965912

e-mail: matejak.marek@gmail.com

e-mail: kofranek@gmail.com

VÝUKA INTERNETOVÉ ŽURNALISTIKY

Radek Mezuláník

Anotace

Od akademického roku 2011/2012 je na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT realizován předmět Teorie a praxe žurnalistické tvorby, ve kterém si studenti mají osvojit znalosti novinářské práce v tisku, rozhlase, televizi, elektronických médiích a orientovat se v profesních problémech, včetně problémů etických a v základních žurnalistických tématech. Součástí předmětu jsou základy teorie masové komunikace, typy médií a jejich specifika, základy žurnalistické tvorby a především internet jako prostředek masové komunikace a s ním související on-line žurnalistika.

Klíčová slova:

Žurnalistika, on-line žurnalistika, média, žánry, etika, masová komunikace, sociální komunikace, internet, tisk, rozhlas, televize, elektronická média

Nový nástroj žurnalistů – internet

Rozvoj nových technologií v oblasti PC a telekomunikací ovlivňuje žurnalistiku, zvláště v průmyslově vyspělých zemích, již dávno, resp. od konce 80. let minulého století. Nejprve žurnalisté začali používat textové editory, ostatně jako mnozí z nás, později měli přístup k archivům a databankám. Internet byl v té době doménou akademické obce a novináři jej využívali jen jako zdroj specifických informací.

90. léta s uživatelsky přátelskými aplikacemi a rozšířením Word Wide Webu vše změnila. Internet a jeho technologie byli zpřístupněny počítačovým amatérům, kyberprostor se rozšířil o nové informační zdroje v podobě webových stránek, žurnalisté tak získali nepostradatelný nástroj ke své práci. Orientaci v rozšiřujícím se informačním potenciálu volně přístupných webových stránek usnadnily katalogové a fulltextové vyhledávače. Novinář získává možnost přímé komunikace se svým zdrojem, se svou redakcí, se svým publikem. Těmto novým metodám říkají v některých zemích „počítačem asistovaná žurnalistika“ (CAR, Computer-Assisted Reporting).

Fenomén on-line žurnalistiky je tedy umožněn publikačním potenciálem internetu. Žurnalistika se stává nezávislou na vydavatelských, tiskárnách, distribučních firmách, broadcastrech a jejich organizačních strukturách.

Je internetová žurnalistika samostatnou disciplínou?

Jednotný názor neexistuje, navíc se dnes vše komplikuje množstvím weblogů a aktivitou amatérských publicistů. Původně byl tvůrcem obsahu mediálních sdělení výhradně novinář. Dnes se profesionál stává pouze jedním z mnoha tvůrců médií (media content producers). Internetové prostředí je zcela odlišné od médií tisku, rozhlasu a televize.

K vlastnostem internetové žurnalistiky patří:

- hypertextualita
- multimedialita
- interaktivita

Je pak již na jednotlivých autorech, jak tyto vlastnosti využijí v zájmu sdělnosti a zajímavosti publikovaných produktů.

Nové technologické možnosti internetu mění i pohled na novinářskou profesi. Původně byl dobrým novinářem ten, kdo dokázal získat co největší množství zajímavostí, ale především informací se zpravodajskou hodnotou, nejen kvalitních, ale i dobře prodejných. Dnes se na nás valí nekonečné množství informací a zpráv z mnoha různých zdrojů a distribučních kanálů. Obrovský nárůst množství televizních a rozhlasových programů, freepaperů, tiskových zpráv, přeplněných poštovních schránek, včetně elektronických, vyvolává novou situaci: není již problém informace získat, ale orientovat se v nich, selektovat je, rozeznávat jejich hodnotu, zpracovávat je a správně v dané chvíli, prostoru a čase je využívat. V tom dnes spočívá role profesionálního žurnalisty.

Co má umět internetový žurnalista

Mediální gramotnost je dnes nezbytnou kompetencí nejen pro novináře, ale také pro konzumenty médií. Původně vyžadovaná počítačová gramotnost musí být doplněna o znalosti z prostředí digitalizovaného komunikačního prostředí. A znalosti internetu, webové komunikace, práce vyhledávačů, on-line databází, e-mailové komunikace a diskusních skupin je třeba doplnit o základy teorie sociální a mediální komunikace, informace o typech médií a jejich zvláštnostech, základy žurnalistické tvorby s jejími etickými pravidly a zásadami.

Multimedialita on-line žurnalistiky vyžaduje multimedialně vzdělaného zdatného novináře, schopného nejen psát, ale také pracovat s digitální fotografií, jako součástí jeho výstupů, ovládajícího technologii natáčení a střihu zvukových záznamů nebo videoreportáží. To na čem dříve pracoval tým specialistů, je dnes soustředěno do jednoho PC s příslušným softwarem.

Jakým způsobem takové novináře vzdělávat

Pomiňme nyní, že i role pedagoga v oblasti sociální a mediální komunikace a žurnalistiky by se měla změnit.

Nejde tedy o to, aby student uměl programovat a tvořit internetové stránky, ale předpokládá se uživatelská znalost redakčních systémů a publikačního softwaru. Již z toho vyplývají limity pro školy, které chtějí studentům tyto možnosti nabídnout, v podobě disponibilního hardwaru a softwaru. Učit se jak má žurnalistický produkt vypadat, bez možnosti vyzkoušení formy a způsobu publikování, nemá význam.

Tvořit mediální produkty v hypertextovém formátu nelze bez patřičného vybavení. Kromě problémů s vybavením je třeba zmínit nedostatek zkušených

odborníků a také ekonomických prostředků pro ně v podmínkách ČR. Na rozdíl od některých evropských univerzit, kde například Katedra žurnalistiky University of Central Lancashire disponovala téměř 300 000 EUR na zřízení speciální Katedry on-line žurnalistiky.

Konkrétní projekt na FBMI ČVUT

Cílem studia je aby se studenti naučili a osvojili si, v rámci přednášek a cvičení, znalosti novinářské práce v tisku, rozhlase, televizi, elektronických médiích a orientovat se v profesních problémech, včetně problémů etických a v základních žurnalistických tématech.

Přednášky jsou rozvrženy do následujících témat:

1. Proces komunikace, informace a její podoby v médiích, informační společnost, prostředky masové komunikace, masová média jako instituce
2. Veřejný zájem uplatňovaný v médiích, Média a společnost – dominantní a alternativní paradigma, základní pojmy sociologie médií, Mediální struktury, instituce a organizace
3. Typy médií, typy vlastnictví médií, mediální publikum, Mediální obsah, žánry a formáty, zpravodajství, vizuální jazyk komunikace
4. Účinky působení médií, moc médií, kampaně, typy manipulativních technik.
5. Tištěná média, Rozhlas, Televize, Internet, historie, současnost
6. Trendy– interaktivita, blogy, Specifika komunikace v jednotlivých typech médií – přednosti a slabiny printů, auditivní, audiovizuální a interaktivní mediální komunikace, Tiskové a zpravodajské agentury
7. Základy žurnalistické tvorby, Agenturní žurnalistika, agenturní zpravodajství jako zdroj novinářských informací, produkty a služby agentury, archivní fondy a dokumentační databáze
8. Zpravodajské a publicistické žánry, Zpravodajství a publicistika v různých typech tištěných médií a různých rubrikách, rozdíly mezi publicistikou psanou pro deník a časopis, odlišnost v pojetí kreativního psaní, zpráva a komentář
9. Práce se zdroji informací, ochrana zdroje, Objektivita, vyváženost, profesionalita a etika, etické kodexy, mediální legislativa
10. Internet jako prostředek masové komunikace: Nová média a změny žurnalistických standardů, Práce s informací na webu – vyhledávače, odkazy, hypertext
11. Média a zpětná vazba, interaktivita, on-line komunikace, chat, Tvorba webové stránky, rubriky, role grafiky, role domény
12. Změny ve struktuře agenturních produktů a služeb ovlivněné digitalizací a internetizací,
13. Současná struktura internetových médií – portály, servery, deníky, magazíny, webové verze printů a jejich specifika

Cvičení pak obsahují práci s informací na webu – vyhledávače, odkazy, hypertext, seznámení s editorem Adobe Photoshop CS, úpravy obrazu (retušování, úpravy barev, kreativní úpravy), možnosti editace fotografického

obrazu, ukládání souborů, práce s portály, servery, deníky, magazíny, tvorbu webové stránky, zpracování vlastního projektu pro použití v periodickém tisku, reklamě či obrazové prezentaci atd.

Závěrem

Podle Marka Briggse, amerického novináře, teoretika a propagátora on-line žurnalistiky, můžeme dnes mluvit o žurnalistice 2.0, která nabízí další výhody jak pro tvůrce tak pro další účastníky komunikace. Nejde již jen o tvorbu a obsah zpráv se zapojením dalších uživatelů, ale žurnalistika 2.0 zaměřuje pozornost na koncového uživatele, kterému umožňuje nebýt pouze pasivním příjemcem, ale aktivním spolutvůrcem. To vede k osobnímu rozvoji, aktivitě a správnému využívání technologií, které nám současný svět nabízí.

Kontakt:

Radek Mezuláník

email: mezulanik.radek@ujak.cz

POČÍTAČOVÁ PODPORA DOMÁCÍ LÉČBY A TELETSTOVÁNÍ

Petr Novák, Vladimír Eck, Olga Štěpánková

Anotace

Článek se věnuje tvorbě počítačové online podpory umožňující nejen domácí léčbu (rehabilitaci), ale rovněž průběžné monitorování výsledků léčebných úloh pacienta lékařem. Zahrnuje rovněž možnosti teletestování pacientů se zaměřením například na psychologické testy, detekci Parkinsonovy nemoci, testy pro předškolní děti a řadě dalších využití.

Snaha autorů spočívá ve vytvoření tzv. „frameworku“ pro podporu těchto počítačových aplikací. Tedy možnosti snadného vytváření jak desktopových, tak webových aplikací představující zejména rehabilitační, monitorovací a testovací úlohy. Mnoho léčebných úloh využívá adaptací na měnící se stav pacienta, a tím zajišťuje stálou efektivnost léčebné metody i mezi průběžnými kontrolami u lékaře.

Každému pacientovi je poskytnut jedinečný přístupový kód, pod kterým jsou výsledky všech vypracovaných úloh a testů odesílány. Podle identifikace pacienta jsou tato data zpracovávána a předávána na pracoviště odpovědného lékaře (dozoru). Získané výsledky se nejprve automaticky hodnotí na detekci nežádoucích stavů a poté se prezentují lékaři vhodnou zejména grafickou formou. Z dat lékař dále získá informace o časovém rozložení domácí léčby (průběžná nebo jednorázová), možnost porovnání kvality tzv. „domácích výsledků léčby“ pacientů s „kontrolními výsledky“ v ordinaci lékaře a rovněž přehled celkové stability naměřených výsledků.

V současné době je vytvořený „framework“ prototypově využíván na 5 lékařských pracovištích pro zhruba 100 pacientů v domácí léčbě zrakových poruch. Dále je zahájen projekt pro rehabilitaci pohybového aparátu a připravují se úlohy pro hodnocení stavu zejména paměti, postřehu a dalších kognitivních činností zvláště u stárnoucí generace. Již první výsledky jsou pro lékařskou praxi velmi povzbudivé a přínosné. Nejen, že lze snadno detekovat, jaké dny v týdnu jsou pro pacienta při cvičení vhodnější, jak domácí trénink ovlivňuje výsledky kontroly u lékaře, ale z výsledků mnoha úloh lze navíc detekovat dokonce i dříve neodhalené poruchy nebo další schopnosti a dovednosti testované osoby.

Klíčová slova

Vzdálený dozor, domácí rehabilitace, teletestování, adaptivní úlohy, automatická detekce nežádoucích stavů

1. Úvod

V současné době stojíme před velkou příležitostí, která však může být společná pro mnoho i značně odlišných oblastí, a to přenesení mnoha, nejen lékařských činností do domácího nebo jakkoli vzdáleného prostředí. Jednou velmi

významnou motivací je samozřejmě úspora personální a finanční. Té se však tento článek přímo nevěnuje, i když z navrženého řešení toto zcela vyplývá.

Velmi se mluví o tzv. „domácí rehabilitaci“ neboli léčbě mnoha typů poruch či postižení v domácím prostředí. Toto řešení obsahuje v podstatě dvě velké výhody současně. Na jedné straně již zmíněné úspory z hlediska ošetřovatele neboli lékaře a na straně druhé umožnit pacientovi rychlejší (ne však nutně kvalitnější) léčbu a tím dřívější návrat na své pracoviště. Pro většinu pacientů je zkrácení léčebného procesu stimulující a tudíž tzv. domácí rehabilitaci zcela určitě uvítají. V tomto směru je nutno vytvořit vhodné úlohy, například formou počítačových programů, které pacient v domácím prostředí „aktivně“ využívá. Úlohy jsou samozřejmě zaměřeny na konkrétní potřeby dané poruchy. Pro skutečnou maximalizaci efektivnosti domácí léčby se musí úlohy automaticky adaptovat na stav pacienta a tím jej stále vhodně stimulovat. Takto lze účelně překlenuvat intervaly mezi návštěvou pacienta u lékaře. Tj. mezi hloubkovými kontrolami u lékaře kdy mohou být parametry domácích úloh „přenastaveny“ podle úsudku lékaře nebo „doporučeny zcela nové úlohy“. Pravidelné kontroly u lékaře jsou bezpodmínečně nutné pro zajištění skutečně správného léčebného procesu. Úlohy pro domácí prostředí jsou v podstatě doplňkové, a tudíž nemohou nahradit například přesné měřicí přístroje v ordinaci lékaře.

Další velkou skupinou uživatelů vzdáleného teletestování (nikoli přímo monitorování) mohou být například libovolné profese, kde je nutno buď periodicky, nebo pouze namátkově kontrolovat schopnosti a dovednosti pracovníka. Jako vzor lze uvést dispečery velinů elektráren nebo řízení dopravy. Zde nemusí jít vždy přímo o přezkoušení, ale pouze o vyřešení určitého speciálního „kvízu“ na začátku pracovní směny a tím ověření aktuálních schopností jako jsou postřeh, rychlost řešení problému, přehled a další. Například porovnáním aktuálního řešení s předchozími lze snadno odhalit tzv. „právě špatnou formu“ pracovníka a případně jej ze směny odvolat a tím předejít mnohem větším nepříjemnostem. Jde tedy na první pohled o „malíčkovost“, která je schopna upozornit na velmi „podstatný“ a přesto na první pohled zcela „skrytý“ problém.

Poslední zde zmíněnou oblastí pro použití teletestování je stárnoucí generace v domácím prostředí (samozřejmě i specializovaná zařízení). V této oblasti se velmi často setkávají všechny typy činností a to: monitorování, sledování a dnes v podstatě i tělesná a duševní cvičení. Zde pod pojem monitorování neuvažujeme přímo měření životních funkcí, ale spíše celkové aktivity osoby. Tedy sběr dat z prostředí (průběh pohybu osoby, zapnutí TV přijímače atd.) a jejich odesílání a monitorování za účelem detekce „nestandardních“ způsobů chování. Z našeho pohledu jsou však mnohem zajímavější počítačové úlohy určené zejména pro trénink neboli udržování různých kognitivních schopností člověka, které se u něho v pokročilém věku mohou postupně snižovat. Za tímto účelem lze rovněž vytvořit soubor vhodných úloh, které osoba průběžně využívá. Úlohy však nelouží pouze k tréninku těchto

schopností, kde mezi nejzákladnější patří samozřejmě paměť nebo myšlení, ale velký přínos spočívá v dlouhodobém sběru dat a tím možnosti hodnocení případného útlumu některých z těchto lidských schopností. Na základě čehož lze velmi snadno odhadnout, zda je daná osoba ještě stále schopna zcela samostatné činnosti.

I když se na první pohled jedná o velmi odlišné oblasti (domácí léčba, vzdálené testování, stárnoucí generace a ještě další zde neuvedené), tak přesto mají mnoho společného. Mezi tyto hlavní společné body lze zahrnout: vytvoření určité skupiny cílených testů nebo úloh, jejich vzdálené poskytování, sběr získaných dat / výsledků, jejich do velké míry automatické hodnocení a nakonec zobrazení odbornému personálu. Naskytá se tedy možnost vytvoření univerzálního „frameworku“ poskytujícího na jedné straně podporu pro tvorbu konkrétních testů nebo úloh (v ideálním případě i ne programátorům) a na straně druhé podporu pro použití algoritmů pro automatické zpracování velkého množství získaných dat (v ideálním případě vědeckými pracovníky). Vlastní činnost tohoto „frameworku“ by měla spočívat v jednoznačné identifikaci uživatele (v podstatě pacienta), minimalizaci úsilí při tvorbě testů a úloh, zajištění přenosu výsledků z testů a úloh do centrálního místa (samozřejmě podle oblasti použití), minimalizaci úsilí pro začlenění algoritmů pro zpracování dat a na závěr poskytnutí hodnocení pomocí různých typů reprezentací (grafické, tabulkové).

2. Základní požadavky na tvorbu framework

Požadavky na tvorbu takového frameworku lze rozdělit na 3 základní skupiny:

1. Tvorba testů a úloh (typy testů a úloh, úroveň interakce, rychlost odezvy, způsoby ovládání, ...)
2. Organizace neboli správa (jednoznačná identifikace uživatelů, zamezení úniku osobních údajů, ...)
3. Technické (použitý programovací jazyk, webové technologie, operační systém, ...)

První bod je nejobsáhlejší, a bude tudíž podrobněji popsán v následující kapitole. Další dva body jsou mnohem snadnější. Jednoznačná identifikace uživatele neboli pacienta a přitom zamezení zveřejnění jakýchkoliv osobních údajů je zcela primární požadavek v této oblasti. Jako nejjednodušší řešení pro jednoznačnou identifikaci klienta by bylo možno využít například tzv. „hash“ z rodného čísla (případně i jména). Jde o postup jak z jednoho unikátního řetězce vytvořit jiný unikátní řetězec při použití pouze jednosměrného převodu (převod opačným směrem je v podstatě nemožný). I když je tento postup velmi bezpečný, tak však neřeší jeden z našich velkých problémů a to současně jednoznačné přiřazení pacientů ke konkrétnímu lékaři. Tedy snadné získání informace od jakého pacienta se výsledky zasílají k jakému lékaři (komu jsou přístupné). Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k identifikaci nejen pacientů, ale i lékařů podle číselných identifikačních kódů. Tento číselný kód se skládá ze tří částí a to: místa působení lékaře, identifikace lékaře v tomto místě

a současně z pořadového čísla pacienta u tohoto lékaře. Takto lze velmi snadno identifikovat nejen pacienta, ale současně i k jakému lékaři přísluší a kde se jeho lékař nachází. Tedy kam mají směřovat pacientova data. Pro správné vložení je tento identifikační číselný kód chráněn heslem. Po dobu přenosu a zpracování jsou pacientova data opatřena pouze tímto identifikačním kódem a teprve až po vyhodnocení jsou vložena do databáze u lékaře ke jménu pacienta. Převodní tabulku pacienta na identifikační kód vlastní pouze lékař. Toto nezpůsobuje žádná omezení ani například při jejich vědeckém zpracování a detekci nežádoucího stavu u některého z pacientů. O takto detekovaném stavu je informován lékař a jeho databáze automaticky poskytne doplnění identifikace pacienta o jeho skutečné jméno.

Technické řešení je vždy určitý kompromis mezi dostupnými technologiemi, přesněji řečeno jejich složitostí a znalostmi tvůrců vytvářeného systému. Rovněž v našem projektu bylo nutno při výběru programové / technologické platformy zvážit mnoho požadavků jako jsou například:

- Možnost tvorby v podstatě libovolně interaktivních úloh s téměř libovolnou multimediální podporou a grafikou.
- Využívat především programovací jazyky pro tvorbu komplexních aplikací a nikoli různé skripty s omezenými schopnostmi.
- Využívat technologie dostupné současně jak pro tvorbu desktopových tak i webových aplikací s velkou přenositelností vytvořeného kódu.
- Umožnit včlenění různých speciálních výpočetních algoritmů přímo do úlohy uživatele (například algoritmy na adaptivnost úlohy).
- Možnost vytvoření aplikací i s velmi omezeným nebo dokonce bez dlouhodobého přístupu na internet.
- Stejně část úlohy přesunout na klienta a spojení se serverem využívat (pokud možno) pouze pro spuštění úlohy a poté odesílání řešení od uživatele.
- Možnost využití libovolných externích zařízení od běžných WEB kamer až po specializované ovladače.

Bereme-li v úvahu zde zmíněné technické požadavky, tak jsou pro naše řešení v podstatě nevhodné jakékoli statické webové stránky (HTML) nebo jakkoli ze serveru generované stránky (ASP, PHP). Pro tvorbu úloh využívající jak připojenou WEB kameru nebo různé speciální USB zařízení a tedy obsahující i celkem složité algoritmy (přesnost kresby, chvění ruky, ...) jsou rovněž nevhodné technologie jako JavaScript nebo Flash. Pokud neustoupíme ze zde již podrobněji hodnocených požadavků a současně uvažujeme o začlenění některých speciálních výpočtů (funkcionální jazyky, náročné matematické algoritmy) přímo do webové aplikace, nebo dokonce požadujeme vytvoření v podstatě téměř jedné aplikace (jednoho programového kódu) jak pro desktop (stolní počítače i bez přístupu na internet) tak i web (přístup z libovolného místa), tak se okruh použitelných technologií velice rychle zužuje. V podstatě jediná dostupná technologie splňující většinu zmíněných požadavků je Microsoft .NET [1] nebo některé jeho vytvářené „klony“ jako například Mono

(určené pro Linux). Jelikož každé pro má i své proti, tak „určitou“ nevýhodou této technologie je její (zatím stále) velká vázanost na operační systém Microsoft Windows. Tato vázanost není však v našem případě nikterak limitující, neboť se nejedná o aplikace pro širokou veřejnost, ale pro cílenou skupinu uživatelů. Současně však přenos této technologie na jiné operační systémy je aktivně podporována i ze strany velkých firem.

Výběrem technologie Microsoft .NET a jejích součástí jako jsou WPF nebo SilverLight lze vytvářet aplikace současně jak pro desktop, tak i pro web s minimální úpravou. Další nesporná výhoda spočívá v možnosti přímé integrace do webové aplikace i vědeckých výpočtů například pomocí jazyků jako jsou F#.NET nebo Prolog.NET. Tyto aplikace lze samozřejmě vytvářet v jakémkoli programovacím jazyce dostupném pro .NET, ale v našem případě byl jako hlavní programovací jazyk zvolen C#. Jde o skutečný vysokourovňový programovací jazyk poskytující množství schopností (generické typy, LINQ, paralelizace, ...) a to i ve webové aplikaci.

3. Požadavky na tvorbu testů nebo úloh a přenos dat pro framework

Na první pohled nemusí být patrná souvislost mezi požadavky na tvorbu různých typů úloh a použitou technologií pro tvorbu frameworku. Opak je však často pravdou. Ve většině případů požadavek na technologické řešení vychází teprve z požadavků na vlastní aplikace, tedy podle rozmanitosti testů a úloh. V našem případě však můžeme tyto požadavky v podstatě otočit a to z jednoho zásadního důvodu. Jako webová technologie byla zvolena platforma disponující skutečně velkými schopnostmi (srovnatelnými s desktopovými aplikacemi) a není tedy nutno při tvorbě vlastních úloh nikterak brát zásadní zřetel na její omezení. Zcela opačný případ by nastal při výběru platformy jako například PHP, kde bychom museli velmi zřetelně uvažovat její omezení.

Zde již tedy nevybíráme technologii podle požadavku na testy a úlohy, ale naopak snažíme se využít všech schopností zvolené technologie pro tvorbu skutečně potřebných a vhodných úloh. Webový framework poskytující podporu pro snadnou tvorbu úloh bude tedy vytvořen ve zvolené technologii (Microsoft .NET SilverLight) a tudíž bude schopen poskytnout téměř srovnatelné možnosti s desktopovou aplikací, a to od jednoduchých dialogů, přes složité výpočty až po komplexní 3D scény.

Požadavky na vytváření framework z hlediska úloh lze dále rozdělit do dvou oblastí a to přenos dat do / z úlohy a vlastní tvorba úlohy. Nejprve tedy přenos dat. Ve většině případů se bude jednat o výsledky úloh a testů a ty musí být uloženy v některém standardním formátu z důvodu jejich možného přenosu přes různé komunikační kanály a zpracování libovolným cílovým systémem a algoritmem. Přenášená data sice budou ve formátu XML, ale ten stanovuje pouze jejich obecnou strukturu a nikoli jejich význam nebo dokonce popis. Nejen pro vlastní přenos, ale i různá (většinou dočasná) ukládání, bude využito samo-popisného formátu z tzv. „Univerzálního úložiště“ vytvořeného přímo za účelem přenosu a ukládání nejen libovolného typu dat, ale současně

informací o nich. Popis Univerzálního úložiště a jeho význam je uveden v [2,3]. V podstatě každá uložená položka nese informaci nejen o své číselné hodnotě (čas, skóre, ...) nebo o svém významu z celkového pohledu (konfigurace, výsledek, ...), ale současně o svém zařazení v souboru naměřených dat (první kolo, druhé kolo, ...).

Vytvářený framework musí poskytnout podporu pro tvorbu mnoha typů úloh od běžných dotazníků, přes jednoduché doplňovací testy až po komplexní pohyblivé scény pro trénink reakce a postřehu uživatele. Pro jednoduchost jsou typy úloh a z nich plynoucí požadavky rozděleny do následujících témat a celků [7].

Dotazníky. Podpora pro sestavení základního typu dotazníku formou: otázka (textové zadání), jedna z možných odpovědí (výběr odpovědi), několik možných odpovědí, vstup textu (textová odpověď). Výstupem dotazníku nebude pouze stav vyplněného formuláře, ale i celkový průběh při vlastním vyplňování formuláře: časové značky u všech akcí uživatele (posuv formuláře, zobrazené číslo otázky, potvrzení odpovědi, časy vepsaných znaků textové odpovědi atd.). Tyto „doplňkové“, zejména časové údaje poskytnou mnoho informací o chování uživatele (posloupnosti a způsob vyplňování), ze kterých lze usuzovat nejen na složitost některých otázek, ale i ohotu nebo dokonce váhavost uživatele při odpovědi. Tyto informace nejsou ze současných testů zatím dostupné.

Doplňování. Ve většině případů se jedná o maticově založené hrací pole. Jedno pole tvoří předložené vzory, jako jsou obrázky nebo písmena a druhé pole pouze části obrázků tyto vzory postrádající. Úkolem uživatele je doplnit podle vzorů chybějící části v druhém poli. Případně jde o různé významové skládačky z předem daného souboru políček. Jako příklad lze uvést mozaiky nebo velmi známé puzzle. Úlohy jsou tedy založeny na mřížce neboli matici, ve které se buď pouze mění stav jednotlivých políček, nebo se políčka i přesouvají. Hodnocení těchto úloh může být dvou základních typů: pouhé vyčíslení počtu chyb nebo komplexnější posouzení vypovídající nejen o tom, jaké vzory jsou pro uživatele problematické, i v jaké posloupnosti byly právě zobrazeny nebo jakou posloupnost volil uživatel při plnění úlohy. První hodnocení je vcelku snadné a spočívá v prostém sečtení chyb uživatele. Druhé hodnocení již není tak snadné a většinou vyžaduje algoritmy v jiných než běžných programovacích jazycích (příkladem mohou být různé funkcionální jazyky).

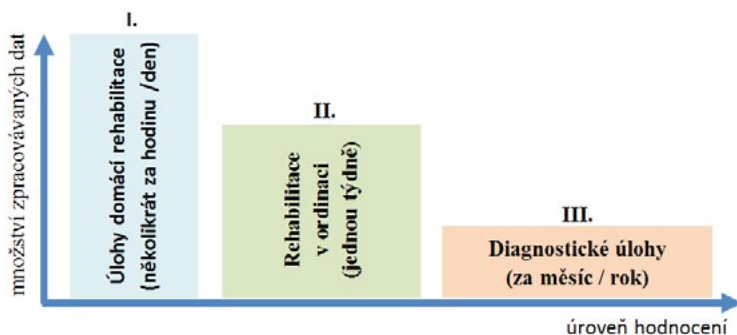
Logické hry. Ty jsou rovněž velmi často založeny na maticově hrací ploše. Jako vzorové příklady lze uvést šachy, dámu, patnáčku, zhasni, pipe-line, sudoku nebo velmi oblíbené bludiště. Na rozdíl od doplňovacích úloh však vyžadují tyto hry i vyšší interakci s uživatelem a rovněž mnohem bohatší vnitřní logiku a samozřejmě i grafické podání. Vnitřní logika je dána buď externím programovým kódem anebo nějakou formou skriptu.

Obkreslování. Tyto úlohy jsou zcela odlišného typu než doposud uvedené. Hrací plocha se v podstatě nemění a představuje jedno velké kreslicí plátno, na něž je nutno umístit nejen libovolný obrázek, ale současně i různé přídavné

informace, jako je vytvářená kresba pacientem. Zajištění vlastního testu není nikterak složité, ale nejsložitější část tvoří jeho hodnocení, kdy jsou využity i výpočetně velmi náročné algoritmy. Například detekce přesnosti kresby uživatele podle vzoru zahrnující hodnocení rychlosti a plynulosti pohybu pera, počet a velikost odchylek atd. Z tohoto důvodu je vhodné, aby navrhovaný framework poskytoval nejen dostatečný výpočetní výkon, ale zejména možnost tyto výpočty „naprogramovat“ neboli vložit.

Postřehové testy. Tyto úlohy představují rovněž velmi odlišnou skupinu úloh, protože jsou založeny převážně na rychlosti zobrazení, tedy na rychlosti změny zobrazované scény. Průběh změny (pozice, tvaru a barvy zobrazovaných předmětů) velmi často není náhodný, ale řídí se pomocí daných zákonitostí. Testy musí být mezi sebou srovnatelné, a proto jsou založeny na předem dané (uložené) posloupnosti akcí, například ve tvaru: čas zobrazení, pozice, tvar obrazce, barva obrazce, časová délka zobrazení atd. Framework tedy musí poskytovat celkem rychlou změnu zobrazované scény a rovněž odezvu na vstupy uživatele.

Z uvedeného vyplývá, že výsledky úloh budou zpracovávány v podstatě ve dvou kolech. První kolo tvoří jejich základní zpracování přímo v úloze za účelem aktuálního hodnocení a případné okamžité změny obtížnosti. Druhé kolo zpracování představuje složitější proces zahrnující použití mnoha sofistikovaných algoritmů například z oboru umělé inteligence, které budou aplikovány v podstatě „offline“ až na soubor dat uložených na serveru nebo v databázi lékaře. Například pro domácí rehabilitaci množství zpracovávaných dat rovněž zcela závisí na úrovni hodnocení (Obr. 1). Vlastní úloha představuje nejnižší úroveň hodnocení I, a tudíž zpracovává velké množství dat a rovněž velmi často (například hodnocení shody kresby se vzorem po každém obrázku). Druhá úroveň hodnocení II již využívá pouze soubor koncových výsledků z předchozí nejnižší úrovně I (například shoda kresby v procentech), ty hodnotí vždy po delším časovém období (týdny až měsíce) a tím poskytuje informace o celkovém zlepšování, stagnaci nebo zhoršování poruchy



Obrázek 1 — Množství zpracovávaných dat v závislosti na úrovni I, II, a III jejich hodnocení

pacienta. Třetí a nejvyšší úroveň hodnocení III představuje v podstatě lékaře. Ten nikterak nehodnotí procentuální shodu kresby, ale již pouze vývoj poruchy za mnohem delší časové období (většinou měsíce) a to ještě velmi často pomocí svých měřících přístrojů. Na základě svého rozhodnutí poté stanovuje další léčebný postup.

4. Realizace navrženého framework

Při vývoji frameworku byly převzaty podklady z mnoha již existujících úloh a testů. Ty byly vytvořeny jako desktopové aplikace v právě již zmíněné technologii Microsoft .NET, a proto posloužily jako vhodný výchozí materiál. Představovaly totiž vzorové zástupce dříve zmíněných skupin úloh. Částečným průnikem a současně i částečným sjednocením jejich programových částí vznikl základ zde popisovaného frameworku.

Vytvořený framework se skládá ze dvou částí. Jednu tvoří v podstatě prázdná aplikace, do které jsou vkládány později vytvořené testy a úlohy. Druhou část tvoří knihovna poskytující podporu nejen pro tvorbu těchto testů a úloh, ale i pro přenos jejich výsledků. Rozdělení na tyto dvě samostatné části je velmi praktické a to z následujícího důvodu. Samostatně vytvořenou knihovnou obsahující všechny podpůrné činnosti lze doplnit v podstatě libovolnou již existující samostatnou aplikaci a tím ji o framework obohatit neboli ji tímto do celkového systému snadno začlenit. Tato schopnost sice nebude využívána velmi často, ale poskytne možnost začlenění již vytvořené a rovněž komplexní aplikace například pro přesné testování do systému se sběrem dat a jejich hodnocením. Přepis již existující aplikace do později vytvořeného frameworku by mohl být časově velmi náročný nebo skoro nemožný (vzhledem k poskytovaným schopnostem frameworku). Samozřejmě nejvíce bude využívána „prázdná aplikace“ doplněná knihovnou pro podporu tvorby vlastních testů a úloh. Vlastní úlohu lze vytvořit jednou ze dvou možností a to buď jako soubor programového kódu vloženého do projektu prázdné aplikace (pro jednodušší úlohy) nebo jako samostatnou knihovnu k tomuto projektu přiřčenou (pro složitější úlohy).

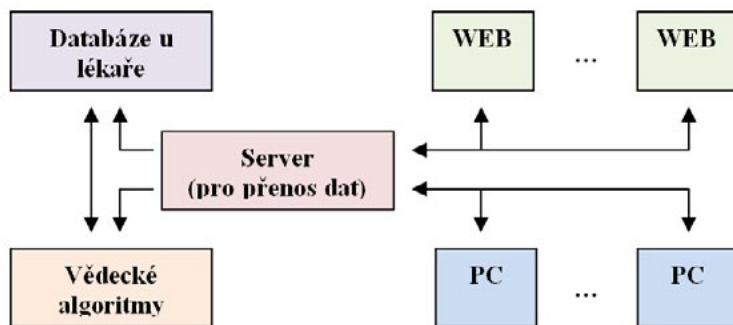
Pro skutečně široké použití je framework vytvořen současně ve dvou verzích a to jak pro desktopové, tak i webové použití. Vzhledem ke zvolené technologii bylo tohoto dosaženo celkem snadno a to v podstatě pouze podmíněnou kompilací některých programových částí (zejména počáteční konfigurace a ukládání nastavení) v rámci celého projektu a současně vytvořením velmi malé části, která je cílově závislá (synchronní/asynchronní zpracování). V některých směrech je samozřejmě desktopová verze frameworku snazší a výkonnější (přístup k databázi, využití i více jádrových procesorů).

Pokud tedy nejsou využity skutečně speciální schopnosti desktopové verze frameworku (nativní knihovny, paralelní zpracování dat), tak lze test nebo úlohu vytvořit pouze jednou a použít ji jak s desktopovou, tak i webovou verzí vytvořeného frameworku bez sebemenších úprav. V mnoha případech jsou testy a úlohy vytvářeny jako tzv. „plné“ a tzv. „omezené“. Jedná se v podstatě

o jeden a tentýž test nebo úlohu, která své schopnosti mění podle toho, v jaké verzi frameworku je umístěna. Desktopové aplikace většinou poskytují větší množství nastavení a tudíž i výstupů (pod dozorem lékaře) než webové aplikace (používané pouze pacientem).

Další nesporná výhoda ve vytvoření dvou verzí frameworku a tedy i testů a úloh (desktopové a webové) spočívá v jejich univerzálnějším využití. Při dosahu kvalitního internetového spojení je samozřejmě lepší využít webové verze (stále aktualizovaná verze úloh), ale například při rehabilitaci na chatě nebo bez připojení na internet lze využít desktopové verze úloh a výsledky odeslat teprve až při prvním připojení se na internet. Vzhledem ke vhodné zvolené technologii, navržené struktuře frameworku a jednotné tvorbě testů a úloh je této významné schopnosti dosaženo s minimálním úsilím, hlavně ale bez podpory tvůrců vlastních testů a úloh.

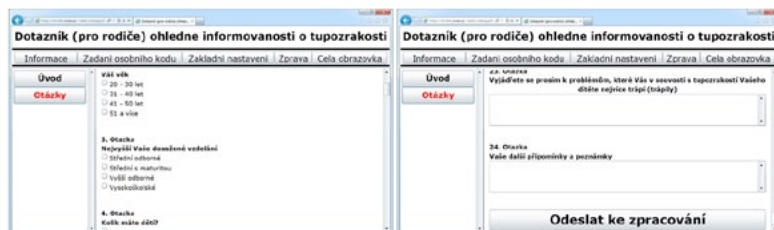
Nedílnou součástí celého systému je přenos dat (Obr. 2). Ta jsou z testů a úloh pomocí frameworku přenášena do dočasného úložiště na libovolném serveru (PHP script, webová služba, ...) v již zmíněném XML formátu. Zde mohou být vyzvednuty libovolnou jinou aplikací za účelem jejich zpracování (data jsou v podstatě anonymní) nebo vyzvednuty a přímo vloženy do databáze na pracovišti lékaře (dozorového personálu) pod skutečné jméno uživatele (pacienta). Jejich zpracování je tedy rozděleno na dvě části. Na jedné straně jsou převážně výzkumné aktivity využívající v podstatě pouze anonymní data doplněná identifikačním číslem pacienta (vyzvedávána nejčastěji ze serverového úložiště) a na straně druhé jsou převážně grafická znázornění pro potřeby lékaře již se skutečnými jmény pacientů (vyzvedávána z databáze na pracovišti lékaře). Z databáze lékaře lze samozřejmě anonymně data kdykoli později také vyzvednout (budou obsahovat pouze číselnou identifikaci pacienta) nebo naopak pouze podle identifikace uživatele nově vložit (výsledky výzkumných aktivit). Pro zamezení úniku osobních údajů nejsou data a informace o pacientech (rodná čísla, jména) uchovávány na externích serverech (například univerzitních), ale pouze v databázi na pracovišti lékaře.



Obrázek 1 — Princip spolupráce jednotlivých částí systému a cesty se směry přenosu dat

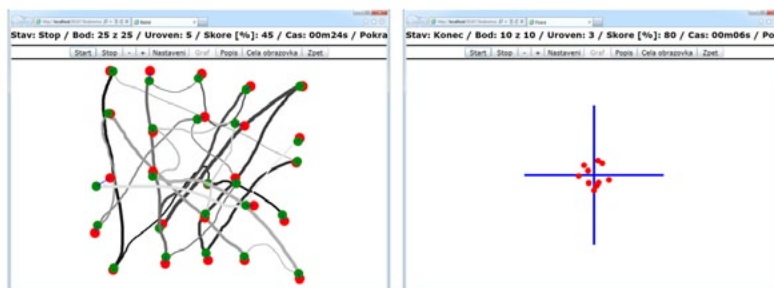
5. Příklady již realizovaných a navrhovaných testů a úloh

Pomocí popisovaného frameworku již byly vytvořeny některé základní testy a úlohy. Zde jsou uvedeny příklady s jejich popisem. Jako první lze uvést v podstatě běžný dotazník založený na textových otázkách (Obr. 3). Výsledek poskytovaný frameworkem neobsahuje pouze vypracování otázek uživatelem, ale rovněž celý záznam počínání uživatele (pohyby formulářem, časy zpracování položek a mnoho dalšího). Z tohoto lze hodnotit složitost otázek pro uživatele, nejistotu, opravy a částečně i aktuální psychický stav uživatele.



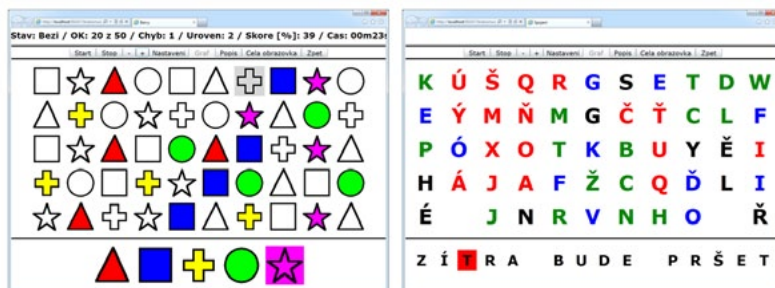
Obrázek 3 — Příklad základního dotazníkového formuláře ve webové aplikaci

Následující skupinu úloh tvoří testy zaměřené na přesnost vystavení bodu na cílovou polohu uživatelem, což je vstup úlohy (Obr. 4). Výstupem úlohy je nejen názorné grafické hodnocení úspěšnosti pacienta, ale je rovněž zachyceno jeho počínání například záznamem trasy myši (trasa od černé po stupních šedi až do bílé, tlustá značí pomalý pohyb a tenká naopak rychlý pohyb). Lze tedy detekovat v jakých směrech (částech zorného pole) pacient reaguje rychleji a naopak.



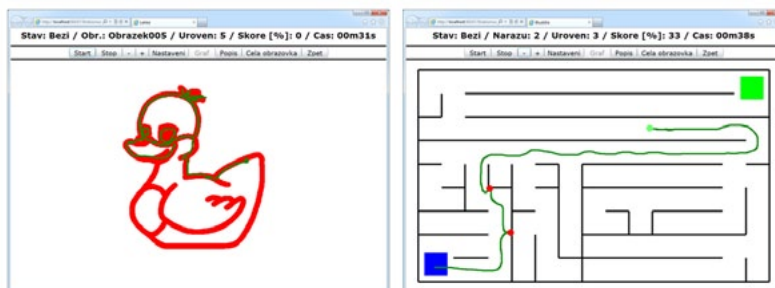
Obrázek 4 — Úloha na přesné umístění bodů, tedy lokalizace polohy

Další skupinou jsou úlohy na rozpoznávání tvarů nebo barev (Obr. 5). Úkolem uživatele (pacienta) je podle vzoru v dolní části označit tvar(y) v horní části. Výstupem úlohy je rovněž záznam celkové činnosti uživatele. Z něho lze usuzovat jaké tvary / barvy jsou pro uživatele problematické (chybné určení, časová prodleva). Tyto úlohy jsou vhodné na dlouhodobé posuzování vývoje pacienta jako je zlepšující se ostrost vidění nebo barvocitu.



Obrázek 5 — Úlohy na rozpoznávání nebo doplňování obrázků, vzorů nebo struktur

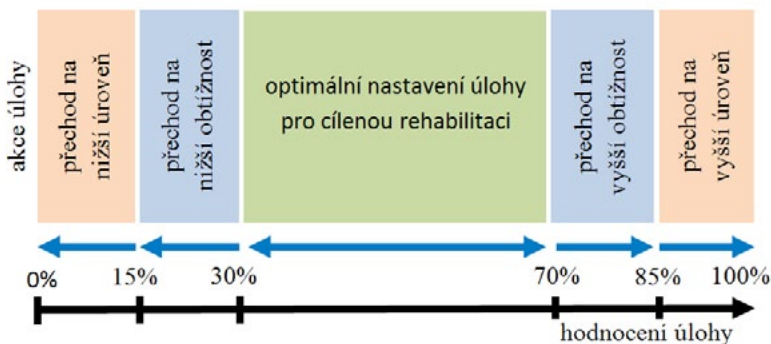
Poslední příkladovou skupinou jsou úlohy na pohyb ruky nebo-li přesněji řečeno na koordinaci oko – ruka (Obr. 6). Ty jsou založeny zejména na obkreslování různě složitých obrázků (klasifikovány podle typu čar: rovné, obloučky, vlnovky, ...) nebo dokonce současně schopnost odhadu vzdálenosti od zobrazených předmětů (průchod řešitele bludištěm a to středem cesty). Matematickým hodnocením přesnosti kresby (míra shody kresby pacienta se vzorem) nebo vzdáleností od zobrazených předmětů (skutečný střed cesty mezi zdmi bludiště) lze detekovat mnoho stavů pacienta od prosté nepozornosti, přes nedostatečný odhad až po příznaky parkinsonovy nemoci.



Obrázek 6 — Úlohy zaměřené na koordinaci oko-ruka využitelné v mnoha oblastech

Všechny uvedené úlohy (tedy kromě textového dotazníku) jsou schopny adaptovat se na aktuální stav pacienta [5]. Tato schopnost úlohy je velmi důležitá nejen pro vytvoření stále efektivní léčby dané poruchy, ale současně i pro vhodnou stimulaci pacienta. Pokud by byla úloha příliš lehká nebo naopak příliš složitá, tak nejen že by nebyla pro pacienta léčebná, ale přímo by jej odrazovala od svého řešení.

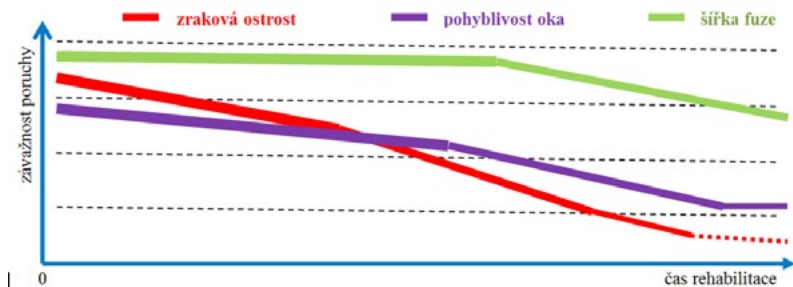
Po každém řešení úlohy pacientem je vypočteno tzv. skóre, což je číselná hodnota v rozsahu 0% (zcela neúspěšné řešení) až 100% (zcela úspěšné řešení) (Obr. 7). Podle této hodnoty je automaticky upravován stav, tedy obtížnost úlohy. Pro vysvětlení principu automatické adaptace úlohy je vhodná úloha na



Obrázek 7 — Princip automatické adaptace úlohy podle aktuálního hodnocení, tedy podle schopností uživatele

obkreslování obrázků, kde úkolem pacienta je obtáhnout perem předložený obrázek bez vybočení z čáry představující kresbu vzorového obrázku. Při poklesu úspěšnosti pacienta pod 30% se pouze zvyšuje šířka čáry předlohy, nikoli přímo snižuje obtížnost obrázku. Ale při poklesu hodnocení pod 15% již úloha použije jednodušší obrázek. Obdobná situace nastává při hodnocení na 70%, kdy úloha snižuje šířku čáry podkladové kresby, ale ještě nezvyšuje složitost obrázku. A při úspěšnosti nad 85% již úloha poskytne složitější obrázek.

Nedílnou součástí výstupu celého frameworku je rovněž vhodná prezentace výsledků (Obr. 8) [4]. Vzhledem ke skutečnosti, že jsou výstupy všech testů a úloh průběžně ukládány, tak lze toho snadno dosáhnout. Do výstupního grafu nejsou však zaneseny přímo výsledky jednotlivých testů a úloh (tedy jejich skóre), ale ty jsou v podstatě převedeny na hodnocení konkrétních poruch podle toho, jak jednotlivé úlohy stav konkrétních poruch odrážejí. Jednotlivé poruchy jsou pro názornost barevně odlišeny. Pro lékaře je však nejdůležitější posouzení celkového vývoje každé z poruch. Z tohoto důvodu je pro snadné čtení grafu úroveň poruchy indikována současně šířkou



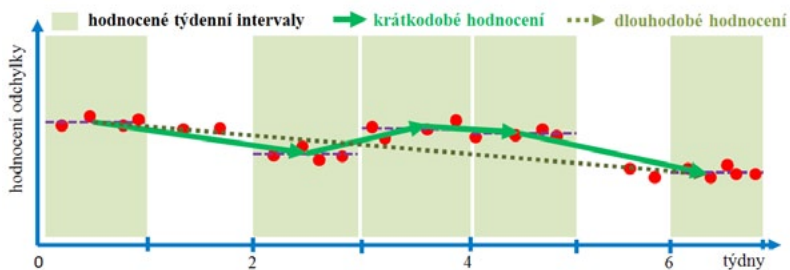
Obrázek 8 — Názorné grafické zobrazení celkového přehledu (nejen domácí) léčby pacienta

odpovídající čáry (menší šířka čáry značí menší úroveň poruchy) v grafu a rovněž dosažení uspokojivého stavu poruchy je indikováno přerušovanou čarou. Tento typ zobrazení je velmi názorný již na první pohled a není tedy nutno graf podrobněji a dlouhodobě studovat.

6. Prvotní přínos vytvořeného frameworku

Jelikož webová část frameworku je k dispozici zatím pouze několik měsíců, tak není možné vyvodit seriózní závěry. Přesto však již tato doba byla dostatečně dlouhá pro základní hodnocení a některé z toho vyplývající úpravy. Prvním a základním přínosem frameworku je informovanost lékaře o průběhu domácí léčby ve smyslu její pravidelnosti. Lze tedy zobrazit graf, převážně po týdnech, jak průběžně pacient domácí úlohy využíval. Další informace spočívá v celkovém hodnocení úloh v každém týdnu. Některé týdny však nemusí být hodnoceny, protože neobsahují dostatečné množství výsledků z dané úlohy od klienta. Z průměrného hodnocení výsledků jednotlivých týdnů je poté sestaven celkový přehled vývoje léčby pacienta (Obr. 9).

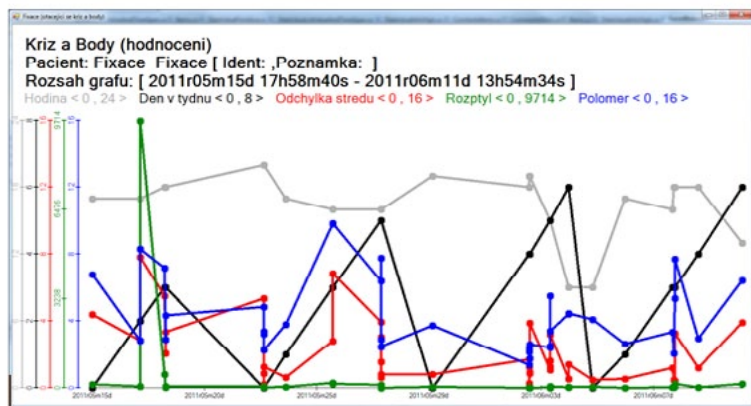
Prvním reálným výstupem projektu je hodnocení závislost výsledků některých úloh, tedy jejich nepřesnosti (červená, modrá, zelená barva – indikuje chybu)



Obrázek 9 — Princip hodnocení domácí léčby po časových intervalech (týdnech) s vyznačením celkového vývoje

na dni v týdnu (černá barva, nulová hodnota je pondělí) a hodině v průběhu dne (šedá barva). Z grafu (Obr. 10) jsou zřejmé nejhorší výsledky okolo středu týdne a naopak nejlepší v jeho přelomu. Výsledek kontroly u lékaře, bude tedy zcela jistě závislý na dni v týdnu (návštěva u lékaře), což není pro stanovení dalšího léčebného postupu lékařem zrovna vhodné.

Mezi dříve nikterak neuvažované schopnosti frameworku bylo nutno přidat jednu velmi podstatnou. Někteří pacienti považovali domácí rehabilitaci (cvičení) za zcela dostačující a již opomíjeli návštěvy u lékaře. Tato skutečnost je však velmi nežádoucí, neboť domácí úlohy jsou pouze doplňkem celkového léčebného procesu. Z tohoto důvodu bylo nutno přistoupit k časovému omezení činnosti webových aplikací a tím pacienty k návštěvě lékaře v podstatě „donutit“. Nejen celou aplikaci pro konkrétního pacienta, ale i jednotlivé jeho



Obrázek 10 — Příklad závislosti úspěšnosti řešení některých úloh pacientem na dni v týdnu a hodině

úlohy lze nyní povolit pouze na omezené časové období (pro jednoduchost nastavení ze strany lékaře na týden, dva týdny, měsíc, ...).

7. Závěr

Navržený a vytvořený framework je vhodným nástrojem pro snadnou a rychlou tvorbu mnoha typů nejen testovacích a tréninkových úloh, ale současně mnoha různých diagnostických nástrojů. Vzhledem k možnosti využít téměř libovolné externí zařízení od běžné WEB kamery až po speciální ovladače a to i pro webové aplikace se jeho pole působnosti značně rozšiřuje a tím překonává doposud realizované systémy v tomto oboru. Velkou výhodou je v podstatě jednodušnost / přenositelnost vytvořených úloh mezi desktopovým a webovým využitím, což jej výrazně posouvá do popředí zájmu. Toto vše bylo možno dosáhnout díky využití moderní technologie jako je Microsoft .NET (WPF / SilverLight).

V současné době je u nás na katedře vytvořen soubor úloh pro domácí rehabilitaci zrakových poruch pacientů, který je využíván již na 5 lékařských pracovištích a to zhruba 100 pacienti [6]. Jak z pohledu lékařů, tak i pacientů se jedná o velký přínos po všech stránkách. Již prvotní výsledky z využívání tohoto systému poskytují velmi překvapivé výsledky a informace. Lékaři sami konstatují u některých pacientů znatelné zlepšení jejich stavu při v podstatě každodenním využívání úloh pro domácí léčbu. Naším cílem je dlouhodobější studie, která by prokázala skutečný přínos domácí léčby na zkrácení celkové doby léčebného procesu. V současné době se rovněž zahajuje projekt pro domácí rehabilitaci poruch pohybového aparátu pomocí speciálních senzorů. Dále se uvažuje, po doplnění o speciální algoritmy, o vytvoření univerzálnějších úloh jako je například obkreslování vhodně připravených obrázků, řešení matematických rovnic, psaní textů a hádanky za účelem využití tohoto

frameworku pro včasnou detekci mnoha typů poruch například dyslexie, problémy s barvocitem, Parkinsonova nemoc a mnoho dalších.

Poděkování

Práce byla podporována výzkumným záměrem č.MSM 680770012“ Transdisciplonární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství II“.

Rovněž je na místě poděkovat lékařům zejména v Praze FN Motole a Praze Barrandově za velmi přínosnou spolupráci při vytváření některých úloh a jejich hodnocení.

Literatura:

- [1.] *Manuály na návody na Microsoft .NET Framework (prog. jazyky, komponenty, technologie, ...)*
- [2.] Novák, P., Nováková, L., (2007). *The universal data storage primary for medical applications. Proceedings of Workshop [CD-ROM], 502–503. CTU, Prague. ISBN 978–80–01–03667–9*
- [3.] Novák, P., Nováková, L., (2007). *Univerzální úložiště dat převážně pro lékařské aplikace. Znalosti, Sborník příspěvků 6. Ročníku konference. 344–347, VŠB – Technical University of Ostrava, Ostrava. ISBN 978–80–248–1279–3*
- [4.] Nováková, L., Novák, P., (2006). *Tool for data visualization 3D. Proceedings of Workshop vol. B [CD-ROM], 123–126. CTU, Prague. ISBN 80–01–03439–9*
- [5.] Mařík, V., Štěpánková, O., Lažanský, J., a kolektiv (1993, 1995, 2007). *Umělá inteligence 1, 2, 5, ACADEMIA nakladatelství AV ČR, Praha. ISBN 80–200–0496–3, 80–200–0504–08, 80–200–0502–01*
- [6.] Novák, P., (2011) *Objektivizace a podpora pro diagnostiku a rehabilitaci strabismu, Disertační práce, ČVUT FEL, Praha*
- [7.] *Materiály pro výuku a postupy různých typů rehabilitačních oblastí (zrakové, pohybové, kognitivní atd.)*

Kontakt:

Petr Novák, Ing. Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra kybernetiky

Technické 2, 166 27 Praha 6

tel: 22435 5718

e-mail: novakpe@labe.felk.cvut.cz

Vladimír Eck, Doc. Ing. CSc.

eck@fel.cvut.cz

Olga Štěpánková, Prof. RNDr. CSc.

step@labe.felk.cvut.cz

<http://nit.felk.cvut.cz>, cyber.felk.cvut.cz

K VÝVOJI POČTU ČASOPISŮ S IMPAKT FAKTOREM V MEDICÍNSKÝCH OBORECH

Ivan Pfeifer, Jana Hercová

Anotace

Bude podán přehled o změnách počtu časopisů s impakt faktorem a o změnách mediánů tohoto faktoru u 63 medicínských kategorií edice Science Edition (SE) databáze Journal Citation Reports v období 2005 – 2010. Bude sledováno, zda pokračuje předchozí výrazný vzestup počtu impaktovaných časopisů, tak i mediánů impakt faktoru. Budou uvedeny kategorie se současným největším počtem impaktovaných časopisů a s nejvyšším mediánem tohoto ukazatele a kategorie, u kterých za uvedené období došlo k jejich největšímu zvýšení v absolutních i procentuálních hodnotách. Obdobně budou uvedeny i obory s nejmenšími počty impaktovaných časopisů a s nejnižšími mediány jejich IF. Poznatky jsou předkládány i jako příspěvek k diskusím o metodice hodnocení výsledků výzkumu a vývoje a jejich financování.

Klíčová slova

Impakt faktor časopisů, mediány impakt faktoru v medicínských oborech (kategoriích)

1. Úvod

Publikovat v časopisech s impakt faktorem (IF), které sleduje v databázi Journal Citation Reports (JCR) firma Thomson Reuters, je prestižním záměrem výzkumníků, v posledních letech akcentovaným i systémem hodnocení výsledků výzkumu a jeho financování, daného Metodikou hodnocení výsledků výzkumu a vývoje [1].

Velkou pozornost otázce publikování výsledků výzkumu v impaktovaných časopisech a hodnocení výsledků výzkumu věnoval již v r. 2006 Časopis lékařů českých, kdy se k ní vyjadřovaly významné osobnosti naší lékařské vědy.

Diskuze se rozšířila i na stránky řady dalších medicínských periodik, v databázi BMC jsme od r. 2006 do poloviny r. 2011 našli 44 příspěvků, publikovaných ve 20 zdravotnických periodikách, které se zabývaly touto tematikou [2].

Náš článek navazuje na tato sdělení předložením přehledu o počtech impaktovaných časopisů v jednotlivých medicínských oborech (kategoriích), registrovaných databázích JCR v edici SE [3], o mediánech IF těchto kategorií, o vývoji počtu časopisů v průběhu let 2005 – 2010, jakož i o vývoji IF za uvedené období. Předkládá dále informace, ve kterých kategoriích jsou v současnosti nejvyšší počty registrovaných periodik a ve kterých došlo k největšímu nárůstu jejich počtu a hodnot IF.

2. Metodika

Technikou analýzy písemných dokumentů jsme sledovali počty titulů (periodik) a IF v jednotlivých kategoriích v oblasti medicíny (No = 63) v databázi

Journal Citation Reports v edici JCR Science Edition v období let 2005 – 2010. Ve výsledcích uvádíme sledované hodnoty za roky 2005 a 2010.

Ze získaných údajů jsme stanovili 10 kategorií s nejvyšším počtem registrovaných titulů a kategorie s jejich nejnižším počtem. Dále jsme stanovili 10 kategorií, u kterých došlo v rozmezí let 2005 – 2010 k největšímu nárůstu počtu titulů (v absolutním i procentuálním hodnocení) a obdobně 10 kategorií, u kterých došlo k největšímu zvýšení hodnot IF (opět v absolutních i relativních hodnotách).

3. Výsledky

Údaje o počtu titulů registrovaných v jednotlivých kategoriích databáze JCR v edici SE v oblasti medicíny za roky 2005 a 2010, jakož i hodnoty IF v těchto kategoriích v uvedených letech jsou předloženy v Tab. č 1.

| | Název kategorie | Tituly 2005 | Median IF 2005 | Tituly 2010 | Median IF 2010 |
|----|-----------------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| 1 | Allergy | 16 | 1.909 | 22 | 1.985 |
| 2 | Anatomy&Morphology | 15 | 1.421 | 19 | 1.471 |
| 3 | Andrology | 5 | 1.302 | 5 | 1.549 |
| 4 | Anesthesiology | 22 | 1.512 | 26 | 2.176 |
| 5 | Biochemistry&Mol.Biology | 261 | 2.323 | 286 | 2.799 |
| 6 | Cardiac&Cardiov.System | 72 | 1.559 | 114 | 1.993 |
| 7 | Chemistry, Medicinal | 34 | 1.647 | 54 | 1.595 |
| 8 | Clinical Neurology | 148 | 1.620 | 185 | 1.994 |
| 9 | Critical Care Medicine | 18 | 1.386 | 23 | 2.353 |
| 10 | Dentistry, Oral Surgery | 49 | 1.288 | 77 | 1.345 |
| 11 | Dermatology | 39 | 1.312 | 55 | 1.667 |
| 12 | Developmental Biology | 33 | 2.618 | 38 | 2.818 |
| 13 | Emergency Medicine | 11 | 0.919 | 23 | 1.269 |
| 14 | Endocrinology&Metabolism | 89 | 2.290 | 116 | 2.796 |
| 15 | Engineering, Biomedical | 41 | 1.279 | 70 | 1.579 |
| 16 | Gastroenterology&Hepatology | 46 | 1.804 | 72 | 2.210 |
| 17 | Genetics&Heredity | 124 | 2.626 | 156 | 2.488 |
| 18 | Geriatrics&Gerontology | 29 | 2.004 | 45 | 2.029 |
| 19 | Health Care Sci.&Services | 52 | 1.094 | 72 | 1.565 |
| 20 | Hematology | 60 | 2.008 | 66 | 2.747 |
| 21 | Immunology | 115 | 2.301 | 134 | 2.849 |
| 22 | Infectious Diseases | 43 | 2.371 | 58 | 2.594 |
| 23 | Integrative&Complem.Med. | 10 | 0.904 | 21 | 1.381 |
| 24 | Medical Ethics | 7 | 1.312 | 15 | 1.290 |
| 25 | Medical Informatics | 18 | 1.176 | 22 | 1.638 |
| 26 | Medical Laboratory Technol. | 23 | 1.413 | 31 | 1.295 |
| 27 | Medicine, Gen.&Internal | 105 | 0.971 | 153 | 1.104 |
| 28 | Medicine, Legal | 9 | 1.026 | 13 | 1.159 |

| | Název kategorie | Tituly 2005 | Median IF 2005 | Tituly 2010 | Median IF 2010 |
|----|-----------------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 29 | Medicine, Research&Exp. | 72 | 2.009 | 106 | 1.974 |
| 30 | Microbiology | 86 | 2.197 | 107 | 2.380 |
| 31 | Neuroimaging | 14 | 1.313 | 14 | 1.373 |
| 32 | Neurosciences | 200 | 2.362 | 239 | 2.783 |
| 33 | Nursing | 32 | 0.746 | 89 | 0.970 |
| 34 | Nutrition&Dietetics | 53 | 1.778 | 70 | 2.162 |
| 35 | Obstetrics&Gynecology | 57 | 1.648 | 77 | 1.616 |
| 36 | Oncology | 123 | 2.371 | 185 | 2.455 |
| 37 | Ophthalmology | 44 | 1.263 | 56 | 1.362 |
| 38 | Optics | 55 | 0.947 | 78 | 1.035 |
| 39 | Orthopedics | 41 | 1.018 | 61 | 1.164 |
| 40 | Otorhinolaryngology | 29 | 0.895 | 41 | 1.067 |
| 41 | Parasitology | 22 | 1.293 | 32 | 1.696 |
| 42 | Pathology | 66 | 1.624 | 76 | 1.913 |
| 43 | Pediatrics | 73 | 1.102 | 109 | 1.314 |
| 44 | Peripheral Vascular Disease | 51 | 2.315 | 68 | 2.203 |
| 45 | Pharmacology&Pharmacy | 193 | 1.889 | 252 | 2.355 |
| 46 | Physiology | 75 | 2.145 | 78 | 2.263 |
| 47 | Psychiatry | 94 | 2.045 | 128 | 2.011 |
| 48 | Psychology | 60 | 1.754 | 73 | 2.075 |
| 49 | Pub. Environ.&Occup.Health | 99 | 1.526 | 142 | 1.516 |
| 50 | Radiology,Nucl.Med.&Med.Im. | 84 | 1.562 | 113 | 1.861 |
| 51 | Rehabilitation | 25 | 0.988 | 44 | 1.294 |
| 52 | Reproductive Biology | 24 | 1.774 | 26 | 2.423 |
| 53 | Respiratory System | 33 | 1.663 | 46 | 2.272 |
| 54 | Rheumatology | 22 | 2.135 | 29 | 2.594 |
| 55 | Sport Sciences | 70 | 0.955 | 80 | 1.190 |
| 56 | Substance Abuse | 8 | 1.943 | 14 | 2.131 |
| 57 | Surgery | 139 | 1.017 | 188 | 1.263 |
| 58 | Toxicology | 75 | 1.684 | 83 | 2.295 |
| 59 | Transplantation | 20 | 2.212 | 25 | 2.035 |
| 60 | Tropical Medicine | 12 | 1.030 | 19 | 1.162 |
| 61 | Urology&Nephrology | 51 | 1.543 | 69 | 1.843 |
| 62 | Veterinary Sciences | 129 | 0.530 | 145 | 0.714 |
| 63 | Virology | 23 | 2.667 | 33 | 2.546 |

Tabulka 1 — Počet medicínských periodik registrovaných v jednotlivých kategoriích databáze JCR Science Edition v letech 2005 a 2010 a mediány jejich IF

V roce 2005 bylo v SE databáze JRC registrováno 3812 periodik, v roce 2010 jich v této edici bylo registrováno 4966.

V uvedeném období se počet registrovaných periodik zvýšil o 1154. Procentuálně se jedná o zvýšení o 30,27 procenta.

Součet mediánů IF sledovaných 63 medicínských kategorií činil v r. 2005 99, 957, v r. 2010 se zvýšil na 117, 048. Navýšení o 18,091 představuje procentuální nárůst tohoto ukazatele za toto období o 18,05 procenta.

Průměrný počet periodik na kategorii byl v r. 2005 60,51 a v r. 2010 78,82, průměr mediánů IF v r. 2005 činil 1,587 a v r. 2010 1,858.

10 kategorií, které v r. 2010 vykazovaly největší počty registrovaných titulů, jsou uvedeny v Tab. č. 2.

| Pořadí | Číslo kategorie | Název kategorie | Počet titulů |
|--------|-----------------|--------------------------------|--------------|
| 1. | 5 | Biochemistry | 286 |
| 2. | 45 | Pharmacol.&Pharmacy | 252 |
| 3. | 32 | Neurosciences | 239 |
| 4. | 57 | Surgery | 188 |
| 5.–6. | 8 | Clinical Neurology | 185 |
| 5.–6. | 36 | Oncology | 185 |
| 7. | 17 | Genetics&Heredity | 156 |
| 8. | 27 | Medicine, Gen.&Internal | 153 |
| 9. | 62 | Veterinary | 145 |
| 10. | 49 | Public, Environ.&Occup. Health | 142 |

Tabulka 2 — Medicínské kategorie s největším počtem periodik v r. 2010

Kategorie s nejnižším počtem titulů v tomto roce jsou uvedeny v Tab. č. 3.

| Pořadí | Číslo kategorie | Název kategorie | Počet periodik |
|--------|-----------------|---------------------------|----------------|
| 1. | 3 | Andrology | 5 |
| 2. | 28 | Medicine,Legal | 13 |
| 3.–4. | 56 | Substance Abuse | 14 |
| 3.–4. | 31 | Neuroimaging | 14 |
| 5. | 24 | Medical Ethics | 15 |
| 6.–7. | 2 | Anatomy&Morphology | 19 |
| 6.–7. | 60 | Tropical Medicine | 19 |
| 8. | 23 | Integrative&Complem. Med. | 21 |

| Pořadí | Číslo kategorie | Název kategorie | Počet periodik |
|--------|-----------------|---------------------|----------------|
| 9.–10. | 25 | Medical Informatics | 22 |
| 9.–10. | 1 | Allergy | 22 |

Tabulka 3 — Medicínské kategorie s nejnižším počtem periodik v r. 2010

Ke zvýšení počtu registrovaných časopisů v období 2005 – 2010 došlo u 61 z 63 sledovaných kategorií vedených v SE, ke snížení nedošlo u žádné z nich. U dvou kategorií (Andrology a Neuroimaging) zůstaly počty periodik beze změny (5 resp.14 periodik).

10 kategorií, u kterých došlo k největšímu nárůstu počtu titulů (absolutně a procentuálně) je uvedeno v Tab. č. 4 a 5.

| Pořadí | Číslo kategorie | Název kategorie | Nárůst 2010 |
|--------|-----------------|-------------------------------|-------------|
| 1. | 36 | Oncology | +62 |
| 2. | 45 | Pharmacol.&Pharmacy | +59 |
| 3. | 33 | Nursing | +57 |
| 4. | 57 | Surgery | +49 |
| 5. | 27 | Medicine, Gen.&Internal | +48 |
| 6. | 49 | Public, Environ.&Occup.Health | +43 |
| 7. | 6 | Cardiac&Cardiovasc.System | +42 |
| 8. | 32 | Nuerosciences | +39 |
| 9.–10. | 47 | Psychiatry | +34 |
| 9.–10. | 29 | Medicine, Research&Exp. | +34 |

Tabulka 4 — Medicínské kategorie s největším nárůstem počtu periodik (r.2005–2010)

| Pořadí | Číslo kategorie | Název kategorie | % |
|--------|-----------------|---------------------------|-----------|
| 1. | 33 | Nursing | + 178, 16 |
| 2. | 24 | Ethics | + 114, 29 |
| 3. | 23 | Integrative&Complem. Med. | + 110, 00 |
| 4. | 13 | Emergency Medicine | + 109, 09 |

| Pořadí | Číslo kategorie | Název kategorie | % |
|--------|-----------------|-------------------------|---------|
| 5. | 56 | Substance Abuse | + 75,00 |
| 6. | 15 | Engineering, Biomedical | + 70,73 |
| 7. | 60 | Tropical Medicine | + 58,33 |
| 8. | 7 | Chemistry, Medicinal | + 58,32 |
| 9. | 18 | Geriatrics&Gerontology | + 55,17 |
| 10. | 39 | Orthopedics | + 48,78 |

Tabulka 5 — Medicínské kategorie s největším nárůstem počtu titulů v procentech (r. 2005–2010)

Kategorie, u kterých byly zaznamenán v r. 2010 nejvyšší medián IF, jsou uvedeny v Tab. č. 6.

| Pořadí | Číslo kategorie | Název kategorie | Medián IF 2010 |
|--------|-----------------|---------------------------|----------------|
| 1. | 21 | Immunology | 2,849 |
| 2. | 12 | Developmental Biology | 2,818 |
| 3. | 5 | Biochemistry&Mol. Biology | 2,799 |
| 4. | 14 | Endocrinology&Metabolism | 2,796 |
| 5. | 32 | Neurosciences | 2,783 |
| 6.–7. | 54 | Rheumatology | 2,594 |
| 6.–7. | 22 | Infectious Diseases | 2,594 |
| 8. | 63 | Virology | 2,546 |
| 9. | 17 | Genetics&Heredity | 2,488 |
| 10. | 36 | Oncology | 2,455 |

Tabulka 6 — Medicínské kategorie s nejvyšším mediánem IF v r. 2010

Kategorie s nejvyšším zvýšením mediánu v absolutních hodnotách a v procentech jsou uvedeny v Tab. č. 7 a Tab. č. 8.

| Pořadí | Číslo kategorie | Název kategorie | Nárůst |
|--------|-----------------|--------------------------|---------|
| 1. | 9 | Critical Care Medicine | +0, 971 |
| 2. | 20 | Hematology | +0, 739 |
| 3. | 4 | Anesthesiology | +0, 664 |
| 4. | 52 | Reproductive Biology | +0, 645 |
| 5. | 58 | Toxicology | +0, 611 |
| 6. | 53 | Respiratory System | +0, 609 |
| 7. | 21 | Immunology | +0, 548 |
| 8. | 15 | Engineering, Biomedical | +0, 500 |
| 9. | 5 | Biochemistry&Mol.Biol. | +0, 476 |
| 10. | 23 | Integrative&Complem.Med. | +0, 477 |

Tabulka 7 — Medicínské kategorie s nejvyšším zvýšením mediánu IF (r. 2005 – 2010)

| Pořadí | Číslo kategorie | Název kategorie | % |
|--------|-----------------|---------------------------|-----------|
| 1. | 9 | Critical Care Medicine | + 169,77 |
| 2. | 23 | Integrative&Complem.Med. | + 152, 77 |
| 3. | 4 | Anesthesiology | + 143, 92 |
| 4. | 19 | Health Care Sci.&Services | + 143, 05 |
| 5. | 21 | Immunology | + 141, 88 |
| 6. | 25 | Medical Informatics | + 139, 29 |
| 7. | 13 | Emergency Medicine | + 138, 08 |
| 8. | 20 | Hematology | + 136, 80 |
| 9. | 58 | Toxicology | + 136, 28 |
| 10. | 41 | Parasitology | + 131, 17 |

Tabulka 8 — Medicínské kategorie s největším zvýšením mediánu IF v procentech (r. 2005–2010)

Naším šetřením jsme mohli dále zjistit, že v edici SE databáze JCR byla v r. 2010 nově přiřazena další, již 64 medicínská kategorie – Primary Health Care, ve které je na úvod registrováno 14 periodik, jejichž průměrný medián IF je 1,539.

4. Diskuze

Pro zpracování našeho přehledu jsme vycházeli z údajů databáze JCR resp. její SE, která medicínská periodika uvádí v členění na 63 kategorií.

K našemu zpracování předkládaného přehledu jsme přistoupili mj. i proto, že v řadě jednání hodnotících grémií, a také v řadě časopiseckých sdělení bylo poukazováno na rozdíly v možnostech publikování v impaktovaných časopisech mezi jednotlivými medicínskými obory v souvislosti s rozdílnými počty těchto časopisů a dále i s rozdílnými hodnotami IF časopisů v jednotlivých oborech. Připomínky a námítky se však zpravidla a zcela pochopitelně týkaly jen oblastí, ležících v bezprostředním zájmu autorů, a tedy jen jednotlivých oborů. Uvádíme je v našem sdělení věnovanému „ tématu IF“, jak se k němu a otázkám hodnocení výsledků lékařského výzkumu vyjadřovaly významné osobnosti naší medicíny [2].

Předkládaným šetřením navazujeme na obdobnou naši úvodní studii, ve které jsme se věnovali vývoji počtu medicínských impaktovaných periodik a jejich IF za období 2005 – 2009 [4]. Srovnání ukazuje, že nárůst počtu impaktovaných periodik v medicíně dále výrazně pokračuje a nedomníváme se, že by na tom mohlo něco podstatného měnit to, že některá nově zařazená periodika mohou být současně vedena (ostatně tak, jako i dříve) ve dvou a možná i ve více kategoriích. Detailní šetření v tomto smyslu se vymykalo našim možnostem.

Pokračuje i zvyšování mediánu IF v medicínských kategoriích SE, i když je proti nárůstu počtu periodik menší (30,27 % x 18,05 %). Vyšší hodnoty mediánu IF byly v r. 2010 proti r. 2005 zaznamenány u 52 z 63 medicínských kategorií SE. U všech kategorií, u kterých byly nalezeny v r. 2010 hodnota mediánu IF nižší jsme však zjistili, že v průběhu sledovaných let došlo u nich ke kolísání hodnot tohoto ukazatele, a jak jsme mohli posoudit porovnáním předchozích publikovaných údajů, u žádného se nejedná o soustavnější pokles hodnoty tohoto ukazatele.

Protože jsme v průběhu několika let sledování vývoje počtu časopisů v jednotlivých kategoriích, mohli již před 2 roky pozorovat zvláště dynamický vývoj v kategorii Nursing, upozornili jsme na tuto skutečnost ve 2 sděleních. [5,6].

Zařazení „Primary Health Care“, jako nové samostatné kategorie v rámci edice SE databáze JCR pokládáme vzhledem k významu této problematiky za velmi významný krok. Poněvadž jde o její nové zařazení, nemohla být do našeho šetření, zaměřeného na vývoj počtu a IF kategorií v edici SE zavzata. Této skutečnosti věnujeme zvláštní sdělení [7].

5. Závěr

Šetření, uskutečněné za roky 2005 – 2010, prokázalo dlouhodobý trend zvyšování počtu časopisů s IF v databázi JCR resp. v její edici SE, ve které byla medicínská problematika dlouhodobě soustředěna v 63 kategoriích. K nárůstu hodnot IF periodik dochází rovněž, ale ne v obdobné míře. Významným

poznatkem šetření je přiřazení další, již 64 kategorie do databáze JCR, resp. do její edice SE v r.2010, a to Primary Health Care.

Literatura:

- [1.] Metodika hodnocení výsledků výzkumných organizací a ukončených programů [2010 – 2011]. [online]. Dostupné z <http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekcce=566918>
- [2.] Pfeifer, I., Hercová, J. (2011). Téma „impakt faktor“ v databázi Bibliographia medica Čechoslovaca. Lékařská knihovna roč. 16, č.1–2. [online]. Dostupné na <http://www.nlk.cz/publikace-nlk/lekarstva-knihovna/2011/2011-c.1-2/tema-impakt-faktor-v-databazi-bibliographia-medica-cechoslovaca>.
- [3.] Databáze Journal Citation Reports, Science Edition 2005–2010. Thomson Reuters.
- [4.] Pfeifer, I., Hercová, J. (2011). Časopisy s impakt faktorem v medicíně. Lékařská knihovna, 16 (3–4). [online]. Dostupné z: <http://www.nlk.cz/publikace-nlk/lekarstva-knihovna/2011/2011-c.3-4/casopisy-s-impakt-faktorem-v-medicine>
- [5.] Bártlová, S., Pfeifer I., Hercová, J. (2011). Ošetrovatelský výzkum a současné možnosti publikování jeho výsledků. Praktický lékař, 91 (7):412–416.
- [6.] Bártlová, S., Pfeifer, I., Hercová, J. (2011). Impaktované domácí recenzované časopisy v ošetrovatelství. Kontakt, 13 (4):389–395.
- [7.] Hercová, J., Pfeifer, I. (2012). Primární zdravotní péče novou kategorií časopisů s impakt faktorem. Lékařská knihovna – v tisku.

Kontakt:

MUDr. Ivan Pfeifer, CSc.

Kozí 9, Praha 1, PSČ 110 00

e-mail: Ivan.Pfeifer@seznam.cz

Mgr. Jana Hercová

Národní lékařská knihovna

Sokolská 54, 121 32 Praha 2

e-mail: hercova@nlk.cz

SOUČASNÉ IMPAKTOVANÉ A UZNANÉ DOMÁCÍ RECENZOVANÉ ČASOPISY V OŠETŘOVATELSTVÍ

Ivan Pfeifer, Sylva Bártlová, Jana Hercová

Anotace

Analýzou dat dvou edic databáze Journal Citation Reports firmy Thomson Reuters – Science Edition a Social Science Edition, ve kterých jsou impaktované časopisy z oboru ošetrovatelství vedeny v samostatné kategorii (Nursing), je stanoven aktuální počet těchto časopisů v uvedeném oboru a jejich seznam předložen v tabulce podle výše jejich impakt faktoru. Je sledováno, zda dále pokračuje předchozí vzestup počtu impaktovaných časopisů v ošetrovatelství, pozorovaný v několika předchozích letech, který dosud v procentuálním hodnocení výrazně převyšoval zvyšování počtu impaktovaných časopisů v ostatních medicínských oborech. Je vyšetřován počet domácích neimpaktovaných recenzovaných časopisů, věnujících se ošetrovatelství, který byl dosud velmi malý, a který souvisí se zařazením časopisů do Seznamu recenzovaných domácích časopisů, vydávaných poradním orgánem vlády – Radou pro výzkum, vývoj a inovace.

Klíčová slova

Ošetrovatelský výzkum, impaktovaná periodika v ošetrovatelství, domácí recenzovaná periodika

1. Úvod

Samostatná kategorie „Nursing“, ve které jsou zařazeny impaktované časopisy z oboru ošetrovatelství, se poprvé objevila v roce 2002. V tomto roce bylo ošetrovatelství (Nursing) zařazeno v databázi Journal Citation Reports (JCR) firmy Thomson Reuters k dosavadním 62 jako 63 kategorie medicínských oborů, a to do jejich dvou edic – Science Edition (SE) a Social Science Edition (SSE). Stalo se tak tedy mnohem později, než u většiny tradičních medicínských oborů. V uvedeném roce 2002 bylo v SE citované databáze indexováno v kategorii Nursing prvních 32 časopisů s impakt faktorem (IF). Vzhledem k tomu, že výzkum v klasických medicínských oborech se rozvíjel mnohem dříve než v ošetrovatelství, u něhož k podstatnému a mezinárodnímu rozšíření došlo zejména před cca třemi desetiletími, nelze pokládat jeho zařazení až v předchozím desetiletí za zvláště překvapující, ale naopak za doklad výrazného uznání jeho významu. Za překvapující lze však jistě a zcela oprávněně považovat další vývoj, k němuž v ošetrovatelském výzkumu z hlediska tohoto ukazateleněkolika předchozích letech došlo, a který v našem šetření aktuálních dat dále sledujeme.

2. Metodika

V rámci šetření jsme jako techniku použili analýzu písemných dokumentů. Počty časopisů s IF z oblasti ošetrovatelství jsme zjišťovali ze dvou edic

databáze JCR – Science Edition (SE) a Social Science Edition (SSE), ve kterých jsou příslušné časopisy zařazeny v kategorii „Nursing“ [1]. Zjišťovali jsme rozdíl v období 2005 – 2010 v absolutních i procentuálních hodnotách počtu časopisů. Výsledky změn v ošetrovatelství jsme porovnali se změnami v dalších medicínských oborech (kategoriích) za uvedené období.

Počet uznaných domácích recenzovaných časopisů z oblasti ošetrovatelství a jeho vývoj jsme zjišťovali ze Seznamu recenzovaných neimpaktovaných časopisů (periodik) zveřejňovaných uvedenou Radou a z informací, které v této věci Rada uvedla [2,3].

3. Výsledky

Vývoj počtů periodik registrovaných v kategorii Nursing v edici SE databáze JCR je uveden v přehledu:

| Rok | 2002 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Počet periodik | 32 | 32 | 36 | 46 | 62 | 72 | 89 |

Počtem 89 periodik se kategorie Nursing, jen několik let po svém zařazení do edice SE, zařazuje na 19 místo mezi 63 medicínskými kategoriemi, vedenými v této edici.

V kategorii Nursing edice SSE této databáze je trvale indexován nižší počet periodik než v edici SE, a všechny (s výjimkou dvou – Scand. J. Caring.Sci. a Nurs. Hist. Rev.) jsou současně vedeny v edici SE databáze JCR.

Kompletní přehled všech periodik kategorií Nursing v obou uvedených edicích databáze JCR je uveden v Tab. č. 1 a činí 91. (Periodika vedená pouze v edici SSE jsou v tabulce na jejím závěru). Tabulka je přílohou tohoto sdělení a je umístěna na závěr jeho textu.

Nárůst počtu periodik v kategorii Nursing v edici SE od r. 2005 do r. 2010 o 57 periodik představuje zvýšení o 178,13 %. Nárůst počtu periodik v této edici z r. 2009 do r. 2010 o 17 periodik představuje zvýšení o 23,61%. Tato procentuální zvýšení jsou největší mezi všemi kategoriemi medicínských oborů téže v uvedených obdobích.

V Seznamu domácích recenzovaných neimpaktovaných časopisů vydávaných Radou není v r. 2010 ani dříve uveden žádný časopis, který by se věnoval výlučně ošetrovatelství a pouze dva časopisy, které se věnují více zdravotnickým oborům, z nichž ošetrovatelství uvádějí na prvním místě. Jedná se o časopisy Kontakt a Profese online.

Pro r. 2011 Rada aktualizovaný Seznam neimpaktovaných recenzovaných časopisů již nevydala a nepočítá s tím ani pro r. 2012, takže situace proti r. 2010 zůstává nezměněná.

| Zkratka časopisu | ISSN | IF | Počet citací | Počet článků |
|---------------------|-----------|-------|--------------|--------------|
| Int J Nurs Stud | 0022-7489 | 2.103 | 2616 | 151 |
| Cancer Nurs | 0162-220x | 2.065 | 2026 | 73 |
| Birth-ISS Perinat C | 0730-7659 | 1.821 | 1401 | 33 |

| Zkratka časopisu | ISSN | IF | Počet citací | Počet článků |
|----------------------|------------|-------|--------------|--------------|
| Nurs Res | 0029-6562 | 1.785 | 3059 | 61 |
| Oncol Nurs Forum | 0190-535x | 1.779 | 2558 | 55 |
| Res Nurs Health | 0160-6891 | 1.736 | 3375 | 43 |
| J Farm Nurs | 1074-8407 | 1.689 | 415 | 22 |
| Nurs Outlook | 0029-6554 | 1.653 | 702 | 32 |
| Am J Crit Care | 1062-3264 | 1.593 | 1419 | 66 |
| J Adv Nurs | 0309-2402 | 1.540 | 9687 | 260 |
| Heart Lung | 0147-9563 | 1.508 | 1615 | 67 |
| J Nurs Admin | 0002-0443 | 1.500 | 1955 | 78 |
| J Nurs Manage | 0966-0429 | 1.452 | 1288 | 111 |
| J Cardiovasc Nurs | 0889-4655 | 1.444 | 704 | 65 |
| Worldv Evid-Based Nu | 1545-102x | 1.429 | 289 | 22 |
| Int J Ment Health Nu | 1445-8330 | 1.427 | 498 | 52 |
| Adv Nurs Sci | 0161-9268 | 1.407 | 921 | 40 |
| J Nurs Scholarship | 1527-6546 | 1.392 | 1158 | 49 |
| Eur J Cardiovasc Nur | 1474-5151 | 1.348 | 429 | 34 |
| JOGNN-J Obst Gyn Neo | 0884-2175 | 1.331 | 1242 | 70 |
| J Hum Lact | 0890-03344 | 1.329 | 852 | 38 |
| J Wound Ostomy Cont | 1071-5754 | 1.304 | 629 | 62 |
| Midwifery | 0266-6138 | 1.281 | 887 | 77 |
| Nurs Philos | 1466-7681 | 1.272 | 228 | 23 |
| J Nurs Care Qual | 1057-3631 | 1.262 | 555 | 42 |
| J Clin Nurs | 0962-1067 | 1.228 | 3622 | 368 |
| Clin J Oncol Nurs | 1092-1095 | 1.208 | 551 | 69 |
| Eur J Oncol Nurs | 1462-3889 | 1.149 | 450 | 56 |
| Western J Nurs Res | 0193-9459 | 1.138 | 1090 | 55 |
| Nurs Econ | 0746-1739 | 1.115 | 599 | 44 |
| Nurs educ Today | 0260-6917 | 1.113 | 1589 | 137 |
| Appl Nurs Res | 0897-1897 | 1.111 | 690 | 36 |
| Nurs Ethics | 0969-7330 | 1.085 | 814 | 61 |
| Aust J Rural Health | 1038-5282 | 1.070 | 690 | 41 |
| Perspect Psychiatr C | 0031-5990 | 1.058 | 234 | 28 |
| J Midwifery Wom Heal | 1526-9523 | 1.048 | 817 | 62 |
| Geriatr Nurs | 0197-4572 | 1.045 | 423 | 34 |
| J Cont Educ Nurs | 0022-0124 | 1.039 | 545 | 54 |
| Pain Manag Nurs | 1524-9042 | 1.039 | 419 | 30 |
| J Psychiatr Ment Hlt | 1351-0126 | 1.025 | 1224 | 107 |
| Am J Nurs | 0002-936x | 1.007 | 1059 | 50 |
| J Assoc Nurs AIDS C | 1055-3290 | 1.000 | 472 | 47 |
| J Perinat Neonat Nur | 0893-2190 | 1.000 | 311 | 32 |
| Arch Psychiat Nurs | 0883-9417 | 0.977 | 603 | 41 |
| Biol Res Nurs | 1099-8004 | 0.970 | 383 | 40 |

| Zkratka časopisu | ISSN | IF | Počet citací | Počet článků |
|-----------------------|-----------|-------|--------------|--------------|
| J Prof Nurs | 8755-7223 | 0.970 | 776 | 48 |
| CIN-Comput Inform Nu | 1538-2931 | 0.957 | 274 | 36 |
| MCN-J Matern-Chil | 0361-929x | 0.940 | 444 | 39 |
| J Pediatr Health Car | 0891-2545 | 0.938 | 441 | |
| Crit Care Nurse | 0279-5442 | 0.928 | 344 | 43 |
| J Am Acad Nurse Prac | 1041-2972 | 0.908 | 627 | 94 |
| J Pediatr Oncol Nurs | 1043-4542 | 0.897 | 427 | 33 |
| Nurs Inq | 1320-7881 | 0.897 | 481 | 36 |
| J Spect Pediatr Nurs | 1539-0136 | 0.896 | 197 | 30 |
| Public Health Nurs | 0737-1209 | 0.873 | 1042 | 65 |
| Rev lat-Am Enferm | 0104-1169 | 0.856 | 1009 | 159 |
| Collegian | 1322-7696 | 0.822 | 192 | 25 |
| Int J Nurs Pract | 1322-7114 | 0.794 | 681 | 81 |
| J Nurs Educ | 0148-4834 | 0.790 | 1420 | 112 |
| J Neurosci Nurs | 0888-0395 | 0.780 | 454 | 46 |
| J Gerontol Nurs | 0098-9134 | 0.760 | 910 | 66 |
| J Sch Nurs | 1059-8405 | 0.717 | 313 | 47 |
| J Transcult Nurs | 1043-6596 | 0.714 | 502 | 54 |
| Nurs Educ | 0363-3624 | 0.684 | 550 | 51 |
| J Child Health Care | 1367-4935 | 0.673 | 206 | 33 |
| Nurs Clin N Am | 0029-6465 | 0.659 | 433 | 42 |
| J Commun Health Nurs | 0737-0016 | 0.657 | 256 | 21 |
| Bariatr Nurs Surg Pat | 1557-1459 | 0.652 | 61 | 25 |
| Rehabil Nurs | 0278-4807 | 0.615 | 438 | 34 |
| Int Nurs Rev | 0020-8132 | 0.588 | 411 | 65 |
| Clin Nurse Spec | 0887-6274 | 0.579 | 281 | 33 |
| Nurs Health Sci | 1771-0745 | 0.571 | 433 | 69 |
| AAOHN J | 0891-0162 | 0.560 | 468 | 53 |
| Gastroenterol Nurs | 1042-895x | 0.549 | 259 | 29 |
| J Psychosoc Nurs Men | 0279-3695 | 0.528 | 442 | 61 |
| Rev Esc Enferm USP | 0080-6234 | 0.455 | 435 | 150 |
| Contemp Nurse | 1037-6178 | 0.442 | 437 | 51 |
| J Emerg Nurs | 0099-1767 | 0.429 | 615 | 78 |
| Aust J Adv Nurs | 0813-0531 | 0.379 | 285 | 29 |
| J Korean Acad Nurs | 2005-3673 | 0.328 | 302 | 89 |
| Orthop Nurs | 0744-6020 | 0.304 | 331 | 42 |
| Pflege | 1012-5302 | 0.298 | 94 | 30 |
| J Addict Nurs | 1088-4602 | 0.256 | 45 | 19 |
| Acta Paul Enferm | 0103-2100 | 0.204 | 199 | 120 |
| Assist Inferm Ric | 1592-5986 | 0.135 | 16 | 15 |
| Asian Nurs Res | 1976-1317 | 0.133 | 11 | 17 |
| Int J Urol Nurs | 1749-7701 | 0.111 | 9 | 23 |

| Zkratka časopisu | ISSN | IF | Počet citací | Počet článků |
|--------------------|-----------|-------|--------------|--------------|
| Aquichan | 1657-5997 | 0.050 | 6 | 18 |
| Jpn J Nurs Sci | 1742-7932 | 0.034 | 14 | 17 |
| Scand J Caring Sci | 0283-9318 | 1.042 | 1152 | 106 |
| Nurs Hist Rev | 1062-8061 | 0.278 | 37 | |

4. Diskuze

Z našich výsledků vyplývá, že nárůst počtu impaktovaných časopisů v ošetrovatelství se nejen nezastavil, ale nadále pokračuje [4,5]. Jak vyplývá z našeho šetření o změnách počtu periodik v 63

kategoriích SE za roky 2005 – 2010, je procentuálně největší ze všech a i v absolutních hodnotách již 44 medicínských kategorií předčí [6,7].

Několiikaletou náročnou proceduru, týkající se přidělení IF, kterou zařazované časopisy úspěšně prošly, popisují u nás např. Krbec a Čech [8]. Kategorie Nursing byla do SE zařazena v r. 2002, kdy v ní bylo uvedeno prvních 32 časopisů. Významný rozvoj ošetrovatelského výzkumu ve světě lze však datovat již o 2–3 desetiletí dříve a stává se významným přínosem pro naplňování zdravotních a sociálních potřeb lidí. Široce implementuje postupy „praxe založené na důkazu“, resp. „medicíny založené na důkazu“ (Evidence – based medicine) [9].

Nemůže překvapovat, že zejména vzhledem k poměrně nedlouhé tradici našeho ošetrovatelského výzkumu není mezi impaktovanými periodiky žádný domácí ošetrovatelský časopis. Ostatně domácích medicínských periodik, která získala IF, je nadále jen několik – Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie, Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Českoslovac, Physiological research, Folia microbiologica, Folia parasitologica a od r. 2010 i olomoucké elektronicky vydávané Biomedical Papers.

Na domácí scéně se bohužel situace nezměnila. Rada vlády oznámila, že v aktualizaci Seznamu našich neimpaktovaných recenzovaných periodik pro roky 2011 a 2012 nebude pokračovat a že je připravována nová Metodika hodnocení výsledků výzkumu a vývoje. Blíže o tom informujeme v jiném sdělení [2,3].

Z uvedeného vyplývá, že mezi recenzovanými časopisy věnujícími se ošetrovatelství (ale i dalším oborům) a zařazenými do uvedeného Seznamu zůstávají nadále pouze českobudějovický Kontakt a olomoucký elektronický Profese on-line. To je jistě nepříznivé sdělení jak pro pracovníky v oboru, tak pro redakce časopisů věnujících se ošetrovatelství, které o zařazení do Seznamu usilovaly. Domníváme se, že zejména Florence (a to na základě jednání s vedením časopisu) by podmínky Rady k zařazení již splnila a že velkou šanci by zřejmě měly mít i další časopisy, které se prezentují jako recenzované – Diagnóza v ošetrovatelství a Ošetrovatelství a porodní asistence, ale jistě i časopisy další.

Jak jsme již uváděli v předchozím sdělení, výsledky ošetrovatelského výzkumu mohou být publikovány i v dalších našich recenzovaných časopisech uznávaných Radou a uvedených v jí vydávaných Seznamech, ale praxe ukazuje,

že se tak děje spíše výjimečně. Prezidiální časopis České lékařské společnosti JEP Časopis lékařů českých v souladu se svým zaměřením např. uveřejňoval koncepční materiály týkající se ošetrovatelství a jeho výzkumu od Pacovského, Juráskové a od Misconiové, na které upozorňujeme v citované práci [4].

Podpora ošetrovatelskému výzkumu je vyjadřována v koncepčních materiálech ministerstva zdravotnictví, které se mj. připojilo k aktivitě Světové zdravotnické organizace vydáním její publikace „Povědomí o výzkumu v praxi sestry a porodní asistentky“ i aktivitou Národního centra ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, které vydalo práci Bártlové, Sadílk a Tóthové „Výzkum a ošetrovatelství“ [10]. Výzkum v ošetrovatelství je součástí bakalářského

i magisterského vysokoškolského studia sester i jejich specializačního vzdělávání. Jsou pořádány konference věnované ošetrovatelskému výzkumu, existují živé mezinárodní kontakty v ošetrovatelském výzkumu a jeho publikování (zejména ve spolupráci mezi Českou a Slovenskou republikou, ale i s dalšími zeměmi, zejména Maďarskem a Polskem).

Nejvýznamnějším zdrojem podpory ošetrovatelského výzkumu je zřejmě již několik let Interní grantová agentura Ministerstva zdravotnictví ČR (IGA). Významným krokem pro ošetrovatelský výzkum bylo jeho soustředění do působnosti jedné oborové komise IGA a jeho začlenění do transformované komise IGA č. 12 „Ošetrovatelství, zdravotní systémy, informatika“, ke kterému IGA MZ přistoupila v r. 2003.

5. Závěr

Naše šetření prokázalo, že trend zvyšování počtu periodik s IF v edicích SE a SSE databáze JCR v edicích Nursing dále pokračuje. Kategorie Nursing se několik let po uvedení jako samostatná kategorie zařazuje počtem periodik na 19 místo mezi 63 medicínskými kategoriemi edice SE a v procentuálním hodnocení zvyšování počtu periodik výrazně převyšuje ostatní medicínské kategorie.

Možnosti publikovat výsledky ošetrovatelského výzkumu v domácích recenzovaných periodikách, zařazených do Seznamu těchto periodik, vydávaného Radou pro výzkum, vývoj a inovace, zůstávají omezené, zejména v důsledku ukončení původně pravidelně ročně prováděných aktualizací tohoto Seznamu v r.2010. Tato skutečnost není příznivá jak z hlediska oboru a jeho výzkumu, tak vzhledem k platnému systému hodnocení výsledků výzkumu a jeho financování.

Literatura:

[1.] *Journal Citation Reports. Category Nursing. Thomson Reuters. 2005–2010.*

[2.] Pfeifer, I., Hercová, J. *Recenzovaná neimpaktovaná periodika z oblasti lékařských věd r. 2010. Lékařská knihovna [online] 3–4/2010. [cit. 2011–09–19]. Dostupné z: <http://www.nlk.cz/publikace-nlk/lekarskaknihovna/2010/lk2010-3-4/recenzovaneimpaktovana-periodika-z-oblasti-lekarskych-vedr.-2010>*

- [3.] Pfeifer, I., Hercová, J. Recenzovaná neimpaktovaná domácí periodika 2011. Lékařská knihovna [online]1–2/2011. [cit. 2011–09–19]. Dostupné z: <http://www.nlk.cz/publikace-nlk/lekarska-knihovna/2011/2011-c.1-2/recenzovana-neimpaktovana-domaci-periodika-rok-2011>
- [4.] Bártlová, S., Pfeifer, I., Hercová, J. (2011). Ošetrovatelský výzkum a současné možnosti publikování jeho výsledků. Praktický lékař, 91(7): 412–416.
- [5.] Bártlová, S., Pfeifer, I., Hercová J.(2011).Impaktované a domácí recenzované časopisy v ošetrovatelství. Kontakt, 13 (4): 389 – 395.
- [6.] Pfeifer, I.,Hercová, J.(2011). Časopisy s impakt faktorem v medicíně. Lékařská knihovna [online] 3–4/2011.Dostupné z: <http://www.nlk.cz/publikace-nlk/lekarska-knihovna/2011/2011-c.3-4/casopisy-s-impakt-faktorem-v-medicine>
- [7.] Pfeifer, I., Hercová, J. K vývoji počtu časopisů s impakt faktorem v medicínských oborech. In: Sborník konference MEDSOFT 2012, Rostoky u Prahy, 21. – 22.3. (v tisku).
- [8.] Krbec, M., Čech, O. (2010). Vědecké a citační databáze a „impakt faktor“ jako nástroj k posouzení úrovně publikace. Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologie Českoslovac, 77(4): 263–265.
- [9.] Potomková, J. (2008). Ošetrovatelský výzkum a praxe založená na důkazu: postřehy z mezinárodní konference.Lékařská knihovna, 13(4): 31–35.
- [10.]Bártlová, S., Sadílek, P., Tóthová, V. (2008). Výzkum a ošetrovatelství. 2. přeprac a doplněn. vyd. Brno:NCO NZO. 185 p.

Kontakt:

MUDr. Ivan Pfeifer, CSc.

Kozí 9, Praha 1, PSČ 110 00

e-mail: Ivan.Pfeifer@seznam.cz

Doc. PhDr. Sylva Bártlová, PhD.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Katedra ošetrovatelství a porodní asistence

U Výstaviště 26, 370 04 České Budějovice

e-mail: bartlova@zsf.jcu.cz

Mgr. Jana Hercová

Národní lékařská knihovna

Sokolská 54, 121 32 Praha 2

e-mail: hercova@nlk.cz

POMŮCKY PRO VÝUKU LÉKAŘSKÉ INFORMATIKY U NÁS A VE SVĚTĚ

Štěpán Svačina

Anotace

Lékařská informatika je pod různými názvy vyučována na univerzitách od 60. let minulého století. Některé tradiční učebnice jak u nás (Wunsch či později Kasal) i ve světě (Van Bommel) málo stárnou. U nás vychází ročně 1–2 učebnice věnované lékařské informatice obecné a ve světě vzniká takových knih jen několik desítek ročně. Více je knih specializovaných obvykle nepoužitelných pedagogicky. Relativně nejvhodnější výukové podklady k lékařské informatice přínášejí internetové zdroje např. tzv. wikibooks.

Klíčová slova:

Lékařská informatika, biomedicínská informatika, výuka

1. Úvod

Lékařská informatika je pod různými názvy (biokybernetika, biomedicínská informatika, zdravotnická informatika) vyučována na univerzitách od 60. let minulého století. Technologie se změnila velmi výrazně, základní principy oboru však zůstávají stejné.

2. Učebnice lékařské informatiky u nás

Některé tradiční naše učebnice se dají zčásti využít i dnes. Doc. Wunsch přeložil u nás nejprve Wienerovu knihu o kybernetice a později vydal s 2 spoluautory v 70. letech v nakladatelství Avicenum Základy lékařské kybernetiky. Po řadě skript pak vyšla v 90. letech v nakladatelství Karolinum Kasalova Lékařská informatika. Ta obsahuje na tolik univerzálně na konkrétní technice nezávislé principy, že je výukově využitelná i dnes. Po roce 2000 vznikla pak prof. Zvárovou koordinovaná edice Biomedicínská informatika v nakladatelství Karolinum obsahující zatím 4 knihy zahrnující nejen informatiku ale i biomechaniku a tzv. evidence based medicínu. Doplněna je edicí Biomedicínská statistika. U nás vychází ročně obvykle maximálně 1–2 učebnice věnované lékařské informatice obecné. Obor má relativně málo výukových pomůcek i ve světě.

3. Učebnice lékařské informatiky ve světě

Klasickou učebnicí je van Bommelova Handbook of medical informatics vydaná poprvé v polovině 90. let a naposledy krátce po roce 2000. Ve světě vychází ročně několik desítek obecných učebnic lékařské informatiky a mnoho pedagogicky hůře použitelných titulů speciálnějších. Mnoho knih je orientováno na sestry a na zdravotnické manažery, i když základní informace o informatice by měl znát každý zdravotnický pracovník včetně lékařů.

V posledních letech vyšly například tyto tituly:
Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine

(Health Informatics) (– Edward H. Shortliffe, James J. Cimino, Electronic Health Records – Jerome H. Carter, From Patient Data to Medical Knowledge: The Principles and Practice of Health Informatics – Paul Taylor, Guide to Health Informatics – Enrico Coiera, Health Care Informatics: An Interdisciplinary Approach – Sheila P. Englehardt PhD RN CAN, Ramona Nelson PhD RN BC, Ramona Nelson , Health Care Information Systems: A Practical Approach for Health Care Management – Karen A. Wager, Frances W. Lee, John P. Glaser), Health Information Technology Basics: A Concise Guide to Principles and Practice – Teri Thomas–Brogan, Introduction to Clinical Informatics (Health Informatics) – Patrice Degoulet, Marius Fieschi , Managing Health Care Information Systems: A Practical Approach for Health Care Executives – Karen A. Wager , Frances Wickham Lee DBA, John P. Glaser, Medical Informatics: A Practical Guide for the Healthcare Professional – Robert E. Hoyt, Ann Yoshihashi , Nursing Informatics: Where Caring and Technology Meet (Health Informatics) – Marion J. Ball, Donna DuLong, Susan K. Newbold, Joyce E. Sensmeier Project Management for Healthcare Informatics (Health Informatics) – Susan Houston, Public Health Informatics and Information Systems – Patrick W. O'Carroll

Pestrá směs autorů i témat ukazuje na velmi heterogenní pohled na obor a velké rozdíly v tom, co je pod hlavičkou informatiky vyučováno

4. Wikipedie a lékařská informatika

Překvapivě poměrně dokonalé pedagogické pomůcky lze vygenerovat s sekci wikibooks z wikipedie. Wikipedia Handbook of biomedical informatics obsahuje velmi tradiční členění oboru známé nám i z českých učebnic.

Po úvodním přehledu a vymezení pojmů následuje oddíl o informačních systémech a zdravotních záznamech. Následuje sekce o zobrazovacích metodách a biosignálech a dále kapitola o počítačové podpoře rozhodování zahrnující i detailní pohled na expertní systémy, pak následuje kapitola o robotice a klasifikaci v medicíně. Na závěr je přehled společností a institucí zabývajících se biomedicínskou informatikou.

Tento příklad ukazuje, že poměrně dokonalé pedagogické pomůcky lze získat na internetu.

5. Závěr

Výukové pomůcky pro výuku informatiky se mírně liší u nás a ve světě. Vždy existují starší učebnice s dobrou strukturou výkladu, které stárnou jen pomalu. Novější výukové informace je možno získat na internetu například ve wikipedii. U nás se však internetové zdroje pro výuku rozvíjí pomaleji než ve světě.

Kontakt:

Štěpán Svačina

VFN, U nemocnice 2

12808 Praha 2

e-mail: svacinas@lf1.cuni.cz

VÝPOČTY NA GRAFICKÝCH PROCESORECH, ŘEŠENÍ PARCIÁLNÍCH DIFERENCIÁLNÍCH ROVNIC

Jan Šilar, Martin Vavrek, Tomáš Kulhánek, Pavol Privitzer, Jiří Kofránek, Tomáš Kroček, Martin Tribula

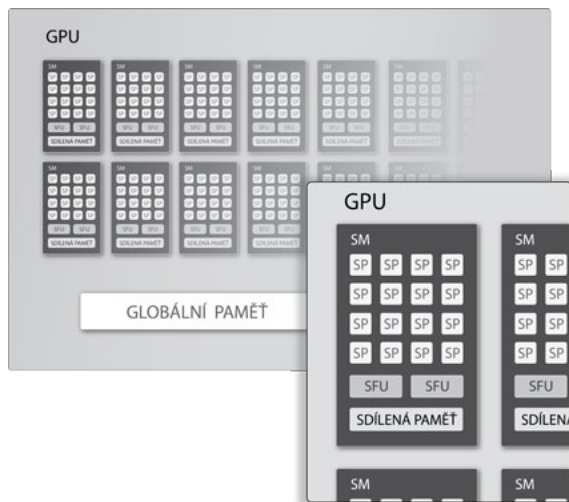
Úvod

Výpočetní výkon grafického procesoru (dále jen GPU – graphic processing unit) v současných osobních počítačích často výrazně převyšuje výkon procesoru CPU. Na trhu jsou ještě výkonnější GPU specializovaná na intenzivní výpočty. GPU se skládá z desítek až stovek výpočetních jader. Předpokladem využití výpočetního výkonu je vhodná paralelizace řešené úlohy. Zrychlení výpočtu, kterého je možné dosáhnout použitím GPU se značně liší v závislosti na řešené úloze. U některých úloh lze dosáhnout až stonásobného zrychlení. Na druhou stranu je mnoho úloh, které nelze vůbec paralelizovat a jejich výpočet na GPU by vedl naopak ke zpomalení. Cílem tohoto příspěvku je ukázat možnosti použití GPU pro obecné výpočty, přiblížit architekturu GPU a programování na platformě CUDA. Použití GPU je demonstrováno na konkrétní aplikaci. Pro názornost je mnoho detailů vynecháno nebo zjednodušeno. Cílem není naučit čtenáře programovat v CUDA. Detailní popis GPU a CUDA je například v [1,2].

Architektura GPU

Architektury GPU různých výrobců se liší většinou jen mírně. Zde je zjednodušeně popsána architektura firmy NVIDIA.

Jádra SP (streaming processor) GPU podporují jen logické operace a sčítání a násobení. Jádra jsou sdružena do několika multiprocessorů SM



Obrázek 1 — Architektura GPU

(streaming multiprocessor). Jádra jednoho multiprocessoru mají společnou sdílenou paměť. Do sdílené paměti mají přístup pouze jádra příslušného multiprocessoru. Část sdílené paměti může být vyhrazena jako cache pro jednotlivá jádra. Součástí multiprocessoru je také jednotka pro výpočet speciálních funkcí (sin, sqrt...) SFU (special function unit). Celý grafický procesor se pak skládá z několika multiprocessorů a globální paměti. Do globální paměti mohou přistupovat všechna jádra, ale přístup je ve srovnání se sdílenou pamětí výrazně pomalejší. Procesy běžící na CPU mají přístup jen do globální paměti. Kopírování dat mezi RAM a globální pamětí je ještě pomalejší, než přístup do globální paměti v rámci GPU.

Jádra pracují v režimu „single instruction multiple data“. To znamená, že všechna jádra provádí stejný výpočet paralelně na různých datech. Všechna jádra multiprocessoru tedy provádí v jednom taktu stejnou instrukci.

Pro představu nVidia Tesla C2050 má 15 multiprocessorů po 32 jádrech (dohromady 448 jader). Velikost sdílené paměti každého multiprocessoru je 64KB. Globální paměť má 3GB. Celkový výpočetní výkon v single precision je 1,03 Tflops.

CUDA

Programovat pro GPU lze na dvou platformách: OpenCL nebo CUDA. Co se jazyka týče, jsou obě platformy rozšířením ANSI C o několik málo konstruktů. OpenCL je obecnější a je podporováno GPU od nVidia a ATI, ale i procesory CPU (např. většina x86), různými signálovými procesory (DSP) atd. CUDA je platforma vyvinutá firmou nVidia a je podporována pouze jejími grafickými kartami. Závislost na hardwaru konkrétního výrobce je samozřejmě nevýhodou. Na druhou stranu je programování v CUDA ve srovnání s OpenCL o něco snazší (zejména inicializace zařízení). Aplikace v CUDA běží také o něco rychleji díky lepší optimalizaci při překladu.

Použití CPU a GPU při výpočtu je možné kombinovat. Část kódu, kterou nelze paralelizovat, běží typicky na CPU, paralelní část se počítá na GPU. Výpočet na GPU se spouští pomocí speciálních funkcí, tzv. kernelů. Kernely obsahují kód, který je počítán paralelně na vláknech v GPU. Vlákno běží na jednom jádře SP. Vlákna jsou sdružována do bloků. Blok vláken je spuštěn na jednom multiprocessoru SM. Jednomu SM může být přiděleno více bloků. SM pak mezi těmito bloky přepíná. Bloky jsou sdružovány do gridu. Počet bloků v gridu může být opět vyšší, než je počet SM v GPU. Při spuštění kernelu se zadává velikost bloků (počet vláken v bloku) i velikost gridu (počet bloků v gridu). Vlákno většinou zpracovává jeden prvek vstupního pole. Vlákna i bloky mají své indexy, z kterých se počítá index prvku vstupního pole pro zpracování konkrétním vláknem.

Před spuštěním kernelu musí být zařízení inicializováno. Dále jsou v globální paměti GPU alokována pole a jsou tam nakopírována vstupní data z RAM. Po dokončení výpočtu jsou výstupní data překopírována z GPU do RAM.

```
__global__ void addKernel(int *c, const int *a, const int *b)
{
    //Výpočet indexu pro přístup do polí z indexu vlákna,
    //indexu bloku a velikosti bloku:
    int i = threadIdx.x + blockIdx.x*blockDim.x;
    //soupčet:
    c[i] = a[i] + b[i];
}

void addWithCuda(int *c, const int *a, const int *b,
size_t size)
{
    int *dev_a, *dev_b, *dev_c;
    //Volba GPU. (Kvůli systémům s více GPU.):
    cudaSetDevice(0);
    //Alokace paměti na GPU:
    cudaMalloc((void**)&dev_a, size*sizeof(int));
    cudaMalloc((void**)&dev_b, size*sizeof(int));
    cudaMalloc((void**)&dev_c, size*sizeof(int));
    //Skopírování vstupních polí do GPU:
    cudaMemcpy(dev_a, a, size*sizeof(int),
cudaMemcpyHostToDevice);
    cudaMemcpy(dev_b, b, size*sizeof(int),
cudaMemcpyHostToDevice);
    //Spuštění kernelu na GPU ( 8bloků, každý size/8
vláken):
    addKernel<<<8, size/8>>>(dev_c, dev_a, dev_b);
    //Synchronizace vláken:
    cudaDeviceSynchronize();
    //Překopírování výstupního pole do RAM:
    cudaMemcpy(c, dev_c, size*sizeof(int),
cudaMemcpyDeviceToHost);
    //Uvolnění paměti GPU:
    cudaFree(dev_c);
    cudaFree(dev_a);
    cudaFree(dev_b);
    return;
}
```

Příklad kódu v CUDA pro sečtení dvou polí v globální paměti GPU.

Pokud vlákno přistupuje po čas běhu kernelu vícekrát k prvku pole v globální paměti, je vhodné pro urychlení toto pole napřed zkopírovat do sdílené paměti a přistupovat pak tam. Pole ve sdílené paměti jsou alokována z kernelu. Sdílená paměť je uvolněna, když kernel skončí.

Pokud jsou v kódu podmínky (if – then – else), dochází (kvůli principu „single instruction multiple data“) k divergenci výpočtu. To znamená, že větve „then“ a „else“ jsou vyhodnoceny sekvenčně.

Optimalizace kódu v CUDA vyžaduje většinou hlubší znalost architektury GPU. Často je potřeba aplikaci konfigurovat pro konkrétní hardware. Existuje mnoho optimalizačních metod, většina je založena na vhodné práci s pamětí.

Řešení PDE

V naší laboratoři plánujeme na GPU numericky řešit parciální diferenciální rovnice (PDE). Řešení PDE ve dvou a více dimenzích je výpočetně náročná úloha. Pro první vyzkoušení implementujeme v CUDA solver pro řešení difusní rovnice v 1D.

Difusní člen (s druhou derivací podle x) popisuje jevy jako je vedení tepla, nebo

$$a(x, t) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + q(x, t) = \frac{\partial y}{\partial t}$$

$$y(x, t_0) = y_0(x)$$

$$y(x_l, t) = y_l(t), \quad y(x_r, t) = y_r(t)$$

difuse plynů. Člen bez derivace představuje zdroje (tepla, částic plynu).

V diskrétních bodech výpočetní sítěky hledáme aproximaci řešení

$$x_0 < x_1 < x_2 \dots x_M$$

$$t^0 < t^1 \dots t^N$$

uvedené rovnice. Prostorový a časový krok jsou

$$y_m^n = y(x_m, t_n)$$

Rovnici můžeme aproximovat diferenčním schématem

$$\Delta x_i = x_{i+1} - x_i$$

$$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$$

V n -té iteraci výpočtu známe hodnoty y_m^n pro všechna m a pomocí schématu počítáme nové hodnoty y_m^{n+1} . Uvedené schéma je explicitní. To znamená, že

$$a_m^n \frac{y_{m+1}^n - 2y_m^n + y_{m-1}^n}{(\Delta x)^2} + q_m^n = \frac{y_m^{n+1} - y_m^n}{\Delta t}$$

v něm vystupuje jediná neznámá hodnota y_m^{n+1} , kterou je možné přímo vyjádřit a spočítat. Aby bylo řešení parabolické difusní rovnice explicitním schématem stabilní, je potřeba volit časový krok úměrný druhé mocnině prostorového kroku.

$$\Delta t \sim \Delta x^2$$

Když potom zmenšujeme prostorový krok (kvůli zpřesnění výpočtu), časový krok se zmenšuje kvadraticky. To vede k extrémně krátkému časovému kroku, nutnosti mnoha iterací a neúměrné časové náročnosti výpočtu. Použijeme-li

pro aproximaci řešené rovnice nějaké implicitní schéma, výpočet je stabilní i pro

$$\Delta t \sim \Delta x.$$

Zvolili jsme Crank–Nicolsonovo schéma [3]

Schéma je implicitní, vystupuje v něm tedy více neznámých hodnot (zde

$$a_m^n \frac{(y_{m+1}^{n+1} - 2y_m^{n+1} + y_{m-1}^{n+1}) + (y_{m+1}^n - 2y_m^n + y_{m-1}^n)}{2(\Delta x_m)^2} + c_m^n = \frac{y_m^{n+1} - y_m^n}{\Delta t^n}.$$

$y_{m-1}^{n+1}, y_m^{n+1}, y_{m+1}^{n+1}$). Rovnice schématu pro $m = 1 \dots M-1$, tvoří společně se dvěma okrajovými podmínkami

$$y_0^{n+1} = y_l(t^{n+1}), \quad y_M^{n+1} = y_r(t^{n+1})$$

soustavu $M+1$ lineárních rovnic pro $M+1$ neznámých

$$y_m^{n+1}, \quad m \in 0 \dots M.$$

Protože v m -té rovnici vystupují pouze 3 po sobě jdoucí neznámé

$$y_m^{n+1}, y_{m-1}^{n+1}, y_m^{n+1},$$

je matice soustavy tridiagonální – všechny prvky kromě poddiagonály, diagonály a naddiagonály jsou nulové.

Tato soustava je řešena v každém kroce výpočtu. Matice je uložena ve

$$\begin{pmatrix} d_0 & ud_0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ ld_1 & d_1 & ud_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & ld_2 & d_2 & ud_2 & & 0 \\ \vdots & & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & ld_{M-1} & d_{M-1} & ud_{M-1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & ld_M & d_M \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_{M-1} \\ y_M \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} rhs_0 \\ rhs_1 \\ rhs_2 \\ \vdots \\ rhs_{M-1} \\ rhs_M \end{pmatrix}$$

třech polích. Běžně používaný Thomasův algoritmus (Gaussova eliminace modifikovaná pro soustavu s tridiagonální maticí, složitost $O(M)$) nelze paralelizovat. Používáme metodu paralelní cyklické redukce [4,5]. Je to typická metoda „rozděl a panuj“. V první iteraci je soustava rozdělena na dvě nezávislé soustavy. Dělení soustavy opakujeme, dokud nedostaneme soustavy velikosti 1 nebo 2, které jsou již řešeny přímo. Složitost tohoto algoritmu je $M \log(M)$, lze ho ale snadno paralelizovat.

Popíšeme si, jak je soustava rozdělena. Předpokládejme, že index i v matici je sudé číslo. Na všech lichých řádcích provedeme následující úpravu. Vynulujeme poddiagonální prvek (vlevo od diagonálního) řádku odečtením vhodného násobku řádku předchozího. Tím dostaneme nově nenulovou hodnotu v druhém poddiagonálním prvku. Stejně vynulujeme naddiagonální prvek odečtením násobku následujícího řádku a dostaneme nenulovou hodnotu

pouze jediný multiprocessor a využijeme tak jen zlomek výkonu GPU. Tento přístup by byl vhodný, pokud bychom řešili několik soustav paralelně.

Výsledky a další plány

Pro změření rychlosti výpočtu jsme zvolili úlohu vedení tepla s po částech konstantní počáteční podmínkou s nespojitostí uprostřed. Počítali jsme na síťce s různým počtem uzlů a měřili čas výpočtu na GPU s použitím globální paměti, sdílené paměti a na CPU (Thomasův algoritmus). Byla použita grafická karta nVidia Quadro 2000M a procesor Intel i7-2720QM (jedno jádro). Časový krok byl zvolen napevno, aby byl počet kroků a tedy počet řešení lineární soustavy vždy stejný (soustava řešena během jednoho výpočtu 10677 krát).

| Počet uzlů | CPU | GPU – globální | GPU – sdílená |
|------------|--------|----------------|---------------|
| 800 | 430ms | 2120ms | 950ms |
| 4000 | 2200ms | 3500ms | – |
| 8000 | 4243ms | 6676ms | – |
| 16000 | 8424ms | 17771ms | – |

Tabulka 1

Pro výpočet na více než 800 uzlech nestačila lokální paměť. Při testech byl bohužel výpočet na GPU vždy pomalejší než na CPU. Použité GPU nebylo příliš výkonné. Při nasazení výkonnějšího GPU bychom mohli očekávat mírné zrychlení oproti výpočtu na CPU. Významnějšího zrychlení bychom ale zřejmě nedosáhli. Hlavním omezením je v prvním případě pomalý přístup do globální paměti, v druhém využití jediného multiprocessoru.

Plánujeme implementovat hybridní metodu pro řešení lineárního systému, která by měla výpočet významně urychlit. Výpočet bude rozdělen do tří fází. V první fázi bude probíhat dělení soustavy v globální paměti. V okamžiku, kdy bude systém rozdělen na alespoň tolik podsystémů, kolik je v GPU multiprocessorů a zároveň budou tyto podsystémy dostatečně malé, překopírují se data do sdílené paměti a výpočet bude pokračovat zde. Multiprocessory již mezi sebou nemusí nijak komunikovat, protože každý řeší nezávislou úlohu. Ve chvíli, kdy bude systém rozdělen na tolik podsystémů, kolik je v GPU jader, přepne se na poslední fázi. Nyní je již dostatek nezávislých úloh, které budeme řešit paralelně každou klasickým sekvenčním Thomasovým algoritmem.

Závěr

Existují dva standardy pro programování na GPU. Zaměřili jsme se na platformu CUDA. Byla představena architektura GPU a popsány základy programování v CUDA.

Implementovali jsme v CUDA kód pro paralelní řešení difusní rovnice v 1D. Základem je metoda pro řešení soustavy lineárních rovnic s tridiagonální maticí. Výpočet na GPU bohužel zatím nepřinesl žádné zrychlení oproti výpočtu na CPU. Naopak je o něco pomalejší. Proto jsme navrhli novou hybridní metodu, od které očekáváme zrychlení výpočtu. Řešení PDR implicitními metodami na GPU ale není snadné. Nelze očekávat takové zrychlení jako u jiných úloh, které jsou pro výpočet na GPU vhodnější.

Poděkování

Tato práce je podporována projektem MPO FR—TI3/869.

Literatura

- [1.] Kirk, D. B., & Hwu, W.-mei W. (2010). *Programming Massively Parallel Processors*. (Nvidia, Eds.) Special Edition (p. 258). Morgan Kaufmann. Retrieved from www.mkp.com
- [2.] Jaroslav Sloup, podklady k přednášce Obecné výpočty na grafických procesorech, FEL, ČVUT, <https://service.felk.cvut.cz/courses/A4M39GPU/lectures.html>
- [3.] Iserles, A. (2009). *A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations*. Cambridge University Press.
- [4.] Eglhoff, D. (2010). *High Performance Finite Difference PDE Solvers on GPUs*. Social Science Research Network, 1–28.
- [5.] Hee-Seok Kim, Shengzhao Wu, Li-wen Chang, Wen-meí W. Hwu, "A Scalable Tridiagonal Solver for GPUs," *icpp*, pp.444–453, 2011 International Conference on Parallel Processing, 2011

Kontakt:

Jan Šilar

Oddělení biokybernetiky počítačové podpory
výuky

Ústav patologické fyziologie, 1. LF UK
U Nemocnice 5, 128 53 Praha 2

Tel.: +420 224 965 912

e-mail: jansilar@jansilar.cz

LÉKAŘSKÉ KNIHOVNY V SOUČASNÉM PROSTŘEDÍ INFORMAČNÍCH A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Milan Špála

Anotace

Od počátku 19. století objevují se ve vědeckých a univerzitních institucích knihovnická zařízení také pod označením „Oddělení knihovnických věd“ V polovině 20. století se pak v knihovnickém světě začíná objevovat stále častěji označení „knihovny a informační vědy“ (library and information science – LIS). A to zvláště v oblasti specializovaných resp. vědeckých knihoven s cílem odlišit je od obvyklých knihoven veřejných. Stále častěji se vedle ukládání a vyhledávání dokumentů hovoří i o jejich transferu. Spolu s tím čím dál tím více dochází v knihovnictví k automatizaci postupů, zvláště v oblasti knihovnických a bibliografických služeb. A do toho vstupuje digitalizace informačních pramenů a služeb a objevují se první bibliografické databáze (např. MEDLINE).

K vyhledávání pramenů a jejich třídění je možno díky digitalizaci využívat nejrůznější deskriptory a vyvrhlením je možnost přístupu k dokumentům a jejich transferu on-line. Matematická teorie komunikace umožňuje postupně i měření informací. Tento rozvoj informačních technologií, zvláště ve vyhledávání podle pojmů, však dospěl zřejmě k okamžiku, kdy je třeba přejít do oblasti znalostní a používat sociokognitivní přístupy.

Při historickém posuzování významu a funkce knihoven, jako jednoho z reprezentantů paměťových institucí, při využívání lidských znalostí je možné ve vývoji lidstva rozlišit tři periody: vznik řeči před zhruba 100 000 lety, vznik písma před 10 000 lety a vznik tisku v posledním tisíciletí. Ve vědeckém světě od 16. století pak začaly vznikat první časopisy a učené společnosti. A od té doby do počátku 20. století se mezinárodně i mezioborově zkodifikovaly při publikování vědeckých výsledků jejich styl, etika a polygrafická technologie. Tento stav projevující se důvěryhodností, objektivitou a srozumitelností zjištěných nových dat a znalostí v podstatě dodnes přetrvává a v renomovaných zdrojích je respektován.

V poslední době lze však pozorovat, nejen ve vědě, ale i v právnické, správní i politické oblasti, porušování základních pravidel korektního publikačního chování. Protože se to odehrává v globální informační společnosti nacházíme toto rozvolnění korektních zvyklostí celosvětově. Odtud ony plagiátorské aféry, počínaje univerzitami, ale zasahující i do vládních kruhů, kdekoli se tam působící osoby setkávají s povinností publikovat a nedostává se jim vedle vlastní kompetence patřičného vedení nebo kontroly. (Jako doklad tohoto fenoménu explicitně je připojeni odkaz na následující recentní monografii: Mintz, Anne P., ed. *Web of Deceit: Misinformation and Manipulation in the Age of Social Media*. Medford, NJ, CyberAge Books, 2012). Nepochybně s postupem vývoje technologií, zvláště s eventuálním přechodem do sociokognitivní periody lidské komunikace, dojde za součinnosti s knihovníky a informačními pracovníky ke korekci tohoto disekvilbria.

Na závěr přehledové přednášky budou zmíněny ukázky ze změn současné knihovnické práce při implementaci nových informačních a komunikačních technologií. Zároveň bude pro účastníky konference MEDSOFT 2012, kteří nemají ze své práce větší osobní zkušenosti s tím sektorem knihoven, připojen přehled aktuální organizace a stavu lékařských knihoven v České republice jak jej připravily vedoucí pracovnice Národní lékařské knihovny v Praze: ředitelka PhDr. H. Bouzková a její náměstkyně pro informační služby, PhDr. E. Lesenková PhD.

Klíčová slova

vědecké knihovny a knihovnické služby; knihovni a informační vědy; digitalizace a automatizace; informační a komunikační technologie; bibliografické databáze; sociokognitivní přístupy; styl, technologie a etika publikace vědeckých výsledků.

Kontaktní adresa:

Milan Špála

Univerzita Karlova Praha

e-mail: spala.m@seznam.cz

OCHRANA DUŠEVNÍHO VLASTNICTVÍ V PROJEKTECH EU

Miloslav Špunda

Anotace

Příspěvek se zabývá problematikou duševního vlastnictví ve vědecko-výzkumných projektech se speciálním zaměřením na projekty EU. Probírá charakteristiku a typy projektů, předmět duševního vlastnictví obecně a formální možnosti jeho ochrany. Je probírána problematika duševního vlastnictví při řešení projektů a ochrana duševního vlastnictví v projektech.

Klíčová slova

duševní vlastnictví, ochrana duševního vlastnictví, projekty rámcových programů eu, grantová dohoda, konsorciální smlouva

Úvod

Tento příspěvek je určen koordinátorům a partnerům v projektech, kde se s problematikou duševního vlastnictví a jeho ochrany setkávají při jejich řešení. Výsledky projektu, které v praxi často znamenají nové způsoby řešení, dosud neužívané a nepublikované, nové pracovní postupy a další věci, např. nové know-how malého či středního podniku, který je partnerem v projektu, jsou obecně předmětem duševního vlastnictví (intellectual property – IP).

Při řešení projektu, ale i po jeho dokončení, je třeba mít vyjasněny otázky práv k duševnímu vlastnictví (intellectual property rights – IPR), které při řešení vzniklo. Tomuto problému je nutno věnovat pozornost ještě před zahájením projektu tak, aby otázky práv k vzniklému duševnímu vlastnictví byly vzhledem k jednotlivým partnerům (řešitelům) projektu zcela zřejmé a z právního hlediska řešené. Postup, kdy problémy práv k vzniklému duševnímu vlastnictví jsou řešeny až při práci na projektu, v průběhu jeho řešení, mohou vést ke konfliktům a být na překážku zdárnému dokončení projektu.

Způsob, jakým je tato problematika v návrhu projektu řešena a ošetřena, může mít významný vliv na jeho přijetí či nepřijetí. Některé pojmy a jejich definice uvedené dále mají užší platnost, tedy jen pro rámcové programy EU. Jsou však vodítkem pro řešení otázek duševního vlastnictví i v jiných typech projektů.

Předmět duševního vlastnictví

Obecně duševním vlastnictvím (IP) rozumíme nehmotný statek, který je výsledkem intelektuální (duševní) činnosti. Tento nehmotný statek pak může být předmětem práva k duševnímu vlastnictví. Duševní vlastnictví je pak chráněno okamžikem získání tohoto práva (např. u vynálezu udělením patentu).

Způsoby nabytí práva k duševnímu vlastnictví (IPR) je nutno rozlišit, tohoto práva lze nabýt buď formálně (formální procedurou, např. patentová přihláška)

nebo neformálně (bez žádosti o registraci, např. autorské dílo je chráněno autorským právem).

Předmětem formálního způsobu ochrany (IPR) může být:

- technické řešení (IP) (patent, užitečný vzor),
- označení (IP) (ochranná známka),
- estetické řešení (IP) (průmyslový vzor).

Předmětem neformálního způsobu ochrany (IPR) může být:

- dílo (vědecké, umělecké, literární, atd.) (IP) (je chráněno autorským právem),
- skutečnost technické, výrobní či obchodní povahy (know-how) (IP) (chráněno obchodním tajemstvím).

Probereme nyní stručně výše uvedené pojmy IPR, jejichž znalost je při návrhu projektu, ve smyslu řešení práv k duševnímu vlastnictví, nezbytná.

Patentem je chráněn vynález (podmínkou novost, průmyslová využitelnost) s dobou trvání ochrany nejdéle 20 let. Formálně je třeba podat patentovou přihlášku (Úřad průmyslového vlastnictví ČR), tím je možno získat udělení národního patentu. Podobně lze získat patent evropský (EPO – European Patent Office) nebo mezinárodní (PCT – Patent Cooperation Treaty).

Užitečným vzorem je chráněno technické řešení (podmínkou novost, přesahuje rámec běžné odbornosti, průmyslová využitelnost) s dobou ochrany 4 roky (max. 10 let). Formálně je zde užita přihláška užitečného vzoru, kde je uplatněn registrační princip, není tedy předem zkoumáno kritérium novosti a tvůrčí úrovně. Podobně jako u patentu lze získat národní užitečný vzor či mezinárodní užitečný vzor (zde je uplatněna prioritní lhůta 12 měs. pro podání užitečného vzoru jednotlivě v dalších zemích).

Ochrannou známkou je chráněno označení (požadována rozlišovací schopnost a grafické vyjádření tohoto označení), doba ochrany je 10 let. Formálně je nutno podat přihlášku ochranné známky u národního úřadu. Je možná i komunitární registrace EU (OHIM – Office of Harmonization in the Internal Market) nebo registrace mezinárodní (WIPO – World Intellectual Property Organization).

Průmyslovým vzorem je chráněn vzhled výrobku (jeho linie, tvar, struktura, aj.) s dobou trvání ochrany 5 let (tato doba je obnovitelná, max. 25 let). Podobně jako u ochranné známky je možná národní, komunitární či mezinárodní registrace (u těchto institucí).

Autorským právem je chráněno autorské dílo (vědecké, umělecké, literární, atd.), ochrana vzniká okamžikem vytvoření díla spontánně, tedy bez registrace. Doba ochrany autorským právem je po dobu života autora, po jeho úmrtí pak ještě 70 let.

Obchodním tajemstvím jsou chráněny skutečnosti technické, výrobní či obchodní povahy (know-how), tato ochrana trvá do doby odtajnění, není třeba žádné registrace (viz Obchodní zákoník Zákon č. 513/1991 Sb.)

Dalším důležitým pojmem, se kterým se v souvislosti s IPR setkáváme je licence. **Licence** je oprávnění poskytnuté nabyvateli licence vlastníkem IPR

v daném rozsahu, území a čase. Může být buď **výhradní**, kdy se poskytovatel vzdává možnosti využívat předmět licence a práva poskytnout ji jinému, nebo **nevýhradní**, kdy si poskytovatel podrží právo nakládat s předmětem licence v plném rozsahu.

Duševní vlastnictví při řešení projektů

Problematika duševního vlastnictví v projektech rámcových programů EU je dobře propracovanou oblastí, která může sloužit jako model pro jiné typy projektů (např. projekty strukturálních fondů, EHP/Norsko a další).

Pro projekty rámcových programů jsou k dispozici Pravidla účasti (Rules for Participation), kde jsou formulovány a řešeny i otázky ochrany duševního vlastnictví. Tato Pravidla mají formu nařízení EP a Rady, mají tedy obecnou právní závaznost. Jsou zde zavedeny základní IPR instituty jako stávající a nové znalosti, dále ochrana, využití a šíření nových znalostí včetně přístupových práv k IP.

Smluvními podklady v případě rámcových programů jsou grantová dohoda a konsorciální smlouva (event. ad hoc smlouva o IPR). Pro vytvoření grantové dohody je podkladem modelový tvar této smlouvy (MGA – Model Grant Agreement), který obsahuje i specifická ustanovení pro IPR. Pravidla účasti i MGA pak obsahují ustanovení o Konsorciální smlouvě (CA – Consortium Agreement) mezi partnery a náležitostech ve vztahu k IPR v této smlouvě.

Důležitým pojmem jsou zde **stávající znalosti** (IP) v projektu. Stávajícími znalostmi účastníka (partnera) projektu se rozumí jeho IP před přistoupením ke GA (Grantová dohoda). Partner obvykle zpřístupní jen znalosti potřebné pro řešení projektu, event. pro následné využití nových znalostí (je-li zde užití stávajících znalostí nutnou podmínkou). Zpřístupnění znalostí je nutno předem definovat ve smlouvě před započítáním projektu (např. v CA nebo ad hoc smlouvě pro tento účel).

Nové znalosti v projektu jsou vlastnictvím partnera, který provedl práci, z níž vzešly (toto obecně neplatí v projektech Research for SMEs). Výjimky zde mohou vzniknout:

- spoluvlastnictvím (práce více partnerů, podíly nelze určit),
- nová znalost je výsledkem výzkumu ve prospěch specifických skupin (např. MSP),
- smluvní úpravou spoluvlastnictví.

Podmínky výkonu vlastnických práv k novým znalostem jsou obvykle součástí konsorciální smlouvy nebo zvláštní smlouvy (např. JOA – Joint Operating Agreement). Pokud nejsou podmínky výkonu vlastnických práv předem smluvně ujednány, postupuje se v případě rámcových programů podle subsidiárního (podpůrného) režimu, který je založen na MGA (modelová grantová dohoda). Při převodu vlastnictví nových znalostí vzniká povinnost převést i závazek je chránit, využívat a šířit (obvyklé podmínky pro řešení projektu a využití jeho výsledků).

Podmínky převodu vlastnických práv k novým znalostem zahrnují povinnost uvědomit ostatní partnery projektu o zamýšleném převodu 45 dní předem (což může být v konsorciální smlouvě stanoveno jinak). Povinností poskytovatele je též sdělení informace o nabyvateli ostatním partnerům, jejich námítky jsou možné do 30-ti dnů. Předem lze smluvně stanovit (např. v CA), že jeden z partnerů je oprávněn převádět nové znalosti na třetí stranu (mimo projekt) bez předchozího informování partnerů (např. na nadřízenou instituci apod.).

Přístupová práva (Access Rights) definují přístup ke stávajícím i novým znalostem. Systémem přístupových práv si partneři projektu vzájemně umožňují tyto znalosti využívat. V některých případech jde o povinné umožnění přístupu v předem určených případech (např. pro realizaci projektu a využití nových znalostí). Existuje tzv. minimální režim přístupových práv, který je specifikován v MGA.

Ochrana duševního vlastnictví v projektu

Hlavním nástrojem pro řešení otázek duševního vlastnictví v projektech a jeho ochrany je **konsorciální smlouva (CA – Consortial Agreement)**. Tato smlouva řeší vnitřní záležitosti konsorcia (tvořeno partnery – řešiteli projektu, včetně koordinátora, který je též partnerem) a doplňuje grantovou dohodu (GA). Evropská komise zde, na rozdíl od GA, není smluvním partnerem.

CA obvykle zahrnuje otázky organizace konsorcia, rozhodovacích procedur, distribuce finančního příspěvku partnerům, **práva k duševnímu vlastnictví (IPR)**, řešení konfliktů při práci na projektu, aj. Neexistuje oficiální model této smlouvy, postupuje se obvykle podle již užitého vzoru, je možno užít nástroje pro ověření vhodnosti náplně navrhované smlouvy (Checklist for CA). Dostupné jsou též modelové příklady konsorciální smlouvy (např. DESCA pro Specifický program Spolupráce a další). Při koncipování CA či jiné smlouvy řešící otázky IPR je nutná odborná právní pomoc.

Přístupová práva ke stávajícím znalostem nutná pro budoucí přístup při řešení projektu partneři v CA předem definují. Přitom jsou explicitně vymezeny ty znalosti, ke kterým bude umožněn přístup (s event. vyloučením těch znalostí, k nimž přístup umožněn nebude). Pro zdárný průběh řešení projektu je nutno do CA vložit ustanovení o mechanismu jednání, pokud bude třeba úprav přístupových práv v průběhu řešení projektu.

Důležitá je otázka přístupových práv ve vztahu k **sublicencím**. Udělení přístupových práv obecně nezahrnuje pro příjemce právo udílet sublicenci (např. mateřské společnosti či přidruženým subjektům). Souhlas s tímto postupem může být udělen v CA (či jiné ad hoc smlouvě). Souhlas se přitom může týkat jen nových znalostí, jen dané kategorie subjektů, apod., omezujících podmínek může být více. Vlastník stávajících či nových znalostí není omezen v poskytování licencí třetím subjektům (mimo projekt), podmínkou je zde respektování obligatorních přístupových práv (minimální režim).

Ochrana nových znalostí se děje formou některého z IPR, jinak je nutno aspoň informovat EK před jejich šířením (EK zde převezme vlastnictví jménem Unie). Před zajištěním ochrany IP je nutno řešit otázku mlčenlivosti o nových znalostech, která může být řešena Smlouvou o utajení nových znalostí (Confidentiality Agreement), jako dodatek k CA.

Úhrada nákladů IPR v projektech je často diskutovanou otázkou. V případě rámcových programů lze tyto náklady částečně hradit z prostředků Unie (kategorie tzv. dalších činností, která není taxativně vymezena. Souvisí s kritérii uznatelnosti nákladů (jsou specifikovány v Pravidlech účasti) a musí vzniknout v době realizace projektu.

Obvykle jde o aktivity přímo souvisící s IP, jako:

- patentové rešerše,
- právní poradenství,
- licenční poplatky třetí straně (pokud přístup ke znalostem je nezbytný pro řešení projektu),
- ne marketingové aktivity (obecně nejsou uznatelnými náklady), např. propagace využívání nových znalostí.

Tyto otázky financování IPR lze upravit v průběhu kontraktačních jednání s EK ve fázi přípravy grantové dohody.

Finanční příspěvek Unie může být po specifikaci nákladů na IPR a jejich klasifikaci jako další činnosti až 100% uznatelných nákladů. Musí být přitom splněna podmínka neziskovosti finančního příspěvku Unie. Výše příspěvku na IPR nesmí v součtu s celkovými příjmy projektu překročit celkové uznatelné náklady. Jinak je příspěvek Unie o tuto částku snížen.

Literatura

[1.] Špunda, M.: Právní a formální náležitosti programů EU, MEDSOFT'2009, Creative Connections s.r.o., 2010, s. 149–154, ISBN 978–80–904326–0–4

Kontakt:

Doc. Ing. Miloslav Špunda, CSc.

Ústav biofyziky a informatiky UK 1. LF

Kateřinská 32, Praha 2

E-mail: miloslav.spunda@lf1.cuni.cz

PRO KOHO JE „SPES“ NADĚJÍ?

Štěpánková Olga, Novák Daniel, Uller Miroslav, Novák Petr, Mráz Miloš, Haluzík Martin

Anotace

Projekt SPES (Supporting Patients through E-service Solutions, 2011 – 2013) staví na praktických zkušenostech získaných v rámci projektu OLDES a snaží se zobecnit jeho metodiku tak, aby výsledný systém byl aplikovatelný pro různé typy klientů domácí péče. Vývoj a testování navržené koncepce e-handicap je tématem čtyř pilotních studií, z nichž jedna je věnována podpoře sociálně vyloučených seniorů (Košice) a zbylé tři skupiny mají zřejmý telemedicínský charakter:

Italská Ferrara se zaměří na pacienty s chronickými dýchacími chorobami, především na ty, kteří potřebují neinvazivní podporu ventilace a kyslíkovou terapii. Ve Vídni, se budou věnovat pacientům s demencí, pro které jsou navrhovány a testovány nejen programy na podporu a trénink paměti, ale i systém lokalizace ztracených osob v budovách a současně v otevřeném prostoru. Důraz je kladen na uživatelsky příjemné prostředí, které uvažovaní klienti budou schopni využívat. V Boskovicích na Moravě má systém sloužit imobilním pacientům, kterým nejen zpřístupní služby v oblasti e-health, ale současně nabídne možnost ověřovat v běžném denním provozu, jak jsou pro ně skutečně užitečné různé aktuálně dostupné technické pomůcky, např. senzory identifikace nebezpečných sklonů, místní dálkové ovládání domácnosti (zapnutí / vypnutí domácích spotřebičů, oken a dveří, atd.) nebo identifikační náramky pro dezorientované osoby.

Příspěvek nejprve představí projekty OLDES i SPES, shrne dosud získané zkušenosti a zmíní se o aktuálním stavu řešení projektu SPES. V závěru se pokusí upozornit na problémy, které bude třeba řešit, aby systémy podobného charakteru mohly být dlouhodobě v činnosti a skutečně se tak do budoucna stát velkou nadějí pro zlepšení kvality života seniorů, nemocných i těch, kteří o ně pečují.

Klíčová slova

Monitorování fyziologických veličin, ambientní inteligence, zábava, uživatelské rozhraní

1. Úvod

Dlouhověkost je dnes ukazatelem civilizovanosti země. Zvyšující se životní úroveň, pokroky v medicíně a propagace péče o vlastní zdraví patří k charakteristickým znakům naší doby a podílejí se na postupném prodloužení lidského věku v rozvinutých zemích. S vyšším věkem či v případě dlouhodobé nemoci se však objevují specifické zdravotní a sociální problémy, díky nimž se člověk může stát závislým na pomoci svého okolí. Zabezpečení nutné péče pak mnohdy výrazně mění vztahy a úlohy jednotlivých členů rodiny či komunity [1]. V posledních deseti letech se celá řada projektů snažila

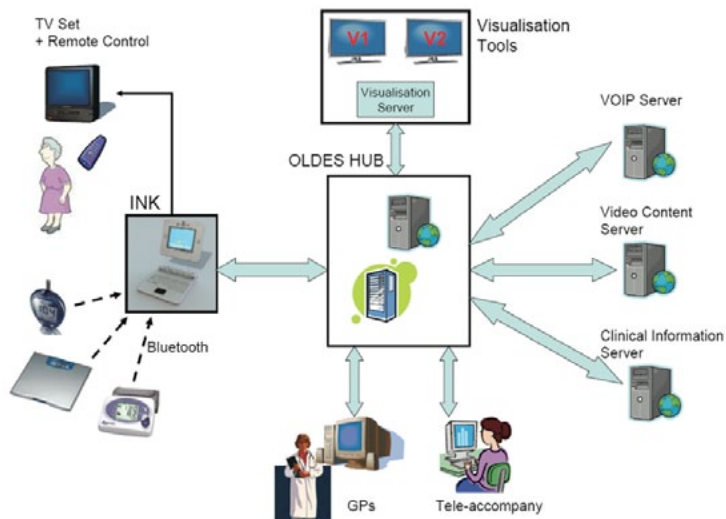
hledat způsoby, jak využít výsledky technického pokroku pro usnadnění péče o osoby, které ji potřebují. Z projektů EU jmenujme např. CONFIDENCE [2], ATTENTIANE [3], ENABLE [4], K4CARE [5], SENS ACTION–AAL [6], MAS [7]. Firma INTEL dokonce vyvíjí specializovanou platformu Health Guide PHS6000 [8]. Tyto projekty hledají způsoby, jak co nejlépe využívat informační a komunikační technologie jako nástroje pro podporu starších lidí, pacientů v rekonvalescenci či handicapovaných klientů v domácím prostředí. Hlavní snahou je zvyšovat samostatnost a nezávislost těchto klientů. To, zda se v širší míře podaří využívat vytvořené nové technické prostředky pro podporu péče, však závisí především na tom, jak je budou ochotni používat právě potenciální klienti. Hlavním úkolem se tedy stává tvorba prostředí, které bude motivovat klienty k tomu, aby se do procesu péče aktivně zapojili. To platí nejen pro samotného klienta, který má být předmětem péče [9], ale i pro všechny zúčastněné strany (rodinní příslušníci, sociální a zdravotní služby atd.). Projekt EU OLDES (045282): „Older People’s e-Services at home“ [10] financovaný v období 2007–2010 v rámci programu IST EU věnoval zvláštní pozornost i otázkám podpory spolupráce všech pečujících, neboť jedním z vůdčích partnerů projektu byla radnice města Bologna (Itálie). Cílem projektu OLDES bylo vytvořit a otestovat v provozu nízkonákladový systém, který by usnadnil a obohatil život především osamělým seniorům. Tento systém se skládal ze dvou hlavních částí: monitorovací a informační (zábavné). Monitorovací modul sledoval základní fyziologické parametry, a to především ty vztahující se k nejčastějším zdravotním komplikacím vyššího věku, kterými jsou oběhové problémy a diabetes. Informační (zábavní) modul nabízel přes internetový portál novou formu sociálního kontaktu a rozptýlení prostřednictvím tematických kanálů a zájmových fór, které byly řízeny animátory, z nichž řadu tvořili dobrovolníci.

Na původní projekt OLDES navázal v roce 2011 nový projekt SPES: „Support Patients through E-service Solutions“ [11]. Jedním z klíčových úkolů projektu SPES je prověřit v reálném prostředí hypotézu, že lze vytvořit společnou webovou platformu jako základní prostředek pro zajišťování vzdáleného dohledu a telemedicínské či sociální podpory pro různé skupiny cílových uživatelů v různých regionech střední Evropy.

2. Architektura OLDES

Systém OLDES tvoří počítačová síť, která se opírá o dva hlavní uzly označované jako HUB (Obr. 1). Do těchto uzlů se sbíhají informace z připojených zdrojů, tam se zpracovávají a poté předávají dál. Lokální (domácí) uzel nejen shromažďuje informace ze senzorů a rovněž umožňuje uživateli komunikaci s ostatními prostřednictvím Internetu. Centrální uzel pak ukládá a poskytuje pomocí zabezpečených webových aplikací informace o uživateli zdravotníkům, sociálním službám a dalším odborníkům. Součástí systému je také neustálá podpora sociálních i jiných pracovníků v centrále dozorových služeb (call-centrum). Zásadní podmínkou pro návrh řešení OLDES bylo to, aby uživatelé nepotřebovali žádná drahá zařízení, ale aby systém byl budován s využitím

cenově dostupných notebooků doplněných o vhodně zvolené přístroje pro měření tělesných funkcí – váha osobní či kuchyňská, tlakoměr, EKG a glukometr (v projektu OLDES byli pacienti se srdečním selháním a diabetem). U používaných měřicích přístrojů byla dávana přednost takovým, které jsou schopny pokud možno bezdrátově komunikovat s notebookem, který tvoří lokální domácí uzel. Zajímavým prvkem systému zejména pro diabetiky byla možnost automaticky předávat údaje z kuchyňské váhy bezdrátově připojené k počítači jako vstup pro počítačovou aplikaci pro vytváření osobního „jídelního deníku“ a pro výběr vhodně složených potravin (obsah sacharidů atd.).



Obrázek 1 — Architektura systému OLDES

Typická instalace domácího uzlu sestává z malého počítače (barebone systému, případně netbooku) [17] připojeného přes video rozhraní k televizi coby zobrazovací jednotce a několika měřicích zařízeních připojených k němu buď bezdrátově přes Bluetooth nebo pomocí USB rozhraní. Významnou součástí softwaru lokálního domácího uzlu je grafické uživatelské rozhraní (GUI), navrhované s ohledem na specifické potřeby cílových uživatelů. K ovládání GUI se primárně nepoužívá klávesnice (počítače nebo notebooku) ani myš, ale dálkový ovladač Weemote [12] (Obr. 2) s osmi tlačítky (čtyři směrové šipky, tlačítko ‚select‘ a tři další funkční tlačítka).

Samotné GUI je navrženo právě s ohledem na ovládání hlavně pomocí tohoto dálkového ovladače. Veškeré operace na jednotlivých stránkách GUI je tedy možné zpřístupnit pomocí směrových šipek, tlačítka ‚select‘ a dalšího tlačítka ‚home‘ (vedoucího na zobrazení výchozí stránky GUI). Vzhled uživatelského rozhraní je výsledkem úzké spolupráce mezi návrháři SW



Obrázek 2 — Dálkový ovladač nahrazující klávesnici při komunikaci s grafickým uživatelským rozhraním (GUI)



Obrázek 3 — Grafické uživatelské rozhraní OLDES pro tvorbu „jidelního deníčku“

a potenciálními uživateli, kteří různé verze systému prověřovali v „Usability Lab“ FEL ČVUT. Výsledný návrh, jehož příklad je uveden na Obr. 3, stavěl i na bohatých předchozích zkušenostech s tvorbou dedikovaného rozhraní pro specifickou skupinu uživatelů [13, 14]. Důležitými aspekty při návrhu GUI byly jednoduchost a srozumitelnost stránek, intuitivnost ovládání, zobrazení primárně na obrazovce TV místo displeje počítače či monitoru a ovladatelnost výše zmíněným dálkovým ovladačem.

3. Pilotní testování systému OLDES a jeho výsledky

Testování systému OLDES probíhalo paralelně v Bologni a v Praze. V Bologni byla testována především nabízená sociální podpora, kterou systém zajišťoval ve spolupráci se společností CUP2000. Jednalo o společnost, kterou radnice pověřila poskytováním sociální služby obyvatelům jedné ze čtvrtí města. Tohoto testování se zúčastnilo víc než 100 seniorů a ještě jedna desítka navíc – tu tvořila skupina pacientů s diagnózou městnavého srdečního selhání (CHF), kteří testovali potenciál zdravotnické podpory pro kardiologické pacienty.

Pražská část pilotního testování systému OLDES byla organizována v úzké spolupráci mezi III. interní klinikou 1. lékařské fakulty a ČVUT. Studie se zaměřila na starší osoby s diagnózou „diabetes mellitus 2. typu (T2DM)“. Toto chronické metabolické onemocnění je charakteristické zvýšenou hladinou glukózy v důsledku nedostatečné produkce inzulínu a sníženou citlivostí periferních tkání na inzulín, což v dlouhodobém horizontu může vést ke vzniku komplikací jak akutního, tak dlouhodobého charakteru: v prvním případě nečekaně nastávají stavy hypoglykémie či hyperglykémie, ve druhém pak jde o problémy se zrakem, ledvinami, kardiovaskulární či cerebrovaskulární. Jako formu prevence těchto problémů projekt nabízí uživatelům nástroje pro kontrolu dietního režimu a umožňuje pečovateli nebo lékaři přímo sledovat vybrané fyziologické funkce či mimořádné hodnoty glykémie v on-line režimu. Ačkoliv význam striktního dodržování diety pro kompenzaci sledované choroby je notoricky znám, zůstává stále dodržování doporučené skladby stravy a energetického příjmu závažným problémem u většiny pacientů s T2DM, a to zejména v případě starších osob. Proto platforma OLDES doplňuje soubor používaných medicínských senzorů s počítačem spojenou kuchyňskou váhu bezdrátově komunikující s notebookem vybaveným interaktivním program, který počítá přesné množství energie a živin zahrnutých ve váženém vzorku a ukládá do paměti data o konzumaci kalorií, sacharidů, bílkovin a tuků. Získaná data se nejen ukládají, ale i porovnávají s hodnotou maximální doporučené denní dávky pro konkrétní osobu a uživatel je včas sdělována napříkladem informace o tom, jak se mu daří dodržovat doporučený denní režim. Protože kardiovaskulární komplikace jsou u pacientů s diabetem nejčastější příčinou úmrtí, bylo měření krevního tlaku jako nejjednodušší kardiovaskulární parametr také zakomponováno do systému. Pacienti měli za úkol měřit jednou denně svou tělesnou hmotnost, zatímco měření krevního tlaku a hladiny glukózy v krvi probíhalo třikrát za den.



Obrázek 4 — Průběh měření krevního tlaku v rozmezí 10 dní u jednoho z pacientů (muž, 73 let). Jde o pilotního testování OLDES v Praze ve formě předávané ošetřujícímu lékaři. (vlevo – one excessive peak (stress provoked), some minor peaks, average, systolic values slightly above target, vpravo – ambient parameters: temperature and humidity)

Získané údaje byly průběžně zasílány do centrálního uzlu platformy OLDES, kde byla data systémem vyhodnocena pomocí vhodného algoritmu. Pokud systém při tomto hodnocení odhalí v získaných datech něco neobvyklého nebo hodnoty mimo rozsah doporučený lékařem, zasílá automaticky varovnou zprávu pečovateli či lékaři. Nastavené hodnoty parametrů pro vyslání varování vycházejí z extrémních hodnot měřených veličin, které pro každého pacienta individuálně stanoví ošetřující lékař, který je může v případě potřeby i měnit v závislosti na zdravotním stavu pacienta.

Všichni pacienti podílející se na testování v rámci obou pilotních studií se shodli, že systém OLDES byl uživatelsky přívětivý. Nejvíce oceňovali „nenásilné“ ovládání uživatelského rozhraní pomocí dálkového ovladače, snadné použití periférií pro měření vitálních fyziologických parametrů a automatický zápis naměřených hodnot do paměti systému. Jako příklad získaných telemedicínských výsledků nechť poslouží soubor kumulovaných informací tak, jak je prezentuje systém ošetřujícímu lékaři – jedná se o grafické znázornění časového průběhu vybraných důležitých parametrů a o tabulky shrnující příjem potravin s přesnými údaji o druhu jídla a o odpovídajícím obsahu energie a makro živin, viz (Obr. 4) a (Obr. 5).

Pilotní testování potvrdilo, že data získaná systémem OLDES, přinášejí velmi cenný náhled na to, jak konkrétní pacient dodržuje doporučený režim i na to, jak se u něj daří dosáhnout požadované kompenzace sledovaných fyziologických veličin [15]. Díky tomu, že pacienti měli technologickou podporu pro vytvoření „jídelního deníku“, každý z nich si tvořil vlastní seznam zkonsumovaných potravin doplněný přesnou vahou i množstvím kalorií a obsažených živin, ke kterému se mohl vracet a pečlivě jej prohlížet. Tato data byla pak analyzována dietologem s cílem identifikovat případné problémy. Podrobná analýza stravovacích návyků pacientů účastnících se pilotního projektu upozornila každého individuálně na jeho / její nejčastější dietní chyby – od vysokého energetického příjmu, přes nevhodnou skladbu jídelníčku s příliš vysokým obsahem sacharidů a tuků až po nevhodné rozdělení jídel v průběhu 24 hodin. Zobrazení grafu

| Time | Menu | Composite | Name of food | Energy [kJ] | Protein | Fat | Saccharides | Weight [g] | Unit | Description |
|------------------------|----------|-----------|-------------------------------------|-------------|---------|-----------|-------------|------------|-------|-------------|
| Daily summary - 1/9/10 | | | | 9707.0 | 98.3 | 20.8 | 184.3 | - | 8.52 | |
| Menu summary - | | | | 4116.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | - | 0.73 | |
| 1/9/10 3:33 PM | weighted | | Šmažený vepřový řízek, bramb. Salát | 4116.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 73.0 | 0.73 | |
| Menu summary | | | | 2184.0 | 19.1 | 5.6000004 | 64.4 | - | 4.28 | |
| 1/9/10 3:49 PM | weighted | | Mandarinky | 197.0 | 0.9 | 0.3 | 10.6 | 74.0 | 1.48 | |
| 1/9/10 3:49 PM | weighted | | Inst. polévka hrachová (Viana) | 1420.0 | 18.2 | 5.3 | 53.8 | 238.0 | 2.38 | |
| 1/9/10 3:49 PM | weighted | | Rohlik, houska (4-5kg) | 567.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 42.0 | 0.42 | |
| Menu summary | | | | 1630.0 | 23.7 | 4.8 | 61.5 | - | 0.74 | |
| 1/9/10 4:03 PM | weighted | | Vitákava | 1630.0 | 23.7 | 4.8 | 61.5 | 74.0 | 0.74 | |
| Menu summary | | | | 1777.0 | 23.5 | 10.4 | 58.600002 | - | 2.77 | |
| 1/9/10 5:55 PM | weighted | | Minerálka light | 59.0 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 174.0 | 1.74 | |
| 1/9/10 5:55 PM | weighted | | Chléb žitný Vito | 1063.0 | 5.9 | 1.4 | 53.8 | 62.0 | 0.62 | |
| 1/9/10 5:55 PM | weighted | | Sunka dušená | 655.0 | 17.6 | 9.0 | 1.4 | 41.0 | 0.41 | |
| Daily summary - 1/9/10 | | | | 9630.0 | 93.46 | 20.779999 | 77.25 | - | 16.19 | |
| Menu summary - | | | | 2283.0 | 36.2 | 15.4 | 62.0 | - | 3.47 | |
| 1/9/10 7:50 AM | weighted | | Minerálka light | 59.0 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 5.0 | 0.05 | |
| 1/9/10 7:50 AM | weighted | | Minerálka light | 59.0 | 0.0 | 0.0 | 3.4 | 187.0 | 1.87 | |
| 1/9/10 7:50 AM | weighted | | Chléb žitný Vito | 1063.0 | 5.9 | 1.4 | 53.8 | 46.0 | 0.46 | |
| 1/9/10 7:50 AM | weighted | | Eidam 30% t.v.s. | 1102.0 | 30.3 | 14.0 | 1.4 | 109.0 | 1.09 | |
| Menu summary | | | | 110.0 | 0.0 | 0.0 | 6.6 | - | 8.02 | |
| 1/9/10 7:59 AM | weighted | | Čaj espresso Tea | 110.0 | 0.0 | 0.0 | 6.6 | 802.0 | 8.02 | |
| Menu summary | | | | 1186.0 | 16.16 | 11.08 | 7.65 | - | 6.17 | |
| 1/9/10 1:19 PM | weighted | | Vývar z drůbežho masa | 808.0 | 16.16 | 11.08 | 7.65 | 515.0 | 5.15 | |

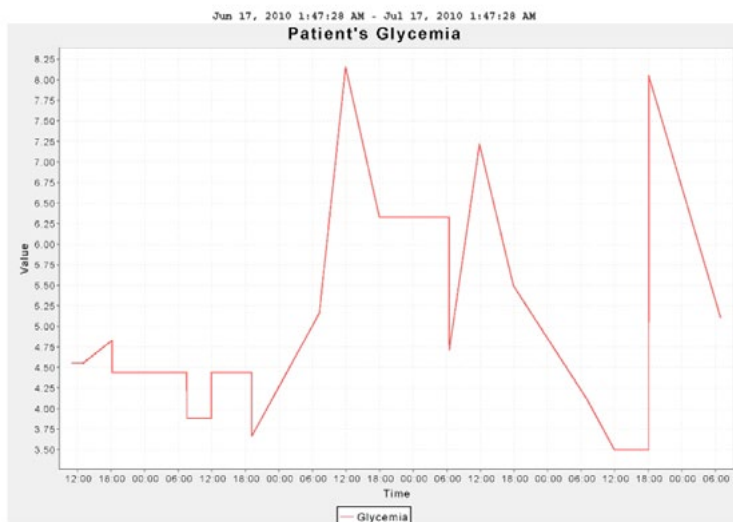
Obrázek 5 — Příklad jídelního deníčku charakterizujícího příjem potravy tak, jak byl vytvořen s podporou systému OLDES)

naměřených hodnot glykémie v průběhu několika dní doplněné informacemi o pacientově jídelníčku pomohlo identifikovat některé nestandardní výkyvy, např. zvýšené nebezpečí ranní a večerní hypoglykémie u jednoho pacienta, které bylo řešeno příslušnými změnami v dávkování inzulínu. I přístupné on-line profily krevního tlaku se ukázaly být velmi užitečnými, neboť upozorní na pacienty s nebezpečným sklonem k výskytu extrémních hodnot, jako tomu bylo například u jednoho pacienta s opakovaným výskytem ranní hypotenze – tu se podařilo eliminovat vhodnou úpravou léčby – (Obr. 6).

Systém OLDES byl pečlivě hodnocen všemi jeho uživateli. Nejprve se soustředíme na hodnocení 10 uživatelů z ČR, kteří se zúčastnili pilotního projektu „diabetes“. Hodnocení probíhalo pomocí 2 typů dotazníků:

- První dotazník byl určen pro osobu, která poskytuje technickou podporu a školení budoucímu uživateli, tedy pro technika, jehož úkolem je instalovat a zprovoznit veškeré potřebné vybavení v domácnosti uživatele, kterého také musí náležitě zaškolit v užívání. Na technika se uživatel může také obracet v případě technických obtíží v průběhu pilotního provozu.
- Druhý dotazník se snažil získat názor cílového uživatele.

Máme k dispozici úplné výsledky hodnocení pouze od 8 uživatelů, protože zbývající 2 od pilotního testování po 1 dni odstoupili, neboť je stresovala nutnost používat nabízené technické prostředky (šlo o osoby výrazně nad 80 let). Dotazníky u nominálních odpovědí používají stupnici, která odpovídá bodování pomocí hodnot od 1 do 10: zatímco 1 je nejhorší hodnocení,



Obrázek 6 — Graf, který je předáván systémem OLDES ošetřujícímu lékaři, zaznamenal u pacienta opakovaně hraničně nižší glykémie ráno nalačno, před obědem a večerí při jinak uspokojivé kompenzaci (maximální glykémie kolem 8 mmol/l). Následná doporučení pro pacienta: Snižte dávku NHP insulinu na noc ze 12 na 10, ranní a polední dávku z 10 na 8 a nezapomínejte na druhou večerí před aplikací noční dávky inzulínu.

10 je nejlepší. Původní dotazníky mohou poskytnout na požádání autoři tohoto příspěvku.

Průměrný věk uživatelů byl 75,3 let. Souhrnně lze říci, že systém OLDES byl vnímán velmi dobře. První z dotázaných ohodnotil činnost systému OLDES hodnotou 5 (neutrální) – jedním z důvodů pro toto hodnocení může být fakt, že šlo o osobu, v jejíž domácnosti proběhla první instalace systému OLDES v Praze. Není překvapení, že se vyskytlo několik technických obtíží, které bylo třeba nejprve vyřešit a samozřejmě, že tento proces nejen snížil důvěru uživatele ve spolehlivost systému, ale vyústil i v určitě nepohodlí spojené s prodloužením instalační doby. Zajímavý je rozdíl mezi odpověďmi uživatelů na následující dvě otázky:

- a) „Co si myslíte o koncepci systému OLDES?“
- b) „Jak jste spokojeni se systémem OLDES jako takovým?“

Zdá se, že právě osobní praktická zkušenost s provozem systému OLDES přesvědčila uživatele o pozitivním potenciálu využití technických prostředků: Zatímco průměrná odpověď na otázku a) byla 7,1, pro druhou se zvýšila na 8,7. To lze interpretovat jako slibný signál pro budoucí nasazení podobných řešení.

Velmi příjemným překvapením bylo hodnocení uživatelů, jak se jim se systémem pracuje a jak jsou spokojeni s jeho grafickým uživatelským

rozhraním. Uživatelé si na systém poměrně rychle zvykli a většina z nich chválila snadné použití ve většině částí menu. Jedinou výjimkou se ukázal být výběr potravin, kde si uživatel sice může vybrat z více než 2000 položek potravin uvedených v databázi OLDES, ovšem nemá k dispozici standardní klávesnici, ale jen dálkový ovladač. Může například použít i SW klávesnici, ale díky zvolenému způsobu ovládání je tento proces výběru požadované položky poměrně zdlouhavý. Hledání rozumného řešení tohoto problému představuje zajímavý a náročný úkol pro budoucí výzkum. Většina uživatelů považuje za velmi přínosné, že systém OLDES jim nabízí možnost zpětně se zamyslet nad vlastními naměřenými hodnotami v kontextu ostatních událostí uplynulého týdne. Nečekaně působí zjištění, že většina uživatelů tyto údaje prohlíží ve formě tabulek, méně než 50% uživatelů projevilo zájem o zobrazení příslušných dat v grafické podobě.

Výše uvedená pozorování nelze chápat jinak než jako výčet osobních dojmů prvních 8 uživatelů systému. Pokud bychom chtěli získat nějaké (statisticky) průkazné výsledky, bylo by třeba pracovat s daty z provozu systému ve větším počtu domácností po delší dobu. Považovali bychom za dostatečné, kdyby:

- hodnocený pilotní projekt trval minimálně jeden měsíc v každé domácnosti,
- počet zapojených uživatelů byl nejméně 25 – 30 osob.

Nový projekt SPES nám dá možnost získat právě data tohoto charakteru.

Na druhé straně, z klinického hlediska není pochyb o tom, že nasazení systému typu OLDES nabízí lékařům nové nástroje s velkým potenciálem příněš předpokládaný efekt. Pilotní provoz systému prokázal v reálném provozu, že navržené řešení má tyto vlastnosti:

- Je schopno generovat včasné varování v případě, že se u sledované osoby objeví problémy, které vyžadují okamžitý zásah.
- Zprostředkovává rychle a přesně spolehlivé informace, na jejichž základě může zdravotnický personál učinit potřebná rozhodnutí.

Na základě zkušeností získaných v průběhu pilotního testování předpokládají kliničtí partneři projektu OLDES, že je možné identifikovat typy pacientů, pro které dlouhodobé využívání systému vyústí v řadu konkrétních opatření, která povedou ke stabilizaci případně i k mírnému zlepšení zdravotního stavu. V případě diabetických pacientů předpokládanými nejcennějšími důsledky budou:

- Zlepšení kontroly glykémie a parametrů kompenzace diabetu a s tím související snížení míry a závažnosti dlouhodobých diabetických komplikací (které je mnohdy nutné řešit hospitalizací).
- Zvýšení bezpečnosti diabetické léčby tím, že se sníží nebezpečí vzniku závažné hypoglykémie a jejího výskytu v noci.
- Zkvalitnění kompenzace vysokého krevního tlaku, jehož důsledkem bude snížení nebezpečí kardiovaskulárních komplikací.

Výsledky pilotního testování starších osoby postižených syndromem CHF v Bologni jsou velmi podobné. I zde lékaři potvrdili, že využití systému OLDES

pro monitorování stavu jejich pacientů přineslo očekávané výsledky, které z dlouhodobého hlediska povedou k:

- Dojde ke snížení počtu případů, kdy je nutné opětovně přijmout do nemocnice pacienta, který byl nejprve hospitalizovaný pro srdeční selhání a pak propuštěn do domácího ošetřování
- Bude zvýšena bezpečnost pacienta předaného do domácí péče.

Zajímavé jsou i výsledky hodnocení systému klienty, kteří se shodují na tom, že platforma OLDES je dostatečně flexibilní, snadno použitelná a vhodná i pro starší pacienty, i když vřelejší vztah k ní projevovali pacienti, kteří nepotřebují častou pomoc ošetřovatele.

4. Zkušenosti týkající se instalace a provozu sociální části systému OLDES

Základní podmínkou pro úspěšné nasazení navrhovaného systému je vytvoření prostředí vzájemné důvěry, ve kterém se všichni uživatelé mohou na systém plně spolehnout. Systém OLDES má formu komplexního technologického řetězce, jehož spolehlivost je limitována jeho nejslabší částí:

- Kupodivu, touto nejslabší částí se ukázal být přístup na internet. Dokonce i ve velkých městech jako Bologna nebo Praha se při instalaci systému objevily některé lokality, kde kvalita signálu byla tak nestabilní, že se funkčnost systému dramaticky změnila v průběhu dne nebo ze dne na den. Výpadky systému nebo příliš dlouhá odezva zákonitě vedou k narušení důvěry a výsledkem je pak zklamání u všech partnerů. Proto je velmi důležité začít důkladným prověřením kvality místního přístupu k internetu, a to dříve než dojde na výběr potenciálních uživatelů. Hodnocení kvality internetového signálu by se mělo stát i nedílnou součástí dotazníků používaných pro hodnocení výsledků provozu systému.

Další problematickou částí se ukázala být tlačítka na dálkovém ovladači, který v případě OLDES nahrazoval klávesnici počítače. V několika případech si totiž uživatelé stěžovali na to, že systém nereaguje na jejich akce a později se ukázalo, že zdánlivě chybné chování bylo způsobeno rozdílem mezi jemným dotykem uživatele a ztuhlostí tlačítek. Je důležité na takové technické problémy upozornit už během instalace a případně i nabídnout provozovateli systému nějaké alternativní prostředky k jejich řešení. Například užitečnou alternativou by zde byl dotykový displej, s jehož použitím počítá následný projekt SPES.

- Zásadní význam hraje i výběr spolehlivého počítačového vybavení. Volba a testování vybraného hardware musí proběhnout s dostatečným předstihem před zahájením pilotní implementace a to s plným vědomím klasické vazby mezi kvalitou a cenou: „nízkonákladový“ hardware může někdy přinést nebezpečí nečekaných selhání, která mohou celé řešení kompromitovat a vést k tomu, že systém jako takový bude posuzován jako málo kvalitní.
- Ani použití open-source software nemusí vždy představovat to nejlevnější řešení, neboť může někdy vyžadovat neplánované doplňkové náklady,

kteří nakonec cenu výsledného řešení natolik zvýší, že by použití komerčního softwarového produktu bylo efektivnější. Například v projektu OLDES jsme strávili značné množství času při realizaci hlasového rozhraní pomocí Asterisk Voice-IP. Navíc je třeba brát v úvahu i odpovídající servisní náklady vznikající v průběhu provozu výsledného systému.

Je důležité brát v úvahu i některé psychologické aspekty spojené se zaváděním systému. Při zaškolování uživatelů je třeba si uvědomit, že nově instalovaná zařízení, která jsou pro technika zodpovědného za školení uživatele běžnou samozřejmostí, bývají cílovým uživatelem vnímána jako úplně nové kusy vybavení jeho domácnosti. Proto nelze proces zaškolování uspěchat – trpělivý školitel musí mít k dispozici dostatečné množství času a musí k budoucímu uživateli systému přistupovat s náležitým respektem a pochopením pro obtíže, na které uživatel naráží a které jej zároveň iritují i stresují. Kvalita vstupního školení výrazně ovlivňuje to, jak bude uživatel systém vnímat a s jakou chutí jej bude používat po dokončení instalace. Úkolem školitele je pomoci uživateli, aby získal sebedůvěru při interakci se systémem. Důkladné vysvětlení práce s platformou OLDES by nikdy nemělo trvat méně než 20 minut, kromě doby potřebné pro instalaci samotnou. Právě při zaškolování uživatelů je významné místo, kde se velmi dobře osvědčili v Bologni dobrovolníci, kterým se podařilo odvést velmi dobrou práci.

Při zvládnutí práce s novou technologií hraje významnou roli i rodina: starší uživatelé, kteří mohou počítat s podporou svého partnera nebo jiného člena rodiny při řešení drobných problémů s novým zařízením, projevovali velký zájem o vše, co jim systém OLDES nabízel i o další plány na jeho vývoj, a to bez ohledu na svůj věk či zdravotní obtíže. Na druhou stranu, pokud příbuzní neprojeví chuť spolupracovat, výrazně se to projevilo na motivaci potenciálního uživatele. V několika případech z 200 uživatelů sociální části systému v Bologni se dokonce stalo, že rodina přesvědčila potenciálního uživatele, aby se vzdal své účasti v projektu. Důležitým aspektem pro výběr uživatelů e-health systému je tedy i jejich sociální a rodinné zázemí.

Tým v Bologni testoval a provozoval sociální část projektu a komunikoval s takřka 200 uživateli – seniory. Významnou úlohu při komunikaci s uživateli hrál výběr programových nabídek na centrálním portále systému. Bylo překvapením, kolik seniorů ocenilo nabídku na sledování videí prostřednictvím platformy OLDES. Mnozí z nich si totiž stěžovali na nedostatek zajímavých programů na moderních televizních kanálech a rozhlasových stanicích. Uživatelé velmi vítali nabídku klipů ze starých filmů, písniček nebo sportovní klasiky. Tým v Bologni dokonce nahrál a zařadil do nabídky ke sledování několik videí pořízených se souhlasem zúčastněných v průběhu seminářů pořádaných pro potenciální uživatele, tj. pro klienty systému OLDES. Mnozí klienti byli potěšeni, když měli příležitost vidět svůj vlastní obraz na obrazovce a projevovali pak daleko větší zájem o účast na následujících workshopech, které měly posílit sociální kontakty v rámci skupiny uživatelů.

Všichni uživatelé systému OLDES v Praze projevovali zájem o to, aby příští verze systému byla doplněna o tísňové tlačítko a 75% z nich by uvítala rozšíření i o některé funkce související s výskytem takových kalamitních situací v domácnosti, jakými je např. únik plynu nebo nebezpečí požáru.

5. SPES – připravované pilotní projekty

Pilotního projektu v Brně. Konzultace budou poskytovány v rozsahu registrovaných sociálních služeb – aktivizačních pro seniory a zdravotně postižené osoby a v oblasti komunikačních služeb, vzdělávání, sociální a pracovní integrace. Realizační tým zabezpečí 40 klientů pro pilotní ověření služeb prostřednictvím snímačů a detektorů na území ČR s převážujícím zaměřením na území Města Brna. Široká veřejnost, včetně klientů má velmi nedostatečné informace o dostupných asistivních pomůckách a o službách vzdáleného dozoru či monitoringu nebo o e-zdravotnictví. Před pilotním ověřením systému bude proto nutné klienty informovat, motivovat, ale zejména naučit používat asistivní pomůcky. Předpokládáme oslovení nejméně 200 klientů, z nichž následně bude vybráno 40 klientů pro pilotní ověření. Na základě analýzy a specifických potřeb domácnosti klienta budou individuálně vybrány a nasazeny specifické periferie jako jsou identifikační náramky pro dezorientované klienty, monitoring zdravotních funkcí (zejména u pacientů s diagnózou diabetes mellitus 2. typu), identifikace nebezpečných náklonů, lokální dálkové ovládání některých součástí domácnosti a dohled nad jejich provozem (okna, dveře, spotřebiče, ...).

Ovládání těchto periférií je v současné době postaveno na komunikaci GSM a to v datovém toku GPRS na základě internetového připojení, tak i SMS. Takto je zajištěn oboustranný přenos se zpětnou komunikací, dálkové nastavení periférií a nouzové ovládání z centrálního dispečinku přes GSM bránu. Tato komunikace není závislá na stavu centrálního vysílání z okruhu klienta, naopak v nouzových stavech je možné samostatně ovládat jednotku automatizace domácnosti, dohledovou jednotku ortopedického vozíku, jakož i centrální odpojení domácnosti od elektrické sítě. Osobní a mobilní jednotka GPS navíc umožňuje hlasovou komunikaci bez nutnosti aktivace klientem z dohledového pracoviště. Systém umožňuje zařazení do centrální bytové ovládací jednotky klienta. Klientovi bude zapůjčeno technické vybavení, včetně služeb přenosu dat. Cílem projektu bude integrace výše zmíněných druhů komunikace pomocí tzv. agregátoru – nízkonákladového zařízení pro sběr dat a jejich posílání do kontaktního (call)-centra, jehož úkolem je včas rozpoznat případné problémy nebo obtíže klienta a pomoci při jejich řešení (radou či přímým zásahem v případě potřeby).

Pokud systém zpozoruje cokoliv nezvyklého v monitorovaných signálech či v komunikaci uživatele, např. výrazně dlouhá pomlka v interakci s uživatelským rozhraním, upozorní kontaktní centrum a operátor centra zvolí vhodný způsob reakce, např. uvědomí příslušného lékaře na pohotovosti. Dále bude rozpracován a doplněn i dietní modul z OLDES, který bude nejen vyhodnocovat údaje poskytnuté interaktivní osobní váhou, ale i nabízet doporučení pro

individuální dietní plán. Jeho příprava bude podpořena i prostřednictvím dalších upřesňujících údajů o konzumovaném jídle, např. prostřednictvím výběru konzumovaného jídla na obrazovce. Tímto způsobem bude sledován jídelníček pacienta z dlouhodobého hlediska a společně se sledováním hladiny cukru v krvi přispěje k lepší kompenzaci cukrovky (Obr. 7).

V italské Ferrare se pilotní projekt zaměří na pacienty s chronickými dýchacími chorobami s důrazem na pacienty, kteří používají neinvazivní podporu ventilace a kyslíkovou terapii. Součástí bude měření saturace krve kyslíkem



Obrázek 7 — Využití projektu OLDES pro lepší kompenzaci cukrovky

a podobná neinvazivní vyšetření, která poskytnou informace nejen ošetřujícím pneumologům, ale i dalšímu pečujícímu personálu. Zde se také pokusí vytvořit podmínky pro ovládání pomocí dotekového displeje.

Ve Vídni se pilotní projekt zaměří na pacienty trpící demencí, kterým bez dozoru hrozí řada nehod spojená s tím, že cosi zapomenou (např. vypnout vodu či elektrickou plotýnku) nebo že se ztratí. Ti jsou bohužel často překládáni do ústavní péče, protože jim rodina není schopna zajistit dostatečnou péči a bezpečnost. Proto zde bude velký důraz kladen na vývoj technologie, která přispěje k zabezpečení jak pečovatelských, tak soukromých domů seniorů – senzory budou sledovat pohyb v budovách a místnostech, který bude systém předběžně vyhodnocovat a upozorňovat pečovatele na výskyt nestandardních situací. Takové řešení má šanci přispět ke zvýšení částečné soběstačnosti pacientů s demencí a také přinést úlevu rodinám i pečujícím osobám. Vedle toho se zde budou vyvíjet jak programy na podporu a trénink paměti, tak i pracovat se zařízením pro GPS lokalizaci ztracených osob.

V Košicích se testování konceptu SPES soustředí na zlepšení sociálního začlenění starších občanů pomocí komunikačních a informačních technologií (psychologická podpora, trávení volného času). Nabízené řešení bude vycházet

z podrobné analýzy stávajících možností, požadavků a očekávání cílové skupiny seniorů. Těm bude nabídnuta možnost zůstat v kontaktu se svými příbuznými, sousedy nebo jinými osobami s podobným koníčky a zdravotní problémy. Uživatelsky přívětivé prostředí poskytne zajímavé funkce jako diskusní fórum, zasílání zpráv, e-maily a virtuální setkání. Uvažuje se i o tom, že tyto základní funkce budou časem rozšířeny o možnosti seznamky, výměny informací a sdílení fotografií.

6. Závěr

Jsme přesvědčeni, že současné technologie mohou výrazně usnadnit domácí péči o některé typy klientů tím, že budou vznikat nová integrovaná řešení, která zvýší jejich soběstačnost a sníží jejich sociální izolaci. Právě takové řešení má být výstupem projektu SPES, který hodlá realizovat uživatelsky přívětivý „plug and play“ systém s několika vrstvami, které se liší cenou a vybavením, jejichž volba bude prováděna na základě profilu uživatele:

- Základní vrstva je založená na nízkonákladové agregační stanici určené pro všechny seniory a handicapované pacienty a obsahuje moduly komunikační a tele-společník.
- Monitorovací vrstva je vybavená jednoduchými senzory (např. měření okolní teploty), které umožní dynamicky a individuálně reagovat na lokální změny v rámci běžných a častých situací (např. periody tropických vln v průběhu léta).
- Monitorovací vrstva vybavená fyziologickými senzory. Osazení této vrstvy je individuální a je závislé na zdravotním stavu uživatele.

Centrální uzel systému SPES bude rovněž strukturován podle cílů, které bude sledovat jeho provozovatel. K nejčastějším bude nepochybně patřit:

- Monitorování a pomoc pacientům (sledování životně důležitých funkcí s napojením na pohotovost a v případě problémů rychlý zásah zdravotníků, popř. přístupnost informací pro lékaře, který pacienta dlouhodobě ošetřuje).
- Prolomení sociální izolace osob trávících den převážně ve vlastní domácnosti (v důsledku snížení mobility mohou starší lidé a osoby v domácím ošetřování ztrácet možnost komunikovat s okolím, získávat nové informace atd.) například s využitím on-line komunity.
- Motivace ke změně životního stylu (pomocí cílených diskusních fór a snadno dostupných srozumitelných informací na toto téma).

Nepříjemným omezením pro kontinuální sledování řady fyziologických parametrů je to, že probíhá pouze s využitím invazivních technik. To není nejvhodnější řešení pro pacienty v domácím prostředí a používá se proto jen výjimečně. Tak je tomu například při kontinuálním sledování hladiny glykémie u pacientů s diabetem, které probíhá prostřednictvím senzoru, který neumožňuje zcela volný pohyb svému uživateli. Ani krevní tlak nelze zatím sledovat 24 hodin po 7 dní v týdnu bez toho, aby byl pacient upoután

na nemocničním lůžku. Ovšem můžeme doufat, že prudký rozvoj a miniaturizace nových senzorů umožní navrhnout nové způsoby, jak odhadovat hodnoty klíčových fyziologických hodnot na základě měření získaných z různých neinvazivních měření. Takové řešení by mělo význam jako nový diagnostický nástroj a současně by i umožnilo využít systém typu SPES pro nové typy klientů či pacientů a tak zkvalitnit péči, která je jim nabízena. Podobně se můžeme těšit, že se s využitím nástrojů umělé inteligence podaří čím dál lépe interpretovat informace získané z prostředí chytré domácnosti tak, aby prostředí mohlo svému uživateli sloužit jako vlídný majordomu, který nevtíravě nabízí radu v situaci, že si pán domu neví s některou úlohou rady. To je zvláště důležité v případech klientů s poruchami paměti.

Meze použitelnosti systémů typu SPES jsou dány dostupnými technologickými nástroji. Pevně doufáme, že úzké propojení týmů techniků, lékařů a psychologů povede ke vzniku nových nástrojů, které se stanou skutečnou nadějí pro všechny, kteří nějakou pomoc potřebují.

Literatura

- [1.] Česká gerontologická a geriatrická společnost, www.cggs.cz
- [2.] CONFIDENCE, Ubiquitous care system to support independent living (<http://www.confidence-eu.org/>)
- [3.] ATTENTIANET, Advanced tele-assistance convergent network for chronic disease patients and elders project, (<http://www.attentianet.eu/>)
- [4.] ENABLE, Ambient assisted living solutions based on advanced ICT technologies, available at: <http://www.enable-project.eu/>
- [5.] K4Care, Knowledge-based homecare eservices for an ageing Europe (<http://www.k4care.net>)
- [6.] SENSATION-AAL, Sensing and ACTION to support mobility in ambient assisted living, available at <http://www.sensation-aal.eu/>
- [7.] MAS: Nanoelectronics for Mobile Ambient Assisted Living Systems (<http://www.mas-aal.eu/>)
- [8.] OLDES: „Older People’s e-services at home“ (www.oldes.eu)
- [9.] SPES: Support patients through e-service solutions (<http://www.spes-project.eu/>)
- [10.] Intel, Health guide PHS6000, available at: www.intel.com/healthcare/telehealth
- [11.] Gonzalez, N., Vlez, I., (2008) Confidence: Support to elderly peoples independent living, in Proceedings of Psychologi
- [12.] Weemote available from <http://www.weemote.com/products.html>
- [13.] Macík, M., Hanzl, M., Klíma, F., Slováček, M., (2008) Digital Household User Interfaces for Elderly, In Ambient Intelligence Perspectives II, Selected Papers from the Second International Ambient Intelligence Forum, Amsterdam: IOS Press, p. 129–144
- [14.] Malý, I., Cuřin, J., Kleindienst, J., Slavík, P., (2008) Creation and visualization of user behaviour in ambient intelligent environment, In 12th International Conference on Information Visualisation (IV08) – International Symposium of Human-Computer Interaction. Los Alamitos: IEEE Computer Society, p. 497–502.
- [15.] Novák, D., Uller, M., Rousseaux, S., Mraz, M., Smrz, J., Štěpánková, O., Haluzík, M., Busuoli,

M. (September 2–6.2009) Diabetes management in OLDES project, 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'09), Minneapolis, Minnesota, USA

[16.] *D. Novák, O.Štěpánková, M.Mráz, M.Haluzík, et al., Does IT Bring Hope for Wellbeing?, Handbook of Research on ICTs for Healthcare and Social Services: Developments and Applications, IGI Global, 2012*

[17.] *Barebone systémy, http://en.wikipedia.org/wiki/Barebone_computer*

Poděkování:

Práce byla podpořena evropskými projekty OLDES STREP IST–2005–2.6.2–AAL (Older People's e-services at home), MAS: Nanoelectronics for Mobile Ambient Assisted Living(AAL) Systems (grant no. 120228) ,, na jehož financování se podílejí „ENIAC Jointy undertaking's Funding (no. 120228)“ a MŠMT ČR (no. 7H10019) a SPES: Support Patients through E–services Solutions – the CENTRAL EUROPE programme.

Kontakt:

Olga Štěpánková

FEL ČVUT, Technická 2, 166 27 Praha 6

tel. 224357233

e-mail: step@labe.felk.cvut.cz

Daniel Novák

FEL ČVUT, Technická 2, 166 27 Praha 6

tel. 224357314

e-mail: xnovakd1@labe.felk.cvut.cz

Miroslav Uller

FEL ČVUT, Technická 2, 166 27 Praha 6

tel. 224357299

e-mail: uller@labe.felk.cvut.cz

Petr Novák

FEL ČVUT, Technická 2, 166 27 Praha 6

tel. 224355718

e-mail: novakpe@labe.felk.cvut.cz

Miloš Mráz

III. interní klinika Všeobecné fakultní nemocnice a 1. LF
Univerzity Karlovy, U nemocnice 1, 128 08 Praha 2

tel. 224 96 29 08

e-mail: milos_mrAZ@yahoo.co.uk

Martin Haluzík,

III. interní klinika Všeobecné fakultní nemocnice a 1. LF
Univerzity Karlovy, U nemocnice 1, 128 08 Praha 2

tel. 224 96 29 08

e-mail: mhalu@lf1.cuni.cz

TVORBA 3D VÝUKOVÝCH APLIKACÍ POMOCÍ TECHNOLOGIE MICROSOFT SILVERLIGHT

Martin Tribula, Martin Vavrek, Michal Otčenášek

Abstrakt

V dnešním moderním světě je virtuální realita považovaná za rozvíjející se odvětví informatiky. Jednou z forem virtuální reality jsou 3D aplikace. Je to vizuálně specifická forma zobrazení, která dává možnost nového náhledu na přenos informačního spektra v podobě 3D modelu. Zpřesňuje a doplňuje obrazovou podobu, která by u 2d zobrazení zůstala pouze na intuitivní bázi.

Technologie Microsoft Silverlight v poslední verzi (5.0) obsahuje knihovnu herního enginu XNA, která umožňuje tvorbu 3D aplikací. Tyto aplikace mohou být spustitelné ve webovém prohlížeči. Naše skupina se zabývá tvorbou výukových aplikací v tomto prostředí. Jedním z výsledků naší práce je výuková aplikace zobrazující 3D model pánve. Aplikace umožňuje interaktivně manipulovat s tímto modelem a je doplněná o teoretický výklad problematiky. V podobě zábavně vzdělávací formy umožňuje nový přístup k e-learningové výuce. Aplikace bude zveřejněna jako část online atlasu fyziologie a patofyziologie [1], který je vytvářen naší laboratoří a je dostupný na portálu www.physiome.cz.

Klíčová slova

3D, Web, Silverlight, e-learning

Úvod

Internet je v dnešní době jedno z nejpoužívanějších médií pro získávání informací. Webové prohlížeče dokážou zobrazit poměrně složitý multimediální obsah. Existuje množství technologií, pomocí kterých můžeme vytvořit interaktivní webové aplikace, které generují obsah pro prohlížeč ve formě html. Bohužel pomocí poslední verze html nejsme schopni dosáhnout požadovaných výsledků. Proto vstupují do hry různé zásuvné moduly prohlížečů (pluginy). Tyto pluginy umožňují zobrazit komplikovaný multimediální obsah. Jedním z nejznámějších pluginů je např. Adobe Flash Player. Tuto technologii jsme využili při vytváření teoretických kapitol Atlasu fyziologie a patofyziologie a představili v částech [2] a [3]. Podobným projektem od firmy Microsoft je platforma Silverlight, která dokáže ve webovém prohlížeči zobrazit a ovládat interaktivní aplikace doplněné o multimediální obsah (obrázky, zvuk, video). Microsoft v poslední verzi Silverlightu (5.0) propojil tuto technologii s XNA Game Studio 4.0.

XNA + Silverlight = 3D na Webu

XNA je platforma pro tvorbu 2D a 3D počítačových her pro Windows a herní konzoli X-Box 360. XNA Framework je založen na frameworku .NET a rozšiřuje

jej o specifické knihovny, potřebné pro tvorbu her. Dále implementuje vykreslování na obrazovku pomocí grafického API DirectX. Značnou výhodou této technologie je automatické zpracování obsahu hry (3D modely, obrázky, audio), vykreslování za běhu hry a jednoduché použití. Tyto přednosti jsou dostupné ve webovém prohlížeči díky platformě Silverlight. Spojením XNA a Silverlightu vzniká robustní základ pro tvorbu kombinovaných 3D a 2D rozhraní. Zatímco Silverlight umožňuje zobrazování textu, bitmap, grafů a vektorové grafiky, tak XNA umožňuje vykreslování 3D objektů.

3D a výuka medicíny

Technologie 3D zažívá v poslední době velký rozmach. Její uplatnění má největší podíl v zábavním průmyslu jako jsou filmy a hry. Síla této technologie nesmí být opomíjena ani v ostatních oblastech. Ve spojení s internetovým prohlížečem a bez nutnosti instalace samotné aplikace se jedná o ideální nástroj, který zábavnou a interaktivní formou doplní výklad vyučované látky. Uživatel reaguje na objekty ve scéně a svou činností vyvolává různé scénáře „hry“. 3D aplikace se mohou lišit dle různých požadavků – od vizualizace částí těla až po různé simulace, kdy uživatel v roli doktora provádí vyšetření, případně záchranu pacienta.

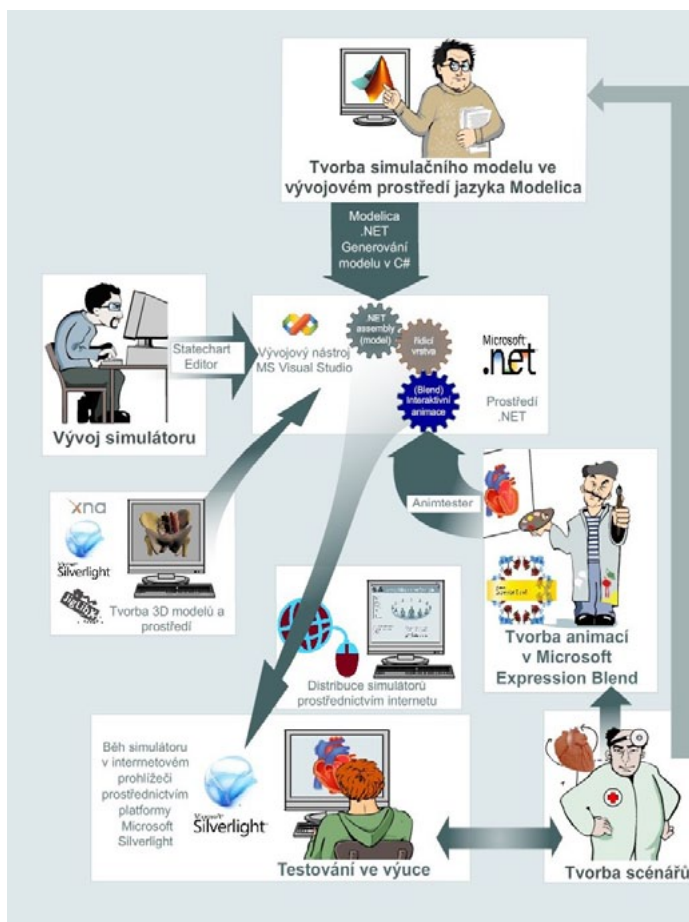
Tvorba 3D aplikací

XNA je základem pro tvorbu her. Umožňuje načtení a zobrazení 3D obsahu. Problém nastává v případě složitějších aplikací a her. Když například vyžadujeme možnost kliknutí na objekt a jeho vybrání. Bylo by nutné implementovat tuto funkcionalitu v každé z našich aplikací, což je časově náročné a především nepraktické.

Prvním krokem tedy byla tvorba vlastního frameworku pro vývoj 3D aplikací, který implementuje základní a společné funkcionality pro naše 3D aplikace. Náš framework lze nazvat herním enginem, jež definuje 3D scénu včetně zobrazovaných objektů. Scéna se skládá z hierarchické struktury objektů. Každý objekt má definované souřadnice – vždy relativně k jeho předkovi. Mezi objekty řadíme kamery, mesh (3D objekt složený z trojúhelníku), světla, atd. Námí vytvořený engine disponuje propojením s „open source“ fyzikálním frameworkem JigLibX, který v našich aplikacích umožňuje použít fyzikální zákony. Příkladem může být pohyb postavy po 3D tělese v scéně či kolize objektů.

Druhým krokem byl vývoj 3D editoru pro manipulaci s jednotlivými objekty ve scéně, včetně nastavení různých parametrů (například barvu materiálu apod.). Součástí editoru scény bude rozhraní pro propojení a řízení vlastností 3D objektů matematickým modelem.

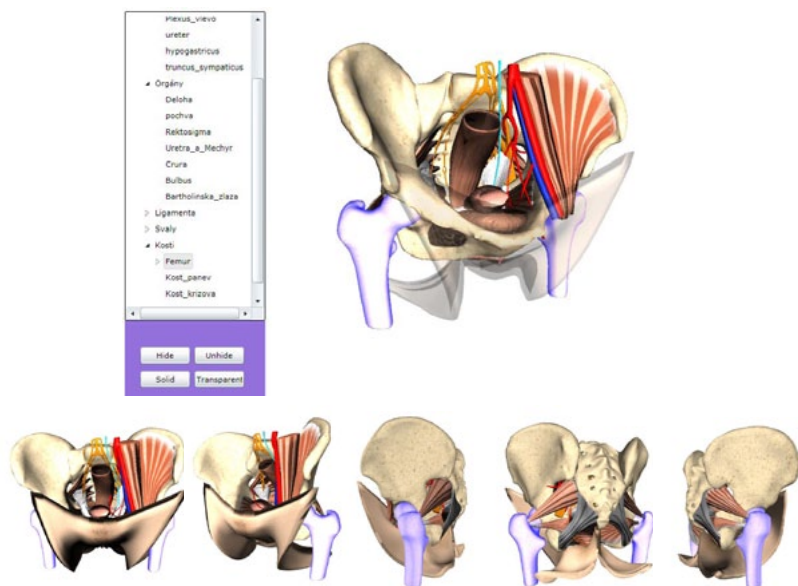
Tento herní engine s editorem scény bude součástí technologie vývoje výukových simulátorů vyvíjené naší laboratoří [4].



Obrázek 1 — Schéma vývoje výukových aplikací pomocí technologie vyvinuté v naší laboratoři

Ukázková aplikace: 3D pánev

Přednosti 3D v Silverlightu demonstrujeme jednoduchou vizualizací pánve, modelovanou v 3D modelovacím nástroji Cinema 4D. Model pánve byl původně určen pro tvorbu výukového videa o pánevním dnu. Skládá se z více než 65 000 trojúhelníků a i přesto jej Silverlight dokáže hladce vykreslit a plynule s ním manipulovat. Aplikace tak demonstruje spojení 2D a 3D prostředí a zpřístupňuje interaktivní cestou anatomii pánevního dna. Model pánve je hierarchicky členěný na jednotlivé části a aplikace dovoluje tyto části skrýt či zprůhlednit. Model je navíc opatřen tzv. mapami hrbolatosti, které zjemňují a upřesňují strukturu 3D povrchu objektů.



Obrázek 2 — Beta verze aplikace 3D pánev

Závěr

Možnosti 3D na internetu se v poslední době rozrůstají. Byla by škoda nevyužít potenciál této technologie v lékařské výuce. Proto se náš vývojový tým zabývá i tvorbou těchto aplikací.

Tuto konkrétní aplikaci budeme dále rozšiřovat o teoretickou část a stane součástí výukové aplikace, která bude využívána při výuce anatomie, chirurgie a gynekologie.

Poděkování

Tato práce je podporována projektem MPO FR—TI3/869.

Literatura

- [1] Kofránek Jiří, Matoušek Stanislav, Rusz Jan, Stodulka Petr, Privitzer Pavol, Matejčák Marek, Tribula Martin: *The Atlas of Physiology and Pathophysiology: Web-based multimedia enabled interactive simulations*, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*(2011),doi:10.1016/j.cmpb.2010.12.007, 2011 Jan 11. [Epub ahead of print]
- [2] Kofránek Jiří, Privitzer Pavol, Tribula Martin: *Modelování a simulace. (Multimediální výukový program)*. [Online]<http://www.physiome.cz/atlas/info/00/index.htm> Ref Type: Multimedia educational application
- [3] Kofránek Jiří, Privitzer Pavol, Tribula Martin: *Co je za oponou – ze zákulisí tvorby Atlasu. (Multimediální výukový program)*. [Online] <http://www.physiome.cz/atlas/info/01/index.htm> Ref Type: Multimedia educational application

[4.] Privitzer, Pavol, Šilar, Jan, Tribula, Martin, Kofránek, Jiří: Od modelu k simulátoru v internetovém prohlížeči. In MEDSOFT 2010 (Milena Ziethamlová Ed.) Praha: Agentura Action M, Praha, str. 149–169, ISSN 1803–8115

Kontakt:

Ing. Martin Tribula

Bc. Martin Vavrek

Oddělení biokybernetiky počítačové podpory
výuky

Ústav patologické fyziologie, 1. LF UK

U Nemocnice 5, 128 53 Praha 2

Tel.: +420 224 965 912

e-mail: martin.tribula@lf1.cuni.cz

e-mail: martin.varvrek@lf1.cuni.cz

doc. MUDr. Michal Otčenášek, CSc.

Ústav pro péči o matku a dítě 3. LF UK

Podolské nábřeží 157, 147 10 Praha 4 – Podolí

Tel.: +420 296 511 111

e-mail: otcenasm@volny.cz

MEDSOFT 2012, sborník příspěvků

vydání první

formát A5

288 stránek

vydal Creative Connections s. r. o., Krasnojarská 14, 100 00 Praha 10

ve spolupráci s Ing. Zeithamlová Milena – Agentura Action M

actionm@action-m.com

<http://www.action-m.com>

zpracoval kolektiv autorů

grafická úprava, sazba

Veronika Sýkorová, DiS; BcA. Stanislava Karbušická, DiS.

bez jazykové a redakční úpravy

vytisklo Art D – Grafický ateliér Černý, s.r.o., Žirovnická 3124, 106 00 Praha 10

<http://www.art-d.com/cz/>

ISSN 1803-8115