



MEDSOFT 2013

OBSAH

ZKUŠENOSTI Z ORGANIZACE NÁRODNÍCH PROGRAMŮ IMPLEMENTACE ELEKTRONICKÉHO ZDRAVOTNICTVÍ

Matěj Adam7

ZOTERO A DALŠÍ POMOČNÍCI VÝZKUMNÍKA

Jan Hendl.....20

MODEL CÍRKULACE, PŘENOSU KREVŇNÍCH PLYŇŮ A ACIDOBÁZE JAKO ZÁKLAD PRO SY- TÉM PODPORY ROZHODOVÁNÍ

Filip Ježek29

PŘÍKLAD INTEROPERABILITY V OBLASTI RADIODIAGNOSTIKY

Daniel Klimeš, Václav Porod, Zdeněk Mutina49

JAK INFORMATIZOVAT ZDRAVOTNICTVÍ A NEVYTVOŘIT PŘITOM VELKÉHO BRATRA

Jiří Kofránek, Ondřej Felix, Jiří Polák.....55

MODELICA

Jiří Kofránek.....64

HYBRIDNÍ ARCHITEKTURA PRO WEBOVÉ SIMULÁTORY

Tomáš Kulhánek, Marek Mateják, Jan Šilar, Pavol Privitzer, Martin Tribula, Filip Ježek,
Jiří Kofránek.....115

DOTAZNÍKOVÝ PRŮZKUM: SPOKOJENOST UŽIVATELŮ S KNIHOVNICKO – INFORMAČNÍMI SLUŽBAMI NÁRODNÍ LÉKAŘSKÉ KNIHOVNY V PRAZE

Eva Lesenková, Jaromír Běláček, Vladimíra Solová ,
Helena Bouzková.....122

DATABÁZE BIBLIOGRAPHIA MEDICA ČECHOSLOVACA JAKO ZDROJ INFORMACÍ O PUBLI- KAČNÍCH VÝSTUPECH VĚDY A VÝZKUMU VE ZDRAVOTNICTVÍ

Lenka Maixnerová, Filip Kříž, Helena Bouzková, Eva Lesenková, Ondřej Horsák, Adéla Jaro-
límková, Michal Závíška.....131

SIMULOVANIE KETOACIDÓZY

Marek Mateják140

IMPLEMENTACE FUNKCIONALITY E-RECEPTU JAKO SOUČÁSTI E-HEALTH

Miroslav Přádka, Drahomíra Maťová151

SYSTÉM DRG NEJEN PRO ÚHRADY, ALE I JAKO NÁSTROJ PRO PODPORU ŘÍZENÍ A ÚSPORU NÁKLADŮ

Petr Sláma156

INTEGROVANÝ NUTRIČNÍ SYSTÉM PRO FN V MOTOLE	
Ľudovít Szekereš.....	160
E-INFRASTRUKTURA CESNET A JEJÍ BUDOUCÍ VYUŽITÍ	
Milan Šárek, Jiří Navrátil.....	175
MODELOVÁNÍ OBNOVY KMENOVÝCH BUNĚK	
Jan Šilar, Jiří Kofránek, Tomáš Kulhánek, Katarina Forgáčová, Emanuel Nečas.....	185
ÚLOŽIŠTĚ DAT A BEZPEČNOST DATABÁZÍ	
Miloslav Špunda.....	192
WEBOVÝ VÝUKOVÝ SIMULÁTOR KREVNÍHO OBĚHU	
Martin Tribula, Filip Ježek, Pavol Privitzer, Jiří Kofránek, Josef Kolman	197
VYUŽITÍ VIRTUÁLNÍHO PACIENTA V NELÉKAŘSKÝCH ZDRAVOTNICKÝCH OBORECH	
Lenka Vondrušková	205
AKTIVITY ČSZIVI ČLS JEP V KONTEXTU PROJEKTŮ ELEKTRONICKÉHO ZDRAVOTNICTVÍ	
Martin Zeman	211

ÚVOD

Dovolte, abych Vás jménem organizačního výboru uvítal na semináři Medsoft 2013.

Tradice Medsoftu trvá již od roku 1988. Letošní seminář je jubilejní pětadvacátý. Za čtvrtstoletí se v oboru biomedicínské informatiky změnilo skoro všechno.

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. Seminář pořádáme již počtvrté za sebou v Roztokách u Prahy. 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 2013

Prof. MUDr. Štěpán Svačina, DrSc.

přednosta III. interní kliniky UK – 1. LF

předseda programového a organizačního výboru

ZKUŠENOSTI Z ORGANIZACE NÁRODNÍCH PROGRAMŮ IMPLEMENTACE ELEKTRONICKÉHO ZDRAVOTNICTVÍ

Matěj Adam

Anotace

V souvislosti s koncepcí EU a konkrétními záměry jednotlivých členských států dochází k pozitivnímu vývoji v záměrech realizací projektů či programů implementace elektronického zdravotnictví (e-health). Úspěšná realizace těchto projektů slibuje adresovat několik významných výzev, které zdravotní systémy jsou nuceny řešit pro zajištění udržitelnosti kvality a přístupu k péči v existujících rozpočtových možnostech. Vzhledem k faktickým důsledkům zavádění e-health, které jsou daleko za rámcem technické problematiky elektronické komunikace, jsou národní či regionální projekty e-health obvykle vystaveny tlaku zdravotnického prostředí a řady vlivových skupin potenciálních přímých i nepřímých uživatelů e-health (stakeholders). Úspěšné projekty zavádění elektronického zdravotnictví nabízejí zajímavý zdroj zkušeností a dobré praxe pro tuto problematiku, stejně jako poznání a pochopení příčin selhání v méně úspěšných projektech zase představuje možnost poučení. Tento článek se detailněji zabývá konkrétními e-health projekty v Dánsku a Velké Británii a nastiňuje východiska k charakteristikám dobré praxe při organizaci zavádění e-health.

Klíčová slova

Elektronické zdravotnictví, e-health, koordinace péče, řízení změn, komunikace, organizace projektu, programová kancelář

1. Úvod

Snahy o elektronizaci ve zdravotnictví jsou vystopovatelné již od prvních let nasazení výpočetní techniky ve větším měřítku od 50 a v Evropě 60 let dvacátého století. V řadě zemí se postupně zavedly základní aplikace pro podporu administrace zejména v nemocnicích na jedné straně a ve farmacii a laboratorních a zobrazovacích metodách na straně druhé. Významným milníkem bylo postupné rozšíření počítačových sítí a později internetu v devadesátých letech, které otevřely možnosti komunikace a výměny informací v reálném čase a při nízkých nákladech. Na rozdíl od většiny ostatních odvětví lidské činnosti se nicméně ve zdravotnictví nedá říci, že by se podařilo plošně pozvednout úroveň práce s operativními informacemi stejným způsobem, jak se to podařilo v průmyslu nebo finančních a dalších službách. Potřeba výměny informací ve zdravotnictví je přitom přímo bytostná, nejde jen o samotné zefektivnění poskytování služby podobně jako u jiných službových odvětví, ale zejména o zásadní důsledky do kvality péče a bezpečnosti pacienta. Zároveň zdravotnictví díky prudkému rozvoji léčebných postupů, prostředků a technologií postupuje dále ke specializaci a potřeba koordinace a výměny informací přes celý hodnotový řetězec se exponenciálně zrychluje. Poslední

trendy v oblasti rozvoje sociálních sítí a aktivace občanů - a pacientů díky mobilním technologiím a přístupu k internetu tento trend potvrzují i zesilují.

Je možno předestřít řadu důvodů a hypotéz, proč je složité přimět sektor zdravotnictví k účinnější modernizaci a informatizaci, pro účely tohoto článku můžeme jmenovat následující:

- Vlastník programu, kdo prosazuje e-health – často to jsou odborníci či IT specialisté, nikoliv lékaři či ze zákona zodpovědné instituce které zdravotnictví (a úhrady v něm) řídí.
- Doba trvání. Výhody, které přinášejí projekty e-health řízené inženýry a techniky, přicházejí pomalu – spíše v řádů roků než měsíců, což není v souladu s politickými a volebními obdobími a cykly, které přitom mají zásadní dopad na alokaci prostředků z veřejných zdrojů.
- Místní podmínky ve zdravotní politice a rozdíly mezi centrálními a regionálními zastupitelstvy a jejich prioritami a zdroji financování.
- Schopnost přijmout změny – v odvětví z definice konzervativním, kterým zdravotnictví z důvodu ochrany bezpečnosti pacientů musí být, je nelehké prosadit změny v zaběhaném systému a proto nutnost existence správných programů řízení změn, komunikace, školení vystupuje do popředí. Jedná se přitom o netechnickou úlohu společenské akceptace faktu, že e-health není možno chápat jako „IT“ projekty ale jako nutnou součást evoluce zdravotního systému.
- Celkově řízení a management: Je velmi obtížné navrhnout, vyvinout a řídit velmi komplexní e-health projekt (nebo spíš soubor projektů, tj. program) pro mnoho uživatelů, mnoho státních i privátních poskytovatelů péče v geograficky různých místech s různým typem financování. Státní zpráva s podobnou problematikou bohužel nemá dostatečné zkušenosti.
- Podceněné metriky, t. j. jasné ukazatele zlepšení před a potom, odrážející priority (problémy) zdravotního systému.

Zkušenosti ze způsobu organizace e-health jsou velmi různorodé a je možné najít a dále studovat velmi pozitivní příklady projektů, ale také iniciativy které se nepodařilo dopracovat ve funkční celek a byly v té či oné fázi realizace opuštěny. V souvislostech tohoto článku se bude diskutovat ohledně vhodnosti modelu organizace a způsobu řízení programu e-health, který různé země zvolily.

Je možno sledovat, jak se odlišně postaví role Ministerstva a / nebo jiného orgánu státní správy, projevíly na míře úspěšnosti projektů. Pro základní orientaci je možno použít dvě roviny pohledu – jak se státní správa postavila k roli při financování e-health a jakou polohu zvolila pro samotnou realizaci projektů. Následující přehled nabízí srovnání různých přístupů u šesti vybraných zemí.

Uvedený přehled různých rolí umožňuje porovnat, jak – často i velmi odlišně – se ke způsobu organizace veřejná správa postavila jak z hlediska toků peněz, tak z hlediska realizace. Je otázka zdali existuje přímá souvislost mezi organizačně – finančním modelem a šancí na úspěch projektu. V této souvislosti – a jak bude dále rozvedeno v následujících podkapitolách ohledně konkrétních e-health programů, je spíše na místě zdůraznit značnou

	Správce a manažer	Financovatel	Strategický investor	Zasahovatel	Vývojář řešení
Charakteristika použitého přístupu	Nastavuje směrování a standardy	Zaplatí projekt a aktivně do něj nezasahuje	Investuje pro středky, poskytuje vedení a monitoruje výsledek	Pracuje společně řešiteli a vstupuje do projektu když je potřeba	Tvorba software a modulů
Kanada					
Velká Británie					
Dánsko					
Norsko					
Austrálie					
Nový Zéland					

Tabulka 1 — Porovnání vybraných zemí z hlediska role zdravotní autority v e-health a přístupu k jeho financování

různorodost v samotných zdravotních systémech v jednotlivých zemích a z nich vyplývajícího uspořádání rozhodovacích struktur, způsobu plateb za péči a otázky zodpovědnosti vyplývající z lokálních legislativ. Na druhé straně je možno vystopovat některé jednotící znaky v systému řízení e-health, které jsou společné úspěšným projektům a dále rozvést otázku financování.

2. Způsoby organizace e-health programu v konkrétních podmínkách

2.1. Dánsko

Dánsko je pravděpodobně jednou z nejvíce pokročilých zemí z hlediska zavádění elektronického zdravotnictví a v rámci Evropy je jistě vedoucí zemí. Elektronické zdravotnictví je v Dánsku budováno od poloviny devadesátých let celou řadou postupných kroků, v rámci kterých byly spouštěny jednotlivé komponenty služeb e-health. Nejprve tedy byl postupně zaváděn elektronický recept jako prostá zpráva, kterou zaslal preskribující lékař konkrétnímu lékárníkovi. Až po roce 2000 byl pak projekt povýšen na centralizovaný e-recept s kompletní lékovou historií pacienta a funkcionalitou podpory rozhodování pro lékaře i lékárníky, umožňující automatizovanou kontrolou kontraindikací, možnost generické substituce či funkce pro sledování compliance u chronických pacientů z hlediska kumulované lékové zásoby a její porovnání s aktuálním dávkováním v preskripci. Podobně tomu bylo u dalších komponent e-health, jako třeba souhrnné zdravotní záznamy, komunikace s laboratořemi či výměna zpráv v rámci indukované péče. Je možno sledovat rozdílný vývoj a rychlost zavádění e-health v různých regionech/krajích Dánska, mimo jiné také proto že Dánské kraje jsou hlavními nositeli elektronizace a podle aktuálních priorit různých krajů měly projekty různý stupeň podpory a případně i financování. Aktuální pokrytí komunikace

v rámci Dánského zdravotnictví elektronickými přenosy je uveden v následující tabulce, kde je evidentní téměř výhradní elektronická komunikace v oblasti propouštěcích zpráv, obousměrné výměny zpráv s laboratořemi, vyúčtování a notifikace o hospitalizacích a jejím ukončení z nemocnice praktickému lékaři. Další oblasti komunikace vykazují také absolutní dominanci elektronické cesty s pokrytím přes 80% ze všech vyměněných zpráv.

Type of message	% digital
Discharge letters from hospitals to GPs	99
Referrals from GPs to hospitals	81
Lab results from laboratories to GPs	99
Lab test orders from GPs to laboratories	99
e-Prescriptions from GPs to pharmacies	85
Reimbursement from GPs to public health insurance	99
Notifications of admission / Notifications of discharge from hospitals to municipalities	98
Rehabilitation plans from hospitals to municipalities	80

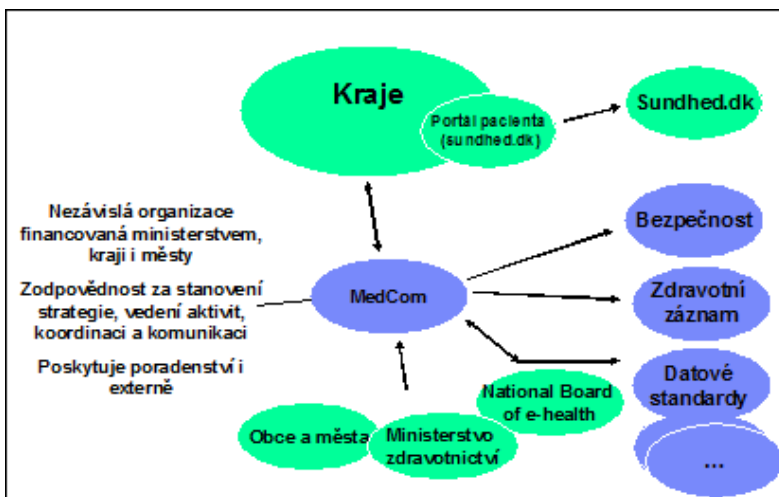
Tabulka 2 — Pokrytí komunikace e-health v Dánsku. Zdroj[1]

Dánsko má velmi tradičně otevřený přístup k informacím a proto i principy implementované v rámci e-health jsou zejména na bázi otevřenosti a důvěry. Zdravotní profesionálové poskytující péči v primární, sekundární i terciární sféře mají možnost přístupu k historickým i aktuálním datům pacienta, a to na základě principu relevantnosti údajů z hlediska typu/role uživatele / profesionála. Z každého přístupu k informacím pacienta je veden záznam (log) s uvedením a možností forenzního dohledání použité informace, přičemž jsou automaticky i manuálně kontrolovány možná zneužití a z toho jsou vyvozovány následky pro nepoctivé uživatele.

2.1.1. Organizace e-health v Dánsku

Obecný přístup k organizaci zavádění e-health v Dánsku je několikvrstevný, vychází ze zásady společné dohody a společné práce různých vládních i nevládních institucí na několika úrovních. Kontinuální rozvoj je dosažen díky kombinaci vytvoření efektivní řídicí a strategické roviny, která zajišťuje vytvoření vhodného prostředí a nutné stability, v kombinaci s projekty řízenými „shora“ i „zespodu“ ve smyslu vlastnictví a financování konkrétního projektu. Klíčovým je přitom vyvážený přístup z hlediska nastavení standardů a pravidel pro celonárodní i lokální projekty, společně s velmi intenzivní komunikací a koordinací pro zamezení frustrace a nesouhlasu. Díky tomu se daří překonávat bariéry při projektech, které jsou vlastní jakýmkoliv složitějším snahám o změnu ve zdravotnictví a jejich odmítání některou ze zúčastněných zájmových skupin. Tato funkčnost způsobu řízení e-health v Dánsku je mimo jiné snadno odsledovatelná na skutečnosti, že se národní program zatím nedostal do situace, kdy by některý z páteřních projektů

či systémů zůstal nedokončen či byl opuštěn. Tento úspěch nemá jen finanční dopady ve smyslu nutnosti například vracet finanční prostředky z programu EU podpory či grantů, ale také významně přispívá k prostředí, kdy se politická a úřednická reprezentace krajů i celonárodní úrovně nebojí e-health podporovat, jelikož nepřináší vysoká rizika. To pochopitelně vnáší další úroveň stability a pozitivizmu do prostředí e-health projektů, umožňující snadnější přístup k financování a lepší předpoklady pro dosažení dohody se zájmovými skupinami přes systém zdravotnictví.



Obrázek 1 — Organizační složky e-health v Dánsku

2.1.2. Ministerstvo zdravotnictví

Role ministerstva v rámci programu e-health je zaměřena na zastřešení programu e-health a vytvoření a zajištění provozu institucí a organizací, které mají na starosti tvorbu prostředí pro umožnění realizace celonárodních i lokálních projektů e-health. Další role je zaměřena na přípravu a prosazení legislativních úprav a změn pro různorodé předpoklady i důsledky elektronizace.

2.1.3. Danish National Board of eHealth

Jednou z hlavních institucí zřízenou a zaštitěnou ministerstvem je Danish National Board of eHealth, národní výbor e-health, založený a zřízen jako samostaná agentura pod ministerstvem. Úkolem agentury je zejména údržba a vývoj národního katalogu ICT standardů, která již obsahuje přes 400 položek [1]. Další důležitou oblastí působnosti agentury je konsolidace národních zdravotních registrů. Z hlediska realizace konkrétních projektů leží zodpovědnost agentury v oblasti projektů se strukturálním dopadem, jako je sdílení elektronický zdravotní záznam a národní index pacientů. Agentura

nebyla ustanovena na začátku realizace dánského e-health, ale až v jejím průběhu, poté co se ukázalo, že předchozí organizační ukotvení nesplňovalo vzrůstající požadavky a závažnost e-health v zajišťování zdravotní péče v Dánsku.

2.1.4. Kraje

Kraje hrají v dánském zdravotnictví velmi důležitou roli, zejména z pohledu financování a zodpovědnosti za zdravotní péči obyvatelstva. Dánsko nemá systém zdravotního pojištění ale systém veřejné zdravotní daně, která je zpravována kraji – v Dánsku v minulé dekádě proběhla konsolidace krajů z původního počtu 13 na nynějších 5 krajů. Kraje mají také konečnou zodpovědnost za organizaci systému zdravotnictví a její výsledky pro obyvatelstvo. Představitelé krajů jsou proto velmi důležitou zájmovou skupinou od samotného počátku zavádění e-health v Dánsku a poskytují podporu a financování konkrétním projektům i organizacím, jako je třeba MedCom. V souvislosti s rozvojem e-health programu byla kraji založena samostatná organizace pro konsolidaci zájmů a komunikace kolem e-health s názvem RSI (Regionernes Sundheds-IT organisation, Krajská organizace e-health). Jsou v ní zastoupení členové vedení ze všech krajů a pracuje na realizaci konkrétních 24 cílů, které si ustanovila, jako třeba elektronické přehledy urgentních příjmů, plošný single-sign on pro usnadnění interakce uživatelů s přibývajícím množstvím IT systémů či přístup pacientů k sumárním elektronickým informacím v systému e-Journalen. Kraje rovněž založily a poskytují významnou část financování organizace sundhed.dk, která je zodpovědná za realizaci celonárodního zdravotního portálu, který úspěšně funguje v Dánsku od roku 2000 a je průběžně rozvíjen a zdokonalován.

Je zajímavé podotknout že v rámci sundhed.dk pracuje přes 40 lidí a společně s MedComem představují klíčovou základnu pracovní kapacity dedikované výhradně na e-health v Dánském království.

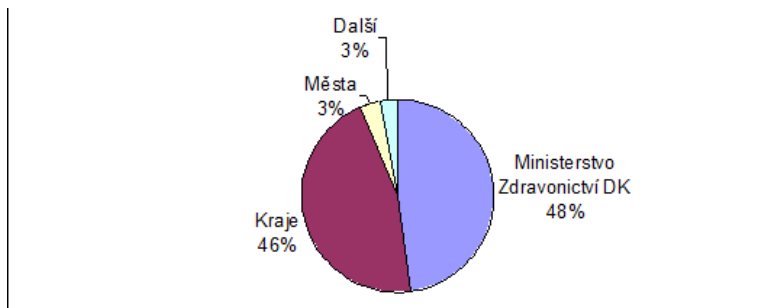
2.1.5. Obce

Města a obce představují článek státní správy v Dánsku zodpovědný mimo jiné za sociální péči a její koordinaci se systémem zdravotnictví, stejně jako za provoz části sítě poskytovatelů v Dánsku. V rámci koordinace e-health jsou v rámci zájmových skupin zastoupeny svou organizací LGDK v rozhodovacích a schvalovacích výborech a procesech a podílejí se i na menší části financování e-health. Některá města jsou rovněž nositelem projektů například v oblasti telemedicíny, kde se naplno projevuje zaměření na pacienta a občana jako celek, bez ohledu na vyhrazenou oblast působnosti sociální a/nebo zdravotní domény a poskytované péče.

2.1.6. MedCom

MedCom existuje jako účelově založená nezisková organizace již téměř od počátku programu e-health v Dánsku od roku 1994. Postupně se organizace proměnila v trvalou instituci pro vývoj, testování, zavádění a kontrolu

kvality elektronické komunikace v zemi. MedCom je založen a financován Ministerstvem Zdravotnictví, kraji a svazem obcí a měst. Následující graf ukazuje rozložení financování organizace:



Obrázek 2 — Podíly financování na organizaci MedCom

Způsob sdíleného financování a rovnocenného zastoupení jednotlivých účastníků ve vedení organizace zajišťuje předpoklady pro týmovou kulturu a dosažení shody na organizačních i technických okolnostech implementovaných e-health projektů. Kromě samotné implementace významné části e-health projektů je také MedCom zodpovědný za údržbu a dohled nad několika stovkami různých interface, které jsou nutné pro propojení téměř 200 softwarových systémů, které Dánští poskytovatelé péče používají. MedCom zaměstnává nepoměrně menší počet kmenový pracovníků než je její praktický dosah. Zatímco v MedComu pracuje jen několik desítek pracovníků na plný úvazek, díky jejich efektivní práci a systému organizace komunikace a spolupráce má Medcom dosah do sítě více než 150 expertů z veřejné správy i soukromých firem, kteří věnují část své kapacity pro společnou e-health problematiku. Motivace takto dotované práce je přímočará směrem umožnění realizace projektů, které by instituce státní správy jinak nemohly pokrýt a soukromé firmy nemohly provádět za úplaty. MedCom tak představuje spojovací článek celého ekosystému e-health, který ve svém důsledku poskytuje velkou paletu měřitelných zlepšení kvality, bezpečnosti a přístupu ke zdravotní péči v zemi, kvalitativně lepší a komfortnější služby pro pacienty a občany a přímo přispívá i k inovativnosti země. MedCom rovněž poskytuje konzultační služby externě pro jiné země a podporuje tak pozicování a konkurenceschopnost Dánska.

2.2. Příčiny neúspěchu ve Velké Británii

Pro porovnání a kontrast předložené v převážně míře pozitivní zkušenosti z Dánska je dále uveden příklad Velké Británie a přesněji její anglické části, kde se přes masivní rozpočet (11 miliard britských liber) a výhodu jednoho vlastníka elektronické zdravotnictví zatím zavést nepodařilo a oficiální projekt e-health byl po téměř dekádě práce zastaven a jeho větší část zrušena.

2.2.1. Projektový záměr

Původním záměrem národního programu pro IT ve zdravotnictví v Anglii (NHS NpřIT) byl iniciován v roce 2002 UK Department of Health se záměrem transformovat způsob práce v rámci celé národní zdravotní služby (NHS) do jednoho centrálně spravovaného elektronického zdravotního záznamu pacienta, a propojit 30,000 všeobecných lékařů se 300 nemocnicemi a zabezpečit bezpečný a auditovatelný přístup ke zdravotním záznamům zdravotními profesionály. Program byl zahájen v červnu 2002 tehdejším premiérem Tony Blairem, který prezentoval program jako projekt 21. století pro NHS. Později vyšlo najevo, že existoval politický tlak na zkrácení plánu implementace tak, aby mohl výsledky použít pro volby v květnu 2005 a zvýšit šance na znovuzvolení tehdejší reprezentace. V roce 2005 po řadě těžkostí v projektu došlo ke změnám v organizaci a formálním vlastníkovi programu, když program, mezitím známý jako NHS Connecting for Health (CfH) přestalo řídit NHS Information Authority a byl vyčleněn do samostatné působnosti.

Projekt měl realizovat řadu funkcionalit:

- a) integrovaný záznam pacienta
- b) e-preskripce
- c) elektronické objednávání
- d) vybudování IT infrastruktury a platformy
- e) systém pro obrazovou dokumentaci
- f) sledování výkonnosti primární péče
- g) centralizace emailové a adresářové služby pro NHS

2.2.2. Způsob organizace

Metoda organizace projektu v NpřIT se opírala o zaměření na funkcionalitu a prosazení záměru „shora“, za předpokladu akceptace uživateli v rámci struktury NHS vycházející ze sjednoceného vlastnického principu. V průběhu projektu se ale ukázalo, že přes potenciál, který z hlediska vlastnické struktury NHS umožňuje, vzhledem k chybějícímu zaměření na uživatele se program začal dostávat do potíží z hlediska akceptace. Pro potenciální rozdělení rizika a respektování předpokladu, že realizační kapacita bude muset být distribuována, byla pro zavedení NpřIT Anglie rozdělena do regionálních klastrů a každý z nich měl být administrován jiným poskytovatelem služeb (LSP's) zodpovědným za funkcionalitu a provoz. Na tyto poskytovatele služeb bylo vypsáno rozsáhlé výběrové řízení s významnou náročností přípravy jak ze strany zadavatelského týmu tak na straně uchazečů o dodavatelství. Po více než ročním průběhu byly nakonec ustanoveny týmy a kontrahovány regiony následujícím způsobem:

- a) North, Midlands, and Eastern (NME) - CSC
- b) London - BT Health London (British Telecom)
- c) North East and East Midlands - Accenture
- d) Southern - Fujitsu Alliance

Nad rámec LSP's, byly uzavřeny kontrakty s National Application Service Providers (NASP's) pro společné služby, mezi kterými byly opět British Telecom, Atos a společnost Cable and Wireless.

Vzhledem k problémům v organizaci a vedení projektu ovšem původní schéma dodavatelů postupně přestávalo existovat, řada významných firem projekt opustila i za cenu ztrát a pokut v řádu desítek a stovek milionů liber a cíl rozložení rizika a kapacit mezi více dodavatelů se tak nepodařilo naplnit.

2.2.3. Východiska komplikací v programu

Existuje řada článků a expertních rozborů situace kolem NpflT [3], které se zaměřují na jednotlivé aspekty programu a jejich silné a slabé stránky. Z hlediska segmentace problematiky vystupují jednoznačně do popředí faktory související s organizací a způsobem řízení programu a jeho komponent. Jednalo se zejména o okolnosti související s :

- Exekutiva projektu neposkytovala konkrétní informace o postupu projektu a postupu na různých úrovních přes komplexní dodavatelskou strukturu.
- Od počátku iniciativy byla podceněna komunikace o cílech a důvodech projektu.
- Neexistoval samostatný program řízení změn a zabezpečení porozumění, akceptace a udržitelnosti mnoha změn odbornou veřejností a klíčovými zájmovými skupinami.
- Nebyla věnována dostatečná pozornost bezpečnosti a zabezpečení dat a nezávislému auditingu této problematiky.
- Od roku 2005 postupně začali odpadávat první dodavatelé, problémy s realizací projektu postupně přinesly příliš mnoho změn ve struktuře dodavatelů.
- Nejasně definované zadání projektů a nejasně definované parametry úspěchu projektů a hranice zodpovědnosti dodavatele a zákazníka.

Praktický dopad na realizaci projektu začal indikovat vážné těžkosti zhruba od roku 2005, kdy se započala změna ve struktuře dodavatelů a její konsolidace směrem k méně subjektům, které ještě byly ochotny nést závažná rizika programu. S postupným vývojem programu a jeho oslabováním z hlediska politického krytí byly potom od roku 2007 proběhly první veřejná přiznání zpoždění a těžkostí v celém programu. Po přetrvávající nemožnosti nastartovat realizaci v relevantním měřítku pak v roce 2011 NHS oznamuje ukončení programu po devíti letech a 1,8 mld utracených liber (z plán. rozpočtu téměř 11 miliard britských liber). Nad rámec odpisu většiny této sumy z veřejných peněz se vytvořily také obrovské ztráty na straně dodavatelů, v nejhorších případech až ve stovkách milionů liber podle předpokládaných odhadů a analýz [3].

2.2.4. Poznatky a poučení

Vývoj situace v rámci NpflT přinesl postupně několik vln komplikací a problémů,

kteří ve svém důsledku a při skutečnosti navrhování nemožnosti naplňovat očekávané záměry vedly až k celkovému zrušení programu bez bezprostřední náhrady. Podle dostupných analýz [3] je možno nastínit několik oblastí poučení pro problematiku obdobného rozsahu a cílů.

- **a) Nesnažit se vyřešit vše najednou**

NHS IT systém zahrnoval zcela nový HW, SW a byl proto velmi složitý a komplexní, protože se v něm střetávalo příliš mnoho zájmů a souvisejících konfliktů.

- **b) Nedělat změny v zadání v průběhu implementace**

Nejčastějším zdrojem chyb a zdržení byl tlak uživatelů na změny v průběhu implementace. Byla zanedbána fáze definice a zapojení uživatelů do této fáze, řízení změn a lidského faktoru v projektech a místo byla snaha v projektu „dohnat“ nespokojenost uživatelů nekonečnými předělovkami funkcionality. Chyběla silná metodologie řízení změn a práce s definicí a uživateli.

- **c) Funkční dodavatelská struktura**

Velké množství dodavatelů znamená více administrativní režie a složitější koordinaci. Dalším problémem byly překryvy mezi jednotlivými nakontrahovanými dodavateli v rozsahu jejich díla a zodpovědnosti.

- **d) Nikdy nepodcenit práci s uživateli**

Nejčastější kritika NPfIT byla ohledně ignorování uživatelů. Většina projektu byla řízena jako IT projekt za zcela nedostatečného zapojení uživatelů, řízení změn a odpovídající komunikace se stakeholdery. Řízení změn musí být významná – jestli ne nejvýznamnější součástí e-health projektu s významným samostatným rozpočtem. Byly bohužel ignorovány varovné signály již z úvodních částí realizace a zjištění z pilotních projektů – zejména evidentní nutnost většího zapojení koncových uživatelů i pacientů do návrhu systému. V neposlední řadě se velmi negativně projevil silový přístup ve formě rozhodování „shora“ kombinované s politickým tlakem (výsledky v nereálně blízkém čase) stejně jako nevhodný management procesu (anglická administrativa řídila projekt jako jiné projekty nákupu zboží/služeb, místo toho aby se upřednostnila spolupráce mezi různými skupinami uživatelů, regionálních organizací(trustů), profesních skupin a dodavatelů).

3. Shrnutí a hodnocení

Nad rámec uvedených evropských příkladů snah o realizace e-health existuje celá další řada jiných a neméně zajímavých poznatků z projektů v jiných částech planety. Kupříkladu v Kanadě je od roku 2001 zřízena organizace Canada Infoway pro financování a kontrolu zavedení e-health, která se zaměřuje na definici standardů a požadavků na projekty a ponechává vlastní realizaci na jednotlivé provincie země. Funguje přitom jako strategický investor, když selektivně financuje projekty které splňují zadávaná kritéria z federálních prostředků, ale přitom nechává na volnosti provincií další případné aktivity a realizace. Je tak možno zohlednit rozdíly v prioritách, jazycích a kultuře

a dosahovat pozoruhodných výsledků v provázanosti a dostupnosti informací při značné rozdílnosti různých softwarových aplikací používaných jednotlivými provinciemi.

Dalším zajímavým programem e-health je iniciativa v Saudské Arabii, která má za cíl jednak budování systémů výměny informací ale také posílení celkové informatizace v existujících a budovaných nemocnicích, protože systém poskytování péče prochází v nynější dekádě obdobím bouřlivého rozvoje a budování. Ministerstvo zdravotnictví Saudské Arábie tak od roku 2009 postupně zkoušelo vypisovat výběrová řízení na nákup sjednocených nemocničních systémů, po zrušení tendru bez výběru dodavatele se aktivity soustředily na výběrové řízení na projektovou kancelář e-health o rok později. Ani tato aktivita ovšem neměla naplnění a mezinárodní tendr byl také zrušen. Organizátoři si uvědomili potřebu posloupnosti kroků a proto finálně vypsali v r. 2011 výběrové řízení na strategii e-health, kterou úspěšně realizovali a stala se základem pro následný řetězec prací a projektů probíhající od té doby. Je evidentní, že snaha o nalezení správné cesty vpřed byla motivována úsilím o úspěch programu spíše než snahou uspořít či politickými výkyvy v prostředí stabilní ropné monarchie.

Bylo přitom definováno několik principů rozvoje e-health, které vzhledem k jejich zjevné obecnější platnosti je možno zde uvést:

- Nejprve do šířky, potom do hloubky. Posloupnost zavádění e-health zaměřit na jednoduché základní komunikační funkce e-health s dopadem na co nejširší okruh uživatelů, přičemž až po dosažení tohoto cíle a jeho stabilizace je fázovaně zaváděna další, komplexnější funkcionalita.
- Strategický rámec e-health s jasně komunikovanouází východisek a racionalizace cílů z pohledu pacienta, poskytovatele i zdravotního systému.
- Zaměření na přidanou hodnotu pro lékaře – již první projekty musejí přinést praktické, měřitelné dopady pro lékaře a další zdravotnické profesionály, přičemž hodnota by měla být spíše v klinické – lékařské části než v pouze ekonomické.
- Měření přínosů. Je velmi přínosné definovat sadu oblastí přínosů přes skupiny uvolnění kapacit poskytovatelů efektivnější komunikací, finanční úspory díky omezení duplikovaných vyšetření a medikací či zlepšení měřitelných parametrů interních procesů v organizaci nemocnic s důsledky například ve snížení délky pobytu a současně i výskytu rehospitalizací.
- Využití e-health jako katalyzátor změny, zlepšení organizace a transparentnosti zdravotnictví a realizovat koncept učící se organizace, kdy se aktivně odstraňují bariéry pro procesní a provozní zlepšení a kontinuální efektivizaci.

Analýza nad různými organizačními modely potom nabízí řadu východisek a možné dobré praxe pro národní projekty a e-health programy. Je evidentní, že organizace e-health musí zodpovědět na řadu zásadních otázek již od začátku programu ve smyslu vlastnictví projektů, udržitelnosti v rámci politických

turbulencí a zodpovědnosti organizační i technické. Zkušenosti z úspěšných programů pak jednoznačně ukazují na potřebu vybudovat organizační zázemí e-health a odpovídající personální kapacity. Vzhledem k rozsahu a očekávané délce trvání e-health (po rozběhnutí prvních funkcionalit bude spíše následovat další bouřlivý rozvoj, nežli utlumování) se jedná spíše o budování nových struktur s rostoucí tendencí než dočasných týmů s převahou externích či dodavatelských zdrojů. V následující ilustraci by se dalo znázornit možné logické odstupňování vedení programu a nutných zdrojů:

Organizační hierarchie	Charakter zdrojů	Alokace lidských zdrojů v ekvivalentech trvalého úvazku
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> Ministerstvo Zdravotnictví Sborná úloha, financuje a připravuje legislativu </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> Strategie e-health programu Definuje strategii, plán zavádění a dohled </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Realizace e-health program Implementuje strategii vlastními silami a dodavatelsky </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> Pracovní skupiny Dočasné (trvalé, zástupci MZ) </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> Rada e-health Zástupci ministerstva a ostatních stakeholderů </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> E-health agentura Instituce účelově zřízená za předpokladu samostatnosti a dlouhodobé udržitelnosti agentury </div>	<p>Dočasné alokace části časového fondu nejvyššího vedení a pracovníků útvarů (zlomky, jednotky)</p> <p>Trvalá alokace části fondu z ministerstva a externích institucí (zlomky, jednotky, desítky)</p> <p>Plné úvazky profesionálů ve stabilizované instituci/agentuře (desítky, stovky)</p>

Tabulka 3 — Organizační hierarchie e-health a alokace lidských zdrojů

4. Závěr

Závěrem je možno zdůraznit prostupující zjištění o důležitosti a zásadním významu organizačních parametrů implementace programu e-health. Vzhledem ke komplexnosti, strukturálním změnám a dosahu na celý zdravotní systém je problematika zavádění e-health v mnohém nová a exponuje nedostatečnou připravenost a nekompatibilitu existujících organizačních struktur a zvyklosti v rámci státní správy. Na druhé straně je k dispozici plejáda příkladů z dobré praxe stejně jako z neúspěšných projektů, které je potřeba studovat a po úpravách aplikovat do e-health praxe pro dosažení snížení rizika neúspěchu programu se všemi dopady na otázky finanční, politické a také i veřejného mínění.

Literatura

- [1.] Danish Ministry of Health (2012). *eHealth in Denmark*, Kodaň, Dánsko.
<http://www.sum.dk>
- [2.] Canada Health Infoway (2007). *Advancing Canada's next generation of healthcare*, www.infoway-inforoute.ca, Toronto, Kanada
- [3.] Internetové zdroje o NHS z období 2009-2012.
 - NHS to overhaul £11bn IT project
 - CSC writes off \$1.49 billion on bungled NHS IT project
 - National Health Service computer fiasco boosts patient-run records scheme
 - Fujitsu bows out in latest NHS IT fiasco

Kontakt:

Matěj Adam

IBM Healthcare

V Parku 2294/4

148 00 Praha

Česká Republika

tel. +420272131307

email: [*matej.adam@cz.ibm.com*](mailto:matej.adam@cz.ibm.com)

ZOTERO A DALŠÍ POMOCNÍCI VÝZKUMNÍKA

Jan Hendl

Anotace

Osobní bibliografický program Zotero je volně dostupný program, který pomáhá výzkumníkům v oblasti biomedicíny shromažďovat, organizovat, citovat a sdílet dokumenty nejrůznějšího charakteru.

Zotero má schopnost automaticky rozpoznat typ dokumentu a umožňuje správný způsob jeho zařazení do bibliografické databáze. Je možné s ním organizovat jednotlivé citace nebo celé dokumenty stažené z internetu nebo získané z bibliografickou databází (např. Medline). Umí také pracovat s audio a video soubory nebo s celými webovými stránkami. Data lze ukládat normálně nebo na internetovém úložišti. Zotero automaticky indexuje obsah uloženého záznamu, takže urychluje jeho pozdější vyhledání.

Autor zprávy zařazuje citace do své práce podle daného standardu a vyhotovuje pomocí Zotera seznam citací v požadovaném formátu. Zotero dokáže realizovat mnoho specifických formátů vědeckých časopisů.

Príspevek identifikuje jednotlivé vlastnosti programu Zotero a porovná jejich kvalitu s ostatními podobnými programy.

Klíčová slova:

počítačový program, internet, bibliografie, dokumentace, Zotero, EndNote, Mendeley

1. Úvod

Počítač se uplatňuje v mnoha situacích našeho života, zvláště dobře zvládá opakující se jednoduché logické operace, což lze výhodně využít při organizování literatury. Tato činnost nepochybně patří k těm nejméně oblíbeným v práci aktivního výzkumníka. Vhodný software může v této souvislosti ušetřit hodně času. Dnes máme k dispozici mnoho programů, které můžeme označit jako programy pro správu citací. Některé jejich funkce jsou více méně standardní. Uchovávat citace, sestavovat seznamy použité literatury, organizovat záznamy, vyhledávat je. Tyto programy představují fixně naprogramované databázové systémy se specifikovaným účelem. Komerční systémy tohoto typu jsou poměrně dobře známé. Jedná se například o EndNote, RefWork nebo Procite. Systémy pro organizování bibliografických záznamů mohou být jednoduché nebo velmi technicky náročné, volně dostupné nebo finančně značně nákladné. V našem příspěvku zmíníme novější program Zotero a krátce i systém Mendeley (1, 2, 3, 4). Oba tyto programy se vyznačují použitím nejmodernějších prvků pro správu bibliografických záznamů.

Zotero

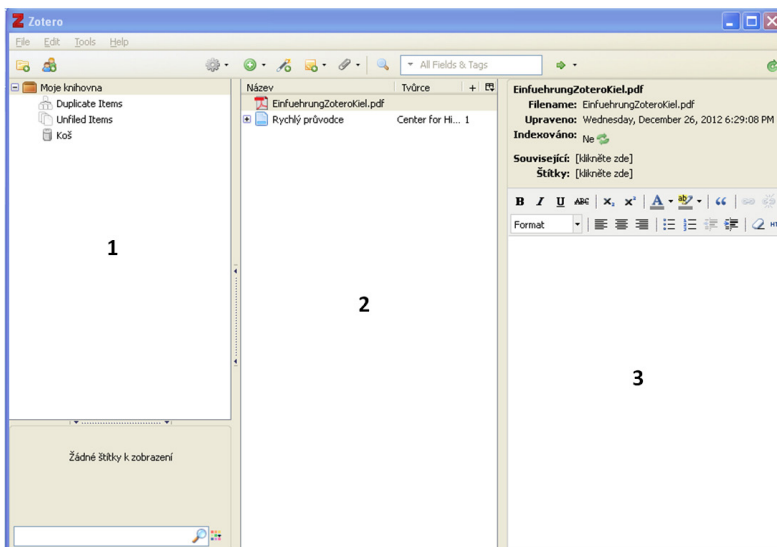
Mezi perspektivní programy pro organizování bibliografických záznamů patří jistě Zotero. Zotero je volně šířený bibliografický software, jehož první verze byla dostupná jako plug-in pro prohlížeč FireFox. V současnosti také existuje

jeho verze jako samostatného programu. Uživatelé umožňuje zařazení, organizaci bibliografických záznamů a sestavování seznamů použité literatury (článků, knih, www stránek) při vědecké práci. Zotero vychází z toho, že dnes se provádějí rešerše většinou on-line a že se také on-line informace citují. Když vytváříme vědeckou publikaci, můžeme se odkazovat na záznamy v Zotero, který posléze automaticky sestaví seznam použité literatury.

Uvedeme přehled základních funkcí a vlastností tohoto programu:

- Integrace do prohlížeče FireFox nebo samostatné fungování
- Automatické uchování bibliografických informací z webových stránek nebo knihovních katalogů
- Integrace mnoha elektronických formátů (pdf, video, celé WWW stránky)
- Integrované vyhledávání v celém textu (také u pdf souborů)
- Zhotovování snímků webových stránek
- Připojení klíčových slov a poznámek k záznamu
- Export bibliografických údajů v mnoha formátech Automatické zhotovování seznamů použité literatury v programech OpenOffice, Microsoft Word, NeoOffice
- Výběr mnoha citačních stylů (APA, ČSN, atd.)
- Možnost propojování více uživatelů

Zotero se uživateli nabídne pomocí rozhraní se třemi okny (obr. 1):



Obrázek 1 — Tři okna uživatelského rozhraní programu Zotero

Okna označíme čísly a popíšeme jejich funkci.

1. struktura složek knihovny (okno vlevo)
2. obsah aktivní složky (okno uprostřed)
3. vlastnosti právě vybrané položky ve složce (okno vpravo)

Uživatel může vytvářet podsložky uvnitř okna 1), které obsahují záznamy znázorněné v oknu 2, v oknu 3) uživatel pracuje s jednotlivými záznamy. Přidávání nových záznamů je možno řešit ručně, importem z některých jiných programů nebo přímo analýzou informací na WWW stránkách (stránky k tomuto účelu musí být přizpůsobeny). Ručně je možno přidat citační zdroj volbou správné formy citační položky (např. článek, kniha, apod.). Je však pohodlnější přidávat záznamy jako jsou webové stránky, články nebo jiné publikace přímo z internetu. To usnadňuje vyvarovat se chyb, kterých se dopouštíme, jestliže vkládáme záznamy ručně. Zotero spolupracuje s množstvím různých bibliografických databází. Jestliže danou databázi Zotero pozná, objeví se na řádce s internetovou adresou ikona (viz obrázek 2), která signalizuje rozpoznání databáze, při otevření databáze se pak u každého záznamu databáze objeví další ikona.



Obrázek 2 — Ikona rozpoznání databáze systémem Zotero v prohlížeči Firefox

Po kliknutí na tuto ikonu se záznam automaticky zařadí do databáze v Zotero. Informace o článku obsahuje autora, název, abstrakt a další bibliografické informace. Můžeme použít další funkce k přidání poznámek nebo klíčových slov.

Systém Zotero (dostupný na <http://www.zotero.org>) byl navržen pro více operačních systémů s funkcemi citačního bibliografického softwaru jako shromažďování, organizování, vyhledávání a citování. Snadno zachytí dostupnou bibliografickou informaci pomocí několika kliků myši jako jednu citaci nebo spojí více citací při prohlížení webové stránky obsahující článek nebo relevantní informace. Počet www stránek a bibliografických databází, které podporují takovou činnost stále roste a patří k nim například Web of Science, PubMed, ScienceDirect, GoogleScholar, Google Books, Wikipedia, Amazon a další.

V Zotero je možné synchronizovat a ukládat privátní databázi na úložišti www.zotero.org. Po vytvoření účtu je možné ji uložit online. Pomocí tohoto účtu je možné sdílet záznamy s ostatními výzkumníky a uživateli Zotero.

Mnoho časopisů zařazuje jako identifikátor článku DOI značku (Digital Object Identifier) spolu s Crossref aPMID (PubMed Identification Number) u časopisů indexovaných v PubMed. Každé DOI jednoznačně identifikuje informační jednotku. Citace může být přímo importována do Zotero databáze použitím DOI, PMID nebo ISBN (v případě knihy).

Zotero není určen pouze pro citování. Podobně jako jiné systémy (např. program Mendeley) má funkce pro importování pdf a HTML souborů, poznámkování, indexování zachycených souborů, jejich prohledávání a také pro synchronizaci a sdílení ve volně dostupném paměťovém prostoru. Také může zobrazit studie na grafické ose podle měsíce a roku publikování, což je funkce, kterou v jiných systémech nenalezneme. Jedinou funkcí programu Zotero je také automatická detekce vhodných doprovodných zdrojů jako například internetové stránky vydavatelství dané knihy. V Zoteru je možné se dostat k volně dostupnému zdroji, protože Zotero automaticky zjišťuje, který kanál předplacený institucí uživatele, vede k tomuto zdroji. Tato vlastnost může ušetřit výzkumníkovi mnoho času.

Porovnání Zotero a EndNote

Mnoho autorů program Zotero srovnává s komerčním systémem EndNote. Provedeme to také.

EndNote je komerční referenční manažer od firmy Thomson Reuters. Jedná se o klasický profesionálně propracovaný software pro správu citací, který je pomocníkem pro tvorbu a správu citací stejně jako Zotero. EndNote je přímo napojen na Microsoft Office Word, takže citace do svých článků lze pohodlně vkládat přímo při psaní. Zároveň je možné EndNote používat v OpenOffice Writeru a má i export do BibTeXu. Vedle EndNote také známe od stejné firmy program EndNote Web jako internetovou aplikaci. Tento program je na mnoha vysokých školách licencovaný, takže je pro studenty volně dostupný.

Zotero se v některých vlastnostech odlišuje od systému EndNote.

Cena

- Zotero: zdarma
- EndNote : 400 Euro

Hlavní systém práce

- Zotero: přímé ukládání záznamů z prohlížeče
- Endnote: vyhledávání v různých bibliografických databankách a následný import výsledku hledání z použité databanky.

Křivka učení

- Zotero: jednoduše ovladatelný
- EndoNote: relativně komplexní program s plochou křivkou učení a delší doba k zaučení

Kompatibilita s jinými programy

- Zotero: Microsoft Word (Mac i Windows), OpenOffice (Mac i Windows), NeoOffice (Mac)
- EndNote: Microsoft Word, Apple Pages, OpenOffice Writer 3

Profesionalita

- Zotero: u produktu zdarma překvapivě vysoká profesionalita zpracování, některé vlastnosti se stále vyvíjejí, například nesouhlasí někdy použité styly zcela s jejich definicí

- EndNote: velmi profesionální, vypořádá se i s komplikovanými řídkými případy citování.

Na rozdíl od podobných programů je Zotero velmi rychlý při shromažďování dat, kompatibilní s mnoha operačními systémy a snadný k naučení. Podporuje volně dostupné nebo komerční slovní editory. Dokáže také exportovat data do zmíněného programu EndNote. Výzkumník, který je zvyklý na EndNote, může využít Zotero pro shromažďování citací a pak je převést do EndNote pro další zpracování.

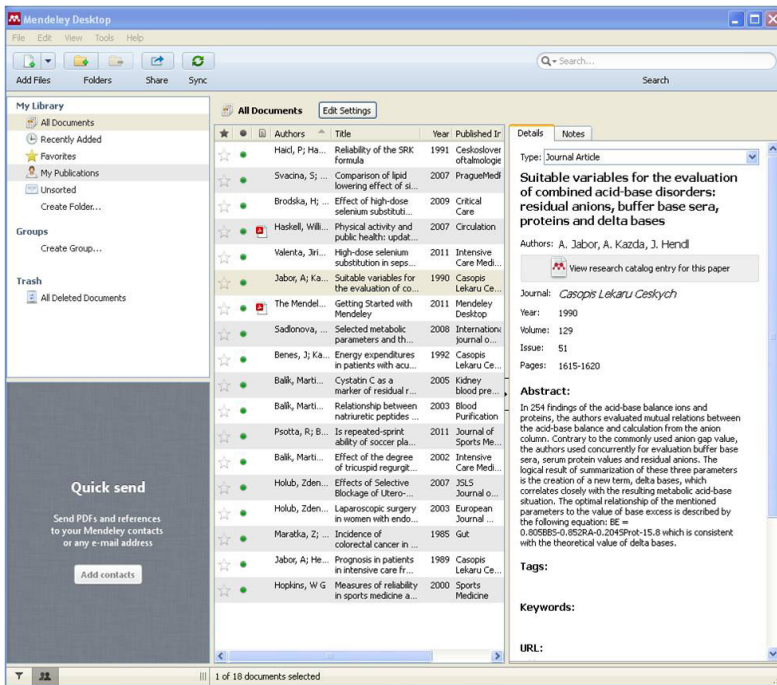
Systém Mendeley

Konkurentem mezi volně dostupnými programy založených na moderní knihovnické filosofii je pro Zotero program Mendeley (dostupný na <http://www.mendeley.com>). Ten má podobné vlastnosti jako Zotero. Jeho autoři ho popisují jako správce citací a publikací, který umožňuje vytvořit si vlastní publikační databázi, vyhledávat v ní a mít ji neustále synchronizovanou a dostupnou na všech počítačích, na nichž je Mendeley nainstalováno. Uvedme pro doplnění některé jeho vlastnosti. Mendeley pracuje s klientem nejen pro Windows, ale i pro Linux. Při jeho stahování a instalaci je nutné se zdarma zaregistrovat. Děláme to proto, aby se osobní databáze uživatele synchronizovala s webovým úložištěm a současně aby uživatel měl k dispozici stejné články na všech počítačích s nainstalovaným klientem Mendeley. Jednotlivé záznamy je možné buď vytvářet, nebo automaticky importovat (podobně jako v Zotero nebo v Endnote). Máme-li plný text v elektronické podobě – pdf, uložíme-li ho do systému, ten se pokusí získat jméno dokumentu, autory a další informace a z nich poté dohledává ve vlastní databázi a doplní všechny ostatní informace jako časopis, ve kterém článek vyšel, rok, strany, citační klíč a mnohé další. Ke každému záznamu lze trvale přiložit plný text, pokud máme jeho plný text v digitální podobě.

Na rozdíl od Zotero umožňuje Mendeley vytvářet sociální síť a sdílet záznamy s kolegy. Jeho síla spočívá v jednoduchém zařazení do databáze všechny pdf dokumenty, které se nacházejí v počítači nebo někde jinde na internetu. Systém Mendeley se osvědčuje při prozkoumávání databází stovek milionů zdrojů, které shromáždili jeho uživatelé. Při tomto prozkoumávání se přesvědčíme, kolik jiných výzkumníků zařadilo určitou práci do své databáze, což funguje jako jistý typ doporučení. Pro prohledávání běžných bibliografických databází tuto informaci nezískáme.

Obrázek 3 obsahuje hlavní okno systému Mendeley.

Je nutné vybrat si mezi Zotero a Mendeley? Toto rozhodnutí není zapotřebí provést, protože můžeme najednou využívat oba systémy. Mendeley lze nastavit tak, že každý záznam zařazený do Zotero se automaticky přehraje také do Mendeley, takže lze využít přednosti Zotero při stahování informací ze stránek internetu a používat přátelštější rozhraní systému Mendeley. Další doporučení uvedeme v následujícím odstavci



Obrázek 3 — Hlavní okno systému Mendeley

Porovnání a doporučení (Zotero, Mendeley, EndNote)

Základní vyhodnocení a doporučení k použití systémů Zotero, EndNote a Mendeley nalezneme v tabulkách 1 a 2, další podrobnější srovnání lze vyhledat na internetu (např. ve Wikipedii).

Potřebujeme:	Použijeme:	Proč:
...pracovat s několika počítači nebo z několika míst.	Zotero Mendeley	Zotero ukládá knihovnu lokálně, ale synchronizuje jí s ostatními počítači. Mendeley je program lokálně na počítači, ale synchronizuje s účtem na internetu.
...pracovat bez připojení do internetu.	Zotero Mendeley EndNote	Zotero, Mendeley a EndNote ukládají citace lokálně.
...archivovat WWW stránky a importovat citace ze zdrojů jako Amazon, Flickr, a Medline.	Zotero	Zotero umožňuje ukládat snímky stránek a poznámkovat je. Má výhody při stahování citačních informací z WWW stránek, z internetových publikací a některých sociálních sítí..

Potřebujeme:	Použijeme:	Proč:
...pracovat na skupinových projektech nebo sdílet citace s ostatními.	Zotero Mendeley	Zotero umožňuje sdílet citace prostřednictvím sdílených složek, je možné udělit svolení pro opravy a přidávání citací. Mendeley umožňuje sdílet citace a dokumenty ve skupině až 2 dalších uživatelů nebo vytvořit veřejný seznam otevřený všem.

Tabulka 1 — Doporučení výběru správce citací

Pro doplnění uvedených doporučení poznamenejme, že jestliže chceme pečlivěji organizovat literaturu, pak program Endnote vykazuje stále určité přednosti. EndNote může například automaticky smíchávat citační pole a konvertovat je do jednoho pole. V EndNote je také možné pracovat s různými zkratkami názvu časopisu, v Zotero je možné používat v tomto směru pouze jedno označení. EndNote má také speciální uživatelské rozhraní pro změnu citačních stylů, kdežto u Zotero musíme použít jednoduchý textový editor, což není tak pohodlné.

Tyto vlastnosti jsou vyžadovány uživateli a postupně se k Zotero doplňují. Vlastnosti Zotero jako volná dostupnost a široká komunita spolupracujících uživatelů toto doplňování umožňují.

Požadavek	Zotero http://www.zotero.org/	Mendeley http://www.mendeley.com/	EndNote http://endnote.com/
Založen na použití internetu?	Ano, pracuje s Firefox prohlížečem nebo jako samostatný program, konektor také pro Google Chrome	Ne primárně, ale dovoluje synchronizaci pomocí online účtu	Ne, ale umožňuje transfer knihovny do EndNote Web
Je nutné být online?	Ne	Ne	Ne
Cena	Volný jako základ, náklady s rozšířením kloudové paměti	Volný, náklady s rozšířením kloudové paměti	Komerční
Možnosti slovního editoru	MS Word, Open Office, Google Docs	MS Word, Open Office, LaTeX	MS Office, Open Office, Work Pages
Import z databáze	Ano	Ano	Přímý import ze specifických databází
Poskytovaná vnější kloudová paměť	Bez omezení v lokální paměti, 100MB pro synchronizaci	Bez omezení v lokální paměti, 1GB osobní a 100MB sdíleného prostoru (větší paměť je spojená s jistými náklady)	Neomezená lokální paměť

Požadavek	Zotero http://www.zotero.org/	Mendeley http://www.mendeley.com/	EndNote http://endnote.com/
Připojuje plné texty v PDF (a další)	Ano, s volbou připojit automaticky	Ano, umožňuje anotovat PDF	Ano, může anotovat PDF dokumenty
Vyhledává v plných textech PDF	Ano	Ano	Ano
Vytváří skupinovou nebo sdílenou knihovnu	Ano	Ano, volný pro až tříčlennou skupinu (větší skupiny za poplatek)	Ano, s účtem pro EndNote Web
Vytváří bibliografii v různých stylech	Ano	Ano	Ano
Automatická extrakce z PDF textu	Ano	Ano	Ano
Jiné vlastnosti	Synchronizuje knihovny s více počítači, používá klíčová slova pro vyhledávání	Synchronizuje s více počítači a databází Zotero	Vkládá obrázky a grafy integrovaným slovním editorem

Tabulka 2 — Vlastnosti programů Zotero, Mendeley, EndNote.

Závěr

Zotero byl vytvořen jako pomocník výzkumníka a může být uplatněn v několika kontextech. Zotero se především využije při ukládání zdrojů a vytváření biografií. Příslušné akce se naučí uživatel ve velmi krátké době. Funkcionalita Zotero umožňuje vytvářet poznámky pod čarou nebo odkazy v textu, následně pak vytvořit seznam použité literatury v mnoha stylech. Možnosti Zotero usnadňují vytváření takového seznamu za každou kapitolou u delších prací. Systematické doplňování bibliografické databáze pomáhá výzkumníkovi sledovat vývoj v oboru a navrhovat nové projekty. Knihovníkům pomáhá Zotero při sledování práce pracovníků instituce například v tom, že umožňuje ukládat odkazy na práce, které citují články zaměstnanců instituce. Zotero poskytuje funkcionalitu pro přidávání metadat k obrázkům, takže k vlastnímu obrázku uloží jméno autora, poznámku a další informace. Totéž je možné u zvukových nahrávek a videa.

Funkční možnosti Zotero přinášejí výhody nejenom pro uživatele z akademické oblasti. Usnadňuje kreativní práci každému, kdo potřebuje organizovat informační objekty všeho druhu.

Rychlá a pohodlná možnost stahovat data a kompatibilita systému Zotero

s ostatními podobnými aplikacemi vede k synergii a urychluje proceduru psaní vědeckého článku. Tato procedura patří mezi životně důležité v době, která se řídí heslem „publish or perish!“. Proto jsme čtenáři o tomto systému poskytli základní informace a doplnili je údaji o podobně perspektivním systému Mendeley.

Každý výzkumník má osobitý přístup k práci s bibliografickými informacemi. Existuje mnoho prostředků, které pomáhají zvolit vlastní cestu. Vedle programů jako Zotero, Mendeley a EndNote jsou vhodné také volné programy jako Evernote, Diigo a Instapaper. Organizace informací v počítači je kritickým bodem v každém výzkumném projektu. Proto se doporučuje, zamyslet se nad jejich možnostmi a vybrat ty, které nám mohou ušetřit jinde potřebný čas.

Literatura

- [1.] Ahmed KK, Al Dhubaib BE. Zotero: a bibliographic assistant to researcher. *J Pharmacol Pharmacother* 2011;2:303-5.
- [2.] Gilmour R, Cobus-Kuo L. Reference management software: a comparative analysis of four products. *Issues in Science & Technology Librarianship* 2011;66:63-75.
- [3.] Kern MK, Hensley MK. Citation Management Software: features and futures. *Reference & User Services Quarterly* 2011;50:204-8. Ahmed, 2011
- [4.] Puckett, J. Zotero: a guide for librarians, researchers and educators. *American Library Ass.* 2011

Kontakt:

J. Hendl
FTVS UK
José Martího 31
162 52 Praha 6
e-mail: hendl@ftvs.cuni.cz

MODEL CIRKULACE, PŘENOSU KREVNÍCH PLYNŮ A ACIDOBÁZE JAKO ZÁKLAD PRO SYSTÉM PODPORY ROZHODOVÁNÍ

Filip Ježek

Abstrakt

Na jednotce intenzivní péče se často setkáváme s pacienty v kritických stavech, kde je nejdůležitější zachovat základní životní funkce.

K diagnostice můžeme mít dvojí přístup - první vychází z čistě mechanistických představ a přesných znalostí závislostí, ve druhém hraje velkou roli intuice a zkušenosti. V praxi jde samozřejmě vždy o kombinaci obou. Avšak na rozdíl od intuice, propojení a závislosti nám může pomoci pochopit stroj.

Vytvoříme-li jednoduchý model, který budeme schopni z rutinně dostupných měření individuálně identifikovat, jsme schopni lépe v každodenní praxi chápat vnitřní stav pacienta a poloautomaticky predikovat jeho vývoj.

Na základě mnohonásobného používání systému dostaneme sadu dat s vývojem určené diagnózy. Na základě typizovaných postupů a rizik můžeme podpořit rozhodování lékaře.

Příspěvek představuje koncept systému a shrnuje fáze a úskalí celého projektu. Cílem je vyvolat diskuzi o potřebnosti takového systému a o jeho praktické využitelnosti.

Klíčová slova

identifikace, model, fyziologie

Úvod

Moderní medicína využívá moderních technologií a metod k lepšímu chápání stavu pacienta. Ale abychom chápali stavy a děje probíhající v pacientovi, musíme nejprve porozumět fyziologickým závislostem.

Uřčit diagnózu lze v zásadě dvojím způsobem. U prvního přístupu si tvoříme mentální model pacienta a jeho vnitřních procesů a upravujeme ho podle aktuálních dat. Druhý přístup vychází z odpozorovaných zkušeností a spoléhá na model statistický. V technice podobně označujeme přístupy jako "white box" (průhledná krabice, kdy víme co se děje uvnitř) a "black box" (uzavřená, neprůhledná krabice, můžeme pozorovat jen vstupy a výstupy, ale vnitřní strukturu neznáme).

Z podstaty ohromné složitosti člověka jako systému nelze používat výhradně ani jeden ani druhý model, ale vždy jejich kombinace. Nicméně stejně, biomedicínské inženýry mají tendenci vnímat pacienta spíše jako white-box, někdy možná příliš zjednodušený. Naproti tomu lékaři využívají více svou zkušenost a někdy opominají skryté vazby. Oba tyto přístupy mohou být přiřazeny člověku i stroji.

Naším cílem je vyvinout pomocné zařízení pro lékaře, které jim bude pomáhat utvářet lepší představu o vnitřních procesech v pacientovi v akutních stavech, tím oba přístupy lépe zkombinovat a tím zlepšit diagnostiku. Tento článek má prozkoumat možnosti takového zařízení a prezentovat projekt.

Personalizovaná medicína

Termín personalizovaná medicína je poslední dobou téměř trendem, jak díky pokrokům v genetice, zobrazovacím metodám, které umožňují 3D rekonstrukci vnitřního prostředí pacienta a následné úpravy terapeutických zásahů. Obecně jsou tyto metody založené na získávání specifických vlastností pacienta, spočítání dříve neznámých specifických parametrů a následnou úpravu péče. Tento přístup sice bývá ekonomicky náročnější, má však jednoznačné terapeutické výhody oproti přístupům, které individualitu nezohledňují [1].

V našem přístupu se místo strukturálních interindividuálních rozdílů zabýváme spíše aktuálním stavem pacienta, který se liší nejen mezi jednotlivými pacienty, ale mění se i pro stejného pacienta v čase.

Homeostáze

Pro zdravý organismus je důležité udržovat homeostázu, jinými slovy udržet stabilní vnitřní prostředí. Cirkulace v tom hraje jednu ze zásadních rolí, je ale nutné si uvědomit, že cirkulace nesestává pouze z hydrauliky, ale je složitým systémem chemických, fyzikálních a nervových subsystémů a regulátorů, které jsou všechny důležité pro udržení organismu na živu. Biologické systémy jsou obecně velice složité a obtížně popsatelné. Proto jejich výzkum vyžaduje vzájemné pochopení účastníků interdisciplinárního týmu.

Model je pouze teorie

Model je teorie, hypotetický vztah nebo proces či, v oblasti fyziologie, naše představa o fungování lidského těla. Pokud takovou představu formalizujeme v obecném matematickém tvaru, můžeme využít automatickou inferenci, jako například automatické řešení rovnic.

Avšak i ty nejkompexnější rovnice jsou pouze odhadem reality. Když dokážeme imitovat chování systému, nazýváme to simulací.

Krátká historie

Formalizované modely můžeme v medicíně najít již od 40. let, kdy byl například vyvinut model neuronu, nebo představen kompartmentový přístup, který se rychle ujal ve farmakokinetice. V 50. letech Hodgkin a Huxley publikovali svůj průlomový model excitace neuronu. Vývoj počítačů v 60. letech vedl k sérii publikací, zabývajících se matematickou formalizací ve fyziologii.

Ovšem k prvnímu rozšíření rozsáhlých fyziologických modelů došlo až v 70. letech. Tentokrát však nenašly většího využití. Další vlna přišla s masovým nástupem osobních počítačů a možností běžného využití výukových simulátorů. Nyní, s řádově vyšším výkonem počítačů, simulátory jsou součástí mnoha výukových nástrojů, jako figurín, virtuálních loutek a podobně. Fyziologické modely také hrají roli ve vyhodnocování klinických dat.

První komplexní integrativní fyziologický model publikoval Guyton ve známém článku "Circulation: the overall regulation" [2]. Od té doby je tento model dále rozvíjen a vylepšován, tak aby vystihoval moderní poznatky o fyziologii. Paralelně se začaly rozvíjet další modely, založené na odlišném přístupu, například Khoo et al a jejich Pneuma.

Historie simulátorů začala s leteckými simulátory ve 30. letech. Ačkoli mnoho principů simulací bylo popsáno již v 60. letech, virtuální realita a figuríny se jako součást lékařského výcviku začínají rozmáhat až v 90. letech, pravděpodobně díky rozšíření a ceně osobních počítačů.

Jedním z dalších důvodů rozmachu pole modelování a simulace v polovině 90 let jsou bezesporu zvýšené možnosti měření a obecně získávání a integraci dat, na kterých výzkumníci mohli založit své modely [3].

Systémy podpory rozhodování mají v medicíně již dlouho své místo. Umělá inteligence v medicíně má široké pokrytí a dlouhou historii. Nemusí být nutně sofistikované na to, aby byly efektivní (například [4]). Jednou z prvních aplikací bylo rozhodování o podávání různých typů antibiotik a i nadále ve farmakologii nacházejí individualizované modely velké uplatnění v návrcích dávkování.

Nicméně, systémy pro simulaci procesů jsou velmi vzácné. První metodologii použití individualizovaného modelu pro predikci stavu pacienta přináší Liščuk et al [5]. Další systémy se zrodily teprve nedávno, například Rees et al. [6], kde automaticky přizpůsobují nastavení umělé ventilace.

Potřeba modelů a systémového přístupu

Statistické analýzy mohou pomoci objevit závislosti, ale neposkytnou nám plný vhled do zodpovědných mechanismů. Jelikož jsou přesně matematicky definované, modely také mohou pomoci vyvrátit zmatky a nepřesnosti [3].

“Největší síla virtuální reality je v možnostech zkoušet a dopouštět se omylů bez následků na zvířeti či pacientovi. A jen díky takovým omylům - a pochopením příčin omylů - se dostaneme na cestu k úspěchu.”

(Richard Satava)

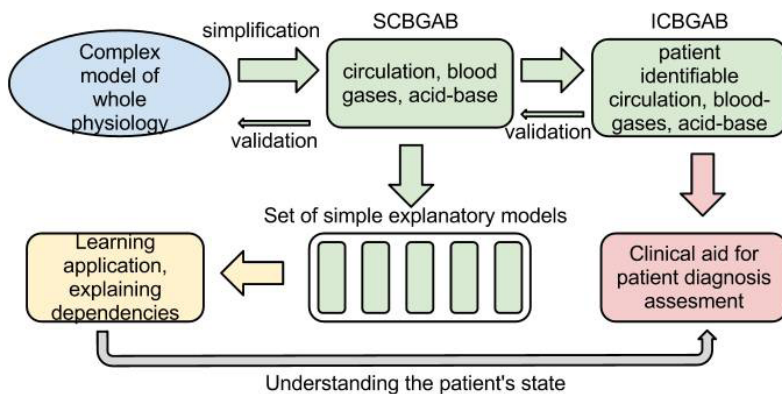
Vizí projektu je zařízení, které je připojené ke všem rutinně prováděným měřením pacienta, identifikuje vnitřní model podle aktuálního pacienta a jeho stavu a také podle dodatečných informací od lékaře dokáže odhadnout diagnózu a simulovat vývoj pacientova stavu.

Cíle

Hlavním cílem práce je vytvořit identifikovatelný model cirkulace, transportu krevních plynů a acidobáze jako základ budoucí klinické rozhodovací pomůcky.

Tato pomůcka je určena pro pacienty na jednotce intenzivní péče v akutních stavech, pooperačních nebo post-traumatických. To je z důvodu možnosti měření a sledování pacienta.

Vývoj bude probíhat ve třech fázích. V první fázi je potřeba adaptovat komplexní model fyziologie, který potom redukuje na zjednodušený model acidobáze a cirkulace. Ve druhé fázi z tohoto modelu připravíme výukové materiály a pomůcky k pochopení složitých dějů. Tyto pomůcky jsou potřeba nejen pro pochopení vnitřního stavu pacienta, ale i pro budování důvěry ve výsledné zařízení. Aby mohl lékař něčemu věřit, musí znát rozsah platnosti a omezení zdravotnického prostředku. Ve třetí fázi odvodíme ještě jednodušší model, který může být identifikovaný na konkrétního pacienta.



Obrázek 1 — Schéma vývoje - SCBGAB - simple model of circulation, blood-gases and acidbase model (zjednodušený model cirkulace, krevních plynů a acidobáze), ICBGAB - idenitifiable model of circulation, blood-gases and acidbase model (zjednodušený model cirkulace, krevních plynů a acidobáze)

Účel kombinace cirkulace, krevních plynů a acidobáze

Dá se namítat, jaký má důvod kombinovat model cirkulace, přenosu krevních plynů a acidobáze, když již máme jednotlivé submodely. Lidské tělo se však nedá rozdělit do samostatných kapitol jako lékařská učebnice, ale vše souvisí se vším. Cirkulace není pouze hydraulika, ačkoli ta je nejlépe pozorovatelná. V emergentních případech je nejdůležitější zajistit přísun kyslíku do tkání, zejména mozku. Ačkoli krev je sama o sobě důležitým orgánem, z této perspektivy je jen transportním orgánem. Rozšíření cirkulace o přenos krevních plynů je tedy důležitým krokem pro odhalení vnitřních stavů pacienta.

Přenos krevních plynů je ale těsně svázán s acidobazickou rovnováhou. Křivka krevní saturace kyslíkem je závislá na pH, které ovšem opět závisí na oxidu uhličitým a jeho disociaci na hydrogenuhličitán a uhlikový iont.

Proto jsou tyto systémy navzájem neoddělitelné a to ani v krátkém časovém měřítku.

Účel identifikovatelného modelu

Klinická pomůcka by měla být užitečná několika způsoby. Zaprvé by měla asistovat lékařům k určení diagnózy tím, že mu bude ukazovat hodnoty, které jsou většinou skryty. Tento koncept lze rozšířit do jakéhosi pomocného rozhodovacího mechanismu, nicméně k tomu nedojde dříve než po pár letech užívání a sběru dostatečného množství dat tak, abychom mohli dělat nějaké závěry. Další možností jsou ve využití vnitřního identifikovaného modelu pacienta a pokračování simulace k odhadování budoucího stavu. Na tomto případě si můžeme zkoušet "co-kdyby" scénáře, například simulace regulace určitých parametrů nebo vliv podání určitých léčiv. Spolehlivost takových

odhadů je ovšem rozporuplná a bylo by potřeba pečlivě zhodnotit meze validity následnou studií.

Díky analýze sensitivity můžeme také lépe rozpoznat důležitý parametr a udržet ho v bezpečných mezích.

Jednoduchý model cirkulace byl v minulosti použit například Liščukem a Burakovskim [5] pro pacienty po srdeční operaci. Model jim pomáhá udržet dostatečně nízký srdeční výdej pro srdeční regeneraci, na druhou stranu dostatečně vysoký pro udržení životních funkcí. Podobný přístup může být nasazen i pro podávání medikamentů.

Jedním z prvních cílů tohoto projektu je reprodukovat podobné možnosti v české klinické praxi. Je totiž nemožné předpokládat výsledné chování modelu a výsledky celého zařízení. Rozdíly mezi pacienty mohou být velké, některé parametry skryté a neidentifikovatelné a podobně. To právě vyžaduje další výzkum na realizovaném modelu.

V klinické praxi je stav pacienta neustále regulován podanými prostředky, ať se jedná o fyziologický roztok, nebo různá léčiva. Tyto prostředky ovlivňují známým způsobem určité fyziologické parametry. Zakomponováním modulu farmakokinetiky můžeme simulovat tyto jevy ještě před jejich podáním.

Simulátory jako výukové pomůcky

Rozsáhlé fyziologické modely jsou většinou využitelné převážně pro vysvětlení, demonstraci a výuku z jednoduchého důvodu: ačkoli celkové trendy a závislosti jsou platné, hodnoty se mezi jednotlivci mohou značně lišit. Komplexní modely jsou nastavené pro imaginární "ideální" subjekty. Navíc musíme vzít v potaz, že i nejkompaktnější model stále neobsahuje a ani nemůže obsahovat skutečně všechny vlivy a parametry. Nejen kvůli jejich složitosti, ale jednoduše proto, že je neznáme. Každý model je pouze zjednodušení reality.

Důležitost výuky pomocí modelů a simulátorů byla mnohokrát diskutována. Jeden příklad za všechny, Rodriguez et al tvrdí, že využití modelů pomohlo subjektivně 70 % studentů [7]. Ke klinické pomůcce musíme proto vytvořit ještě soustavu simulátorů a vysvětlujících textů, aby lékaři dokázali závislostem rozumět a zejména správně odhadnout meze platnosti systému. Vytvořené simulátory budou samozřejmě použitelné i v běžné výuce lékařských oborů.

Identifikace

Identifikace je proces odhadování parametrů, které se obvykle nedají jednoduše změřit. Identifikace je blízkou součástí procesu vytváření modelu. Nicméně, mnoho komplexních modelů bylo identifikováno obecně po částech pro obecného pacienta. Dokud byly tyto modely určeny pro výzkum obecných závislostí, bylo to dostatečné.

Ale dokonce i identifikace lineárních, časově nezávislých systémů je netriviální úloha. Biologické systémy jsou obecně velmi nelineární a časově závislé, navíc oproti umělým systémům jsme omezení možnostmi měření a testovacími vstupy (například sotva použijeme jednotkový skok).

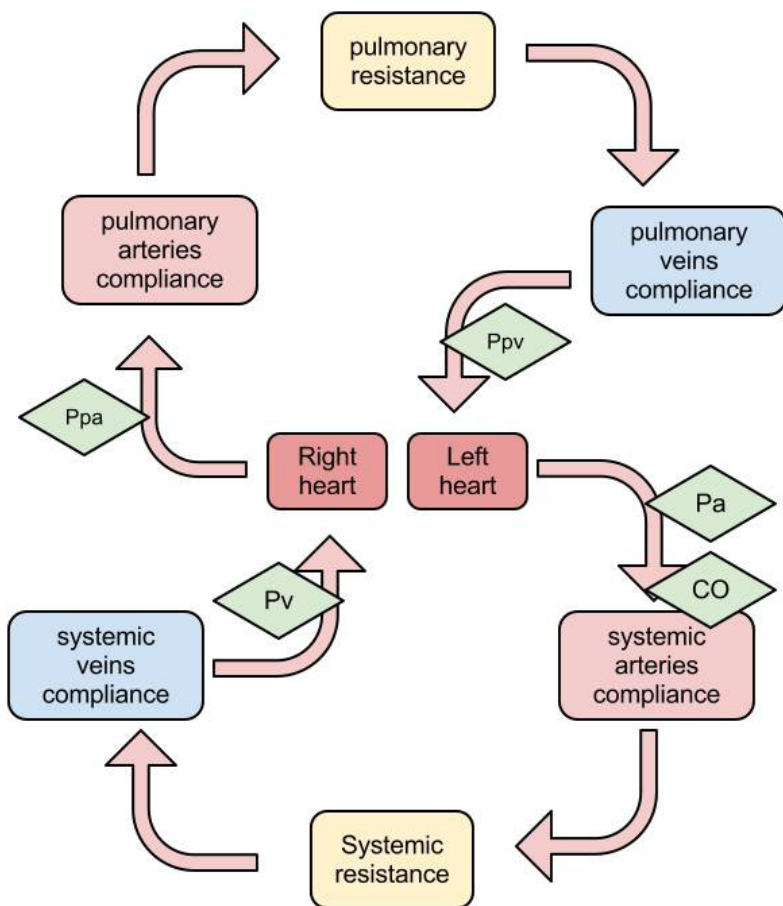
Je zásadní rozdíl v identifikaci dynamického a statického systému.

Pro úvodní experimenty považujeme náš systém za statický, nebo alespoň statický v daném čase. Použitím filtrovacího okna mohou další měření zpřesnit identifikaci a omezit šum.

Existuje mnoho identifikačních metod, většina z nich je ale pro náš případ nepoužitelná. Potřebujeme variantu učení bez učitele, neboť některé hodnoty si nemůžeme ověřit, například vaskulární elasticitu.

Jako první realizujeme identifikaci krevního oběhu. Dodatečné údaje z respirace a acidobáze mohou posloužit ke zpřesnění identifikace.

Metoda identifikace



Obrázek 2 — Jednoduchý model cirkulace. Odhadované parametry v obdélnících, měřené hodnoty v kosočtvercích.

Liščuk et al [8] využívají zajímavého přístupu v identifikaci jednoduchého modelu oběhu. Tento model vychází z běžně používané zjednodušené představy o lidském krevní oběhu, sestávající ze dvou pump řízených vstupním tlakem, pulmonární a systémové rezistence a arteriálních a venózních poddajností. Pokud bychom postupně přidávali všechny regulační mechanismy, skončíme s komplexním modelem ve složitosti Guyton či Hummod, proto je potřeba tak radikálního zjednodušení, abychom měli co nejméně parametrů a identifikace byla realizovatelná.

Model vystačí s měřením všech hlavních tlaků (arteriální i venózní pro systemický i pulmonární okruh) a odhadem výchozího srdečního výdeje podle povrchu těla. Některé parametry jsou spočítány, či lépe odhadnuty, přímo z měření (arteriální a venózní elasticita, periferní rezistence, sklon starlingovy křivky, vše pro pulmonární i systémický okruh). Následnou numerickou iterací se odhad zpřesňuje [5].

Byť se při takto brutální identifikaci musíme dopustit velké chyby, tento model se používá v klinické praxi již více než 40 let s dobrými klinickými výsledky [5]. Celý model je popsán v monografii [8] ale základní rovnice mají daleko starší původ.

Je důležité podotknout, že odhadnuté hodnoty nejsou platné samy o sobě, ale slouží k diferenciální diagnóze, kde jsou zahrnuty dlouholeté zkušenosti s tímto modelem. Za léta si vybudovali databázi měření pro různé diagnózy a jsou schopni srovnávat a z toho vyvozovat závěry, čili samotná metodika měření a identifikace přestává být důležitá.

Modely respirace a přenosu krevních plynů budou vycházet ze standardních přístupů popsaných v [9].

Validace

Jednotlivé modely budou validovány oproti naměřeným datům z literatury. Modely využitě pro výukové simulátory budou zkontrolovány experty. V první fázi nasazení klinické pomůcky se bude pouze zkoumat validita jejich predikcí, teprve po potvrzení mohou být výsledky prezentované lékařům.

Sběr dat

Hledáme partnery z klinického prostředí pro pokračování projektu a sběr dat.

Problematika sběru potřebných dat je rozsáhlá a je potřeba vzít v potaz mnoho faktorů - etických i technologických. Některé pacientské monitory podporují externí datový výstup například pro notebook, u jiných to není možné (ventilační přístroj) a musíme použít jiné techniky, například snímání kamerou a konverzi v reálném čase. Další data můžeme brát přímo z nemocničního informačního systému. Chtěli bychom minimalizovat nutnost dalších měření a vycházet pokud možno jen z již rutinně prováděných.

Mezinárodní spolupráce

V naší laboratoři dlouhodobě spolupracujeme s tvůrci modelu Hummod a nyní navazujeme i spolupráci s Bakulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery Ruské Akademie lékařství (<http://www.bakulev.ru/en/>), kde mají dlouholeté zkušenosti s online identifikací kardiovaskulárních modelů v postoperativní péči.

Úskalí projektu

V průběhu rešeršní studie jsme si všimli, že některé z metod byly již patentovány. Ačkoli je naše úsilí čistě výzkumné, v budoucnu mohou vyvstat problémy při snaze produkt komercializovat.

Velkou neznámou je efektivita samotné identifikace a možnosti získávání dat. Nemůžeme dopředu zaručit, že poskytovaná data budou dostačovat pro požadovanou přesnost systému.

Uvedení jakéhokoli zdravotnického prostředku do praxe je velmi komplikované a nákladné, veškerá měření musí být schválena etickou komisí a ve zdravotnictví existuje velmi silná setrvačnost. Věříme ale, že jde o prospěšný pokrok.

Závěr

Vysvětlili jsme výchozí pozici pro projekt identifikovatelný model pacienta jako základ pro klinickou pomůcku. Dle provedené rešerše takový systém nebyl realizován a existuje jen pár podobných. Poslední dobou získává integrativní fyziologie vzrůstající pozornost s širokým uplatněním od různých výukových pomůcek po oblast výzkumu. Finálním cílem některých iniciativ je vytvoření jakéhosi virtuálního pacienta, nejkompexnějšího modelu, který je schopen simulovat téměř vše, co se v pacientovi děje. Současné výpočetní prostředky tuto cestu do jisté míry umožňují. Nicméně, potenciál online identifikace fyziologických modelů není v současné době rozvinut.

Jako hlavní cíl chceme vyvinout systém podpory rozhodování, schopný identifikovat jednoduchý model cirkulace, přenosu krevních plynů a acidobáze pro pacienta v intenzivní péči. Takový systém by měl umět poskytnout odhad vývoje stavu a "co-kdyby" experimenty. Hlavní úsilí je v tom najít dostatečně jednoduchý model pro identifikaci a naopak dostatečný pro požadovanou přesnost a prozkoumat možnosti získávání dat v klinické praxi.

Doprovodně je třeba vyvinout sadu doplňkových výukových simulátorů, které umožní pochopit funkci zařízení a jeho omezení.

Literatura:

- [1] S.K. Sadiq, M.D. Mazzeo, S.J. Zasada, S. Manos, I. Stoica, C.V. Gale, S.J. Watson, P. Kellam, S. Brew, and P.V. Coveney. *Patient-specic simulation as a basis for clinical decision-making. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1878):31993219, 2008.

- [2.] A.C. Guyton, T.G. Coleman, and H.J. Granger. *Circulation: overall regulation. Annual review of physiology*, 34(1):1344, 1972.
- [3.] J.T. Ottesen, M.S. Olufsen, and J.K. Larsen. *Applied mathematical models in human physiology*, volume 9. Society for Industrial Mathematics, 2004.
- [4.] M. Peleg, N. Lavra, and C. Combi. *Artificial Intelligence in Medicine: 13th Conference on Artificial Intelligence in Medicine, Aime 2011, Bled, Slovenia, July 2-6, 2011, Proceedings*, volume 6747. Springer-Verlag New York Inc, 2012.
- [5.] Liščuk BA Burakovskij BI. *Rezultaty individualnoj diagnostiki i terapii bolnyh ostrymi rasstrojstvami krovoobraženija (na osnove matematičeskich modelej). Krev (Institut kybernetiki imeni BM Glužekova AH USSR)*, 1985.
- [6.] S.E. Rees. *The intelligent ventilator (invent) project: The role of mathematical models in translating physiological knowledge into clinical practice. Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 104:51529, 2011.
- [7.] A. Rodriguez-Barbero and JM Lopez-Novoa. *Teaching integrative physiology using the quantitative circulatory physiology model and case discussion method: evaluation of the learning experience. Advances in Physiology Education*, 32(4):304311, 2008.
- [8.] Kalin CB et al Lishchuk BA. *Strategy of informatization in medicine (in Russian). Moscow*, 2011.
- [9.] J.J. Batzel. *Cardiovascular and respiratory systems: modeling, analysis and control*, volume 34. Society for Industrial Mathematics, 2007.

Poděkování

Práce byla podporována grantem MPO FR-TI3/8.

Kontakt:

Filip Ježek

Katedra kybernetiky, FEL ČVUT

Karlovo náměstí 13

Praha 2

e-mail: filip.jezek@fel.cvut.cz

SADA VÝUKOVÝCH SIMULÁTORŮ - VÝSLEDKY VÝVOJE FRAMEWORKU BODYLIGHT

Filip Ježek¹, Martin Tribula², Jiří Kofránek², Josef Kolman², Pavol Privitzer,² Jan Šilar²

Abstrakt

Pro výuku předmětu Poruchy fyziologických regulací jsme vyvinuli sadu výukových simulátorů.

Jejich základem je snadno přenositelný model v silném modelovacím jazyce Modelica, jehož obliba roste po celém světě. Oproti jiným přístupům k výukovým simulátorům, tyto simulace běží na klientovi přímo ve webovém prohlížeči (v pluginu Silverlight). To nám zjednodušuje instalaci a jelikož celý výpočet běží na klientovi, nemusíme řešit zátěž serverů. Oproti serverovým řešením je tento postup vhodnější spíše pro jednodušší simulace, což je přesně cíl našich výukových pomůcek. Prostředí Silverlight nám poskytuje výhodu pro konverzi na tablety s operačním systémem Windows 8 RT, tyto možnosti budou dále diskutovány.

Po dlouhé době vývoje frameworku jsme tímto produktem vyzkoušeli praktičnost a efektivitu celého prostředí. Příspěvek má za cíl seznámit s jednoduchostí tvorby takových simulátorů a praktickou využitelností ve výuce.

Klíčová slova

simulátor, bodylight, modelica, silverlight, e-learning

Úvod

Tradiční formy didaktických médií, jako jsou text, zvuk, obraz, nebo i pohyblivý obraz se v digitálním světě projeví téměř v nezměněné formě. Zásadní inovací, kterou digitalizace těchto forem médií přinesla, je jejich indexace (možnost prohledávat velké množství dat) a dosažitelnost odkudkoli, případně i možnost jejich přímé editace. Vrcholnou ukázkou možností editace je forma wiki. Klasické formy e-learningu (například LMS typu Moodle) pak přináší několik dalších služeb nad prakticky tradičním obsahem.

Počítačová technologie však nabízí daleko širší výukové možnosti, zejména simulace a virtuální realitu. Virtuální realita je výukové médium budoucnosti, které je zásadní zejména v medicíně:

“Největší síla virtuální reality je v možnostech zkoušet a dopouštět se omylů bez následků na zvířeti či pacientovi. A jen díky takovým omylům - a pochopením příčin omylů - se dostaneme na cestu k úspěchu.”
(Richard Satava)

1 Katedra kybernetiky, FEL ČVUT

2 Laboratoř biokybernetiky, 1. LF UK

Tvorba těchto médií virtuální reality je stále technologicky náročná. Náš tým se zabývá vývojem nástrojů pro tvorbu simulátorů a to tak, aby se autor mohl soustředit na obsah a nikoli na technickou stránku věci. Virtuální realita je běžně chápána jako 3D simulace, jedná se však o podstatně větší množství modalit. V kontextu chápání patofyziologických souvislostí je nejdůležitější modalitou samotný fyziologický proces. Ten však nemusí být nutně vyjádřen ve 3D formě, ale v nejzákladnější podobě například průběhy virtuálně sledovaných hodnot.

Základem takové výukové pomůcky je však správná definice cíle pomůcky a scénáře použití. V následujícím textu se pokusíme představit jak produkční proces, technologii vývoje, tak i samotné simulátory jako několik příkladů finálních výsledků.

Technologie

Technologie oproti minulému roku rapidně vyspěla. Stále však stojí na třech pilířích: Modelica, Silverlight a Bodylight Framework.

Modelica

Modelica je relativně nový modelovací jazyk pro popis systémů algebro-diferenciálních rovnic. Mezi výhody tohoto jazyka patří akauzalita výpočtu, hierarchický objektově orientovaný návrh, zahrnující jak rovnice, tak složitější objekty, dále rychlost výpočtu a v neposlední řadě rostoucí počet nástrojů, které s Modelicou dokáží pracovat. My jsme se rozhodli pro jazyk Modelica zejména kvůli jednoduchému návrhu modelu, znovupoužitelnosti komponent a přehlednosti výsledného modelu, takže se dá prezentovat a vysvětlovat i na samotné implementaci. Modelica je navíc standardizovaný jazyk (modelica.org), s několika komerčními i open-source nástroji (například OpenModelica.org).

Silverlight

Virtuální laboratoř nesmí odrazovat způsobem instalace a měla by být dostupná na většině systémů. Proto jsme jako hlavní prezentační platformu vybrali Microsoft Silverlight, která nám umožňuje spouštět aplikace přímo v internetovém prohlížeči, kde stačí mít nainstalovaný pouze malý plug-in.

Jakmile tedy plugin máme, výhodou je spouštění interaktivních komponent bez instalace. Nevýhodou je absence tohoto pluginu pro operační systémy Linux, Android, iOS a v poslední době též Windows RT.

Novou výzvou je konverze frameworku pro Windows Runtime, aneb prostředí pro "nové uživatelské rozhraní" (dříve označované jako Metro). Tuto platformu můžeme najít ve všech operačních systémech s Windows 8 a to včetně tabletů a Windows Phone 8 telefonů. Přizpůsobení na ostatní operační systémy by vyžadovala zásadnější zásah do kódu a jsou v plánu až v dlouhodobějších horizontech.

Bodylight Framework

Bodylight framework je vyvíjen v Laboratoři biokybernetiky a počítačové podpory výuky, 1. lékařská fakulta, Univerzita Karlova v Praze, již po několik

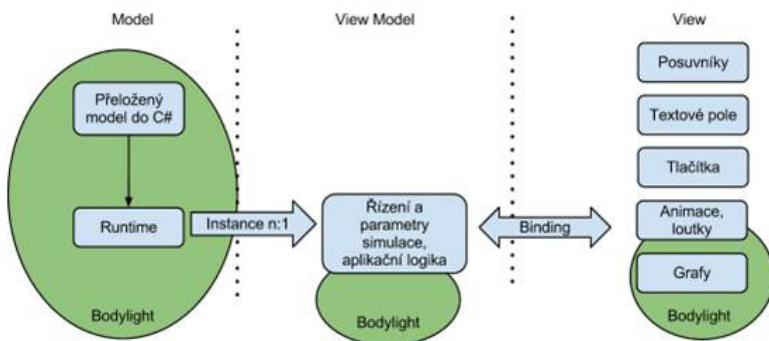
let. Obsahuje nástroje pro převod Modelica modelů do prostředí .NET, spolu s podpůrným prostředím pro jejich běh a také doplňkové nástroje sloužící k interaktivní animaci a zobrazení výsledků modelu. Díky pokroku v tomto frameworku jsme schopni vytvářet výukové nástroje rychle a efektivně v řádu dnů.

Platforma

Celý framework je cílen pro platformu Silverlight, je proto postaven na Microsoft .NET. Cílený Silverlight však není jediným možným výstupem, zdrojový kód větší části je platformě nezávislý a může být referencován všemi platformami postavenými na .NET technologii (což slibuje snadnou konverzi pro Windows RT).

Vrstvy

Dle architektury Model - View Model - View je aplikace rozdělena na tři vrstvy.



Obrázek 1

Příklady výsledných simulátorů

V současné době vzniklo 5 simulátorů. Vybraná témata nejsou těžištěm předmětu, spíše jejím ilustrativním doplněním s důrazem na jednoduchost demonstrace. Na druhou stranu, pro pochopení těchto abstraktních témat muselo být vynaloženo velké úsilí ve výkladu. Simulátory byly proto navrženy pro zjednodušení výkladu a názornost.

Nakonec pro základ virtuální laboratoře bylo vybráno těchto pět témat:

- Hodgkin-Huxley model excitace neuronu
- Jednoduchá cirkulace
- Základy farmakokinetiky
- Poruchy regulace glukózy
- Měření srdečního výdeje diluční metodou

Simulátory nejsou míněny jako samostatný učební nástroj, ale pouze jako doplňková pomůcka k výkladu. Proto nejsou vybaveny scénářem, který doprovází výuku.

Cíle jednotlivých simulátorů

Hodgkin-Huxley model excitace neuronu

Na základě excitačních impulsů na vstupu generuje neuron svůj excitační potenciál, který se liší podle síly excitace. Problematika šíření pulsu na membráně je ve skutečnosti daleko složitější, zde se pouze snažíme ukázat základní funkci neuronu. Student musí umět popsat změnu generovaného signálu v závislosti na excitaci, ukázat refrakterní zónu a depolarizaci.

Zde je plánované ještě didaktické doplnění vlivu jednotlivých iontových kanálů.

Jednoduchá cirkulace

Okruh lidské cirkulace je netriviální zapojení zahrnující mnoho parametrů. Pro regulaci srdečního výdeje mají právě tyto parametry zásadní vliv. Simulátor nám dovoluje měnit poddajnosti a rezistance a srdeční výkon zjednodušený za sklon Starlingovy křivky.

Student má díky simulátoru:

- popsat vliv poddajnosti na celkovou cirkulaci
- vysvětlit důležitost variabilního objemu V_0 , tedy objemu cév, které netvoří tlak
- z paměti říct normální hodnoty normálního krevního objemu, minutového průtoku a krevního tlaku ve všech čtyřech zónách.
- vysvětlit roli sklonu Starlingovy křivky a její důležitost pro regulaci cirkulace.

Základy farmakokinetiky

Inženýrský přístup k fyziologii popisuje vzájemné reakce a spojitosti, ale v nemocniční praxi se neobejdeme bez medikamentů. Vliv jednotlivých látek je rozdílný interindividuálně i intraindividuálně a jejich přesný popis je mimo cíle předmětu. Nicméně student by měl:

- popsat principy dávkování
- uvědomit si léčebnou a rizikovou hladinu léčiva
- vysvětlit vliv vylučování a dlouhodobého ukládání ve specifických tkáních
- popsat cestu léčiva organismem a jeho průběh koncentrace
- vysvětlit léčebný rozdíl mezi intravenózní, infuzní a perorální léčbou

Poruchy regulace glukózy

Poruchy regulace glukózy patří mezi nejčastější metabolické poruchy. Dělí se na diabetes I typu, označovaný také jako inzulín-dependentní diabetes mellitus (IDDM) a non-inzulín-dependentní (NIDDM), neboli diabetes II typu.

Oba typy mají podobné příznaky, ale rozdílné příčiny. První typ se vyskytuje už u mladistvých, kdežto druhý typ je typičtější pro starší generace. Simulátor má za cíl zejména vysvětlit rozdíl mezi jednotlivými typy diabetu a ukázat obvykle skryté hladiny glukózy a inzulínu a jejich závislost a reakce na podněty. Student by měl být schopen:

- definovat příčinu I a příčinu II typu
- vysvětlit interakci mezi glukózou a inzulínem
- nasimulovat diabetes prvního a druhého typu
- navrhnout a zdůvodnit způsob léčby

Měření srdečního výdeje diluční metodou

Srdeční výdej je spolu s tlaky v jednotlivých větvích cirkulačního systému. Dříve se používala diluční metoda, která spočívala v injekování definovaného množství barviva do cévy a v určité vzdálenosti se měřila průsvitnost krve. Čím krev teče rychleji, tím bylo barvivo více rozpuštěné.

Dnes se již barvivo nepoužívá, místo něho se vstříkují ochlazené fyziologické roztoky a měří se teplota. Princip je ale shodný, barvivo je však pro výklad názornější. Zde je potíž si představit efekt rozpouštění barviva a proč vlastně dochází ke změnám koncentrace při vyšším toku.

Student by díky simulátoru měl:

- popsat průběh koncentrace barviva v cévě
- predikovat průběh koncentrace barviva v cévě pro nenulový průtok

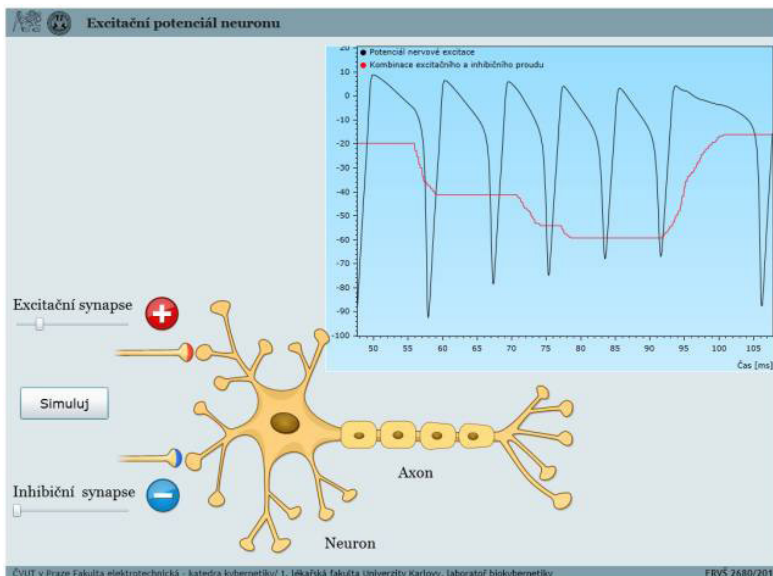
Návrh jednotlivých simulátorů

Hodgkin-Huxley model excitace neuronu

Hodgkin-Huxleyho model excitace neuronu patří k jedněm z nejzásadnějších fyziologických modelů. V našem simulátoru můžeme ovládat excitační i inhibiční vstup a na výstupu pozorovat akční potenciál. Pro silnou excitaci neuron pálí rychleji, ale nedosahuje takového potenciálu.

Samotný model je jednoduchou ukázkou práce s jazykem Modelica, včetně diferenciálních rovnic, nastavování parametrů a podobně. V souladu s cíli simulátoru zde lze nastavovat pouze dráždění membrány neuronu a pozorovat jeho výstup. Více možností tento simulátor nenabízí.

Zde je důležité upozornit na jednu fyziologickou nesrovnalost. Na první pohled vidíme, že výstup je invertovaný a při nulové excitaci ukazuje 0 mV a nikoli onich cca -70 mV, jako každá slušná buňka. Výsledný graf navíc neznázorňuje potenciál na celém neuronu, ale pouze na segmentu membrány. Excitační a inhibiční vstupy nejsou přímo synaptické, ale představují vstupní proud mezi membránou. Odpověď na všechny tyto rozpory musí přednášející zmínit při výkladu. Předně, tento model je kopií slavného Hodgkin-Huxleyova modelu a výsledný graf je diference oproti klidové hodnotě. Membránové jevy jsou pak námětem následného výkladu.



Obrázek 2 — Excitační potenciál neuronu

Jednoduchá cirkulace

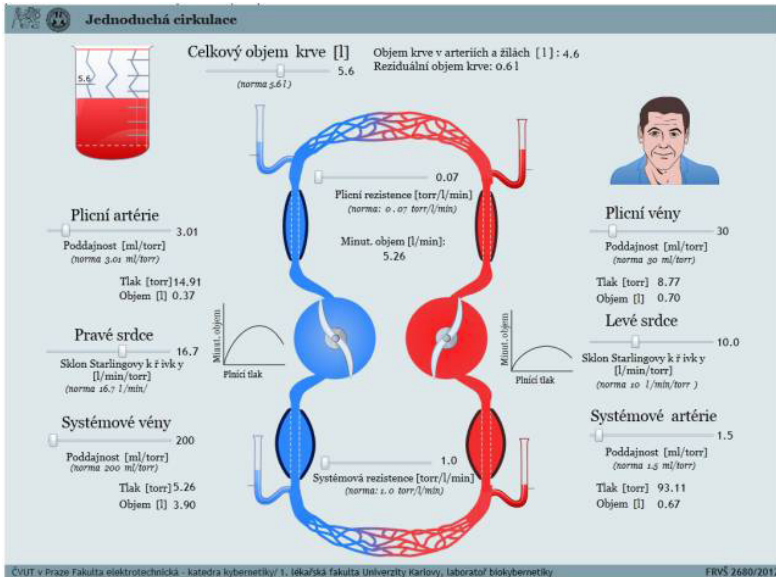
Cirkulační systém obsahuje relativně složité závislosti mezi tlakem krve v jeho jednotlivých součástech, poddajností cév, výkonem levé a pravé srdeční komory a tkáňovou rezistencí. Účelem tohoto simulátoru je tyto jevy demonstrovat. Simulátor vychází z již existujícího simulátoru vytvořeného v technologii Flash, funkčnost rozšiřuje dynamickou reakcí (ukazuje přechodové jevy po změnách, nikoli pouze steady-state) a rozlišením objemu volného a stresovaného (objem, který se podílí na zvyšování tlaku).

Zároveň zde také lze demonstrovat regulaci žilního návratu a srdečního výdeje díky Frank-Starlingovu zákonu. Tomuto simulátoru se detailně věnuje Martin Tribula v jiném článku tohoto sborníku.

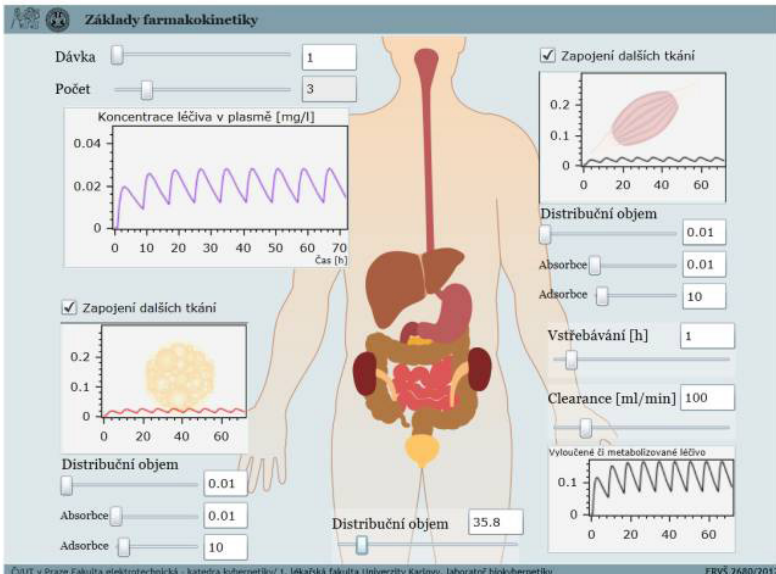
Základy farmakokinetiky

Tento simulátor nám má ukázat osudy léčiva v organismu a jak jeho hladinu ovlivňují proměnné jako vstřebávání, clearance, distribuční objem a podobně. Můžeme si volit 1 až deset dávek denně v libovolném množství.

Model je demonstrací kompartmentového přístupu ve farmakokinetice. Koncentrační konektor nám umožňuje sledovat změny koncentrací mezi kompartmenty plazmy a tkání.



Obrázek 3 — Jednoduchá cirkulace

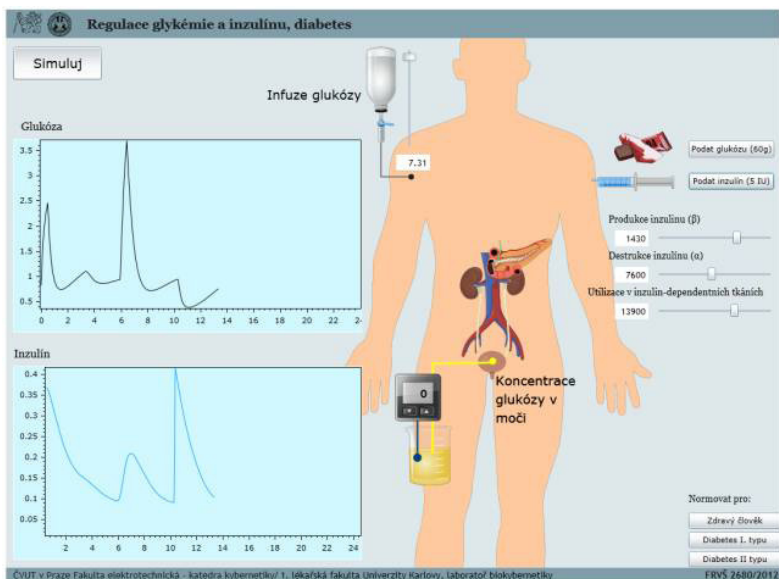


Obrázek 4 — Základy farmakokinetiky

Poruchy regulace glukózy

Hladina glukózy nám ovlivňuje inzulín a naopak. U starších osob se ve vyspělých zemích často setkáváme s rozvíjejícím se diabetem I nebo II typu. Samotný model je hezkou demonstrací rozdělení složitějšího systému na jednodušší a přehlednější bločky a rozšíření steady-state modelu v dynamický.

Dle cílů zde pozorujeme hladiny glukózy a inzulínu, při zvýšené hladině glukózy můžeme pozorovat její vylučování do moči. Měnit můžeme glukózovou infuzi a parametry člověka, jako produkci a destrukci inzulínu a jeho utilizaci. Pro vyzkoušení závislosti je zde přidána možnost podat okamžitou dávku glukózy nebo inzulínu.

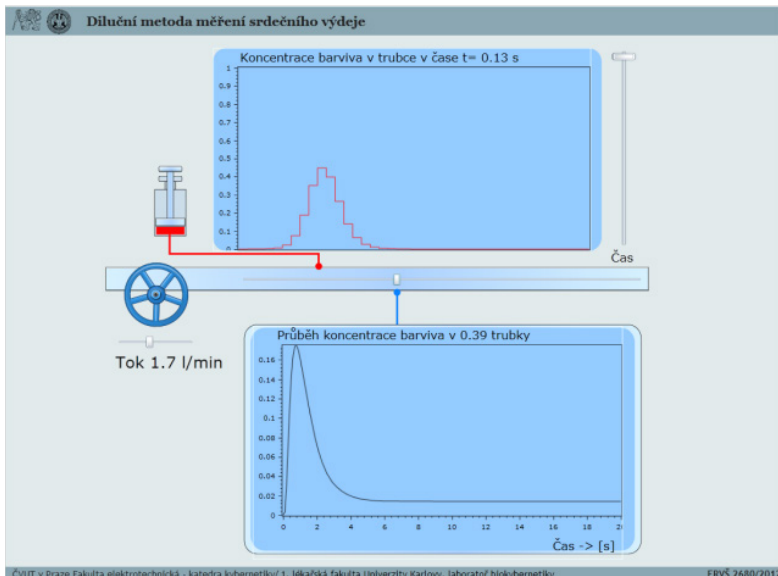


Obrázek 5 — Poruchy regulace glukózy

Měření srdečního výdeje diluční metodou

Tento simulátor studenty seznamuje s dnes již historickou metodou měření srdečního výdeje (toku krve za minutu) pomocí metody diluce barviva. Místo barviva se dnes používá chlazený fyziologický roztok, čili princip zůstává podobný, barvivo je ale názornější. Je možné demonstrovat rozložení koncentrace v daném čase v celé trubce a zároveň i na jednotlivých místech.

Model který vznikl pro tento simulátor je zajímavým řešením diskretizace parciálních rovnic, které jinak Modelica neumí řešit.



Obrázek 6 — Měření srdečního výdeje diluční metodou

Použití simulátorů ve výuce

Simulátory jsou definovány jako pomůcka pro výklad. V případě čistě e-learningového použití je nutno doplnit o “scénář”. Takový scénář byl vytvořen zatím pouze pro simulátor jednoduché cirkulace. Jde o doplňkový text, který by v případě e-learningu byl zakomponován přímo do aplikace a rozdělen do částí a kapitol podle postupu studenta. Lze to ještě zinteraktivnit použitím kvízů, nabízet nesprávné závěry a při jejich zvolení nabídnout postup, který dokazuje jejich neplatnost.

V podstatě evokujeme metodu problémového výkladu, pokud nám simulátor dává jiné výsledky, než bychom na první pohled čekali, musíme se zamýšlet, jaké závislosti ho k tomu vedou. Takové souvislosti ale musí být podepřeny výkladem, či doprovodným textem.

Postup tvorby - metodika, zkušenosti

Tvorba takových simulátorů je multidisciplinární záležitost a podílí se na ní více lidí různých profesí. Tým sestává z následujících rolí:

- hlavní návrhář
- pedagog
- modelář
- programátor
- grafik
- designer UI (uživatelského rozhraní)

První přichází na řadu **hlavní návrhář** aplikace, který definuje didaktické cíle simulátoru, zhodnotí jeho přínos a navrhne uživatelskou tvář. Zde je důležité promyslet, jaké vstupy bude uživatel měnit, co se bude animovat a co počítat z modelu, jaký výstup a jakou formou bude uživateli nabídnut a podobně a flow diagram celého simulátoru, včetně rámcového rozvržení grafických prvků (wireframe model). Hlavní návrhář bývá zpravidla odborník v tématu a zároveň by měl mít dostatečnou praxi z výuky tak, aby věděl, které části dělají studentům potíže, na co se zaměřit a co naopak lze přeskočit. Návrh aplikace je nejdůležitější fází a ostatní role s hlavním návrhářem neustále kooperují.

Modelář realizuje model podle hlavního návrhu. Model bývá zpravidla implementací již publikovaného matematického modelu. Výsledný model je obvykle vytvořen v jazyce Modelica a hlavní návrhář musí schválit jeho chování. Modelář se snaží modely udržovat přehledné a komentované pro další rozšiřování funkcí aplikace.

Úkolem role **pedagoga**, kterou často zastává přímo hlavní návrhář, je sepsat pokyny k užívání aplikace do uživatelsky pochopitelného návodu. Nikoli ale ve smyslu technického ovládní, ale spíše postupu, co na tomto simulátoru můžeme vyzkoušet. Zde se tvoří jakýsi scénář, který hlavní návrhář navrhl v obecném smyslu a teprve zde se mu dávají jasné obrysy. Je nutné přemýšlet nad didaktickým působením a přizpůsobit formu textu cílové skupině. Pokud simulátor nezamýšlíme k samostudiu, pak se můžeme bez doprovodného textu obejít a souvislosti vysvětlovat na hodině.

Programátor vytvoří kostru aplikace dle schématu designéra a propojí je s modelem. Vytvoří funkčnost a interaktivitu, ale nemusí stavět úplnou vizuální stránku, tu již přenechá grafikovi. V této fázi jsou ale již veškeré prvky aktivní a propojené s modelem. Propojení je realizováno skrz framework Bodylight, jež byl vyvinut v naší laboratoři.

Grafik dostane již de facto funkční simulátor, místo grafických komponent jsou ale stále jen statické atrapy, nebo barevné plochy. Jeho úkolem je doplnit a dokreslit prvky a animace a celkově vyladit vizuální stránku.

Nyní se již zdá, že je vše hotové, stále je ale ještě potřeba **designéra uživatelského rozhraní**. Jelikož aplikace může být spouštěna na různých rozlišeních, je potřeba obsah dynamicky přizpůsobovat, podobně jako webové stránky, je nutné vyřešit pozici či skrývání a zobrazování doprovodného textu tak, aby minimálně rušil a celkově zpříjemnit uživatelský zážitek.

Zároveň ve spolupráci s grafikou vyladí různé grafické přechody poskytující uživatelům přímou zpětnou vazbu. Tato role je rozkročená mezi grafikem a programátorem a vyžaduje zkušenosti celého týmu, neboť v této fázi se simulátor začíná čistit. V hotové aplikaci se vždy snadněji najdou chyby, které se musí opravit a podobně.

Jistě vám přijde podezřelé, že jsme zatím nezmínili testery. Testerem je totiž každá následující fáze a v produkční fázi pak samotní studenti, kde následnou iterací celého procesu konvergujeme ke kvalitní výukové pomůcce.

Vize do budoucna

platformy

V další fázi vývoje frameworku bychom se chtěli zaměřit na další platformy, zejména nového rozhraní Windows Runtime. Zde spatřujeme veliký potenciál využití dotykových obrazovek a tabletů a zároveň využití na stolních počítačích s Windows 8. Provádíme průzkum, jak naše nástroje přizpůsobit i pro jiné platformy jako iOS a Android.

Vývoj s důrazem na obsah

Dále chceme pokračovat ve vývoji frameworku tak, aby jeho uživatel, to jest tvůrce obsahu, se mohl více soustředit na samotný obsah a nemusel se zabývat technickými záležitostmi. Prozkoumáme možnosti předpřipravených šablon rozmístění obsahu i grafiky tak, aby simulátory držely jednotnou filosofii ovládání. Je to výhodné jak z didaktického hlediska (student očekává jednotné chování), tak i pro tvůrce obsahu (nemusí řešit rozmístění pro každý simulátor zvlášť). Obecně se snažíme omezit všechny ostatní role a akcentovat pozici hlavního návrháře aplikace, tvůrce obsahu. Protože jedině samotný obsah je přínosem, ostatní je de-facto mechanická práce a mechanickou práci můžeme přenechat strojům.

Závěr

Vytvořili jsme sadu pěti simulátorů pro podporu předmětu Poruchy fyziologických regulací. Vytvořené simulátory se tematicky nepřekrývají a jsou určeny jako doplnění výkladu a pro následnou samostatnou práci studenta, nikoli jako samostatné aplikace. Jejich didaktický efekt budeme zkoumat v průběhu letního semestru 2012/2013.

Spolu s vytvořenými simulátory byla představena nejnovější verze frameworku Bodylight, která nám umožňuje vyvíjet simulátory velmi rychle a efektivně.

Poděkování

Práce byla podporována grantem MPO FR-TI3/8

Kontakt:

Filip Ježek

Katedra kybernetiky, FEL ČVUT

Karlovo náměstí 13

Praha 2

e-mail: filip.jezek@fel.cvut.cz

Pavol Privitzer

Ústav patologické fyziologie 1. LFUK

PŘÍKLAD INTEROPERABILITY V OBLASTI RADIODIAGNOSTIKY

Daniel Klimeš, Václav Porod, Zdeněk Mutina

Anotace

Problém výměny dat a spolupráce interních softwarových aplikací řeší dnes nejen velká zdravotnická zařízení, ale i radiologické ambulance. Zde se setkává ambulantní software s digitální zobrazovací technikou. V mamografickém centru byla řešena jednak vzájemná výměna osobních údajů pacientů s cílem zamezit duplicitní zadávání dat, jednak synchronizace kontextu aplikací, kdy aplikace automaticky zobrazují záznam zvoleného pacienta. Bylo dosaženo spolupráce ambulantního software, worklistu digitálního mamografu, softwaru pro hodnocení digitálních snímků a specializované aplikace pro sběr dat mamografického screeningu. Využito bylo Datového standardu MZČR, DICOM 3 i alternativních cest výměny dat. Připravené řešení je funkční a uspokojuje potřeby radiologické ambulance.

Klíčová slova

Interoperabilita, Radiologie, DASTA, HL7, mamografický screening

1. Úvod

Velkým tématem nejen české medicínské informatiky je vzájemná komunikace mezi softwarovými aplikacemi v klinické praxi. Požadavky tohoto typu přichází nejen z velkých nemocničních zařízení, ale také již z ambulantní sféry, a to v momentě, kdy základní ambulantní software je doplněn o specializovanou aplikaci nebo je nutná výměna dat se zdravotnickou technikou. Tento případ nastal v případě radiodiagnostické ambulance specializované na mamodiagnostiku v Mammocentru Nový Jičín. Toto pracoviště je jedno ze 70 akreditovaných center pro provádění mamografického screeningu karcinomu prsu.

Mamografický screening karcinomu prsu je národní preventivní program, jehož jádrem je pravidelné preventivní vyšetřování žen bez jakýchkoli příznaků onemocnění s cílem zachytit rozvíjející se zhoubný nádor prsu v co nejčasnějším stadiu. Program běží v ČR od roku 2002 a je určen pro ženy od věku 45, které mohou jednou za dva roky bezplatně podstoupit mamografické vyšetření v jednom z akreditovaných center [1].

Institut biostatistiky a analýz MU vyvinul pro program mamografického screeningu lokální aplikaci MaSc pro sběr a vyhodnocení dat o provedených vyšetřeních. Sbírána je definovaná sada parametrů, stěžejní jsou výsledek vyšetření v kategoriích BIRADS, klasifikace prsní žlázy v klasifikaci TABAR a v případě záchytu karcinomu výsledek histologického vyšetření. Na základě těchto parametrů jsou počítány tzv. indikátory kvality, které odráží kvalitu diagnostického procesu v jednotlivých centrech a následně na centrální úrovni i kvalitu a efekt celého národního programu [2]. Software Masc

je desktopová databázová aplikace určená pro operační systém Windows, která jako databázový server využívá systém Firebird [3].

Software MaSc je nabízen akreditovaným centrům, ve kterých je program využíván buď jako hlavní ambulantní software nebo jako doplněk k existující aplikaci. V prvních letech mamografického screeningu byl MaSc využíván jako nezávislá aplikace, menším centrům sloužil jako jediná ambulantní aplikace. Pro větší centra, která využívala jiný ambulantní nebo nemocniční systém, bylo doplněno jednoduché importní rozhraní, které umožňovalo načtení osobních údajů vyšetřovaných žen a eliminovalo tak duplicitní vkládání dat.

Ke zvýšení tlaku na vyšší interoperabilitu došlo v momentě nástupu digitálních mamografů, které rychle vytlačily původní analogová zařízení. Digitální mamografy s sebou přinesly nejen vyšší kvalitu snímků a komfort při jejich hodnocení, ale také výrazné zefektivnění celého vyšetřovacího procesu. Pořízený snímek je možné okamžitě prohlížet, hodnotit, digitálně upravovat, porovnávat s archivními snímky. Zatímco v éře analogových mamografů byl úzkým hrdlem proces vyvolávání snímků, v době digitálních mamografů je problémem datová komunikace s okolím.

2. Popis řešení

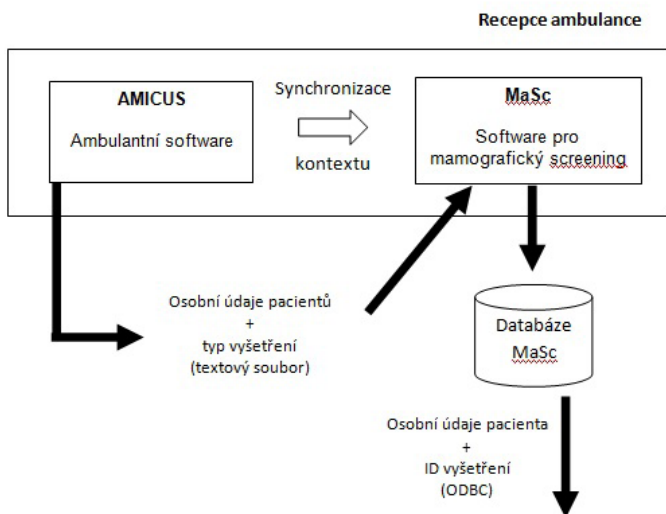
V případě Mammocentra Nový Jičín byl modelově řešen problém komunikace ambulantního software AMICUS [4], specializovaného software (MaSc), digitálního mamografu a zobrazovacího software [5]. Mammocentrum Nový Jičín je vybaveno 2 digitálními mamografy a 3 ultrasonografy. Snímky jsou hodnoceny v systému xVision Mamo. Vyšetřovací proces a související datové přenosy byly definovány následovně:

Vyšetřovaná žena je evidována v ambulantním software, kde jsou pořízeny základní osobní údaje a zvoleno cílové vyšetření. Tyto údaje jsou přenášeny přes textové datové rozhraní do softwaru MaSc. Odtud worklistový server čte data přímo z databáze a tvoří aktuální worklist (seznam pacientů čekajících na vyšetření). Tento worklist je dále předáván mamografu. Pořízený snímek je zobrazen v systému xVision Mamo. Systém xVision Mamo je provozován na stejném počítači jako software MaSc. V momentě, kdy je snímek zobrazen lékařem, systém xVision Mamo zasílá notifikační zprávu programu MaSc a ten otevře záznam příslušné pacientky. Lékař do Mascu popíše snímek, jednak parametricky, jednak volným textem. Parametrický záznam je využíván pro výpočet indikátorů kvality, textový popis je vytištěn a předán pacientce. Popis vyšetření je jednak uložen v programu MaSc, jednak je zaslán k archivaci do ambulantního programu, kde je digitálně podepsán. Celý proces je názorně zachycen na obr. 1.

Celá integrace tak zahrnuje 2 základní prvky:

- Výměnu dat mezi systémy
- Synchronizaci kontextu softwarových aplikací, se kterým lékař pracuje

Výměna dat mezi ambulantním software a programem MaSc probíhá prostřednictvím textové souboru. Jde o datový soubor s variabilní délkou



Obrázek 1 — Schematické znázornění softwarových komponent a datových toků

datové věty, kdy jednotlivé položky jsou odděleny středníkem. Každý řádek nese informaci o osobních údajích pacientky a kód požadovaného vyšetření. Datový soubor je v MaScu importován na vyžádání uživatele. Přenesou se tak, případně aktualizují, osobní údaje pacientky a založí se nový záznam pro požadované vyšetření. Do databáze programu MaSc nahlíží worklistový server xVision NIS konektor. V okamžiku, kdy mamograf požádá o seznam pacientů čekajících na vyšetření (worklist), xVision NIS konektor tento seznam přečte v databázi MaScu. Takto získaný seznam se ještě porovná se seznamem již hotových vyšetření (ta jsou uložena v programu xVision STORE) a tato vyšetření se ze seznamu vyřadí. Takto vzniklý seznam je potom ve formátu DICOM 3 [6] odeslán do mamografu. Popis a výsledek vyšetření je lékařem zaznamenán do aplikace MaSc. Odtud je textová část výsledku dávkově přenášena do ambulantního programu k archivaci a digitálnímu podpisu. Využívána je k tomu starší verze Datového standardu MZČR (DASTA, verze 02.01.02) [7].

Druhým zapracovaným prvkem integrace je funkce synchronizace kontextu na pracovní stanici lékaře. Lékař má na svém počítači k dispozici program MaSc a systém xVision Mamo, zaměstnanci v recepci využívají ambulantní software současně s programem MaSc. Bylo proto požadováno, aby aplikace zobrazovaly synchronně záznamy stejného pacienta. Za tímto účelem byla do programu MaSc implementována funkce, která reaguje na volání z okolních aplikací tím, že automaticky vyhledá požadovaný záznam. Implementovány jsou dvě úrovně požadavku. Pokud je MaSc volán s rodným číslem pacientky, je vyhledána pouze příslušná složka pacientky. Pokud je program volán

s ID vyšetření, je otevřen přímo konkrétní záznam vyšetření a lékař může okamžitě zapisovat výsledek vyšetření. První úroveň využívá ambulantní software pro synchronizaci kontextu při práci v recepci ambulance, druhou úroveň využívá systém xVision Mammo v momentě, kdy lékař otevře konkrétní mamografický snímek. Funkce nastavení kontextu je implementována formou volání instance programu MaSc s daným parametrem.

3. Diskuse

Popsané řešení uspokojuje potřeby středně velké radiologické ambulance. Zajišťuje přenos dat mezi provozovanými aplikacemi, odstraňuje nutnost duplicitního zápisu dat, čímž výrazně zvyšuje efektivitu provozu ambulance. Synchronizace kontextu odstraňuje duplicitní vyhledávání záznamu a kromě komfortu přispívá i ke snížení rizika záměny vyšetřovaného subjektu.

Za slabou stránku řešení může být považována limitované využití národních či mezinárodních standardů. V České republice je pro výměnu informací ve zdravotnictví zavedený Datový standard MZČR (DASTA), který se uplatňuje především v přenosu laboratorních dat, přestože jeho definice sahají mnohem dál. V řešení v Novém Jičíně byl využit pro přenos textového popisu mezi aplikacemi (MaSc => AMICUS). Pro přenos osobních údajů (AMICUS => MaSc) bylo použito vlastní datové rozhraní. Primárním důvodem, proč nebylo využito DASTA standardu, byla snaha umožnit přenos dat do programu MaSc i dodavatelům ambulantních programů, kteří DASTA standard nepodporují. Navržené rozhraní je oproti DASTA standardu velmi triviální a jeho implementace by měla být záležitostí spíš v řádu hodin než dnů či týdnů. Naproti tomu opačný přenos dat MaSc => AMICUS byl požadován pouze v případě Nového Jičína a bylo proto využito existující rozhraní programu AMICUS pro import popisu vyšetření ve starší verzi standardu DASTA.

Díky úzké a dlouhodobé spolupráci s dodavatelem digitálního mamografu bylo možné se dohodnout na zpřístupnění datové struktury databáze programu MaSc pro tvorbu worklistu mamografu. Dodavatel mamografu měl k dispozici aplikaci s univerzálním ODBC rozhráním (xVision NIS konektor), která dovede SQL dotazem čerpat vstupní data přímo z databáze a transformovat je do standardizovaného formátu DICOM. Díky této aplikaci nebyla nutná implementace rozhraní DICOM přímo do software MaSc.

Synchronizace kontextu je řešena pouze mezi dvěma aplikacemi, kdy jednosměrně jedna aplikace informuje druhou (MaSc) o zvoleném kontextu (vybrané pacientce). MaSc, pokud je to možné, reaguje vyhledáním a otevřením příslušného záznamu. O úspěšnosti synchronizaci však již volající aplikace zpětně neinformuje. Standardizované řešení pro tento typ interoperability nabízí mezinárodní HL7 Context Management Standard [8]. Ten podrobně specifikuje chování aplikací k zajištění tzv. klinického kontextu. Jde o synchronizaci nastavení kontextu (nejčastěji o vyhledání vyšetřovaného pacienta) ve všech softwarových aplikacích, které lékař využívá na svém počítači. Standard definuje jednotlivé komponenty a pojmy (context manager,

context agens, context session, context change transaction), určuje chování aplikací v klinickém kontextu v různých situacích, které mohou při synchronizaci nastat. Standard je definován technologicky neutrálně, není tedy vázán na konkrétní operační systém, uvažuje jak webové tak desktopové aplikace. Řešena je zde i problematika zabezpečení přenosu dat mezi aplikacemi. Propracovanost tohoto standardu je jeho výhodou i nevýhodou zároveň. Implementace takto široce definovaného rozhraní by v případě menších softwarových aplikací znamenalo znásobení celkového programovacího kódu. Posun by mohlo přinést vyvinutí softwarových modulů či služeb pro nejčastěji používané operační systémy a programovací prostředí, které by vyhovovaly zmíněnému standardu a které by vývojářům zdravotnických aplikací usnadnily zapojení svých aplikací do klinického kontextu. Tyto prostředky však nejsou autorům příspěvku zatím známy. Inspirací může být iniciativa v jiné oblasti standardu HL7, a to v oblasti strukturovaného klinického záznamu. Standard Clinical document architecture (CDA HL7) je natolik komplikovaný pro běžné vývojáře, že vznikla alternativa greenCDA [9]. V rámci tohoto projektu byla navržena zjednodušená verze CDA standardu doplněná o transformaci, která zajistí automatický převod zjednodušené verze do původního CDA standardu. Otevírá se tím přístup ke standardu i vývojářům, kteří nejsou experti na rodinu HL7 standardů.

4. Závěr

Uvedené řešení, přestože striktně nevyužívá existující standardy pro komunikaci mezi aplikacemi, je plně funkční a má velký vliv na produktivitu zdravotnického zařízení, bezpečnost provozu a redukci chyb při manuálním zadávání dat. Podobných příkladů propojení softwarových aplikací bude v prostředí českého zdravotnictví nepochybně více. Ačkoliv nepatří k vrcholu dnešní informatiky, prošlapávají cestu k reálně fungující interoperabilitě nejen v prostředí menších ambulantních zařízení a staví mosty mezi oddělenými světy medicíny a informatiky.

Literatura

- [1.] *Program mamografického screeningu v České republice*. dostupné z: <http://www.mamo.cz/>; poslední přístup 24.2.2013
- [2.] *Majek, O., et al. (2011). Breast cancer screening in the Czech Republic: time trends in performance indicators during the first seven years of the organised programme. Bmc Public Health. 11.*
- [3.] *FIREBIRD*. dostupné z: <http://www.firebirdsql.org/index.php>; poslední přístup 24.2.2013
- [4.] *AMICUS*. dostupné z: <http://www.amicus.cz/>; poslední přístup 24.2.2013
- [5.] *Diagnostický SW xVision - xVision Mammo*. dostupné z: <http://www.aura-group.cz/rtg-přístroje-sw.html>; poslední přístup 24.2.2013
- [6.] *The DICOM Standard*. dostupné z: <http://medical.nema.org/standard.html>; poslední přístup 27.2.2013
- [7.] *Datový standard MZ ČR*. dostupné z: <http://ciselniky.dasta.stapro.cz/hypertext/200930/Start.htm>; poslední přístup 24.2.2013

[8.] Seliger, R., et al. (2011). HL7 Context Management "CCOW" Standard: Technology and Subject-Independent Component Architecture, Version 1.6.

[9.] Alschuler, L., et al. (2011). HL7 Implementation Guide for CDA® Release 2: greenCDA Modules for CCD, Release 1 (US Realm).

Kontakt:

RNDr. Daniel Klimeš, PhD.,

Institut biostatistiky a analýz Lékařské
a Přírodovědecké fakulty

Masarykovy univerzity

Koltářská 2, 611 37

Brno

tel: 54949 4490

e-mail: klimes@iba.muni.cz

<http://www.iba.muni.cz>

Mgr. Václav Porod

Aura s.r.o, AURA Medical s.r.o.

K Verneráku 4

Praha 4, 148 00

e-mail: vaclav.porod@aura-group.cz

<http://www.aura-group.cz>

MUDr. Zdeněk Mutina

Mammocentrum Nový Jičín

Dvořákova 27

741 01 Nový Jičín

e-mail: mutina.rdg@pr-lab.cz

JAK INFORMATIZOVAT ZDRAVOTNICTVÍ A NEVYTVOŘIT PŘITOM VELKÉHO BRATRA

Jiří Kofránek, Ondřej Felix, Jiří Polák

Abstrakt

Absenci dlouhodobé ucelené koncepce elektronizace českého zdravotnictví i nedostatek vlastních představ i špatnou komunikaci s odbornou informatickou veřejností se Ministerstvo zdravotnictví ČR rozhodlo radikálně vyřešit tím, že vyhlásilo veřejnou soutěž o návrh koncepce eHealth pro ČR, z níž vzešel vítězný návrh firmy Microsoft s.r.o.. Vítězný návrh, narychlo spíchnutý během třiceti soutěžních dní, bohužel neobsahuje návaznost na základní registry veřejné správy, které tvoří jádro českého eGovernmentu. Článek se snaží poukázat, jakým způsobem by propojení zdravotnických informačních systémů na základní registry veřejné správy mohlo zabezpečit bezpečné ukládání a přenos citlivých zdravotnických dat.

Klíčová slova

eGovernment, eHealth, Ministerstvo zdravotnictví, Ochrana dat, Základní registry veřejné správy

1 Úvod

V České republice bohužel dlouhodobě neexistuje ucelená koncepce rozvoje eHealth, která by přežila několik let. V turbolenci často měněných ministrů zdravotnictví se názory na eHealth měnily s nástupem nových ministrů, někdy i dost radikálně. O konceptech elektronického zdravotnictví se nejednou hovořilo na minulých seminářích MEDSOFT [2,4,5,6,9,10].

V poslední době se ministerstvo zdravotnictví se nakonec rozhodlo nedostatek ucelené koncepce i vlastních představ radikálně vyřešit tím, že 15. září 2012 vyhlásilo soutěž „Hospodárné a funkční elektronické zdravotnictví“, a ve lhůtě 30 dnů očekávalo, že z této soutěže konečně vzejde kýžený návrh, který konkrétně nastíní „hospodárnou a funkční“ cestu k elektronizaci českého zdravotnictví. 17. října 2012 obdrželo ministerstvo zdravotnictví 11 návrhů, z nichž jeden návrh vyloučila, a všech zbylých 10 je dostupno na webu MZČR [8].

Nezávislá komise z 11 odborníků zpracovala v průběhu třech týdnů názor na jednotlivé návrhy. A doporučila zadavateli vyhlásit vítězem návrh společnosti Microsoft s.r.o. Vybraný návrh podle názoru komise zpracovává většinu potřebných atributů koncepce elektronizace zdravotnictví do největšího rozsahu a podrobnosti. Přesto byl hodnocen 395 body z 500 možných, získal tedy 79 % možných bodů. Komise měla k některým částem výhrady, které sdělila vedení projektu.

Návrh podle závěrů komise nejlépe zpracovává procesní modely jednotlivých agend, jakými jsou výměna zdravotnické dokumentace, patientský portál, registr radiační zátěže či elektronická preskripce. Dále vhodně rozvíjí propojení s mezinárodním systémem ePSOS (European Patients Smart Open Services),

který umožňuje v budoucnu výměnu informací o zdravotním stavu pacienta kdekoliv v zemích Evropské unie. Mimochodem, zárodek tohoto evropského projektu epSOS kdysi vznikl v Praze pod názvem Evropské zdravotnické informační a clearingové centrum [4], rozjížděla se příprava pilotního projektu za účasti několika evropských států, jenomže pak přišla změna ministra a představy ministerstva zdravotnictví se od elektronizace obrátili k prosazování papírových zdravotnických knížek [5].

Nicméně dnes již tedy máme vysoutěženou koncepci, která významně využívá již realizovaných prvků v oblasti elektronického zdravotnictví – např. zdravotní a hygienické registry (takže snad nehrozí radikální překopání stávajících funkčních systémů).

Ministerstvo zdravotnictví jako zadavatel v zadání Soutěže o návrh záměrně nespécifikovalo časové ani finanční limity, aby neomezovalo koncepční návrhy, a proto dopředu počítalo s tím, že některá navrhovaná řešení budou značně přesahovat aktuální možnosti, které jsou pro nadcházející období 3 let na maximální úrovni 500 milionů Kč. Tento finanční limit ministerstvo zdravotnictví považuje za nepřekročitelný bez ohledu na ekonomické vyčíslení jednotlivých návrhů. V prvním pololetí letošního roku už budou následovat otevřená výběrová řízení.

Z řady zdravotnických profesionálů i z opozičních politických kruhů se však již dnes ozývá řada kritických připomínek k navrhovanému řešení, a lze očekávat, že po skončení mandátu současné vlády v rámci tradic české politické kultury dojde opět k překopání celé koncepce s novým výběrovým řízením na dodavatele informačních systémů.

Jeden z hlavních problémů vysoutěžené, během 30 dnů narychlo spíchnuté koncepce, spočívá v tom, že vítězný návrh (ale ani žádný další s předložených soutěžních návrhů) nepočítá s návazností na již vybudovanou základní strukturu eGovernmentu a využití základních registrů veřejné správy [7], které mohou zabezpečit ochranu citlivých dat [1].

Tento článek nechce útočit proti ministerstvu zdravotnictví, ani proti ctihodné firmě Microsoft. Chceme jen seznámit odbornou zdravotnickou veřejnost s možnostmi, které poskytuje současná architektura jádra eGovernmentu, kterou se přes množství střídajících se vlád se úsilím inženýrské odborné veřejnosti postupně podařilo v České republice přes všechny potíže vybudovat, a jejímž využitím by se mohla vyřešit řada palčivých problémů bezpečného ukládání a přenosu citlivých zdravotnických dat.

Bezpečné zdravotnické registry

Struktura propojení informačních systémů veřejné správy přes informační systém základních registrů zajišťuje spolehlivou ochranu uložených dat před neoprávněným přístupem, kdy ani není technicky možné uložená data v různých informačních systémech veřejné správy neoprávněně propojovat. Takto propojené informační systémy veřejné správy pak mohou občanům sloužit, přispívat k odbyrokratizování společnosti a zjednodušení administrativy, a zároveň ale nestojí proti občanům jako pověstný Orwellův „Velký Bratr“.

Ukažme si s určitým zjednodušením, jak systém základních registrů může zabezpečit ochranu vysoce citlivých dat ve zdravotnických informačních systémech.

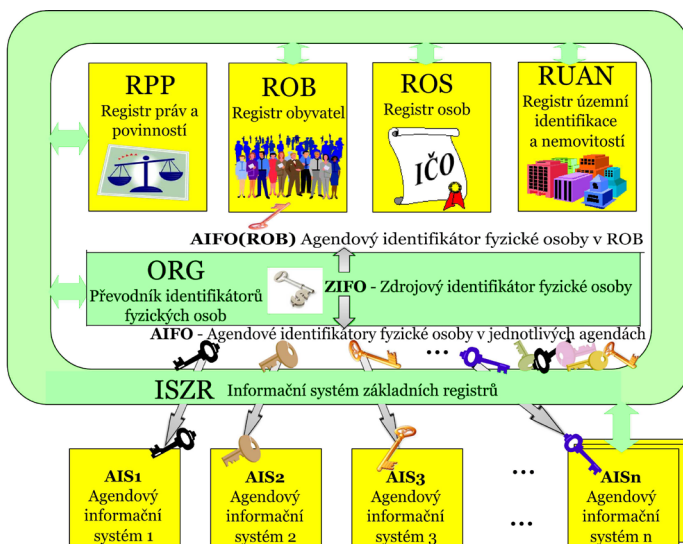
Informace se stává citlivou tehdy, pokud jsou informace o zdravotním stavu bezprostředně spojeny s identifikátorem osoby (ať již přímo, nebo prostřednictvím celoplošně využívaného rodného čísla nebo nějakého jiného celoplošně využívaného jednoznačného identifikátoru). Pokud ale identifikátor osoby vhodným způsobem od zdravotnických dat „odstihneme“, obě informace od sebe oddělíme a identifikátor pacienta nahradíme bezvýznamovým identifikátorem případu, pak vlastní obsah lékařské dokumentace, který již není propojen s identifikátorem pacienta, přestává být přísně chráněnou informací o osobních datech. Tyto informace (již nespojené s konkrétní fyzickou osobou) mohou být zdrojem statistického zpracování např. pro sledování kvality lékařské péče a pro vyhodnocení účinnosti jednotlivých léčebných postupů. Tento postup se běžně využívá při lékařských statistických šetřeních, avšak jedná se o anonymizaci dat v již uzavřené lékařské dokumentaci.

V průběžně vedené lékařské dokumentaci však anonymizaci provádět nemůžeme. Tato otázka se stává zvláště palčivou, když se jedná o povinně vedené centrální zdravotní registry, kam se povinně zapisují zdravotnické údaje u vybraných onemocnění. Tyto registry jsou nesmírně důležité pro vyhodnocování efektivity léčby, kdy je potřeba průběžně sledovat vývoj onemocnění a reakci na terapii u konkrétních pacientů.

V roce 2003 se rozhořel v Poslanecké sněmovně lýtý boj o likvidaci těchto po mnoho let povinně vedených centrálních registrů, které obsahují velmi citlivá data. Problematiku sporu o zachování či nezachování zdravotnických registrů tehdy docela trefně charakterizoval ve 46 čísle Zdravotnických novin prof. MUDr. Jan Žaloudík, CSc., z Masarykova onkologického ústavu v Brně: *„Otázka zní: budete se cítit hodně svobodně, když se nebude vědět, zda vám v léčbě vašeho nádoru víc pomůže ta či ona operace, ta či ona dávka záření, ten či onen lék, ten či onen léčebný postup? Cítíte se hodně svobodně, když dosud nevíte, jaké výsledky v léčbě vašeho onemocnění má pracoviště, které vám nabízí péči, a trpíte-li pochybnostmi, zda jinde nejsou výsledky lepší? Cítíte se hodně svobodně, když nevíte, zda investice do toho či onoho zdravotního programu či postupu, realizované také z vašich daní či pojistného, přinesly žádoucí výsledky? Pokud odpovídáte NE, jste asi normální, ale nedoceňujete snahu o ochranu před zneužitím zdravotních dat likvidací kdejakých registrů. Pokud odpovíte ANO, jste vskutku akcentovaná a nezávislá osobnost, kterou zůstanete až do doby, než se stanete osobností na zdravotnictví závislou. Nejspíše vám pak začne záležet i na informacích vzešlých z analýz zdravotních dat, zvláště pokud vám zvýší šanci na přežití.“*

Tenkrát lékaři centrální registry uhájili. Nedávno byl ale schválen zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování, který zavádí tzv. Národní zdravotnický informační systém (NZIS), kde ovšem ochrana citlivých údajů opět není dostatečně vyřešena.

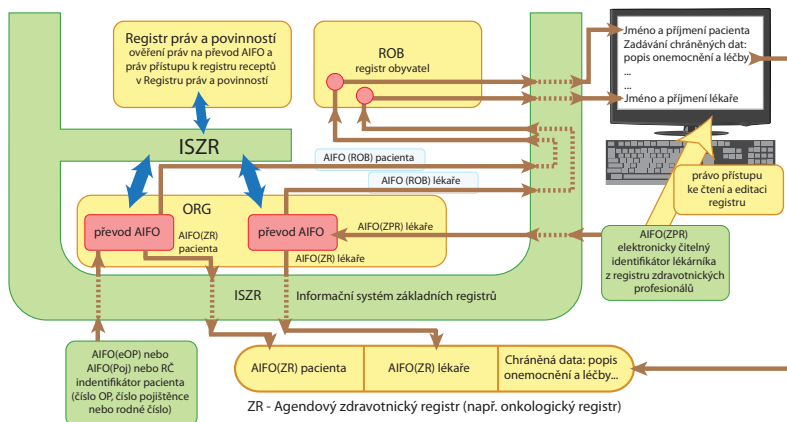
Tento problém zřejmě souvisí s tím, že koncepce eHealth se v České republice již léta vytváří bez vazeb na budovanou architekturu eGovernmentu ČR. Přitom využití informačního systému základních registrů již nyní umožňuje zajistit spolehlivou ochranu citlivých zdravotnických osobních dat [3]. Celý vtíp spočívá v tom, že v informačních systémech propojených na informační systém centrálních registrů jsou identifikátory fyzických osob zakódovány jako identifikační čísla - tzv. „agendové identifikátory fyzických osob“ (AIFO) a přitom **agendové identifikátory stejné fyzické osoby jsou v různých informačních systémech odlišné** a tudíž jejich data týkající se stejné fyzické osoby **není ani technicky možné propojit**. Jediným místem, které může AIFO jednoho informačního systému převést na AIFO druhého informačního systému, je speciální organizační systém (ORG), s nímž agendové informační systémy komunikují přes informační systém základních registrů (obr. 1).



Obrázek 1 — Propojení agendových informačních systémů na základní registry přes informační systém základních registrů (ISZR). V různých agendových informačních systémech má stejný člověk různý identifikátor („různý klíč“). Bez pomoci převodníku identifikátorů fyzických osob (ORG) není možno zjistit osobu, které daný identifikátor patří (tj. najít „klíč“ pro její vyhledání v Registru obyvatel), ani nelze propojit různé agendové informační systémy mezi sebou.

Tak např. ve zdravotnickém registru (viz obr. 2) je jako identifikátor pacienta využit příslušný AIFO(ZR). Ve zdravotnickém registru je pak každý jednotlivý pacient reprezentován pouze bezvýznamovým číslem tj. svým AIFO(ZR), z něhož bez pomoci ORG není možné určit, komu toto číslo patří. Zdravotnický

registr tedy sám o sobě neobsahuje propojení na identifikační data pacienta, AIFO(ZR) pak reprezentují identifikátory jednotlivých anonymizovaných případů. Samotný zdravotnický registr pak neobsahuje žádná citlivá data, a proto je možné ho průběžně využívat pro statistické analýzy. Informační systém základních registrů ale zároveň může osobám, které mají právo přístupu k registru (např. ošetřujícímu lékaři) umožnit převádět identifikátory AIFO(ZR) pacienta na AIFO(ROB), z Registru obyvatel vytáhnout jméno a příjmení pacienta a umožnit čtení, editaci a zápis chráněných citlivých zdravotnických dat.



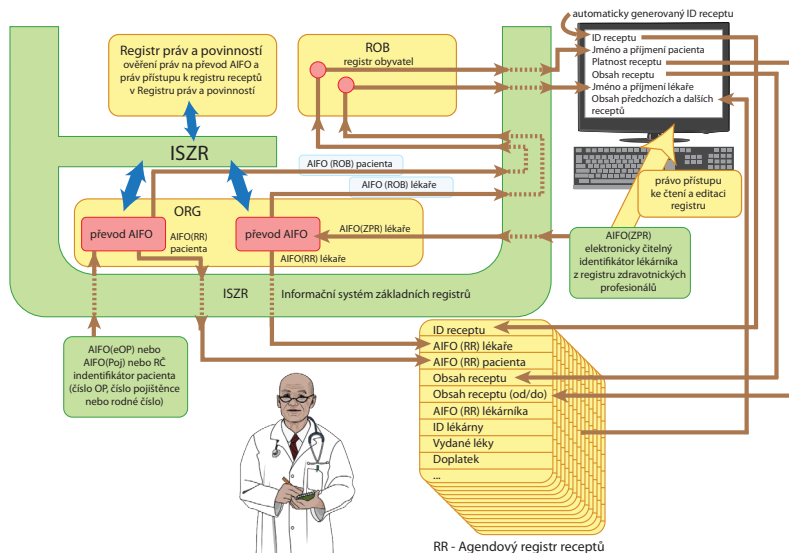
Obrázek 2 — Možné propojení zdravotnického registru na informační systém základních registrů, které zabezpečí ochranu osobních dat.

Příklad možného řešení „receptů po drátech“

Systém elektronických receptů si klade za cíl zjednodušit a zpřehlednit preskripci léků. Důležité je, že umožní při předepisování (nebo i výdeji léků) sledovat veškeré léky, které pacient užívá, a předejít tak nežádoucím kombinacím léků. Elektronické recepty také umožňují průběžně sledovat náklady pojišťovny na léky a následně predikovat jejich spotřebu, sledovat podklady pro hodnocení účelné farmakoterapie, případně sledovat i celkovou sumu doplatků za určité období a snadněji tak realizovat i příslušná sociální opatření.

Na druhé straně ale architektura elektronických receptů vyžaduje důsledně dodržovat ochranu osobních dat a ne to řešit „hurá stylem“ jako na Centrálním úložišti elektronických receptů ve Státním ústavu pro kontrolu léčiv. Využití architektury základních registrů nabízí možnosti, jak realizovat elektronickou preskripci pružně a zároveň vysoce bezpečně. Jedno z možných uspořádání elektronické preskripce v určitém zjednodušení ukazují obr. 3 a 4.

Elektronický recept je reprezentován záznamem v agendovém registru receptů. Každý recept je identifikován jednoznačným identifikátorem, automaticky generovaným při vystavování receptu. V databázi receptů se jako identifikátor pacienta a lékaře ukládají jejich AIFO identifikátory (obr. 3).

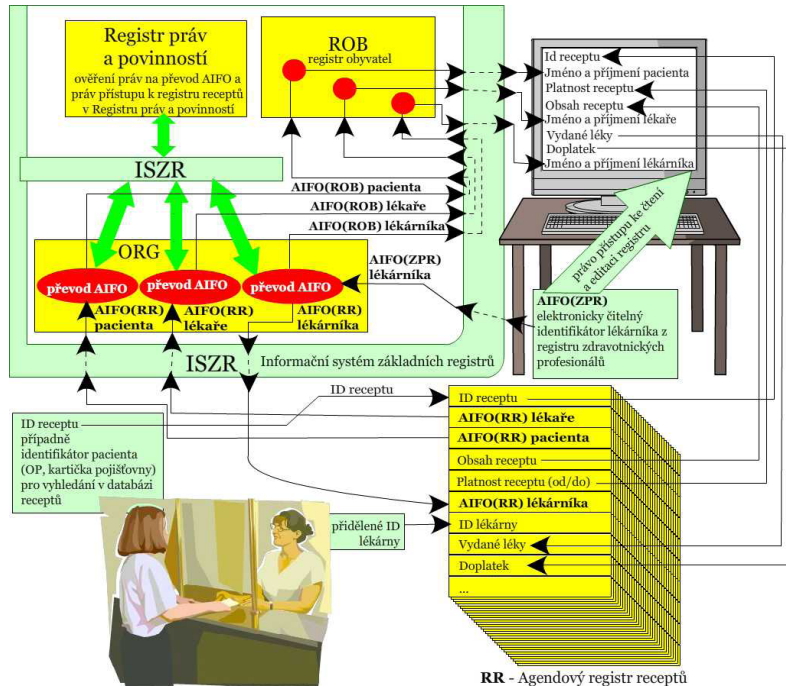


Obrázek 3 — Vystavení elektronického receptu s využitím informačního systému základních registrů a zabezpečením ochrany osobních dat.

Lékař může sledovat i veškerou ostatní preskripci pro daného pacienta. Při výdeji léků (obr. 4) se lékárníkovi zobrazí jméno a příjmení pacienta a lékaře díky převodu příslušných AIFO a vyhledání v ROB. I lékárník, stejně jako lékař, se může podívat i na veškerou preskripci pro pacienta a včas zabránit nežádoucím účinkům kombinace léků. Lékárník do databáze zapisuje vydané léky (může je změnit) a případně i doplatek. Identifikátorem lékárníka ukládaným v databázi je jeho příslušný AIFO.

V registru receptů nejsou žádné údaje, z nichž by bez napojení na centrální registry bylo možno identifikovat pacienta, lékaře nebo lékárníka (samotná databáze receptů tedy neobsahuje žádné osobní údaje). Na druhé straně tato databáze může sama o sobě sloužit jako zdroj pro průběžné sledování struktury spotřeby léků a nákladů na jejich úhradu ze strany pojišťovny i pacientů.

Pro bezpečnou a rychlou autentikaci je vhodné, aby lékař i lékárník měli elektronický identifikátor, nejlépe ve formě čipové karty. Pokud bude mít elektronický identifikátor i pacient, lékař a lékárník nemusejí zadávat



Obrázek 4 — Výběr léku na elektronický recept

identifikátor pojištěnce „ručně“ a celý proces preskripce i výdeje léku se urychlí.

Ve zdravotnické evidenci se vždy sleduje odpovědnost každého, kdo provádí záznam do lékařské evidence, a zároveň se individuálně řídí přístup k jednotlivým zdravotním záznamům. Pro účely autentizace (a elektronického podepisování) ve zdravotnických informačních systémech jsou proto velmi užitečné elektronické identifikátory. Tyto identifikátory mohou být přínosem nejen pro zdravotnický personál, ale i pro vlastní pojištěnce. Elektronický identifikátor jako průkaz zdravotní pojišťovny umožní automatizovat řadu činností – např. zpřístupnění zdravotnických dat podle přání pacienta, individuální přístup k datům o platbách zdravotního pojištění apod.

To vše je ale zatím budoucnost.

Vybudování i provoz základních registrů veřejné správy [1, 7] však pro budoucí koncepci eHealth představují dobrý základ.

Poděkování

Publikace byla z části podporována projektem MPO FR-TI3/869 a společností Creative Connections s.r.o.

Literatura:

- [1.] Felix, O. (2012). Základní registry z pohledu architekta celého řešení. *Informační bulletin, Úřad pro ochranu osobních údajů.* vol. 13, 2012 (1), str. 2-6.
- [2.] Kasal, P., Svačina, Š., Kofránek, J. (2008). Teze rozvoje eHealth v České republice: In *MEDSOFT 2008*, (Milena Zeithamlová, Ed.) Praha: Agentura Action M, Praha 2008, s. 23-35. ISBN 978-80-86742-22-9.
- [3.] Kofránek, J. (2012). Jak propojit informační systémy veřejné správy a nevytvořit „velkého bratra“. *Informační bulletin, Úřad pro ochranu osobních údajů.* vol. 13, 2012 (1), str. 25-30.
- [4.] Kofránek, J., Zinek, P., and Kubinyi, J. (2005) Evropské zdravotnické informační a clearingové centrum - nechtěné dítě nebo budoucnost? In *MEDSOFT 2005*, (Zeithamlová, Milena. ed.) Czech Republic, Agentura Acion M., Praha, str. 89-94.
- [5.] Kofránek, J., Kubinyi, J. (2005). Od paper-Health k e-Health (a zpět?). *Inovativní role informačních technologií v reformě zdravotnictví.* In *MEDSOFT 2006*, (Zeithamlová, Milena. ed.) Czech Republic, Agentura Acion M., Praha, str. 95-104.
- [6.] Kubinyi, J. and Kofránek, J. (2005) Systémový pohled na zdravotnictví jako důležité východisko jeho reformy. In *MEDSOFT 2005*, (Zeithamlová, Milena. ed.) Czech Republic, Agentura Acion M., Praha, str. 105-134.
- [7.] *Správa základních registrů.* (2013) [online]. Dostupno z <http://www.szcr.cz> [cit. 14.3.2013]
- [8.] *Soutěž o návrh s názvem „Hospodárné a funkční elektronické zdravotnictví“.* (2013). [online] Dostupno z http://www.mzcr.cz/dokumenty/soutez-o-navrh-s-nazvem-hospodarne-a-funkcni-elektronicke-zdravotnictvi_7031_2783_1.html [cit 14.3.2013]
- [9.] Součková, M., Kofránek, J., Čížek, J., and Felix, O. (2003). Co umožní uplatnění informačních technologií ve zdravotnictví. In *MEDSOFT 2003*, (Zeithamlová, Milena. ed.) Czech Republic, Agentura Acion M., Praha, str. 107-116.
- [10.] Součková, M., Kofránek, J., Čížek, J., and Sláma, P. (2004). Informační technologie v reformě zdravotnictví. In *MEDSOFT 2004*, (Zeithamlová, Milena. ed.) Czech Republic, Agentura Acion M., Praha, str. 129-144

Kontakt:

Doc. MUDr. Jiří Kofránek, CSc.

Oddělení biokybernetiky a počítačové
podpory výuky, ÚPF 1. LF UK, Praha
U nemocnice 5, 128 53 Praha 2
tel: 777686868
e-mail: kofranek@gmail.com

Ing. Ondřej Felix, CSc.

hlavní architekt eGovernmentu
Odbor Hlavního architekta eGovernmentu
Ministerstvo vnitra ČR
Ministerstvo vnitra, nám. Hrdinů 1634/3, 140
21 Praha 4
Telefon: 974 817 402
Email: ondrej.felix@me.com

Ing. Jiří Polák, CSc.

výkonný ředitel České asociace manažerů
informačních technologií
CACIO
Vltavská 14
150 00 Praha 5
Telefon: 267 053 400
Email: jiri.polak@cacio.cz

MODELICA

Jiří Kofránek

Abstrakt

Modely vytvářené pomocí klasických simulinkových sítí přehledně graficky vyjadřují jednotlivé matematické vztahy. V propojkách mezi jednotlivými bloky tečou signály, které přenášejí hodnoty jednotlivých proměnných od výstupu z jednoho bloku ke vstupům do dalších bloků. V blocích dochází ke zpracování vstupních informací na výstupní. Propojení bloků v Simulinku pak odráží spíše postup výpočtu, než vlastní strukturu modelované reality. Hovoříme o tzv. kauzálním modelování. Při vytváření a hlavně při prezentování a popisu modelu je ale důležité, aby vlastní struktura modelu, spíše než vlastní algoritmus simulačního výpočtu, vystihovala především fyzikální podstatu modelované reality. Proto se v moderních simulačních prostředcích začíná stále více uplatňovat deklarativní (akauzální) zápis modelů, kdy v jednotlivých komponentách modelu popisujeme přímo rovnice a nikoli algoritmus jejich řešení. Propojením jednotlivých komponent dochází k propojení soustav rovnic mezi sebou. Propojením komponent pak nedefinujeme postup výpočtu, ale modelovanou realitu. Způsob řešení rovnic pak "necháváme strojům". Moderním simulačním jazykem, který je přímo postaven na akauzálním zápisu modelů je Modelica. Jazyk se v poslední době velmi využívá v průmyslových aplikacích, v biomedicínských aplikacích však zatím málo. Praxe však ukazuje, že Modelica je pro modelování biomedicínských systémů velmi vhodným nástrojem, zvláště pro modelování rozsáhlých a komplexních systémů pro lékařské výukové trenažéry. V tomto přehledovém článku je uveden praktický příklad modelování hemodynamiky oběhového systému.

Klíčová slova

Akauzální modelování, Kauzální modelování, Modelica, Simulace

1 Úvod

Internetem zpřístupněné výukové simulační hry doplněné výkladem s multimediálním uživatelským rozhraním jsou novou perspektivní výukovou pomůckou, umožňující názorně ozřejmit vykládaný problém ve virtuální realitě. Jsou moderní realizací starého Komenského kréda "Schola Ludus" (škola hrou) [6]. Na našem pracovišti se léta zabýváme využitím interaktivních multimedií a simulačních her pro lékařskou výuku.

Tvorba výukových programů využívajících simulační hry není jednoduchá a vyžaduje vyřešit dva druhy problémů:

1. Vytvoření simulačního modelu.
2. Tvorba vlastního multimediálního simulátoru pro výukové simulační hry.

Zatímco vytvoření vlastního simulátoru je spíše vývojářskou a programátorskou prací, tvorba simulačního modelu není vývojářský, ale spíše (poměrně náročný)

výzkumný problém, jehož efektivní řešení vyžaduje použít adekvátní nástroje pro podporu tvorby simulačních modelů.

V minulosti se simulační modely vytvářely přímo ve stejném vývojevém prostředí jako i vlastní simulátor (např. v programovacím jazyku Fortran, C++ či Java). V současné době se pro tvorbu a testování simulačních modelů využívají specializované vývojové nástroje.

Jedním z nich jsou nástroje od firmy Mathwork – Matlab a Simulink, v nichž jsme dlouhá léta vyvíjeli a ladili matematické modely. V tomto prostředí jsme vytvořili speciální knihovnu formalizovaných fyziologických vztahů Physiology Blockset, volně dostupnou na našich webových stránkách (www.physiome.cz/simchips). V Simulinku jsme implementovali matematický model, který byl podkladem pro simulátor Golem [23, 31] v Simulinku jsme také implementovali rozsáhlé Guytonovy modely [30] a Simulink jsme také využívali při tvorbě webových simulátorů v našem Atlasu fyziologie a patofyziologie (<http://www.physiome.cz/atlas>) [28]

Simulink zpravidla pracuje s propojenými bloky. V propojkách mezi jednotlivými bloky tečou signály, které přenášejí hodnoty jednotlivých proměnných od výstupu z jednoho bloku ke vstupům do dalších bloků. V blocích dochází ke zpracování vstupních informací na výstupní. Simulink nabízí velkou sadu elementárních bloků (násobičky, děličky, integrátory atd.), realizujících přímo nějakou matematickou operaci, nebo i nějaký test, na jehož výsledku závisí řízení dalšího postupu výpočetního toku. Propojováním těchto elementů se dají vytvářet počítačí sítě realizující i poměrně komplikované algoritmy. Propojení bloků v Simulinku proto odráží spíše postup výpočtu než vlastní strukturu modelované reality. Hovoříme o tzv. kauzálním modelování.

V poslední době došlo k vývoji nových tzv. „akauzálních“ vývojových nástrojů pro tvorbu simulačních modelů. Zásadní inovací, kterou akauzální modelovací nástroje přinášejí je možnost popisovat jednotlivé části modelu přímo jako soustavu rovnic a nikoli jako algoritmus řešení těchto rovnic (to je úlohou pro příslušný překladač. Struktura modelů vytvořených v těchto nástrojích pak odráží strukturu modelované reality a nikoli pouze způsob výpočtu. Tyto nástroje nejčastěji využívají objektově orientovaný programovací jazyk Modelica.

Knih popisujících jazyk Modelica na trhu není mnoho [12, 13, 43], v české literatuře zatím neexistuje žádná. Tento příspěvek je skromným pokusem tuto mezeru v české odborné literatuře trochu zaplnit.

2 Modelica

Modelica není firemní proprietární firemní produkt, jakým je např. Simulink, vyvíjený společností Mathworks. Modelica je standardizovaný objektově orientovaný, deklarativní modelovací jazyk pro komponentově modelování komplexních systémů obsahujících komponenty z různých fyzikálních domén. Jazyk využívá akauzální popis modelované reality pomocí rovnic v jednotlivých modelicových třídách.

Iniciátorem vzniku jazyka byl Hilding Elmqvist z univerzity v Lundu. V roce

1978 vytvořil v rámci své disertační práce jazyk objektivě orientovaný, na rovnicích založený jazyk Dymola, který implementoval v jazyce Simula 68 [8]. Později Dymolu reimplementoval v jazyce C++. V roce 1991 založil firmu Dynasim AB, kde pokračoval ve vývoji jazyka Dymola. V roce 1996 inicioval úsilí pro vytvoření standardizovaného objektivě orientovaného na rovnicích založeného programovacího jazyka pro modelování technických systémů, který by umožňoval znovupoužitelnost a výměnu jednotlivých komponent dynamických modelů ve standardizovaném formátu. První specifikace jazyka byla zveřejněna v září 1997. Vycházela ze zkušeností nejen s jazykem Dymola, ale i s dalšími modelovacími jazyky jako např. s jazyky Allan [20], Omola [34], Smile [10], ObjectMath [45], SIDOPS+ [1] a jazykem NMF [40]. V roce 2000 bylo založeno nekomerční sdružení Modelica Association (<https://www.modelica.org>) pro standardizaci a další rozvoj jazyka Modelica a pro vývoj standardizované volně dostupné knihovny Standard Modelica Library.

Vznik jazyka Modelica je příkladem úspěšné spolupráce akademického a komerčního sektoru. Firma Dynasim, spolupracující s Lundskou univerzitou vytvořila první komerční implementaci jazyka Modelica pod názvem staronovým Dymola (což již nebyl jazyk, ale simulační prostředí pro tvorbu modelů ve standardizovaném jazyce Modelica). Záhy vznikla další komerční implementace jazyka ve firmě Mathcore která v úzké spolupráci s univerzitou v Linköpingu vyvinula implementaci Modeliky s názvem MathModelica.

Modelica, která původně vznikala jako akademický projekt ve spolupráci s malými vývojovými firmami při univerzitách v Lundu a v Linköpingu, se záhy ukázala jako velmi efektivní nástroj pro modelování složitých modelů uplatnitelných zejména ve strojírenství, automobilovém a leteckém průmyslu. Vývoj jazyka Modelica proto postupně získal podporu komerčního sektoru. Rozšiřovaly se standardizované knihovny a jazyk se vyvíjel. Modelica nyní existuje ve standardizované verzi 3.3, zveřejněné v květnu 2012 (<https://www.modelica.org/documents/ModelicaSpec33.pdf>). S každou novou verzí se okruh uživatelů Modeliky rozšiřoval a z původně spíše akademického a vědeckého modelovacího prostředí se Modelica stala efektivním průmyslovým nástrojem.

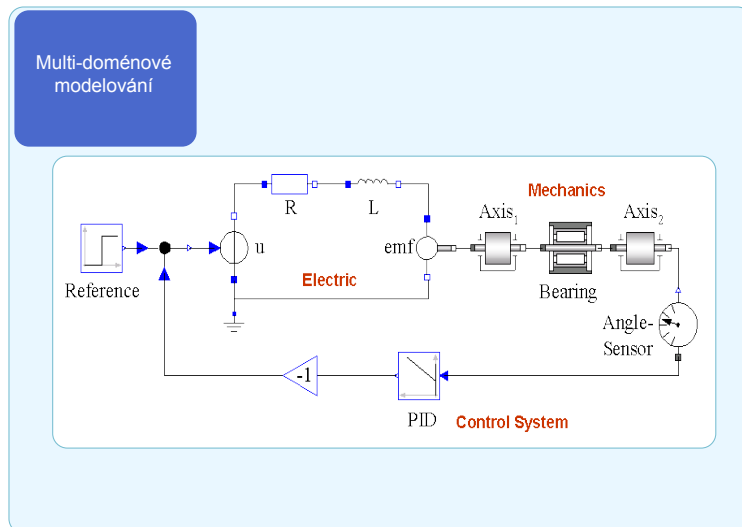
Rychlost, s jakou si nový simulační jazyk Modelica osvojila nejrůznější komerční vývojová prostředí je ohromující. Jestliže ještě před nedávnem existovaly pouze dvě komerční implementace tohoto jazyka (Dymola od švédské firmy Dynasim a MathModelica od další švédské společnosti Mathcore), dnes již jazyk Modelica využívají také simulační prostředí LMS Imagine.Lab AmeSim od firmy LMS (<http://www.lmsintl.com>), MapleSim od Maplesoftu (<http://www.maplesoft.com/>), Mosilab od firmy Fraunhofer (<http://www.fraunhofer.de>) a SimulationX od společnosti ITI (<http://www.iti.de>) a mnohé další. Původně malou vývojovou firmu Dynasim, která při univerzitě v Lundu vyvinula první implementaci Modeliky s názvem Dymola dnes vlastní významná společnost Dassault Systemes, (<http://www.3ds.com/products/catia/portfolio/dymola>), která Dymolu zainkorporovala do svých komplexních softwarových nástrojů pro inženýrské konstruování. Společnost Wolfram,

produkující proslulý nástroj pro vědecké a inženýrské výpočty s názvem Mathematica, koupila firmu Mathcore. Její MathModelicu (pod novým názvem System Modeler) zainteresovala do svého nástroje Mathematica. Existují ale i volně dostupné nekomerční implementace Modeliky, z nichž nejrozšířenější je OpenModelica vyvíjená jako Open Source konsorciem 14 firem a 11 univerzit (viz <https://www.openmodelica.org/>).

Modelica nachází stále větší uplatnění v průmyslových aplikacích. Tento moderní simulační jazyk dnes využívají velké průmyslové korporace, jako Siemens, ABB a EDF. Firmy působící v automobilovém průmyslu, jako (AUDI, MBW, Daimler, Ford, Toyota, VW) používají Modelicu pro návrh energeticky úsporných automobilů a pro návrh klimatizačních jednotek. Rozvoj vývojových prostředí a technologií využívajících jazyk Modelica i vývoj příslušných aplikačních knihoven je součástí celoevropských výzkumných projektů EUROSYSLIB, MODELISAR, OPENPROD a MODRIO financovaných v letech 2007-20015 celkovou částkou 75 milionů Euro (viz <http://www.modelica.org>).

V průmyslových simulačních aplikacích se často kombinují komponenty různých domén – např. elektrické pohony propojené se složitými mechanickými komponenty, nejrůznějšími snímači, čidly, řídicí elektronikou apod., často bývá nutnost propočítávat mechanické namáhání i odvod tepla aj. Modelica zde nachází uplatnění, protože umožňuje kombinovat komponenty z různých fyzikálních domén (viz Obrázek 1).

Krom toho, průmyslové technologie jsou složité a komplexní. Proto je

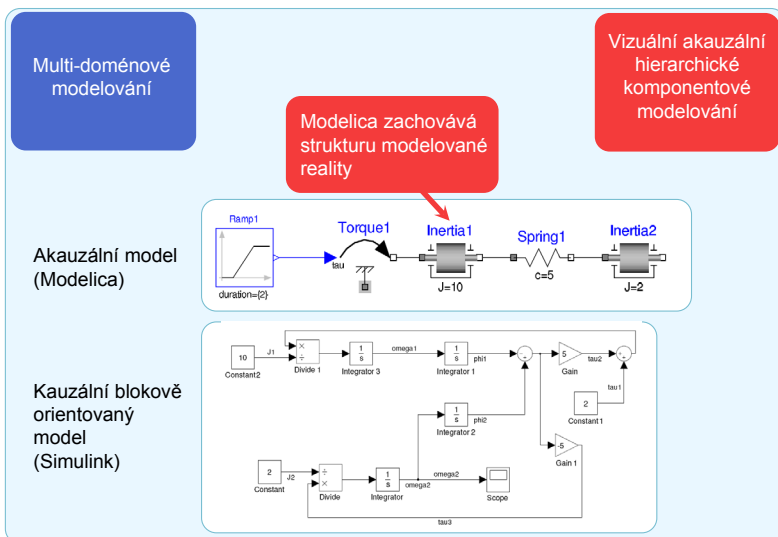


Obrázek 1 — Modelica umožňuje kombinovat modely z komponent z různých fyzikálních domén, například (jako na tomto příkladu) propojovat elektrické, mechanické a řídicí prvky.

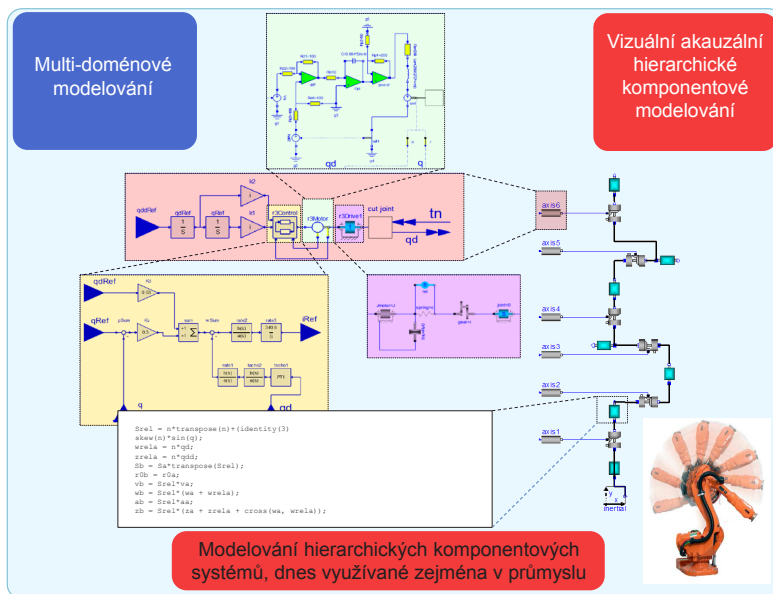
důležité, udržet v modelu přehlednost a neztratit se v množství propojovaných bloků v simulačních nástrojích. A zde je opět Modelica vhodným nástrojem protože umožňuje vizuální hierarchické komponentové zobrazení složitých modelů, jejichž struktura pak vyjadřuje strukturu modelované reality (na rozdíl od blokové orientovaných nástrojů, které spíše než strukturu modelovaného objektu zobrazují postup výpočtu) – viz Obrázek 2.

Velkou výhodou Modeliky pro její využití v průmyslu jsou standardizované knihovny pro různé fyzikální domény (elektrické, hydraulické, mechanické aj.) postupně vyvíjené v široké mezinárodní komunitě a prověřované dennodenním praktickým využíváním. Tyto knihovny modelikových komponent umožňují jejich propojováním sestavovat složité, ale přehledné hierarchické modely, která navenek vypadají jako schematické obrázky specifické pro každou část hierarchicky uspořádaného technologického celku (jinou pro mechanické části, a jinou pro elektrické či řídicí komponenty apod.). Tyto obrázky jsou ovšem „živé“ a představují funkční spustitelný simulační model (viz Obrázek 3).

Modelica je objektivně orientovaný jazyk, kde každá třída může mít svou uživatelem definovanou vizuální podobu a vytvářet tak grafickou podobu



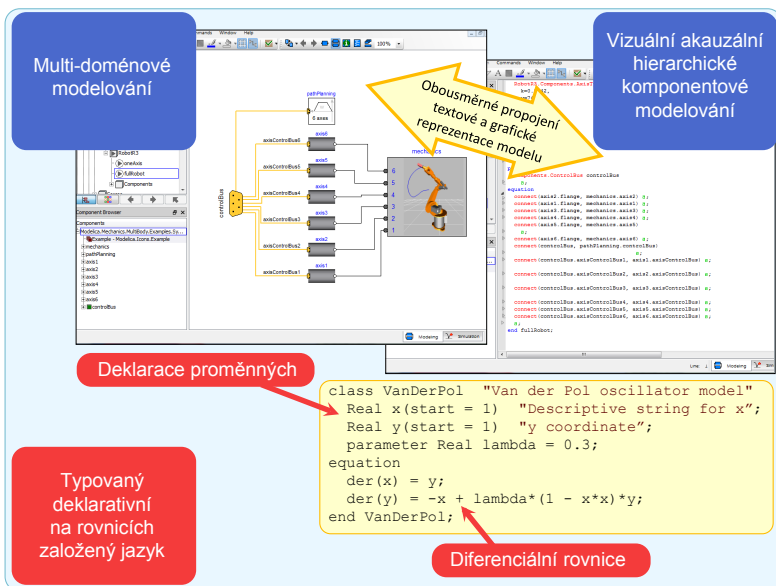
Obrázek 2 — Důležitou vlastností modelovacího programu je to, že program skládáme z jednotlivých komponent vizuálně na obrazovce počítače. To ovšem Simulink umožňuje také. Každý blok v Simulinku počítá z hodnot definovaných vstupů příslušné hodnoty výstupů a propojování jednotlivých bloků mezi sebou pak vyjadřuje postup výpočtu. Proto zde hovoříme o kauzálním modelování. V Modelice jsou na pozadí jednotlivých bloků soustavy rovnice. Propojení vyjadřuje souvislosti mezi jednotlivými komponentami (např. cesty přenosu energie, řídicí a informační vazby apod.), nikoli způsob výpočtu to je záležitost modelikového překladače). Proto se mluví o akauzálním modelování. Struktura modelu v Modelice pak vyjadřuje spíše strukturu modelované reality, než postup výpočtu.



Obrázek 3 — V Modelice mají modely vizuální hierarchické uspořádání. Při modelování vnitřní struktury jednotlivých bloků se využívají komponenty, přizpůsobené po vizuální i funkční stránce, dané doměně. Tak například vnitřní struktura elektrického motoru odpovídá elektrickému schématu, vnitřní strukturu řídicí komponenty popisujeme v blokových schématech užívaných pro popis systémů automatického řízení, vnitřní strukturu mechanických komponent vyjadřují struktury propojení mechanických částí, to vše se může kombinovat s komponentami, kde dáváme přednost popisu pouze soustavou rovnic apod. Tímto způsobem můžeme přehledně popisovat složité hierarchicky uspořádané technologické konstrukce a zároveň je tento popis "živým" funkčním simulačním modelem. To je také důvod, proč se Modelica začíná stále více používat při navrhování složitých průmyslových zařízení.

modelikových knihoven. Když přetáhneme v grafickém editoru jazyka Modelica nějakou ikonu z knihovny nabídky na editační plochu, tím zároveň vygenerujeme vytvoření instance komponenty, která je instancí příslušné třídy a navenek je vizuálně reprezentována ikonickým obrázkem. Takto vytvořené vizuální prvky můžeme spolu propojovat a vytvářet model (nebo novou komponentu) z jednotlivých knihovnických komponent. Vývojová prostředí jazyka Modelica umožňují obousměrné propojení textové a grafické reprezentace modelu (Obrázek 4). Při propojování komponent v grafickém editoru se automaticky generují textové příkazy jazyka zobrazitelné v textovém editoru.

V Modelice ovšem nevytváříme modely a nové komponenty pouze propojováním komponent z bohaté nabídky modelikových knihoven. V Modelice tvoříme nové specifické komponenty i v textovém editoru. Na rozdíl od jiných objektově orientovaných jazyků, Modelica dává možnost ve zvláštní sekci uvozené klíčovým slovem "equation" psát přímo rovnice. Propojováním jednotlivých komponent tak vlastně definujeme soustavy rovnic modelu.

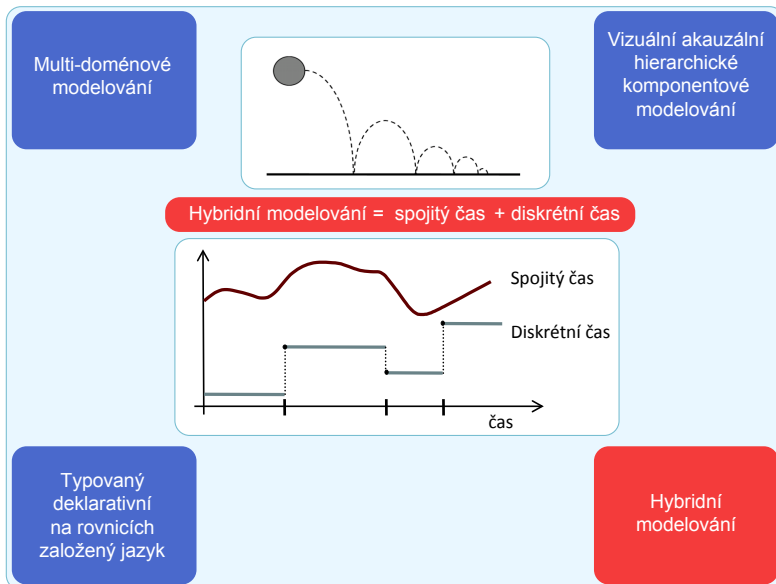


Obrázek 4 — Modelica je normalizovaný modelovací objektově orientovaný jazyk. Model skládáme z instancí tříd. Každá třída má uživatelem definovanou vizuální podobu. Instancí těchto tříd jsou pak vizuální komponenty, které můžeme využívat v grafickém editoru, kde jednotlivé komponenty můžeme mezi sebou propojovat (a model tak “skládáme” z komponent jako z “legových kostiček”). Při tomto skládání je na pozadí grafického editoru automaticky generován zdrojový text modelu, který můžeme prohlížet v textovém editoru. Toto propojení můžeme dělat i “ručně” v textovém editoru. Při vytváření nových “kostiček skládačky” - tj. nových tříd, můžeme také popisovat chování vytvářených komponent v textovém editoru pomocí algebrodiferenciálních rovnic. Textová a grafická reprezentace modelu jsou spolu obousměrně propojeny - vlastní zápis modelu, který je předkládán překladači je ovšem textový. V textové podobě objektově orientovaného jazyka ve zvláštní sekci uvozené klíčovým slovem “equation” píšeme přímo rovnice (rovničko zde neznamena přiřazení, ale rovnost, takže klidně můžeme levou a pravou stranu rovnice prohodit). Propojením jednotlivých komponent vlastně přidáváme soustavy rovnic (obsažené v jednotlivých komponentách) do systému. Řešení rovnic je starostí překladače, a ne programátora vytvářejícího model.

Jejich řešení je starost překladače Modeliky.

V průmyslových aplikacích se často pracuje s událostmi a diskretními hodnotami proměnných měněných nespojitě v diskretním čase (viz např. celá oblast digitální elektroniky). Výhodou jazyka Modelica pro tyto aplikace je to, že umožňuje tzv. hybridní modelování, tj. kombinaci spojitých modelů s diskretními (viz obr. Obrázek 5). To např. umožní pracovat s událostmi, reagovat na změnu hodnot některých proměnných, nebo na vnější diskretní vstupy apod.

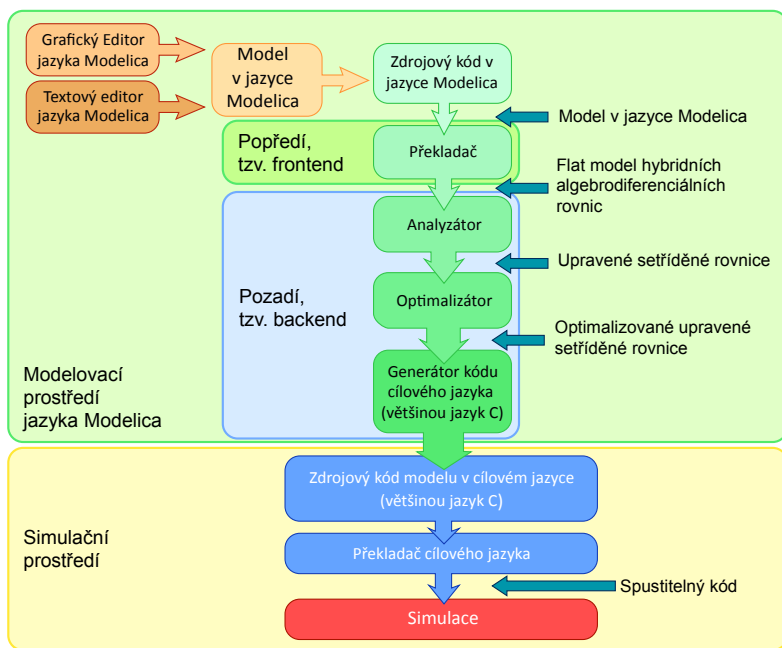
Součástí Modeliky jsou standardní knihovny. Řada dalších knihoven je vytvářena a prodávána samostatně, a protože jsou vytvořeny ve standardizovaném jazyce Modelica, mohou se využívat v různých simulačních



Obrázek 5 — Modelica dovoluje kombinovat spojité modely, vyjádřené soustavou algebrodiferenciálních rovnic, s diskrétními událostmi a s diskrétními proměnnými, jejichž hodnoty se skokově mění v čase. To např. umožní na základě nějaké události změnit soustavu momentálně platných algebrodiferenciálních rovnic - typickým příkladem je třeba modelování skákajícího míčku, kdy při dotyku s oporou se skokově změní směr pohybu. Hybridní modely, kombinující spojitý a diskrétní čas umožňují popsat reakci modelu na změny hodnot některých proměnných, reagovat na vnější události, generovat události a měnit chování modelu apod.

prostředích, které jsou schopny pracovat s tímto jazykem.

Pro vlastní využití Modeliky při tvorbě simulačních modelů potřebujeme modelovací prostředí, v němž model v jazyce Modelica vytváříme a překládáme (obr. Obrázek 6). Součástí těchto prostředí bývá propojený grafický a textový editor, v němž vytváříme a modelikový model. Zdrojový kód Modeliky je ale textový, tvar grafických prvků je definován standardním způsobem v textové podobě v tzv. anotacích, připojitelných ke každé třídě. Modelika je tzv. na rovnicích založený (tzv. „equation-based“) programovací jazyk. O způsob řešení těchto rovnic se stará modelikový překladač, který nejprve provádí symbolické manipulace s rovnicemi. Jeho výsledkem je nejprve tzv. „flat model“, kde jsou veškeré rovnice modelu setříděny tak, aby ze vstupů modelu šly vypočítat výstupy. S tímto „flat modelem“ pak pracuje analyzátor, který rovnice analyzuje, vyřeší veškeré konflikty a upraví. Výsledek předá optimalizátor, který způsob řešení optimalizuje tak, aby byl co nejrychlejší a dostatečně přesný, zjednoduší rovnice tak, aby se nemusely dělat zbytečné numerické výpočty, a teprve po těchto symbolických manipulacích s rovnicemi jsou optimalizované upravené a setříděné rovnice předloženy generátoru kódu, který vytvoří



Obrázek 6 — Postup tvorby simulačních modelů v modelovacích nástrojích využívajících jazyk Modelica. Zdrojový kód modelu v jazyce Modelica je textový (tvary grafických prvků, s nimiž pracuje grafický editor jazyka Modelica, jsou standardizovaným způsobem popsány v textové formě tzv. anotacích připojených k jednotlivým třídám). Překladač jazyka Modelica provádí symbolickou manipulaci s rovnicemi, setřídí je, upraví je a optimalizuje způsob jejich řešení a nakonec podle nich vygeneruje zdrojový kód příslušného programovacího jazyka (většinou C). Z něj je po přeložení klasickým kompilátorem vytvořen spustitelný kód simulačního modelu.

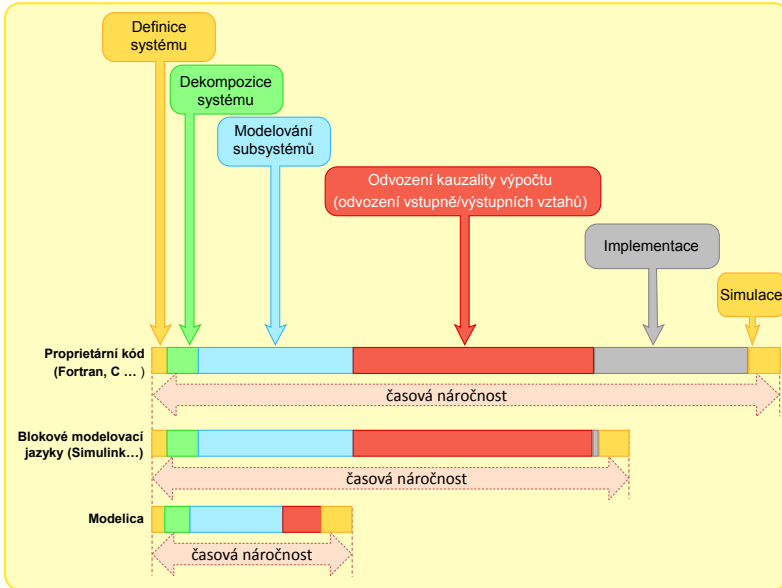
zdrojový kód modelu v cílovém jazyce (většinou C nebo C++) a propojí ho s příslušnými knihovnami numerického řešiče algebrodiferenciálních rovnic.

Výsledkem překladače je zdrojový kód modelu v cílovém programovacím jazyce, který je pak příslušným překladačem přeložen a spuštěn. Součástí simulačních prostředí pro jazyk Modelica jsou též nástroje, které umožňují spouštět model a sledovat průběhy hodnot jeho jednotlivých proměnných.

Součástí komerčních nástrojů je též možnost propojení na další vývojové prostředí (např. součástí modelovacího prostředí od Wolframu je napojení na prostředí Mathematica, společnost Dassault zase propojila Dymolu se svými nástroji pro počítačové konstruování a řízení výroby (CATIA, DELMIA, ENOVIA, SIMULIA a 3DVIA).

Modelica je úspěšná především proto, že podstatně snižuje čas, který je nutno věnovat tvorbě modelu (viz Obrázek 7).

Dříve se modely vytvářely s využitím klasických programovacích jazyků



Obrázek 7 — Blokově orientované jazyky přinesly především zkrácení implementační části modelu oproti tvorbě modelu s využitím klasických programovacích jazyků. Modelica přináší další časovou úsporu, protože odvození postupu, jak ze vstupních proměnných modelu vypočítávat výstupní proměnné, přenechává kompilátoru.

(Fortran, C, C++, Java apod.). V řadě případů modely vytvářejí v těchto jazycích dodnes, zejména v konkrétních aplikacích simulačních modelů (např. jako simulační jádro výukových trenažérů). Speciální simulační prostředí v blokově orientovaných modelovacích jazycích (např. v Simulinku aj.) přinesly podstatné zkrácení doby implementace modelu. Nicméně časová náročnost odvození způsobu výpočtu modelu (tj. nalezení způsobu jak ze vstupů modelu vypočítat výstupy, jak odstranit algebraické smyčky apod.) se mnoho nezměnila. Není to jednoduchá úloha, zejména u komplexních hierarchicky uspořádaných modelů. Čím složitější model, tím je úloha odvození kauzality výpočtu náročnější. A právě zde Modelica přináší velkou pomoc tím, že vyřešení této úlohy nechává převážně na kompilátoru. Díky bohatým knihovnám i vizuálnímu komponentovému modelování je v Modelice také jednodušší modelování subsystémů a dekompozice systému.

Časové úspory při tvorbě modelů jsou největší zejména u složitých, hierarchických multidimenzovaných modelů, se kterými se často setkáváme při návrhu technologicky náročných celků a proto v průmyslu má Modelica rostoucí uplatnění.

Na rozdíl od průmyslových aplikací se však Modelica při tvorbě modelů v medicíně a biologii zatím příliš neuplatnila.

Drtivá většina biomedicínských simulačních aplikací je dosud realizována

v kauzálních blokově orientovaných prostředích. Patří k nim například vývojové prostředí referenčních databází biomedicínských modelů (v jazycích JSIM <http://physiome.org/model/doku.php> nebo CEIIML <http://www.cellml.org/>).

Zhusta využívaným prostředím v biologii a medicíně je Matlab/Simulink - monografie věnované biomedicínským modelům bývají často doprovázeny přídatným softwarem pro toto vývojové prostředí [např. 9, 17, 21, 32, 38, 41, 46]. I když v Simulinku byly v posledních letech implementovány akauzální knihovny Simscape a další, modely v biomedicínských aplikacích je zatím téměř nevyužívají. Tak např. tyto akauzální simulinkopvé knihovny nevyužívá ani poslední verze rozsáhlého modelu respiračního a cirkulačního systému PNEUMA, po léta vytvářeného Universitou Jižní Kalifornie v San Diegu. Model PNEUMA je využíván mimo jiné ke studiu řady respiračních poruch, např. spánkové apnoe [4, 5, 11, 19] a jeho zdrojový kód v Simulinku je volně stažitelný (viz <http://bmsr.usc.edu/software/pneuma/>).

Nicméně již v roce 2006 Cellier a Nebot [3] ukázali výhody, které Modelica přináší pro přehlednou implementaci popisu fyziologických systémů. V Modelice implementovali klasický model McLeodův cirkulačního systému PHYSBE (PHYSiological Simulation Benchmark Experiment) [35, 36, 37]. Tyto rozdíly zvláště vyniknou, porovnáme-li si Cellierovu a Nebotovu implementaci modelu s volně stažitelnou verzí implementace modelu PHYSBE v Simulinku <http://www.mathworks.com/products/demos/simulink/physbe/>.

Haas a Burnhan [16] ve své monografii upozornili na velké možnosti jazyka Modelica pro modelování adaptivních regulačních systémů v medicíně. Brugård a spol. v roce 2009 [2] referoval o práci na implementaci knihovny značkovacího jazyka SBLM (System Biology Markup Language), používaného jako jeden ze standardů pro popisování modelů biologických systémů (<http://sbml.org/>), do jazyka Modelica. To by v budoucnu umožnilo jednoduchým způsobem přímo spouštět modely, jejichž struktura je popsána v jazyce SBLM, na vývojových platformách, založených na jazyce Modelica. Výsledkem jejich práce je mimo jiné první knihovna SBML v Modelice, která je dnes již standardní součástí Wolfram SystemModeler.

V naší laboratoři biokybernetiky na 1. Lékařské fakultě UK jsme v Matlabu a Simulinku po léta vyvíjeli modely fyziologických systémů a rozvíjeli příslušnou aplikační simulinkovou knihovnu Physiobrary (<http://physiome.cz/simchips>). Vyvinuli jsme také příslušné softwarové nástroje usnadňující převod modelů implementovaných v Simulinku do vývojových prostředí (Control Web a Microsoft .NET), v nichž vytváříme vlastní výukové simulátory. Náš vývojový tým má dlouholetou praxí poměrně slušné zkušenosti v práci s vývojovým prostředím Matlab/Simulink od renomované firmy MathWorks. Na druhé straně nás ale lákaly nové možnosti vývojových prostředí využívající jazyk Modelica.

Stáli jsme proto před rozhodnutím, zda nadále pokračovat ve vývoji modelů fyziologických systémů v prostředí Simulink (s využitím nových akauzálních knihoven Simscape), nebo zda učinit radikálnější rozhodnutí a přejít na novou platformu jazyka Modelica.

Velmi rychle se ukázalo, že **implementace rozsáhlých modelů v Modelice**

je mnohem efektivnější než pouhé využívání akauzálních knihoven v Simulinku. Při porovnání simulinkové a modelicové implementace se projevil podstatný rozdíl, spočívající zřejmě v tom, že nové akauzální knihovny jsou pouhou akauzální nadstavbou Simulinku a nikoli objektově orientovaným na rovnících postaveným modelovacím jazykem, jakým je Modelica.

Porovnáme-li tedy vývojová prostředí, založená na simulačním jazyce Modelica s vývojovým prostředím Matlab/Simulink od firmy Mathworks můžeme konstatovat že:

- na rozdíl od Simulinku model implementovaný v Modelice mnohem lépe vystihuje podstatu modelované reality a simulační modely jsou mnohem čitelnější i méně náchylné k chybám;
- objektová architektura Modeliky umožňuje postupně stavět a ladit modely s hierarchickým uspořádáním s využitím knihoven znovupoužitelných prvků;
- na rozdíl od Simulinku (který je průmyslovým standardem firmy Mathworks) je Modelica normalizovaný programovací jazyk, proto také mohou existovat různá komerční (i nekomerční) vzájemně si konkurující vývojová prostředí a pro řešení specifických problémů z různých aplikačních oblastí se v tomto jazyce vytvářejí (komerční i nekomerční) specializované knihovny;
- v Modelice je možné nenásilně kombinovat kauzální (většinou signálové) a akauzální vazby; na rozdíl od Simulinku v propojení kauzálních bloků je možné bez větších problémů vytvářet algebraické smyčky – součástí kompilátoru Modeliky jsou symbolické manipulace na pozadí a proto rozpojení algebraických smyček je starostí vývojového prostředí a nikoli programátora.

Výše uvedené důvody nás vedly k tomu, že jako hlavní implementační prostředek pro tvorbu modelů jsme v naší laboratoři zvolili Modelicu a postupně upustili od vývoje modelů v prostředí Matlab/Simulink [24, 25].

Do tvorby aplikačních knihoven a nástrojů vývojových prostředí pro jazyk Modelica jsme se zapojili i v rámci mezinárodní spolupráce.

Společným úsilím 14 firem a 11 univerzit sdružených v Open Modelica Source Consortium je společně vyvíjeno prostředí OpenModelica, šířitelné jako open source (Open Modelica Source Consortium - viz <http://www.ida.liu.se/labs/pelab/modelica/OpenSourceModelicaConsortium.html>).

Tohoto vývoje se účastní i náš vývojový tým v rámci aktivit firmy Creative Connections s.r.o., která je členem tohoto konsorcia (viz <http://www.creativeconnections.cz/>). Pro toto konsorcium vyvíjíme nástroj, umožňující z modelu vyvinutého a odladěného v Modelice vygenerovat zdrojový text modelu v jazyce C#. Naším cílem je umožnit z Modeliky přímo generovat simulační jádro pro multimediální webové simulátory pro prostředí .NET. Ve všem pohodlí, které poskytuje jazyk Modelica bude možné vytvářet simulační modely a snadno je propojovat s animacemi, které, jako jakési grafické loutky budou řízené simulačním modelem [29].

Hlavním cílem naším cílem je ale usnadnit propojení složitého

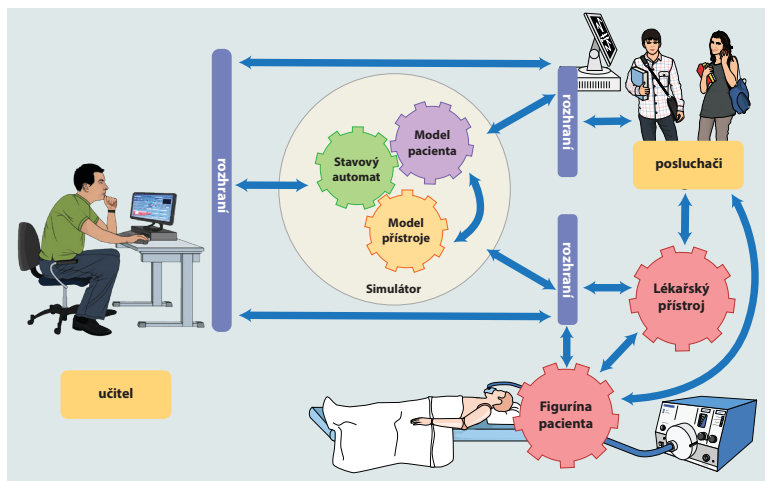
integrovaného modelu fyziologických systémů **HumMod-Golem Edition**, který vytváříme v jazyce Modelica, s uživatelským rozhraním lékařského trenažéru realizovaného jako multimediální výuková aplikace a perspektivně i s využitím robotizované figuríny pacienta [26].

3 Vytváříme kostičky modelikové stavebnice simulátoru

Nejlépe je vhodné ilustrovat výhody jazyka Modelica na nějakém konkrétním příkladě. Vybrali jsme jeden ze subsystémů lékařského trenažéru trenažéru HPS (Human Patient Simulator) https://caehealthcare.com/home/eng/product_services/product_details/hps-human-patient-simulator.

Simulátor HPS, patří k tzv. modelem řízeným (model-driven) trenažérům. Na rozdíl od scénářem řízených (patient-driven) simulátorům, které jsou řízeny algoritmem větveného scénáře, je základem modelem řízených patientských simulátorů matematický model fyziologických systémů, propojený s modelem lékařských přístrojů (umělé plicní ventilace a dalších) – viz obr. Obrázek 8. Oba modely jsou propojeny se stavovým automatem, kde se podle hodnot vstupů a výstupů modelů přepínají jednotlivé stavy a na druhé straně stavový automat nastavuje příslušné parametry modelů zejména podle modelovaného scénáře. Simulátor má dvě uživatelská rozhraní – jedno pro studenty a druhé pro učitele. Učitelův terminál umožňuje řídit simulátor, připravovat simulační scénáře, sledovat akce studentů a dělat následný rozbor (tzv. debriefing). Výstupy jsou rovněž přes příslušná rozhraní propojeny na figurínu pacienta a na připojené lékařské přístroje.

Základním jádrem modelu pacienta v simulátoru HTS je model kardiorespiračního systému a přenosu krevních plynů. Tím se dynamicky provazují mezi sebou ventilační a cirkulační parametry spolu s hodnotami



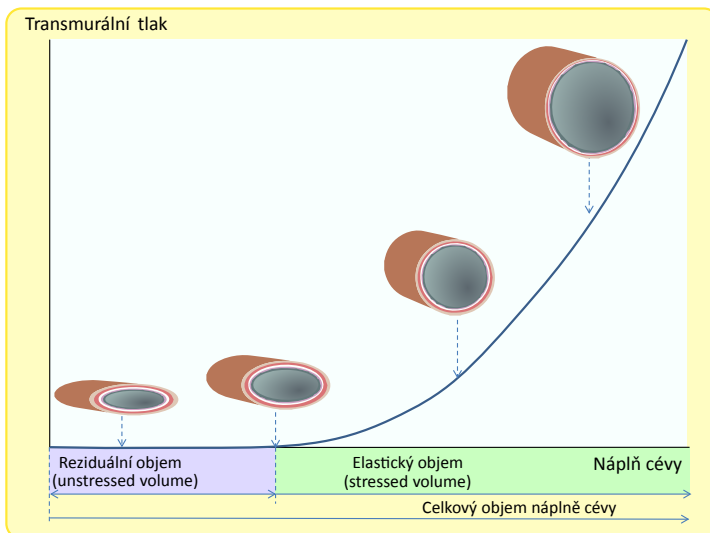
Obrázek 8 — Uplatnění modelu pacienta (přesněji řečeno modelu fyziologických systémů) v tzv. modelem řízeném (model driven) patientském simulátoru.

Prvek:	Symbol:	Vztah:	Matematický popis:
Odpor			$f(t) = \frac{p_1(t) - p_2(t)}{R}$
Elastický kompartment			<p>když $v(t) > UV$</p> $p_1(t) - p_2(t) = \frac{v(t) - UV}{C}$ <p>jinak</p> $p_1(t) - p_2(t) = 0$ $\frac{df(t)}{dt} = f_1(t) - f_2(t)$
Induktor			$\frac{df(t)}{dt} = \frac{p_1(t) - p_2(t)}{l}$
Chlopeň			<p>když $p_1(t) - p_2(t) > 0$</p> $f(t) = \frac{p_1(t) - p_2(t)}{R}$ <p>jinak</p> $f(t) = 0$
Prvek:	Symbol:	Vztah:	Matematický popis:
Zdroj tlaku (kompresor)			$p_1(t) - p_2(t) = p(t)$
Elastický kompartment s proměnnou poddajností (proměnnou elasticitou)			<p>viz také elastický kompartment</p> $p_1(t) - p_2(t) = \frac{v(t) - UV}{c(t)}$

Obrázek 9 — Komponenty modelu hemodynamiky podle Meurse (Meurs, 2011). Význam symbolů: R – odpor cévy, $p(t)$ – tlak, $v(t)$ – objem, C – poddajnost, l – indukance, UV – „unstressed volume“, reziduální objem cévy (maximální objem náplně cévy který ještě elasticky neroztahuje cévu, pokud je náplň nižší, než tento objem, transmuralní tlak je nulový), $c(t)$ – proměnná poddajnost.

krevních plynů a umožňují tak realisticky simulovat dynamické změny při respiračních a cirkulačních onemocněních. Změnou parametrů kardiorespiračního modelu (nastavovanou propojením s farmakologickým modelem) se dá modelovat ovlivnění příslušnými terapeutickými zásahy. Rovněž se dá simulovat ovlivnění kardiorespiračních parametrů a hodnot krevních plynů při simulované umělé plicní ventilaci.

V dalším textu si ukážeme, jak lze implementovat v jazyce Modelica jeden ze subsystémů tohoto kardiorespiračního modelu, konkrétně subsystém hemodynamiky. Veškeré zdrojové texty modelu v jazyce Modelica jsou k dispozici na doprovodném CD ROM a na webových stránkách sborníku



Obrázek 9 — Závislost transmurálního tlaku na náplni cévy. Při zvětšování objemu náplně cévy transmurální tlak (tj. rozdíl tlaků mezi vnitřkem a vnějškem cévy) zůstává do určité hodnoty objemu náplně cévy nulový, a pak se začne (v závislosti na poddajnosti cévy) zvyšovat.

MEDSOFT <http://creativeconnections.cz/medsoft> jako elektronická příloha.

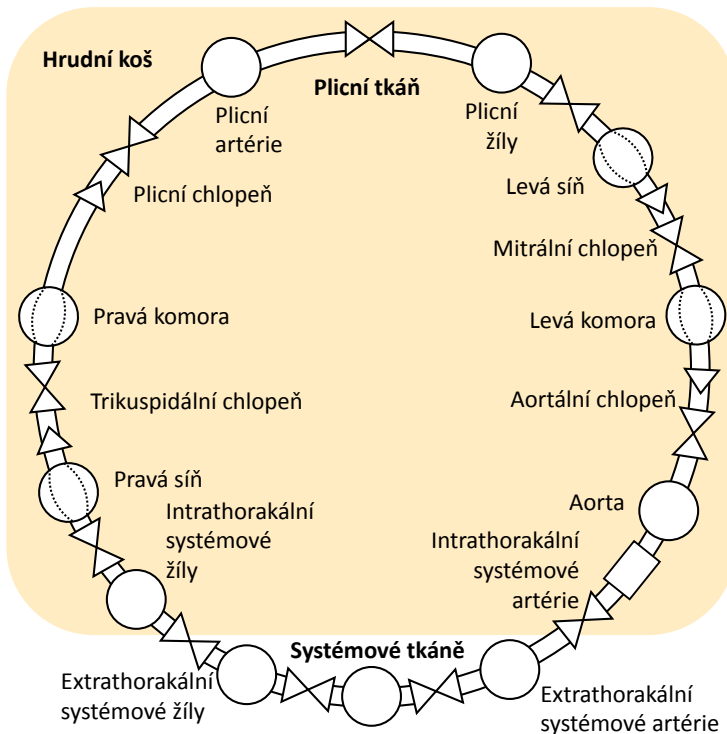
Matematický model, který je teoretickým podkladem funkčnosti simulátoru HPS, není veřejně dostupný. Nicméně nedávno van Meurs, jeden z autorů modelu použitého v simulátoru HPS (dříve prodávaného pod komerčním názvem METI), vydal knihu, v níž strukturu modelu částečně poodhalil [44]. Některé doplňující hodnoty, nutné pro realizaci modelu subsystému hemodynamiky, který v Modelice postavíme, jsme vzali z jiných publikací [7, 14, 39]. Na následujících stránkách si ukážeme, že postavení funkčního simulačního modelu v jazyce Modelica snadné a rychlé.

3.1 Tvorba konceptuálního modelu

Modelování vždy začíná tvorbou konceptuálního modelu. Při tvorbě konceptuálního modelu si nejprve dekomponujeme systém hemodynamiky na jednotlivé komponenty a popíšeme jejich vlastnosti. V modelu hemodynamiky si vystačíme s několika opakujícími se komponentami. Obrázek 9, vytvořený podle obrázku z van Meursovy knihy [44], zobrazuje komponenty, které budou při modelování hemodynamiky zapotřebí. Zároveň je u každé komponenty specifikováno její chování pomocí jednoduchých matematických vztahů.

Především budeme potřebovat komponentu **odporu**, jejíž chování popisuje Ohmův zákon. Cévy jsou pružné trubice, jejichž chování je možné popsat pomocí **elastického kompartmentu**. V tomto kompartmentu rozdíl tlaků mezi vnitřní

a vnější stranou cévy (tzv. transmurní tlak) závisí na náplni cévy (viz Obrázek 10). Ve skutečnosti je závislost tlaku na náplni cévy nelineární, můžeme si ji však pro jednoduchost linearizovat. Čím je céva poddajnější, tím má směrnice křivky, zobrazující závislost transmurního tlaku na náplni cévy, menší sklon. Kromě toho, při postupném plnění cévy je transmurní tlak zpočátku nulový a stoupá teprve od překročení určitého reziduálního objemu („unstressed volume“) v závislosti na poddajnosti. Další komponentou je **induktor**, kterým modelujeme setrvačnost krve – změna rychlosti proudění je úměrná rozdílu tlaků a nepřímě úměrná indukanci. Dalším prvkem je **chlopeň**, která (v elektrické analogii) funguje jako dioda propojená s odporem. Uvažovaným prvkem je **zdroj konstantního tlaku (kompresor)**, generující konstantní tlak nezávisle na průtoku. Tuto komponentu ve vlastním modelu hemodynamiky nebudeme potřebovat, dá se však využít při modifikaci modelu (např. při modelování externího čerpadla namísto srdeční komory). Konečně, posledním prvkem je **elastický kompartment s proměnnou poddajností**, který funguje obdobně jako elastický kompartment s tím rozdílem, že poddajnost jeho stěny se v čase mění. Pomocí elastického kompartmentu s časově proměnnou



Obrázek 11 — Propojení komponent v modelu hemodynamiky podle Meurse (Meurs, 2011).

poddajností je modelována srdeční pumpa (tj. síně a komory).

Propojení komponent znázorňuje Obrázek 11, rovněž vytvořený podle obrázku z monografie van Meurse [44]. V modelu se rozlišují cévy, které jsou uvnitř hrudníku (intrathorakální) a mimo hrudník (extrathorakální). Důvod tohoto dělení spočívá v tom, že na intrathorakální cévy působí zvnější tlak uvnitř hrudníku (který je negativní). Nitrohruční tlak se ale mění s dýcháním – při nádechu se snižuje, při výdechu se zvyšuje. Může být také ovlivněn při umělé plicní ventilaci, kdy se plíce „nafukují“ zvnější aparátem umělé plicní ventilace, což má pak vliv na hemodynamiku. Proto pro propojení subsystému hemodynamiky se subsystémem respirace je nutné rozlišovat elastické kompartmenty cév, které jsou vně a uvnitř hrudníku.

Levá komora je modelována jako elastický kompartment s časově proměnnou poddajností. Krev přes aortální chlopeň proudí do nitrohruční aorty, modelované jako elastický kompartment. Dále krev proudí do induktoru, který modeluje setrvačné vlastnosti proudící krve. Pak přes odpor krev proudí do extrathorakálních systémových artérií a z nich pak přes další odpor do elastického kompartmentu systémových tkáňových cév (arterioli, kapilár a přiléhajících venul). Z něj pak krev proudí přes odpor venul do elastického kompartmentu extrathorakálních žil a odtud pak přes žilní odpor do elastického kompartmentu nitrohručních systémových žil. Odtud se krev dostává, přes odpor centrálních žil, do pravé síně, modelované jako elastický kompartment s časově proměnnou poddajností. Z pravé síně krev proudí přes trojčipou (trikuspidální) chlopeň do pravé komory (modelované opět jako elastický kompartment s časově proměnnou poddajností). Z pravého srdce pak krev proudí přes plicní chlopeň do elastického kompartmentu plicních artérií. Z nich se krev přes odpor cév v plicních tkáních dostává do elastického kompartmentu plicních žil a odtud pak přes odpor plicních žil do levé síně, modelované jako elastický kompartment s časově proměnnou poddajností. Odtud se pak krev dostává přes mitrální chlopeň zpět do levé komory.

3.2 Komponenty a jejich instance

Na začátku implementace modelu v jazyce Modelica vytvoříme balíček (**package**) s názvem **Haemodynamics** a v něm balíček **Parts** kam budeme ukládat jednotlivé vytvořené komponenty. Modelikový program vypadá zatím jednoduše:

```
package Haemodynamics „Hemodynamic model for Human
Patient Simulator“
  package Parts „Necessary components“
    end Parts;
  end Haemodynamics;
```

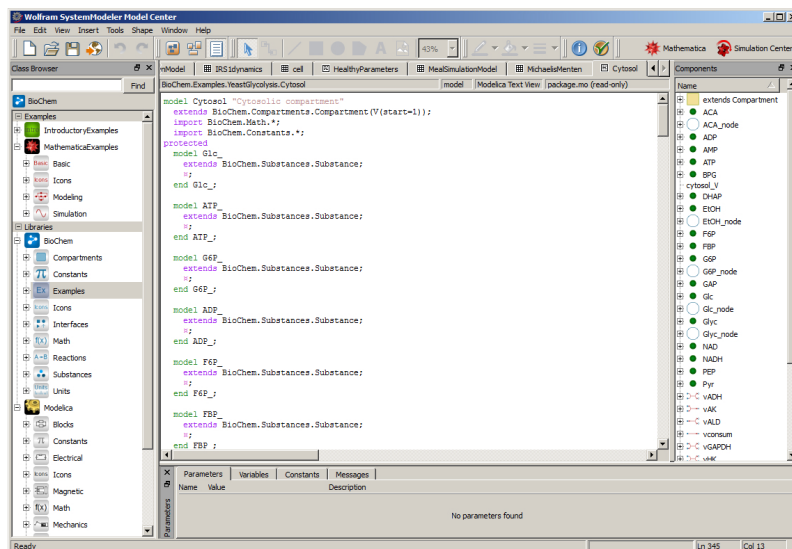
Komponenta je pojímána jako třída – komponentou je odpor či elastický kompartment. Instancí je konkrétní realizace této třídy – např. odpory v plicních cévách, žilní plicní odpor, odpor v mitrální chlopni, odpor v aortální chlopni,

odpor systémových artérií atd. Instancí jsou elastické kompartmenty aorty, extrathorakálních artérií, periferních cév v tkáních, elastický kompartment extrathorakálních a intrathorakálních žil atd. V grafickém editoru vývojového nástroje jazyka Modelica instanci komponenty vytvoříme přenesením ikony komponenty z knihovny na editační plochu.

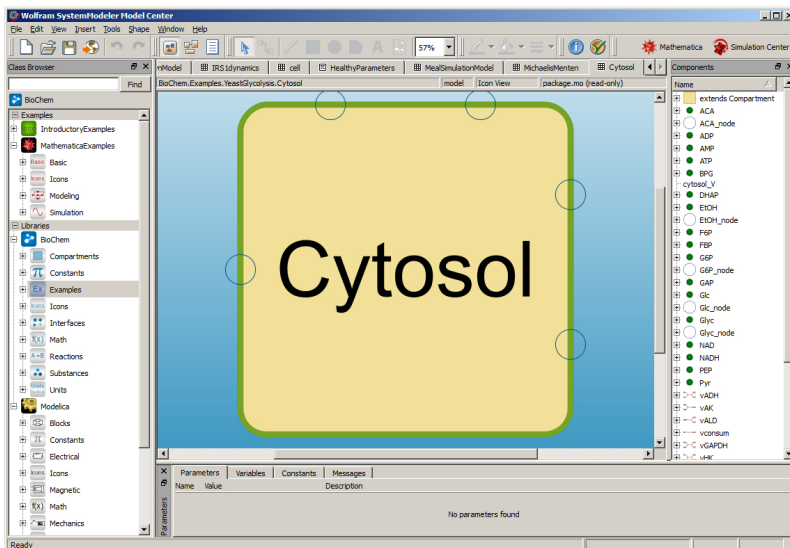
Tvorba modelu v Modelice spočívá v tvorbě nových komponent (tříd), a ve využívání instancí již hotových komponent.

Pro tvorbu uživatelského vzhledu ikony nově vytvářené komponenty můžeme využít grafický editor pro tvorbu ikoněk (viz Obrázek 12). Propojováním instancí již vytvořených komponent můžeme vizuálním způsobem vytvářet novou komponentu a využívat přitom grafický editor (viz Obrázek 13).

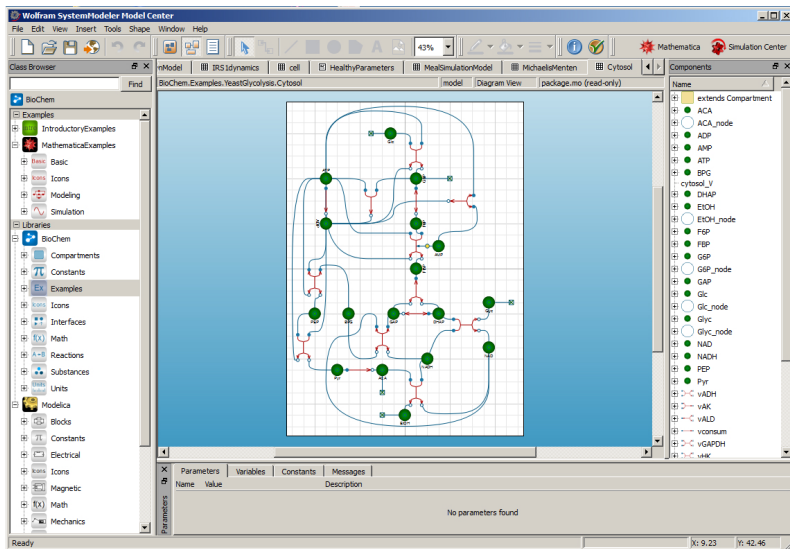
Protože Modelica je objektově orientovaný jazyk – můžeme využívat dědičnost a komponenty dále rozšiřovat. Na rozdíl od ostatních objektově orientovaných jazyků, třídy v Modelice mohou obsahovat rovnice. Ty vytváříme v textovém editoru (viz Obrázek 14). Propojené instance komponent dokonce vytvářejí soustavu algebrodiferenciálních rovnic. Základním požadavkem je, aby počet proměnných a počet rovnic v této soustavě byl vyrovnaný – rovnice by mělo být stejně jako proměnných. To se při tvorbě modelu neustále kontroluje. Proto je vhodné, aby každá komponenta obsahovala stejný počet proměnných a stejný počet rovnic. Pokud tomu tak není, tak taková komponenta nemůže vytvářet své instance – o takových komponentách se hovoří jako o částečných, parciálních



Obrázek 12 — Textový editor ve vývojovém prostředí Wolfram SystemModeler. Modelikový model je ale vytvářen jako text. Při začleňování instancí komponent do modelu a jejich propojování v grafickém editoru je automaticky generován zdrojový kód jazyka Modelica, který můžeme vidět v textovém editoru. Textový editor využíváme hlavně při vytváření nových komponent a definování příslušných rovnic.



Obrázek 13 — Grafický editor pro tvorbu vizuální podoby vnějšího ikonkového vzhledu nových modelových komponent ve vývojovém prostředí Wolfram System Modeler.



Obrázek 14 — Grafický editor pro tvorbu vnitřní struktury nových komponent ve vývojovém prostředí Wolfram SystemModeler. Zde se s výhodou využívá vizuální modelování propojováním instancí jednotlivých komponent. Díky akauzálnímu propojování komponent struktura modelu vyjadřuje strukturu modelované reality a nikoli jen postup výpočtu. V daném příkladě je zobrazen model glykolýzy kvasinek a příslušné spojnice vyjadřují metabolické dráhy.

třídách. Parciální třídy nemohou vytvářet instance, ale mohou být podkladem (předkem) pro vytvoření řady dalších odvozených komponent (potomků), které budou sdílet stejné rovnice či proměnné, a zároveň komponentu rozšíří o potřebný počet rovnic či proměnných.

Vlastní matematické vztahy v jednotlivých komponentách jsou vcelku triviální.

Vstupem modelu mohou být změny odporů a poddajností jednotlivých částí cévního řečiště, objem cirkulující krve a samozřejmě čerpací činnost srdce, který bude modelována periodickou změnou poddajnosti komor a síní. V systole se poddajnost elastického kompartmentu, reprezentujícího srdeční komoru, sníží (tuhost stěn se zvýší) a tím se zvýší tlak uvnitř. To vede k okamžitému uzavření mitrální a trikuspidální chlopně. Pokud tlak přesáhne hodnotu protitlaku na druhé straně chlopně, chlopeň se otevře a krev je vypuzena do aorty a do plicní artérie. V diastole se poddajnost zvýší (tuhost sníží), tlak poklesne pod úroveň tlaku v aortě a v plicní artérii, aortální a plicní chlopně se uzavřou. Po dalším poklesu tlaku, když tlak v komorách poklesne pod úroveň tlaku v síních, otevře se mitrální a trikuspidální chlopeň a komory se začnou plnit. K plnění komor také do určité míry může přispět i systola síní.

V modelu bude také potřeba navrhnout bloky, které periodicky řídí změnu poddajnosti (resp. změnu tuhosti) elastických kompartmentů síní a komor.

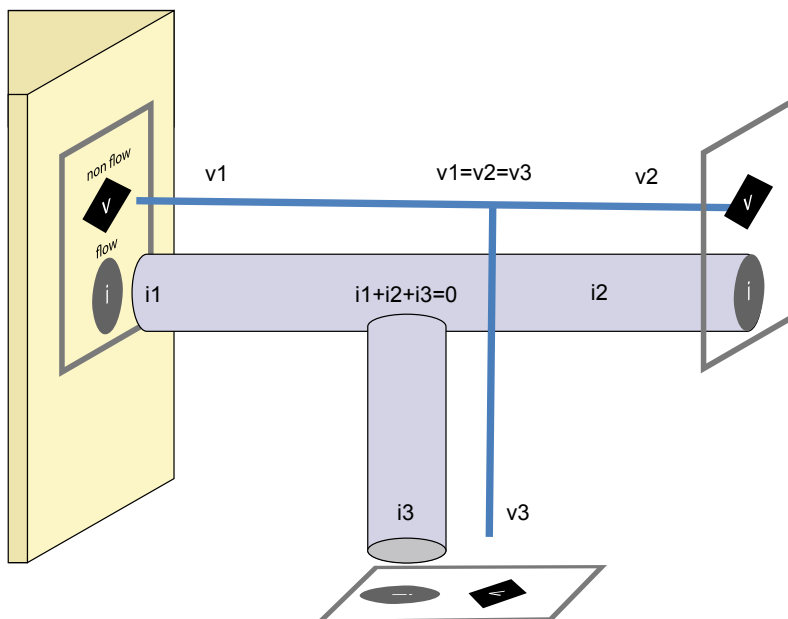
3.3 Konektory

Každá vytvářená komponenta bude potřebovat konektor, kterým se může propojit s další komponentou. Proto si v Modelice nejprve vytvoříme konektory,

Konektory jsou instance speciálních konektorových tříd, kde se definují proměnné, používané pro propojení. Propojovat se mohou prvky pomocí konektorů, které jsou instancemi stejných konektorových tříd („propojovací zásuvky“ musí být stejného typu).

Konektorové třídy definují způsob komunikace jednotlivých modelických komponent mezi sebou. Obrazně řečeno, definicí konektorových tříd definujeme typy „zásuvek“. V konektorech se definují jednotlivé proměnné, kterými bude konektor propojovat příslušnou komponentu s okolím.

Pro každou proměnnou v konektoru se definuje, zda představuje nějaký tok – (proměnná je pak označena atributem „flow“), či nikoli (tzv. „non-flow“ proměnné). Toto rozlišení je důležité pro správnou interpretaci propojení jednotlivých komponent (instancí tříd prvků) přes příslušné konektory. U tokových proměnných je zřejmé, že musí být zajištěno, aby se nikde v propojení příslušná entita (jejíž tok příslušná proměnná charakterizuje) neztrácela nebo neakumulovala. Proto součet hodnot všech propojených veličin s atributem „flow“ musí být nulový (jako podle Kirchhoffova zákona v elektrické doméně). U netokových proměnných propojení definuje, že jejich hodnoty u všech propojených konektorů jsou sdílené a musí tedy být stejné. Propojením instancí jednotlivých elementárních prvků prostřednictvím konektorů se vyjádří požadavek nulovosti algebraického součtu hodnot propojených tokových proměnných a požadavek rovnosti hodnot propojených



Obrázek 14 — Propojení pomocí konektorů. Pokud v modelikovém grafickém editoru propojíme instance modelikových tříd zároveň se tím na pozadí generují rovnice. Hodnoty tokových proměnných (typu flow - v daném případě proměnné i) budou automaticky nastaveny tak, aby algebraický součet hodnot všech propojených toků byl nulový. Hodnoty ostatních (non-flow) proměnných (v daném případě hodnoty v) budou na všech propojených konektorech nastaveny na stejnou hodnotu.

netokových proměnných (obr. toky – Obrázek 14).

Každá modelicová třída může mít svoji grafickou reprezentaci – ta je důležitá zejména pro zobrazení propojení instancí, kdy propojováním component se vytváří názorná grafická struktura modelu. Proto pro každou třídu v Modelice můžeme definovat i příslušnou ikonu. Tato ikona může být i animovaná.

Model pak v Modelice můžeme vytvářet graficky propojováním instancí jednotlivých prvků, které pomocí myši vybíráme z knihovny a v dialogu pak nastavíme hodnoty příslušných parametrů. Při tomto propojování (jak uvidíme dále), se na pozadí automaticky generuje příslušný textový modelikový příkaz, kterým se v Modelice propojení popisuje.

Začneme tedy s vytvořením konektorové třídy, jejíž instance budou využity pro propojení jednotlivých component. Konektorová třída se v Modelice uvozuje klíčovým slovem **connector**. Za tímto klíčovým slovem uvedeme název třídy (zvolíme pro ni název `BloodFlowConnector`). Za deklarací třídy můžeme v uvozovkách uvést poznámku, která nám později může pomoci pochopit, co jsme chtěli vytvářet. Podstatné je v poznámkách uvádět význam proměnných a jednotky. Častá a zákeřná chyba při modelování je chybné použití jednotek

(místo milimolů, miligramy apod.), proto si na kompatibilitu jednotek musíme dávat pozor. Proud budeme tedy měřit v ml/sec a tlak v torrech. Modelica má speciální prostředky, které nám pomáhají hlídat správné přiřazování jednotek, ale ty zatím, pro jednoduchost, nebudeme používat.

Konektoru bude propojovat dva typy reálných proměnných – průtok a tlak. Průtok je proměnná toku, proto před její deklarací píšeme klíčové slovo **flow**. Způsob deklarace konektorové třídy `BloodFlowConnector` je zřejmý z následujícího fragmentu programu:

```
connector BloodFlowConnector „Connector for blood
flow“
  flow Real Q „blood flow in ml/sec“;
  Real Pressure „Pressure in torr“;
end BloodFlowConnector;
```

V grafickém editoru vytvoříme pro právě vytvořený konektor ikonku ve tvaru červeného čtverečku, kterou pak budou v grafickém editoru označeny všechny konkrétní instance této třídy. V textovém editoru se při tom zároveň vygeneruje anotace, která popisuje způsob vytvoření grafického symbolu. Anotace je v textovém editoru obvykle sbalená do jednoho znaku (na kliknutí se dá rozbalit, a můžeme vidět příkazy, které popisují vykreslení ikonky). Ve výpisech programů v této knize anotace grafických komponent nebudeme pro zjednodušení uvádět.

Vytvoříme si ještě další dva konektory pro vtok a výtok krve do nebo z komponenty (nazveme je `BloodFlowInflow` a `BloodFlowOutflow`. Jako ikonku vtokového konektoru zvolíme plný červený čtvereček a výtokový konektor znázorníme prázdným červeným čtverečkem. Tím pak v příslušných komponentách na první pohled odlišíme, kde jsme v komponentě označili vtok a kde výtok (a nezapojíme pak třeba srdeční pumpu obráceně). Náš program zatím vypadá velmi jednoduše:

```
package Haemodynamics „Hemodynamic model for Human
Patient Simulator“
```

```
  package Parts „Necessary components“
```

```
    connector BloodFlowConnector „Connector for blood
    flow“
      flow Real Q „blood flow in ml/sec“;
      Real Pressure „Pressure in torr“;
    end BloodFlowConnector;
```

```
    connector BloodFlowOutflow „Blood flow outflow“
      flow Real Q „blood flow outflow in ml/sec“;
      Real Pressure „Pressure in torr“;
    end BloodFlowOutflow;
```

```
    connector BloodFlowInflow „Blood flow inflow“
      flow Real Q „blood inflow in ml/sec“;
```

```

    Real Pressure „Pressure in torr“;
end BloodFlowInflow;

```

```

end Parts;

```

```

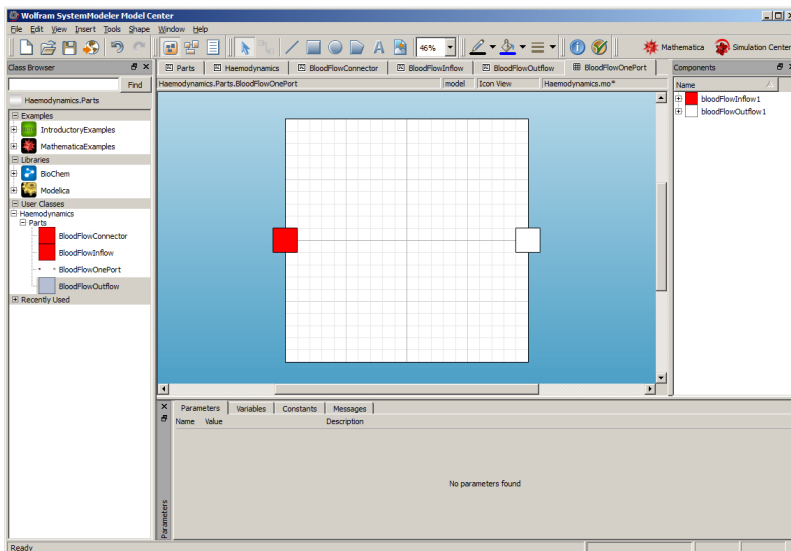
end Haemodynamics;

```

3.4 Partial Model BloodFlowOnePort

Nyní vytvoříme první skutečnou komponentu – částečnou třídu. Klíčovým slovem Model se v Modelice označuje třída, která, na rozdíl od ostatních objektových jazyků, může obsahovat rovnice. Při vytváření modelové třídy je třeba vždy dbát na to, aby počet rovnic odpovídal počtu proměnných.

V Modelice existuje i dědění, je možné vytvářet další třídy rozšiřováním těch předchozích. Když se podíváme na komponenty, které chceme vytvářet, všimneme si, že některé z nich (odpor, induktor, chlopeň) mají společné vlastnosti. Mají bránu, kterou vtéká a vytéká krev (tedy budou obsahovat vtokový a výtokový konektor) a krev se v nich nehromadí, tedy algebraický součet hodnot toku na vtokovém a výtokovém konektoru bude nulový. Proto je vhodné si ulehčit práci tím, že tyto komponenty vytvoříme ze společného předka, který bude mít vtokový a výtokový konektor, algebraická suma toků bude nulová, a krom toho bude asi vhodné definovat proměnné, které



Obrázek 15 — Vytváříme *partial Model BloodFlowOnePort* v prostředí *SystemModeller*. Na levé straně je je okno s ikonkami komponent. Přetažením komponent *BloodFlowInflow* a *BloodFlowOutflow* z tohoto okna na editační plochu vytváření nové ikonky se automaticky vytvoří instance těchto konektorových tříd v nově definované třídě *BloodFlowOnePort*.

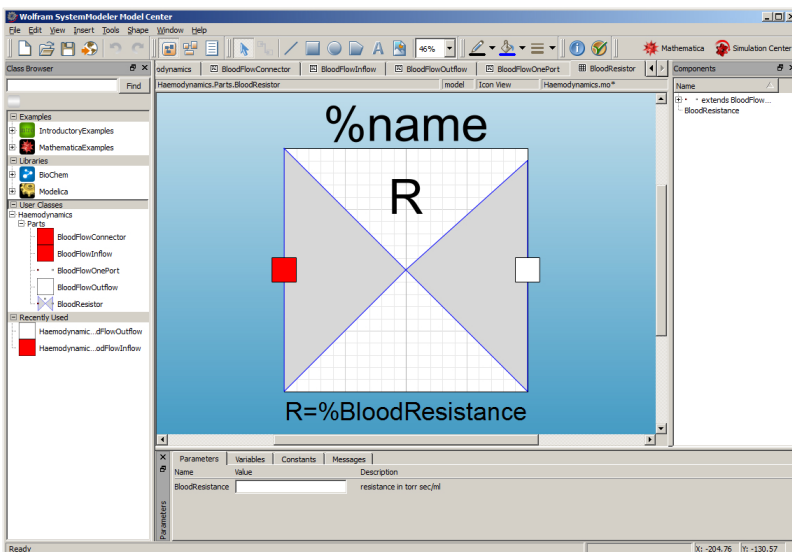
různým způsobem zužitkují všichni potomci. Těmito proměnnými bude hodnota tlakového spádu a hodnota průtoku krve komponentou. Tlakový spád vypočítáme z rozdílu hodnot tlaků ve vtokovém a výtokovém konektoru a průtok komponentou se bude rovnat hodnotě toku na vtokovém konektoru.

Tohoto předka nazveme `BloodFlowOnePort`. Tato třída bude jenom předkem pro další třídy a nebude mít vlastní samostatné instance (ani by je nemohla mít, protože počet rovnic je o jednu menší než počet proměnných). Proto před klíčové slovo `Model`, kterým se v Modelice označuje specifická třída obsahující rovnice, předradíme klíčové slovo `partial`.

V grafickém editoru vytvoříme ikonku, kam přetažením z okna komponent přetáhneme komponenty `BloodFlowInflow` a `BloodFlowOutflow`, a v nově vytvářené komponentě tak vytvoříme jejich instanci (viz Obrázek 15). Zároveň se na pozadí vygenerovala část zdrojového textu, která definuje deklarace instancí těchto komponent v nově vytvářené třídě:

Přejmenujeme vygenerovaná jména `bloodFlowOutflow1` a `bloodFlowInflow1` na `Inflow` a `Outflow`, deklarujeme nové reálné proměnné `PressureDrop` a `BloodFlow` a v sekci `equation` napíšeme příslušné rovnice:

```
partial model BloodFlowOnePort
  Haemodynamics.Parts.BloodFlowOutflow Inflow;
```



Obrázek 16 — Vytváříme model odporu. V dialogovém okně se už objevila nabídka zadání hodnoty parametru `BloodResistance`, který jsme v této třídě definovali. V ikonce třídy jsme také definovali textové proměnné - ty jsou uvedeny se znakem `%` před jménem. To může být výhodné, když instance této komponenty využíváme při tvorbě nových komponent (můžeme mít několik instancí odporů, a je vhodné mít u ikonky vypsaný i název instance). Název instance vypíše `%name`, `%BloodResistance` vypíše hodnotu kterou má parametr `BloodResistance`.

```

Haemodynamics.Parts.BloodFlowInflow Outflow;
Real PressureDrop;
Real BloodFlow;
equation
  PressureDrop=Inflow.Pressure - Outflow.Pressure;
  Inflow.Q + Outflow.Q=0;
  BloodFlow=Inflow.Q;
end BloodFlowOnePort;

```

3.5 Komponenty odporů

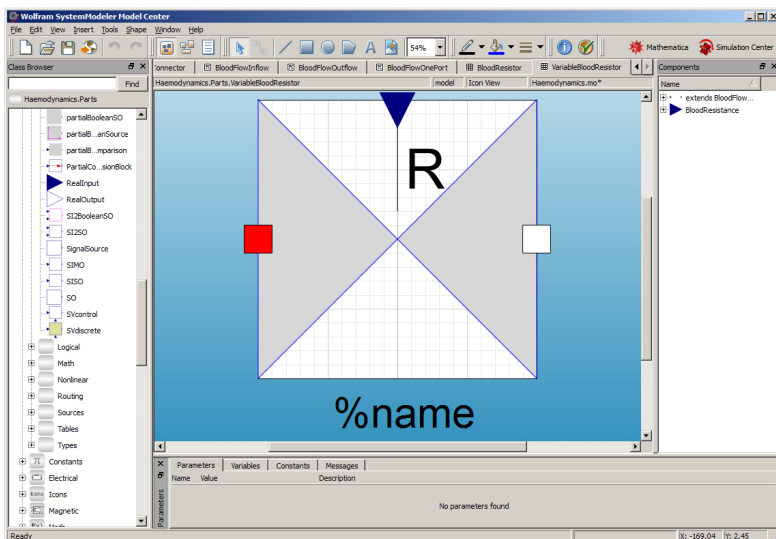
Nyní vytvoříme třídu BloodResistor která je komponentou odporů v cévním řečišti jako rozšíření třídy BloodFlowOnePort (která je jejím předkem). V ikonkce třídy BloodResistor se automaticky objeví dvojice vtokových a výtokových konektorů – protože ty jsou již definovány pro třídu BloodFlowOnePort.

Ve třídě deklarujeme reálný parametr BloodResistance. Parametru přiřazujeme hodnoty na začátku simulace. Můžeme mu také přiřadit, jako v daném případě, implicitní hodnotu. Tu v deklaraci uvádíme v závorkách. V sekci rovnic pak deklarujeme jednu rovnici vyjadřující Ohmův zákon:

```

model BloodResistor
  parameter Real BloodResistance (start=1) „resistance

```



Obrázek 17 — Komponentu variabilního odporu, kde hodnota rezistence je zadávána zvnějšku, vytváříme s využitím komponenty RealInput ze standardní modelikové knihovny. Příslušnou ikonku této komponenty přetáhneme myši na editační plochu grafického editoru a v modelikovém programu se vytvoří její instance.


```

in torr sec/ml";
extends Haemodynamics.Parts.BloodFlowOnePort;
equation
PressureDrop=BloodFlow*BloodResistance;
end BloodResistor;

```

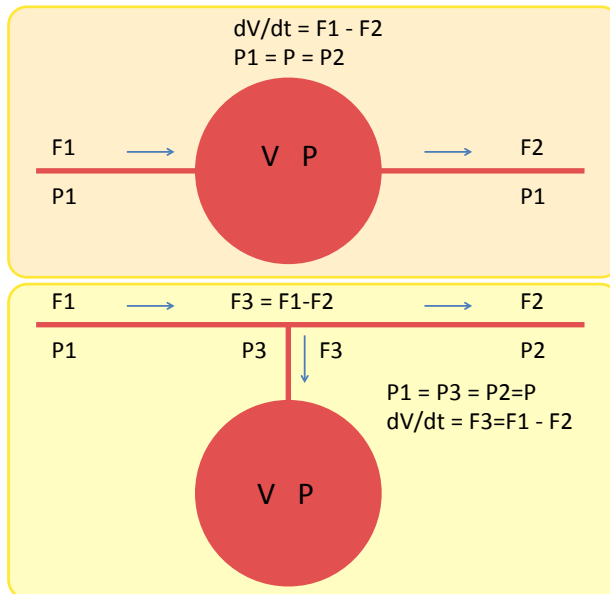
V grafickém editoru vytvoříme ještě této nové komponentě ikonku a doplníme ji textovými proměnnými, které budou vypisovat názvy instancí této komponenty a hodnoty parametru BloodResistance (viz Obrázek 16).

Hodnota odporu instancí této komponenty je zadávána parametrem, což znamená, že během simulace se tato hodnota nemůže měnit. Je proto užitečné vytvořit další komponentu, kde je možno zadávat hodnotu rezistence jejím instancím zvnějšku, pomocí reálného vstupu. Vytvoříme proto novou komponentu s řídicím signálovým vstupem zvnějšku. Pro vytvoření tohoto vstupu využijeme standardní modelikovou knihovnu (Obrázek 17). Zdrojový kód komponenty VariableBloodResistor vypadá takto:

```

model VariableBloodResistor
extends Haemodynamics.Parts.BloodFlowOnePort;
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput
BloodResistance „in torr sec/ml“;

```



Obrázek 18 — Na chování elastického kompartmentu (s objemem V a tlakem P) nemá žádný vliv, zda je propojen jedním nebo dvěma konektory. Proto k napojení elastického kompartmentu stačí jeden akouzální konektor.

equation

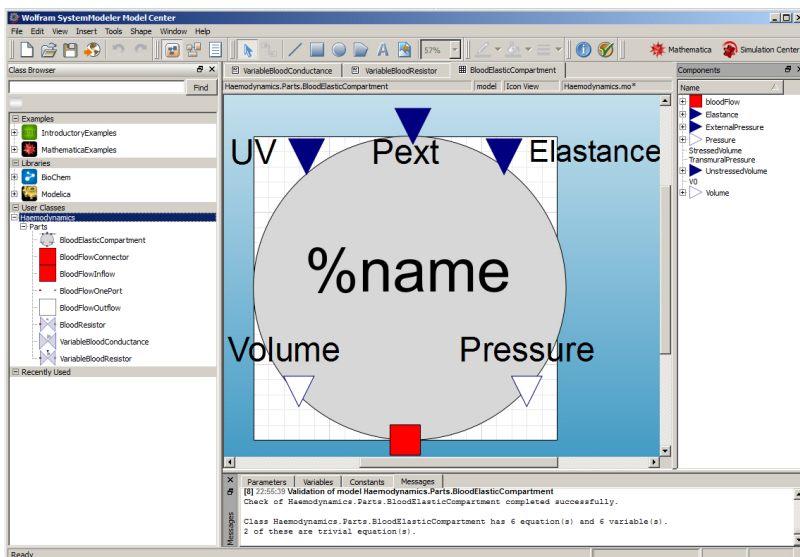
```
PressureDrop=BloodFlow*BloodResistance;
end VariableBloodResistor;
```

Když bychom např. chtěli propojit komponenty tak, aby normálně mezi nimi byl tok zcela zastaven, můžeme nastavit hodnotu odporu na velmi vysokou hodnotu, nebo místo rezistence využít vodivost – nulová vodivost znamená žádný tok.

Může se nám proto hodit také komponenta, kde užíváme místo rezistence vodivost. Vizuálně komponenta vypadá stejně, jen místo písmena R je na ikonce komponenty písmenko G. V textové podobě komponenta VariableBloodConductance vypadá následovně:

```
model VariableBloodConductance
  extends Haemodynamics.Parts.BloodFlowOnePort;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput
  BloodConductance „in torr ml/sec“;
equation
  PressureDrop*BloodConductance=BloodFlow;
end VariableBloodConductance;
```

3.6 Elastický kompartment



Obrázek 19 — Vstupem pro komponentu elastického kompartmentu je reziduální objem (unstressed volume) - UV, vnější tlak - Pext a hodnota elastance (tuhosti) - Elastance (elastance je obrácenou hodnotou poddajnosti). Signálovým výstupem jsou hodnoty objemu a tlaku. Elastický kompartment není průtočný, k napojení stačí jeden akauzální konektor.

Elastický kompartment je pružný vak, který může mít jeden nebo dva konektory. Když ke dvěma konektorům připojíme dvoukonektorový elastický kompartment, je výsledek úplně stejný, jako když k nim pomocí „T“ propojení připojíme jednokonektorový kompartment (viz Obrázek 18). Proto si vystačíme s jedním konektorem.

Pro realizaci řídicích vstupů (reziduálního objemu - „unstressed volme“, hodnoty tlaku na vnější straně kompartmentu a hodnoty Elastance) a signálových informačních výstupů (o tlaku a objemu) využijeme opět standardní modelikovou knihovnu, odkud vezmeme instance komponent ReallInput a RealOutput (Obrázek 19)

Místo poddajnosti budeme pracovat s elastancí charakterizující tuhost (elastance = 1/poddajnost).

Zdrojový text komponenty BloodElasticCompartment vypadá následovně:

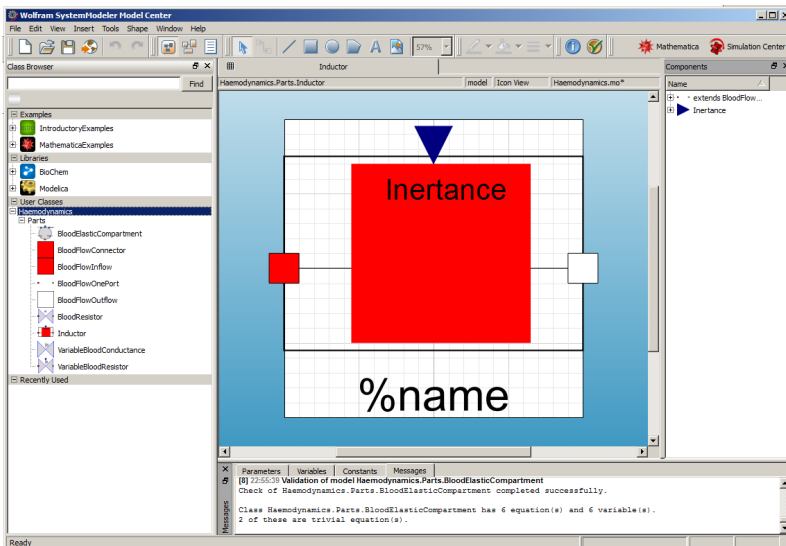
```
model BloodElasticCompartment „Elastic compartment with
unstressed volume“
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput Elastance „\“in torr/
ml\““;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput Volume(start=V0);
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput ExternalPressure „\“in
torr\““;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput UnstressedVolume „in
ml“;
  parameter Real V0=1 „initial volume in ml“;
  Real StressedVolume;
  Real TransmuralPressure;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput Pressure „Blood
pressure in torr“;
  Haemodynamics.Parts.BloodFlowConnector bloodFlow;
equation
  bloodFlow.Pressure=Pressure;
  TransmuralPressure=Pressure - ExternalPressure;
  der (Volume)=bloodFlow.Q;
  StressedVolume=Volume - UnstressedVolume;
  if StressedVolume > 0 then
    TransmuralPressure=Elastance*StressedVolume;
  else
    TransmuralPressure=0;
  end if;
end BloodElasticCompartment;
```

3.7 Induktor

Další komponentou je induktor, charakterizující setrvačnost krve (Obrázek 20).

Induktor je průtočná komponenta se dvěma konektory a proto je rozšířením parciální komponenty BloodFlowOnePort. Řídicí vstup je jediný – hodnota inertance, přiváděná prostřednictvím instance komponenty ReallInput ze standardní modelikové knihovny.

Zdrojový kód komponenty je jednoduchý:



Obrázek 20 — Komponentou Inductor modelujeme setrvačné vlastnosti krve. Vstupem je hodnota inertance.

```

model Inductor
  extends Haemodynamics.Parts.BloodFlowOnePort;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput Inertance „in torr *
  sec^2/ml“;
  equation
    PressureDrop=der(BloodFlow) * Inertance;
  end Inductor;

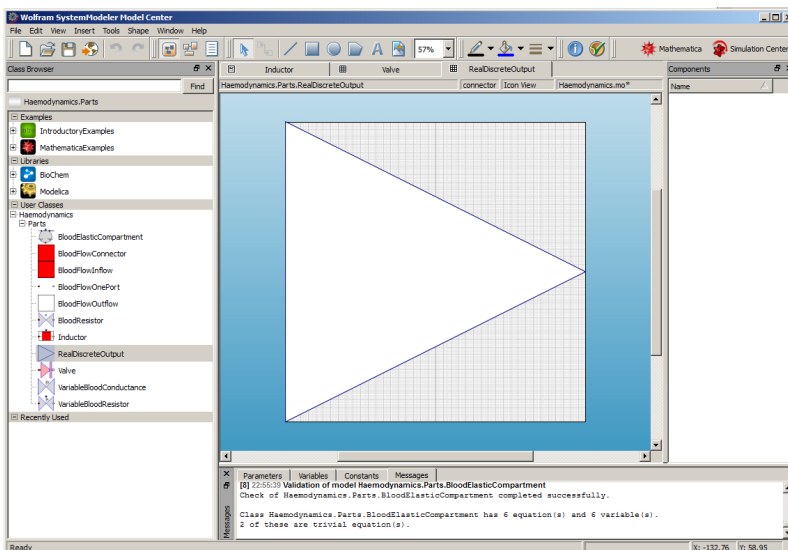
```

3.8 Ventil

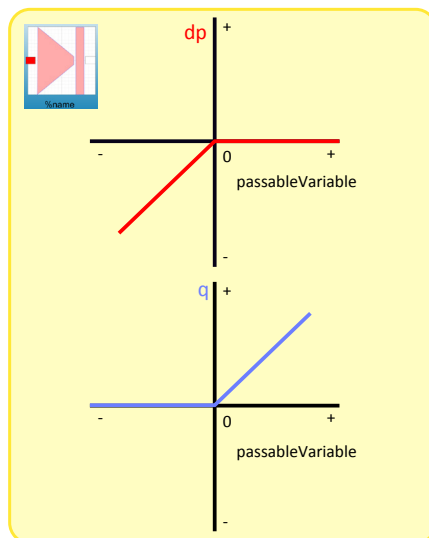
Další komponentou, kterou využijeme při modelování srdečních chlopní je ideální ventil (Obrázek 21) modelovaný komponentou Valve. Komponenta je průtočná a je proto opět odvozena od parciální třídy BloodFlowOnePort. Zvenčí nepřijímá žádný vstup a nevysílá žádný signálový výstup. Zajímavé je však její chování. Funguje jako ideální ventil – pokud je rozdíl tlaků p_1 mezi přítokovým a odtokovým konektorem záporný, pak se ventil zavírá a ventilem nic neteče – proud q , protékající ventilem je nulový. Jestliže tlakový gradient není záporný, pak ventilem protéká tekutina a tlakový gradient je vždy nulový.

Pro naprogramování této komponenty využijeme modelikový podmíněný příkaz `if..then..else`. Uvědomme si však, že tento příkaz funguje jinak, než při řešení algoritmu (kdy se v určitém okamžiku testuje hodnota nějaké proměnné a na základě výsledků se provede rozhodnutí). V Modelice podmíněným příkazem popisujeme podmínky, kdy platí, nebo neplatí určité sady rovnic, a kdy dojde k přepnutí z jedné sady rovnic na druhou.

Popsat chování ideálního ventilu pomocí rovnic není úplně triviální. Problém



Obrázek 21 — Komponenta ideálního ventilu.



Obrázek 22 — Parametrická charakteristika funkce ideálního ventilu - hodnoty tlakového rozdílu (dp) a průtoku (q) závisejí na parametrické proměnné $passageValue$. Pokud je hodnota tohoto parametru kladná, pak se rovná průtok, zatímco tlakový rozdíl mezi vstupním a výstupním konektorem je nulový. Pokud je hodnota parametrické proměnné záporná, pak se bude rovnat zápornému rozdílu tlaků mezi přítokovým a odtokovým konektorem.

tkví v tom, že tlakový gradient závisí na průtoku (pokud je ventil zavřený, tak změny tlaku na jedné straně se nemohou přes ventil přenášet na druhou stranu). Na druhé straně průtok závisí na tlakovém gradientu (je-li záporný, průtok se uzavírá).

Řešení je zavedení dalšího parametru `passableVariable` a vyjádření chování ideálního ventilu pomocí parametrických rovnic (viz Obrázek 22).

Zdrojový text komponenty ideálního ventilu je následující:

```
model Valve
  Haemodynamics.Parts.BloodFlowInflow bloodFlowInflow;
  Haemodynamics.Parts.BloodFlowOutflow bloodFlowOutflow;
  Real q;
  Real dp;
  Boolean open(start=true);
  Real passableVariable;
equation
  bloodFlowInflow.Q + bloodFlowOutflow.Q=0;
  q=bloodFlowInflow.Q;
  dp=bloodFlowInflow.Pressure - bloodFlowOutflow.Pressure;
  open=passableVariable > 0;
  if open then
    dp=0;
    q=passableVariable;
  else
    dp=passableVariable;
    q=0;
  end if;
end Valve;
```

3.9 Délky srdečních intervalů

Nyní se začneme věnovat řídicím komponentám. Nejprve si vytvoříme komponentu počítající délku srdečních intervalů, tj. délku systoly síní, délku atrioventrikulárního intervalu – tj. doby, než se impuls pro zahájení depolarizace komor přeneše převodním systémem srdce ze síní do komor, délku komorové systoly a čas zahájení srdečního cyklu.

Tyto intervaly se počítají pro každý srdeční stah zvlášť a jsou to diskrétní reálné proměnné, jejichž hodnoty se mění skokově (při výpočtu těchto intervalů během každého srdečního cyklu).

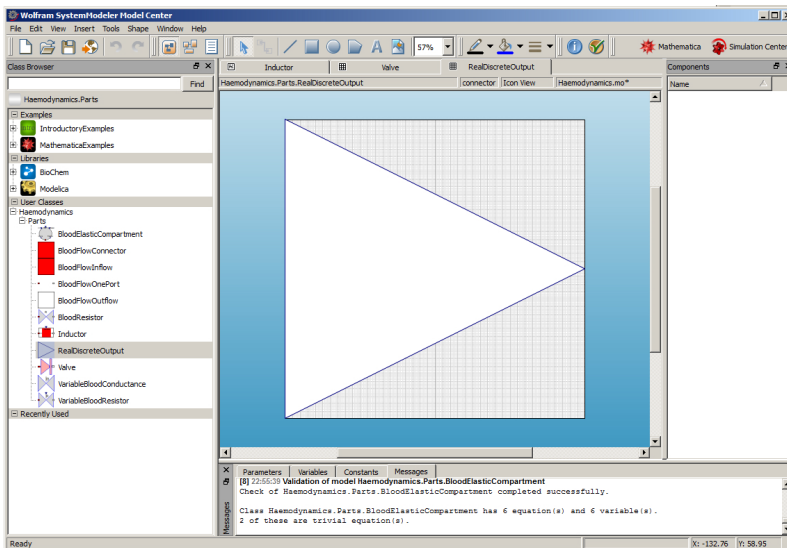
Pro pohodlnost si vytvoříme vlastní konektorovou komponentu pro výstup diskrétní reálné proměnné (Obrázek 23).

Její zdrojový kód má minimální velikost:

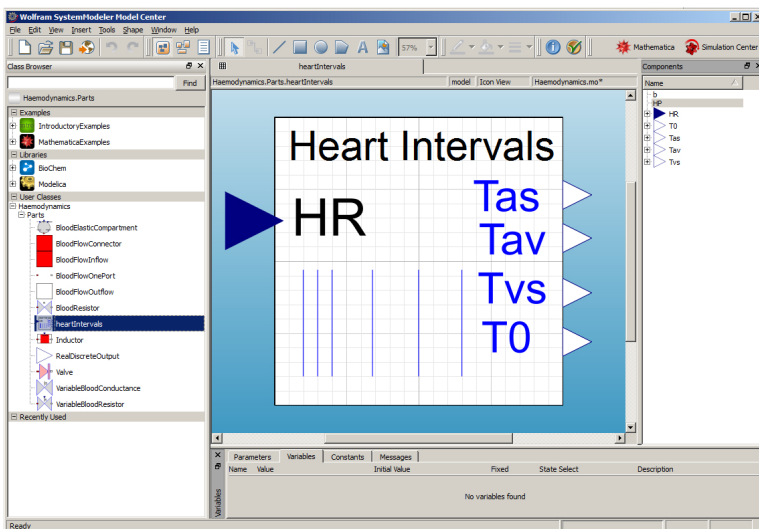
```
connector RealDiscreteOutput=discrete output Real
„'output Real' as connector“;
```

Tento konektor hned využijeme při modelování komponenty `heartIntervals` počítající srdeční intervaly. Jediným vstupem do této komponenty je srdeční frekvence (`heart rate`) – hodnota je přiváděná instancí komponenty `RealInput` s názvem `HR` (Obrázek 24).

Zdrojový text komponenty ozřejmuje způsob počítání těchto intervalů.



Obrázek 23 — Konektorová komponenta RealDiscreteOutput pro výstup reálné diskretní proměnné.



Obrázek 24 — Komponenta počítá délky srdečních intervalů, které jsou podkladem pro výpočet periodických změn elastance srdečních síní a komor.

Funkce „pre“ vrací předchozí spočítanou hodnotu dané diskrétní proměnné – v případě pre(HP) délku naposledy spočítaného, tedy stávajícího srdečního cyklu, a funkce pre(T0) vrací čas, kdy začala stávající srdeční cyklus. Jakmile bude délka spočítaného srdečního cyklu překročena – hodnota proměnné b se změní na true, budou malé okamžiky platné rovnice uvnitř příkazu when. Na rozdíl od if, kde v závislosti na platnosti podmínek se přepínají soustavy rovnic, které platí po celou dobu, kdy je podmínka splněna, budou rovnice uvnitř klauzule when platné jen jeden „nekonečně malý“ okamžik, v němž se ale nastaví další hodnota diskrétní proměnné T0 a HP.

```

model heartIntervals
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput HR;
  Haemodynamics.Parts.RealDiscreteOutput Tas „duration of
  atrial systole“;
  Haemodynamics.Parts.RealDiscreteOutput Tav
  „atrioventricular delay“;
  Haemodynamics.Parts.RealDiscreteOutput Tvs „duration of
  ventricular systole“;
  Haemodynamics.Parts.RealDiscreteOutput T0 „start time of
  cardiac cycle in sec“;
  discrete Real HP(start=0) „heart period - duration of
  cardiac cycle in sec“;
  Boolean b(start=false);
equation
  b=time - pre(T0) >= pre(HP);
  when b then
    T0=time;
    HP=60/HR;
    Tas=0.03 + 0.09*HP;
    Tav=0.01;
    Tvs=0.16 + 0.2*HP;
  end when;
end heartIntervals;

```

3.10 Elastance síní

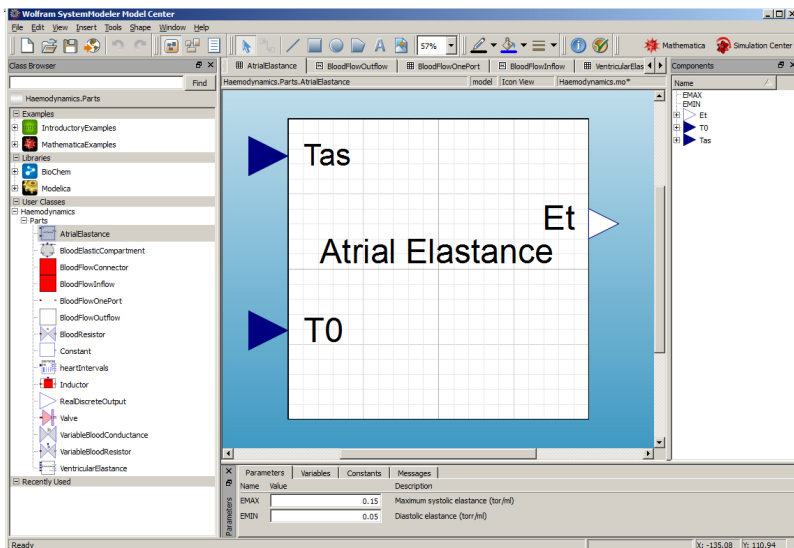
V komponente AtrialElastance (Obrázek 25) se na základě délky srdečních atriální systoly (Tas) a času začátku srdečního cyklu (T0) počítá hodnota elastance (tuhosti) srdečních síní (Et).

Způsob výpočtu je zřejmý ze zdrojového kódu implementace komponenty:

```

model AtrialElastance
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput Tas „duration of
  atrial systole“;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput Et „elasticity (torr/
  ml)“ ;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput T0 „time of start of
  cardiac cycle“;
  parameter Real EMIN=0.05 „Diastolic elastance (torr/ml)“;
  parameter Real EMAX=0.15 „Maximum systolic elastance (tor/
  ml)“;
equation

```

Obrázek 25 — Komponenta počítá periodickou změnu elastance srdečních síní. Jako parametr se zadává maximální systolická elastance a diastolická elastance. Tímto způsobem se dá nastavit výkonnost síní a modelovat patologické stavy.

```

if time - T0 < Tas then
  Et=EMIN + (EMAX - EMIN)*sin(Modelica.Constants.pi*(time -
  T0)/Tas);
else
  Et=EMIN;
end if
end AtrialElastance;

```

3.11 Elastance komor

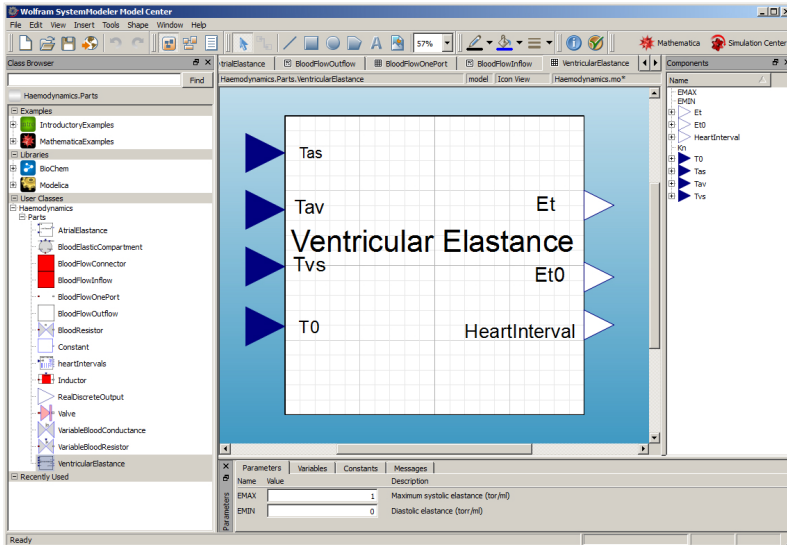
Komponenta VentricularElastance (Obrázek 26) počítá na základě hodnot srdečních intervalů (délky systoly síní T_{as} , času zahájení srdečního cyklu T_0 , atrioventrikulárního intervalu T_{av} , a délky systoly komor T_{vs}) periodickou změnu elastance srdečních komor.

Způsob výpočtu je zřejmý ze zdrojového kódu komponenty:

```

model VentricularElastance
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput Tas „duration of
  atrial systole“;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput Et „elasticity (torr/
  ml)“;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput T0 „time of start of
  cardiac cycle“;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput Tav „atrioventricular
  delay“;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput Tvs „duration of
  ventricular systole“;

```



Obrázek 26 — Komponenta počítá periodickou změnu elastance komor. Jako parametr se zadává maximální systolická elastance a diastolická elastance. Tímto způsobem se dá nastavit výkonost komory a modelovat také i srdeční selhání.

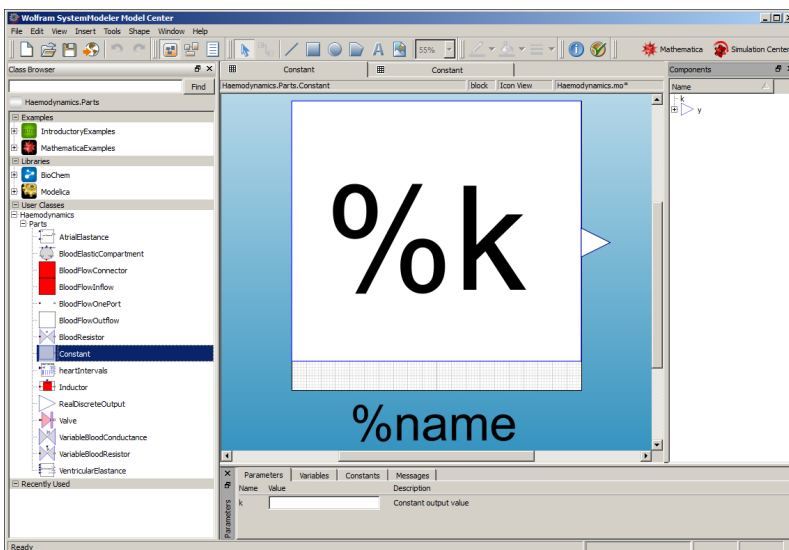
```

Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput Et0 „elasticity
(torr/ml)“;
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput HeartInterval
„elasticity (torr/ml)“;
constant Real Kn=0.57923032735652;
parameter Real EMIN=0 „Diastolic elastance (torr/ml)“;
parameter Real EMAX=1 „Maximum systolic elastance (torr/
ml)“;
equation
  HeartInterval=time - T0;
  Et=EMIN + (EMAX - EMIN)*Et0;
  if HeartInterval >= Tas + Tav and HeartInterval < Tas +
  Tav + Tvs then
    Et0=(HeartInterval - (Tas + Tav)) / Tvs*
    sin(Modelica.Constants.pi*(HeartInterval-(Tas+Tav))/Tvs)/
    Kn;
  else
    Et0=0;
  end if ;
end VentricularElastance;

```

3.11 Uživatelsky definovaná konstanta

Dosud jsme tvořili nové komponenty. Nyní již budeme model postupně skládat z instancí komponent jak stavebnici z kostiček Lega. Protože v řadě případů budeme potřebovat zadávat do propojovaných komponent nějaké konstanty a komponenta konstanty ze standardní modelikové knihovny nám



Obrázek 27 — Nově vytvořená komponenta konstanty.

nemusi vyhovovat – můžeme si snadno vytvořit vlastní. Chceme vytvořit takovou komponentu, aby se v celém okénku zobrazovala hodnota a pod ní jméno. Není složité si takovou komponentu vytvořit (Obrázek 27).

Její zdrojový text je velmi jednoduchý:

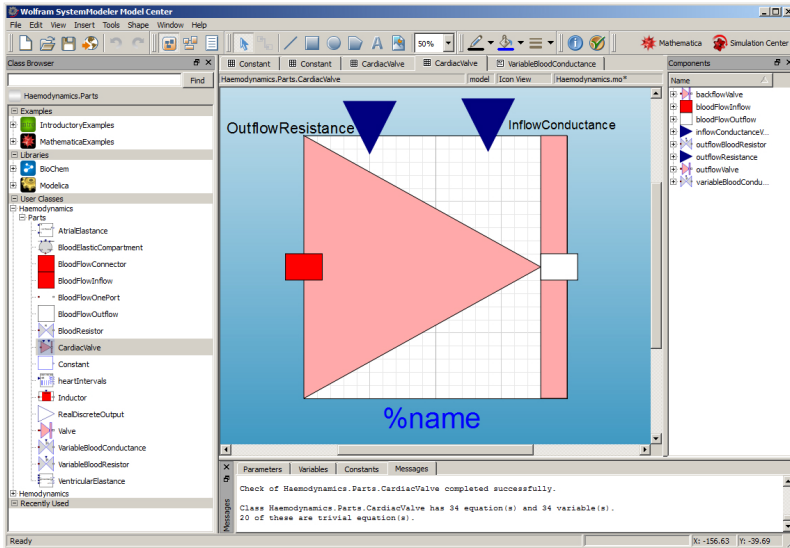
```
block Constant „Generate constant signal of type Real”
  parameter Real k(start=1) „Constant output value”;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput y ;
equation
  y=k;
end Constant;
```

4. Skládáme model

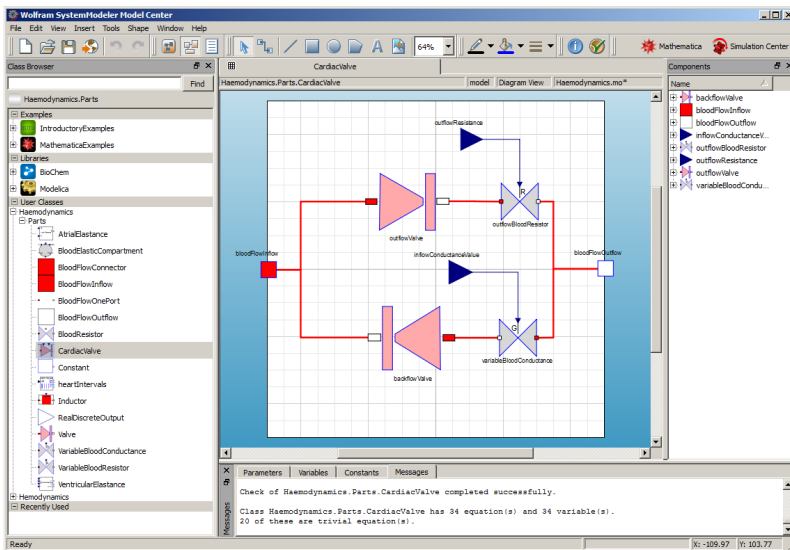
4.1 Srdeční chlopeč

Nyní již máme všechny potřebné „logové kostičky“ připraveny a můžeme postupně vytvářet model hemodynamiky.

Začneme vytvořením komponenty srdečních chlopečů. Van Meurs [44] chlopeč vytváří z kombinace ventilu a odporu. Díky možnosti měnit odpor, můžeme modelovat chlopeční stenózu. A co když budeme chtít modelovat nedomykavost chlopečů. Nejjednodušším řešením je poskládat si chlopeč ze dvou ventilů, jeden nastavit ve správném směru spolu s odporem, druhý nastavíme v obráceném směru, a zamkneme jej rezistorem s nulovou vodivostí. Pokud vodivost bude nenulová i skrz uzavřenou srdeční chlopeč může pronikat krev a můžeme tím simulovat nedomykavost chlopečů. Jako vnější vstup do komponenty budeme zadávat rezistenci chlopečů v jednom směru



Obrázek 28 — Vstupem do komponenty srdečních chlopní je výtoková rezistence a vtoková vodivost (pro modelování nedomykavosti).



Obrázek 29 — Vnitřní struktura komponenty srdečních chlopní..

a vodivost v druhém směru. Tento přístup umožní modelovat kombinované chlopenní poruchy stenzy a nedomykavosti. (viz Obrázek 28).

Vlastní komponentu jsme naprogramovali ve vizuálním grafickém editoru (Obrázek 29).

Zdrojový text komponenty pouze ilustruje, že komponentu srdečních chlopní jsme vytvořili skládáním:

```

model CardiacValve
  Haemodynamics.Parts.BloodFlowInflow bloodFlowInflow;
  Haemodynamics.Parts.BloodFlowOutflow bloodFlowOutflow;
  Haemodynamics.Parts.Valve outflowValve (open (fixed=true,
  start=true));
  Haemodynamics.Parts.Valve backflowValve (open (fixed=true,
  start=false));
  Haemodynamics.Parts.VariableBloodResistor
  outflowBloodResistor;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput outflowResistance „in
  torr sec / ml“;
  Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput
  inflowConductanceValue (start=0) „in ml/sec/torr“;
  Haemodynamics.Parts.VariableBloodConductance
  variableBloodConductance;
equation
  connect (backflowValve.bloodFlowOutflow,bloodFlowInflow);
  connect (bloodFlowInflow,outflowValve.bloodFlowInflow);
  connect (outflowValve.bloodFlowOutflow,outflowBloodResistor.
  Inflow);
  connect (outflowBloodResistor.Outflow,bloodFlowOutflow);
  connect (outflowResistance,outflowBloodResistor.
  BloodResistance);
  connect (inflowConductanceValue,variableBloodConductance.
  BloodConductance);
  connect (backflowValve.
  bloodFlowInflow,variableBloodConductance.Outflow);
  connect (bloodFlowOutflow,variableBloodConductance.Inflow);
end CardiacValve;

```

4.2 Pravé srdce

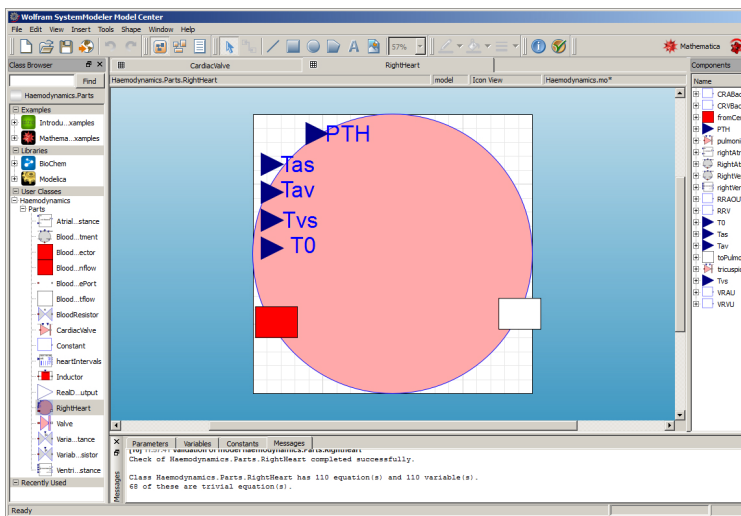
Nyní máme již připraveny všechny komponenty, z nichž můžeme složit model pravého srdce (Obrázek 30). Řídícími vstupy do komponenty budou hodnoty srdečních intervalů a nitrohrudní tlak (PTH).

Celý model vytváříme v grafickém editoru jako schematický obrázek (Obrázek 31).

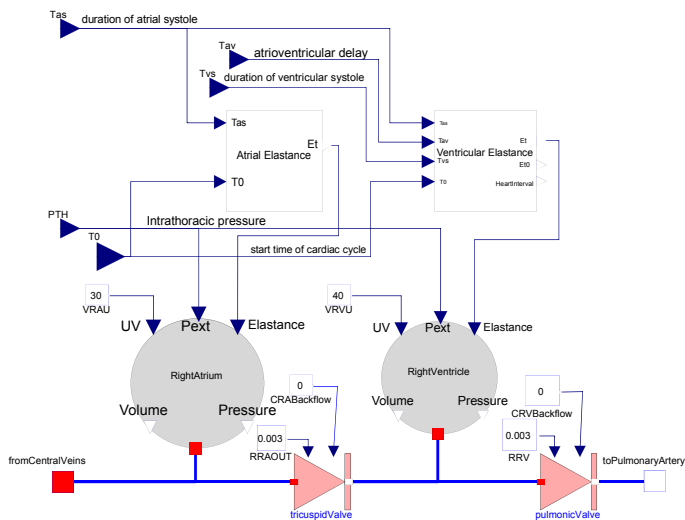
4.3 Levé srdce

Obdobně složíme model levého srdce (Obrázek 32).

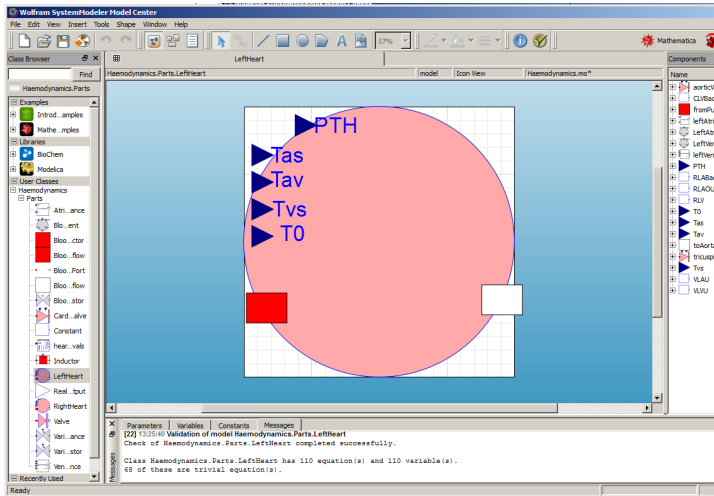
Struktura modelu vyjadřuje strukturu modelované reality (včetně všech zjednodušení, které jsme udělali) – Obrázek 33.



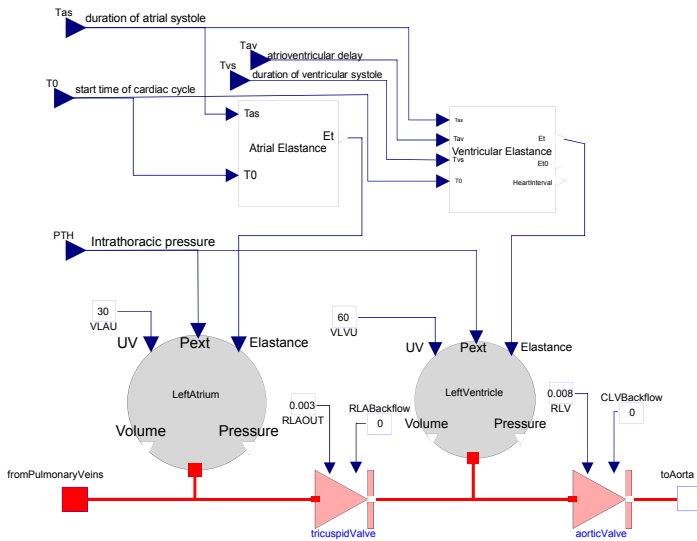
Obrázek 30 — Komponenta pravého srdce. Řídící vstupy: PTH - nitrohrudní tlak, Tas - délka systoly síní, Tav atrioventrikulární interval, Tvs - délka systoly komor, T0 - čas začátku srdečního cyklu.



Obrázek 31 — Vnitřní struktura komponenty pravého srdce. Vstupem do srdečních chlopní jsou odpory pro výtok (RRAOUT, RRV) a vodivosti pro zpětný vtok (CRABackflow a CRVBackflow). Změnou jejich hodnot lze modelovat chlopněvé vady. VRAU a VRVU jsou hodnoty reziduálního (unstressed) objemu. Změnou parametrů EMAX (maximální systolické elastance) a EMIN (diastolické elastance) v instancích AtrialElastance a VentricularElastance (parametry jsou dostupné na kliknutí) se dá měnit výkonost myokardu komor a síní.



Obrázek 32 — Komponenta levého srdce. Řídící vstupy: PTH - nitrohruční tlak, Tas - délka systoly síní, Tav atrioventrikulární interval, Tvs - délka systoly komor, T0 - čas začátku srdečního cyklu.



Obrázek 33 — Vnitřní struktura komponenty levého srdce. Vstupem do srdečních chlopní jsou odpory pro výtok (RLAOUT, RLV) a vodivosti pro zpětný vtok (CLABackflow a CLVBackflow). Změnou jejich hodnot lze modelovat chlopněvé vady. VLAU a VLVU jsou hodnoty reziduálního (unstressed) objemu. Změnou parametrů EMAX (maximální systolické elastance) a EMIN (diastolické elastance) v instancích AtrialElastance a VentricularElastance (parametry jsou dostupné na kliknutí) se dá měnit výkonost myokardu komor a síní.

4.4 Systémové artérie

Z komponent složíme model systémových artérií – Obrázek 34.

Model vytváříme propojováním komponent v grafickém editoru – Obrázek 35.

4.5 Systémové periferní cévy

Vytvoříme komponentu systémových periferních cév, včetně vlastní ikony - Obrázek 36

Model vytvořený skládáním komponent v grafickém editoru je samodokumentující – Obrázek 37.

4.6 Systémové žíly

Model systémových žil (Obrázek 38) také složíme z instancí již vytvořených komponent (Obrázek 39).

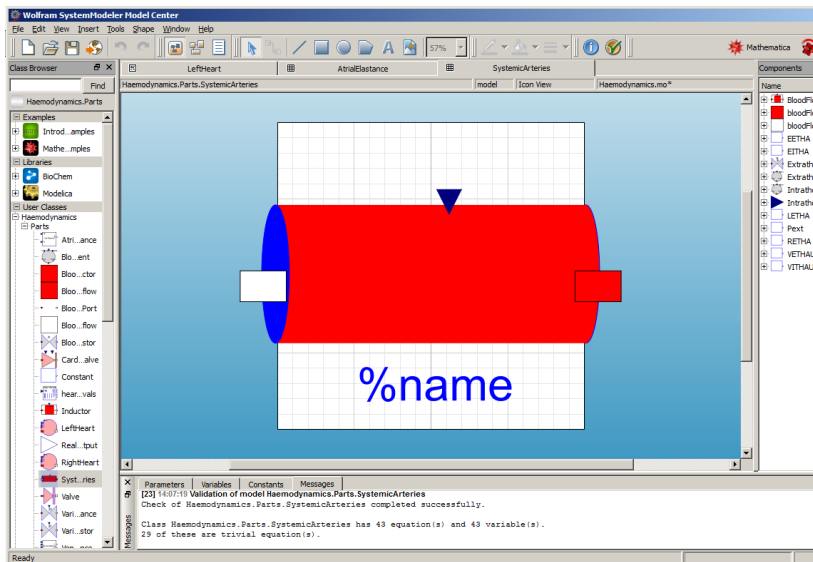
4.7 Plicní oběh

Poslední komponentou krevního oběhu, která nám scházela, je plicní cirkulace – Obrázek 40.

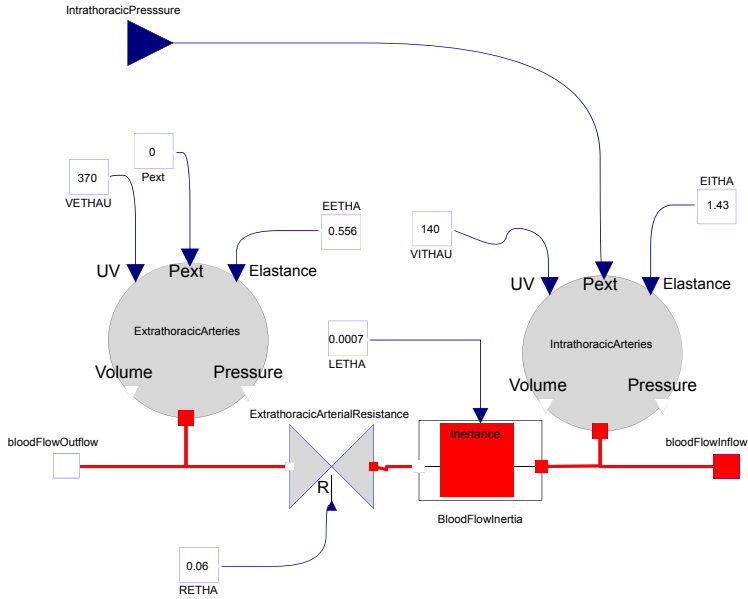
Plicní oběh také vytvoříme skládáním – Obrázek 41.

4.8 Model cirkulace jako celek

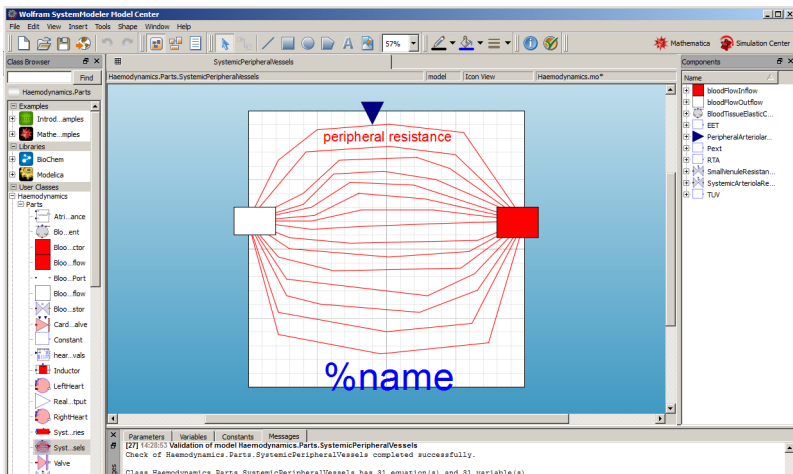
Nakonec složíme z vytvořených komponent celý model hemodynamiky krevního oběhu. Do ikony vytvořeného modelu hemodynamiky můžeme umístit i obrázek – Obrázek 42.



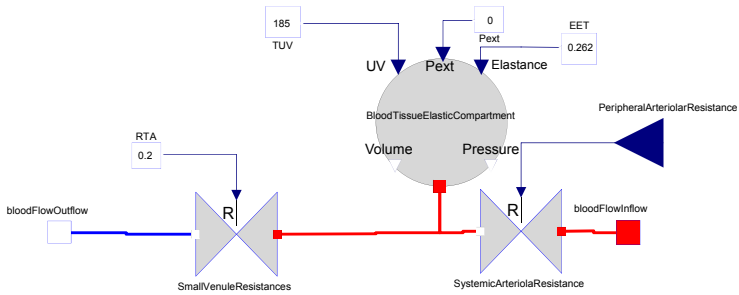
Obrázek 34 — Komponenta systémových artérií.



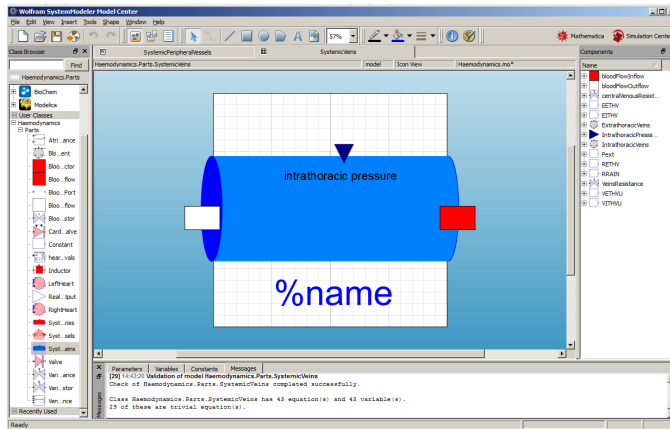
Obrázek 35—Komponenta systémových artérií. Jediným řídicím vstupem je zde nitrohrudní tlak.



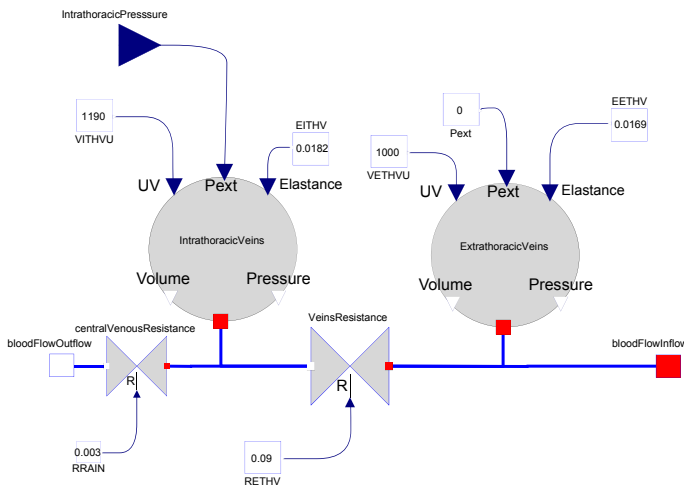
Obrázek 36—Komponenta systémových artérií. Jediným řídicím vstupem je zde rezistence periferních arterií.



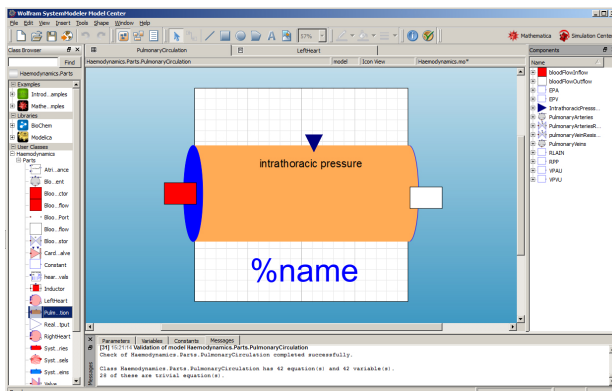
Obrázek 37— Komponenta systémových artérií. Jediným řídicím vstupem je zde rezistence systémových artérií.



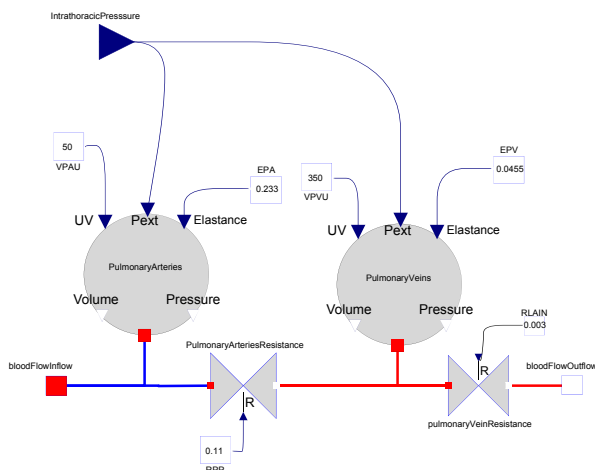
Obrázek 38 — Komponenta systémových žil. Jediným řídicím vstupem je zde nitrohruční tlak



Obrázek 39 — Komponenta systémových žil. Jediným řídicím vstupem je zde nitrohruční tlak



Obrázek 40 — Komponenta plicního oběhu, řídicím vstupem je zde nitrohrudní tlak



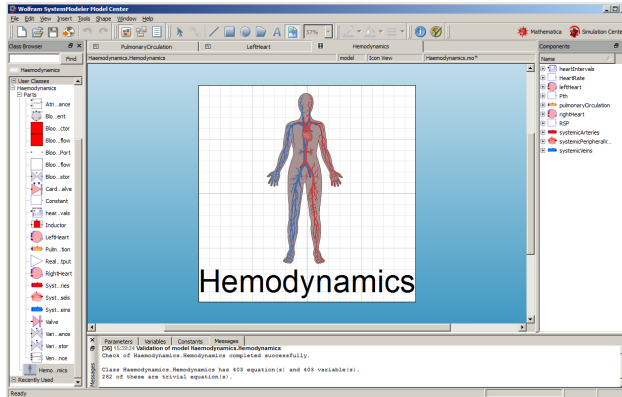
Obrázek 41 — Komponenta plicního oběhu, řídicím vstupem je zde nitrohrudní tlak

Vlastní model ovšem skládáme v grafickém editoru jako stavebnici z jednotlivých vytvořených komponent – Obrázek 43.

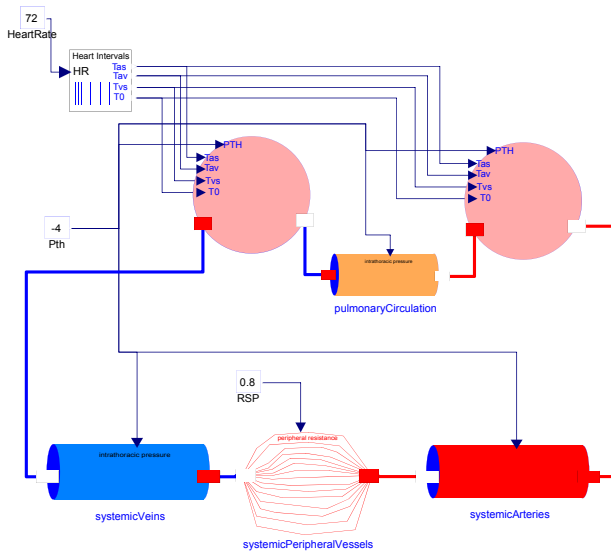
4.9 Testujeme chování modelu

Modeliková vývojová prostředí umožňují pohodlně testovat chování vytvářených modelů. Můžeme si snadno zobrazit průběhy libovolných proměnných. Tak např. můžeme sledovat pulzaci arterií, průtoky a tlaky v jednotlivých částech krevního řečiště apod. Např. na Obrázku 44 je uvedeno porovnání tlaků v aortě a v levé komoře.

Můžeme také zobrazovat různé závislosti – tak např. na Obrázku 45 je uveden vztah průběhu tlaků a objemu pravé a levé komoře.



Obrázek 42 — Model hemodynamiky krevního oběhu jako komponenta.

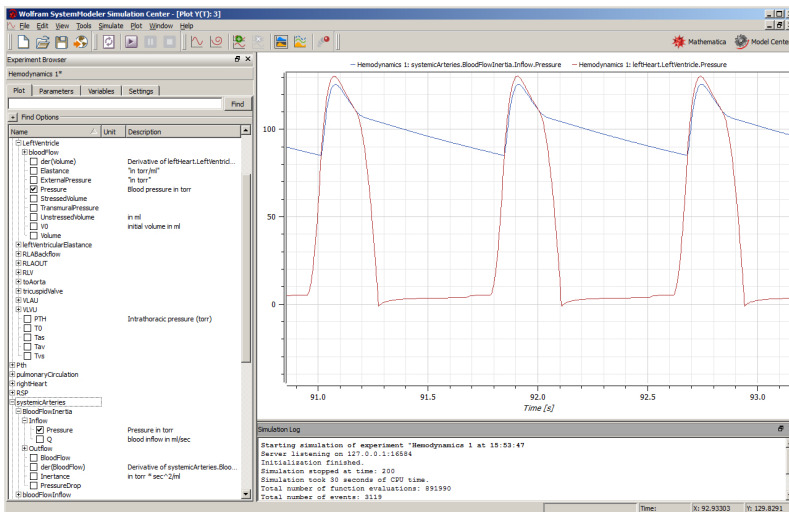


Obrázek 43 — Vnitřní struktura modelu hemodynamiky krevního oběhu.

4.10 Další směry rozvoje modelu

Model hemodynamiky krevního oběhu je možno dále rozvíjet v mnoha směrech. Bylo by třeba zajímavé pokusit se namodelovat různé chlopenní vady. Vhodné by bylo zavést do modelu oběhu řízení (baroreflex apod.). Dále by asi bylo vhodné rozčlenit průtok systémovou cirkulací na několik oblastí – protože různé části krevního řečiště jsou různě řízeny – již Guyton v roce 1972 uvažoval zvlášť svaly, ledviny a ostatní tkáň.

Především je asi vhodné propojit model cirkulace s modelem respirace a přenosu krevních plynů – úkolem cirkulace není jen rozvádět po organismu



Obrázek 44 — Ukázka výstupu modelu hemodynamiky - porovnání průběhů tlaku v aortě a v levé komoře.

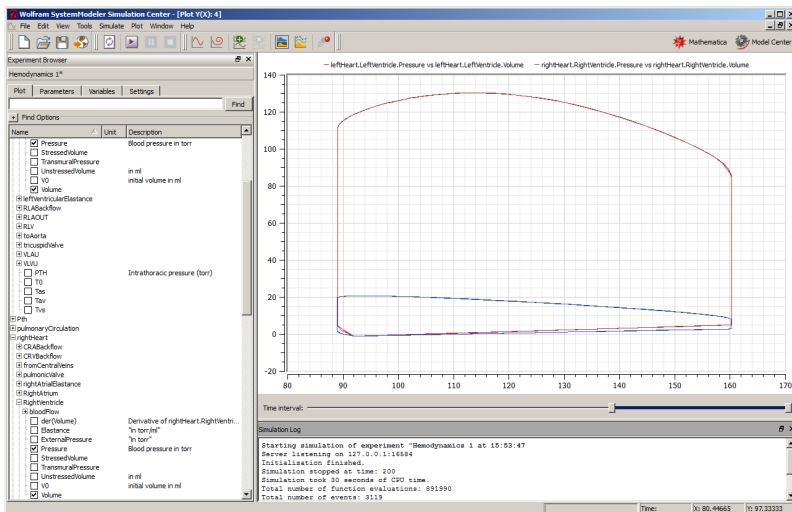
krev, ale především přivádět do tkání potřebné látky, zejména kyslík, a odvádět zplodiny, především oxid uhličitý. Přenos krevních plynů je velmi ovlivňován také respirací. Proto také model, který je implementován v simulátoru HTS, je rozpracován zejména v propojení modelu cirkulace a respirace.

Cílem této kapitoly ale nebyl podrobný popis a rozpracování složitějšího modelu fyziologických regulací. Cílem bylo na konkrétním příkladu ukázat, jak efektivním nástrojem pro modelování je Modelica, která si své místo v průmyslu již získala, ale v biomedicínských aplikacích na větší rozšíření teprve čeká.

5 HumMod – nerozsáhlejší model integrativní fyziologie

Nejrozsáhlejším modelem propojených fyziologických systémů je dnes patrně model **HumMod** vytvořený v mezinárodní kooperaci skupinou spolupracovníků a žáků A. Guytona, z Mississippi University Medical Center z USA. Model, včetně jeho zdrojového textu, je možné stáhnout z webových stránek modelu <http://hummod.org>. Na rozdíl od modelu, který je na pozadí simulátoru HPS, autoři se netají jeho strukturou, která je, patrně, mnohem složitější, než je model v simulátoru HPS. I když je zdrojový text simulátoru a celý matematický model na jeho pozadí nabízen jako „open source“ (a uživatel si teoreticky může i model modifikovat), je orientace v matematických vztazích prohlížením tisícovek vzájemně provázaných XML souborů poměrně obtížná.

Uživatel proto může model upravovat i modifikovat. Potíž tkívá ale v tom, že zdrojové XML texty celého modelu jsou napsány v celkem 3235 souborech umístěných v 1367 složkách! Díky tomu jsou rovnice modelu a jejich návaznosti obtížně srozumitelné a řada řešitelských týmů při vývoji lékařských simulátorů pro raději jako východisko pro další rozšíření raději sahá po starších



Obrázek 45 — Ukázka výstupu modelu hemodynamiky - tlakově-objemový diageam levé a pravé komory.

modelech komplexních fyziologických regulací - např. modelech Guytona z roku roku 1972 [15] a modelech Ikedy z roku 1979 [18]. Touto cestou se např. vydal mezinárodní výzkumný tým v projektu SAPHIR (System Approach for Physiological Integration of Renal, cardiac and respiratory control), když se zdrojové texty modelu QHP se účastníkům projektu zdály velmi špatně čitelné a obtížně srozumitelné [42]. Obdobně, nedávno Mangourova a spol. [33] implementovali v Simulinku raději starší Guytonův model z roku 1992, než poslední (pro ně, jak uvádějí, špatně čitelnou) verzi modelu QHP/Hummod týmu Guytonových spolupracovníků a žáků.

My jsme se toho nezalekli a s americkými autory jsme navázali spolupráci. Vytvořili jsme speciální softwarový nástroj **QHPView** [24, 25], který z tisícovek souborů zdrojových textů modelu vytvoří přehledné zobrazení použitých matematických vztahů a model jsme implementovali v jazyce Modelica (<http://www.3ds.com/products/catia/portfolio/dymola>).

Implementace modelu HumMod v Modelice podstatně zpřehlednila strukturu modelu [26] - a mimo jiné pomohla odhalit i některé chyby v původní americké implementaci modelu Hummod.

Model **Hummod** jsme modifikovali a rozšířili především v oblasti modelování přenosu krevních plynů a homeostázy vnitřního prostředí, zejména acidobazické rovnováhy. Při modifikaci jsme mimo jiné vycházeli z našeho původního modelu fyziologických regulací, který byl jádrem našeho staršího výukového simulátoru **Golem** [23, 31] a z našeho bilančního přístupu k acidobazické rovnováze [22, 27]

Strukturu našeho modelu, který jsme nazvali „Hummod-Golem edition“ zveřejňujeme na webových stránkách projektu (<http://physiome.cz/Hummod>)

ve zdrojové formě s definicí všech proměnných a všech rovnic. Model je teoretický podkladem současně vyvíjeného lékařského výukového simulátoru. Naším cílem je zpřístupnit simulátor jako výukovou pomůcku dosažitelnou pomocí internetu. Při její tvorbě využijeme naši technologii tvorby webových simulátorů podrobněji popsanou v [25].

Naše zkušenost s modelem HumMod ukazuje že Modelice je velice efektivním prostředkem zejména pro vytváření rozsáhlých hierarchicky organizovaných modelů. V jiném prostředí bychom v našem malém týmu tak rozsáhlý model nebyli schopni implementovat.

6. Závěr

Nové technologie přinášejí pro tvorbu simulačních modelů nové možnosti i nové výzvy. Jednou z nich je nový objektově orientovaný jazyk Modelica, který podle našeho názoru podstatně zjednoduší modelování tak složitých a komplexních systémů s jakými se setkáváme ve fyziologii. Vzhledem k tomu, že se ve fyziologických systémech vyskytuje řada vztahů, které v blokově orientovaných jazycích (např. v Simulinku) vedou na řešení implicitních rovnic, je akauzální popis používaný v Modelice velkou výhodou. Akauzální popis mnohem lépe vystihuje podstatu modelované reality a simulační modely jsou mnohem přehlednější a tudíž i méně náchylné k chybám. Jak ukazují (nejen naše) zkušenosti, pro modelování fyziologických systémů je Modelica velmi vhodným prostředím.

Poděkování

Děkuji mým spolupracovníkům z Oddělení biokybernetiky a počítačové podpory výuky, kteří zavedli technologii využívání jazyka Modelica do námi vytvářených simulátorů, tuto technologii v denodenní praxi využívají a v rámci našeho výzkumu i naši účasti v Open Modelica Source Consortium ji dále rozvíjejí. Tento text vznikl také na základě zkušeností s výukou jazyka Modelica v rámci výuky studentů ČVUT i řady pracovních workshopů na kterých se rovněž moji spolupracovníci podílejí. Můj dík patří zejména: MUDr. Mgr. Pavolovi Privitzerovi, Mgr. Tomáši Kulhánkovi, Mgr. Marku Matejákovi, ing. Janu Šilarovi, ing. Filipu Ježkovi, ing. Martinu Tribulovi a ing. Tomáši Kročkovi.

Děkuji také grafičce Veronice Sýkorové, DIS a Kláře Ulčové, DIS za vytvoření obrázků k tomuto modelikovému tutoriálu.

Práce na vývoji lékařských simulátorů je podporována projektem MPO FR-TI3/869 a společností Creative Connections s.r.o.

Literatura

- [1.] Breunese, A. P. J., & Broenink, J. F. (1997). *Modeling mechatronic systems using the SISO-PS+ language. Simulation Series*, vol. 29, str. 301-306.
- [2.] Brugård, J., Hedberg, D., Cascante, M., Cedersund, G., Gómez-Garrido, À., Maier, D., Nyman, E., Selivanov, E. & Strålfors, E. (2009). *Creating a Bridge between Modelica and the Systems Biology Community. In 7th International Modelica Conference, Como, Italy, str. 473-479.*

- [3.] Cellier, F. E., & Nebot, A. (2006). *Object-oriented modeling in the service of medicine. Proceedings of the 6th Asia Conference, Beijing, China 2006*, vol. 1, str. 33-40. Beijing: International Academic Publishers.
- [4.] Cheng, L., Ivanova, O., Fan, H. H., & Khoo, M. C. (2010). *An integrative model of respiratory and cardiovascular control in sleep-disordered breathing. Respiratory physiology & neurobiology*, vol. 174(1), str. 4-28.
- [5.] Cheng, L., & Khoo, M. C. (2011). *Modeling the autonomic and metabolic effects of obstructive sleep apnea: a simulation study. Frontiers in Physiology*, 2. 111. Published online 2012 January 4. doi: 10.3389/fphys.2011.00111, PMID: PMC3250672
- [6.] Comenius, J. A. (1656). *Schola Ludus, seu Encyclopaedia Viva. Sarospatak*.
- [7.] Couto, C. D. S., van Meurs, W. L., Goodwin, J. A., & Andriessen, P. (2006). *A model for educational simulation of neonatal cardiovascular pathophysiology. Simulation in Healthcare*, 1 (Inaugural), str. 4-9.
- [8.] Elmqvist H. (1978). *A Structured Model Language for Large Continuous Systems. PhD Thesis. Lund University, Sweden, May, 1987. Dostupné z: <http://www.control.lth.se/Publication/elm78dis.html>*
- [9.] Enderle J. & Brozino, J. (2012). *Introduction to Biomedical Engineering, Third Edition. Academic Press, 2012, 1253 str., ISBN 978-0-12-3749797-6.*
- [10.] Ernst, T., Jähnichen, S., & Klose, M. (1997). *The architecture of the smile/m simulation environment. In Proc. 15th IMACS World Congress on Scientific Computation, Modelling and Applied Mathematics (vol. 6, str. 653-658).*
- [11.] Fan, H. H., & Khoo, M. C. (2002). *PNEUMA-a comprehensive cardiorespiratory model. In Engineering in Medicine and Biology, 2002. 24th Annual Conference and the Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society EMBS/BMES Conference, 2002. Proceedings of the Second Joint (vol. 2, str. 1533-1534). IEEE.*
- [12.] Fritzon, P. (2003). *Principles of object-oriented modeling and simulation with Modelica 2.1. Wiley-IEE Press. ISBN 0-471-47163-1*
- [13.] Fritzon, P. (2012) *Introduction to Modeling and Simulation of Technical and Physical Systems with Modelica. Wiley-IEE Press, ISBN 978-1-118-0168-6*
- [14.] Goodwin, J. A., van Meurs, W. L., Couto, C. D. S., Beneken, J. E., & Graves, S. A. (2004). *A model for educational simulation of infant cardiovascular physiology. Anesthesia & Analgesia*, vol. 99 (6), 1655-1664.
- [15.] Guyton, A. C., Coleman, T. G., & Grander, H. J. (1972). *Circulation: Overall Regulation. Ann. Rev. Physiol.*, vol. 41, str. 13-41.
- [16.] Haas, O. C., & Burnham, K. J. (2008). *Systems Modeling and Control Applied to Medicine. V O. C. Haas, & K. J. Burnham, Intelligent and Adaptive Systems in Medicine (str. 17-52). Boca Raton FL, USA: CRC Press.*
- [17.] Hoppensteadt, F., C. (2011) *Mathematical Methods for Analysis of a Complex Disease (Courant Lecture Notes), New York, AMMS, 2012, 151 str., ISBN: 978-0-8218-7286-4.*
- [18.] Ikeda, N., Marumo, F., & Shirsataka, M. (1979). *A Model of Overall Regulation of Body Fluids. Ann. Biomed. Eng.*, vol. 7, str. 135-166.
- [19.] Ivanova, O. V., & Khoo, M. C. (2004). *Simulation of spontaneous cardiovascular variability using PNEUMA. In Engineering in Medicine and Biology Society, 2004. IEMBS'04. 26th Annual International Conference of the IEEE (vol. 2, str. 3901-3904). IEEE.*
- [20.] Jeandel, A., & Boudaud, F. (1997). *Physical System Modelling Languages: from ALLAN to Modelica. GAZ DE FRANCE-Research and Development Division.*

- [21.] Khoo M. C. K. (1999). *Physiological control systems*. New York. IEE Press. ISBN 0-7803-3408
- [22.] Kofránek, J. (2009a). *Komplexní model acidobazické rovnováhy*. (Anglická verze: *Complex model of acid-base balance* je dostupná na adrese <http://www.physiome.cz/references/medsoft2009acidbase.pdf>, model je na adrese <http://www.physiome.cz/acidbase>). V M. Zeithamlová (Editor), *MEDSOFT 2009* (str. 23-60). Praha: Agentura Action M.
- [23.] Kofránek, J., Anh Vu, L. D., Snášelová, H., Kerekeš, R., & Velan, T. (2001). *GOLEM – Multimedia simulator for medical education*. *Studies in Health Technology and Informatics*, vol. 84, str. 1042-1046. Práce je dostupná na adrese <http://www.physiome.cz/references/MEDINFO2001.pdf>.
- [24.] Kofránek, J., Mateják, M., & Privitzer, P. (2009). *Leaving toil to machines - building simulation kernel of educational software in modern software environments*. CD ROM. V L. Dušek, D. Schwarz, & S. Štípek (Editor), *Mefanet 2009, Conference Proceedings* (str. kofranek.pdf: 1-39). Brno: Masarykova Univerzita. Práce je dostupná na adrese <http://www.physiome.cz/references/MEFANET2009.pdf>.
- [25.] Kofránek, J., Mateják, M. & Privitzer, P. (2010). *Web simulator creation technology*. In *MEFANET report*, vol. 3 (Dušek, Vladimír Mihál, Stanislav Štípek, Jarmila Potomková, Daniel Schwarz, Lenka Šnaidrová, Eds.). Institute of Biostatistics and Analysis. Masaryk University, 2010, ISSN 1004-2961, str. 52-97. Práce je dostupná na adrese <http://www.physiome.cz/references/mefanetreport3.pdf>.
- [26.] Kofránek, J., Mateják, M. & Privitzer, P. (2011) *HumMod - large scale physiological model in Modelica*. *Proceedings of 8th. International Modelica conference, Dresden, Germany, March 20-22, 2011, Dresden, Linköping Electronic Conference Proceedings* (ISSN: 1650-3686), str. 713-724, Dostupno na: <http://www.ep.liu.se/ecp/063/079/ecp11063079.pdf>.
- [27.] Kofránek, J., Matoušek, S., & Andrlík, M. (2007). *Border flux ballance approach towards modelling acid-base chemistry and blood gases transport*. V B. Zupanic, S. Karba, & S. Blažič (Editor), *Proceedings of the 6th EUROSIM Congress on Modeling and Simulation, Full Papers* (CD) (str. TU-1-P7-4: 1-9). Ljubljana: University of Ljubljana. Práce je dostupná na adrese <http://www.physiome.cz/references/ljubljana2007.pdf>
- [28.] Kofránek, J., Matoušek, S., Ruzs, J., Stodulka, P., Privitzer, P., Mateják, M., & Tribula, M. (2011). *The Atlas of Physiology and Pathophysiology: Web-based multimedia enabled interactive simulations*. *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 104 (2), str. 143-153.
- [29.] Kofránek, J. Privitzer, P. Mateják, M., Matoušek, S. (2011). *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.
- [30.] Kofránek, J & Ruzs, J. (2010). *Restoration of Guyton diagram for regulation of the circulation as a basis for quantitative physiological model development*. *Physiological Research*, vol. 59, str. 897-908 Práce je dostupná na adrese http://www.biomed.cas.cz/physiolres/pdf/59/59_897.pdf.
- [31.] Kofránek, J., Velan, T., & Kerekeš, R. (1997). *Golem: a Computer Simulator of Physiological Functions as an Efficient Teaching Tool*. V Y. M. Theo, W. C. Wong, & T. J. Okeu (Editor), *Legacy for 21 Century*. *Proceedings of the World Congress on System Simulation*. (str. 407-411). Singapore: IEE Singapore Section.
- [32.] Logan, J. D., & Wolesensky, J. D. (2009). *Mathematical methods in biology*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

- [33.] Mangourova, V., Ringwood, J., & Van Vliet, B. (2011). Graphical simulation environments for modelling and simulation of integrative physiology. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 102 (3), str. 295–304.
- [34.] Mattsson, S.E, Andersson, M & Aström K.J. (1993). Object-oriented modeling and simulation. In: Linkens, ed., *CAD for Control Systems* (Marcel Dekker, 1993), str. 31–69.
- [35.] McLeod, J. (1967). PHYSBE... a year later. *Simulation*, vol. 10, str. 37–45.
- [36.] McLeod, J. (1966). PHYSBE: A physiological simulation benchmark experiment. *Simulation*, vol. 15, str. 324–329.
- [37.] McLeod, J. (1970). Toward uniform documentation-PHYSBE and CSMP. *Simulation*, vol. 14, str. 215–220.
- [38.] Oomnes, C., Breklemans, M., & Baaijens, F. (2009). *Biomechanics: concepts and computation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [39.] Ottesen, M. S., Olufsen, M. J., & Larsen, J. K. (2004). *Applied Mathematical Models in Human Physiology*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [40.] Sahlin, P., Bring, A., & Sowell, E. F. (1996). *The Neutral Model Format for building simulation*, Version 3.02. Report. Dept. of Building Sciences, KTH, Stockholm.
- [41.] Schiff, S. J. (2012). *Neural Control Engineering: The Emerging Intersection Between Control Theory and Neuroscience*. MIT Press, 2012, 386 str. ISBN: 978-0-262-01537-0.
- [42.] Thomas, R. S., Baconnier, P., Fontecave, J., Francoise, J., Guillaud, F., Hannaert, P., Hernández, P., Hernández, A., La Rolle, V., Maziere, P., Tahj, F. & White, R. J. (2008). SAPHIR: a physiome core model of body fluid homeostasis and blood pressure regulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 366, str. 3175–3197.
- [43.] Tiller M.,M. (2001). *Introduction to physical modeling with Modelica*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2001. ISBN 978-9-7923-9367-4.
- [44.] van Meurs, W. (2011): *Modeling and Simulation in Biomedical Engineering: Applications in Cardio respiratory Physiology*. Ed. 1. New York: McGraw Hill, 2011. 193 stran. ISBN 978-0-07-17-1445-7.
- [45.] Viklund, L., & Fritzson, P. (1995). ObjectMath—An Object-Oriented Language and Environment for Symbolic and Numerical Processing in Scientific Computing. *Scientific Programming*, vol. 4 (4), str. 229–250.
- [46.] Wallish, P., Lusignan, M., Benayoun, M., Baker, T. I., Dickey, A. S., & Hatsopoulos, N. G. (2008). *MATLAB for Neuroscientists: An Introduction to Scientific Computing in MATLAB*. Burlington, MA: Academic Press.

Kontakt:

Doc. MUDr. Jiří Kofránek, CSc.

Oddělení biokybernetiky a počítačové
podpory výuky

ÚPF 1. LF UK, Praha

U nemocnice 5,

128 53 Praha 2

tel: 777686868

e-mail: kofranek@gmail.com

HYBRIDNÍ ARCHITEKTURA PRO WEBOVÉ SIMULÁTORY

**Tomáš Kulhánek, Marek Mateják, Jan Šilar, Pavol Privitzer,
Martin Tribula, Filip Ježek, Jiří Kofránek**

Anotace

Příspěvek se zabývá simulátory běžícími na serveru a poskytujícími hrubá data, která teprve klient (např. webový prohlížeč nebo specializovaná aplikace) vizualizuje. Takováto hybridní architektura nabízí nasazení dlouhotrvajících simulací a výpočetně náročných operací na výkonné servery přičemž sledování výsledků simulace lze prohlížet jak na běžných počítačích tak i na mobilních zařízeních typu tablet. Architektura byla zkoušena s komplexním fyziologickým modelem Hummod a simulací acidobazických poruch a jejich dlouhodobější trendy.

1. Úvod

Na konferencích MEDSOFT roku 2010, 2011 a 2012 Kofránek a spol. shrnuli vývoj technologií pro tvorbu simulátorů se zvláštním zřetelem na výuku a výzkum v oblasti medicíny, přičemž z vývoje tzv. nativních simulátorů se postupně přeorientovali na vývoj tzv. webových simulátorů běžících v internetovém prohlížeči[1]. Simulátory využívají technologii Adobe Flash nově i technologii Microsoft Silverlight, kvůli lepší integraci s modely a výkonu výpočetně náročných komplexnějších modelů[2, 3].

2. Nativní simulátory

Nativní simulátor je aplikace, která je přeložena do jazyka procesoru cílového počítače a operačního systému a spouští se přímo, tj. nativně. Distribuce nativních aplikací dnes probíhá např. formou instalačního balíčku distribuovaného přes klasická média (CD-ROM, DVD-ROM). Mezi nativní aplikace se řadí i ty, které lze stáhnout a nainstalovat z internetu ať už stažením instalačního balíčku, či technologiemi usnadňujícími spuštění aplikace bez instalace (např. Java Web-Start, nebo Microsoft ClickOnce). Nativní simulátor obvykle dále nevyžaduje připojení k internetu. Mezi takové simulátory lze zařadit např. komplexní simulátor ledvin vyvinutý Kofránkem a Tribulou v prostředí Control Web[4] nebo výukovou aplikaci regulací vyvinutou Wünschem a spol. [5]. Obě jsou součástí atlasu patologické fyziologie (www.physiome.cz/atlas) [6]. Podobně jsou koncipovány simulátory pocházející z jiných univerzit, např. simulátor ECGSIM vyvinutý v Holandsku na Radboud University in Nijmegen (www.ecgsim.org) [7, 8], který umožňuje simulovat šíření elektrického potenciálu v komorách a síních srdce a měnit šíření vzruchu myokardem, což je typické pro některé patologie. Nebo program pro výpočet a zobrazení pH krve a koncentrace krevních plynů - Oxygen Status Algorithm [9] nyní ve verzi 1.0 pro Windows (<http://www.siggaard-andersen.dk>).

Výhodou nativních simulátorů je přímý přístup k lokálním zdrojům a vysoký výkon limitovaný pouze možnostmi lokálního počítače. Nevýhodou je nutnost jejich instalace a údržby na příslušné platformě, což vyžaduje jisté znalosti od uživatele a také větší práva např. na spuštění a zápis na disk.

3. Webové simulátory

S rozvojem technologií umožňující vývoj tzv. Rich Internet Application (RIA) [10] se webové aplikace stále více podobají desktopovým aplikacím, přičemž webové aplikace mají některé výhody vhodné pro výukové a vědecké simulátory. Byrne a spol.[11] ve své práci z roku 2010 mapují webové simulátory (nikoliv nativní simulátory) z širší oblasti a rozlišují u webových simulátorů tři následující typy architektury.

3.1 Vzdálená simulace a vizualizace

Simulace včetně renderování výsledku je prováděno na serveru a internetový prohlížeč pouze zobrazí výslednou grafiku, či text.[11]

Mezi technologie umožňující běh složitější aplikace na serveru a renderování výsledku v podobě obrázků a HTML pro klienta patří technologie CGI[12], či přímé moduly pro skriptovací jazyky PHP, Perl a propojení webového serveru s vývojovými platformami ASP.NET, J2EE, Ruby on Rails a další.

Vzdálená simulace a vizualizace vyžaduje stálé připojení uživatele k internetu a je náročné na rychlost a zpoždění komunikace mezi serverem a klientem. Tato vlastnost byla limitující zvláště v dřívějších dobách, kdy vysokorychlostní internet nebyl široce dostupný.

3.2 lokální simulace a vizualizace

Simulační jádro a vizualizační komponenty jsou staženy internetovým prohlížečem do lokálního počítače uživatele a simulace včetně vizualizace je dále prováděna už bez interakce se serverem v rámci internetového prohlížeče. [11] Technologie umožňující běh aplikací v prohlížeči reagují na to, že samotný jazyk dokumentů HTML a protokol HTTP nestačí na požadavky kladené na webové aplikace a tudíž se vyvinula řada technologií, které podporují přímo prohlížeče (Javascript), případně se dají doinstalovat formou pluginu (MS Silverlight, Adobe Flash, ...). Uvolněním nové verze HTML (verze 5) a její podpora ve většině nových verzí internetových prohlížečů se vývoj a dostupnost RIA ještě více rozšířila.

Lokální simulace a vizualizace není náchylná na rychlost a zpoždění serveru a při připojení více klientů k jednomu serveru není server zahlcen paralelním simulováním a renderováním, proto tento koncept je již od roku 2005 sledován při vývoji simulátorů pro atlas patologické fyziologie www.physiome.cz/atlas[6, 13, 14]. Od vývoje simulátorů běžících na klientovi v technologii Adobe Flash se dnes preferuje např. technologie MS Silverlight, která nabízí vyšší výkon a lepší integraci s modelem a vývojovými a grafickými prostředky[2].

3.3 hybridní simulace a vizualizace

Na serveru probíhá simulace a klient obdržená data vizualizuje víceméně v reálném čase[11]. Technologie použité pro tento typ hybridní architektury webových simulátorů kombinuje technologie zmíněné v předchozích dvou odstavcích pro vzdálenou a pro lokální simulaci/vizualizaci. Simulační a vizualizační vrstva řeší formát a výměnu dat přes internet.

Hybridní architektura dovolí pouštět dlouhodobé simulace či výpočty na serveru a jejich sledování, či ovlivňování na klientovi. Vizualizace může být prováděna i na méně výkonných zařízeních např. typu tablet. Níže popsaný prototyp simulátoru komplexního modelu Hummod používá tento typ architektury.

4 simulátor komplexního modelu fyziologie

Hester a spol. publikovali model Hummod, rozsáhlý fyziologický model zkonstruovaný z empirických dat z recenzované vědecké literatury a popsaný v jazyce XML, který může být později modifikován uživatelem pro zkoumání a testování nových přístupů[15]. Tento popis v jazyce XML je příliš komplexní pro porozumění a Matejka a spol. publikovali jeho implementaci v akauzálním jazyce Modelica a navíc ho upravili a rozšířili zejména v oblasti fyziologie vnitřního prostředí[16].

Jazyk Modelica je v současnosti standardem[17] a existuje celá řada nástrojů od různých poskytovatelů, které ho implementují a umožňují editaci a základní simulaci, např. open source OPENMODELICA <https://www.openmodelica.org>[18] vyvíjený konsorciem Open Modelica, DYMOLA vyvíjená firmou Dassault Systemes <http://www.dymola.com>, SystemModeler vyvíjený firmou Wolfram <http://www.wolfram.com/system-modeler/> a další. Tyto nástroje dovolují provádět základní simulaci a vizualizaci výsledků v grafech. Nicméně pro tvorbu složitějších simulátorů je nutné použít nějakou formu exportu a integrace s nástroji pro vývoj softwaru.

4.1 integrace se simulátorem

Existuje několik přístupů jak model začlenit do aplikace a vytvořit tak funkční simulátor. Modelovací nástroje nabízejí dva přístupy. První dovoluje exportovat konkrétní model do samostatné aplikace spustitelné na příkazové řádce. Tento typ integrace se obvykle popisuje jako integrační vzor File-Transfer[19]. Je to jednoduchý typ integrace pro vybudování rozsáhlejšího systému z nezávislých aplikací, pokud umístění a formát dat jsou známy, nicméně neumožňuje ovládat simulátor v reálném čase.

Druhý přístup dovoluje exportovat model do knihovny přístupné přes aplikační rozhraní, které se dá volat ze zvolené platformy. Dymola dovoluje ovládat exportované modely jako DLL knihovny pomocí svého vlastního API v jazyce C. Nástroj OpenModelica a jeho překladač a řešič v technologii .NET dovoluje export modelu do knihovny ovládané přes rozhraní dostupné pro jiné aplikace vyvíjené v technologii .NET.

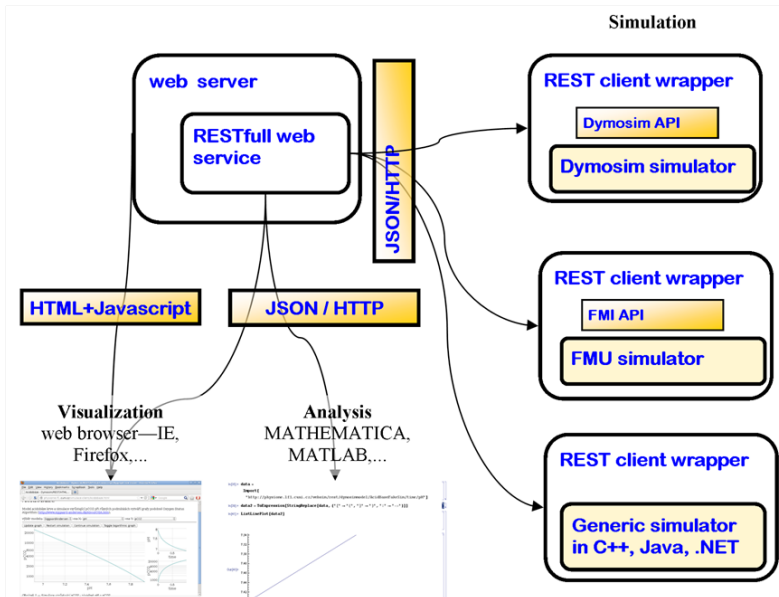
Poskyvatelé modelovacích nástrojů včetně Dymoly a jejich partneři vytvořili a udržují standard Functional Mockup Interface (FMI), který dovoluje výměnu modelů a simulátorů mezi různými spotřebiteli a dodavateli standardní formou přes tzv. FMI API a použít různé na Modelice založené nástroje[20].

Pro vytvoření rozsáhlejších systémů z relativně nezávislých aplikací se ještě často používá integrační vzor založený na zasilání zpráv tzv. Messaging Pattern[19]. Některé nástroje jazyka Modelica nabízejí integraci založenou na zasilání zpráv a standardech Dynamic Data Exchange (DDE) a průmyslový

OLE for Process Control (nebo též Open Platform Communication OPC (www.opcfoundation.org). Nicméně pro potřeby webového simulátoru jsme zvolili alternativu komunikace přes protokol HTTP s tzv. REST webovou službou.

Pro potřebu ověření hybridní architektury webového simulátoru jsme vyvinuli webovou službu (web service), které skloubuje architektonický styl REST[21], ve kterém data a stavy simulátoru jsou přístupné a ovladatelné přes web pomocí protokolu HTTP, formátu dat Javascript Object Notation (JSON) a omezeného počtu operací create, read, update, delete (CRUD). Tato webová služba na základě požadavků klienta vrací data simulace, která má buď již uložena v databázi, případně spustí modul hrubého simulátoru (exportovaný model pomocí výše zmíněných přístupů) spustí. Klient této webové služby je vizualizační aplikace, která umí přes protokol HTTP posílat a zpracovávat data ve formátu JSON. V našem případě jsme vytvořili stránku v HTML verzi 5 používající Javascript a některé open source knihovny JQuery (www.jquery.com) pro asynchronní komunikaci s REST webovou službou, DyGraph (www.dygraph.com) pro vykreslování grafů ze získaných dat, a další. Klientem této webové služby je i simulátor exportovaný z Modelicy a přes standardní (FMI) nebo proprietární (Dymola - Dymosim) API je přidána vrstva která umí s REST webovou službou pomocí protokolu HTTP komunikovat.

Webová služba poskytuje repozitář modelů, které lze simulovat. Dále poskytuje data simulací vztahující se ke konkrétnímu modelu a poskytuje



Obrázek 1 — Architektura REST webové služby a simulací prováděných na serveru a vizualizace a zpracování dat prováděné na klientovi

je ve formě pole s proměnnými seřazena podle času simulace a podle kritérií požadována uživateli, tj. vybrané proměnné a pořadí v poli. Webová služba navíc poskytuje repozitář vizualizací, které se předkládají webovému browseru ve formě HTML stránek s Javascriptem. Vizualizace jsou popsány ve vlastním doménově specifickém jazyce, který je stále ve vývoji.

V případě jednoduchých modelů webovému serveru stačí ukládat tato data dočasně do paměti a případně si ukládat některé výsledky simulací do souboru. V případě simulace komplexního modelu Hummod, který simuloval průběhy všech známých veličin po dobu jednoho simulovaného měsíce s frekvencí jeden záznam všech hodnot za několik málo sekund, data této simulace se nevešla do interní paměti (několik GB dat). Webová služba byla rozšířena o správu a ukládání simulačních dat do databáze - používáme Entity Framework k přístupu k datům v databázi MS SQL.

5 Diskuze

Navržená hybridní architektura si samozřejmě nedělá ambice nahradit dosavadní technologie výukových aplikací, které simulují a vizualizují na lokální straně. Hybridní architektura ale může rozšířit portfolio simulátorů, které jsou dnes součástí atlasu patologické fyziologie o aplikace s dlouhodobými simulacemi rozsáhlých modelů a rozsáhlými výpočty, které jsou potřeba např. v případě identifikace fyziologických systémů. Atlas může být rozšířen o repozitář dat, která zatím v atlasu patologické fyziologie nejsou, tj. zdrojových kódů modelů, jejich popis, definice vizualizací a simulací spustitelných na dálku, atd. Volné spojení simulačních modulů s webovou službou nevyžaduje její spuštění na tomtéž serveru, ale může být delegováno na jiné stroje připojené k internetu, např. vysoce výkonnou kapacitu gridu a cloudu poskytovaného sdružením CESNET - aktivitou METACENTRUM (meta.cesnet.cz), případně evropskou iniciativou EGL, propojující kapacity pro vědecké účely na evropské úrovni (www.egi.eu). Pro tyto potřeby bude nutné aplikovat na server robustní řešení zabraňující zneužití kapacit této služby k jiným než simulačním účelům např. formou přihlašování při použití potencionálně zatěžujících dlouhodobých simulací.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory grantu MPO FR-TI3/869 a Fondu rozvoje sdružení CESNET z.s.p.o.

Literatura

- [1.] J. Kofránek. *Webové simulátory. sborník příspěvků Medsoft 2010, pages 81–95, 2010.*
- [2.] J. Kofránek, M. Mateják, F. Ježek, P. Privitzer, and J. Šilar. *Výukový webový simulátor krevního oběhu. sborník příspěvků Medsoft 2011.*
- [3.] J. Kofránek. *Integrované modely fyziologických systémů - historie, současnost, perspektivy. sborník příspěvků Medsoft 2012.*
- [4.] J. Kofránek and M. Tribula. *Control web pro multimediální interaktivní ledvinu. sborník příspěvků Medsoft 2007.*

- [5.] Zdeněk Wunsch, Marcel Matuš, Tomáš Kripner, and Jiří Kofránek. *Modely regulace ve fyziologickém praktiku. sborník příspěvků Medsoft 2007.*
- [6.] M. Andrlík, J. Kofránek, S. Matoušek, P. Stodulka, Z. Wunsch, T. Kripner, and J. Hlaváček. *Internetový atlas výukových multimediálních modelů pro vybrané kapitoly normální a patologické fyziologie člověka. ukázka předběžných výsledků. sborník příspěvků Medsoft 2006.*
- [7.] Allan Van Oosterom and TF Oostendorp. *EcgSim: an interactive tool for studying the genesis of qrs waveforms. Heart, 90(2):165–168, 2004.*
- [8.] Peter M van Dam, Thom F Oostendorp, and Adriaan van Oosterom. *Interactive simulation of the activation sequence: replacing effect by cause. pages 657–660, 2011.*
- [9.] O Siggaard-Andersen and M. Siggaard-Andersen. *The oxygen status algorithm: a computer program for calculating and displaying ph and blood gas data. Scand J Clin Lab Invest, pages 29–45, 1990.*
- [10.] Piero Fraternali, Gustavo Rossi, and Fernando Sánchez-Figueroa. *Rich internet applications. Internet Computing, IEEE, 14(3):9–12, 2010.*
- [11.] J. Byrne, C. Heavey, and P. J. Byrne. *A review of web-based simulation and supporting tools. Simulation Modelling Practice and Theory, 18(3):253–276, 2010.*
- [12.] Shishir Gundavaram. *CGI Programming on the World Wide Web. O'Reilly, 1996.*
- [13.] J. Kofránek, M. Andrlík, T. Kripner, and P. Stodulka. *From Art to Industry: Development of Biomedical Simulators. The IPSI BGD Transactions on Advanced Research, 1(2):62–67, 2005.*
- [14.] J. Kofránek, M. Andrlík, T. Kripner, J. Hlaváček, and P. Stodulka. *E-learning s výukovými simulačními modely v prostředí macromedia breeze. sborník příspěvků Medsoft 2005.*
- [15.] Robert Hester, Alison Brown, Leland Husband, Radu Iliescu, William Andrew Pruett, Richard L Summers, and Thomas Coleman. *Hummod: A modeling environment for the simulation of integrative human physiology. Frontiers in Physiology, 2(12), 2011.*
- [16.] M. Mateják and J. Kofránek. *Hummod - golem edition - rozsáhlý model fyziologických systémů. sborník příspěvků Medsoft 2011.*
- [17.] P. Fritzon and Brunus P. *Modelica – a general object-oriented language for continuous and discrete-event system modeling and simulation. Simulation Symposium, 2002. Proceedings. 35th Annual, pages 365–380.*
- [18.] Peter Fritzon, Peter Aronsson, Adrian Pop, Hakan Lundvall, Kaj Nystrom, Levon Saldamli, David Broman, and Anders Sandholm. *Openmodelica-a free open-source environment for system modeling, simulation, and teaching. In Computer Aided Control System Design, 2006 IEEE International Conference on Control Applications, 2006 IEEE International Symposium on Intelligent Control, 2006 IEEE, pages 1588–1595. IEEE, 2006.*
- [19.] Gregor Hohpe and Bobby Woolf. *Enterprise integration patterns: Designing, building, and deploying messaging solutions. Addison-Wesley Professional, 2004.*
- [20.] Torsten Blochwitz, M Otter, M Arnold, C Bausch, C Clauß, H Elmqvist, A Junghanns, J Mauss, M Monteiro, T Neidhold, et al. *The functional mockup interface for tool independent exchange of simulation models. In Modelica'2011 Conference, March, pages 20–22, 2011.*
- [21.] Roy Thomas Fielding. *Chapter 5: Representational state transfer (rest). Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, Dissertation, 2000.*

Kontakt:

Tomáš Kulhánek

Oddělení biokybernetiky a počítačové
podpory výuky
ÚPF 1. LF UK, Praha
U nemocnice 5,
128 53 Praha 2

Marek Mateják

Ústav patologické fyziologie 1.LFUK

Jan Šilar

Ústav patologické fyziologie 1.LFUK

Pavol Privitzer

Ústav patologické fyziologie 1.LFUK

Martin Tribula

Ústav patologické fyziologie 1.LFUK

Filip Ježek

FEL ČVUT

Jiří Kofránek

Ústav patologické fyziologie 1.LFUK

DOTAZNÍKOVÝ PRŮZKUM: SPOKOJENOST UŽIVATELŮ S KNIHOVNICKO – INFORMAČNÍMI SLUŽBAMI NÁRODNÍ LÉKAŘSKÉ KNIHOVNY V PRAZE

Eva Lesenková¹, Jaromír Běláček¹, Vladimíra Solová, Helena Bouzková

Anotace

Národní lékařská knihovna (NLK) usiluje o změnu přístupu knihovnicko-informačních pracovníků, tedy samotných knihovníků k uživateli, re-designem svých služeb. Pozornost specializovaných knihovníků se stále více zaměřuje na rozvoj technologických procesů, na snižování uživatelských bariér v přístupu k odborným zdrojům a službám v knihovnách, naproti tomu však průzkumům uživatelského chování příliš velká pozornost věnována není.

Rozsáhlejší analýzy informačního chování uživatelů zdravotnických knihoven byly provedeny v 70-tých letech minulého století.

Záměrem autorů příspěvku je prezentovat přípravu, průběh, vyhodnocení a výsledky pilotního anketního šetření o rozsahu n=192 náhodně vybraných respondentů-uživatelů služeb NLK; z toho 159 odpovědělo na anketní otázky elektronicky a 33 vyplnilo papírovou verzi dotazníku ve výpůjčním protokolu MZ ČR OVI. Hlavním cílem šetření bylo zjistit míru spokojenosti uživatelů NLK v následujících oblastech: nabídka a kvalita poskytovaných knihovnicko-informačních služeb, ochota a vstřícnost knihovníků vůči požadavkům a potřebám uživatelů a spokojenost s technickým a sociálním vybavením knihovny.

Výsledky šetření jsou prezentovány ve formě přehledových grafů s důrazem na statisticky významné diferenciaci ohodnocení služeb NLK ve výše uvedených oblastech podle hlavních třídících faktorů (místa vyplnění dotazníku, frekvence návštěv, hlavních uživatelských skupin, oborů a programů studia, věku a pohlaví respondentů).

Klíčová slova:

Knihovnicko-informační služby, národní lékařská knihovna (NLK), průzkum spokojenosti uživatelů knihovny, ohodnocení služeb

1. Úvod

Národní lékařská knihovna (NLK) se řadí k veřejným specializovaným knihovnám, jejichž posláním je zajišťovat přístup k odborným zdravotnickým informacím. NLK buduje a uchovává specializované fondy a sbírky - českou a výběrově zahraniční produkci pro obor lékařství a zdravotnictví. Služby NLK umožňují širokou veřejnou dostupnost lékařských informací pro všechny zájemce, na rozdíl od fakultních nebo výzkumných pracovišť, která mají pevně

¹ Tito autoři se podíleli na tvorbě příspěvku rovným dílem.

vymezené okruhy uživatelů. NLK pokračuje v tradici poskytování veřejného přístupu k odborným informacím pro lékařské i nelékařské profese a laickou veřejnost již od roku 1929.

Rozsáhlejší analýzy informačního chování uživatelů zdravotnických knihoven byly provedeny v 70-tých letech minulého století. Výzkumy realizované v letech 1973 [1] a 1976 [2] tehdejším Státním ústavem pro zdravotnickou a dokumentační a službu (SÚZDKS) se věnovaly zjišťování uživatelských potřeb, především u lékařských povolání.

Pilotní dotazníkový průzkum „Spokojenost se službami Národní lékařské knihovny“, který se zaměřil na přímé uživatele, proběhl 15. 2. - 15. 3. 2012. Zajímala nás přednostně míra spokojenosti uživatelů NLK s nabídkou a kvalitou knihovnicko-informačních služeb, vstřícností knihovníků vůči jejich požadavkům a technickým a sociálním vybavením knihovny.

2. Materiál a metody

Ve všeobecné části dotazníku byli respondenti dotázáni na zařazení do osmi klasifikačních znaků (pohlaví; věk; provoz, kde byl dotazník vyplňován; uživatelská skupina, obor a program studia, frekvence využívání služeb NLK), následně na ohodnocení knihovnicko-informačních služeb známkami od 1 do 5 podle různých kritérií/oblastí (čtyři baterie ohodnocení provozů knihovny v oblastech: 1/ nabídka služeb, 2/ spokojenost s kvalitou služeb, 3/ ochota knihovníků, 4/ hodnocení prostor a vybavení NLK) a tři otázky otevřené (1/ doporučení změn v provozech, 2/ doporučení pro ovlivnění kvality služeb, 3/ doporučení změn v prostorách NLK).

Vyplňování dotazníků bylo možné v papírové a elektronické podobě. 150 papírových dotazníků bylo rozdáváno knihovníky v osmi provozech NLK a navrátilo se jich 134 (návratnost 89,3%); 33 dotazníků (s upraveným seznamem provozů knihovny) bylo vyplněno rovněž ve výpůjčním protokolu (VP) MZ ČR OVI. Vzhledem k úpravě dotazníku OVI byla tato skupina při finálním statistickém zpracování analyzována samostatně. Online formulář, který byl vytvořený na serveru <http://www.vyplnto.cz> vyplnilo 51 respondentů. Celkově v obou formách odpovědělo 192 respondentů.

Předběžné zpracování výsledků šetření bylo provedeno již v rámci aplikace www.vyplnto.cz (provozovatel DEMA ČR). Potřeba komplexnějšího zpracování ankety pořízené ve dvou verzích (jedna - základní pro uživatele provozů NLK lokalizovaných mimo budovu MZ ČR, druhá - upravená pro VP MZ ČR OVI), a zejména nedostatečné ohodnocení rozdílů v míře spokojenosti ze strany různých skupin uživatelů služeb NLK, si vyžádaly ještě profesionální statistické ošetření (provedeno na oddělení BioStat při ÚBI 1. LF UK Praha). Rozdíly v průměrech známek 1-5 v rámci každého hodnoceného provozu NLK byly na 1. a 2. stupni třídění formálně diskriminovány prostřednictvím One-Way ANOVA (pro opakovaná měření a podle třídících skupin) s eventuálně následnou aplikací Fisherova LSD post hoc-testu.

Odpovědi na tři otevřené otázky (konkrétně návrhy – 1/ na změny v knihovnicko-informačních službách, 2/ na ovlivnění jejich kvality, 3/ na změny

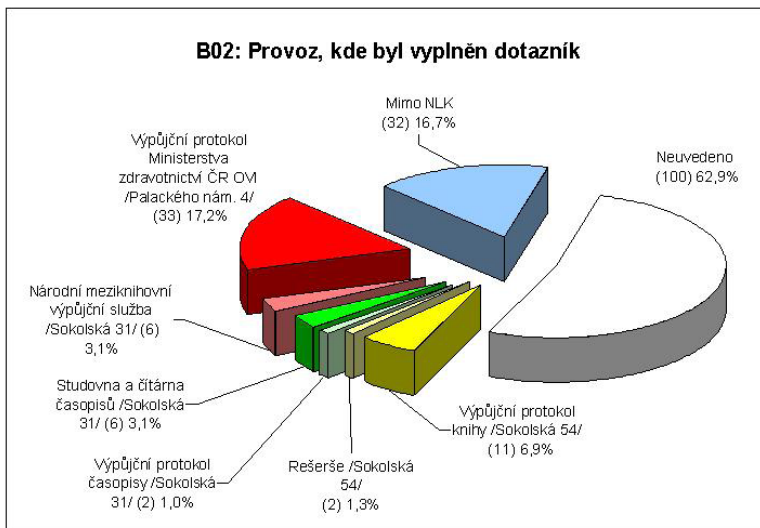
v prostorách NLK) byly nejprve podrobně sepsány a strukturovaně agregovány do skupin, finálně byly odpovědi na otevřené otázky překvalifikovány podle hlavních témat do jediného seznamu a uspořádány podle významnosti akcentované účastníky ankety. Výpočty byly provedeny v programu IBM SPSS (viz.[3]) a s využitím Excelu pro řadu dopočtů a tvorbu finálních grafických prezentací.

3. Výsledky

Výsledky ankety již byly předběžně představeny na seminářích NLK a v rámci aktivit celoživotního vzdělávání knihovníků.

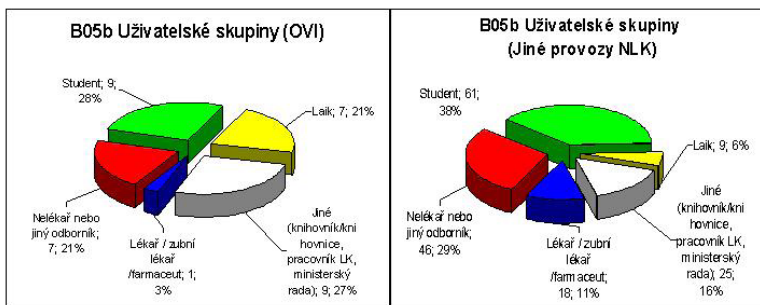
3.1 Struktura účastníků ankety (pilotáž uživatelských skupin)

Ankety se zúčastnilo celkově 148 žen a 44 mužů, z toho 23/10 uživatelů knihovny z OVI (VP MZ ČR) a 125/34 z jiných provozů NLK. 10 respondentů (5,2%) uvedlo věk mladší 21 let, 78 (40,6%) se klasifikovalo ve skupině '22-30 let', 91 (47,4%) ve skupině '31-60 let' a zbývajících 13 (6,8%) starších.



Obrázek 1 — Provoz, kde byl vyplněn dotazník

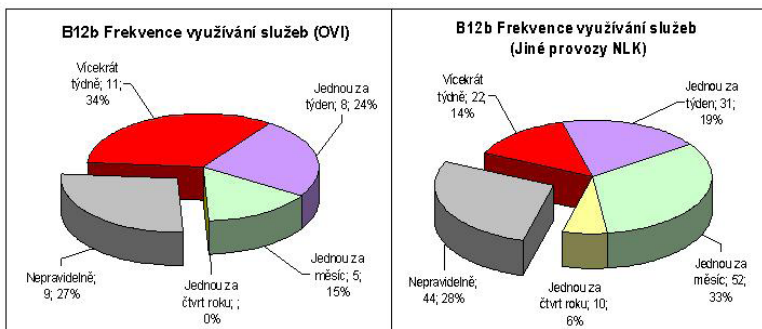
Rozdělení respondentů podle provozu, kde vyplňovali anketu, je uvedeno na Obr. 1. 33 respondentů vyplnilo upravenou verzi dotazníku ve VP OVI MZ ČR. 27 účastníků ankety se rekrutovalo rozptýleně z různých provozů NLK v rámci budov (na adresách Sokolská 31 a Sokolská 54), 32 se identifikovalo mimo NLK (vzdálený přístup). Bohužel největší podíl mezi respondenty (100 osob) tvoří ti, u kterých tuto položku nemáme zaznamenánu. Tato otázka byla do dotazníku zařazena až později, takže v elektronické verzi nebyla požadovaná jako „povinná k vyplnění“.



Obrázek 2a — Uživatelské skupiny (OVI)

Obrázek 2b — Uživatelské skupiny (jiné provozovny NLK)

Zajímavější je pohled na příslušnost respondentů k uživatelským skupinám (viz Obr. 2a-b). Poměry uživatelských skupin NLK a OVI jsou odlišné. V NLK převažují „studenti“ (38%), následují „nelékařské profese“ (29%) a „lékařské profese“ (11%), zatímco v OVI mají znatelně vyšší zastoupení skupiny zařazené do kategorie „jiní“ a „laici“ (27% a 21%). Porovnáváme-li frekvenci využívání služeb (viz Obr. 3a-b), pak se ukazuje, že návštěvy jsou častěji vykazovány v OVI („vícekrát týdně“ 34%), v NLK jsou častější návštěvy „1x měsíčně“ (33%).



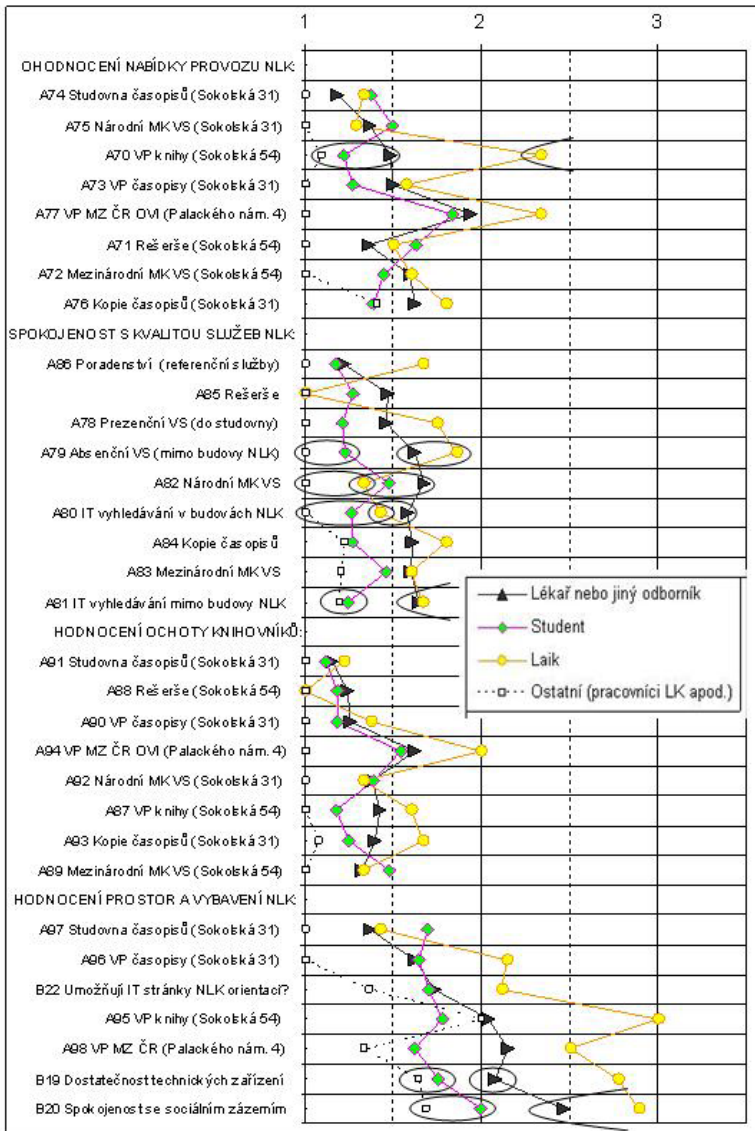
Obrázek 3a — Frekvence využívání služeb (OVI)

Obrázek 3b — Frekvence využívání služeb (jiné provozovny NLK)

3.2 Výsledky ohodnocení provozů NLK podle uživatelských skupin

Ohodnocení provozů NLK v rámci čtyř dotazovaných oblastí jsme si dovolili vyhodnotit prostřednictvím průměrů všech známek obdržených pro každý z provozů tvořících příslušnou baterii (oblast). V rámci každé baterie jsme provoz uspořádali od nejlepšího celkového ohodnocení po nejhorší a výsledky (přesně v tomto uspořádání) prezentovali na souhrnných grafech podle všech klasifikačních kritérií (samostatně pro OVI a pro Jiné provozovny NLK). Příkladem tohoto vyhodnocení jsou grafy na Obr. 4. Hyperboly resp. elipsy symbolizují

průměry ze známek 1-5 uživatelské skupiny statisticky významně se odlišující resp. nerozlišitelné na úrovni jednotlivých provozů NLK (na řádku).



Obrázek 4 — Průměr známek 1 - 3 podle uživatelských skupin (báze: 159 respondentů z „jiných provozů NLK“ tj. mimo OVI)

V hodnocení spokojenosti uživatelů s provozem NLK z hlediska jejich nabídky a také kvality poskytovaných knihovnicko-informačních služeb a vstřícnosti knihovníků **jsou nejlépe hodnoceny výpůjční protokoly a provoz poskytovající prezenční služby** (studovna a čítárna časopisů, výpůjční protokol časopisů a knih). V hodnocení stavební vybavenosti, technického a sociálního vybavení knihovny byly opět nejlépe hodnocena studovna a čítárna časopisů.

V hodnocení podle uživatelských kategorií byli nejkritičtější skupinou lékaři ve specializaci. K prostorám a vybavení jsou nejkritičtější částí návštěvníci.

Naopak nejspokojenější jsou uživatelé, kteří právě nestudují. Nejvyšší počet studujících respondentů jsou ti, kteří právě absolvují bakalářské obory. Průzkum potvrdil, že je stále preferován osobní kontakt s knihovníkem: nejvyšší spokojenost je s poradenskými službami knihovníků (referenční).

Výsledky shrnujeme nyní schematicky jen do několika následujících závěrů:

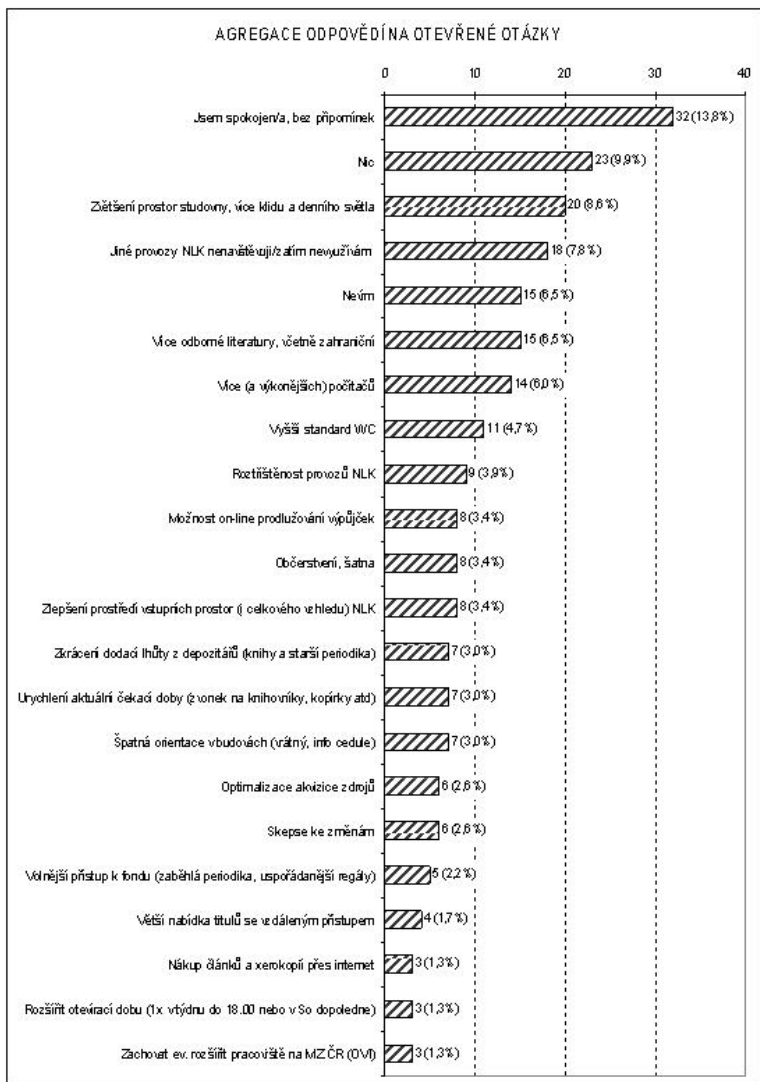
1. ohodnocení v oblastech nabídky knihovnicko-informačních služeb, spokojenosti s jejich kvalitou a ochoty knihovníků vychází o něco lépe u 33 dotazníků vyplněných v OVI nežli u jiných provozů NLK (až na jednu výjimku byly však průměrné známky u všech provozů nad hodnotou 1,5); v oblasti prostor a vybavení NLK tomu však bylo naopak – uživatelé knihovny hodnotili prostory a vybavení průměrnými známkami nejvýše 2,0; nejhůře dopadla studovna časopisů (průměr 3,7) a VP knihy (3,0); přestože právě uvedené extrémní hodnoty nejsou hodnotitelné jako statisticky významné (týkají se vlastně jen 3 respondentů), byly prostory a vybavení NLK ohodnoceny nejnižšími známkami víceméně ve všech provozech, nejhůře dopadla spokojenost se sociálním zařízením;
2. muži byli o něco více nespokojeni s kvalitou poskytovaných služeb, jmenovitě co se týče provozu Národní MK VS a Absenční VS (mimo budovy NLK), ženy o poznání více kritizovaly prostory a sociální vybavenost NLK; z hlediska věku jsme nezaznamenali žádné výraznější rozdíly;

3.3 Návrhy a doporučení vzešlé z odpovědí na otevřené otázky

Respondenti také měli možnost sdělit svá doporučení a náměty a to u hodnocení provozů, služeb a prostor a vybavení knihovny. Na otevřené otázky se vrátilo celkem 236 (slovně vyjádřených) odpovědí, které byly zařazeny do 22 podskupin (v uspořádání podle frekvence odpovědí viz na obr. 5). Z odpovědí na tři otevřené otázky (1/ doporučení změn v provozech, 2/ doporučení pro ovlivnění kvality služeb, 3/ doporučení změn v prostorách NLK) vyplynuly následující nejvýznamnější návrhy a doporučení: zlepšení prostor studoven (8,6%), nedostatek zahraničních odborných zdrojů (6,5%), více kvalitnějších počítačů (6%), vyšší standard WC (4,7%), zřídít obcerstvení a šatna (3,4%).

4. Diskuse a závěry

S kvalitou a nabídkou knihovnicko-informačních služeb a se vstřícností knihovníků v NLK byly v hodnocení spokojenosti uživatelů nejlépe hodnoceny výpůjční protokoly a provoz poskytovající prezenční služby (studovna a čítárna časopisů, výpůjční protokol časopisů a knih). Z hlediska funkčního řešení provozů knihovny byla nejlépe hodnocena studovna a čítárna časopisů v objektu Sokolská 31.



Obrázek 5 — Agregace odpovědí na otevřené otázky: 1/ „Co byste doporučil v provezech knihovnicko-informačních služeb změnit?“, 2/ „Máte nějaké doporučení, která mohou ovlivnit kvalitu knihovnicko-informačních služeb?“, 3/ „Co byste doporučil/a v prostorách NLK změnit?“

Nejkritičtější uživatelskou skupinou ke službám byli „lékaři ve specializaci“, častým návštěvníkům nevyhovují prostory a vybavení knihovny. Naopak nejspokojenější jsou „uživatelé, kteří právě nestudují“.

Průzkum potvrdil, že je stále preferován osobní kontakt s knihovníkem: nejvyšší spokojenost je s poradenskými službami knihovníků (referenční). Frekvence návštěv je častěji vykazována v OVI (vícekrát týdně), v NLK jsou nejčastější návštěvy „1x za měsíc“.

Na základě doporučení a námětů, a to u hodnocení provozů, služeb a prostor a vybavení knihovny přistoupila NLK k vypracování, podání a realizaci investiční akce SMVS23V022000901 NLK Praha – vybavení interiéru informačního centra. Info centrum v rekonstruovaných prostorách v Sokolské 54 bude otevřeno v dubnu 2013.

Interpretací získaných údajů z pilotního anketního šetření bylo možné formulovat doporučení pro zlepšení služeb, a také pomoci zlepšit metodiku zejména v oblasti formulace otázek a v distribuci dotazníků) při přípravě a realizaci dalšího průzkumu plánovaného na jaro 2014.

Literatura

- [1.] HORÁKOVÁ, Květa a K. MUNZAROVÁ. *Výsledky dotazníkového průzkumu pracovišť VTI organizací řízených MZ ČSR v roce 1973. Praha: SÚZDKS, [1973].*
- [2.] HELBICH, Jan, Naďa BERÁNKOVÁ a J. KOROUSOVÁ. *Útvary vědeckých informací a odborně knihovny v resortu ministerstva zdravotnictví ČSR v roce 1975. Praha: SÚZDKS, 1976.*
- [3.] SPSS (2007): *17.0 Command Syntax Reference, Chicago, IL 60606-6412*

Kontakt

PhDr. Eva Lesenková, Ph.D.

Národní lékařská knihovna
Sokolská 54, 121 32 Praha 2
tel. 296 335 932

e-mail: lesenkov@nlk.cz

<http://www.nlk.cz>

RNDr. Jaromír Běláček, CSc.

Oddělení BioStat při ÚBI 1. LF UK a VFN Praha
Salmovská 1
120 00 Praha 2

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

Bc. Vladimíra Solová

Národní lékařská knihovna
Sokolská 54, 121 32 Praha 2
tel. 296 335 932

e-mail: solova@nlk.cz

<http://www.nlk.cz>

PhDr. Helena Bouzková

Národní lékařská knihovna
Sokolská 54, 121 32 Praha 2
tel. 296 335 943

e-mail: bouzkova@nlk.cz

<http://www.nlk.cz>

DATABÁZE BIBLIOGRAPHIA MEDICA ČECHOSLOVACA JAKO ZDROJ INFORMACÍ O PUBLIKAČNÍCH VÝSTUPECH VĚDY A VÝZKUMU VE ZDRAVOTNICTVÍ

**Lenka Maixnerová, Filip Kříž, Helena Bouzková, Eva Lesenková,
Ondřej Horský, Adéla Jarolímková, Michal Závíška**

Abstrakt

Databáze Bibliographia medica Českoslovacca (BMČ) je národní bibliografie dokumentů z biomedicínských oborů. Producentem databáze je Národní lékařská knihovna (NLK). Bibliografie je vytvářena od roku 1947, v elektronické podobě je cca 750.000 záznamů, u cca 45.000 záznamů je připojen plný text přes Digitální knihovnu NLK a u cca 55.000 záznamů existuje odkaz na plnou verzi na stránky časopisu. Databáze je volně přístupná přes internet prostřednictvím portálu Medvik. Obsahem BMČ jsou záznamy monografií, časopisů, článků, kapitol, abstraktů, šedé literatury a dalších dokumentů týkajících se oboru biomedicína, které byly publikovány na území ČR (do roku 2000 též práce vydané na Slovensku), plus práce českých autorů, které byly publikovány v zahraničí (zahraniční bohemika). Zpracování a zpřístupnění BMČ prošlo v posledních letech řadou změn, které přinesly mj. vyšší kvalitu dat, aktuálnost a přehlednost tohoto cenného zdroje. Při řešení projektu „Archivace a online zpřístupnění plných textů vědeckých publikací pro podporu rozvoje vědy a vzdělávání lékařských a nelékařských oborů“ IGA MZ ČR byla v roce 2012 provedena analýza publikačních výstupů z projektů IGA MZ ČR. V analýze bylo prověřeno 390 grantových zpráv IGA a bylo zjištěno, že v databázi BMČ z tohoto vzorku není zachyceno 49% publikačních výstupů. Následně byla zavedena nová metodika výběru a zařazování publikovaných výsledků vědy a výzkumu do databáze BMČ. Výsledky analýzy byly také použity pro zlepšení akvizice informačních zdrojů NLK.

Klíčová slova:

národní bibliografie, lékařská bibliografie, registrující bibliografie, databáze bibliografické

1. Úvod

Databáze Bibliographia medica Českoslovacca (BMČ) je národní bibliografie dokumentů z biomedicínských oborů, která je vytvářena v Národní lékařské knihovně (NLK). Databáze obsahuje bibliografické záznamy seriálů, monografií, šedé literatury, článků, kapitol z knih, vydaných na území ČR (do roku 2000 včetně Slovenska) a práce českých autorů vydaných v zahraničí. Dokumenty mohou být v tištěné nebo elektronické podobě.

Bibliografie BMČ je vytvářena již od roku 1947. V databázové podobě je cca 750.000 záznamů. U článků se jedná o ročníky 1953-1956, 58, 61-64, 67 až do současnosti, ostatní ročníky jsou pouze v knižní podobě. NLK postupně pracuje na jejich převodu do elektronické podoby. Roční přírůstek nových záznamů se pohybuje okolo 25.000.

Věcné hledisko v záznamech BMČ bylo do roku 1977 vyjádřeno znaky Mezinárodního desetinného třídění (MDT), které se však ukázalo jako nevyhovující. Pro koncové uživatele je systém MDT velmi komplikovaný, navíc pro obor lékařství nedostačující. Proto se od roku 1977 současně se zahájením českého překladu amerického tezauru Medical Subject Headings (MeSH), začal používat pro věcné zpracování BMČ tento tezaurus, zpočátku ve zkrácené verzi, v plné verzi od roku 1994.

BMČ byla vydávána v tištěné podobě, od roku 1978 též v elektronické podobě na disketách. Online zpřístupnění pro koncové uživatele je dostupné od roku 1999, nejdříve v systému Aleph, nyní v portálu Medvik na adrese <http://www.medvik.cz/bmc>. Od roku 1996 vychází též na CD/DVD BiblioMedica ve spolupráci s firmou AiP Beroun, které nahradilo elektronickou verzi na disketách. Se stoupajícím využíváním BMČ v elektronické podobě bylo vydávání tištěné verze v roce 2000 ukončeno.

2. Excerpční základna BMČ

BMČ byla koncipována jako národní registrující bibliografie z biomedicínských oborů. V roce 2000 začíná vycházet slovenská lékařská bibliografie Bibliographia medica Slovaca, proto přestávají být do BMČ excerpovány slovenské tituly. BMČ nepokrývá veterinární lékařství. Při automatizovaném zpracování došlo z praktických důvodů v roce 2010 k oddělení analytického zpracování (články) od monografického a seriálového do dvou databází. V současné době databáze BMČ-články obsahuje pouze záznamy z analytického zpracování – články, abstrakta, kapitoly, recenze apod. včetně zahraničních bohemik. Ostatní typy dokumentů (seriály, monografie, výzkumné zprávy, elektronické dokumenty, periodika, videa apod.) jsou uloženy a zpracovávány v monografické databázi. Do BMČ jsou zařazovány publikace, které se podaří získat (koupě, dary, výměna) do fondů NLK, v případě elektronických publikací pouze ty dokumenty, které lze archivovat v Digitální knihovně NLK za dodržení autorskoprávních ujednání. Výjimkou jsou záznamy zahraničních bohemik, která se do BMČ stahují přes PubMed nebo OVID Medline. V rámci analytického popisu se zpracovávají pouze odborné práce.

Analyticky zpracovávané dokumenty se dělí do 7 kategorií:

1. impaktovaná a recenzovaná neimpaktovaná periodika (dle Seznamu recenzovaných neimpaktovaných časopisů vydávaných v České republice, seznam není od roku 2010 aktualizován) – celkem 103 titulů
2. nerecenzovaná odborná periodika – celkem 70 titulů
3. periodika z nebiomedicínských oborů – zpracovávají se pouze články, hodící se tématem
4. sborníky, a to včetně sborníků abstrakt
5. kolektivní monografie (nově od roku 2012)
6. zahraniční bohemika – výběr pouze z databáze Medline
7. články českých autorů v slovenských titulech, které nejsou v Medline

BMČ patří mezi nejobsáhlejší a nejpropracovanější bibliografické databáze budované v České republice. V oboru biomedicína se řadí mezi nejuznávanější světové databáze Medline a EMBASE. Pro srovnání jsme provedli průzkum, které tituly zpracovávají do BMČ jsou též excerpovány v Medline a EMBASE.

Databáze	Počet českých titulů
BMČ	173
EMBASE	45
Medline	22

18 titulů je zároveň v databázi Medline i EMBASE. Z výsledku vyplývá, že Medline uplatňuje mnohem přísnější pravidla pro zařazení titulu do databáze a tituly pravidelně sleduje. Do současné doby bylo v Medline excerpováno 94 českých titulů. Některé přestaly vycházet, řada z nich však stále vychází. U některých titulů, jako je např. Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie, je zajímavé, že není excerpován v Medline (v EMBASE ano) a přitom se jedná o jeden z mála českých biomedicínských titulů, který je podchycen ve Web of Science a má Impact Factor 0.279. Analýza prokázala význam budování národní databáze BMČ, protože většina českých titulů by nebyla podchycena v žádné jiné databázi.

3. Proces zpracování

Bibliografické záznamy BMČ jsou od roku 2006 vytvářeny v systému Dawinci/Medvik ve formátu Marc 21. V záznamech se uvádí tyto údaje: název článku, název článku v dalším jazyce, jména všech autorů (počet je neomezen) včetně pracovišť, abstrakt, deskriptory MeSH, klíčová slova, URL adresa plného textu, název zdrojového dokumentu, rok vydání, ročník, číslo, strany, jazyk dokumentu, země vydání. Do BMČ se excerpují i sborníky abstrakt, abstrakta se však neindexují deskriptory MeSH. U českých a slovenských autorů je snaha o propojení s personální autoritou. Indexace (vyjádření věcného tématu pomocí deskriptoru MeSH) probíhá podle metodiky Medline, u většiny článků se připojují deskriptory (dříve označované jako check tagy): lidé, zvířata, dospělí, děti, mladiství, staří, ženské pohlaví, mužské pohlaví, těhotenství apod. Záznamy komentářů a recenzí jsou vzájemně propojovány.

Postup zpracování BMČ

1. Zápis ve formátu MARC 21 je realizován 5 způsoby:
 - **Ruční přepis** – zejména sborníky a kolektivní monografie
 - **Kopírování z elektronických obsahů nebo plných textů** – většina periodik
 - **Převzetí strukturovaných dat od nakladatele nebo správce elektronických verzí** – ČLS JEP/Meditorial, Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca

Záznam dokumentu	Zdroj: bibliomedica
Název	Erektilní dysfunkce a doplňky stravy / Radim Uzel
Autor	Uzel, Radim , 1940- <i>Ústav sociální práce Univerzity, Hradec Králové</i>
Zdroj	Urologie pro praxi . 2012, roč. 13, č. 3, s. 119-120. ISSN: 1213-1768; 1803-5299 (elektronická verze).
Datum vydání	2012
Jazyk	čeština
Země	Česko
Typ dokumentu	články
Odkaz	http://www.urologiepropraxi.cz/archiv.php
Signatura	NLK: B 2229 ; neváz. 896
Číslo záznamu	bmc12017694
Persistentní link	http://www.medvik.cz/link/bmc12017694
MESH deskriptor	arginin (terapeutické užití) lidé erektilní dysfunkce (farmakoterapie) mužské pohlaví fytoosteroly (škodlivé účinky, terapeutické užití) yohimbin (terapeutické užití) potravni doplňky (využití) Aspidosperma (chemie) fosfodiesterasa 5 - inhibitory (škodlivé účinky, terapeutické užití, kontraindikace)
Publikační typ	přehledy
Klíčová slova	fytoosteroidy
Souběžný název	Erectile dysfunction and food supplements
Komentář	Komentář k článku dr. Uzla "Erektilní dysfunkce a doplňky stravy". Urol. praxi, 2012; 13(3): 119-120 / Jaroslav Zvěřina

Obrázek 1 — Ukázka zobrazení článku s propojením na komentář v portálu Medvik

- **Stahování bibliografických záznamů zahraničních bohemik z PubMed přes NCBI**
 - **Stahování bibliografických záznamů zahraničních bohemik přes protokol Z39.50 –přes OVID z Medline – pouze u záznamů, které se nestáhly přes NCBI**
2. Propojení autorských údajů (českých a slovenských) na autoritní záznam, případně vytvoření návrhu autoritního záznamu
 3. Navázání na zdrojový dokument (seriál, sborník, monografie), pokud záznam neexistuje je vytvořen do monografické databáze, vzájemné propojení mezi záznamy u komentářů a recenzí

4. Přiřazení deskriptorů MeSH včetně tzv. MeSH tagů a publikačních typů, pokud je to vhodné – časově nejnáročnější činnost
5. Korektury, formálně logické kontroly

Při zpracování BMČ je kladen důraz na identifikaci všech českých a slovenských autorů, aby následně mohla být využívána možnost zobrazení publikační činnosti konkrétního autora. Identifikace se neprovádí pouze u abstrakt, kde se po 2-letém provozu ukázala tato identifikace jako nerealizovatelná - pro správnou identifikaci je nutné mít v člancích uvedeny tyto údaje: křestní jméno autora (některá periodika uvádějí pouze iniciálu a poznat podle iniciály konkrétního autora je často nemožné nebo hrozí špatné přiřazení), pracoviště autora, získané akademické tituly (pomůcka pro rozlišení autorů stejného jména na stejném pracovišti).

4. BMČ a plné texty

V poslední době uživatelé jednoznačně upřednostňují záznamy dokumentů, u kterých je možnost přímého zobrazení plného textu. V BMČ je od roku 2006 součástí záznamu i URL adresa plného textu, pokud je k dispozici. Bohužel často se stává, že po určité době jsou tyto odkazy nefunkční (změna url adresy, změna serveru apod.). Řešením se ukázala být spolupráce s nakladateli, kterým byla nabídnuta možnost archivace a zpřístupnění elektronických verzí periodik v Digitální knihovně NLK. Dosud byly uzavřeny smlouvy s 30 nakladateli na cca 70 titulů odborných periodik. Další možností propojení záznamů na plné texty je digitalizace tištěných verzí, dle autorského zákona však mohou být tyto elektronické verze přístupné uživatelům pouze v rámci počítačové sítě příslušné knihovny, volně přístupné přes internet mohou být práce, kde uplynulo 70 let od smrti autora/ů, případně 100 let od vydání u periodik (doporučované nastavení v českých knihovnách - není ošetřeno platnou legislativou).

Počet záznamů BMČ	Články	Monografie
s odkazem na plný text	55.000	32
s plným textem v Digitální knihovně NLK	45.000	1.083

Propojením na zdrojový dokument získá uživatel v portálu Medvik snadno informaci, zda existuje přístup k plnému textu. U zahraničních bohemik je toto umožněno díky propojení databáze BMČ se službou SerialsSolutions.

5. Nástroje

Při řešení projektu IGA MZ ČR „Archivace a online zpřístupnění plných textů vědeckých publikací pro podporu rozvoje vědy a vzdělávání lékařských a nelékařských oborů“ byly vytvořeny nástroje pro kvalitnější a rychlejší pořizování dat do BMČ – Medvik API a konvertor PubMed-BMČ. MEDVIK API je softwarový nástroj umožňující výměnu bibliografických metadat a PDF

Záznam dokumentu	Zdroj: bibliomedica
Název	6-thioguanine therapy in inflammatory bowel disease / Petra Chalupná, Milan Lukáš, Renata Šroubková, Martin Bortlík, Jan Stříteský, Michal Kumšta, Ivan Šebesta
Autor	Chalupná, Petra Lukáš, Milan 1959- Šroubková, Renata Bortlík, Martin Stříteský, Jan Kumšta, Michal Šebesta, Ivan , 1959-
Afiliace	Gastroenterologické centrum, 4. interní klinika VFN a 1. LF UK
Zdroj	Folia gastroenterologica et hepatologica . 2004, roč. 2, č. 3, s. 112-120. ISSN: 1214-4088.
Datum vydání	2004
Jazyk	čeština, angličtina
Země	Česko
Typ dokumentu	články
Číslo IGA	NK7276 (M20)
Odkaz	plný text
Signatura	NLK: B 2330 ; neváz. 280
Číslo záznamu	bmc07523642
Persistentní link	http://www.medvik.cz/link/bmc07523642

Schránka
[schránka: přidat](#)

Další akce

Digitální knihovna
[plný text](#)
[plný text](#)

zdroj
zdroj
rok
ročník
číslo

Online přístup
[EZB - Electronic Journals Library](#)
od 2003 do 2009

Zobrazení záznamu
[Standardní](#)
[MARC](#)

Obrázek 2 — Záznam BMČ s odkazem na plný text do Digitální knihovny NLK

Záznam dokumentu	Zdroj: bibliomedica
Název	Disease-specific reference equations for lung function in patients with cystic fibrosis / Kulich M, Rosenfeld M, Campbell J, Kronmal R, Gibson RL, Goss CH, Ramsey B
Autor	Kulich, Miroslav , 1972- Rosenfeld, M. Campbell, J. Kronmal, R. Gibson, R. L. Goss, C. H. Ramsey, B.
Afiliace	Department of Probability and Mathematical Statistics, Charles University, Prague, Czech Republic. kulich@karlin.mff.cuni.cz
Zdroj	American journal of respiratory and critical care medicine . 2005, roč. 172, č. 7, s. 885-891. ISSN: 1073-449X; 1535-4970 (elektronická verze).
Datum vydání	2005
Jazyk	angličtina
Země	Spojené státy americké
Typ dokumentu	články
Číslo záznamu	bmc07506663
Persistentní link	http://www.medvik.cz/link/bmc07506663

Schránka
[schránka: přidat](#)

Další akce
[kopie](#)

Online přístup
[Free Medical Journals](#)
od 1997 do Před 1 rokem
[Freely Accessible Science Journals](#)
od 1997 do Před 1 rokem
[Health & Medical Complete \(ProQuest\)](#)
od 2003-01-02
[HighWire Press \(Free Journals\)](#)
od 1997-01-06 do Před 1 rokem
[EZB - Electronic Journals Library](#)
od 1997

Zobrazení záznamu
[Standardní](#)
[MARC](#)

Obrázek 3 — Záznam zahraničního bohemika s přístupem do plného textu

souborů. Používá se pro získávání XML záznamů článků a plných textů z portálu proLékaře.cz (MeDitorial), který zpřístupňuje časopisy České lékařské společnosti J.E. Purkyně. Následně je možné prostřednictvím API z databáze BMČ stahovat doplněné a zaindexované (s deskriptory MeSH) XML záznamy. Medvik API je zatím otevřeno pouze pro spolupráci s Meditorial, plánujeme však jeho zveřejnění a otevření dalším systémům. PubMed-BMČ je offline nástroj pro konverzi záznamů prací českých autorů v zahraničních časopisech z báze PubMed do báze BMČ. Záznamy jsou vybírány dle pracoviště autorů přes portál NCBI (National Center for Biotechnology Information), kde má NLK pro tyto účely nastaven uživatelský účet. V pravidelných čtvrtletních výstupech jsou generovány výstupy ve formátu PubMed XML, které jsou následně konvertovány do formátu BMČ. V rámci konverze probíhá též převod anglických deskriptorů MeSH na jejich české ekvivalenty. U titulu *Medicina sportiva Bohemica et Slovaca*, kdy jsou NLK data předávána ve strukturované XML podobě, byl vytvořen konverzní nástroj na převedení do BMČ formátu.

6. Uživatelské rozhraní

NLK se dlouhodobě zabývá vývojem uživatelského rozhraní BMČ přes portál Medvik. Portál Medvik je vlastní řešení NLK, umožňující jednoduché plnotextové i pokročilé vyhledávání, fasetovou navigaci, vizualizaci výsledků hledání pomocí oblaků hesel MeSH (tzv. tag clouds). U jednotlivých záznamů je uváděna kontextová nabídka služeb, které je možno pro konkrétní dokument poskytnout: žádost o kopii, přístup do plného textu, výpůjčka, rezervace.

7. Publikační výstupy vědy a výzkumu ve zdravotnictví

V rámci projektu „Archivace a online zpřístupnění plných textů vědeckých publikací pro podporu rozvoje vědy a vzdělávání lékařských a nelékařských oborů“ proběhla též analýza publikačních výstupů z projektů IGA MZ ČR. Hypotézou bylo, že cca 90% publikačních výstupů bude nalezeno v databázi BMČ. Analyzováno bylo 390 grantových zpráv z období 1996-2011. Celkem v nich bylo obsaženo 3834 publikačních výstupů, z nichž 1614 bylo nalezeno v BMČ, tj. pouhých 42%. Do databáze BMČ následně doplněno 339 publikačních výstupů: 54% zahraničních bohemik nalezených v PubMed, 18% abstrakt v domácích suplementech a sbornících, 6% článků, 4% článků ve sbornících, 3% kapitol v monografiích. Doplněny byly publikační výstupy, kde se podařilo ověřit zdroj, a to buď z PubMed u zahraničních titulů nebo u publikací z fondu NLK. V PubMed/Medline se uvádí pouze afiliace prvního autora, proto není jednoduché tyto záznamy identifikovat jako zahraniční bohemika. Záznamy z PubMed/Medline byly do roku 2012 přebírány přes protokol Z39.50 prostřednictvím OVIDu. Pro snadnější, rychlejší a úplnější zpracování byl vytvořen nový nástroj PubMed-BMČ. 1881 publikačních výstupů nebylo v BMČ nalezeno ani zařazeno. Jedná se zejména o abstrakta v zahraničních titulech a sbornících (nejsou součástí PubMed/Medline), práce v slovenských titulech a sbornících, práce, u nichž se nepodařilo ověřit zdroj, nepublikované příspěvky, postery apod. Po doplnění 339 publikačních výstupů

do BMČ vychází, že 51% publikačních výstupů grantových zpráv je přítomno v BMČ. Původní hypotéza tedy nebyla potvrzena.

Propojení publikačních výstupů se závěrečnou grantovou zprávou je v portálu Medvik umožněno přes identifikační číslo grantového projektu. Identifikační číslo se skládá z prefixu a čísel, bez mezer a pomlček (např. NF5876), správnost čísla je ověřována přes Centrální evidenci projektů (CEP). V NLK byla testována možnost zápisu identifikátoru grantového projektu již při zápisu článku (publikačního výstupu). Rozmanitost zápisu identifikačních čísel v periodících bohužel brání tomu, aby číslo bylo zapsáno správně. Do záznamů BMČ je z tohoto důvodu identifikátor grantových projektů zapisován až zpětně po získání závěrečné grantové zprávy do NLK.

8. Závěry

Z analýzy vyplynulo, že velká část publikačních výstupů (49%) grantových projektů je obtížně dosažitelná, tudíž je potřebné převedení tištěných závěrečných grantových zpráv IGA MZ ČR do elektronické podoby, aby byla zajištěna jejich ochrana a efektivní využití. Do analytického zpracování BMČ bylo na základě uvedené analýzy zařazeno i zpracování kapitol z kolektivních monografií. Pro zařazení do BMČ musí monografie splňovat tyto podmínky: přehledná struktura kapitol, uvedení autorů a afiliací u jednotlivých kapitol, literatura jako součást kapitol, smysluplné názvy kapitol. Do zpracování byly zařazeny též slovenské tituly, které nejsou excerpovány v Medline, s tím, že se provádí pouze výběr prací českých autorů. Spolupráce s firmou Meditorial a MUDr. K. Slabým (Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca) představuje směr, kterým se chceme při vytváření BMČ ubírat, tj. větší míra spolupráce s nakladateli při vytváření záznamů včetně získávání plných textů pro archivaci v digitální knihovně NLK s možností jejich zveřejnění přes portál Medvik. Do BMČ jsou nyní zařazovány pouze práce získané do fondu NLK, do budoucna chceme zařadit i práce z fondů lékařských fakult, výzkumných institucí apod. BMČ patří ke kvalitním národním bibliografiím, je však potřeba se nadále zabývat jejím rozvojem a podchycovat nové trendy, aby i nadále BMČ představovala moderní zdroj informací o publikačních výstupech vědy a výzkumu ve zdravotnictví.

Článek byl podpořen grantem IGA MZ ČR NT12345.

Literatura:

- [1.] MAIXNEROVÁ, Lenka. *Bibliographia medica Českoslovacica - historie, současnost a budoucnost*. In: *Lékařská knihovna*, 2011, roč. 16, č. 1-2. ISSN: 1211-3255.
- [2.] KŘÍŽ, Filip — HORSÁK, Ondřej — MAIXNEROVÁ, Lenka, et al. *Integrované vyhledávání v informačních zdrojích Národní lékařské knihovny - Výzva 21. století*. In: *Informum* 2011. 2011. [cit. 2013-02-27]. Dostupný na: <<http://www.inforum.cz/pdf/2011/kriz-filip.pdf>>
- [3.] MAIXNEROVÁ, Lenka — KŘÍŽ, Filip — BOUZKOVÁ, Helena, et al. *Digitální knihovna Národní lékařské knihovny - archivace a online zpřístupnění plných textů vědeckých publikací ve zdravotnictví*. In: *MEDSOFT 2012: sborník příspěvků*. Praha: Dům techniky ČSVTS, 2012. S. 198-204. ISSN: 1803-8115.

- [4.] SCHIFFMANN, G.N. *National medical bibliographies*. In: *Bull Med Libr Assoc.*, 1961,49, s. 411-422.
- [5.] MAIXNEROVÁ, Lenka — KRÍŽ, Filip — HORSÁK, Ondřej. *Zpřístupnění a archivace plných textů českých lékařských a zdravotnických časopisů*. In: *Knihovny současnosti*. Brno: Sdružení knihoven ČR, [1993]-. 2010, roč. 18, s. 102-107.
- [6.] *Fact Sheet Medline journal selection*. Last updated: 03 August 2012 [cit. 2013-02-27]. Dostupný na: <<http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/jssel.html>>
- [7.] *FAQ: Journal selection for MEDLINE indexing at NLM*. Last updated: 31 January 2013. [cit. 2013-02-27]. Dostupný na: <http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/j_sel_faq.html>

Kontakt:

Mgr. Lenka Maixnerová

Národní lékařská knihovna

Sokolská 54, 121 32 Praha 2

tel: 296 335 925

e-mail: maixnerova@nlk.cz

<http://www.nlk.cz>

Mgr. Filip Kříž

PhDr. Helena Bouzková

PhDr. Eva Lesenková, Ph.D.

Mgr. Ondřej Horsák

Mgr. Adéla Jarolímková, Ph.D.

Bc. Michal Závíška

SIMULOVANIE KETOACIDÓZY

Marek Mateják

Anotácia

Rozšírením našej implementácie fyziologického modelu človeka „HumMod Golem Edition“ začína byť možné napríklad podrobne skúmať vplyv zvýšenej produkcie ketokyselín na výmenu krvných plynov i na koncentrácie jednotlivých elektrolytov počas simulačnej doby niekoľkých mesiacov. Ukázalo sa, že prebytok bází (base excess) je pre komplexné kvantitatívne modely lepšie udržiavať ako závislú premennú od totálnych koncentrácií jednotlivých elektrolytov a acidobazických pufrov. Práve totálne množstvá elektrolytov a pufrov sú skutočnými stavovými premennými, ktoré plne podliehajú zákonom zachovania hmoty. Tento nový pohľad na počítanie acidobázy vyriešil dlhodobú stabilitu modelu, ktorá sa v predchádzajúcich verziách po niekoľkých simulačných týždňoch pri poruchách acidobázy rozchádzala.

Kľúčové slová:

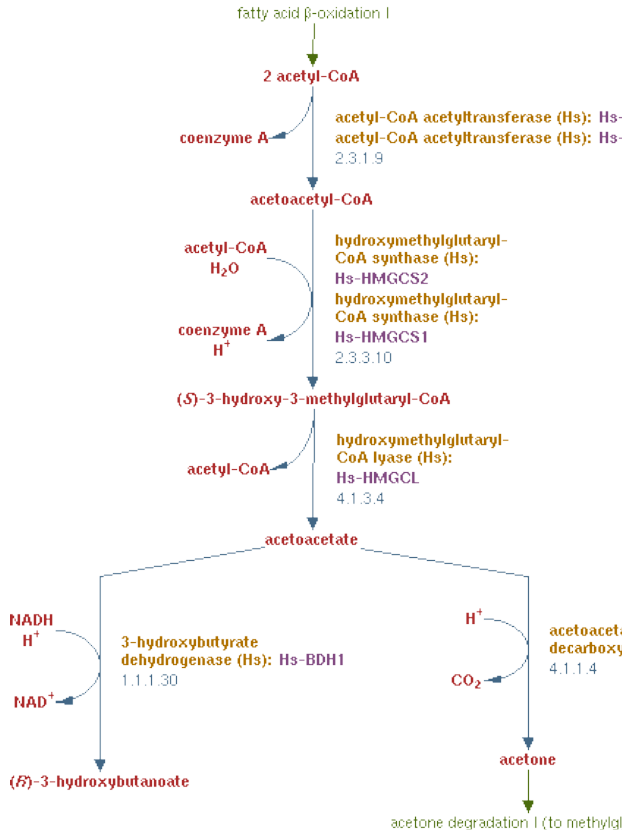
HumMod Golem Edition, metabolická acidóza, acidobáza, kvantitatívny matematický model fyziológie človeka

Úvod

Ketoacidóza sa radí medzi metabolické acidózy, ktorých hlavným znakom je zvýšená hladina kyselín v krvi. To má za následok zvýšený počet voľných vodíkových iónov (protónov). Tie majú väčšiu tendenciu obsadzovať miesta na molekulách acidobazických pufrov. V prípade prchavého CO₂ v podobe bikarbonátu to znamená zníženie jeho koncentrácie pri prechode krví alveolami pľúc. Zjednodušene možno povedať, že parciálny tlak sa pre CO₂ nastavuje v pľúcach okolo 20-40mmHg (podľa intenzity dýchania, ktorá často vrcholí s pCO₂=20mmHg spôsobeným rýchlymi a hlbokými nádychmi) a množstvo bikarbonátu sa upraví tak aby splňovalo Henderson-Hasselbalchovu rovnicu (Hasselbalch, 1917). Avšak pri proteínoch a iných funkčných molekulách môže zmena kyslosti znamenať zmenu ich vlastností, čo v extrémnych prípadoch môže viesť až k smrti. Preto sa telo snaží udržať záporný dekadický logaritmus protónovej aktivity (pH) vo veľmi úzkom rozmedzí pH<7.4 najmä pomocou selektívnych aktívnych membránových kanálikov v ľadvinách. Túto funkčnosť je možné rozdeliť na vyhadzovanie voľných vodíkových iónov (H⁺) a na vyhadzovanie amónnych iónov (NH₄⁺) do moču. Deje sú počas metabolickej acidózy natoľko intenzívne, že majú za následok zmenu koncentrácií ostatných elektrolytov (Na⁺,K⁺,Cl⁻) v tele. To spolu s ďalšími faktormi ako je zvýšená hladina glukózy pri cukrovke veľmi komplikuje postup terapie, pretože môžu nastať závažné problémy s osmolaritou, ktoré môžu vrcholíť edémom mozgu.

Ketolátky(KA) v tele vznikajú najmä z mastných kyselín, etanolu alebo octu. Dôvodom je inhibovanie pyruvátdehydrogenázy pri produkcii KA, takže na výrobu acetyl-koenzýmuA (Ac-CoA) sa v hepatocite prestane využívať

glukóza. Zároveň sú inhibované metabolické cesty tvorby mastných kyselín z Ac-CoA. Priamo z Ac-CoA tak vzniká acetyloctát (AcAc) a z neho 3-hydroxymalsát (b-HB). Z chemického hľadiska sa však b-HB nie je keto-kyselinou, ale hydroxy-kyselinou, z historických dôvodov sú však obe označované vo fyziológii ketoacidózy za ketokyseliny (KA). Okrem regulácie špecifických enzýmov týchto reakcií (D. H. WILLIAMSON, 1968) sa počas hladovania alebo cukrovky určuje rýchlosť produkcie KA hlavne rýchlosť aerobného-metabolizmu hepatocytu (konzumpcia O₂), pretože premena AcAc⁻ na b-HB⁻ vyžaduje energiu vo forme NADH.



Obrázek 1 — Syntéza ketolátok v hepatocyte.

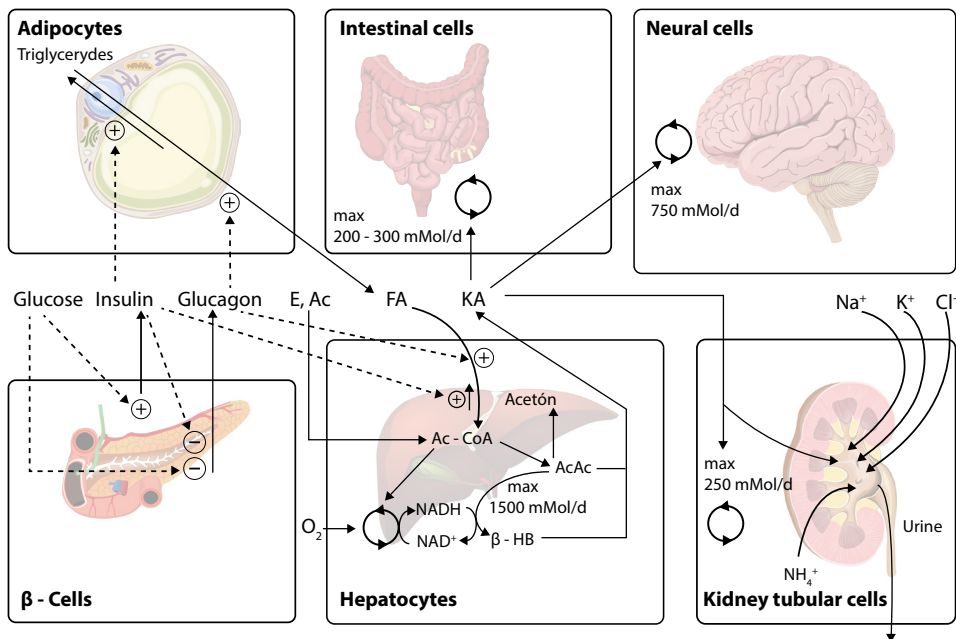
Telesné KA zanikajú buď priamo v metabolizme, prirodzeným rozpadom, exkréciou v ľadvinách prípadne pľúcami v podobe plynného acetónu.

Pri ketoacidóze sú takmer všetky vylučované organické kyseliny ketolátkami (D. G. SAPIR, 1972).

Kyselina Acetyloctová (AcAc)	pK_a	3.6
	Molar mass	102.09 g/mol
Kyselina b-hydroxymáselná (b-HB-)	pKa	4.7
	Molar mass	104.1 g/mol

Tabuľka 1 — Kyseliny spôsobujúce ketoacidózu (KA)

Podľa (Robert L. Hester, 2011) je za normálneho stavu v krvi približne 0,5 mg/dl ketolátok, čo pri priemernej molekulárnej hmotnosti 103 g/mol je asi 0,05 mmol/l. Diabetická ketoacidóza (DKA) je definovaná sérovou koncentráciou ketolátok väčšou ako 5 mEq/L (Diabetic Ketoacidosis). V silnej ketoacidóze však môže hladina stúpnuť až na 15-25 mmol/l.



Obrázek 2 — Distribučné schéma ketokyselín (KA)

1. Distribučný model ketokyselín

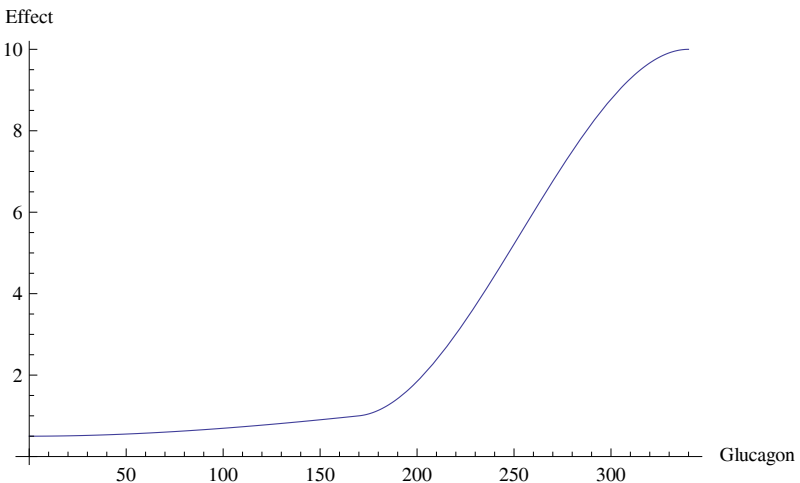
Produkcija extracelulárnych ketolátok (KA) v pečeneých hepatocytoch je určená rýchlosťou produkcie Acetyl-KoenýmuA (Ac-CoA), ktorý vzniká v prípade ketoacidóz výhradne z mastných kyselín (FA), etanolu (E) alebo octu (Ac). Táto produkcia je okrem koncentrácií daných substrátov v krvi regulovaná i glukagónom, ktorý urýchľuje beta-oxidáciu FA. Efekt urýchlenia z (Robert

L. Hester, 2011) odpovedá vzťahu z [Obr. 3], kde na vertikálnej ose je násobok normálnej rýchlosti beta-oxidácie a na osi horizontálnej je koncentrácia glukagónu v ng/L. Limitným faktorom pre produkciu b-HB z AcAc je rýchlosť aerobného metabolizmu v hepatocyte, čo priamo odzrkadľuje spotreba kyslíku (O_2) v pečeni.

Spotreba kyslíku v mozgu, vo vybraných intestinálnych bunkách a v tubulárnych bunkách ľadvín určuje limitnú rýchlosť metabolizmu KA v príslušných orgánoch. Aerobný metabolizmus je na [Obr. 2] naznačený otáčajúcim sa Kresbovým cyklom.

Ketolátky sa hromadia v mimobunkovej tekutine (ECF) v podobe AcAc-, b-HB a acetónu. V dychu čuchom detekovateľný acetón je vedľajší produkt, ktorý vzniká v hepatocytoch ak sa všetok AcAc nepremenil na b-HB. Treba počítať so značne narušenou homeostázou. Zmeny v koncentráciách elektrolytov (chlór Cl^- , sodík Na^+ , draslík K^+ ,...) sú odzrkadením značného boja ľadvín s prekysleným prostredím. V prípade diabetickej ketoacidózy (DKA) nastáva v dôsledku straty sodíku nadmernou diurézou i zníženie objemu extracelulárnej tekutiny.

Model exkrecie ketolátok do moču pochádza z orginálneho modelu HumMod (Robert L. Hester, 2011), kde glomerulárna sekrécia ketolátok podlieha rovnakým Donnanovým rovnovám ako ostatné elektrolyty, tak aby moč zostala elektroneutrálna a neobsahovala makromolekuly, ktoré neprechádzajú glomerulárnou membránou. Reabsorbcia ketolátok v nefróne je priamo závislá na pH. Podľa (Robert L. Hester, 2011) ak je pH v arteriálnej plazme rovné 7,4, tak sa takmer všetky reabsorbujú všetky ketolátky z primárneho moču a vo výslednom moču sa už vyskytovať nebudú.

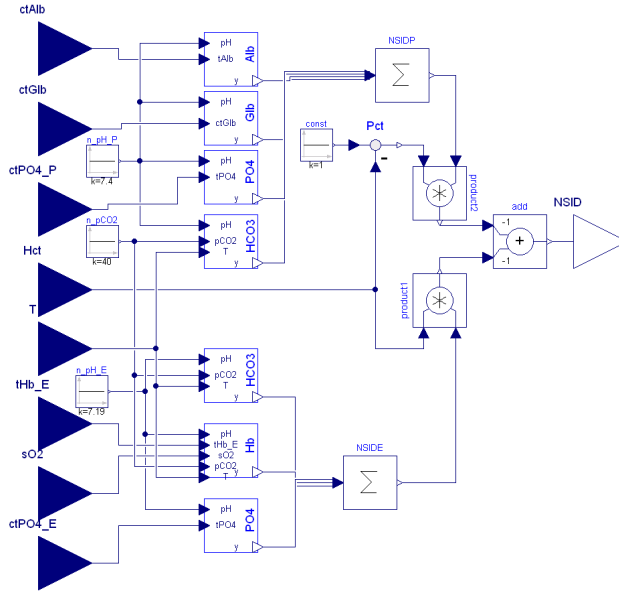


Obrázek 3 — Efekt produkcie ketolátok v závislosti na koncentrácii glukagónu v portálnej plazme [ng/L]

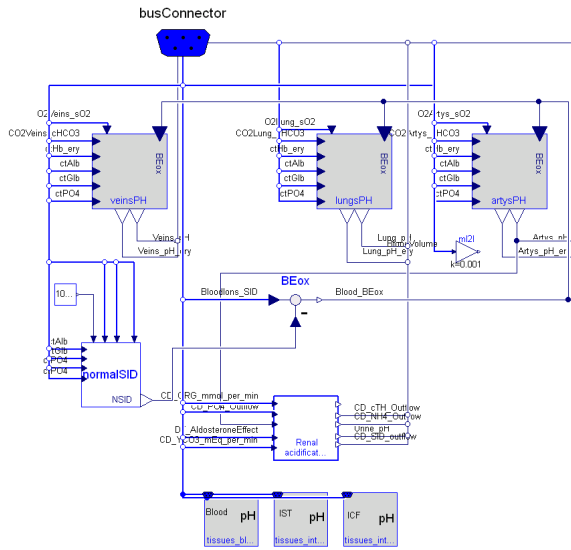
A ak arteriálne pH klesne na 7.0, tak sa reabsorbcia ketolátok zastaví a všetky ketolátky z primárneho moču budú vylučované.

2. Počítanie pH krvi

Krv je možné z hľadiska priestorového rozdeliť na dva kompartmenty: plazmu (P) a erytrocyty (E). Ich vzájomný vzťah vyjadruje hematokrit (Hct), ktorý je definovaný ako pomer objemu E k objemu E+P. V každom kompartmente jednotlivé chemické látky sa z elektrického hľadiska vo fyziologickej acidobáze rozdeľujú na silné ióny (SI) (resp. elektrolyty, silné kyseliny alebo silné zásady) a slabé ióny (WI) (resp. slabé kyseliny alebo slabé zásady) a bikarbonát (HCO_3). Do skupiny SI zaraďovať hlavne sodík (Na), chlór (Cl), draslík (K), sulfáty (SO_4), laktát (Lac) a ketokyseliny (KA). Do skupiny WI budeme zaraďovať základné acidobazické puffre ako albumín (Alb), hemoglobín (Hb), plazmatické globulíny (Glb), fosfáty (PO_4) a difosfoglycerát (DPG). Vzhľadom k špecifickým vlastnostiam kyseliny uhličitej (H_2CO_3) nebudeme HCO_3 zaraďovať ani do skupiny SI ani do WI, pretože v otvorenom systéme pľúcnych alveoloch je prchavá v podobe CO_2 . Náboj na molekule alebo priemerná valencia (zX) na látke X v skupine SI je celočíselný a konštantný, nezávislý od pH. V skupine WI je $zX(\text{pH})$ funkciou pH, ktorá sa nazýva titračná krivka puffru X. Ak vynásobíme molárnu koncentráciu (cX) s nábojom na molekule zX , tak dostávame priemerný náboj látky X v danom objeme (yX). Ďalším dôležitým pojmom je súčet yX všetkých X zo skupiny SI nazývaný strong ion difference (SID). Súčet $-yX$ všetkých X zo skupiny WI sa nazýva anion gap (AG). A keďže AG i HCO_3 sú funkciou pH a iných faktorov ($\text{O}_2, \text{CO}_2, T, \dots$), tak je vhodné si určiť štandardné podmienky normálneho stavu napríklad podľa (Siggaard-Andersen, Acid-Base Balance, 2005) hodnotami $\text{pH}=7.4$, $T=37^\circ\text{C}$, $\text{pCO}_2=40\text{mmHg}$ a plnej saturácii hemoglobínu s O_2 . Hodnotu AG pri týchto podmienkach budeme nazývať normal anion gap (NAG), normálnu hodnotu bikarbonátu zase NHCO_3 a ich súčet nazveme ako normal strong ion difference (NSID) vid' [Obr.4]. Ak by sme chceli využiť prác, ktoré spravovali vlastnosti krvi titrovanej kyselinami alebo zásadami, tak je nutné zaviesť pojem titrovateľných vodíkových iónov (cTH) resp. base excess (BE). Táto veličina je definovaná ako množstvo silných monovalentných báz resp. silných monovalentných kyselín, ktoré je nutné dodať na daný objem roztoku pri $T=37^\circ\text{C}$, $\text{pCO}_2=40\text{mmHg}$, $s\text{O}_2=1$ tak aby tento roztok dosiahol $\text{pH}=7.4$. Z tejto definície je teda možné zapísať $-\text{cTH}=\text{BE}=\text{SID}-\text{NSID}$. Po týchto úpravách je možné vyššie uvedeným spôsobom namapovať na acidobazický model (Siggaard-Andersen, 1977) jednotlivé koncentrácie elektrolytov a puffrov, ktoré sú už v modeli HumMod Golem Edition plne integrované. Potom je možné dopočítavať hodnotu pH pre rôzne nastavenia krvi v žilách, v pľúcnych alveolách, resp. v iných tkanivách.



Obrázek 4 — Výpočet NSID krvi z totálnych koncentrácií pufrov



Obrázek 5 — Aktuální základný výpočtový blok Acid-Base modelu HumMod Golem Edition

3. Počítanie prietokového pH v moči

Prietoková kyslosť moču (pH_u) sa počíta pomocou rovnice elektroneutrality cez toky všetkých nabitých častíc. Molárne toky qX [mMol/min] každej častice X sú súčasťou modelu nefrónov. Náboj zX [mEq/mMol] častice X sa môže meniť pri rôznych podmienkach (najmä pH a teplota). Špeciálnymi nabitými časticami sú bikarbonáty, ktoré sú dopočítavané z pCO_2 .

$$0 = z_{\text{Na}} * q_{\text{Na}} + z_{\text{K}} * q_{\text{K}} + z_{\text{Ca}} * q_{\text{Ca}} + z_{\text{Mg}} * q_{\text{Mg}} + z_{\text{NH}_4} * q_{\text{NH}_4} + z_{\text{Cl}} * q_{\text{Cl}} + z_{\text{SO}_4} * q_{\text{SO}_4} + z_{\text{PO}_4} * q_{\text{PO}_4} + z_{\text{KA}} * q_{\text{KA}} + z_{\text{CO}_2} * q_{\text{CO}_2} + z_{\text{others}} * q_{\text{others}}$$

$$z_{\text{CO}_2} * q_{\text{CO}_2} = - a_{\text{CO}_2} * \text{pCO}_2 * (10^{(\text{pH}_u - \text{pKa}_{\text{CO}_2})}) * q_{\text{H}_2\text{O}}$$

Z_{Na}	+1
Z_{K}	+1
Z_{Ca}	+2
Z_{Mg}	+2
Z_{Cl}	$-1 / (1 + 10^{(\text{pKa}_{\text{HCl}} - \text{pH}_u)})$
Z_{NH_4}	$+1 / (10^{(\text{pH}_u - \text{pKa}_{\text{NH}_4})} + 1)$
Z_{KA}	$-1 / (1 + 10^{(\text{pKa}_{\text{KA}} - \text{pH}_u)})$
Z_{SO_4}	$-(1 + 2 * 10^{(\text{pH}_u - \text{pKa}_{\text{HSO}_4})}) / (10^{(\text{pKa}_{\text{H}_2\text{SO}_4} - \text{pH}_u)} + 1 + 10^{(\text{pH}_u - \text{pKa}_{\text{HSO}_4})})$
Z_{PO_4}	$-(1 + 2 * 10^{(\text{pH}_u - \text{pKa}_{\text{H}_2\text{PO}_4})} + 3 * 10^{(2 * \text{pH}_u - \text{pKa}_{\text{H}_2\text{PO}_4} - \text{pKa}_{\text{HPO}_4})}) / (10^{(\text{pKa}_{\text{H}_3\text{PO}_4} - \text{pH}_u)} + 1 + 10^{(\text{pH}_u - \text{pKa}_{\text{H}_2\text{PO}_4})} + 10^{(2 * \text{pH}_u - \text{pKa}_{\text{H}_2\text{PO}_4} - \text{pKa}_{\text{HPO}_4})})$
Z_{CO_2}	$-(1 + 2 * 10^{(\text{pH}_u - \text{pKa}_{\text{HCO}_3})}) / (10^{(\text{pKa}_{\text{CO}_2} - \text{pH}_u)} + 1 + 10^{(\text{pH}_u - \text{pKa}_{\text{HCO}_3})})$

Tabuľka 2 — Závislosti nábojov na molekule na pH pri konštantnej teplote

Kyselina chlorovodíková	$\text{pKa}_{\text{HCl}}(25^\circ\text{C})$	-8
Amoniak	$\text{pKa}_{\text{NH}_4^+}(25^\circ\text{C})$	9.25
Kyselina uhličitá	$\text{pKa}_{\text{CO}_2}(37^\circ\text{C})$	6.103
	$\text{pKa}_{\text{HCO}_3}(25^\circ\text{C})$	10.329
Kyselina Acetyloctová	$\text{pKa}_{\text{AcAc}}(37^\circ\text{C})$	3.6
Kyselina Beta-hydroxymáselná	$\text{pKa}_{\text{b-HB}}(37^\circ\text{C})$	4.7
Kyselina sírová	$\text{pKa}_{\text{H}_2\text{SO}_4}(25^\circ\text{C})$	-3
	$\text{pKa}_{\text{HSO}_4}(25^\circ\text{C})$	1.99

Kyselina fosforečná	$pK_{a_{H_3PO_4}}(37^\circ C)$	1.91
	$pK_{a_{H_2PO_4}}(37^\circ C)$	6.66
	$pK_{a_{HPO_4}}(37^\circ C)$	11.78

Tabuľka 3 — Záporné dekadické logaritmy disociačných konštánt vybraných kyselín

Odtok kyselín do moču ako zmenu BE krvi je možné zapísať ako

$$qBE := nz_{Na} * qNa + nz_K * qK + nz_{Ca} * qCa + nz_{Mg} * qMg + nz_{Cl} * qCl + nz_{SO_4} * qSO_4 + \\ nz_{PO_4} * qPO_4 + nz_{KA} * qKA + nz_{CO_2} * qCO_2 + nz_{others} * qOthers$$

kde nz_x je normálny náboj na molekule látky X pri normálnych podmienkach definujúcich NSID ($pH=7.4, T=37^\circ C, pCO_2=40$).

Pri regulovaní kyslosti ľadvinami sa však vraví(napr. v Ciba-Geigy,1981) o exkrécii kyselín (A_{H^+}), ktorá by bola nulová ak by krv po renálnej filtrácii nezmenila pH. Preto sa tento tok nevzťahuje k norme ale k aktuálnemu pH v krvi.

$$A_{H^+} := - (pz_{Na} * qNa + pz_K * qK + pz_{Ca} * qCa + pz_{Mg} * qMg + pz_{Cl} * qCl + \\ pz_{SO_4} * qSO_4 + pz_{PO_4} * qPO_4 + pz_{KA} * qKA + pz_{CO_2} * qCO_2 + pz_{others} * qOthers)$$

kde pz_x je plazmatický náboj na molekule látky X pri aktuálnom arteriálnom pH v krvnej plazme vstupujúcej do glomerulov.

A_{H^+} pozostáva z exkrécii titrovateľných vodíkových iónov (A_{TA} , resp. YTA v Ikeda,1979) a amónnych iónov ($A_{NH_4^+}$).

$$A_{H^+} = A_{NH_4^+} + A_{TA}, \text{ kde } A_{NH_4^+} := z_{NH_4} * qNH_4$$

Je nutné si uvedomiť, že zmena referenčného pH spôsobí zmenu významu a preto je nutné v modeli korigovať prepojenie medzi odtokom kyselín z krvi ($-qBE$) a odtokom kyselín do moču (A_{H^+}).

$$qBE = - A_{H^+} + (nz_{PO_4} - pz_{PO_4})qPO_4 + (nz_{KA} - pz_{KA})qKA + (nz_{CO_2} - pz_{CO_2})qCO_2 + \\ (nz_{others} - pz_{others})qOthers$$

kde sa navzájom odčítajú toky iónov, ktorých odtok náboja sa v oboch významoch významne nelíši.

4. Scenáre pre výučbu medikov

Model dokáže nielen počítať koncentrácie a toky ketolátok, ale zároveň i toky elektrolytov a osmolaritu spolu s hemodynamikou, hormónami atď. Ďalším krokom je vytvoriť interaktívnu výukovú aplikáciu, kde by hráč reagoval na aktuálny stav tohto virtuálneho pacienta a naopak model reagoval na počínanie hráča. Prostredie by malo čo najvernejšie reflektovať reálne podmienky. To znamená, že výstupy z modelu budú zobrazované na vyžiadania podľa typu vyšetrenia. Napríklad rozbor moču, rozbor krvi, hemodynamické data, celkový stav pacienta(strata vedomia, kóma,..).

Scenár: Diabetická ketoacidóza (DKA)

Model sa nastaví na cukrovku 1.typu s nízkou hladinou inzulínu, vysokou hladinou mastných kyselín a ketolátok v plazme. Predpokladá sa správna funkčnosť ľadvín. Reaguje jak na zmenu jedálničku tak na podanie infúzie správneho zloženia a osmolarity v čase. Asi po dvoch hodinách po podaní inzulínu by sa mala prejavíť hypokalémia. Homeostáza pritom dynamicky reaguje na zvolené dávkovania i na časy v ktorých boli poskytnuté.

Hodnotí sa, či a nakoľko bol zvolený doporučený postup liečby (Halperin,2010) plus samozrejme jeho úspešnosť:

1. Obnovenie objemu extracelulárnej tekutiny na zabezpečenie stability krvného obehu.
2. Zabránenie edému mozgu, udržaním správnej efektívnej osmolarity plazmy
3. Zníženie nadprodukcie kyselín
4. Identifikovanie a predikovatelných udalostí spojených s DKA
5. Predvídanie a zabránenie komplikáciám, ktoré môžu narastať počas terapie

Ďalšími podobnými scenármi by mohla byť „Ketoacidóza z hladovania“, „Alkoholová ketoacidóza“, prípadne „Ketoacidóza z nadmerného požitia octu“.

Vzhľadom k robustnosti a veľkosti modelu sa bohužiaľ nepredpokladá jeho bezchybnosť. Musí byť preto navrhnutá cesta reportovania chýb aplikácie, ktorá umožní užívateľom vysvetliť prečo by mal model reagovať inak. Ideálne formou verejných internetových fór, kde by mohli drobnými príspevkami vstupovať odborníci v danej oblasti.

Poděkování:

Práce byla podporována grantem MPO FR-TI3/8.

Literatura:

- [1.] Ciba-Geigy. (1984). *Blood - Physicochemical Data*. In C. Lenter, Geigy Scientific Tables (p. 70). Ciba-Geigy Limited, Basle, Switzerland.
- [2.] Ciba-Geigy. (1981). *Renal Function Values*. In C. Lenter, Geigy Scientific Tables 1 (p. 104). Ciba-Geigy Limited, Basle, Switzerland.
- [3.] D. G. SAPIR, O. E. (1972). *The Effect of Carbohydrates on Ammonium and Ketoacid Excretion during Starvation*. *The Journal of Clinical Investigation*, pp. 2093-2102.
- [4.] D. H. WILLIAMSON, M. W. (1968). *Activity and Intracellular Distribution of Enzymes of Ketone-Body Metabolism in Rat Liver*. *Biochem. J.*, pp. 353-361.
- [5.] *Diabetic Ketoacidosis*. (n.d.). Retrieved from Medscape: <http://emedicine.medscape.com/article/118361-overview#aw2aab6b2b2>
- [6.] DONNAN, F. G. (1924). *THE THEORY OF MEMBRANE EQUILIBRIA*. *Chemical Reviews*, pp. 73-90.

- [7.] Engel, O. S. (1960). A New Acid-Base Nomogram an Improved Method for the Calculation of the Relevant Blood Acid-Base Data. *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation* , pp. 177-186.
- [8.] Hasselbalch, K. (1917). Die Berechnung der Wasserstoffzahl des Blutes aus der freien und gebundenen Kohlensäure desselben, und die Sauerstoffbindung des Blutes als Funktion der Wasserstoffzahl. *Biochemische Zeitschrift* , stránky 112-144.
- [9.] Marek Mateják, Jiří Kofránek: HUMMOD - GOLEM EDITION - ROZSÁHLÝ MODEL FYZIOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ. In *Medsoft 2011*
- [10.] Mateják, M., Kofránek, J.: Quantitative human physiology – rozsiahly model fyziologických regulácií ako podklad pre lekársky výukový simulátor. 18. Konferencia Slovenských a Českých Patofyziológov, Lekárska fakulta UPJŠ Košice, 9.-10. september 2010, (Roman Beňačka Ed.), Equilibria s.r.o. Košice
- [11.] Marek Mateják, Jiří Kofránek: Rozsáhly model fyziologických regulací v modelice. *MEDSOFT 2010*. Praha: Agentura Action M, Praha 2010, str. 66-80. ISSN 1803-81115
- [12.] Marek Mateják, Jiří Kofránek, Jan Ruzs: Akauzální „vzkříšení“ Guytonova diagramu. *MEDSOFT 2009*. (Milena Zeithamlová Ed.) Praha: Agentura Action M, Praha 2008, str. 105-120. ISBN 978-80-904326-0-4
- [13.] Marek Mateják, 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
- [14.] Mitchell L. Halperin, M.B. Goldsetin, K.S. Kamel (2010). *Ketoacidosis. Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Physiology. A problem-based approach. Fourth Edition* (p. 112), Saunders Elsevier
- [15.] Noriaki Ikeda, F. M. (1979). A model of overall regulation of body fluids. *Annals of Biomedical Engineering* , stránky 135-166.
- [16.] Robert L. Hester, A. J. (2011, 4 13). HumMod: a modeling environment for the simulation of integrative human physiology. *Frontiers IN Computational Physiology and Medicine*, pp. 1-12.
- [17.] Roughton, L. R.-B. (1967). The specific influence of carbon dioxide and carbamate compounds on the buffer power and Bohr effects in human haemoglobin solutions. *The Journal of Physiology* , pp. 1-29.
- [18.] Siggaard-Andersen, O. (2005). Acid-Base Balance . In S. J. Geoffrey J. Laurent (Editor), *ENCYCLOPEDIA OF RESPIRATORY MEDICINE*.
- [19.] Siggaard-Andersen, O. (1977). The Van Slyke Equation. *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation* , pp. 15-20.

Kontakt:

Marek Mateják

Oddělení biokybernetiky
a počítačové podpory výuky
ÚPF 1. LF UK, Praha
U Nemocnice 5
128 53, Praha 2
e-mail: marek@matfyz.cz

IMPLEMENTACE FUNKCIONALITY E-RECEPTU JAKO SOUČÁSTI E-HEALTH

Miroslav Přádka, Drahomíra Matová

Anotace

V období roku 2012 byla ve vazbě na předchozí legislativní úpravu postupně implementována a zprovozněna funkcionality e-Receptu (eRp). Po překlenutí pilotního provozu je funkcionality eRp nyní plně disponibilní v rámci nemocničního provozu s řadou specializovaných ambulancí.

Příspěvek se zabývá jednak analýzou jednotlivých fází implementace eRp, a jednak poznatky z pilotního provozu této funkcionality, jakož i vyhodnocením cca 9 měsíců jejího plného provozu.

Dopady do ekonomické bilance, výstupy do řízení předepisování léků ve vazbě na pozitivní list či vyhodnocování činnosti jednotlivých lékařů představují cenné poznatky pro proces řízení nákladů vynakládaných na léčivé přípravky. Aktuálně se zvažují další dílčí zlepšení procesu předepisování včetně možnosti předávání eRp formou SMS.

Nová legislativní úprava procesu předepisování léků navrhovaná s účinností od roku 2015 pak vytváří prostor k dalšímu zásadnímu rozšíření eRp.

Klíčová slova:

e-Recept, e-Health, léky, řízení nákladů.

1. Úvod

Legislativní úprava předepisování léků účinná od závěru roku 2011 přinesla i možnost širší implementace elektronické preskripce. Funkcionality e-Receptu nebyla a doposud není zcela běžně využívána a z pohledu zdravotnického zařízení představuje jednu z příležitostí, jak efektivně sledovat proces předepisování léčiv a zabraňovat případným souvisejícím finančním penalizacím.

2. Legislativní úprava

Níže uvádíme legislativní normy, které se k zavedení a používání e-Receptu váží [1]:

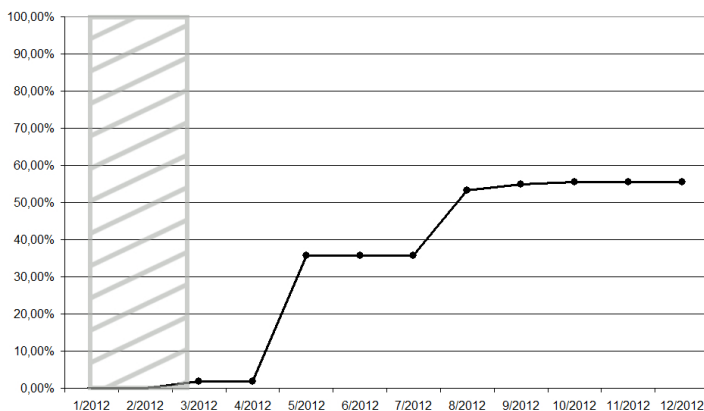
- Zákon č. 378/2007 Sb. ze dne 6. prosince 2007 o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech) ve znění zákonů č.124/2008 Sb., č. 296/2008 Sb., č. 141/2009 Sb., č. 281/2009 Sb., č. 291/2009 Sb., č. 75/2011 Sb. a č. 375/2011 Sb.
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 54/2008 Sb. ze dne 6. února 2008 o způsobu předepisování léčivých přípravků, údajích uváděných na lékařském předpisu a o pravidlech používání lékařských předpisů ve znění vyhlášek č. 405/2008 Sb. a č. 177/2010 Sb.; normami se vymezuje komunikace lékařů s centrálním úložištěm (CÚ).
- Vyhláška MZ ČR a Mze ČR č. 84/2008 Sb. ze dne 26. února 2008 o správné

lékárenské praxi, bližších podmínkách zacházení s léčivý v lékárnách, zdravotnických zařízeních a u dalších provozovatelů a zařízení vydávajících léčivé přípravky.

- Zákon č. 75/2011 Sb. ze dne 3. března 2011, kterým se mění zákon č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 372/2011 Sb. ze dne 6. listopadu 2011 o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách) ve znění zákona č. 167/2012 Sb. a nálezu Ústavního soudu č. 437/2012 Sb.

3. Implementační fáze

Krátce po rozhodnutí o zavedení funkcionality e-Receptu v Nemocnice ve Frýdku-Místku, p. o. (prosinec 2011) došlo k úpravám používaného nemocničního informačního systému (NIS StaproAkord) a postupnému zaškolování lékařů-uživatelů funkcionality.



Obrázek 1 — Podíl lékařů-uživatelů funkcionality v čase

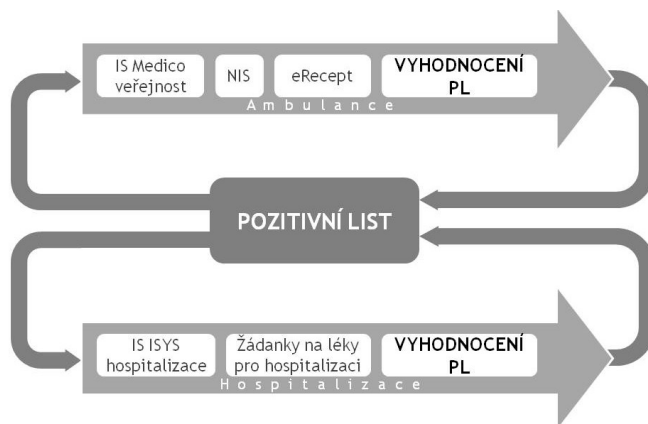
Nezbytnými předpoklady pro zprovoznění funkcionality dále byly dílčí úpravy, kdy:

- každý lékař předepisující eRecept má přístup do CÚ (spravuje SÚKL),
- každý lékárník vydávající eRecept – přístup do CÚ,
- žádost o přístup do CÚ podepsána elektronickým podpisem,
- funkční aplikace NIS,
- funkční aplikace informačního systému lékárny.

4. Využívání pozitivního listu

Jedním z výstupů činnosti nemocniční lékové komise je součinnost při tvorbě pozitivního listu. Tento je následně naplněn léčivý v cenách, které jsou

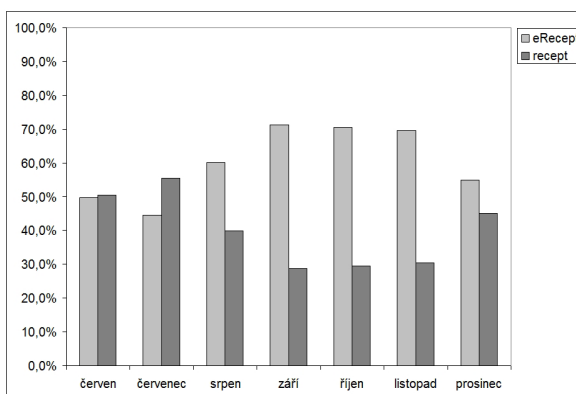
výsledkem výběrových řízení na jejich dodavatele. Principiálně je zapotřebí rozlišit oblast ambulantní preskripce, v níž se funkcionalita e-Receptu významně uplatňuje, a dále oblast léčiv podávaných při hospitalizaci pacienta, která je z tohoto pohledu nevýznamná. Tvorba pozitivního listu však musí obsáhnout obě oblasti podávání léčiv.



Obrázek 2 — Proskripce a pozitivní list

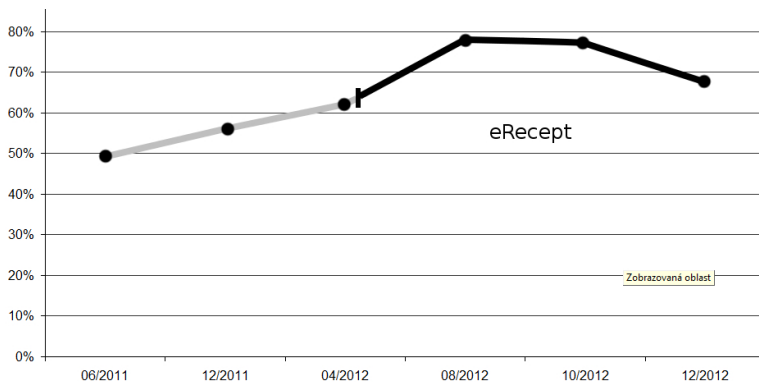
5. Intenzita používání e-Receptu

S postupným zaváděním funkcionality e-Receptu dochází k relativnímu poklesu využívání stávajících „klasických“ receptů na úkor zvyšující se intenzity vydávání e-Receptu. Přechodné období zachycuje obr. 3 s tím, že jako optimální hladinu využívání e-Rp považujeme jeho cca 70% podíl.



Obrázek 3 — Podíl e-Receptu na celkové proskripci

Zajímavou informací v této souvislosti může být i podíl e-Receptů zachycovaných v nemocničních lékárenských provozech v čase. Významnou okolností zde může být i dovybavování lékárenských provozů ve spádové oblasti funkcionalitou e-Receptu záhy po té, co byla tato v rámci naší nemocnice zprovozněna.



Obrázek 4 — Záchyt e-Receptu v lékárenských provozech

6. Další rozšiřování e-Receptu

Aktuálně dochází i přes avizovanou povinnou implementaci e-Receptu na veškerou preskripci v ČR od roku 2015 ke komplikacím v legislativním procesu schvalování příslušného zákona (odmítnutí ze strany Senátu Parlamentu ČR). Vzhledem k tomu, že další vývoj nelze předjímat, můžeme pouze konstatovat, že e-Recept je plně funkční a dobře využitelnou součástí e-Health, a to při velmi nízkých pořizovacích nákladech a jim odpovídající krátkou dobou návratnosti.

7. Závěr

Přes značnou míru počáteční nedůvěry byla v rámci nemocničních provozů implementována funkcionalita e-Receptu, která je již téměř jeden rok využívána při ambulantní preskripci při dosahování až 70% podílu e-Receptů z veškerých předepisovaných léčiv.

Podíl Nemocnice ve Frýdku-Místku, p. o. na e-preskripci v rámci celé ČR aktuálně dosahuje 10%.

Funkcionalita e-Receptu má po vyhodnocení dopadu do navýšení obrátu lékárenských provozů i pozitivní ekonomický vliv a zapadá do strategie nemocnice v měnícím se prostředí, kdy je zapotřebí:

- diverzifikovat výnosy z činnosti, tedy navyšovat jiné příjmy než od zdravotních pojišťoven,
- snižovat náklady činnosti zdravotnického zařízení,
- implementovat v opodstatněném a promyšleném rozsahu funkcionalitu e-Health.

Literatura

- [1.] *Sbírka zákonů ČR – vybrané legislativní normy;*
[2.] *Přádka M., Maťová D., Horák J., Havrlant D., Zikeš I.: E-preskripce a řízení nákladů na léky, In: Proc. of INMED 2012, Pardubice, 2012, p. 21, ISBN 978-80-87436-02-8.*

Kontaktní adresa:

Miroslav Přádka

Nemocnice ve Frýdku-Místku, p. o.

E. Krásnohorské 321

738 18 Frýdek-Místek 1

e-mail: pradka@nemfm.cz

Drahomíra Maťová

e-mail: matova@nemfm.cz

SYSTÉM DRG NEJEN PRO ÚHRADY, ALE I JAKO NÁSTROJ PRO PODPORU ŘÍZENÍ A ÚSPORU NÁKLADŮ“

Petr Sláma

Anotace

Příspěvek se zabývá možnostmi využití klasifikačního systému případů hospitalizací (DRG) v oblasti řízení zdravotnických subjektů poskytujících akutní lůžkovou péči, případně na úrovni zřizovatelů těchto subjektů. Využití je zejména v oblasti hodnocení ekonomické efektivity na všech úrovních poskytovatelů zdravotní péče, eliminace nadbytečných nákladů a optimalizace rozsahu a struktury poskytované péče a v neposlední řadě i pro plánování finančních, materiálových a lidských zdrojů.

V příspěvku je uveden příklad konkrétního projektu, který efektivně využívá možností systému DRG pro podporu řízení na úrovni zřizovatele (kraje), ale i na úrovni nemocnic, jejichž je zřizovatelem.

Klíčová slova

DRG, IR DRG, Výnosová analýza, Případový model, PMODEL

Úvod

Systém DRG, který byl po prvním neúspěšném pokusu o zavedení v oblasti úhrad akutní lůžkové péče v polovině devadesátých let, byl napodruhé implementován a využit pro úhrady akutní lůžkové péče od roku 2007, kdy se poprvé v úhradové vyhlášce objevily parametry systému platby za případ (DRG) pro hodnocení výkonnosti akutní lůžkové péče. Podíl DRG v úhradách se postupně zvyšuje až k téměř stoprocentní platbě za případy DRG, která je určena vyhláškami Ministerstva zdravotnictví od roku 2012. Tento systém spravedlivěji rozděluje prostředky za poskytnutou akutní lůžkovou péči, avšak je náročnější na zvládnutí.

V poslední době došlo k poměrně významným posunům v oblasti financování zdravotní péče a to především z důvodu zásadních změn v úhradových mechanismech v oblasti akutní lůžkové péče, ale i z důvodu snižování disponibilních zdrojů veřejného zdravotního pojištění. Vlivem přetrvávající recese celého národního hospodářství dochází postupně ke snižování dynamiky nárůstu výběru pojistného a rezervy, které byly zdravotními pojišťovnami vytvořeny, jsou již vyčerpány. V kombinaci s dalšími faktory jako je migrace zdravotní péče a vlivem dalších ekonomických dopadů, dochází mnohdy ke snižování výkonnosti zdravotnického subjektu, což v době přechodu z paušálních úhrad k úhradám za případy hospitalizací, může vést k výrazným finančním ztrátám nemocnic.

V očekávání nedostatečných příjmů systému veřejného zdravotního pojištění určených pro úhrady poskytnuté zdravotní péče i v následujících obdobích, budou nemocnice nuceny více se zabývat nejen systémem vykazování, kontrolou a optimalizací příjmů z veřejného zdravotního pojištění, ale také

oblastí snižování vnitřních nákladů, restrukturalizací poskytované zdravotní péče a struktury zdravotnických zařízení.

Systém DRG pro podporu řízení

DRG je klasifikační systém typu case-mix, který zařazuje případy hospitalizace na základě vstupních atributů případu hospitalizací do DRG skupin. DRG skupiny jsou si podobné (homogenní) klinicky a ekonomicky a jsou v rámci systému IR DRG používaného u nás jednotné v celé ČR.

Při existenci jednotného programového vybavení pro zařazení případů do DRG skupin (tzv. Grouperu) a jednotných metodických pokynů pro sestavování případů hospitalizací a kódování v rámci celé ČR, je dán předpoklad pro využití v oblasti ekonomického řízení nejen na úrovni zdravotnického zařízení, ale i na úrovni vyšších celků, jako jsou zřizovatelé zdravotnických zařízení (např. krajů, MZ ČR) nebo holdingů.

V současné době se většina zdravotnických zařízení poskytující akutní lůžkovou péči zaměřila na maximalizaci výnosů ze zdravotního pojištění. Vznikla řada nástrojů podporující optimalizaci vykazování úhrad v prostředí DRG a dá se říci, že tato problematika byla zvládnuta na všech úrovních řízení zdravotnických subjektů. Stanovení parametrů úhrad až na úroveň jednotlivých oddělení nemocnic je většinou zvládnuto. Problematické zůstává hodnocení těchto pracovišť z hlediska hospodářského výsledku. Přetrvává systém rozpočítání výnosů ze zdravotního pojištění na základě bodového ohodnocení vykázaných výkonů dle Seznamu výkonů. Tento způsob výpočtu vede k značnému zkreslení v ocenění produkce vlivem nesymetrie v bodovém ohodnocení výkonů v platném Seznamu výkonů. Další nevýhodou je nesprávná motivace vedoucí k vykazování nadbytečné péče zejména u případů hospitalizace hrazených dle DRG nebo paušální úhrady za hospitalizované pacienty. Při této metodě výpočtu výnosů dochází k paradoxním situacím, kdy ocenění dle Seznamu výkonu může výrazně překročit reálný výnos za případ hospitalizace vypočtený dle platné úhradové vyhlášky na principu DRG.

Řešením uvedeného problému je zavedení systému výpočtu na bázi DRG (v nemocnicích je implementován pod názvem „Výnosová analýza“). Princip výpočtu spočívá v ocenění sestaveného případu hospitalizace na základě platné relativní váhy případu a základní sazby zdravotní pojišťovny hospitalizovaného pacienta. Skutečná úhrada za případ hospitalizace je rozpočítána na všechna pracoviště, která se na případě podílela, včetně pracovišť komplementu a pracovišť, která poskytla konzilia. Nedochozí tedy k přiřazení nereálných výnosů pracovišti, které generovalo nadbytečnou péči (prodlužováním doby hospitalizace, nadužíváním komplementu a konzilií). Zavedení uvedeného systému v komparaci s náklady dává reálný obraz o hospodaření jednotlivých nákladových středisek a snižuje významně podíl nadbytečné péče (někdy i poškozující pacienta) a tím vede ke snížení vnitřních nákladů za poskytnutou zdravotní péči.

Dalším nástrojem pro ekonomické řízení nemocnic je ekonomická analýza případů hospitalizací sestavených na principu DRG (v nemocnicích implementovaná jako „Případový model – PMODEL“). Na rozdíl od Výnosové analýzy, která je založena na analýze nákladových středisek z hlediska výnosů a nákladů a slouží zejména pro ekonomické hodnocení subjektů, je PMODEL určen pro klinické hodnocení případů hospitalizace s ekonomickou analýzou nákladové a výnosové složky hospitalizačních případů.

Na straně výnosů případů hospitalizací je možné nastavit reálné smluvní hodnoty výpočtů (např. skutečně nasmlouvané balíčkové ceny vyjmenovaných skupin případů), případně i ceny doplatků nadstandardní péče.

Nákladové složky jsou přiřazeny jako přímé, vztažené na konkrétní případ hospitalizace u léků a zdravotnických materiálů a nepřímé, které jsou vypočteny na základě nákladových dat z ekonomického systému formou nákladových tarifů.

Na základě uvedené analýzy je možné posuzovat rentabilitu poskytované zdravotní péče, eliminovat nadbytečné náklady a je významnou podporou při vyjednávání smluvních vztahů se zdravotními pojišťovnami.

Příklad konkrétního projektu

Příkladem využití systému DRG je projekt Pardubického kraje, kde byl vytvořen komplexní informační systém pro podporu řízení, optimalizaci výnosů a úsporu nákladů na úrovni všech nemocnic kraje a vytvoření centrálního datového skladu zdravotní péče Pardubického kraje s manažerskou nadstavbou umožňující provádět analýzy poskytované péče z hlediska klinického i ekonomického. Uvedený informační systém se podařilo ve spolupráci se společností SWLab s.r.o. vytvořit, naplnit daty a v současné době je plně provozně funkční. Datová základna obsahuje data všech nemocnic kraje od roku 2008 do současné doby, což reprezentuje více než 400 tisíc případů hospitalizací. Systém je doplněn ekonomickou nadstavbou, která umožňuje jednotný výpočet výnosů nemocnic až na úroveň jednotlivých nákladových středisek na základě současných úhrad s využitím principů plateb za případy hospitalizací – DRG. Pro klinicko-ekonomickou analýzu jednotlivých případů hospitalizací s možností hodnocení ekonomické efektivity a eliminace nadbytečných nákladů poskytované zdravotní péče je vytvořena nadstavba využívající jak data klinická, tak i ekonomické výstupy z IS nemocnic.

V rámci kraje je systém využitelný zejména pro kontrolu efektivity vykazování a úhrad zdravotní péče zdravotními pojišťovnami a pro plánování finančních, materiálových a lidských zdrojů v relaci s vývojem objemu poskytnuté péče a předpokládaného inkasa ze zdravotního pojištění. Je vhodným nástrojem pro rozhodování a řízení.

Výhodou tohoto řešení je jednotnost datových vstupů, které jsou zpracovány ve všech nemocnicích stejným způsobem s aktualizovanými výpočtovými algoritmy, v souladu s platnými právními předpisy a metodikami na bázi systému DRG, což je unikátní řešení v rámci ČR.

Závěr

Zavedením DRG v ČR je patrný posun k využívání DRG nejen pro oblast financování zdravotnických zařízení poskytující akutní lůžkovou péči ze zdrojů veřejného zdravotního pojištění, ale v poslední době i k podpoře řízení zdravotnických zařízení. Jedná se zejména o oblast ekonomického řízení na všech úrovních zdravotnického subjektu. Tento systém je využitelný i benchmarking srovnatelných subjektů a regionů na základě jednotně definovaných a vypočtených parametrů.

Kontakt:

ing. Petr Sláma

e-mail: petr.slama@swlab.cz

INTEGROVANÝ NUTRIČNÍ SYSTÉM PRO FN V MOTOLE

Ludovít Szekereš

Anotace

Cílem přednášky je seznámit posluchače s problematikou průběžného i následného nutričního hodnocení stravy, včetně její praktické aplikace v rámci stravovacího a dietního systému Fakultní nemocnice v Motole. Základem tohoto projektu byla podrobná analýza aktuálního stavu vyhodnocování nutričních hodnot stravy ve světě a legislativy platné v ČR a EU. Závěry této analýzy umožňují v nutričním systému využívat data z různých zdrojů, pořízená odlišnými metodikami. Popisovaný nutriční systém zohledňuje, při výpočtu výsledných nutričních hodnot pokrmů, vliv zachování nutričních hodnot během zpracování surovin a kulinářských úprav. V přednášce budou rovněž zmíněny praktické zkušenosti se získáváním nutričních dat dostupných potravin, včetně zkušeností s dodržováním legislativy při jejich nutričním označování. Podrobněji budou posluchači seznámeni s koncepcí, datovou základnou a hlavními funkcionalitami budovaného nutričního systému. Vzhledem k jeho integraci v rámci stravovacího a dietního systému Fakultní nemocnice v Motole se přednáška zabývá i těmito návaznostmi. Závěrem budou posluchači seznámeni s aktuálním a cílovým stavem systému.

Klíčová slova

Voda, sušina, celkový dusík, bílkoviny, aminokyseliny, celkové lipidy (tuky), salatrimy, mastné kyseliny, sacharidy celkové, sacharidy využitelné, potravinová vláknina, cukry, alkoholické cukry, škrob, organické kyseliny, alkohol, popel, energie, minerální látky, stopové prvky, vitamíny, retinol ekvivalent, retinol aktivity ekvivalent, vitamíny, niacin ekvivalent, recepty jídel, jídelní lístky, zachování nutričních hodnot, nutriční systém.

1. Úvod

Bílkoviny, tuky, sacharidy, kcal, jsou často používané pojmy. Tato slovíčka najdeme prakticky na všech obalech potravin. Význam těchto základních pojmů se liší v různých státech a v různých nutričních tabulkách. Ne vždy se též shoduje s definicí dle platné právní úpravy. V České republice v současné době neexistují podrobné nutriční tabulky, dostupné v počítačové verzi.

1.1 Základní pojmy, složení potravin

V nutričních tabulkách jsou jednotlivé složky uvedeny zpravidla na 100g (nebo 100ml) jedlého podílu potravin, tedy po odstranění nejedlých částí, jako jsou například slupka a pecky. Potravinu se skládají z anorganických a z organických látek, z nichž pouze organické látky obsahují využitelnou energii. Základními složkami potravy jsou: voda, bílkoviny, tuky, sacharidy a popel (minerální látky), případně alkohol.

- **Voda.** Stanovujeme například vysušením vzorku při teplotě cca 103 °C do konstantní hmotnosti, zpravidla 5 hod.

- **Bílkoviny** – (Proteiny) Obsah bílkovin se stanovuje nepřímou. Analyzuje se celkový obsah dusíku, který je pak přepočten na obsah bílkovin. Mezinárodně akceptovaná metoda stanovení obsahu dusíku je podle Kjeldahla.. Obsah bílkovin získáme vynásobením obsahu celkového dusíku násobným příslušným přepočítávacím faktorem. Obvykle se používají faktory dle (Tab.1) Často je používán univerzální faktor 6,25, který je založen na tom, že většina bílkovin průměrně obsahuje 16% dusíku ($100/16 = 6,25$). Údaje z jednotlivých zdrojů dat závisí na hodnotě použitého faktoru.
- **Tuky (Lipidy)** - Obsah tuku v produktech se obvykle definuje jako tuk, který může být extrahován vhodným organickým rozpouštědlem.
- **Sacharidy** - Celkové sacharidy jsou v mnoha nutričních tabulkách stanovené jako rozdíl $100 - (\text{voda} + \text{bílkoviny} + \text{celkové tuky} + \text{popel} + \text{alkohol})$. Celkové sacharidy zahrnují i potravinové vlákniny. Využitelné sacharidy = celkové sacharidy – vláknina.
- **Popel** – Stanovuje se mineralizací, která zahrnuje sušení, zuhelnatění, zpopelnění – žihání při 550°C

Potravina rostlinného původu	NCF	Potravina živočišného původu	NCF
Pšenice		Maso a ryby	6,25
Celá zrna	5,83	Želatina	5,55
Otruby	6,31	Mléko a mléčné výrobky	6,38
Klíčky	5,80	Kasein	6,40
Endosperm	5,70	Vejce	
Rýže	5,95	Celé	6,25
Rýže loupaná, mouka	5,85	Bílky	6,32
Žito a žitná mouka	5,83	Žloutky	6,12
Ječmen a ječná mouka	5,83		
Oves	5,83		
Proso	6,31		
Kukuřice	6,25		
Sója	5,71		
Fazole	6,25		

Potravina rostlinného původu	NCF	Potravina živočišného původu	NCF
Lupina bílá **	5,4		
Ořechy		Ostatní potraviny, vícesložkové	6,25
Mandle	5,18		
Arašídý a para ořechy	5,46		
Ostatní ořechy	5,30		
Čokoláda a kakao***	4,74		
Káva***	5,30		
Houby***	4,38		
Droždí***	5,70		

Tabulka 1

Dle: Jones, D.B.: *Factors for Converting Percentages of Nitrogen in Foods and Feeds into Percentages of Protein*. United States Department of Agriculture, Circular No. 183. *Slightly revised edition 1941 (Original version 1931)*.

**Nitrogen to protein conversion factors as reported by Mosse´ (1990).

*** Merrill and Watt, 1973

1.2 Platná právní úprava.

Současné době v České republice, s účinností od 1. Října, platí Vyhláška o označování výživové hodnoty potravin č. 450/2004 Sb., ve znění vyhlášky č. 330/2009 Sb. (Dále jen vyhláška). Podle přechodného ustanovení, potraviny, které nemají označení hodnoty v souladu s § 4 odst. 1 a přílohou č. 4 k této vyhlášce, lze uvádět na trh nejdéle do 31. října 2012. Platnou právní úpravu by měli respektovat též použité nutriční tabulky a samozřejmě i používané programové vybavení pro nutriční vyhodnocování pokrmů. Na základě § 4 (1) vyhlášky, energetická hodnota se vypočítá:

Nutrient [Označení v tabulce]	kJ	kcal
Bílkoviny [Bílk]	17	4
Tuky, výjimkou Salatrimy [Tuhy-Salatrimy]	37	9

Nutrient [Označení v tabulce]	KJ	kcal
Salatrimy [Salatrimy]	25	6
Sacharidy, s výjimkou polyolů [Sach-Polyoly]	17	4
Polyoly, s výjimkou Erythritolu [Polyoly]	10	2,4
Erythritol	0	0
Vláknina [Vláknina]	8	2
Organické kyseliny [OrgKys]	13	3
Alkohol [Alkohol]	29	7

Tabulka 2

Ve smyslu § 2 a § 4 (2) vyhlášky se rozumí:

- **Bílkovinou nebo bílkovinami v potravině** - celkový obsah dusíku stanovený metodou podle Kjeldahla x 6,25.
- **Sacharidem** - jakýkoliv sacharid, který je metabolizován člověkem, včetně vícesytných alkoholů (polyolů).
- **Cukry** - všechny v potravině přítomné monosacharidy a disacharidy bez polyolů.
- **Tuky** - celkové lipidy, včetně fosfolipidů.
- **Salatrimy** – tuky se sníženým obsahem energie řazené mezi potraviny nového druhu (akronym z short and long-chain acyl triglyceride molekules, tedy molekula triacylglycerolů s krátkým i dlouhým řetězcem)
- **Nasycenými mastnými kyselinami** - mastné kyseliny bez dvojnásobné vazby.
- **Mononenasycenými mastnými kyselinami** - mastné kyseliny s jednou dvojnásobnou cis- vazbou.
- **Polynenasycenými mastnými kyselinami** - mastné kyseliny se dvěma nebo více dvojnásobnými vazbami, které jsou oddělené cis, cis-methylenovou skupinou.
- **Vlákninou** - polysacharidy se třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevě člověka.

1.3 Dostupné tabulky nutričních hodnot

Nejvýznamnější počítačové databáze:

- **USA** – USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25
- **Dánsko** - The official Danish Food Composition Database - Danish Food Composition Databank / Database)
- **Finsko** - Finnish Food Composition Database – FINELI
- **Francie** - French food composition table Ciquel
- **Velká Británie** - McCance and Widdowson's The Composition of Foods integrated dataset (CoF IDS)

- **Německo** - medpharm | Souci Fachmann Kraut Datenbank, Bundeslebensmittelschlüssel
- **Austrálie a Nový Zéland** - NUTTAB 2010 - Food Standards Australia New Zealand
- **Slovenská republika** - Potravinová banka dát (PBD): online databáza nutričního zloženia potravín
- **Česká republika** - ©On-line databáze složení potravin ČR, verze 2.11.
<http://www.czfcdb.cz>

1.4. Použitá struktura nutričních tabulek

Po analýze aktuálního stavu vyhodnocování nutričních hodnot stravy ve světě [1] až [14] a legislativy platné v ČR a EU, pro vedení nutričních hodnot byla zvolena následující struktura:

1.4.1. Základní údaje

Viz (Obr. 1)

MnP – množství porce, implicitně 100

Mj – Měrná jednotka, implicitně g

Jpo – Koeficient jedlého podílu

Hodnoty jsou uvedené na 100 g (MnP) jedlého podílu

- **Voda** – Obsah vody
- **Sušina** = MnP – Voda – Alkohol. Automaticky vypočítaná hodnota.
- **kJ** – Energetická hodnota v kJ. Nelze zaznamenat, program ji automaticky počítá podle (Tab. 2)
- **kcal** – Energetická hodnota v kcal nelze zaznamenat, program automaticky počítá podle (Tab. 2)
- **Bílkoviny** - jsou popsány následujícími čtyřmi údaji:
- **NCelk** – celkový obsah dusíku.
- **NCF** - Přepočítávací faktor celkového dusíku na bílkoviny (Nitrogen-to-protein Conversion Factor), (Tab. 3)
- **BílkS** – Bílkoviny specifické = NCF * NCelk
- **Bílk** – Bílkoviny dle vyhlášky = NCelk * 6,25
- **FACF** - Přepočítávací faktor tuku na mastné kyseliny (Fatty Acid Conversion Factor), (Tab. 3)
- **Tuky** - Celkové lipidy, včetně fosfolipidů. Potraviny převážně obsahují neutrální tuky, které jsou estery glycerolu a mastných kyselin (monoacyl-, diacyl- a triacylglyceroly). V menší míře obsahují též fosfolipidy. Fosfolipidy jsou převážně estery kyseliny fosforečné a různých derivátů glycerolu, zároveň obsahují i dlouhé mastné kyseliny. (CF)
- **SachR** – Celkové sacharidy. Automaticky vypočítaná hodnota jako rozdíl 100 - Voda - BílkS - Tuky - Alkohol – Popel
- **Sach** – Využitelné sacharidy, včetně polyolů
- **Vláknina** – Potravinová vláknina.
- **OrgKys** – Využitelné organické kyseliny

- **SachO** – Sacharidy ostatní, kontrolní, automaticky vypočítaný údaj = SachR – Sach - nuVlaknina – OrgKys, normálně nulová (prázdná) hodnota.
- **Alkohol** – Etanol
- **Popel** – Popel po mineralizaci.

Potraviny rostlinného původu	FACF	Potraviny živočišného původu	FACF
Pšenice, ječmen, žito		Mléko, mléčné výrobky	0,945
Celá zrna	0,720	Večce	0,830
Mouka	0,670	Hovězí a jehněčí maso	
Otruby	0,820	Libové maso	0,916
Oves, celá zrna	0,940	Lůj	0,953
Rýže, celá zrna	0,850	Vepřové maso	
Oleje a tuky		Libové maso	0,910
Všechny kromě kokosového oleje	0,956	Sádlo	0,953
Kokosový olej	0,942	Drůbeží maso	0,945
Ovoce a zelenina	0,800	Mozeg	0,561
Avokádo	0,956	Srdce	0,789
Ořechy	0,956	Ledviny	0,747
		Játra	0,741
		Ryby	
		Libové	0,700
		Tučné	0,900

Tabulka 3

Dle: Greenfield, H., Southgate, D. A. T., *Food composition Data: Production, Management and Use 2. vyd. Rome : FAO, 2003. Str. 223 ISBN 92-5-104949-1*

1.4.2. Minerální látky

Lze sledovat následující **minerální látky**: Na - sodík, K - draslík, Mg - hořčík, Ca - vápník, Mn - mangan, S - síra, Fe – železo, Cu - měď, Zn - zinek, P – fosfor a Cl- chlór, v mg.

Stopové prvky – v mikrogramech: Co - kobalt, Ni - nikl, Cr - chrom, Mo - molybden, V - vanadium, Al - hliník, F - fluor, I -, Bór – Bór, Se – selen, Br - brom a Si – křemík.

1.4.3. Vitaminy

- **Vitamin A** – retinol, beta karoten a ostatní karotenoidy
- **A RAE** – retinol activity equivalents = retinol + beta karoten / 12 + ostatní karotenoidy / 24 dle metodiky [1]
- **A RE** – retinol equivalents = retinol + beta karoten / 6 + ostatní karotenoidy / 12
- **D** - vitamin D
- **E** - vitamin E
- **Kv** - vitamin K
- **B1** – thiamin
- **B2** – riboflavin
- **Niacin** – kyselina nikotinová
- **NiacinEq** – niacin ekvivalent = Niacin + TRP / 60
- **Pantothen** – kyselina pantothenová
- **B6** – pyridoxin
- **Biotin** – vitamin H, B7
- **Foláty** – kyselina listová a její estery
- **Cholin** – Cholin
- **Betain** – betain
- **B12** – kobalamin
- **C** – L-askorbát, vitamin C

1.4.4. Další nutrienty

Jak je patrné z (Obr. 2), bílkoviny, tuky a sacharidy lze sledovat v podrobnějším členění. Pro bílkoviny lze sledovat aminokyselinový profil. Celkové tuky lze členit na mastné kyseliny:

- **NasMk** – celkové nasycené mastné kyseliny, případně rozepsané na jednotlivé mastné kyseliny.
- **NenMk** – celkové mononenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou cis- vazbou, rozepsané na jednotlivé mastné kyseliny.
- **VNMk** – celkové polynenasycené mastné kyseliny se dvěma nebo více dvojnými vazbami, rozepsané na nejvýznamnější mastné kyseliny.

- **TrMk** – celkové transmastné kyseliny
- **Chol** – cholesterol
- **FACF** - přepočítávací faktor pro mastné kyseliny (fatty acid conversion factor). Celkové mastné kyseliny = Tuky * FACF. Použité faktory jsou uvedené v tabulce č. 2.
- **Sach** - Sacharidy lze sledovat v členění Cukry, škrob, polyoly a O3_10v – ostatní využitelné oligosacharidy. Vláknu dále lze sledovat: VInerozp – ve vodě nerozpustné potravinové vlákniny, VIRozp – ve vodě rozpustné potravinové vlákniny.
- **O3_10n** – nevyužitelné oligosacharidy.

1.4.5. Ostatní složky

Nutriční tabulky umožňují dále vedení následujících složek viz (Obr. 1):

- **Nitrit** – celkové nitrity
- **Nitrát** – celkové nitráty
- **NaCl** – sůl, nebo sůl ekvivalent počítané dle obsahu sodíku a chlóru
- **KysMoč** – Kyselina močová
- **Koffein** – celkový koffein
- **Teobromin** – celkový teobromin(theobromin)
- **PopelVypoč** – Vypočítaný popel dle interních algoritmů dle obsahu minerálních látek (orientační údaj)
- **kJF** – energetická hodnota v kJ dle původního zdroje
- **kcalF** – energetická hodnota v kcal dle původního zdroje
- **PEF** – přepočítací koeficient pro energie z bílkovin dle původního zdroje
- **FEF** - přepočítací koeficient pro energie z tuků dle původního zdroje
- **CEF** - přepočítací koeficient pro energie ze sacharidů dle původního zdroje

1.5. Zachování nutričních hodnot

Nutriční hodnoty potravin jsou ovlivněny též postupem skladování a zpracování použitých surovin a polotovarů. Z tohoto důvodu, při nutričním hodnocení konzumovaných pokrmů připravených na základě receptů, výsledné nutriční hodnoty nelze získat prostým sečtením nutričních hodnot jednotlivých komponent. Viz [14], [15]. Jednotlivé položky nutriční tabulky jsou členěny do technologických skupin (Tsk) a k příslušnému receptu pokrmu lze uvést kód technologického postupu (Tpo), která charakterizuje výrobu nebo přípravu hotového pokrmu, či polotovaru.

Databáze zachování nutričních hodnot obsahuje příslušné koeficienty pro některé nutrienty pro jednotlivé kombinaci Tsk a Tpo (Obr. 3).

1.6. Některé komponenty nutričního systému

- **Recepty jídel** – Správa receptů pro závodní a dietní stravování (Obr. 4).
- **Nutriční kalkulátor** – Umožňuje kalkulovat nutriční hodnoty receptu pro jednotku porce. Vypočítané hodnoty jsou přiřazené a uchované pro všechny recepty jídel (Obr. 5).
- **Nutriční kalkulátor NTK** – Umožňuje kalkulovat a normalizovat nutriční hodnoty receptu, která je dobře zdokumentovaná včetně výrobních ztrát, například podrobné složení od výrobce. Vypočítané hodnoty lze normalizovat (přepočítat na 100 g) a následně uložit do databáze nutričních hodnot, jako novou položku (Obr. 6).
- **Jídelní lístky diet** – Při sestavování jídelního lístku pro jednotlivé diety, na základě zalkulovaných a uložených nutričních hodnot, jsou okamžitě zobrazené hlavní nutriční údaje a to pro aktuální položku, pro aktuální chod a za celý den. Jsou-li vyplněné referenční hodnoty pro dietu, jsou zobrazené i ty (Obr. 7).
- **Hospitalizovaný pacient** – Umožňuje nutriční sledování hospitalizovaného pacienta, na základě skutečně poskytnutých pokrmů pro pacienta. Jídelní lístek se generuje automaticky na základě tabletovanych pokrmů a pří-
davků pro daného pacienta, které lze dále upravit. Lze tedy zaznamenat například jakou část porce pacient skutečně snědl a též dodanou enterální výživu (Obr. 8).
- **Ambulantní jídelní lístek** – Umožňuje sepsání a nutriční hodnocení konzumovaných pokrmů ambulantních pacientů (Obr. 8).

1.7. Integrace stravovacího a nutričního systému

Základem systému je SW Gastromanažer, určený pro vedení skladového hospodářství a řízení výroby gastronomického provozu. Součástí systému jsou soubory receptur závodního stravování, teplé a studené kuchyně (cca 3000 receptur) a dietního patientského stravování (cca 1800 receptur), které je možné upravovat a doplňovat o vlastní receptury.

Systém umožňuje přípravu jídelníčku a normování jídel, včetně operativních náhrad surovin, a dalších úpravy. Provedené změny jsou evidovány a sledovány i ekonomicky. Normování lze provádět i zpětně, na základě realizovaných prodejů a s využitím informací přebíraných z pokladen. Obsluha je informována o aktuálních surovinových cenách jídel. Systém umožňuje i vedení tzv. kompletových karet, kdy je pevně určeno složení výrobku a po prodeji jsou odečítány použité suroviny.

Program podporuje vedení skladů prodejních i výrobních jednotek včetně převodů zboží mezi sklady. Jeho součástí jsou i funkce pro sledování stravovacích limitů a přípravu ceníků včetně podpory kalkulace cen. Součástí systému je dále funkce odbavení faktur (párování s dodacími listy) a elektronické propojení s účetním systémem.

Dietní systém od NIS v elektronické podobě přebírá objednávky jednotlivých diet. Modul tabletování řídí rozvoz jídel pro jednotlivé oddělení.

Nutriční systém je rozšířením a doplněním dietního systému.

1.8. Přílohy – obrázky

Corel Paradox
Soubor Akce Úpravy Formulář Záznam Pomůcky Nápověda

Nutriční hodnoty NT

100.00 ORANGE T L S Fld NT08503000 Esg 085 6,25 0,800 NCF FACF PEF FEF CEF

Voda	87,32 g	Blík	17	Tuky	7	Sach	141	Vláknina	13	OrgKys	15	Alkohol	0	Salatrimy	0	kJ	193	kJF	0	kcalF	45	MnP	100	Mj	100	Porce	100	Jpo	0,72
NCelk	0,160 g	SumM	0,251	PopelVypoč	0,344	SysName	CITRUS AURANTIUM L. SUBSP.																						
BlíkS	1,00 g	Minerální látky		Stopové prvky		Vitaminy		Vitaminy																					
Tuky	0,20 g	Na	1,4 mg	Co	0,500 µg	A RAE	6,0 RAE	B1	0,079 mg																				
NasMk	0,028 g	K	164,0 mg	Ni	0,00 µg	A RE	13,0 RE	B2	0,042 mg																				
NenMk	0,056 g	Mg	12,0 mg	Cr	1,000 µg	Retinol	µg	NiacinEq	0,455 NE																				
VNMk	0,075 g	Ca	40,0 mg	Mo	µg	βCaroten	52,0 µg	Niacin	0,300 mg																				
Chol	mg	Mn	0,035 mg	V	µg	αCaroteny	52,0 µg	TRP/60	0,155 mg																				
SachR	11,00 g	S	9,00 mg	Al	µg	D	µg	Pantothen	0,240 mg																				
Sach	8,27 g	Fe	0,186 mg	F	5,00 µg	E	0,320 mg	B6	0,104 mg																				
Vláknina	1,60 g	Cu	0,051 mg	I	0,827 µg	Kv	3,800 µg	Biotin	2,30 µg																				
OrgKys	1,13 g	Zn	0,087 mg	Bór	180,0 µg	KysMoč	0,020 g	Folát	29,00 µg																				
SachO	g	P	20,00 mg	Se	1,20 µg	Puriny	19,0 mg	Cholin	8,4 µg																				
Alkohol	g	Cl	4,00 mg	Br	54,00 µg	Kofein	mg	Betain	µg																				
Popel	0,48 g	Nitrit	mg	Si	µg	Teobromin	mg	B12	µg																				
		Nitrat	mg	NaCl	0,004 g	C	45,0 mg																						

Seznam Minerály Vitaminy Karta KartaLip RedKarta Názvy Expert Kopirovat Vložít OK Storno

Nutriční hodnoty NT
1950 of 2951 [;gmiData:NutrNT.DB]

Obrázek 1

Corel Paradox
Soubor Akce Úpravy Formulář Záznam Pomůcky Nápověda

Nutriční hodnoty NT

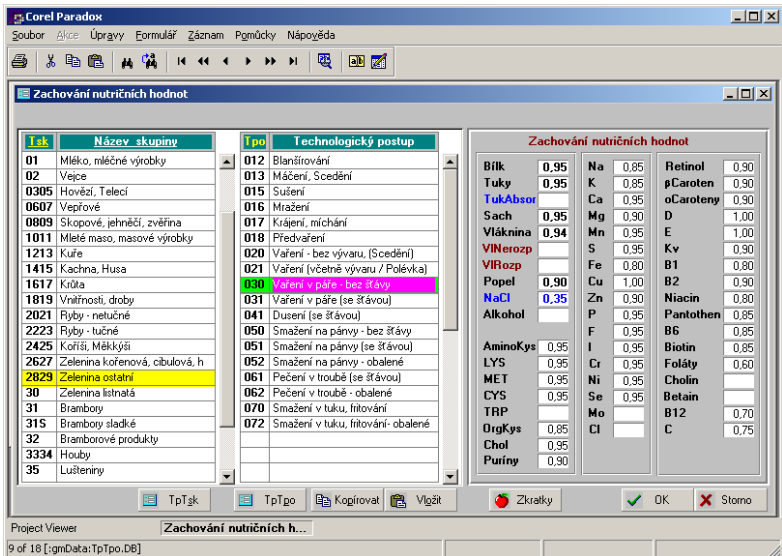
100.00 ORANGE T L S Fld NT08503000 Esg 085 6,25 0,800 NCF FACF PEF FEF CEF

Voda	87,32 g	NCF vypoč.	6,250	FACF vypoč.	0,800	MK%	Salatrimy	g	TrMk	g
kJ	193	SumAk	1,000	AK%	ARG	0,0971 g	SumNasMk	0,028 g	SumNenMk	0,056 g
NCelk	0,160 g	ALA	0,0386 g	HIS	0,0160 g	Nasycené mastné kyseliny		Nenasycené mastné kyseliny		
BlíkS	1,00 g	ASP	0,1622 g	ILE	0,0266 g	C4:0		C14:1		
Blík	1,00 g	CYS	0,0040 g	LEU	0,0426 g	C6:0		C16:1	0,0088 g	
Tuky	0,20 g	GLU	0,0878 g	LYS	0,0519 g	C8:0		C18:1	0,0463 g	
NasMk	0,028 g	GLY	0,0306 g	MET	0,0106 g	C10:0		C20:1	0,0012 g	
NenMk	0,056 g	PRO	0,2513 g	PHE	0,0266 g	C12:0	0,0006 g	C22:1		
VNMk	0,075 g	SER	0,0572 g	THR	0,0266 g	C14:0	0,0007 g	C24:1		
Chol	mg	TYR	0,0173 g	TRP	0,0093 g	C15:0	0,0000 g	SumVNMk	0,075 g	
SachR	11,00 g	HYP		VAL	0,0439 g	C16:0	0,0242 g	C18:2	0,0503 g	
Sach	8,27 g	Cukry	8,267	Glukóza	2,285	C17:0		C18:3	0,0252 g	
Vláknina	1,60 g	Škrob		Fruktóza	2,576	C18:0	0,0028 g	C18:4n-3		
OrgKys	1,13 g	Polyoly		Galaktóza		C20:0		C20:4		
SachO	g	CukrPř		03_10v		C22:0		C20:5n-3		
Alkohol	g			03_10n		C24:0		C22:5n-3		
Popel	0,48 g	BH		VI Nerozp	1,00	C16:1trans		C22:6n-3		
				VI Rozp	0,60	C18:1trans		Cis-Trans		

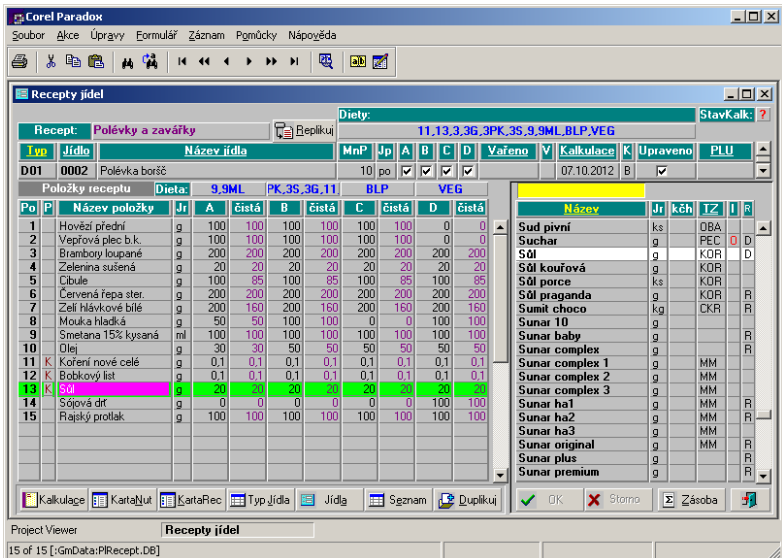
Seznam Minerály Vitaminy Karta KartaLip RedKarta Názvy Expert Kopirovat Vložít OK Storno

Nutriční hodnoty NT
1950 of 2951 [;gmiData:NutrNT.DB]

Obrázek 2



Obrazek 3



Obrazek 4

Corel Paradox

Soubor Akce Úpravy Formulář Záznam Pomůcky nápověda

Karta receptu - Nutriční hodnoty

Typ	Jídlo	Název jídla	Název	MnP	Jp	KalkNutr	A	B	C	D
D15	3551	Přísloct BLP (soják)	Přísloct BLP (soják)	10	po	23.10.2012				

Položky receptu Typ: 061 **Pečení v troubě (se šťávou)** Dieta: BLP

Po	P	Název položky	Jr	Nutriční položka	Jpo	Tpo	T	A	Čistá	B	Čistá	C	Čistá	D	Čistá
1		Vejece	g	Vejece	1,00						500	500			
2		Pudinkový prášek	g	Pudinkový prášek	1,00						330	330			
3		Rama	g	Rama profi 70%	1,00						30				
4		Cukr krupice	g	Cukr bílý	1,00						330	330			

Fid	Název	T	SkP	MnP	Mj	Jpo	kJ	Bílk	Tuky	Sach	Na	C
NT03503100	Rama profi 70%	V	TUKRAS	100	g	1,00	2533	0,0	70,0	0,2	275	
NT03503200	Rama mini 65% porce 10g	V	TUKRAS	100	g	1,00	2423	0,5	65,0	0,5	89	
NT03503300	Rama classic 60%	V	TUKRAS	100	g	1,00	2238	0,5	60,0	0,5	118	
NT161079	Tatarská omáčka	V	TUKRAS	100	g	1,00	491	0,4	13,0	0,1		
SFK70195	Ólej bavlníkový rafinovaný	V	TUKRAS	100	g	1,00	3700		100,0		1	
SFK70196	Ólej arašídový rafinovaný	V	TUKRAS	100	g	1,00	3700		100,0			

Project Viewer Jídelní lístky Diet **Karta receptu - Nutriční...**
3 of 4 [GmData:PIRecept.DB] Edit

Obrázek 5

Corel Paradox

Soubor Akce Úpravy Formulář Záznam Pomůcky nápověda

Karta receptu - NTK

Rid	Název	Fsg	Tsk	SkP	Tpo	MnP	Jp	HC	MnP	Mj	S	KalkNutr
NT06605000	Bageta malá, velká	066	388	CHLEB	061	1	ks	H	1312	g	N	14.05.2011

Položky receptu **Pečení v troubě (se šťávou)**

Po	P	Název položky	Fid	Mj	Mn	Čistá	Jpo	Tpo	Technologický postup	I
1		Mouka hladká světlá t 530	NT06207000	g	1000		0,98			
2		Ólej řepkový rafinovaný	NT03413100	g	63,6		0,99			T
3		Droždí pečárské biované	NT15P01000	g	31,9		0,99			
4		Sól vakuová - esco	NT15101100	g	16,8		0,99			S
5		Cukr bílý	NT09101000	g	9,1		0,99			
6		Plus 1% pb	NT15P02000	g	10		0,99			
7		Voda pitná - průměr	NT11102000	g	465		0,99			V
8		Ztráty pečarim	NZ	g			1,00			V
9		Voda destilovaná	NT11101000	g	-268,7		1,00			V

Fid	Název	T	SkP	MnP	Mj	Jpo	kJ	Bílk	Tuky	Sach	Na	C
NZ	Ztráty pečarim	100	g	1,00								
NT07902000	Zampiony čerstvé	S	HOUBY	100	g	0,98	117	4,1	0,3	1,7	8	4,9
NT07902010	Zampiony mražené	V	HOUBY	100	g	1,00	127	5,1	0,3	0,7	10	4,2
NT07902088	Zampiony sterilované bez nálevu	V	HOUBY	100	g	1,00	99	3,9	0,2	0,5	306	1,1
NT07902020	Zampiony sušené	V	HOUBY	100	g	1,00	1403	49,4	3,0	20,2	90	11,8
NT07902098	Zampiony v ocetě bez nálevu	V	HOUBY	100	g	1,00	87	3,4	0,2	0,5	235	1,5

Karta receptu - NTK
8 of 9 [GmData:NTKPIRecept.DB] Edit

Obrázek 6

Corel Paradox

Soubor Akce Úpravy Formulář Záznam Pgmůcky Nápožěda

Jídelní listky Diet

18.02.2013 Druh J.L. 1 D 1 De HI 3

Dětská 63.57 Bramborová kaše

Dieta	J	Po	KP	Sk	Popis KP	Typ	Jídlo	N	Název	Jp	KCena	DietaN											
OBRK	1	SN	D1	DS	Snídaně 1	D15	3529	B	Přílohy 120g	po	11,20	1,2,3,4,5,10,11,12,13											
OBRK	2	PR	N1	DS	Nápoj 1	D15	3536	B	Mléko 1/4	po	2,72	0,1,2,3,9,10,11,12,13,OK											
OBRK	3	OB	01	JD	Polevka - 1	D01	2101	B	Bujón s vejcem	po	26,79	0,1											
OBRK	3	OB	11	PR	Příloha 1	D10A	3100	B	Kaše bramborová	po	5,81	1,2,3,4,5,9,11,12,13											
OBRK	3	OB	12	DS	Příloha 1	D12	3201	B	Pyré	po	5,62	0,1,4,5,10,12											
OBRK	5	V	11	PR	Příloha 1	D10A	3100	B	Kaše bramborová	po	5,81	1,2,3,4,5,9,11,12,13											
OBRK	5	V	12	DS	Příloha 1	D12	3201	B	Pyré	po	5,62	0,1,4,5,10,12											
OM	1	SN	C1	DS	Chléb, pečivo 1	D15	3547	B	Veľa balená 100g	po	2,80	1,2,3,4,5,11,13											
OM	1	SN	O	DS	Ovoce	D12	3209	B	Banány	po	3,50	1,2,4,5,10,11,13											
OM	2	PR	N1	DS	Nápoj 1	D15	3536	B	Mléko 1/4	po	2,72	0,1,2,3,9,10,11,12,13,OK											
OM	3	OB	01	JD	Polevka - 1	D01	2101	B	Bujón s vejcem	po	26,79	0,1											
OM	5	V	01	JD	Polevka - 1	D01	2101	B	Bujón s vejcem	po	26,79	0,1											
1	1	SN	D1	DS	Snídaně 1	D14	3436	B	Pudink 125g	po	4,12	1,2,3,5,9,11,13											
1	1	SN	D2	DS	Snídaně 2	D15	3529	B	Přílohy 120g	po	11,20	1,2,3,4,5,10,11,12,13											

5 980	26,0	16,0	285,0																	
kJ	Bílk	Tuky	Sach	Na	K	Ca	Mg	Fe	P	A	RE	D	E	Kv	B1	B2	B6	B12	C	Chol
1 136	36,7	13,7	0,3	925	517	41	37	5	359	169,5	1,00	0,99	0,36	0,194	0,459	0,058	0,39	0,1	312,0	
2 279	41,1	15,7	56,7	1631	1947	235	153	8	519	188,1	1,00	2,36	5,57	0,370	0,620	0,388	0,46	24,7	312,1	
5 903	67,2	27,7	214,3	2520	3880	765	320	13	1066	241,9	1,08	3,88	11,15	0,766	1,431	1,039	1,05	51,0	322,5	

Project Viewer **Jídelní listky Diet**

Press Ctrl+Spacebar for lookup help. Edit

Obrazek 7

Corel Paradox

Soubor Akce Úpravy Formulář Záznam Pgmůcky Nápožěda

Hospitalovaný pacient

Id	Jméno	RC	Oddel	DiagSk	VěkKat	H/A	Dieta	Poznámka	Doporuč
2096655	M M g		0004112988	CD52	R07-10	H	0		

Datum	Dej	Oddel	DiagSk	VěkKat	Dieta
01.05.2012	Út	CD52		R07-10	5

J	Po	KP	Typ	Jídlo	N	Název	MnN	Jp	Jpo
1	SN	10	D15	3521	B	Rohlik sýrový 2 ks		1	po 1,00
1	SN	11	D15	3528	B	Flora porce		1	po 1,00
1	SN	01	D01	2104	A	Bujón s masem		1	po 1,00
3	OB	10	D04	2421	A	Vepr. peč. zamagursk		1	po 1,00
3	OB	11	D10A	3012	A	Knedlík houskový		1	po 1,00
5	V	10	D14	3412	B	Sýr plátkový 100g		1	po 1,00
5	V	10	D15	1033	B	Rohlik 2 ks		1	po 1,00
5	V	11	D15	1017	B	Máslo porce		1	po 1,00

Název	I	SkPotr	Mn	Mj	Jpo	KJ
Příže parbolat	V	OBLINI	100 g	1,00	1531	
Tresčí játra konzervované	V	RBYVYY	100 g	1,00	2134	
Hrášek zelený	V	ZELLUS	100 g	0,40	294	
Sojová omáčka	K	KORENI	100 g	1,00	240	
Prášek do pečiva	K	KORENI	100 g	1,00	731	
Pudinkový prášek	K	KORENI	100 g	1,00	1478	
Masový bujón	K	KORENI	100 g	1,00	740	
Voda perlivá	V	NEALKO	100 g	1,00	0	
Kaseinát sodný	K	KORENI	100 g	1,00	1535	
Pyré ovocné průměr	V		100 g	1,00	375	

7 400			260,0		1000	250	10	1100	5,00	10,00	30,00	1,100	1,200	1,200	1,80	65,0				
kJ	Bílk	Tuky	Sach	Na	K	Ca	Mg	Fe	P	A	RE	D	E	Kv	B1	B2	B6	B12	C	Chol
809	30,3	8,0	0,0	853	444	11	31	3	251	4,5	0,00	0,00	0,00	0,135	0,285	0,000	0,000	0,0	0,0	86
3 347	64,0	21,7	84,5	1469	899	95	65	5	478	267,1	0,83	2,20	8,32	0,686	0,624	0,308	0,78	11,9	132	
7 368	105,7	64,8	182,1	2920	1235	944	134	7	1226	738,4	2,46	8,87	32,25	0,921	1,194	1,465	1,32	12,8	198	

Project Viewer **Hospitalovaný pacient**

Press Ctrl+Spacebar for lookup help. Edit

Obrazek 8

The screenshot shows the 'Ambulantní Jídelní lístek' (Ambulatory Diet Sheet) window in Corel Paradox. The window contains a table of food items and their nutritional values, along with a summary table at the bottom.

Název	I	SkPotr	Mn	Mj	Jpo	KJ
Rohlik nesypaný	V	CHLEB	100 g	1,00	1316	
Rohlik makový, solený	V	CHLEB	100 g	1,00	1316	
Rohlik sýrový	V	CHLEB	100 g	1,00	1315	
Houska nesypaná	V	CHLEB	100 g	1,00	1316	
Banketka maková, slolená	V	CHLEB	100 g	1,00	1316	
Bageta malá, velká	V	CHLEB	100 g	1,00	1316	
Bageta sezamová	V	CHLEB	100 g	1,00	1337	
Buřka sýrová	V	CHLEB	100 g	1,00	1315	
Buřka sezamová	V	CHLEB	100 g	1,00	1337	
Vecka	V	CHLEB	100 g	1,00	1159	

440		2,0		12,0		67		6,7		1,1		56		1,11		0,44		1,11		0,040		0,060		0,070		0,06		3,9	
kj	Bilk	Tuky	Sach	Na	K	Ca	Mg	Fe	P	A	RE	D	E	Kv	B1	B2	B6	B12	C	Chol									
789	5,3	3,6	32,3	303	79	19	12	1	61	27,2	0,00	0,69	7,70	0,058	0,074	0,052	0,01	0,3	0										
789	5,3	3,6	32,3	303	79	19	12	1	61	27,2	0,00	0,69	7,70	0,058	0,074	0,052	0,01	0,3	0										
789	5,3	3,6	32,3	303	79	19	12	1	61	27,2	0,00	0,69	7,70	0,058	0,074	0,052	0,01	0,3	0										

Obrázek 9

1.9. Závěr

Stěžejním problémem všech nutričních systémů je kvalitní, dostatečně rozsáhlá a dostatečně podrobná tabulka nutričních hodnot. Kompletní analýza jednoho vzorku stojí několik set tisíc korun. Pro reprezentativní záznam v nutriční tabulce je tedy nutné získávat nutriční údaje z co největšího počtu zdrojů, které je ovšem nutné sjednotit a tedy i přepočítat část hodnot. Z tohoto důvodu musí tedy nutriční systém zahrnovat i nástroje, které takové přepočty umožňují. Protože se obecné metodiky získávání nutričních vyvíjejí a mění, je tedy nutné i nadále vyvíjet a přizpůsobovat příslušné nástroje v SW nutričního systému.

Literatura

- [1.] Greenfield, H., Southgate, D. A. T., *Food composition Data: Production, Management and Use* 2. vyd. Rome : FAO, 2003. Str. 223 ISBN 92-5-104949-1.
- [2.] <http://www.fao.org/docrep/008/y4705e/y4705e09.htm>
- [3.] Jones, D.B.: *Factors for Converting Percentages of Nitrogen in Foods and Feeds into Percentages of Protein*. United States Department of Agriculture, Circular No. 183. Slightly revised edition 1941 (Original version 1931).
- [4.] <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964>
- [5.] http://www.foodcomp.dk/v7/fcdb_default.asp
- [6.] <http://www.finel.fi/index.php?lang=en>
- [7.] <http://www.ansespro.fr/TableCIQUAL/>
- [8.] <http://www.food.gov.uk/>

- [9.] <http://www.sfk-online.net/cgi-bin/sfkstart.mysql?language=english>
[10.] <http://www.bls.nvs2.de/>
[11.] <http://www.foodstandards.gov.au/consumerinformation/nuttab2010/>
[12.] <http://www.pbd-online.sk/>
[13.] <http://www.czfcdb.cz>
[14.] <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/retn6/retn06.pdf>
[15.] http://www.mri.bund.de/fileadmin/Veroeffentlichungen/Archiv/Schriftenreihe_Berichte/bfe-r-02-03.pdf

Kontakt:

Ludovít Szekereš
e-mail: szekeres@upcmail.cz
tel.: 603 372 310
ISIS spol. s. r. o.
Terronská 49
160 00 PRAHA 6 – Bubeneč
tel./fax: +420 224 318 264
e-mail: obchod@isis.cz
<http://www.isis.cz/>

E-INFRASTRUKTURA CESNET A JEJÍ BUDOUCÍ VYUŽITÍ

Milan Šárek, Jiří Navrátil

Anotace

Nově budovaná e-Infrastruktura CESNET představuje základní informační a komunikační prostředí pro vědu, výzkum a inovace v ČR a prostředek k přístupu do zahraničních infrastruktur. Jedná se o jeden z prioritních projektů popsaných v tzv. Cestovní mapě České republiky velkých infrastruktur pro výzkum, vývoj a inovace schválené v roce 2010 a navazující na evropský dokument ESFRI Roadmap (European Strategy Forum on Research Infrastructures). Komplexní e-Infrastruktura v sobě bude zahrnovat již dříve známou síťovou infrastrukturu CESNET, ale také podstatně rozvine národní gridovou infrastrukturu a systém datových úložišť. E-Infrastruktura je přístupná jak pro velké projekty typu ELIXIR, BIOCEV, ICRC a ELI, tak i menší vědecko - výzkumné projekty z různých oblastí jako je například zdravotnictví, kultura a školství. Cílem přednášky je seznámit odbornou veřejnost s novými prostředky e-Infrastruktury a možnostmi jejího budoucího využití.

Klíčová slova:

komunikační infrastruktura, datová úložiště, gridy, vzdálená spolupráce

1 E-infrastruktura

Pojmem e-infrastruktura bývá označována komplexní sada informatických nástrojů použitelných pro řešení problémů z celé řady oborů. Použitelnost jejích služeb se neomezuje na přírodní vědy, jako je matematika, fyzika, chemie či informatika, ale zahrnuje i vědy humanitní a umění. S pokračující digitalizací dalších a dalších materiálů a rostoucím významem komunikačních technologií lze v současnosti jen stěží najít obor, kterému by neměla co nabídnout.

1.1 E-infrastruktura CESNET

Klíčovou složkou aktivit sdružení CESNET je rozvoj stejnojmenné e-infrastruktury. Jedná se o komplexní národní IT infrastrukturu určenou pro potřeby české vědy, výzkumu, vývoje a vzdělávání. Je zařazena do "Cestovní mapy ČR velkých infrastruktur pro výzkum, experimentální vývoj a inovace" Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy [1].

Mezi uživatelskými institucemi najdete tuzemské vysoké školy, ústavy Akademie věd České republiky, řadu vědeckých a výzkumných institucí, ale i nemocnice, knihovny, střední školy a mnohé další.

1.2 Komponenty e-infrastruktury CESNET

Vzhledem k rozsahu e-infrastruktury je výhodné vymezit její logicky ucelené součásti a popisovat je odděleně. Základními komponentami jsou:

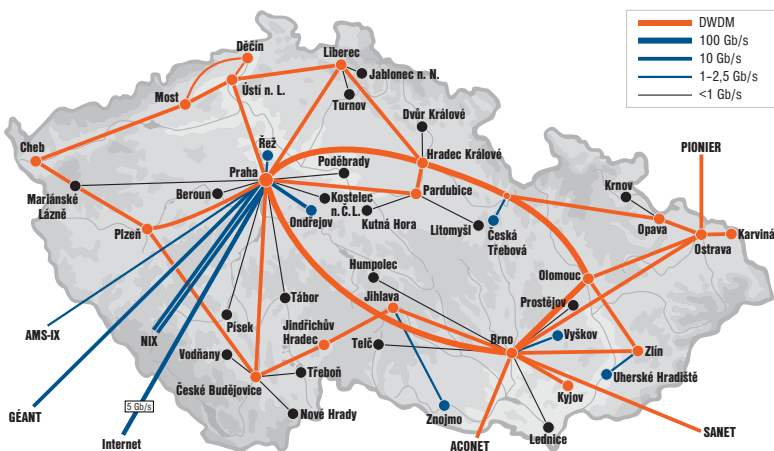
- **komunikační infrastruktura (síť CESNET2),**

- **gridová infrastruktura pro náročné výpočty,**
- **infrastruktura datových úložišť,**
- **infrastruktura pro vzdálenou spolupráci.**

2 Komunikační infrastruktura

Podmínkou využití výpočetní techniky k řešení úloh z různých oborů jsou datové přenosy. Základní komponentou e-infrastruktury je proto výkonná počítačová síť, která je dokáže zabezpečit a vyrovná se i s výrazně nadstandardními požadavky na objem či kvalitativní parametry přenosů. Síť CESNET2, která je páteří e-infrastruktury CESNET, má potřebné vlastnosti. Je proto:

- **rychlá** – přenosové rychlosti se pohybují v řádu desítek gigabitů za sekundu
- **flexibilní** – kromě základní internetové komunikace umí nabídnout i speciální přenosové služby „na míru“ náročným aplikacím
- **rozsáhlá** – pokrývá všechna univerzitní města České republiky a podle potřeby se postupně rozšiřuje do dalších a dalších lokalit
- **spolehlivá** – díky vysoké míře redundance, kvalitním komponentám a nepřetržitému dohledu



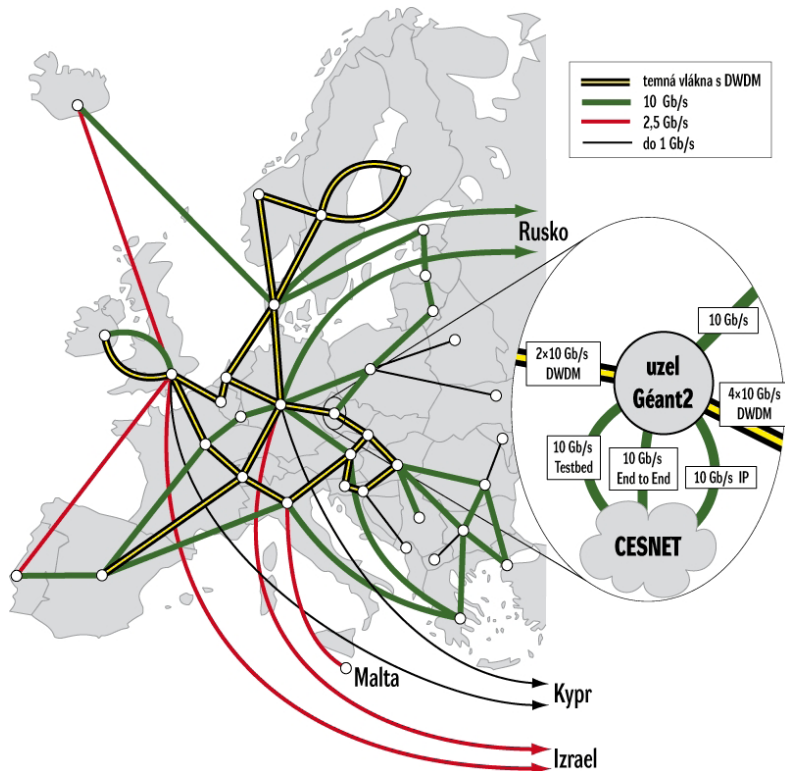
Obrázek 1 — Topologie komunikační infrastruktury CESNET2

2.1 Optická síť

Ve fyzické vrstvě je komunikační infrastruktura až na výjimky postavena na optických vláknech, která umožňují dosahovat nejvyšších přenosových rychlostí. V kombinaci s technologií DWDM lze navíc jejich kapacitu znásobit a jednotlivé optické kanály (barvy světla) využívat pro různé paralelně probíhající přenosy. Vedle zvýšení celkové propustnosti páteřní sítě to umožňuje vyhradit přenosové trasy pro speciální účely a kombinovat tak přenosové experimenty

s přenosy extrémních objemů dat a běžným provozem, aniž by se vzájemně ovlivňovaly či dokonce ohrožovaly.

Tato optická síť je napojena na analogické mezinárodní infrastruktury, zejména evropskou páteř pro vědu, výzkum a vzdělávání GÉANT a jejím



Obrázek 2 — Síť GÉANT

prostřednictvím na podobné sítě v Americe (projekt Internet2) a Asii. Díky tomu je schopna nabídnout pokročilé přenosové služby i v mezinárodním měřítku.

2.2 Služby

Služby nabízené komunikační infrastrukturou se samozřejmě týkají především datových přenosů. Základní službou je "Připojení internetovým protokolem (IP)", která zprostředkovává přístup do sítě CESNET2, navazujících sítí i globálního Internetu prostřednictvím standardního internetového protokolu.

Při vyšších nárocích na výkonnostní parametry nebo zabezpečení přenosů lze sáhnout po některé z pokročilých služeb:

- Vyhrazené okruhy a sítě (Circuit),

- **Lambda služby** (vyhrazená L2 trasa s konverzemi),
- **Fotonické služby** (vyhrazená čistě optická trasa).

Pro podporu mobility vznikla ve spolupráci s připojenými organizacemi služba **eduroam**, díky níž se uživatelé zúčastněných institucí mohou připojit k síti během své návštěvy u jiné organizace.

3 Gridová infrastruktura

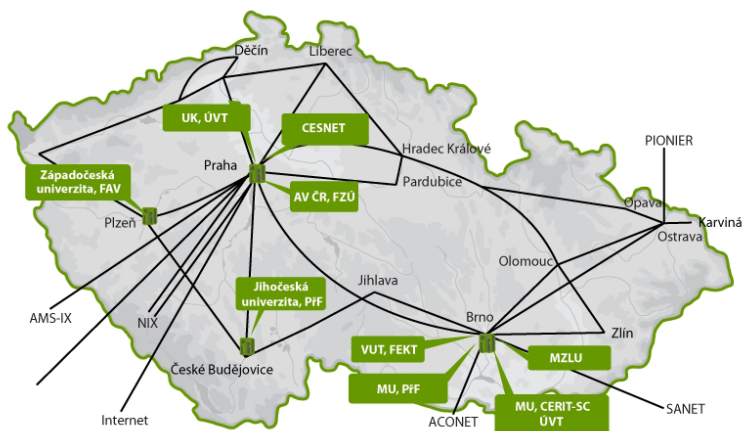
Zpracování objemných experimentálních výsledků, simulace či modelování složitých systémů a další typické úlohy moderního výzkumu mají společnou vlastnost: vyžadují velký výpočetní výkon. Ten bývá dnes obvykle poskytován v podobě clusterů a gridů – systémů propojených a spolupracujících počítačů, mezi něž je úloha rozložena. Gridová infrastruktura proto tvoří jednu ze základních komponent e-infrastruktury CESNET.

3.1 MetaCentrum

Provozovaná gridová infrastruktura nese název **MetaCentrum** a její počátky sahají do roku 1996, tedy až k samotnému vzniku sdružení CESNET. Zahrnuje řadu výpočetních clusterů umístěných v několika lokalitách a patřících různým subjektům (ve vlastnictví CESNET se nachází asi polovina strojů MetaCentra). Všechny jsou integrovány do jednotného prostředí se společnou správou uživatelů a úloh.

Vedle výpočetních kapacit se soustavně rozvíjí i softwarové vybavení MetaCentra. Vedle původních programů a nástrojů pro vývoj vlastních řešení, se nabízí uživatelům MetaCentra i celou řada komerčních programů z různých vědních oblastí (chemie, biologie, matematika, technika).

MetaCentrum má statut národní gridové infrastruktury (NGI) České republiky v rámci projektu **European Grid Infrastructure (EGI)**.



Obrázek 3 — Gridová infrastruktura 3.2 Spolupracující infrastruktury

Sdružení CESNET samozřejmě není jedinou organizací, která v České republice nabízí výkonné výpočetní kapacity. Úzce spolupracuje s dalšími dvěma výpočetně orientovanými velkými infrastrukturami pro výzkum, vývoj a inovace podporovanými Ministerstvem školství České republiky. Jedná se o projekty CERIT-SC a IT4Innovations. Prostřednictvím e-infrastruktury CESNET proto získáte kvalitní přístup i k těmto partnerským výpočetním infrastrukturám.

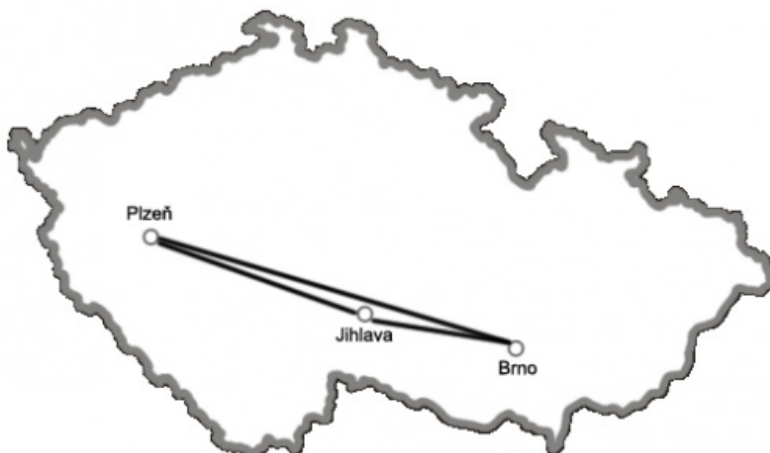
4 Datová úložiště

Rostoucí technické možnosti experimentálních zařízení i prostředků, s nimiž běžně pracujeme, vedou ke zvyšování objemu zpracovávaných dat. Extrémním příkladem je Large Hadron Collider ve švýcarském CERNu, pro který byla vybudována celoevropská síť úložných a výpočetních kapacit, aby vůbec bylo možné zpracovávat výsledky měření. Nicméně i dostupnější prostředky generují více dat, než bylo dříve běžné. Zvyšuje se přesnost měření, rozlišení digitálních mikroskopů a kamer, stále více materiálu se zpracovává digitálně.

Důsledkem je poptávka po kapacitách pro ukládání dat. Ne vždy je efektivní budovat je lokálně, proto e-infrastruktura CESNET zahrnuje i infrastrukturu datových úložišť.

4.1 Hierarchická úložiště

Úložné kapacity jsou budovány v distribuovaném a hierarchickém uspořádání. Distribuovaný charakter (v první fázi jsou centra datových úložišť v Plzni, Jihlavě a Brně) přináší základní výhody: výrazně vyšší odolnost proti ztrátě dat způsobené poškozením médií, požárem nebo chybou uživatele či správce, možnost data řízeně sdílet a také možnost využívat nejbližšího úložiště, se kterým bude komunikace nejrychlejší.



Obrázek 4 — Topologie datových úložišť

Hierarchická struktura úložiště znamená, že každé úložiště obsahuje několik různých typů médií. Cílem je najít vhodný kompromis mezi rychlostí a velikostí úložiště v rámci dostupných finančních prostředků na pořízení i provoz. Nejrychlejší média bývají i nejdražší, proto má nejrychlejší vrstva úložiště jen omezenou kapacitu. Řídící software se stará o to, aby nepoužívaná data byla automaticky odsouvána do pomalejších vrstev s větší kapacitou, zatímco data s častými přístupy zůstávají v rychlých vrstvách, aby byla pohotově k dispozici.



Obrázek 5 — Hierarchická struktura datových úložišť

Vůči uživateli se celý systém chová jako černá skříňka, která na požádání uloží či naopak vydá příslušná data. Zapojená úložná vrstva se pozná jen nepřímo podle rychlosti odezvy úložiště.

4.2 Služby datových úložišť

Úložiště jsou dostupná různými způsoby – od specifických komunikačních protokolů až po jednoduché aplikace pro běžné uživatele, jako je FileSender. Podrobnosti jsou uvedeny v popisu jednotlivých služeb, viz například návod na adrese: <https://du.cesnet.cz/wiki/doku.php/navody/start>

Úložiště jsou navázána na autentizační mechanismy e-infrastruktury CESNET. Datová úložiště tak lze snadno využít pro sdílení dat v distribuovaných týmech, jejichž členové pocházejí z různých organizací, stejně jako je lze přímo používat z výpočetního prostředí národního gridu.

5 Prostředí pro spolupráci

Vzájemná spolupráce je důležitou složkou výzkumu a vývoje. Distribuované týmy, jejichž členové pocházejí z různých institucí, měst, případě států jsou dnes spíše pravidlem než výjimkou. V rámci e-infrastruktury se snažíme poskytovat nástroje pro vzdálenou spolupráci, díky nimž bude možné koordinovat činnost takových týmů, aniž by bylo nutné často cestovat.

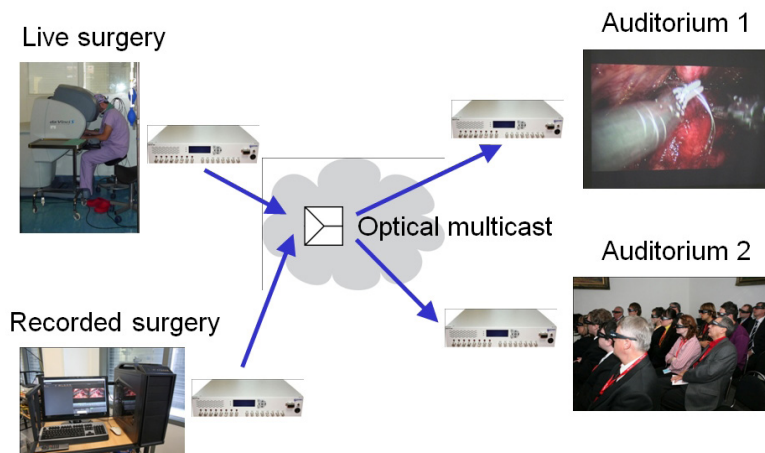
Spolupráce má řadu podob. Může zahrnovat společné řešení úloh s využitím gridů, sdílení dat v úložištích, či komunikaci běžnými prostředky, jako je elektronická pošta. V této sekci se ale zaměřujeme zejména na virtuální setkávání. Tedy obrazovou a zvukovou komunikaci členů týmu v reálném čase.

5.1 Virtuální setkání

Konzultace či koordinační schůzky nemusí vyžadovat fyzickou přítomnost všech účastníků na jednom místě, lze je realizovat virtuálně. Umožňují to dvě podobné služby, které přenášejí obraz a zvuk mezi jednotlivými účastníky:

- **videokonference** vyžadují specializovaný software a nabídnou vyšší kvalitu obrazového a zvukového kanálů,
- zatímco silnou stránkou **webkonferencí** je, že uživatel vystačí s běžným webovým prohlížečem a má k dispozici větší sortiment médií.

Vyšší nároky lze splnit prostřednictvím speciálních obrazových přenosů, kdy je obraz přenášen ve vysoké kvalitě (**HD, 2K, 4K**), případně stereoskopicky (**3D**). Tato služba nachází využití například při přenosech operací či experimentů na odborných konferencích. Pro ně je možné zajistit i internetové vysílání – **streaming** – přednesených příspěvků. Méně náročným uživatelům je pak k dispozici IP telefonie přenášející telefonní hovory po síti.



Obrázek 6 — Přenos kvalitního 3D videa

5.2 Autentizační infrastruktura

Týmová práce obvykle vyžaduje sdílení dat a využívání různých síťových služeb a aplikací. K usnadnění této činnosti byla vytvořena autentizační infrastruktura, která svým uživatelům usnadňuje přístup ke sdíleným zdrojům. Její nejdůležitější složkou je federace **eduID.cz**, díky níž uživatelé mohou využít své „domácí“ jméno a heslo pro přístup ke službám provozovaným jinými subjekty. Navíc na principu „single sign-on“ – heslo tedy zadáváte jen jednou.

Druhou službou e-infrastruktury z této oblasti je vydávání certifikátů, které ověřují totožnost jednotlivých serverů a uživatelů. Díky nim lze vzájemnou komunikaci lépe zabezpečit.

5.3 Další služby

Kromě výše uvedených nabízíme pro podporu spolupráce i několik doplňkových služeb, jako je **videoarchiv** pro ukládání záznamů z různých akcí či videokonferencí. Organizaci schůzek pak usnadňuje Foodle.

6 Výzkumné projekty

Velmi významnou složkou činnosti sdružení CESNET je výzkumná činnost v oblasti pokročilých síťových technologií a aplikací, jež tyto technologie využívají. Výsledky vlastní výzkumné činnosti využíváme především při rozvoji národní infrastruktury pro vědu, výzkum, inovace a vzdělávání, některé z nich ovšem našly uplatnění i na trhu v podobě licenčně vyráběných zařízení.

6.1 Velké národní projekty

Rozhodující pro výzkumnou činnost jsou velké národní projekty. V současné době se jedná o dvojici projektů:

- **Velká infrastruktura CESNET**
- Rozšíření národní informační infrastruktury pro VaV v regionech (**eIGeR**)

Jedná se o dvojici vzájemně se doplňujících projektů, jejichž cílem je vytvoření špičkové a na služby bohaté páteřní infrastruktury pro vědu, výzkum, inovace a vzdělávání. Předcházely jim dva výzkumné záměry a projekt TEN-34 CZ.

Ucelenou představu o naší činnosti v rámci těchto projektů a dosažené výsledky představují roční zprávy o jejich řešení. Konkrétní výsledky pak najdete v technických zprávách na adrese:

<http://www.cesnet.cz/vyzkum-a-vyvoj/dosazene-vysledky/networking-studies/>

6.2 Mezinárodní projekty

S ohledem na průběžné výsledky se podařilo získat nezanedbatelný mezinárodní kredit v oblasti pokročilých síťových technologií. Sdružení je zapojeno do řady mezinárodních projektů:

GN3 – Multi-Gigabit European Academic Network

Cílem projektu GN3 je rozvíjet evropskou páteřní infrastrukturu nové generace, která uspokojí nároky uživatelů z oblasti vědy, výzkumu a vzdělávání, a to především podporou účelových infrastruktur pro potřeby konkrétních aplikací (tzv. gridů), podporou mobility uživatelů v rámci tzv. evropského výzkumného prostoru (European Research Area, ERA) a podporou kvalitního vyhrazeného spojení koncových klientů.

EGI InSPIRE – Integrated Sustainable Pan-European Infrastructure for Researchers in Europe

Náplní projektu EGI InSPIRE je další rozvoj celoevropské gridové infrastruktury vybudované v sérii projektů EGEE. Jeho partnery jsou národní gridové iniciativy prakticky všech evropských zemí. Projekt se zaměřuje především na posilování gridové infrastruktury, podporu uživatelů a aplikací. Vývojové

aktivity jsou v tomto projektu utlumeny, soustředí se zejména na vývoj nástrojů usnadňujících využívání gridové infrastruktury.

EMI – European Middleware Initiative

EMI je dalším projektem navazujícím na EGEE. Jeho úkolem je další vývoj middlewarových komponent pro EGI grid a další distribuované výpočetní infrastruktury. Projekt v první fázi integruje existující komponenty a řeší jejich vzájemnou interoperabilitu. Následně se počítá s jejich postupným nahrazováním prvky s širšími funkcemi.

GLIF

Global Lambda Integrated Facility je mezinárodní virtuální organizace prosazující paradigma lambda síťování. GLIF poskytuje jako běžnou službu mezinárodní lambdy (optické přenosové trasy) pro podporu vědeckého výzkumu náročného na objemy přenášených dat a podporuje vývoj middleware pro lambda síťování.

PlanetLab

PlanetLab je globální výzkumná síť, která podporuje vývoj nových síťových služeb. Využívá se k vývoji nových technologií pro distribuované ukládání, mapování sítí, peer-to-peer systémů, distribuovaných rozptylovacích tabulek a zpracování front.

VINI

Virtual Network Infrastructure (VINI) je virtuální síťová infrastruktura umožňující výzkumníkům ověřovat jejich protokoly a služby v rozlehlé síti. VINI svým uživatelům nabízí, aby své nápady nasadili a vyhodnocovali při reálném směrování, zátěži a změnách v síti. VINI podporuje současné experimenty s libovolnou síťovou topologií a sdílenou fyzickou infrastrukturou, aby poskytla maximální flexibilitu při návrhu různých experimentů.

ORIENTplus

Projekt ORIENTplus navázal na projekt Orient realizovaný v letech 2007 – 2010. Účelem projektu je udržovat a dále rozvíjet infrastrukturu mezi GÉANT a Čínou, a propojovat evropské a čínské vědce.

NEAT-FT

Společný výzkumný projekt NEAT-FT se zabývá přesností a stabilitou přenosu času a frekvence požadovanými v metrologii. Rozvíjí metody využití optických linek pro porovnání optických atomových hodin, které jsou nejstabilnějším dosud vyvinutým zdrojem frekvence. Přesnost přenosu času se pohybuje v řádech 10–100 ps na vzdálenost přes 1000 km.

CHAIN-REDS

Cílem projektu je koordinace a harmonizace aktivit e-infrastruktur.

Kromě dosud aktivních existují i mnohé již dokončené mezinárodní projekty, na jejichž řešení jsme se podíleli. Informace o nich najdete na stránkách sdružení.

6.3 Národní projekty

Kromě strategických velkých národních projektů se sdružení CESNET v současné době podílí na řešení projektu programu Alfa TAČR s názvem **Vícekanálové přenosy obrazu s vysokým rozlišením optickou sítí (POVROS)**. Cílem je další vývoj zařízení MVTP pro přenos videa s vysokým rozlišením a nízkým zpožděním a jeho uvedení na trh. Na tomto projektu sdružení spolupracuje s komerčními partnery, společnostmi KIT Digital Czech a ACE.

7 Závěr

Komplexní e-Infrastruktura CESNET připravuje podporu pro celou vědeckou, výzkumnou a výukovou komunitu. Výsledkem by měla být možnost rovnocenného přístupu ke špičkovým IT technologiím, což by mělo jednotlivým řešitelským týmům umožnit se soustředit na vlastní řešený problém a dosáhnout vyšší úrovně výsledků ve svém základním oboru.

Literatura

- [1.] *Cestovní mapa ČR velkých infrastruktur*, <http://www.msmt.cz/vyzkum/ceska-roadmap>
- [2.] *Matyska L. a kol., Národní e-infrastruktura v ČR, Praha 7.11.2012*, http://www.metacentrum.cz/docs/e-infrastruktura_CR.pdf
- [3.] *Halák J. a kol., Real-time stereoscopic streaming of robotic surgeries, Healthcom 2011, Columbia, MO, June 13, 2011*

Kontakt:

Milan Šárek
CESNET z.s.p.o
Žitná 4
160 00 Praha 6
tel: 602 527 673
e-mail: ms@cesnet.cz
<http://www.cesnet.cz>

MODELOVÁNÍ OBNOVY KMENOVÝCH BUNĚK

Jan Šilar, Jiří Kofránek, Tomáš Kulhánek, Katarina Forgáčová,
Emanuel Nečas

Klíčová slova:

fyziologie, kmenová buňka, ionizující záření, hematopoéza, homeostáza, modelování, identifikace parametrů

1 Biologický úvod

1.1 Kmenové buňky

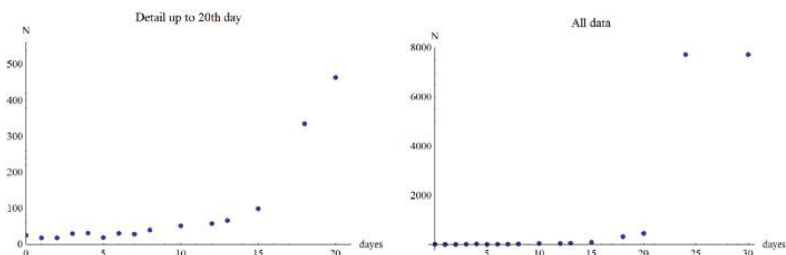
Krvetvorné kmenové buňky jsou zdrojem všech krevních buněk, které jsou nepřetržitě tvořeny během celého života. Kmenové buňky zajišťují stálost krvetvorby specifickou schopností sebeobnovování buněčným dělením. Použití kmenových buněk k tvorbě buněk krevních, prostřednictvím tzv. buněk progenitorových, znamená jejich ztrátu. Doplnění jejich počtu je možné jen buněčným dělením, které může mít dvě alternativy: asymetrické dělení, při kterém vznikne jen jedna nová kmenová buňka, která nahradí buňku, která se rozdělila, a symetrické dělení, při kterém z jedné kmenové buňky vzniknou dvě nové kmenové buňky[1]. Ke dlouhodobému udržení krvetvorby dostačuje asymetrické dělení kmenových buněk, protože se při něm nejen produkují buňky progenitorové, ale obnovují se i buňky kmenové, jejichž počet zůstává stejný. Zvýšení počtu kmenových buněk je možné jen jejich symetrickým rozdělením na dvě buňky kmenové. K tomu dochází po poškození krvetvorné tkáně, které postihne i buňky kmenové, nebo po jejich transplantaci, kdy z malého počtu (v principu i z jedné) kmenových buněk se jich vytvoří dostatečné množství potřebné pro tvorbu krevních buněk.

Krvetvorná tkáň, i její kmenové buňky, jsou značně citlivé k působení ionizujícího záření. Celkový počet kmenových buněk v krvetvorné tkáni myši je normálně asi 4000 až 8000[2] při celkovém počtu všech krvetvorných buněk asi 350 milionů. V závislosti na dávce záření se počet kmenových buněk sníží až na jednotlivé buňky, přičemž přežití expozici záření je možné jen za předpokladu, že se alespoň jedna kmenová buňka zachová nebo jsou po ozáření kmenové buňky transplantovány. Vyplývá to ze skutečnosti, že kmenové buňky nemohou vzniknout z jiných buněk a jejich přítomnost je podmínkou dlouhodobé nepřetržité tvorby buněk krevních.

1.2 Experiment

Myši byly ozářeny dávkou 6 Gy (^{60}Co) přičemž bylo možno odhadnout, že v krvetvorné tkáni zůstalo přibližně jen 20 kmenových buněk. Tuto, relativně vysokou dávku záření, přežijí všechny myši i bez transplantace nových kmenových buněk. Jsou-li jim však kmenové buňky transplantovány, velmi účinně začnou podporovat krvetvorbu a stanou se dlouhodobým zdrojem krevních buněk společně s kmenovými buňkami, které přežily vystavení účinkům ionizujícího záření. V případě, kdy transplantované kmenové buňky pocházejí z jiného jedince, vznikne tzv. chimerická krvetvorba, ve které jsou tvořeny krevní buňky z obou zdrojů kmenových buněk paralelně. Poměr,

ve kterém jsou krevní buňky ze dvou subpopulací kmenových buněk tvořeny, odráží jejich vzájemný poměr v době transplantace [3]. V experimentu tohoto bylo využito ke sledování průběhu samovolného obnovování počtu kmenových buněk u myši ozářených dávkou 6 Gy. Různou dobu po ozáření bylo transplantováno konstantní množství dárcovských buněk, které obsahovaly známé množství buněk kmenových. S postupující samovolnou obnovou populace kmenových buněk během regenerace ozářením-poškozené krvetvorné tkáně, se poměr mezi transplantovaným počtem kmenových buněk a jejich počtem nacházejícím se v regenerující krvetvorné tkáni příjemce transplantátu měnil ve prospěch příjemcových kmenových buněk. Tento proces byl sledován v rozmezí 30 dnů po ozáření. Standardní množství transplantovaných kmenových buněk odpovídalo asi 3,5 procentům jejich normálního celkového množství, t.j. asi 140 až 280 kmenovým buňkám. V době po ozáření, kdy výsledkem transplantace bylo po transplantaci dosaženo úrovně chimerismu v krvetvorbě 50% se tedy celkový počet kmenových buněk v ozářeném příjemci zvýšil z původních asi 20 na asi 140 až 280. To nastalo za 18 až 18,5 dnů. Z následného vývoje chimerismu, ve prospěch krvetvorby odvozené od kmenových buněk ozářeného příjemce, pak bylo možné odhadnout další průběh sebeobnovy populace jeho kmenových buněk. Výsledky svědčily pro to, že okolo 25. dne se již přiblížil počet kmenových buněk v regenerované krvetvorné tkáni normálním hodnotám, tedy asi 4000 až 8000 (Obr. 1). V prvním grafu je detail měření do 20. dne. V druhém je celé měření do 30. dne. Je patrný výrazný nárůst mezi 20. a 24. dnem. Hustota měření je v tomto časovém úseku rychlé změny malá, ale hodnoty na jejím začátku i konci byly naměřeny v nejméně dvou opakovaných pokusech.



Obrázek 1 — Počet vlastních kmenových buněk v průběhu prvního měsíce po ozáření.

2. Modelování

Předpokládáme, že při rozdělení kmenové buňky vznikne vždy jedna nová kmenová buňka, zatímco druhá vzniklá buňka může být buď kmenová (symetrické dělení), nebo progenitorová (asymetrické dělení, které je charakteristické pro normální krvetvornou tkáň). S pravděpodobností P vzniká nová buňka kmenová a s pravděpodobností $1 - P$ vzniká buňka progenitorová. Případ, kdy při dělení vzniknou dvě progenitorové buňky neuvažujeme.

Vývoj počtu kmenových buněk N se řídí diferenciální rovnicí kde P je pravděpodobnost vzniku kmenové buňky, T_c doba buněčného cyklu

$$\begin{aligned}\frac{dN}{dt} &= P \frac{24}{T_c} N \\ N(0) &= N_0,\end{aligned}$$

(zakončeného rozdělení buňky) v hodinách. Čas t je ve dnech. N_0 je počet zbylých buněk po ozáření. Člen $\frac{24}{T_c} N$ představuje počet všech uskutečněných dělení během jednoho dne. Vynásobíme-li jej pravděpodobností vzniku kmenové buňky, dostáváme přírůstek kmenových buněk za den.

P i T_c jsou veličiny měnící se v čase. Jejich hodnoty (zvláště hodnotu P) není možné měřit. Předpokládáme, že P závisí na poměru počtu kmenových buněk k jejich maximálnímu možnému počtu, tedy $P(N/N_{max})$. Tuto funkční závislost mezi P a N/N_{max} se budeme snažit nalézt. Dobu buněčného cyklu budeme považovat za konstantní, $T_c = 12\text{h}$. Důsledek tohoto výrazného zjednodušení budeme diskutovat.

2.1 Původní model

Předpokládalo se, že

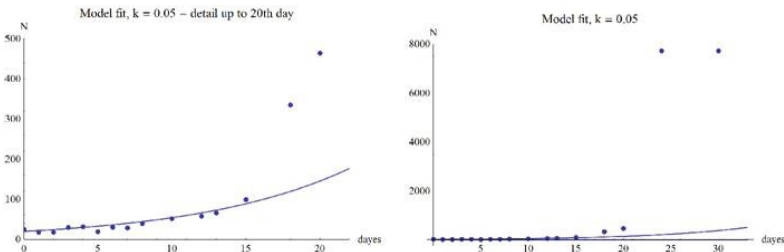
$$P(N/N_{max}) = k(1 - N/N_{max}),$$

kde

$$k \in \langle 0, 1 \rangle$$

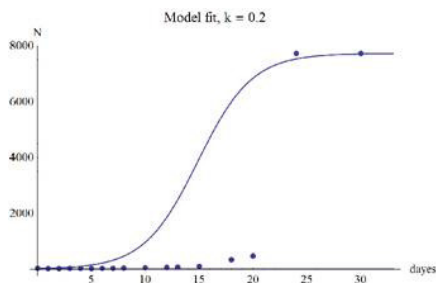
je konstantní.

Když je kmenových buněk málo, poměr N/N_{max} je malý a $P \sim k$. Pravděpodobnost vzniku kmenové buňky je velká. Když je naopak kmenových buněk hodně ($N \rightarrow N_{max}$), pravděpodobnost vzniku kmenové buňky, zvyšující jejich celkový počet, se blíží nule. Hledáním vhodné hodnoty parametru k se snažíme řešením modelu proložit experimentálně naměřená data.



Obrázek 2 — Původní model, $k = 0.05$ (tečky - experimentální data, čára - modelová data)

Na obr. 2 je vykresleno řešení tohoto modelu pro $k = 0.05$. Model dobře popisuje průběh dat do 15. dne. Prudký nárůst mezi 15. a 25. dnem naopak model vůbec nevystihuje.



Obrázek 3 — Původní model, $k = 0.2$

Na obr. 3 je vykresleno řešení modelu pro $k = 0.2$. Model sice vykazuje nakonec stejný nárůst jako experimentální data, ale průběh je úplně jiný.

Tento model není možné vhodnou volbou parametru k nastavit tak, aby popisoval děj probíhající při experimentu. Struktura modelu je zřejmě špatná. Ani v případě, že bychom znali časový průběh délky buněčného cyklu $T_c(t)$ a započítali jej v modelu, nepovede to k jeho zpřesnění. T_c bude nejdříve krátký a jak bude přibývat kmenových a progenitorových buněk se bude T_c postupně prodlužovat. To by vedlo ke zpomalení nárůstu množství buněk, kterých by byl stále značný nedostatek okolo 25. dne.

2.2 Rozšířený model

Model diskutovaný v předchozí podkapitole s $k = 0.05$ dobře popisuje chování reálného systému v prvních 15 dnech. Pak se zdá, že je v systému vyslán nějaký signál, který změní režim, což náš model nepostihuje. Pokusili jsme se proto model rozšířit o tuto změnu režimu. Koeficient k v rozšířeném modelu funkčně závisí na N/N_{max} podle předpisu

$$k(N/N_{max}) = \begin{cases} k_0 & \text{if } N/N_{max} < r_0 \\ k_0 \cdot \left(1 - \frac{N/N_{max} - r_0}{r_1 - r_0}\right) + k_1 \cdot \frac{N/N_{max} - r_0}{r_1 - r_0} & \text{if } r_0 \leq N/N_{max} < r_1 \\ k_1 & \text{if } r_1 \leq N/N_{max}. \end{cases} \quad (1)$$

Na intervalu $\langle 0, r_0 \rangle$ resp. $\langle r_1, 1 \rangle$ je k konstantní, rovno k_0 resp. k_1 . Na intervalu $\langle r_0, r_1 \rangle$ je hodnota k spočtena lineární interpolací k_0 a k_1 – zde dochází postupně ke změně režimu. Správnější a také přesnější by jistě bylo modelovat přímo fyziologickou podstatu řízení procesu – počítat pravděpodobnosti na základě fyziologických dějů, které je ovlivňují. Tyto jevy ale zatím nejsou známé. I tento heuristický přístup přináší některé zajímavé závěry uvedené v následujících odstavcích.

2.3 Identifikace rozšířeného modelu

V rozšířeném modelu vystupují čtyři neznámé parametry k_0 , r_0 , k_1 , a r_1 , jejichž hodnoty je potřeba odhadnout. Model stále nepopisuje reálný děj dostatečně přesně – uvažuje konstantní dobu buněčného cyklu a výraz (1) pro výpočet koeficientu pravděpodobnosti je nejistý.

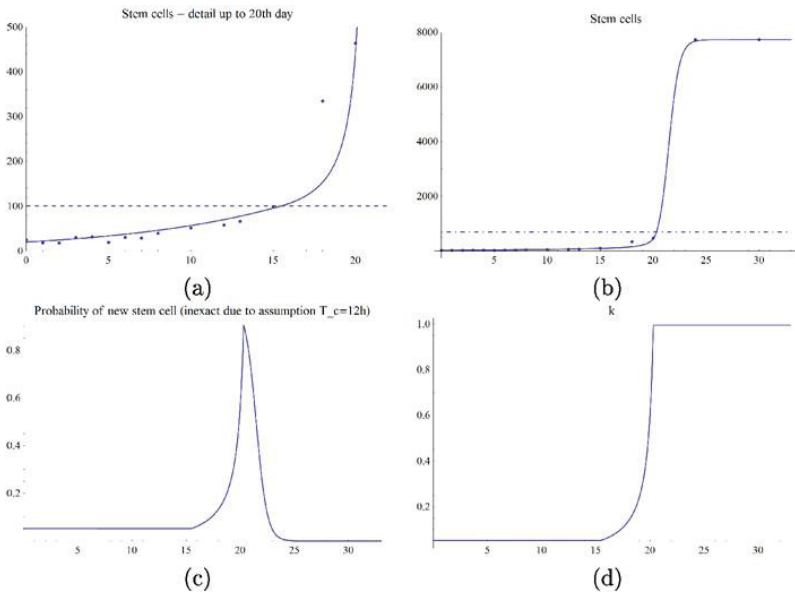
Proto není možné hledat hodnoty parametrů pomocí minimalizace normy rozdílu experimentálních a modelových dat. V oblasti nejprudšího vývoje bylo bohužel provedeno příliš málo měření. Hodnoty parametrů jsme hledali ručně pomocí nástroje manipulate ve výpočetním systému Mathematica. Došli jsme k hodnotám

$$r_0 = 0.013$$

$$k_0 = 0.0525$$

$$r_1 = 0.09$$

$$k_1 = 0.995.$$



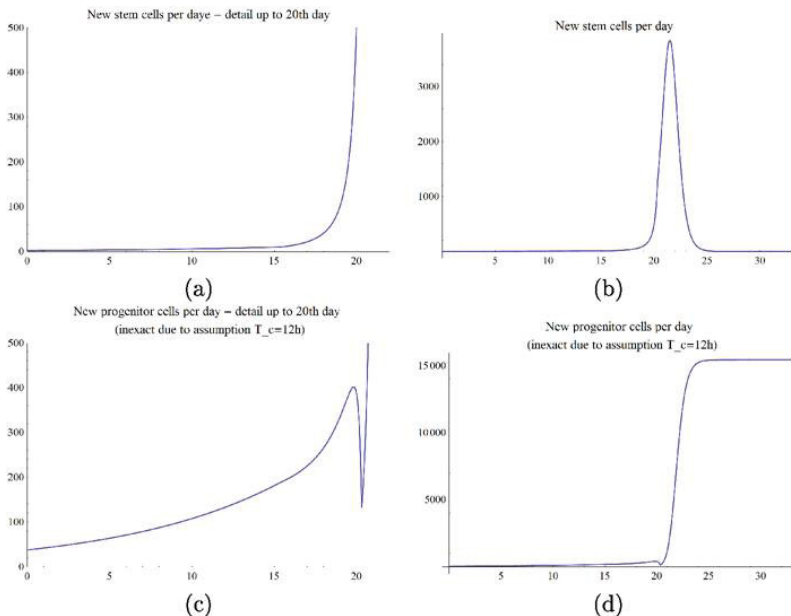
Obrázek 4 — Identifikovaný rozšířený model: (a) množství kmenových buněk – detail. Čárkovaná čára odpovídá $N = N_{max} \cdot k_0$ – ukazuje, kde začíná přechod na druhý režim. (b) množství kmenových buněk. Čerchovaná čára odpovídá $N = N_{max} \cdot k_1$ – ukazuje, kde končí přechod na druhý režim. (c) pravděpodobnost vzniku nové kmenové buňky. (d) - koeficient k .

Přesnost tohoto odhadu nebude kvůli nepřesnosti modelu, tzv. „trade-off“ efektu a špatnému vzorkování experimentálních dat zřejmě příliš vysoká.

Řešení modelu přesto docela dobře prokládá naměřená data, viz obr. 4.

2.4 Fyziologická interpretace výsledků simulace

Na obrázku 5 je srovnání přírůstek kmenových a progenitorových buněk.



Obrázek 5 — Identifikovaný rozšířený model – srovnání přírůstku kmenových a progenitorových buněk: (a) počet nových kmenových buněk za den – detail do 20. dne, (b) počet nových kmenových buněk za den v průběhu celého sledovaného období. (c) počet nových progenitorových buněk za den – detail do 20. dne. (d) počet nových progenitorových buněk za den během celého sledovaného období. Přepnutí režimu na režim zvyšující pravděpodobnost vzniku kmenové buňky přechodně snižuje tvorbu progenitorů, protože se jedná o alternativní, vzájemně se vylučující, děje.

V první fázi je pravděpodobnost vzniku kmenové buňky, která by zvýšila jejich celkový počet nízká a vznikají hlavně buňky progenitorové (asymetrickým buněčným dělením). Ty jsou podkladem intenzivní produkce krevních buněk, které plní životně důležité funkce přenosem kyslíku, obranou proti infekcím a předcházením krvácení. Když je vyprodukováno dostatečné množství progenitorových buněk zabezpečujících bezprostřední přežití, přepne se režim a vzniká významně více kmenových buněk v porovnání s jejich počtem, které zanikají. Kmenové buňky se pak rychle namnoží na normální, nebo normálním počtům blízké, hodnoty. Čím více je kmenových buněk, tím více vzniká i buněk progenitorových. Proto se pak i stav progenitorových buněk dostane rychle do normálu.

Předpokládáme, že po obnovení normálního počtu kmenových a progenitorových buněk se výrazně prodlouží buněčný cyklus kmenových buněk. Současně se přepne režim řídicí počet kmenových buněk a vznik buněk progenitorových na režim odpovídající nepoškozené krvetvorné tkáni. Ten odpovídá přísně asymetrickému rozdělování kmenových buněk na jednu buňku kmenovou a jednu buňku progenitorovou při nízké intenzitě (frekvenci) těchto buněčných dělení.

Závěr

Prokázali jsme, že původní model neodpovídá realitě. Navrhli jsme přesnější model, který odpovídá lépe experimentálním datům. Tento model předpokládá přechodnou změnu režimu, který řídí vznik nových kmenových buněk. Bylo doporučeno provést více měření mezi 15. a 24. dnem a pokusit se odhadnout dobu buněčného cyklu kmenové buňky v průběhu regenerace krvetvorné tkáně. Klíčovou otázkou je fyziologická (biologická) podstata režimu, který ovlivňuje pravděpodobnost vzniku více kmenových buněk než kolik jich zaniká.

Poděkování

Práce vznikla za podpory projektu PRVOUK-P24/LF1/3, UNCE204021 a SVV-2012-264507.

Práce byla podporována grantem MPO FR-TI3/8.

Reference

- [1.] Kendra L Congdon and Tannishtha Reya. *Divide and conquer: how asymmetric division shapes cell fate in the hematopoietic system. Current Opinion in Immunology*, 20(3):302 – 307, 2008. *Lymphocyte activation / Lymphocyte effector functions*.
- [2.] Katarina Forgacova and Emanuel Necas. *Availability of haematopoietic niches for transplanted stem cells. Folia Biologica (Praha)*, 59:1–14, 2013.
- [3.] Katarina Forgacova, Filipp Savvulidi, Ludek Sefc, Jana Linhartova, Emanuel Necas. *All hematopoietic stem cells engraft in submyeloablatively irradiated mice. Biol Blood Marrow Transplant.* 2013 Feb 16. pii: S1083-8791(13)00084-0. doi: 10.1016/j.bbmt.2013.02.012. [Epub ahead of print].

Kontakt:

Jan Šilar

Oddělení biokybernetiky a počítačové

podpory výuky

ÚPF 1. LF UK, Praha

U nemocnice 5,

128 53 Praha 2

e-mail: jan.silar@lf1.cuni.cz

ÚLOŽIŠTĚ DAT A BEZPEČNOST DATABÁZÍ

Miloslav Špunda

Anotace

Příspěvek se zabývá problematikou užití centrálního úložiště dat jako dalšího stupně rozvoje informačního systému (IS) instituce, zejména vzhledem k specifickému prostředí vysoké školy (fakulty). Objasňuje pojem datového skladu jako možného technického řešení. Je diskutována problematika ukládání statických dat z provozu IS a zajištění jejich bezpečnosti při přechodu na užití centrálního úložiště.

Klíčová slova

centrální úložiště, úložiště dat, datový sklad, relační databáze, ochrana dat, řízení přístupu

Úvod

Rozvoj IT technologií a jejich stále se rozšiřující užití při řízení chodu instituce znamená i postupný nárůst ukládaných dat. Tato data mají původně převahu dat dynamických, potřebných pro rychlé ukládání a aktualizaci informací (ekonomické řízení, finanční systém, spisová služba, datové schránky). Postupně však narůstá i objem dat statických. Je to způsobeno implementací dalších aplikací, které přímo s každodenním chodem instituce nesouvisí, ale jsou z právních a dalších hledisek nezbytné (majetek, registr smluv, archivace, IT podpora výběrových řízení).

Tento nárůst aplikací podporujících chod instituce a s tím související nárůst objemů příslušných ukládaných dat postupně zatěžuje provozní databáze IS, přitom některá uložená data (datové soubory) nejsou opakovaně aktualizována. Jejich uložení v rámci **provozního systému** (základní aplikace pro rychlé ukládání a aktualizaci dat) je tak nevýhodné, může způsobovat i zpomalení systému a komplikace s potřebným prostorem pro základní databáze IS.

Řešení této situace znamená rozvíjet IS instituce dalším směrem a to zřízením centrálního úložiště dat instituce. Znamená to zároveň nutnost vybudovat i aparát přístupu k uloženým datům (datovým souborům), ale z jiných hledisek než je jejich rychlé ukládání a aktualizace. Vedoucím pracovníkům by takový systém měl nabídnout globální pohledy potřebné k řízení s možností analýzy a dotazů. Centrální úložiště dat lze řešit implementací **datového skladu** (Data Warehouse – DWH), který kromě uložení dat statického charakteru mimo prostor provozních databází umožňuje i strukturovaný přístup k uloženým souborům a analytické dotazování.

Specifickým problémem je zde ochrana uložených dat, převzatých do datového skladu z provozního systému s přísným řízením přístupu a ověřováním oprávnění. Pro datový sklad je třeba implementovat takové řešení zpřístupňující data uživatelům, které respektuje původní charakter ochrany dat v provozním systému.

Datový sklad v informačním systému

Datový sklad je obvykle budován jako centrální úložiště pro všechna data (datové soubory) instituce. Smyslem je, kromě technického hlediska odlehčení datového prostoru provozních databází, poskytovat uživatelům ucelená data o provozu instituce. Datový sklad zároveň vytváří datovou základnu pro možné detailní analýzy dat.

Součástí SW podpory datového skladu jsou proto nástroje pro import dat z provozních databází, transformaci těchto dat do struktury datového skladu, přípravu dat pro reporting a analýzu a příslušné nástroje pro řízení přístupu uživatelů k uloženým datům. Data tak nejsou uchovávána roztržštěně v databázích provozních systémů či jejich částech daných často nesourodými částmi základní aplikace (např. řešení fakturace, registr smluv).

Datový sklad data integruje na jednom místě, navíc v konsolidované formě (sloučení informací z více zdrojů, odstranění duplicit, sjednocení číselníkových hodnot, atd.). Datový sklad uchovává kromě dat aktuálních i data historická (je možno sledovat vývoj), což provozní systém obvykle nepodporuje. Příkladem může být návaznost na spisovou službu (komponenta provozního systému), kdy datový sklad podporuje archivaci dokumentů a usnadňuje splnění právních náležitostí.

Základní rozdíl mezi datovým skladem a provozním systémem v IS instituce je v tom, že provozní systém podporuje rychlé ukládání a aktualizaci online přicházejících dat (např. faktury, objednávky, platby, průběh řešení grantových projektů, aktuální pohyb dokumentů v instituci, aj.). Podpora reportingu je malá a systém zatěžuje. Datový sklad naproti tomu je navržen a optimalizován zejména vzhledem k možnostem rychlého vyhledávání a odpovědí na dotazy uživatelů.

Architektura datového skladu obvykle vychází z koncepce, která datový sklad rozděluje do tří datových vrstev:

- dočasné úložiště (staging area), které je základní vrstvou datového skladu, slouží pro dočasné uložení a zpracování dat přenesených z provozního systému
- centrální úložiště dat sloužící k uchování konsolidovaných dat (hlavní vrstva datového skladu)
- datová tržiště (data marts) je vrstva obsahující data transformovaná z centrálního úložiště do forem vhodných pro analýzy, reporty, data mining, aplikace Business Intelligence (BI)

Data jsou mezi jednotlivými vrstvami přenášena jednosměrně ze základní vrstvy přes centrální úložiště do datamartů.

Součástí datového skladu jsou **metadata**, která slouží k popisu datového skladu (klasifikaci uložených dat) a k jeho řízení.

Vstupní data z různých zdrojů se do datového skladu importují, obvykle v pravidelných intervalech (např. denní frekvence importu). Import je řízen procesy ETL (Extract – Transform – Load), které extrahují data z provozního

systému a uloží je do dočasného úložiště. Data jsou následně transformována do vhodné struktury a uložena do centrálního úložiště. Data v centrálním úložišti nejsou měněna, nedochází k přepisu daty novějšími, obvykle ani k jejich výmazu (jen výjimečně jako technická akce). Data se udržují historicky, při změně se původní stav dat označí (jako aktuálně neplatný) a jako aktuální se uloží nová hodnota. Toto řešení dovoluje analyzovat vývoj sledovaných entit, porovnávat minulý a současný stav nebo odhadnout další vývoj.

Využití dat z centrálního úložiště detailně je vzhledem ke způsobu uložení obvykle složité a časově náročné na zpracování. Z tohoto důvodu jsou data obvykle hned po importu z provozních systémů transformována do tvaru vhodného pro reporting a analytické zpracování a uložena do datových tržišť (datamarts). Datamarty jsou navrhovány se zaměřením na další využití uložených dat, např. podle oblastí, kterých se týkají zamýšlené reporty (finanční data, výběrová řízení, smlouvy, apod.)

Výše zmíněná metadata jsou určena k uložení informací o jednotlivých entitách datového skladu. Popisují způsob naplnění, pravidla užitá při transformacích a jsou základní součástí architektury datového skladu. Obvykle jsou dvojího typu: klasifikační (typ entity, atributy, popis reportů, způsob naplnění z provozního systému, aj.) a technická (popisy procesů ETL, informace pro řízení datových toků, informace pro konsolidaci dat, aj.).

Základními funkcemi datového skladu jsou **reporting a analýza dat**, tedy zpřístupnění uložených dat koncovým uživatelům v dobře srozumitelné formě. SW datového skladu proto podporuje tvorbu předem definovaných statických reportů, které jsou poté zpřístupněny oprávněným uživatelům. Pro analýzu dat se obvykle užívá složitějších nástrojů, jakou jsou OLAP (On-line Analytical Processing) a data mining.

Technologie OLAP je určena pro rychlou analýzu rozsáhlých dat. Data pro OLAP jsou uložena v multidimenzionálních datových strukturách s různým stupněm agregace, zdrojem pro OLAP jsou datamarty. Na rozdíl od provozní databáze je zde uživateli poskytnuta možnost kombinace kritérií podle aktuální potřeby s rychlou odezvou na dotaz.

Data mining představuje pokročilejší způsob analýzy dat. Dovoluje analýzu dat zdánlivě nesourodých, odhadovat možný vývoj, hledání souvisících segmentů dat s možností promítnutí výsledků zpětně do dat v datovém skladu. Jsou zde uplatněny složitější matematické a statistické metody, data pro data mining jsou obvykle uložena ve specializovaných datamartech.

Implementace datového skladu obecně znamená značné zkvalitnění informačního systému instituce jako celku. Dovoluje využívat data z provozních databází pro plánování, hodnocení instituce ze strategických hledisek a podporuje pohled na instituci nezbytný z hlediska jejího řízení.

Implementace datového skladu a ochrana dat

Zajištění dostatečné ochrany dat vznikajících při práci s aplikacemi nad provozními databázemi představuje při implementaci datového skladu

jeden ze základních problémů. Oprávnění k přístupu při práci s aplikacemi je obvykle řízeno při administraci, jednotlivě pro každého uživatele vzhledem k jeho pracovní činnosti a odpovědnostem. Údržba systému oprávnění a jeho aktualizace je pracovně náročná, ale ve výsledku je ochrana dat důsledná a adresná. Představa o ochraně dat navržená při analýze, která předchází návrhu a vytvoření aplikace, tak může být při provozu plně respektována.

Přechodem k využívání datového skladu vzniká problém hodnocení oprávnění přístupu k datům, která původně vznikla za zcela konkrétních představ o jejich ochraně. Přenesením dat do datového skladu z provozního systému vzniká potřeba nové definice jejich ochrany.

Řízením přístupu k datům v datovém skladu se z hlediska SW podpory zabývají systémy access manager, které obsahují také nástroje pro řízení přístupu koncových uživatelů.

Pro praxi prostředí fakulty se jeví jako možné řešení koncept automatického přidělování rolí na základě personálních dat. Jakmile pracovník je pověřen konkrétní funkcí (např. proděkan) je tato skutečnost zaznamenána v personálním systému v provozním systému fakulty. Na tomto základě access manager automaticky vygeneruje odpovídající rozsah oprávnění k přístupu z hlediska souborů uložených v datovém skladu. Podobně při ukončení funkce pracovníka je toto oprávnění automaticky zrušeno. Je zřejmé, že funkčnost takového řešení je přímo závislá na aktuálnosti dat v provozním systému.

Závěr

Při přechodu na užívání centrálního úložiště dat (datový sklad) je nutno uvážit okolnost postavení instituce v širším kontextu. Fakulta jako instituce funguje autonomně, avšak z právního hlediska obvykle nemá subjektivitu, patří k vyššímu celku, například škole. Škola má ovšem jako celek vlastní koncept IS včetně ochrany dat a přístupu k nim. Některá citlivá data fakulty uložená v jejím datovém skladu mohou být pro řízení školy důležitá, přitom však jejich ochrana musí být i při jejich zpřístupnění pro IS nadřízené instituce zachována. Tyto otázky mají spíše koncepční a politický charakter, technicky je řešení možné. Toto řešení je nutno koncipovat předem s jasnými kompetencemi přístupu k datům držitele datového skladu tedy fakulty.

Dalším důležitým prvkem je otázka užití SW podpory. Prostředí vysoké školy je z hlediska koncipování IS charakterizováno množstvím dat a jejich vazeb, které se v jiných oblastech nevyskytují. Řešení z oblasti Business Intelligence (BI) obvykle bez rozsáhlejších modifikací nelze užít. Je třeba z ekonomického hlediska zvážit možnost vytvoření specifické SW podpory s návazností na již užívané aplikace v provozním systému.

Literatura

[1.] Lacko L.: *Datové sklady, analýza OLAP a dolování dat*. Computer Press, 2003.

[2.] Novotný O., Pour J., Slánský D.: *Business Intelligence*. Grada Publishing, 2004.

Kontakt:

Doc. Ing. Miloslav Špunda, CSc.
Ústav biofyziky a informatiky UK 1. LF
Kateřinská 32, Praha 2
e-mail: miloslav.spunda@lf1.cuni.cz

WEBOVÝ VÝUKOVÝ SIMULÁTOR KREVNÍHO OBĚHU

Martin Tribula¹, Filip Ježek², Pavol Privitzer¹, Jiří Kofránek¹, Josef Kolman¹

Abstrakt

Cirkulační systém obsahuje relativně složité závislosti mezi tlakem krve v jeho jednotlivých součástech, poddajností cév, výkonem levé a pravé srdeční komory a tkáňovou rezistencí. Účelem tohoto simulátoru je tyto jevy demonstrovat. Simulátor vychází z již existujícího simulátoru vytvořeného v technologii Flash, funkčnost rozšiřuje dynamickou reakcí (ukazuje přechodové jevy po změnách, nikoli pouze steady-state) a rozlišením objemu volného a stresovaného (objem, který se podílí na zvyšování tlaku).

Zároveň zde také lze demonstrovat regulaci žilního návratu a srdečního výdeje díky Frank-Starlingovu zákonu.

Klíčová slova

Fyziologie, internet, Modelica, Silverlight, Bodylight, výukové simulátory, krevní oběh

Úvod

Na našem pracovišti se zabýváme tvorbou simulačních her určených pro podporu výuky mediků i inženýrů. Jednou z těchto simulačních her je i webový simulátor určený pro vysvětlování problematiky regulace minutového objemu srdečního a venózního návratu. Tento simulátor je spustitelný v internetovém prohlížeči v prostředí Microsoft Silverlight a je postaven na frameworku Bodylight, který vyvíjíme na našem pracovišti. V tomto příspěvku bychom rádi demonstrovali pokrok ve vývoji simulátoru.

Cílová skupina a cíle výuky

Abychom měli simulátor, musíme mít nejen technologie, ale hlavně cíl. Prezentovaný výukový simulátor je součástí sady simulátorů pro výuku předmětu Poruchy fyziologických regulací tak, jak byly vytvořeny v rámci projektu FRVŠ 2680/2012. Cílovou skupinou jsou studenti prvního ročníku FEL ČVUT, magisterského oboru Biomedicínské inženýrství.

Cíle předmětu

Jak praví anotace předmětu:

Předmět navazuje na předmět Fyziologie a anatomie. Seznamuje s vybranými poruchami funkcí jednotlivých fyziolog. orgánových systémů, adaptačními odpověďmi organismu na příslušné poruchy a průběhem patogeneze jednotlivých orgánových selhání. Důraz je kladen na pochopení provázanosti jednotlivých fyziologických systémů a pochopení regulační odpovědi při jednotlivých orgánových poruchách. (<https://www.fel.cvut.cz/education/bk/predmety/17/07/p1707306.html>)

¹ Laboratoř biokybernetiky, 1 LF UK

² Katedra kybernetiky, FEL ČVUT

Předmět má za cíl budoucí bioinženýry seznámit s problematikou fyziologických regulací, měření fyziologických parametrů, tak aby byly schopni:

- o problematice diskutovat
- popsat hlavní fyziologické závislosti
- domýšlet efekty změn fyziologických parametrů
- při setkání s novým tématem se v něm samostatně orientovat a dovzdělat

Simulátory nemají být v současné podobě samostatným učebním nástrojem, ale pouze doplňkovou pomůckou k výkladu. Proto nejsou vybaveny scénářem, který doprovází výuku.

Metodika použití pro simulátor jednoduché cirkulace

Simulátory jsou definovány jako pomůcka pro výklad. V případě čistě e-learningového použití je nutno je doplnit o "scénář". takový scénář byl vytvořen zatím pouze pro simulátor jednoduché cirkulace. Jde o doplňkový text, který by v případě e-learningu byl zakomponován přímo do aplikace a rozdělen do částí a kapitol podle postupu studenta. Lze to ještě zinteraktivnit použitím kvízů, nabízet nesprávné závěry a při jejich zvolení nabídnout postup, který dokazuje jejich neplatnost.

Cíle simulátoru jednoduché cirkulace

Okruh lidské cirkulace je netriviální zapojení zahrnující mnoho parametrů. Pro regulaci srdečního výdeje mají právě tyto parametry zásadní vliv. Simulátor nám dovoluje měnit poddajnosti a rezistance a srdeční výkon zjednodušený za sklon Starlingovy křivky.

Student má díky simulátoru:

- popsat vliv poddajnosti na celkovou cirkulaci
- vysvětlit důležitost variabilního objemu V_0 , tedy objemu cév, které netvoří tlak
- z paměti říct normální hodnoty normálního krevního objemu, minutového průtoku a krevního tlaku ve všech čtyřech zónách
- vysvětlit roli sklonu Starlingovy křivky a její důležitost pro regulaci cirkulace

Od statického k dynamickému modelu

Simulátor vychází z předchozí verze simulátoru, který byl vytvořen v prostředí Adobe Flash. Tento flashový simulátor byl řízen jednoduchým modelem[1], který popisoval rovnovážný stav a je popsán následujícími rovnicemi:

Ohmův zákon:

$$Q = (PAS - PVS) / R_{syst},$$

$$Q = (PAP - PVP) / R_{Pulm},$$

kde Q je minutový objem srdeční, PAS systémový arteriální tlak, PVS

systémový venózní tlak, PVP plicní venózní tlak, R_{syst} a RP_{ulm} jsou systémový a plicní periferní odpor

Starlingova křivka aproximovaná lineární závislostí minutového objemu srdečního Q na plicních tlacích pravého a levého srdce:

$$Q=KR*PVS,$$

$$Q=KL*PVP,$$

kde KR je čerpací funkce pravé komory, KL čerpací funkce levé komory

Poddajnost cév vzhledem k náplni:

$$VAS=CAS*PAS,$$

$$VVS=CVS*PVS,$$

$$VVP=CVP*PVP,$$

$$VAP=CAP*PAP,$$

kde VAS je celkový objem krve v systémových artériích, VVS celkový objem krve v systémových žilách, VAP celkový objem krve v plicních artériích a VVP celkový objem krve v plicních žilách.

Celkové množství krve je VB jako součet reziduálního objemu krve V₀ a objemů jednotlivých částí krevního řečiště:

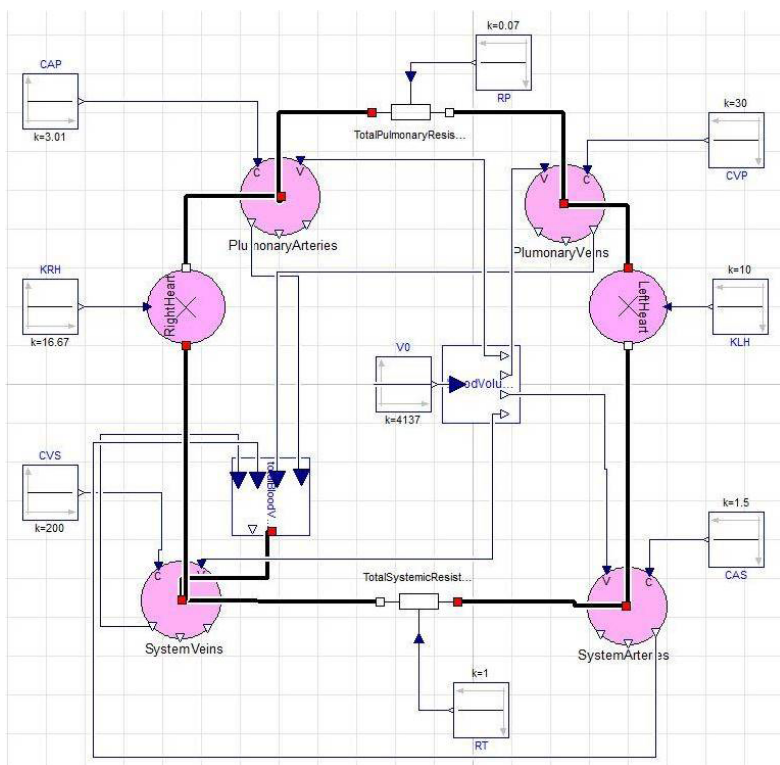
$$VB=V_0+VAS+VVS+VAP+VVP;$$

Přechod na modelovací jazyk Modelica nám umožnilo implementovat tento model jako model dynamický.

Model počítá průběh tří základních parametrů v různých místech krevního oběhu tzn. tlak, objem krve a průtok daným místem. Průtok je ve všech místech stejný, protože je oběh zapojen sériově (nepočítá se průtok jednotlivými větvemi, ale pouze v hlavních oddílech, jako je plicnice, aorta, pravá a levá síň). Model počítá přechodové jevy a vrací se do rovnovážné polohy. Nelze z něj ale odečítat časový průběh počítaných parametrů. Model uvažuje pouze s fyzikálními zákony a Starlingovým zákonem, nezahrnuje fyziologické zpětnovazební regulační mechanismy. Ty si musí nahradit uživatel modelu sám.

Model se skládá ze dvou čerpadel (pravého a levého srdce) a propojovacích potrubí (tepen, žil a odporových arteriol). Čerpadla se chovají jako ideální zdroje průtoku, tzn. průtok jimi dodávaný nezávisí nijak na tlaku proti kterému pracují. Je to sice určité zjednodušení, za běžných podmínek srdeční práce ale přípustné. Naopak je dodávaný průtok přímo úměrný plicnímu tlaku obou čerpadel. Konstantou úměrnosti je sklon Starlingovy křivky, který lze měnit.

Spojovací potrubí je modelováno jako elastický kompartment, u kterého lze ovlivnit jeho poddajnost tzn. poměr mezi objemem a tlakem v daném oddíle. U odporových arteriol lze ovlivnit jejich odpor, tedy poměr mezi tlakovým



Obrázek 1 — Dynamický model krevního oběhu implementovaný v Dymole

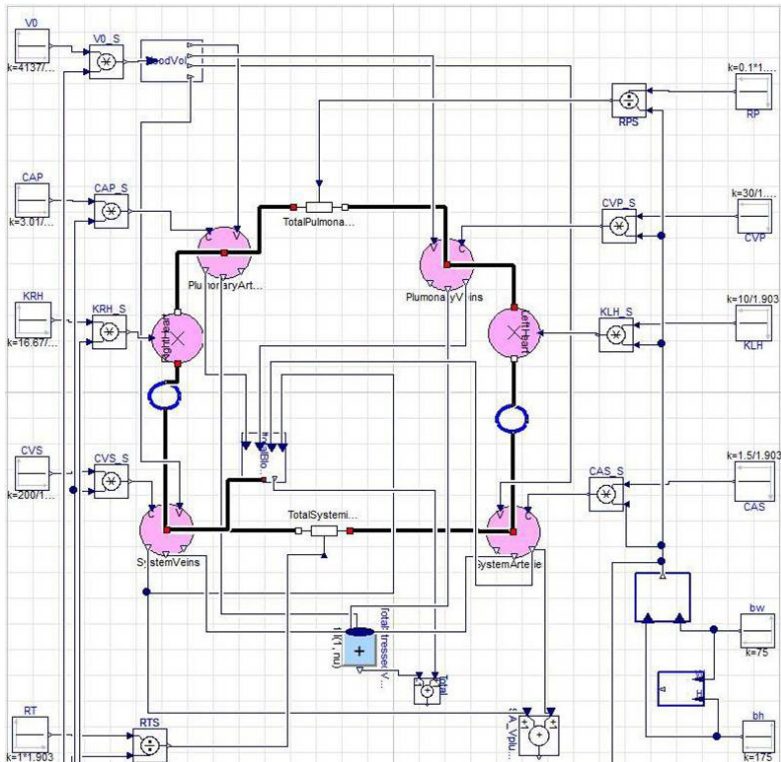
spádem a průtokem. Dalším měnitelným parametrem je celkový objem krve v systému.

Pro potřeby tohoto simulátoru bylo třeba rozšířit model o další prvky, které slouží k úpravě vstupních parametrů modelu a počítají některé výstupní hodnoty z modelu.

Co si se simulátorem vyzkoušet

1. Zkuste zastavit srdce. Sledujte, jak se rozmístí krev a jaký vliv na toto rozmístění budou mít změny periferních odporů.

Srdce se zastaví snížením sklonu obou Starlingových křivek na 0. (model to úplně neumožňuje, tak je alespoň minimalizujte). Krev se rozdělí mezi jednotlivými oddíly v poměru podle jejich poddajnosti, tzn. nejvíc krve bude v nejpoddajnějších oddílech, protože ty méně poddajné ji tam přetlačí. Odpor v tom nebude hrát žádnou roli. Změny odporu pouze ovlivní rychlost, s jakou krev do poddajnějších oddílů nateče, tedy jak rychle se rovnovážný stav nastolí.

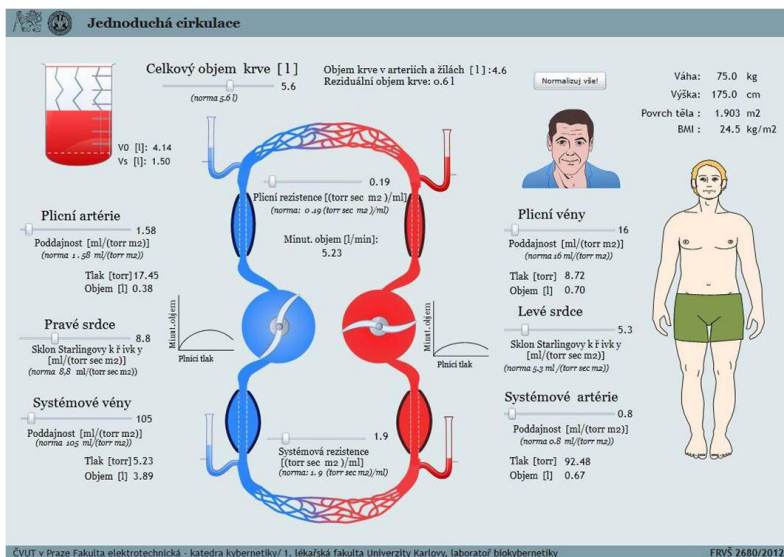


Obrázek 2 — Rozšířený model jednoduché cirkulace

2. Srdce postupně rozbihejte a všimněte si centrálního žilního tlaku. Jak je C.Ž.T. ovlivněn změnami srdečního výdeje, periferního odporu, nápně řečiště a poddajnosti žil?

S růstem srdečního výdeje klesá centrální žilní tlak, protože je více krve odčerpáváno ze žil do tepen. Závislost C.Ž.T. na srdečním výdeji se jmenuje křivka žilního návratu. Zvýšení nápně řečiště se rozprostře do všech oddílů řečiště, tedy i do žil, a způsobí nárůst C.Ž.T. Křivku žilního návratu to posune směrem k vyšším hodnotám tlaku a výdeje. Zvýšení odporu vede ke ztížení návratu krve do žil; pro daný průtok je třeba vyšší tlakový spád a tedy zvýšení systémového tlaku na úkor C.Ž.T. S rostoucím odporem roste vliv srdečního výdeje na C.Ž.T. a tedy se zestrmuje křivka žilního návratu. Kdyby šel odpor teoreticky anulovat, nebudou mít změny srdečního výdeje žádný vliv na C.Ž.T. S rostoucí žilní poddajností klesá C.Ž.T. Křivka žilního návratu se posune k nižším tlakům a zploští se, protože klesne vliv změny objemu v žilách na tlak v žilách ($p = V/C$). Velikost srdečního výdeje, která by teoreticky byla nutná k úplnému vyprázdnění žil se ale nezmění.

3. Vyzkoušejte, jaký vliv mají změny periferního odporu na systémový tlak



Obrazek 3 — Webový výukový simulátor krevního oběhu

a srdeční výdej; jak to, že se výdej mění s odporem, přestože výše tvrdíme, že průtok dodávaný pumpami nezávisí na jejich dotížení?

Nabízíme 2 možnosti:

a) Jsme lháři, jimž se nedá věřit.

b) Změnou odporu se sice zachová výdej pumpy, ale změní se průtok přes odporové arterioly. Tím nastane nerovnováha mezi přítokem a odtokem v žilní části řečiště, kde se začne měnit objem krve. Tím se změní i plicní tlak komory a potažmo její výdej. Po chvíli se takto průtok odporovou částí řečiště a srdeční výdej opět vyrovnají a nastane nová rovnováha při jiné hodnotě průtoku. Změna výdeje není tedy přímo způsobena změnou zatěžovacího odporu, ale změnou plnění komory. Systémový tlak spolu s odporem roste, pokles průtoku nestačí nárůst odporu vykompenzovat.

4. Zkuste nasimulovat kardiogenní šok. Vyzkoušejte různé kompenzační mechanismy, které má tělo k dispozici, vyzkoušejte, co byste s tím dělali jako lékaři. Je třeba si uvědomit, co je cílem kompenzatorních mechanismů a jaké je pořadí priorit:

1. udržení dostatečné perfuze životně důležitých orgánů
2. udržení dostatečného srdečního výdeje k uspokojení i ostatních tkání
3. udržení normálních tlakových poměrů ve všech částech řečiště, zejména v plicním řečišti.

Všech cílů je obvykle možno dosáhnout pouze za fyziologických okolností. V případě patologie je obvykle třeba obětovat méně prioritní cíle těm důležitějším.

Těžkému srdečnímu selhání odpovídá snížení sklonu obou nebo i jen jedné Starlingovy křivky. Modelová situace může být rozsáhlý infarkt LK se zachovalou PK. Tělo se bude snažit kompenzovat výrazný pokles srdečního výdeje retencí tekutiny a arterio i veno konstrikcí. Tím stoupne plicní tlak LK a měl by tedy vzrůst i srdeční výdej. Model zde však naráží na svoje limity, protože neuvažuje s nelinearitou Starlingovy křivky; od určitého plnění už totiž výdej s plicním tlakem neroste ale naopak mírně klesá. Tato kompenzace se sice na modelu může jevit účinnou, ale její účinnost v praxi je mnohem menší. Další kompenzační reakcí je zvýšení srdeční frekvence, případně i zvýšení kontraktility, pokudto ještě lze. Tím se poněkud zlepši sklon Starlingovy křivky. Poslední kompenzační reakcí je zvýšení periferního odporu. To sice vede k dalšímu poklesu srdečního výdeje, ale protože se odpor zvýší hlavně v méně důležitých orgánech vede to k přerozdělení výdeje hlavně do těch životně důležitých. Viditelným projevem této kompenzace je nárůst TK směrem k normě. Léčebné ovlivnění spočívá na stejných mechanismech: Podáváním buď objemu nebo diuretik se snažíme udržet plicní tlak selhávající komory na maximální velikosti, která ještě nevyvolává nežádoucí účinky, jako plicní edém, nebo dilatace srdce, optimalizací srdečního rytmu, odstraněním ischemie (korekce hypotenze, PTA, trombolýza), stimulací myokardu, např. beta1 mimetiky (dobutamin) se snažíme zvětšit sklon Starlingovy křivky a pokud to nejde jinak (což většinou nejde), zvýšením periferního odporu (hlavně Noradrenalin) se snažíme udržet dostatečný perfuzní tlak pro vitálně důležité orgány.

5. Zkuste totéž pro hypovolemický šok

Modelovou situací může být stav po masivním krvácení. V důsledku poklesu plicního tlaku srdce klesá dramaticky srdeční výdej. Tělo reaguje zestrmením Starlingových křivek ve snaze zvýšit srdeční výdej. Tato kompenzace je ovšem v praxi velmi málo účinná, protože při daném objemu krve nastane situace kdy žíly začnou s rostoucím srdečním výdejem kolabovat. Tím se růst srdečního výdeje zastaví, protože v žilách už prostě nebude žádná další krev, kterou by srdce mohlo přečerpat. Model ovšem s nelinearitou způsobenou žilním kolapsem nepočítá, a tak se tato kompenzace jeví účinnější, než ve skutečnosti je. Další kompenzační reakcí je vazokonstrikce, která sníží žilní poddajnost.

Tím se kompenzuje menší objem krve v žilách a plicní tlak komor se posouvá směrem k normálu. Další kompenzační reakcí je snaha opatřit někde náplň řečiště, nebo omezit její další ztrátu. Sem patří účinná hemostáza, sekrece aldosteronu s cílem zvýšit tubulární resorpci vody, snížení sekrece exokrinních žláz a vyvolání pocitu žízně. Poslední kompenzační reakcí je zvýšení perif. odporu, kvůli zlepšení perfuze klíčových orgánů, byť za cenu poklesu celkového srdečního výdeje. Léčebná opatření spočívají hlavně v doplnění cirkulujícího objemu. To s sebou ale mnohdy nese různé komplikace - únik tekutiny extravazálně s následkem edémů a hemodiluce s následkem anemie a poruchy hemostázy.

6. Zkuste totéž pro distribuční šok

Modelovým příkladem může být třeba anafylaktická reakce, při které se po degranulaci žírných buněk uvolní různé mediátory. Ty působí převážně realaxaci prekapilárních sfinkterů, takže hlavní příčinou stavu je pokles periferního odporu. To sice vede k nárůstu srdečního výdeje, ale současně k jeho neadekvátní distribuci. Nastalá vasodilatace totiž není rovnoměrná, dochází k ní zejména v kožních cévách. I přes celkový nárůst srdečního výdeje je průtok krve důležitými orgány nedostatečný. Lze to taky vyjádřit tak, že následkem poklesu periferního odporu poklesl systémový tlak, který už není dostatečný k adekvátní perfúzi důležitých tkání. Dalším efektem uvolněných mediátorů je zvýšení permeability kapilár, takže dochází k úniku tekutiny extravazálně a tím k výrazné hypovolémii. Tělo reaguje zvýšením myokardiální kontraktility a zvýšením tepové frekvence, což se projeví zestrmením Starlingových křivek. Z léčebných opatření je nejdůležitější podávání exogenního adrenalinu. Ten brání další degranulaci žírných buněk a zhoršování stavu. Dále přes alfa1 receptory působí vasokonstrikci a nárůst periferního odporu, přes beta1 receptory dále stimuluje srdeční sval a přes beta2 receptory působí bronchodilataci, což je výhodné při bronchospasmu, který je u anafylaxe často přítomen. Dalším důležitým opatřením je doplnění cirkulujícího objemu.

Závěr

Vytvořili jsme simulátor krevního oběhu, který bude použit při výuce předmětu Poruchy fyziologických regulací studentů FEL ČVUT a také při výuce mediků našem ústavu. Při tvorbě tohoto simulátoru jsme použili aktuální verzi frameworku Bodylight, který bude představen v příspěvku kolegů.

Literatura:

[1.] Kofránek, Jiří, Mateják, Marek, Ježek, Filip, Privitzer, Pavol, Šilar, Jan: Výukový webový simulátor krevního oběhu. In MEDSOFT 2011 (Milena Ziehamlová Ed.) Praha: Agentura Action M, Praha, str. 106-121, ISSN 1803-8115.

Poděkování

Práce byla podporována grantem MPO FR-TI3/8 Kontakt:

Martin Tribula

Oddělení biokybernetiky
a počítačové podpory výuky
ÚPF 1. LF UK, Praha
U Nemocnice 5
128 53, Praha 2
e-mail: martin.tribula@gmail.com

VYUŽITÍ VIRTUÁLNÍHO PACIENTA V NELÉKAŘSKÝCH ZDRAVOTNICKÝCH OBORECH

Lenka Vondrušková

Anotace

Virtuální pacient je výukovou pomůckou pro účely tréninku a podpory rozhodování v lékařských a nelékařských oborech. V České Republice je virtuální pacient využíván pro účely tréninku mediků a začínajících lékařů. Využití této formy e-learningu pro trénink nelékařských zdravotnických pracovníků v České republice dosud chybí. Prostor pro využití virtuálního pacienta v nelékařských zdravotnických oborech lze nalézt v zaškolení nových pracovníků na specializovaných pracovištích, pro něž je nutná schopnost rychlého rozhodování (jednotka intenzivní péče, anesteziologicko-resuscitační oddělení, rychlá záchranná pomoc), virtuálního pacienta lze dále využít v dalším vzdělávání nelékařských zdravotnických pracovníků vyplývajícího ze zákona, a k tréninku zdravotnických nelékařských oborů ve školách. Otázkou je, jak zajistit kvalitu virtuálního pacienta? Existence standardů ISO, CEN a standardů určených k tvorbě virtuálního pacienta může být návodem, jak se pokusit kvalitu této formy vzdělávání v nelékařských oborech zajistit.

Klíčová slova

Virtuální pacient, e-learning, kvalita, standard

1. Úvod

Cílem virtuálního pacienta (VP) je podpora rozhodování prostřednictvím simulace reálných klinických scénářů. Výzkumných studií zabývajících se efektivitou aplikace VP je bohužel nedostatek. V současné době dochází v ČR k rozvoji e-learningu v nelékařských zdravotnických oborech. E-learning lze využít pro prezenční výuku a distanční vzdělávání, v celoživotním vzdělávání lékařů a nelékařských zdravotnických pracovníků, a k zaškolení nových zaměstnanců. Zájmu o rozvoj e-learningu v nelékařských oborech si lze všimnout ze strany Ministerstva zdravotnictví ČR (MZ ČR) v projektu *Prohlubování a zvyšování úrovně odborných znalostí* (lékařů a nelékařů). Projekt je financován z Evropských sociálních fondů (ESF) a rozpočtu ČR, realizátorem je MZ ČR, generálním dodavatelem Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví (IPVZ). Další zájem o rozvoj e-learningu v nelékařských oborech lze rozpoznat ve snaze MEFANET (*MEDical Faculties Education NETWORK*), který v roce 2011 ustanovil pracovní skupinu, jejíž náplní je právě rozvoj e-learningu v nelékařských zdravotnických oborech.

2. E-learning a virtuální pacient

Definici e-learningu se zabývalo několik autorů, zde předkládám definici Průchy a Marešové: „E-learning – termín se u nás užívá v této anglické podobě nebo se překládá jako ‚elektronické učení‘. Jde o takový typ učení, při němž

získávání a používání znalostí je distribuováno a usnadňováno elektronickými zařízeními. Může zahrnovat ucelené učební kurzy nebo menší stovebnicové učební moduly anebo jen relativně malá učební témata. Může se opírat o časově synchronní anebo asynchronní přístupy; může být distribuováno z geograficky i časově nezávislých zdrojů. Propojuje vnější řízení jedince z jeho autoregulací. Používá se především v distančních a kombinovaných formách vysokoškolského studia, v podnikovém vzdělávání, při rekvalifikačních kurzech. Postupně proniká i na střední a základní školy.“ [15]

Autor Eger k problematice dodává: „E-learning lze tedy charakterizovat jako vzdělávací proces, který je spojen s počítači a informačními a komunikačními technologiemi. Realizuje se ve vzdělávacím prostředí, vzdělávání probíhá za účelem dosažení vzdělávacích cílů.“ [4]

Pojem virtuální pacient (VP) popisuje Ellaway takto: „Interaktivní počítačová simulace reálného klinického scénáře pro účely medicínského tréninku, edukace nebo vyšetření.“ [5] Společnost *The Association of American Medical Colleges* podává tuto definici VP: „Jde o specifický typ počítačového programu, který simuluje reálné klinické scénáře, studenty vede k soutěžení v roli zdravotnického pracovníka k získání anamnézy, následného fyzikálního vyšetření a k diagnostickým a terapeutickým rozhodnutím.“ [1] Cook a Triola uvádějí: „VP jsou klinické scénáře, které se znázorňují na počítačové obrazovce. Studující se dotazuje pacienta (počítače) typováním nebo výběrem (nebo v některých případech také mluveným slovem) otázek a následnými informačními dotazy na výsledky fyzikálního vyšetření a laboratorních testů. Počítač nabízí pacientovy odpovědi nebo další požadované informace. Od studentů se typicky požaduje předložení diagnóz a terapeutického plánu v určitých bodech.“ [3] Cílem virtuálního pacienta, jak uvádí Hurst, je vzdělávání studentů a zdravotnických profesionálů prostřednictvím počítačů, které simulují reálnou situaci z lékařského prostředí s využitím virtuálního instruktora a zprostředkovávají studentům zpětnou vazbu. [9]

VP může využívat multimédií a počítačové grafiky se slovním doprovodem. VP technologie může být využita k simulaci diagnostiky a terapeutických rozhodování, dále může využívat interakci modulů s vysoce emocionálním vyjádřením se synchronizovaným slovním doprovodem. VP lze využít jako případové scénáře, které poskytují relevantní informace o konkrétním případě s využitím rozhodovacích algoritmů v péči o pacienta. VP je využíván obecně k získávání a testování diagnostických znalostí potřebných k rozhodování na základě poskytnutých klinických informací o pacientovi. [9] VP dle Hendersona poskytuje zpětnou vazbu závisující na předchozím výběru a uživatel musí aplikovat vědomosti k prohloubení znalostí prostřednictvím scénářů. [8] Pokud je případ reflexí reálné situace a reálného výběru diagnostických a terapeutických kroků, stává se VP užitečnou pomůckou pro praktikování vyšetření, testování znalostí, uvažování a rozhodovacích procesů. [16] Stevens ve svém článku o využití VP uvádí, že přirozená interakce (oči, hlas, rozpoznávací gesta v životní velikosti) zvyšuje úroveň studentova ponoření

do problematiky. Dále autor upozorňuje, že budoucnost využívání VP je řízena vývojem a hodnotícími metodami, které povedou ke zvýšení využití virtuálních scénářů. Stevens dále poukazuje, že virtuální objektivní strukturované scénáře klinických vyšetření mohou být finanční úsporou. [16]

3. Virtuální pacient v nelékařských zdravotnických oborech

Využitím této formy vzdělávání v nelékařských zdravotnických oborech se zabýval Hurst a kol. ve studii *Using a virtual patient activity to teach nurse prescribing*. Autoři využili VP pro trénink zdravotních sester v předepisování povolených léčiv zdravotními sestrami ve Velké Británii v roce 2011. Hurst při popisu náplně práce sestry hovoří o klinickém vyšetřování, přípravě a provedení diagnostických testů, monitoraci terapeutických režimů a předepisování léčiv. [9] VP byl v projektu rozdělen do částí: odebrání anamnézy, vyšetření, vytvoření léčebného plánu a předepisování léčiv. Hurst vyzdvihuje významnou roli přípravy s VP pro předepisování léků. Upozorňuje též na potřebu studií, které budou řešit využití VP studenty v jejich následné praxi a doporučuje provést focus group na téma design a zpětná vazba VP. Závěrem autor konstatuje, že pilotní studie naznačuje existenci potenciálu pro využití VP ve vzdělávacích aktivitách a užitečnost role VP ve vývoji odebrání anamnézy, vyšetřování a rozhodovacích dovednostech. [9]

Garret a Callear se zabývali aplikací VP v nelékařských oborech ve studii s názvem *The value of intelligent multimedia simulation for teaching clinical decision-making skills*. Zaměřují se na význam inteligentní multimediální simulace při výuce klinických rozhodovacích dovedností a uzavírají, že je vhodná pro trénink rozhodování. Tvorba simulací není jednoduchá, ale multimédia mohou pomoci vytvořit realistickou zkušenost pro studenty. [7] Garrett poukazuje na to, že zdravotní sestry očekávají, že své vědomosti využijí při své každodenní práci. Formulace sesterských diagnóz je deduktivní proces založený na klinických znalostech a informacích získaných od pacienta, z lékařských a sesterských zpráv a klinického vyšetření. Dodává, že inteligentní klinické simulace nabízejí vyšší realnost než *paper-based* cvičení. [7]

Cook a Triola se zabývali kritickým literárním přehledem k tématu VP. Z roku 1971 pochází první popis VP pořízený pro účely tréninku lékařů, sester a dalších zdravotnických profesí. [3] Dále se zmiňují o nedostatku výzkumů efektivity VP (na totéž upozorňuje zároveň Stevens). [16] Cook a Triola upozorňují na různorodost literatury a nedostatek rigorózních studií k tématu VP v lékařském vzdělávání i na její klíčovost. Nedostatku studií zaměřených na využití VP si povšiml i Hurst. [9] Cook a Triola v rešerši na téma VP 2009 *VPs: a critical literature review and proposed next steps* uvádějí několik důležitých otázek vztahujících se k využití této formy tréninku zdravotnických pracovníků: „Jaká je role VP v medicínském vzdělávání? Jaký by měl mít VP design? Jak by měl být VP prezentován? Jak může být VP integrován s ostatními vzdělávacími aktivitami? Jak může být VP využit ve vyšetřování? Kdo má VP vyvíjet a vlastnit?“ [3]

V České republice v roce 2004 vstoupil v platnost zákon, který ukládá

nelékařským zdravotnickým pracovníkům povinnost se vzdělávat dle ustanovení § 67 zákona č. 96/2004 Sb., o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činností souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních), ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon č. 96/2004 Sb.“), v souladu s ustanovením § 67 a následujícího zákona č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů. Zájem o rozvoj e-learningu v nelékařských oborech je patrný i ze strany MEFANET, na jehož konferenci 2011 byla koordinační radou ustanovena pracovní skupina, jejímž úkolem je rozvoj e-learningu právě v nelékařských oborech. Zájem o rozvoj VP je v rámci Evropské unie (EU) dokladován vznikem programu *eViP-electronic Virtual Patients*. Program je vytvořen jako úložiště VP a jeho posláním je multikulturní využití VP pro zvýšení kvality a prospěchu v lékařském a zdravotnickém vzdělávání napříč EU. Forma VP ve vzdělávání zdravotnických pracovníků se využívá především v zahraničí, v České Republice je VP využíván pro trénink mediků a začínajících lékařů (www.akutne.cz) V nelékařských zdravotnických oborech tato forma vzdělávání a tréniku prozatím chybí.

4. Virtuální pacient a kvalita

Kvalita podpůrných e-learningových podpor je pro zajištění efektivity učení nezbytná. Tématem se zabývá Kasal, který hodnotí kvalitu dle několika kritérií: dostupnost zdroje, publikační standard webových dokumentů, technický standard, navštěvovanost, citovanost, recenzní hodnocení a věrohodnost obsahu. [11] Poullová požaduje tato kritéria: věcná správnost, srozumitelnost, přiměřenost, postupnost, aktivace studujícího, trvalost vědomostí – kontrolní otázky a testy v textu. [14] Hodnocení kvality klinických údajů je dle Kasala naplňován *Evidence Based Medicine* (EBM) – medicína založená na důkazech: „Tento přístup vychází z objektivního posouzení informací, které jsou pro danou oblast k dispozici a zahrnuje několik aspektů: stanovení kritérií pro určení věrohodnosti výsledků, vytvoření systémů pro srovnání klinických studií, zavedení standardních doporučených postupů, posouzení věrohodnosti zdroje.“ [11] EBM zahrnuje *Evidence Based Medicine, Evidence Based Nursing, Evidence Based Mental Health, Evidence Based Dentistry*. V roce 2004 vznikl projekt E-DILEMA zabývající se kvalitou e-learningových kurzů a e-learningovými návrhovými vzory. [13]

Na konferenci MEDSOFT v roce 2006 autor Kofránek v příspěvku *E-learning nebo pouze e-reading či e-clicking* uvádí blíže, co patří do e-learningu: čtení výukových e-textů, simulační hry, on-line živá setkání, testování znalostí, řízení výukového obsahu a technologie tvorby výukového obsahu. V e-learningu je žádoucí začlenit on-line přednášky a webináře s živým výkladem lektora s možností diskuse a dotazů studentů. Závěrem autor hovoří o e-learningu jako o příležitosti k rozvoji. [12] Kasal v příspěvku *Nové aspekty využití internetu ve zdravotnictví* předneseném na konferenci MEDSOFT 2006 vybízí k efektivnímu

využívání nových pomůcek v elektronickém vzdělávání: „Programy musí být sofistikované a interaktivní“. Kasal ve svém příspěvku zmiňuje nedostatek kvalitních výukových programů. [10] Svačina v příspěvku *Celoživotní vzdělávání a projekt elektronické univerzity* říká: „Systémů cíleně vytvořených pro výuku je zatím málo“. [17] Na první konferenci MEFANET 2007 v Brně zazněl příspěvek Bauerové s názvem *Změna paradigmatu vzdělávání*, v němž se autorka zabývá nástupem informační a komunikační technologie (ICT) do vzdělávání. Hovoří o kritériích kvality vzdělávání, cituji: „Potvrzením toho, že vymezený prostor v oblasti vzdělávání je nedostačující, je obecná bezradnost při hodnocení kvality eLearningu a web-based vzdělávání. Objevují se pochybnosti o dosud existujícím systému, postupně začíná být jisté, že hodnocení dle zavedeného kritériálního systému „nesedí“ a že jeho pouhé precizování je prací téměř zbytečnou.“ V otázce kvality ve vzdělávání Bauerová říká: „Otázka nezní, zda (eLearning) ano, problém je v tom jak, jakými prostředky, s jakými důsledky, s jakou kvalitou.“ Upozorňuje na potřebu nového kritériálního systému pro hodnocení kvality ve vzdělávání: „Známkou kvality nového procesu již není schopnost dobře učit, ale vytvořit podmínky pro kvalitní učení se.“ [2] Autorka Feberová na konferenci MEFANET 2011 v příspěvku *Moodlemeфанet – Current Status* uvedla k problematice zajištění kvality existenci standardů ISO a CEN. [6] Mezi další společnosti zabývající se doporučením k tvorbě e-learningových opor a virtuálního pacienta patří program *eViP-electronic Virtual Patients*. [18]

5. Závěr

Z předchozí literatury lze poukázat na nedostatek výzkumných projektů řešících efektivitu VP a jeho integraci ve vzdělávacích sítích. Cook a Triola v kritické literární rešerši hovoří o nedostatečné *evidence based* pro využití designu VP a absenci rigorózních studií k této problematice. Z pohledu ošetrovatelství nabízí VP možnosti integrace prostřednictvím dalšího vzdělávání nelékařských zdravotnických pracovníků vyplývající ze zákona. VP lze využít v zaškolování nových zaměstnanců na specializovaná oddělení, dále jako inovační výukovou pomůcku na středních zdravotnických školách a lékařských fakultách (ošetrovatelství). Tématem VP v nelékařských oborech se bude zabývat disertační práce *Virtuální pacient v nelékařských oborech – konstrukce a hodnocení efektivity* v letech 2012–2016. Disertační práce poslouží k rozvoji e-learningu v nelékařských oborech, a to se zaměřením na využití VP.

Literatura

- [1.] *Association of American Medical Colleges, 2007. Effective Use of Educational Technology in Medical Education: Summary Report of the 2006 AMC Colloquium on Educational Technology. AMC, Washington DC*
- [2.] *Bauerová, D. Změna paradigmatu vzdělávání. Konference MEFANET 2007. In: mefanet.cz [online], [vid. 19.4. 2012, 15:03]. Dostupné z: <http://www.mefanet.cz/res/file/download/bauerova-danuse-prezentace.pdf>*
- [3.] *Cook, D.A., Triola, M.M., 2009. VPs: a critical literature review and proposed next steps. Medical Education 43, 303e311*

- [4.] Eger, L., *E-learning, evaluace e-learningu, případová studie z projektu Comenius. Plzeň: Západočeská univerzita, Vyd. 1., 2004. ISBN: 80-7043-265*
- [5.] Ellaway, R., Candler, C., Greene, P., Smothers, V., 2006. *An Architectural Model for Med-Biquitous VPs. MedBiquitous, Baltimore, MD*
- [6.] Feberová, J., Polášková, A., Poláček, J., Ohlídková, B., Rajdl, J. *Moodle mefanet – Current Status. Konference MEFANET 2011. In: mefanet.cz [online], [vid. 1.3.2013, 14:00]. Dostupné z: <http://www.mefanet.cz/res/file/mefanet2011/full/feberova-full.pdf>*
- [7.] Garrett, B.M., Callear, D., 2001. *The value of intelligent multimedia simulation for teaching clinical decision-making skills. Nurse Education Today 21 (5), 382e390*
- [8.] Henderson, J., 1998. *Comprehensive, technology-based clinical education: the "Virtual Practicum". International Journal of Psychiatry in Medicine 28 (1), 41e79*
- [9.] Hurst, M.H., Marks-Maran, D. *Using a virtual patient activity to teach nurse prescribing. Nurse Education in Practice 2011; 11:192-198*
- [10.] Kasal P., Svačina Š. a kol. *Internet a medicína. Praha: Grada Publishing, spol. s. r. o. 2001. ISBN: 80-247-0119-7*
- [11.] Kasal P., Janda A. *Testování skladby zdravotnických webových stránek. In: MEDSOFT 2001: Sborník příspěvků semináře MEDSOFT 2001, Ústav lékařské informatiky, 2. LF UK, s. 57*
- [12.] Kofránek, J., Andrlík, M., Matoušek, S., Stodulka, P. *E-learning nebo pouze E-reading či E-clicking. In: MEDSOFT 2006: Sborník příspěvků semináře MEDSOFT 2006, 21. – 22.3., Nupaky, 2006, s. 83-91*
- [13.] Mikulecká, J. *e-DILEMA – výsledky projektu. Aula, Roč. 12, č. 2, 2004, s. 85-88. ISSN: 1210-6658*
- [14.] Poullová, P. *Využití virtuálního studijního prostředí WebCT pro podporu kombinované a prezenční výuky. Materiál byl připraven v rámci projektu SOCRATES Minerva project No. 90683 – CP – 1 – 2001. Rok vyd. 2003. ISBN 80-7041-150-3*
- [15.] Průcha, J., Walterová, E., Mareš, J. *Pedagogický slovník. Praha: Portál, Nové, rozšířené a aktualizované vydání, 2009. ISBN: 978-80-7367-647-6*
- [16.] Stevens, A., Hernandez, J., Johnsen, K., Dickerson, R., Rajj, A., Harrison, C., DiPietro, M., Allen, B., Ferdig, R., Foti, S., Jackson, J., Shin, M., Cendan, J., Watson, R., Duerson, M., Lok, B., Cohen, M., Wagner, P., Lind, D.S., 2006. *The use of VPs to teach medical students history taking and communication skills. American Journal of Surgery 191, 806e811*
- [17.] Svačina, Š., Finsterle, V. *Celoživotní vzdělávání a projekt elektronické univerzity. In: MEDSOFT 2006: Sborník příspěvků semináře MEDSOFT 2006, 21.-22.3., Nupaky, 2006*
- [18.] eViP-electronicVirtualPatients [online] 2012 [vid. 22.8.2012, 19:40], dostupné z: <http://www.virtualpatients.eu/about/about-evip/statement/>

Kontakt:

Lenka Vondrušková
Nedrahovice 58
264 01 Sedlčany, tel. 721 308 295,
e-mail: lenkavondruskova@seznam.cz

AKTIVITY ČSZIVI ČLS JEP V KONTEXTU PROJEKTŮ ELEKTRONICKÉHO ZDRAVOTNICTVÍ

Martin Zeman

Anotace

Česká společnost zdravotnické informatiky a vědeckých informací České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně byla ustavena v roce 1994 jako odborná společnost v rámci ČLS JEP. Jejím zaměřením je rozvoj české medicínské informatiky - zejména v oblastech vytváření a používání informačních systémů pro zdravotnictví, ve využívání informačních sítí, ve využívání odborných a vědeckých informací pro zdravotnictví a v zajišťování jejich dostupnosti. ČSZIVI ČLS JEP je odborným garantem českého národního standardu pro výměnu informací ve zdravotnictví DASTA, který je již 10 let rutinně používán všemi hlavními informačními systémy v českém zdravotnictví a věnuje se i podpoře zavádění mezinárodních norem pro standardizaci a interoperabilitu elektronického zdravotnictví. ČSZIVI ČLS JEP se od roku 2012 aktivně podílí na projektech elektronického zdravotnictví Ministerstva zdravotnictví ČR a usiluje o koordinovaný postup veškeré odborné veřejnosti v této oblasti. Pořádá či spolupořádá odborné semináře, konference a školicí akce a spolupracuje s odbornými společnostmi a institucemi obdobného zaměření jak v rámci ČLS JEP, tak mimo ni. Podporuje vědeckovýzkumné a vzdělávací aktivity v celém širokém spektru své působnosti.

Klíčová slova

Zdravotnická informatika, vědecké informace, eHealth, elektronické zdravotnictví, Česká lékařská společnost, datové standardy

1. Úvod

Česká společnost zdravotnické informatiky a vědeckých informací České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně (dále ČSZIVI ČLS JEP) byla ustavena v roce 1994 jako odborná společnost v rámci České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně (dále ČLS JEP). ČLS JEP je dobrovolné nezávislé sdružení lékařů, farmaceutů a ostatních pracovníků ve zdravotnictví a příbuzných oborech, které sdružuje okolo 160 organizačních složek - odborných společností různého zaměření a spolků lékařů, převážně územně uspořádaných, celkově má ČLS JEP přes 34 tisíc členů, z nichž řada je členy více organizačních složek současně. Zaměřením ČSZIVI ČLS JEP, která má něco málo přes sto členů, je rozvoj české medicínské informatiky - zejména v oblastech vytváření a používání informačních systémů pro zdravotnictví, ve využívání informačních sítí, ve využívání odborných a vědeckých informací pro zdravotnictví a v zajišťování jejich dostupnosti. ČSZIVI ČLS JEP je odborným garantem českého národního standardu pro výměnu informací ve zdravotnictví DASTA, který je již 10 let rutinně používán všemi hlavními informačními systémy v českém zdravotnictví a věnuje se i podpoře zavádění

mezinárodních norem pro standardizaci a interoperabilitu elektronického zdravotnictví.

2. Způsob fungování ČSZIVI ČLS JEP

Činnost ČSZIVI ČLS JEP se řídí především Stanovami, Jednacím řádem a Volebním řádem ČLS JEP, zveřejněnými na <http://www.cls.cz>. To mj. znamená, že nejvyšším řídicím a výkonným orgánem odborné společnosti je její výbor, zvolený shromážděním členů společnosti. Předmětem tohoto příspěvku je především představení aktuální podoby ČSZIVI ČLS JEP. Současný výbor a revizní komise byly zvoleny na podzim 2011 a poprvé zasedly 12. října 2011, kdy proběhla volba předsedy, místopředsedy, vědeckého sekretáře a pokladníka společnosti a předsedy revizní komise, jmenovité složení volených orgánů společnosti je dostupné jak na stránkách ČLS JEP, tak na vlastních stránkách odborné společnosti.

Podle vnitřního předpisu ČSZIVI ČLS JEP se výbor schází podle potřeby, nejméně však desetkrát do roka. Nejméně jedenkrát za čtyři roky má výbor svolávat shromáždění organizační složky.

Výbor komunikuje s členskou základnou především prostřednictvím internetových stránek společnosti (<http://www.medinfo.cz>), kde jsou k dispozici i všechny zápisy ze schůzí výboru, pozvánky na odborné akce či např. přihláška do společnosti.

3. Aktuální činnost

Od konce roku 2011 se aktivity ČSZIVI ČLS JEP zaměřily několika směry, s nichž ty hlavní budou zmíněny v následujících podkapitolách. Kromě toho zajišťoval výbor společnosti běžnou „operativu“ spočívající především v připomínkování připravované legislativy, zapojení se do činnosti celé ČLS JEP, účasti na odborných akcích apod.


3.1. Datový standard Ministerstva zdravotnictví ČR

ČSZIVI ČLS JEP je odborným garantem českého národního standardu pro výměnu informací ve zdravotnictví DASTA, který je již 10 let rutinně používán všemi hlavními informačními systémy v českém zdravotnictví. V roce 2012 byly vytvořeny samostatné internetové stránky tohoto standardu na adrese <http://www.dastacr.cz>, věnované mj. i souvisejícímu Národnímu číselníku laboratorních položek. Jak se lze dočíst i na těchto stránkách, první verze českého národního standardu pro výměnu informací ve zdravotnictví DASTA byla vytvořena před 15 léty. DASTA je pravidelně aktualizovaný, otevřený standard pro komunikaci mezi informačními systémy zdravotnických zařízení, který pokrývá oblasti klinické, laboratorní, statistické i administrativní a jehož samozřejmou součástí jsou číselníky (například Národní číselník laboratorních položek, číselník klinických událostí, aktuální číselníky ÚZIS, atd.), dokumenty a nástroje (například program ČLP). DASTA je dnes v praxi využívána ve dvou základních verzích - starší DS3 a novější propracovanější verzi DS4, na kterou se soustřeďuje další rozvoj standardu.


DOMŮ
ZÁKLADNÍ INFORMACE
DS3
DS4
FAKTA A DASTA
KONTAKT

DASTA

Datový standard pro předávání dat mezi informačními systémy zdravotnických zařízení



Vítejte na webu DASTA



Před 15 lety byla vytvořena první verze českého národního standardu pro výměru informací ve zdravotnictví DASTA, již **10 let** je DASTA rutinně používána všemi hlavními informačními systémy v českém zdravotnictví.

DASTA je pravidelně aktualizovaný, **otevřený standard pro komunikaci** mezi informačními systémy zdravotnických zařízení, který pokrývá oblasti klinické, laboratorní, statistické i administrativní a jehož samozřejmou součástí jsou číselníky (například Národní číselník laboratorních položek, číselník klinických událostí, aktuální číselníky ÚZS, atd.), dokumenty a nástroje (například program ČLP).

DASTA je dnes v praxi využívána ve dvou základních verzích - starší DS3 a novější propracovanější verzi DS4, na kterou se soustřeďuje další rozvoj standardu.

[DASTA a projekty e-Health - základní informace, též ke stažení](#) (pdf)


Byl dokončen roční upgrade DS3 a DS4:
[Datový standard MZ ČR verze DS 04.08.01](#), obsah CD [ke stažení](#) (zip)
[Datový standard MZ ČR verze DS 03.17.01](#), obsah CD [ke stažení](#) (zip)

Nástroje pro realizaci upgrade včetně archivu předchozích platných verzí DASTA a číselníků jsou nadále k dispozici v nezměněném tvaru na webových službách: <http://ciselniky.dasta.mzcr.cz>
Přístup k serveru webových služeb je nadále také možný alternativní cestou: <http://ciselniky.dasta.medinfo.cz>.

ZÁKLADNÍ INFO O DASTA

- [Vývoj DASTA](#)
- [Přehled stěžejních verzí](#)
- [Webové služby](#)
- [Co dnes umožňuje](#)
- [Číselníky](#)
- [Národní číselník laboratorních položek \(NČLP\)](#)
- [Aktuální stav využívání](#)
- [Přednosti pro tuzemské prostředí](#)
- [Vazby na projekty e-Health](#)
- [Využívání mimo ČR](#)
- [DASTA a evropská interoperabilita](#)
- [DS a HL7](#)
- [DS a preskripce](#)
- [Nepřehlédněte: Významná fakta](#)

ODBOBNÝ GARANT



Odborným garantem standardu DASTA je Česká společnost zdravotnické informatiky a vědecké informací České lékařské společnosti J. E. Purkyně: www.medinfo.cz

© DASTA 2012 - Datový standard pro předávání dat mezi informačními systémy zdravotnických zařízení
Vytvořil © Medimarket s.r.o. v rámci projektu MEDIMA.cz

Obrázek 1 — www.dastacr.cz

Souběžně se členové ČSZIVI ČLS JEP ve zvýšené míře věnovali osvětě a propagaci tohoto standardu, jehož nedostatečné legislativní a institucionální zakotvení je v dnešní době neudržitelné. Standard je užíván neřídko živelně a jeho rozvoj není dostatečně koordinován. Rostoucí potřeby uživatelů standardu nejsou doprovázeny adekvátní podporou dobrovolné skupiny aktivistů, pečujících o něj.

3.2. Pořádání odborných a vzdělávacích akcí

Jednou z priorit ČSZIVI ČLS JEP je pořádání či spolupřádání odborných setkání různé povahy v oblasti své působnosti. Tradičně se podílí na organizaci a obsahové náplni semináře MEDSOFT, který letos vstupuje do 25. ročníku své existence.

Dále pořádá semináře v pražském Lékařském domě, sídle ČLS JEP. 31. října 2012 to byl seminář „Publikování v režimu Open Access v biomedicíně“, který byl spolu se seminářem SBMILI ČLS JEP „Zdroje informací pro elektronické zdravotnictví I. část Zdravotnická dokumentace a elektronický zdravotní

záznam“ doktorandským kurzem v rámci doktorských studijních programů biomedicíny (DSPB).

V Lékařském domě také pod záštitou Ministerstva zdravotnictví ČR pořádala dne 3. října 2012 v Lékařském domě v Praze Česká lékařská společnost J.E. Purkyně spolu s Kanceláří WHO v ČR a MEDTEL, o.p.s. seminář „Sdílení nástrojů elektronického zdravotnictví očima uživatelů“, volně navazující na červnové diskusní fórum Ministerstva zdravotnictví ČR „Vytvořme hospodárný a funkční eHealth“. Seminář zahájil předseda ČLS J.E. Purkyně prof. MUDr. Jaroslav Blahoš, DrSc. a jeho hlavním organizátorem byla ČSZIVI ČLS JEP. Akce byla určena uživatelům nástrojů elektronického zdravotnictví, především poskytovatelům nejruznějších druhů zdravotní péče. Poskytla prostor ke sjednocování představ o budoucím uspořádání elektronického zdravotnictví v České republice, které by vedlo ke zvyšování kvality a bezpečnosti zdravotnických služeb

Česká společnost zdravotnické informatiky a vědeckých informací

ČSZIVI · Titulní stránka

JAZYK
English

NOVINKY
Aktuality
CENTRÁLNÍ INSTITUCE, ORGANIZACE
Centrální
Zdravotnictví

ZDROJE
Dokumenty
Člásky
Knihy
Externí odkazy

OBLASTI
Kvalita informací
Vědecké lékařské informace
Informační systémy
Datové standardy
Projekty
Legislativa
E-learning

AKCE
České
Zahraniční

SPOLEČNOST
Výbor
Zápisy výboru
Pracovní skupiny
Dokumenty
Přihláška
EKonference
Kontakt

ČLENSKÁ SEKCE
Přihlášení
Registrace
Zapomenutí hesla

Copyright © 2003-13
ČSZIVI ČLS JEP
Vytvořil [medmarket s.r.o.](#)
v rámci projektu
[MEDINA.cz](#)

VEREJNÁ ČÁST

Zápisy výboru
Jsou zveřejněny **zápisy z jednání výboru.**

Aktuální akce
z oblasti zdravotnické informatiky jsou zveřejňovány především v sekci **České akce**

MEDSOFT 2013
26. - 27. 3. 2013
Roztoky u Prahy
Bližší informace naleznete na <http://www.action-m.com/medsoft2013/>

Datový standard MZ ČR pro předávání dat mezi informačními systémy zdravotnických zařízení
na webu <http://www.dastacr.cz/>

Datový standard MZČR a Národní číselník laboratorních položek
na serveru webových služeb <http://ciselniky.dasta.medinfo.cz/>

Navštivte naše semináře v Lékařském domě!
3.10.2012
"Sdílení nástrojů elektronického zdravotnictví v České republice"
Přednesené příspěvky
Závěry a teze
Fotografie
31.10.2012
"Publikování v režimu Open Access v biomedicíně"
Přednesené příspěvky

Aktuální a relevantní informace z oborů medicínská a zdravotnická informatika a z dění v České společnosti medicínské informatiky a vědeckých informací (ČSZIVI), člená **České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně.**

Sledujte **Aktuality.**

ČLENSKÁ ČÁST

Zpráva o činnosti ČSZIVI ČLS JEP

Jméno:

Heslo:

Informace v této sekci jsou přístupné pouze pro členy ČSZIVI, kteří se zároveň zaregistrovali na tomto webu.
Pokud jste členem ČSZIVI a nemáte zatím přístup, **registrovat se.**
Pokud jste zapomněli heslo, nechte si **poslat nové.**

Ukázka z obsahu členské části

Obrázek 2 — www.medinfo.cz

i vyšší nákladové efektivitě. Semináře se zúčastnilo 60 zástupců odborných společností ČLS J.E. Purkyně a zainteresovaných odborníků a závěry ze semináře byly publikovány na stránkách ČSZIVI ČLS JEP.

Jako spolupřadatel se ČSZIVI ČLS JEP podílela na dvoudenní národní konferenci „Biomedicínský výzkum s podporou evropských zdrojů v nemocnicích“ 12.-13. dubna 2012 v Ústí nad Labem a na semináři Ministerstva zdravotnictví ČR k problematice Elektronického zdravotnictví na téma Elektronické zdravotnictví a standardy, který se konal 19. prosince 2012 na ministerstvu zdravotnictví.

3.3. Internetové stránky ČSZIVI ČLS JEP

V průběhu roku 2012 byl aktualizován obsah internetových stránek společnosti na adrese <http://www.medinfo.cz>, zároveň je připravována nová grafická podoba a technické řešení těchto stránek. Od zvolení nového výboru společnosti jsou zde publikovány všechny zápisy ze schůzí. ČSZIVI ČLS JEP usiluje o systematické informování veřejnosti o všech tuzemských a vybraných zahraničních odborných akcích z oblasti působnosti odborné společnosti a rovněž jsou na stránkách soustředěny např. odkazy na všechny odborné společnosti či instituce, působící v České republice z oblasti působnosti ČSZIVI ČLS JEP.

3.4. Projekty elektronického zdravotnictví MZ ČR

Počátkem roku 2012 zahájilo Ministerstvo zdravotnictví ČR přípravu nových projektů v oblasti eHealth, které dne 15. září 2012 vyústily ve vyhlášení „Soutěže o návrh elektronizace zdravotnictví“. ČSZIVI ČLS JEP nabídla hned na počátku roku ministerstvu zdravotnictví odbornou pomoc, s příslušnými pracovníky ministerstva proběhlo množství schůzek, předseda a další členové ČSZIVI ČLS JEP zasedli v porotě uvedené soutěže o návrh a stali se členy pracovních skupin projektu Elektronického zdravotnictví Ministerstva zdravotnictví ČR. ČSZIVI ČLS JEP uspořádala spolu s ministerstvem výše zmíněný seminář v Lékařském domě a podílela se na semináři na půdě ministerstva. Za zmínku stojí i skutečnost, že na vítězném návrhu soutěže se autorsky podíleli někteří členové ČSZIVI ČLS JEP.

ČSZIVI ČLS JEP usiluje o koordinovaný postup veškeré odborné veřejnosti v této oblasti, oproštěný od firemních zájmů, momentálních zakázek či dílčích projektů, soustředěný na dlouhodobé koncepční aktivity.

3.5. Spolupráce

ČLS JEP aktivně usiluje o spolupráci s odbornými společnostmi a institucemi obdobného zaměření jak v rámci ČLS JEP, tak mimo ni. Odborné společnosti organizované v rámci ČLS JEP se svým zaměřením nezdědka částečně překrývají. Tematicky nejbližší ČSZIVI ČLS JEP je Společnost biomedicínského inženýrství a lékařské informatiky ČLS JEP (dále SBMILI ČLS JEP), působící již od roku 1978. SBMILI ČLS JEP má v současnosti okolo 150 členů a dělí se do 3 sekcí: sekce biomedicínské informatiky, sekce biofyziky a sekce

telemedicíny a e-zdravotnictví. SBMILI ČLS JEP vydává odborné recenzované periodikum „Lékař a technika“ (The Clinician and Technology Journal, <http://ctj.fbmi.cvut.cz/>).

Druhou společností ČSL JEP, která je svým zaměřením ČSZIVI ČLS JEP blízká, je Společnost sociálního lékařství a řízení péče o zdraví, čítající rovněž něco přes sto členů a podílející se významně na vydávání odborného recenzovaného periodika „Zdravotnictví v České republice“ (<http://www.zdravcr.cz/>).

Členové ČSZIVI ČLS JEP jsou často členy i obou výše uvedených společností a naopak, vzájemná úzká spolupráce při přípravě odborných akcí, ve vztahu k aktivitám Ministerstva zdravotnictví ČR i v jiných oblastech má samozřejmou povahu a je všemi zainteresovanými společnostmi podporována.

Z dalších subjektů, jejichž seznam je uveden v externích zdrojích na www.medinfo.cz, měla v roce 2012 intenzivnější povahu zejména spolupráce s Českou informační společností, o.s., působí v rámci ČSVTS, s Českým národním fórem pro eHealth, o.s. a s MEDTEL, o.p.s.

3.6. Podpora vědeckovýzkumné činnosti

Tradičně nominuje ČSZIVI ČLS JEP své členy do oborových komisí Interní grantové agentury Ministerstva zdravotnictví ČR, řada členů odborné společnosti se věnuje oponentské a recenzní činnosti a podílí se na řešení výzkumných projektů. Předseda ČSZIVI ČLS JEP Ing. Martin Zeman byl v roce 2012 jmenován předsedou oborové komise „12 - Ošetřovatelství, zdravotnické systémy a informatika“ Interní grantové agentury Ministerstva zdravotnictví ČR, přičemž rovněž předchází předseda ČSZIVI ČLS JEP doc. MUDr. Pavel Kasal, CSc. předseda oborové komise 12 několik let. Výbor ČSZIVI ČLS JEP podpořil projekt „Metodiky pro interoperabilní integraci zdravotnických systémů v eHealth“, podávaný formou žádosti do aktuální výzvy IGA (navrhovatelé 1.LF UK a KZ) a v případě realizace poskytne řešitelům potřebnou součinnost v podobě specializovaných seminářů.

4. Plány

Výbor ČSZIVI ČLS JEP projednal na konci loňského roku návrh zaměření činnosti společnosti v roce 2013 s tím, že další činnost bude co nejvíce otevřena zpětné vazbě od odborné veřejnosti.

V roce 2013 bude výbor připravovat členské shromáždění celé ČSZIVI ČLS JEP, které by se mohlo stát dobrou příležitostí pro posouzení dalšího směřování odborné společnosti.

Zvláštní důraz klade výbor společnosti na přípravu nových internetových stránek a navázání přímého kontaktu s členskou základnou. V roce 2012 se stala členy ČSZIVI ČLS JEP řada respektovaných i mladých odborníků, projevujících aktivní zájem o zapojení se do činnosti společnosti, také v dalším období bude pokračovat přijímání zájemců z řad odborné veřejnosti do ČSZIVI ČLS JEP.

Bude pokračovat spolupráce s Ministerstvem zdravotnictví ČR na projektu elektronického zdravotnictví.

ČSZIVI ČLS JEP bude usilovat o kvalitativně nový způsob podpory rozvoje národního standardu pro výměnu informací ve zdravotnictví DASTA a zavádění mezinárodních norem pro standardizaci a interoperabilitu eHealth.

Výbor společnosti si dal za cíl navázat kontakty resp. partnerské vztahy s odbornými společnostmi obdobného zaměření v okolních zemích.

I v roce 2013 by chtěla ČSZIVI ČLS JEP pokračovat v kurzech pro doktorandy (ve spolupráci se SMBILI ČLS JEP) a dalších vzdělávacích aktivitách.

V dalším období by měla společnost více ovlivňovat systém vzdělávání v oblasti lékařské informatiky.

ČSZIVI ČLS JEP by ráda iniciovala a podpořila organizaci nezávislé odborné platformy v oblasti elektronizace zdravotnictví v ČR, zastřešené ČLS JEP.

Také v roce 2013 bude ČSZIVI ČLS JEP organizovat či spoluorganizovat semináře v celém spektru svého zaměření a bude se podílet na organizování tradičních konferencí a seminářů (MEDSOFT, MEDTEL, Biomedicínský výzkum s podporou evropských zdrojů v nemocnicích aj.).

5. Závěr

Cílem tohoto příspěvku bylo představit Českou společnost zdravotnické informatiky a vědeckých informací České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně v její aktuální podobě. Ukázat vztah ČSZIVI ČLS JEP k současným aktivitám Ministerstva zdravotnictví ČR při realizaci jeho záměru o vybudování „Hospodárného a funkční elektronického zdravotnictví“. Nastínit záměry společnosti v dalším období a nabídnout odborné veřejnosti prostor ke spolupráci a diskuzi.

Kontakt

Martin Zeman

Krajská zdravotní, a.s.

Sociální péče 3316/12A

401 13 Ústí nad Labem

el: 477 117 900

e-mail: martin.zeman@kzcr.eu

<http://www.kzcr.eu>

MEDSOFT 2013, sborník příspěvků

vydání první

formát A5

218 stránek

vydal Creative Connections s. r. o., Krasnojarská 14, 100 00 Praha 10

ve spolupráci s Ing. Zeithamlová Milena - Agentura Action M, Vršovická 68, 101 00

Praha 10

actionm@action-m.com

<http://www.action-m.com>

zpracoval kolektiv autorů

grafická úprava, sazba

Veronika Sýkorová, DiS;

Klára Ulčová, 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