JAKÝ JE VÝZNAM KVALITY DAT V OBLASTI VELKÝCH DAT?

Lenka Lhotská, Kyriaki Saiti, Kateřina Štechová, Miroslav Burša, Michal Huptych

Anotace

Vzhledem k novodobému trendu v medicíně, označovanému jako P4-medicine (Personalizovaná, Prediktivní, Preventivní a Participativní), se zdravotnické systémy musejí potýkat s čím dál větším množstvím velkých a složitých sad heterogenních dat s vysokou dimenzí. Musejí se také vypořádat s rostoucími objemy nestrukturovaných a často kontinuálních informací. V této souvislosti se také objevuje otázka jak vhodně definovat koncept kvality dat. I u dobře strukturovaných dat není zcela jednoduché tento koncept přesně charakterizovat, protože je multidimenzionální. Velká data přidávají další dva rozměry složitosti: specifičnost daná zdrojem dat a vysoký stupeň nestrukturovanosti, často bez možnosti reference vůči nějakému zlatému standardu. Na případové studii ukážeme, jak je důležité porozumět kontextu dat a jejich zdrojům, vzájemným vztahům mezi daty z více zdrojů a výsledkům ve vztahu k subjektu (zdroji dat).

Klíčová slova

kvalita dat, vizualizace, multidimenzionální data, dolování dat, kontext dat, diabetes

1. Úvod

Velká data se stala v poslední době téměř módním úslovím. Je však pravda, že i v oblasti medicíny a zdravotnictví vůbec přibývá přístrojů, nositelné elektroniky (tzv. wearables) a dalších zařízení, která umožňují generovat dlouhodobě velké objemy multimodálních dat. To nás samozřejmě přivádí i k otázkám, jak zajistit dostatečnou kvalitu dat, jak kvalitu hodnotit, jak opravovat chyby v datech, jak přistupovat k chybějícím hodnotám. V neposlední řadě nás musí zajímat, jak chyby v datech ovlivní závěry vyvozované z dat, jaké procento chyb je ještě možné připustit.

V našem příspěvku [1] jsme se zaměřili na problematiku velkých dat jako takových. Nebudeme se tedy k jejich základním vlastnostem a možnostem ukládání a zpracování vracet. Zaměříme se na různé aspekty hodnocení kvality dat. Zvláštní pozornost budeme věnovat datům v medicíně a jejich specifickým vlastnostem. Na případové studii sběru dat v diabetologii, konkrétně u pacientů s inzulínovou pumpou, ukážeme možnosti získávání objektivních dat z přístrojů, jejich vztah k datům, pořizovaných pacienty, ale také problémy, způsobené chybějícími daty či nedodržením instrukcí pro vedení doprovodného deníku.

2. Kvalita dat

Kvalita dat je složitý multidimenzionální koncept, který není snadné definovat. Podobně jako u řady dalších pojmů ani zde není jedna jediná definice, ale

záleží na tom, co chceme hodnotit. Tak získáme minimálně několik variant. Obecná vize velkých dat zdůrazňuje kvantitu před kvalitou dat s argumentem, že velké množství dat je dostatečné pro kompenzaci jakéhokoliv zkreslení nebo chyb, které se mohou v datech objevit. Tento názor je velmi zjednodušený a v praxi nemusí vést ke správným výsledkům. Pro odpověď na otázku, co je kvalita velkých dat, se musíme na data, jejich zdroje, způsob pořizování, apod. podívat z různých úhlů pohledu. Také se musíme podívat i na různé definice kvality.

Kvalitu můžeme obecně definovat jako „souhrn vlastností produktu, které ovlivňují jeho schopnost splnit definované nebo předpokládané potřeby" [2], jako „použitelnost", „shodu s požadavky", „uspokojení uživatele".

Když lidé mluví o kvalitě informací, často kvalitu redukují jen na přesnost, kterou spojují s překlepy nebo chybami v údajích, jako např. špatné datum narození nebo věk osoby.

Pro úplnou charakteristiku kvality informací musíme vzít v úvahu další významné dimenze, jako úplnost, konzistenci a platnost.

Jméno pacienta	Rok narození	diagnóza	Poslední návštěva u lékaře	léčba
Novák Jan	**2010**	**null**	**30. 6. 2005**	Rehabilitační cvičení
Mack Josef	1950	DMT1	20. 2. 2016	Inzulínová pumpa
Novák Petr	**196é**	chřipka	3. 3. 2016	**null**

Tabulka 1 – Pacienti se základními údaji – ilustrace problémů kvality dat

V tabulce 1 jsme uvedli několik příkladů chybných údajů (zvýrazněné tučným písmem), které sice na první pohled nevypadají závažně, ale mohou způsobit řadu problémů v dlouhodobém horizontu. U prvního pacienta je chyba buď v údaji „rok narození" nebo „poslední návštěva u lékaře". Rozhodně nemůže datum poslední návštěvy předcházet datum narození. Podobně v položce „diagnóza" není nic uvedeno, přesto byla navržena léčba. Je omylem nevyplněna diagnóza nebo naopak vyplněna léčba? U druhého pacienta je překlep v příjmení, v českém prostředí najdeme příjmení Macek, Macík, Macák. Kdo to může být? V posledním příkladu je překlep v roku narození. Teoreticky můžeme odhadovat, že místo „é" má být „0", protože je to jedna klávesa. Nedošlo ale k přehmatu i o klávesu vedle? A opravdu k diagnóze „chřipka" pacient nedostal vůbec žádné léky, když v položce „léčba" není nic vyplněno?

Tento příklad a úvahy ukazují, že:

- kvalita dat je mnohovrstevný problém, který lze definovat z mnoha úhlů pohledu;

- v některých případech lze problémy v kvalitě detekovat relativně snadno, jako např. přesnost (v případě překlepů, ale budeme-li s pojmem přesnost pracovat v případě číselných údajů, nemusí být odhalení chyby tak jednoduché); v řadě dalších případů může být detekce chyby ještě problematičtější (např. je-li vložena sice přípustná, ale pro daný případ nesprávná hodnota);
- chyba v úplnosti je také často obtížně hodnotitelná, pokud např. nemáme přesně specifikováno, kolik údajů má záznam obsahovat;
- detekce konzistence také nemusí vždy odhalit chybu.

Ve výše zmíněných příkladech a analýze jsme uvažovali data v tabulkách v relační databázi. Tyto datové struktury jsou dobře definované a zpravidla je řada položek vyplňována definovanými typy údajů, jako jsou číselné hodnoty (např. krevní tlak, tepová frekvence), speciálně formátované číselné údaje (např. datum, poštovní směrovací číslo, rodné číslo), jméno (nesmí se objevit číslice či jiný nepřípustný znak). Další údaje se mohou vybírat z různých číselníků či předdefinovaných seznamů hodnot. Sice ani taková opatření neznamenají úplné vyloučení chyby, ale přispívají k výraznému zmenšení jejich počtu.

Úloha se významně změní, jestliže uvažujeme jiné typy informací, které nejsou reprezentovány jako strukturované údaje. Typickými příklady jsou obrazová data (např. fotografie, CT snímky), průběhy signálů nebo popisný text. To znamená, že otázky a kritéria kvality a metody detekce se budou lišit v závislosti na reprezentaci informací (obrazy, signály, text).

Zejména v těchto případech se musíme zabývat důkladněji specifikací různých dimenzí kvality informací a metrikami pro jejich měření a hodnocení. Samozřejmě neočekáváme, že bychom zde mohli prezentovat úplný přehled všech aspektů kvality a možných metrik pro jejich hodnocení. Chceme čtenáři přiblížit složitost problematiky a také mu ukázat možnosti řešení na konkrétní případové studii.

Velmi důležitou část tvoří jednotlivé dimenze (či spíše aspekty) kvality informací, které je možné podle vlastností sloučit do několika shluků. Možností jak shluky vytvářet je celá řada, zde uvedeme členění použité v [3], které je velmi vhodné i na data v medicíně. Autoři navrhují celkem 8 základních shluků pojmenovaných podle reprezentativní dimenze: přesnost, úplnost, konzistence, redundance, čitelnost, přístupnost, důvěra a užitečnost.

Shluk „přesnost" pokrývá i správnost a validitu ve vztahu k dané realitě; pracuje se strukturovanými daty. Shluk „úplnost" má jako další rozměry trvalost a relevanci ve vztahu ke schopnosti reprezentovat všechny a současně i jen relevantní aspekty dané reality. Také pracuje se strukturovanými daty. Shluk „konzistence" pokrývá i kohezi a koherenci ve vztahu ke schopnosti informací vyhovět bez kontradikcí všem vlastnostem dané reality tak, jak jsou specifikovány z hlediska integritních omezení, editovatelnosti dat, pravidel a dalších formalismů. I v tomto shluku se pracuje se strukturovanými daty. Shluk „redundance" zahrnuje minimálnost, kompaktnost a konciznost. To jsou požadavky na reprezentaci aspektů reality s minimálním použitím informačních zdrojů.

Zde se využívá provázaných dat (strukturovaná data na webu). Shluk „čitelnost" má další rozměry srozumitelnost, jasnost a jednoduchost, které se vztahují ke snadnému porozumění a užití informací uživateli. Zde je základním typem dat text, tedy volně strukturovaná data, kde je struktura daná pouze gramatikou použitého přirozeného jazyka. Shluk „přístupnost" pokrývá ještě dostupnost. Obě tyto vlastnosti se vztahují ke schopnosti uživatele přistupovat k informacím z jeho kultury, fyzického stavu a dostupných technologií. Základním typem dat jsou data na webových stránkách. Shluk „důvěra" zahrnuje věrohodnost, spolehlivost a reputaci a zaměřuje se na to, kolik informací pochází z autorizovaného zdroje. Základními zdroji jsou opět webové stránky. Shluk „užitečnost" vyjadřuje to, jakou výhodu získá uživatel díky daným informacím. Základním typem pro tento shluk jsou obrázky. U každého shluku můžeme jít ještě do daleko detailnějšího rozboru jednotlivých vlastností a jejich posuzování. Vzhledem k omezenému prostoru příspěvku odkazujeme čtenáře na další zdroje, jako např. [4].

3. Případová studie – diabetes

Diabetes mellitus zahrnuje skupinu chronických, svým původem značně různorodých onemocnění [5]. Jedním z rysů je vysoká hladina glukózy v krvi, tzv. hyperglykemie, která vzniká jako následek nedostatečného účinku inzulinu a je provázena poruchou metabolismu nejen cukrů, ale i tuků a bílkovin. Existuje řada typů cukrovky, z nichž nejznámější jsou 1. a 2. typ. Cílem léčby je ale vždy optimální metabolická kompenzace, která zahrnuje dosažení a udržení normální hodnoty glukózy v krvi, normální úrovně krevního tlaku a normálních hladin tuků v krvi. Z tohoto výčtu je patrné, že proměnných, které je třeba sledovat, je docela velký počet. V rámci první studie jsme se zaměřili cíleně pouze na pacienty s diabetem mellitus 1. typu, kteří používají inzulinovou pumpu. Jedním z důvodů byla možnost automatického sběru alespoň části potřebných dat. Detailněji je popsáno níže.

U pacientů je často problematická kompenzace onemocnění. Rozmezí „normálních" hodnot hladiny glukózy v krvi je totiž poměrně úzké. Dlouhodobě vysoká hladina glykemie působí negativně na úrovni buněčné i orgánové. Proto je sledování kolísání hladiny tak důležité. Na druhé straně extrémů ležící hypoglykemie je také nežádoucí, protože jejím následkem může být mdloba, ale i hypoglykemické koma s případnými fatálními následky.

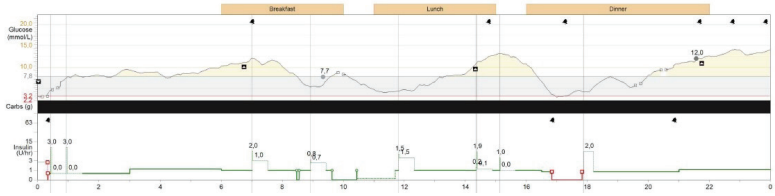
Podíváme-li se na některé základní aspekty diabetu a možnosti kompenzace zejména u pacientů s inzulinovou pumpou, zjistíme, že základní mechanismus je analogický činnosti regulačního obvodu v teorii systémů, resp. teorii automatického řízení, kde se snažíme pomocí regulátoru udržovat regulované veličiny v regulované soustavě na požadovaných hodnotách. V našem případě je regulovanou soustavou lidský organismus, regulovanou veličinou hladina glukózy v krvi a regulátorem inzulinová pumpa. Vstupními veličinami, které ovlivňují regulovanou veličinu, jsou strava, fyzická a psychická aktivita. Řídící veličinou bude dávka inzulinu.

Na první pohled tento popis vypadá vcelku jednoduše, ale problém se skrývá v regulované soustavě – lidském organismu, který se obtížně parametrizuje a navíc každý jedinec je jiný, odlišně reaguje na poruchové veličiny (stres, změna denního režimu), které mohou jeho stav významně ovlivňovat.

Protože chování organismu můžeme pouze aproximovat, musíme věnovat více pozornosti těm veličinám, které jsme schopni změřit a na jejich základě lépe predikovat nastavení hodnot řídící veličiny. Důležitou roli zde hraje i čas jako jeden z parametrů, a to v podobě tzv. dopravního zpoždění (opět používáme terminologii teorie řízení), což je časový posun odezvy soustavy na změnu vstupní veličiny, resp. řídící veličiny. Hladina glukózy v krvi se nezmění okamžitě po spolknutí sousta nebo dávce inzulinu. Stejně tak podkožní senzor ukáže změnu hodnoty glykemie se zpožděním 15–20 minut oproti hodnotě v krvi. To je velmi důležité vědět pro analýzu měřených hodnot. Další podstatnou doprovodnou informací je informace o typu použitého inzulinu, protože je několik základních skupin, lišících se rychlostí působení: krátce, středně dlouho a dlouhodobě působící.

3.1 Vztah glykémie a konzumace pokrmů

Každý pacient má jiný metabolismus a tudíž i jinou rychlost odezvy organismu. Pro správnou kompenzaci diabetu a co nejlepší udržení hodnot glykémie v normě je nutné zjistit, jak se hodnoty mění v závislosti na konzumované stravě, fyzické a psychické zátěži. Proto je žádoucí co nejlépe nastavit dávkování inzulinu ve vztahu ke stravě a plánované aktivitě, kterou můžeme očekávat. Je jasné, že některé rušivé vlivy, jako jsou stresové situace, se bohužel zpravidla nedají předvídat. O to je důležitější vědět, jak kompenzovat očekávané změny dané jídlem a fyzickou aktivitou. Jak hyperglykemie, tak hypoglykemie jsou nežádoucí, a proto je snaha jejich výskyt minimalizovat. Graf na obrázku 1 ukazuje v horní části naměřené hodnoty glykemie během 24 hodin. Šedý pás vyznačuje interval normálních hodnot. Je patrné, že se pacient několikrát v průběhu dne dostal do hyperglykemických exkursů, kde vrcholy byly vždy po jídle. V dolní části grafu jsou uvedeny dávky inzulinu, jednak tzv. bazální bolus (vodorovná čára), jednak tzv. prandiální bolus (obdélníkové „skoky“), který se aplikuje před jídlem, aby kompenzoval zejména konzumované sacharidy. Zde je nutné podotknout, že kromě obsahu sacharidů je významným parametrem potravin, resp. konzumovaného jídla složeného z několika druhů potravin,



Obrázek 1 – Příklad záznamu hodnot glykemie a dávkování inzulinu v průběhu 24 hodin

tzv. glykemický index, případně glykemická zátěž [5].

3.2 Sběr dat

V současnosti probíhá sběr dat v rámci pilotní studie, kterou jsme připravili společně s diabetology. Pro pacienty, kteří se studie účastní, byl připraven detailní experimentální protokol s návodem, jak mají postupovat při zaznamenávání stravy, aktivit a dalších případných jevů, které mohou ovlivnit jejich stav. Jsou to pacienti s diabetes mellitus typ 1, kteří používají inzulinovou pumpu. Po dobu studie mají též k dispozici senzor pro kontinuální měření glykémie, který odesílá měřené hodnoty každých pět minut. Pacienti byli požádáni, aby fotograficky dokumentovali veškeré pokrmy a nápoje a aby zapisovali bližší údaje k jídelníčku a aktivitám v průběhu dne. U každého pacienta tento sběr dat probíhal jeden měsíc. Dosud jsme vyhodnotili výsledky sběru u šesti pacientů (věk 27 – 54 let, 2 ženy, 4 muži).

I když součástí návodu pro pořizování fotografií byla rada, aby pacienti k pokrmu přikládali nějaké jednoznačné měřidlo (pravítko, příbor, apod.) tak, aby byla velikost porce lépe odhadnutelná, ne všichni pacienti tak učinili. Navíc u některých nožů či lžiček také není velikost jednoznačná, protože existují ve více velikostech. Další související problém byl v nepřesnosti či neexistenci údajů zapisovaných do deníku. Spíše výjimečně se našly údaje o gramáži jídla či objemu tekutin, zvláště těch kalorických (pivo, kofola, apod.). V pokynech jsme také žádali, aby zejména u jídel konzumovaných doma byla uvedena gramáž a pokud možno i počet inzulinových jednotek. Podrobná analýza dodaných dat však ukázala celou řadu nedostatků, které by mohly znehodnotit celou studii.

3.3 Analýza dat

Rozhodli jsme se zpracovat velmi detailní popis, který by posloužil i pro podstatně přesnější a důkladnější instruktáž pro další kolo sběru dat. Navíc nám tato analýza ukázala, které činnosti by bylo vhodné podpořit vývojem aplikací pro usnadnění záznamu co nejpřesnějších dat.

V další části ukážeme ty nejdůležitější aspekty, které mají vliv na kvalitu sbíraných dat. U většiny pacientů byl počet fotografií dosti velký (více než 160), v jednom případě 117 a pouze v jediném menší – 70. Problematické bylo však použití nějakého měřidla pro odhad velikosti porce. Maximálně ve 30% fotografií byl použit některý z příborů. U nápojů nebyl objem téměř nikdy uveden. Pouze v několika málo případech byla tato informace uvedena v doprovodném deníku. Velmi důležitou roli u fotografií hrál také úhel, pod kterým byl pokrm fotografován.

Při kolmém pohledu shora není na obr. 2 u krajíce chleba vidět jeho tloušťka, takže nelze odhadnout ani jeho gramáž. Pokud není v komentáři uveden druh chleba, tak není možné přesně určit jednotlivé parametry. Naprosto ke stejnému závěru dojdeme u další součástí snídaně – misky s jogurtem. Není zřejmé, kolik jogurtu v misce je a jaký konkrétní druh. Tato informace není zaznamenána ani v deníku. Porovnáme-li s informační hodnotou obrázku 3, je

Obrázek 2 – Příklad vyfotografovaného jídla bez bližší informace o druhu sýra, druhu a množství jogurtu

Obrázek 3 – Příklad vhodné dokumentace přímo konzumovatelné potraviny

rozdíl patrný na první pohled: je vidět tloušťku chleba, druh sýra i šunky, čitelný z obalů. Navíc v doprovodném deníku je uveden další komentář, včetně upřesnění druhu chleba, hodnot glykemie a inzulinového indexu.

Podrobně jsme u každého pacienta procházeli fotografie a přitom kontrolovali časově synchronizované údaje z inzulinové pumpy a senzoru a případné poznámky v deníku. Detailní analýza jednoznačně ukázala, jak musíme dopracovat podrobné instrukce pro pacienty, aby byl další sběr dat podstatně kvalitnější a tudíž měl větší vypovídající schopnost. Některé informace mohou pacienti zadat do deníku pouze jednou, pokud to je standardní situace či jev.

Příkladem může být otázka slazení kávy nebo čaje. U fotografií těchto nápojů daná informace chyběla ve 100% případů. Podobně pije-li někdo pivo a drží se jedné značky a druhu, tak stačí uvést informaci jednou. Analogicky by bylo možné postupovat i u dalších nápojů a jídel, pokud je to opakovaná záležitost. Z toho nám také vyplývá, jak bychom měli navrhnout aplikaci pro tvorbu personalizované databáze pokrmů tak, aby měl pacient zadávání co nejjednodušší – rychlý výběr s potvrzením či změnou gramáže a objemu.

Právě velikost porcí byla dosti diskutovaným parametrem, protože ve většině případů jakékoliv použitelné měřítko chybělo. Při konzumaci jídla doma by pacienti mohli používat přímo pravítko, které by velikost porce přiblížilo nejvíce. Složitější je to samozřejmě při stravování mimo domov. Nicméně i zde lze využít např. tužku, kterou by pacient nosil s sebou a používal jako srovnávací měřidlo pokaždé. Její délku by zaznamenal do deníku. Tento postup zvolila pouze jedna z pacientek. Další problém, který je snadno řešitelný, je identifikace přímo konzumovatelných potravin. Na obrázku 2 je miska s bílým jogurtem, ale není jasné, jaký jogurt to je. V deníku je pouze uvedena poznámka „bílý jogurt". Jak ukazují některé podrobné nutriční tabulky, jsou velké rozdíly ve složení i takzvaně stejných potravin, jako je třeba právě bílý jogurt. I tentýž druh se může u různých výrobců lišit ve svém složení. Jedna pacientka to vyřešila velmi jednoduše – fotograficky zdokumentovala obal – viz obrázek 4. Na něm je vidět gramáž, výrobce a při zvětšení i složení výrobku.

4. Závěr

Ve světě najdeme řadu mobilních aplikací se zaznamenáváním fotografií jídel, jejichž autoři tvrdí, že z fotografií dokáží automatickými metodami přesně určit, jaké jídlo na fotografii je a jaké má složení. Tušili jsme a naše dosavadní analýzy v rámci studie to jen potvrdily, že úloha není tak jednoduchá a určit

Obrázek 4 – Příklad vyfotografovaného jídla s bližší informací a přiloženým měřidlem

pouze z fotografie, co a v jakém množství člověk snědl, je velmi nepřesné. Je to možné pouze u jednoduchých jídel, jako je např. kus ovoce (1 jablko, 1 pomeranč) či potravina v originálním obalu, jako jogurt na obr. 4. Ale jsou-li na talíři těstoviny se zeleninou zalité tomatovou omáčkou, pak žádná metoda rozpoznávání neurčí, jaké druhy zeleniny jsou součástí pokrmu. Naší snahou je nalézt nejvhodnější a pro pacienta co nejméně obtěžující způsob dokumentace stravy při splnění požadavku na kvalitu informace potřebné pro správnou kompenzaci glykemie. Další parametry jako např. sledování krevního tlaku či senzory pro snímání fyzické aktivity budou zahrnuty v dalších fázích studie.

Na této vcelku jednoduché případové studii jsme chtěli poukázat na důležitost správného pořizování vstupních dat, které jsou cenným zdrojem informací pro celé další vyhodnocování. Data, která můžeme s dostatečnou přesností získat objektivním měřením, jsou ideální. V našem případě to jsou data z inzulinové pumpy a ze senzoru. Nicméně informace o stravě a fyzické aktivitě, které potřebujeme pro správnou interpretaci odezvy organismu na dávky inzulinu, shromažďuje sám pacient. I když bude pacient svědomitý a bude se snažit sbírat potřebná data, bude vždy nutné připravit kvalitní návod, jak to má dělat, aby sbíraná data měla vypovídající informační hodnotu. Dosud provedený sběr dat nám ukázal, co je ještě potřeba v experimentálním protokolu upřesnit, abychom dostáli i požadavkům na dostatečnou kvalitu dat, bez nichž by nebylo možné uskutečnit další analýzy.

Poděkování

Práce byla podporována projektem AZV MZ CR č. 15–25710A "Identifikace individuální dynamiky glykemických exkurzí u pacientů s diabetem pro zlepšení rozhodovacích postupů ovlivňujících dávkování inzulínu".

Literatura

[1.] Lhotská, L., Burša, M., Huptych, M., Hrachovina, M. (2015) Big data versus vzácné případy. In MEDSOFT 2015 – sborník příspěvků, 117–125. Agentura Action M, Praha

[2.] International Organization for Standardization – ISO. Quality management and quality assurance. Vocabulary. ISO 84021994

[3.] Firmani, D., Mecella, M., Scannapieco, M., Batini, C. (2015) On the Meaningfulness of „Big Data Quality". Data Science and Engineering, 1–15. Springer

[4.] Batini, C., Scannapieco, M. (2015) Data and information quality. Dimensions, principles and techniques. Springer, New York

[5.] Štechová, K., Piťhová, P. (2013) Léčba inzulinovou pumpou. Maxdorf, Praha

Kontakt:

Lenka Lhotská
ČVUT CIIRC
Zikova 4
166 36 Praha 6
tel.: 224354199
e-mail: *lhotska@cvut.cz*
http://ciirc.cvut.cz

Kyriaki Saiti
ČVUT CIIRC
Zikova 4
166 36 Praha 6
tel.: 224354199
http://ciirc.cvut.cz

Kateřina Štechová
FN Motol
V Úvalu 84
150 06 Praha 5
e-mail: *katerina.stechova@fnmotol.cz*

Miroslav Burša
ČVUT CIIRC
Zikova 4
166 36 Praha 6
tel.: 224354199
e-mail: *miroslav.bursa@cvut.cz*
http://ciirc.cvut.cz

Michal Huptych
ČVUT CIIRC
Zikova 4, 166 36
Praha 6
tel.: 224354199
e-mail: *michal.huptych@cvut.cz*
http://ciirc.cvut.cz