



MEDSOFT 2011

OBSAH

PACIENTI SE SEXUÁLNĚ PŘENOSNÝMI NEMOCEMI S RIZIKOVÝM CHOVÁNÍM V PRAŽSKÉ POPULACI 2007-8 (PRŮŘEZOVÁ STUDIE)

Jaromír Běláček, Ivana Kuklová, Petr Velčevský, Ondřej Pecha, Marek Novák9

ÚVOD

Dovolte, abych Vás jménem organizačního výboru uvítal na semináři Medsoft 2011 pořádaném již podruhé za sebou v klidném prostředí Roztok u Prahy. Děkuji jménem organizačního a programového výboru agentury Action M za přípravu semináře.

Doufám, že Vás i letos zaujme zajímavý program z oblasti zdravotnické informatiky a zdravotnických vědeckých informací, jak v přehledových přednáškách, tak v původních sděleních. Témata přihlášených sdělení ukazují, že se zdravotnická informatika stále vyvíjí a mění.

Tradice „Medsoftů“ trvá již od roku 1988. Letošní seminář je tedy již 23., protože jednou v devadesátých letech došlo k přesunutí semináře pro kolizi termínů z podzimu na termín jarní, a proto se v jednom roce seminář nekonal. Od té doby se semináře konají v termínu únor až duben – letos hned týden po počátku kalendářního jara. Přeji Vám klidné dva dny a odborné poučení. Těším se na setkání s Vámi i na dalších „Medsoftech“ v příštích letech.

březen 2011

Prof. MUDr. Štěpán Svačina, DrSc.

přednosta III. interní kliniky VFN a UK – 1.LF

předseda programového a organizačního výboru

DLOUHODOBÁ ARCHIVACE ELEKTRONICKÉ ZDRAVOTNICKÉ DOKUMENTACE

Karel Benák, Jaroslav Brož, Miroslav Novotný, Ladislav Pícek, Petr Vondrouš, Lubomír Wurm

Anotace

Článek si klade za cíl informovat o současných právních a technologických aspektech dlouhodobé archivace elektronické formy zdravotnické dokumentace. V kontextu projektu „Implementace vedení zdravotnické dokumentace ve VFN Praha v čistě elektronické formě“ ukazuje úskalí, s nimiž je nutno počítat při implementaci bezpečného úložiště pro dlouhodobou archivaci. Článek pokládá otázky, které dle mínění autora, ještě čekají na své zodpovězení.

Klíčová slova

elektronická zdravotnická dokumentace, EHR, archivace elektronické dokumentace, dlouhodobý elektronický podpis, LTES

1. Úvodní informace

Elektronická archivace dokumentů jako důsledek dlouhodobého trendu elektronizace pracovních prostředků a procesů se v posledních několika letech zdá masivně nastupovat ve všech sférách společenských aktivit, zdravotnictví nevyjímaje. V souladu s tímto proudem vznikají (někdy poněkud opožděně) i příslušné právní normy upravující nové aspekty manipulace s elektronickými dokumenty. Zejména roky 2008 a 2009 lze považovat za poměrně plodné období jak z pohledu legislativní aktivity na tomto poli, tak i z pohledu projektů financovaných státem (Integrovaný systém datových schránek, Národní standard pro elektronické systémy spisové služby, Národní digitální archiv). V tomto ne zcela právně ustáleném období vznikl i projekt „Implementace vedení zdravotnické dokumentace ve VFN Praha v čistě elektronické formě“. Kromě právní analýzy se opíral o používané technické standardy v oblasti elektronického podepisování a archivace. Ačkoli normy a standardy použitelné pro vedení elektronické zdravotnické dokumentace (EZD) jsou obecně dostatečně prověřeny praktickými implementacemi zdravotnických elektronických informačních a komunikačních systémů, lze říci, že oblast dlouhodobé archivace EZD je relativně nová (pomineme-li systémy PACS) a v potřebně širší neprověřená (vazby na spisovou službu, národní archiv apod.).

Zkratka	Význam
API	Application Programming Interface
BES	Basic Electronic Signature – základní formát digitálního podpisu dle standardu ETSI TS 101 733

Zkratka	Význam
BÚ	Bezpečné úložiště – HW komponenta pro uchovávání EZD v souladu s platnou legislativou
CAS	Content Address (Aware) Storage
CMS	Cryptographic Message Syntax – PKCS standard
ESS	Enhanced Security Services for S/MIME – RFC 2634
EZD	elektronická zdravotnická dokumentace, zde chápáno jako čistě elektronická forma
ERMS	Electronic Record Management System – elektronický systém spisové služby
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
IS	informační systém
LTES	Long Term Electronic Signature – ETSI TS 101 733
NIS	nemocniční informační systém
PKCS	Public-Key Cryptography Standards
QC	Kvalifikovaný certifikát dle ZoEP
RFC	Request For Comment – specifikace pro standardizaci provozu sítě Internet
SASL	Simple Authentication and Security Framework – RFC 4422
VFN	Všeobecná fakultní nemocnice Praha
WORM	Write Once Read Many – typ datového media
XAdES	XML Advanced Electronic Signatures – ETSI TS 101 903
ZD	zdravotnická dokumentace
ZEP	zaručený elektronický podpis ve smyslu zákona ZoEP
ZoAS	Zákon č. 499/2004 Sb., o archivnictví a spisové službě
ZoEP	Zákon č. 227/2000 Sb., o elektronickém podpisu
ZoZL	Zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu
ZZ	Zdravotnické zařízení

Tab.1 – Termíny a zkratky

2. Východiska řešení dlouhodobé archivace EZD ve VFN

V další části kapitoly bude proveden detailní rozbor požadavků vymezujících implementaci dlouhodobé archivace. Jde o rozbor z pohledu legislativy, standardů tvorby dlouhodobě platných ZEP a z pohledu vlastního provozu NIS.

2.1. Právní požadavky

V dalším textu vycházíme zejména z následujících právních předpisů:

1. Zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů
2. Zákon č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů, ve znění pozdějších předpisů,
3. Zákon č. 227/2000 Sb., o elektronickém podpisu a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů,
4. Zákon č. 499/2004 Sb., o archivnictví a spisové službě a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů,
5. Vyhláška č. 385/2006 Sb. o zdravotnické dokumentaci.

2.1.1. Dlouhodobá autenticita a použitelnost

Zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů ukládá požadavek na vybavení každé samostatné části EZD ZEP a použitelnost archivované EZD po celou dobu archivace.

2.1.2. Doba archivace a způsob skartace

Doba archivace a způsob skartace ZD vyplývá z vyhlášky č. 385/2006 Sb., o zdravotnické dokumentaci, ve znění pozdějších předpisů. ZD nesmí být zničena jinak, než v rámci skartačního řízení. To je definováno ve skartačním řádu, jež je přílohou výše zmíněné vyhlášky. Skartační řízení probíhá jednou ročně a během něj je posuzována potřebnost ZD pro poskytování zdravotní péče po uplynutí skartační lhůty (min. 5let). Pokud je dokumentace nepotřebná, je navržena ke zničení. Skartační návrh posuzuje skartační komise, která rozhodne s konečnou platností o prodloužení skartační lhůty (min. o 5let) nebo dá pokyn ke zničení dokumentace (po předchozím výběru a odevzdání archiválií do Národního archivu). Základní skartační lhůty jsou stanoveny skartačním řádem dle typu zdravotnické dokumentace a oblasti zdravotní péče, do níž spadá. Např. u léčby duševních poruch je tato lhůta stanovena na 100 let po narození a u pitevního protokolu, který slouží pro účely soudního lékařství, je stanovena na 150let.

Vlastní průběh skartace upravuje vyhláška č. 191/2009 Sb., o podrobnostech výkonu spisové služby, pokud se na vedení EZD vztahuje ZoAS.

2.1.3. Ochrana osobních údajů

Právní status obsahu archivované EZD je upraven zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a zákonem č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů. Zákonné požadavky na ochranu osobních údajů a řízený a dokladovatelný přístup k EZD jsou prakticky stejné jako u „živé“ EZD.

Z pohledu implementace lze na základě výše uvedeného vyvodit následující požadavky:

- **P1:** EZD musí být dostupná teoreticky neomezeně dlouho, tedy i nezávisle na NIS.
- **P2:** Informační obsah EZD musí být čitelný teoreticky neomezeně dlouho.
- **P3:** Informační obsah EZD musí být původní, archivací nezměněný.
- **P4:** Musí být prokazatelné teoreticky neomezeně dlouho (tedy nezávisle na NIS), zda je ZEP na EZD platný.
- **P5:** Pouze oprávněné osoby mohou přistupovat k archivované EZD a to specificky jen k té části EZD, do níž jsou oprávněni nahlížet nebo ji jinak použít.
- **P6:** Veškeré přístupy k archivované EZD musí být trvale zaznamenané z pohledu přistupující osoby, cíle přístupu, způsobu a času přístupu.

Splnění těchto požadavků reálně fungujícím systémem není možné garantovat na neomezeně dlouhou dobu již jen z důvodu omezené doby životnosti reálných elektronických systémů a s přihlédnutím k faktu, že vývoj informačních technologií a zpětnou kompatibilitu technických standardů nelze predikovat na déle než zhruba deset let.

Problém dlouhodobé garance se týká i vlastního právního řádu a to zejména norem typu vyhláška, která v tomto případě upravuje skartační lhůty ZD.

Proto jsme nuceni navrhnout koncepci BÚ na principu „best effort“ s výhledem dlouhodobé garance požadavků v řádu desítek let.

2.1.4. Provozní požadavky

Z pohledu nakládání se zdravotnickou dokumentací lze detekovat následující požadavky na implementaci BÚ:

- **P7:** Podpora procesu skartačního řízení – zejména možnost vyhledat k danému datu samostatné části EZD, jimž uplyne skartační lhůta.
- **P8:** Možnost automatizace bezpečného rušení obsahu dle předem daných pravidel (politik).
- **P9:** Možnost agregace různých typů dat do souvisejících celků (spisů) a jejich jednotnou správu (např. sdružování textových, kryptografických a obrazových dat vztahujících se k jednomu léčebnému výkonu či pacientu).
- **P10:** Odolnost proti poruše jakékoli technické komponenty.
- **P11:** Rozšiřitelnost co do kapacity i redundance komponent (např. možnost vybudovat záložní BÚ).
- **P12:** Řešení musí být otevřené pro budoucí aplikace vyžadující archivaci elektronické dokumentace ve shodě s legislativou.

2.2. Požadavky standardizace

V této oblasti jsou podstatné standardy pro zajištění dlouhodobé autenticity, dostupnosti a bezpečnosti procesů souvisejících s celým životním cyklem elektronické dokumentace.

2.2.1. Dlouhodobě platný zaručený elektronický podpis

To, jak lze pomocí časových razítek ošetřovat elektronický podepsané dokumenty před i během jejich archivace specifikuje standard RFC-3126 (*Electronic Signature Formats for long term electronic signatures – LTES*), který byl dopracován ETSI a vydán jako standard ETSI TS 101 733. Formát LTES je nadstavbou nad CMS zabezpečující elektronický podpis tak, aby mohl být verifikován ke konkrétnímu času v minulosti. LTES doplňuje k elektronickému podpisu informace důležité pro verifikaci podpisu v budoucnosti a vše konzervuje pomocí časových razítek.

Obdobně standard ETSI TS 101 903 definuje formát podpisu XML dokumentů a navazuje tak na obecnou specifikaci XMLDsig definovanou konsorciem W3C.

Níže je uveden přehled typů LTES formátu:

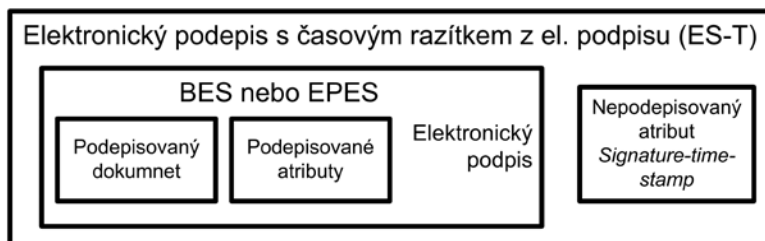
BES (*Basic Electronic Signature*)

BES je z pohledu standardu ETSI TS 101 733 nejjednodušší variantou elektronického podpisu. Jde o elektronický podpis tak jak je znám ze specifikace CMS, doplněný o několik podepisovaných atributů. Obecně v podpisu BES mohou být nepodepisované atributy jako např. kontrasignatura (*CounterSignature*). Jedinou výjimkou oproti standardu CMS je, že se již vůbec nepředpokládá elektronicky podpis bez podepisovaných atributů.

Formát BES povinně vyžaduje následující atributy:

- *Message Digest*
- *Content Type*
- *Signing Certificate*
- *Other-signing-certificate* má stejný význam jako *Signing Certificate*, ale umožňuje libovolný algoritmus pro hash. Podpis typu BES pak musí mít povinně jeden z těchto dvou atributů.

ES-T – obsahuje navíc časové razítko (TS) z podpisu typu BES (viz obrázek 1) *do nepodepisovaných atributů*, pokud TS není vygenerováno v okamžiku podpisu, musí ověřovatel buď TS vygenerovat při příležitosti 1. ověření (které by mělo nastat dostatečně brzy po vytvoření podpisu), nebo udržuje bezpečné časové záznamy o ověřených EP. Nelze zpětně zjistit, zda časové razítko nebylo z podpisu vyňato.



Obrázek 1 – Podpis formátu ES-T

ES-C – jde o *ES-T* doplněný kompletními odkazy na validační data (certifikáty a stav jejich revokace) *do nepodepisovaných atributů*. Pokud tato validační data nedodá podepisující osoba, musí je doplnit ověřovatel po 1. ověření EP, jakmile jsou tato data k dispozici (záznam o revokaci certifikátu, konci pozdržení jeho platnosti apod.). Obecně nelze kompletní odkazy na validační data dodat při vytváření podpisu, to lze jen ve zvláštních případech, kdy po vytvoření podpisu typu ES může podepisující osoba dodatečně do podpisu tato data doplnit. Tyto odkazy mají smysl po dobu, kdy jsou CA povinny vlastní validační data archivovat v souladu se svou certifikační politikou. Časové razítko v EP typu ES-T a ES-C zajišťuje platnost certifikátu i v případech, kdy další validační data byla kompromitována po časovém okamžiku vyznačeném čas. razítkem.

ES-X – jde o rozšíření formátu ES-C, které je vhodné v případech, kdy ověřovatel nemá přístup k certifikátu podepisující osoby, ke všem certifikátům CA tvořící certifikační řetězec nebo ke všem vztažným informacím o stavu revokace certifikátu. V takovém případě jsou možné dva přístupy řešení:

- Všechny položky validačních údajů jsou součástí EP. Certifikáty se ukládají do atributu *Certificate-values* a revokační informace do atributu *Revocation-values*. Pokud alespoň některý z atributů *Certificate-values* nebo *Revocation-values* je v elektronickém podpisu přítomen, pak jde o podpis *ES-X Long*.
- K údajům formátu ES-C je přidáno časové razítko *do nepodepisovaných atributů*. Tento formát má 2 varianty:

ES-X 1 – časové razítko přes validační data (ochrana pro případ kompromitace certifikátů v certifikačním řetězci), časové razítko a samotný digitální podpis.

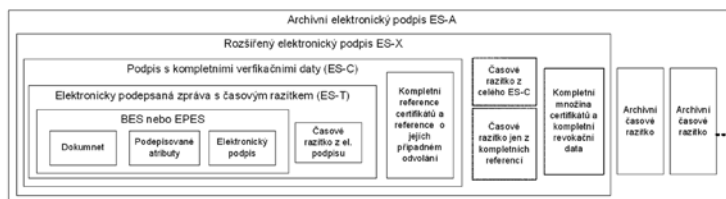
ES-X 2 – časové razítko pouze přes validační data

ES-A (archivní elektronický podpis)

Pokud by došlo vlivem dlouhodobé archivace k nebezpečí, že:

- klíče a ostatní kryptografická data použitá pro vytvoření *ES-C* se stanou slabými,
- algoritmy se stanou zranitelnými,
- certifikáty časových razítek expirují,

pak lze EP všech typů vybavit novým tzv. archivačním časovým razítkem ze všech důležitých atributů s pokud možno silnějším kryptografickým algoritmem nebo delšími klíči. Další archivní časová razítka se přidávají za stávající dokument. Počítají se nejen z původní zprávy (např. *ES-X*), ale i ze všech předchozích archivních časových razítek. Celou strukturu znázorňuje obrázek 2.



Obrázek 2 – Podpis formátu ES-A

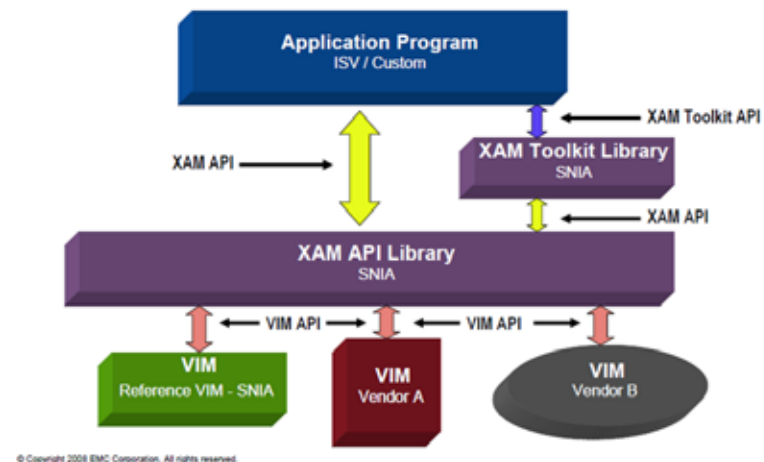
2.2.2. Standardy přístupu k archivačním zařízením

Průmyslové standardy v oblasti zařízení pro ukládání dat (storage) definuje asociace SNIA (Storage Networking Industry Association), z jejíhož popudu vznikl standard XAM (eXtensible Access Method). Standard je zaměřen na přístup k fixnímu datovému obsahu, typicky k archivovaným datům. Definuje architekturu přístupu k archivovaným datům a sadu API funkcí včetně referenčních implementací v jazycích C a Java.

Principy architektury XAM:

1. Datové objekty (XSet) jsou z pohledu aplikace popsány svou unikátní adresou (XUID – XAM Unique ID), která je nezávislá na jejich fyzické lokaci
2. Datové objekty jsou „obaleny“ strukturovanými (XML) aplikačními metadaty s vyznačeným datovým type (MIME-type) umožňujícími snazší manipulaci s vlastním informačním obsahem
3. Modulární architektura umožňuje výrobcí storage dodat SW Plug-in modul, který splňuje specifikaci VIM API (Vendor Interface Module API), a tím je příslušné úložné zařízení dostupné stávajícím aplikacím.
4. Je definována množina správcovských rysů a vlastností pro neměnná data (zachování neměnnosti dat, žádost o datový obsah, vymazání obsahu apod.)

Architektura XAM představuje v podstatě třívrstvý model. Nejnižší vrstva je představována **VIM Plug-in moduly**, umožňujícími připojení úložného zřízení (storage). Střední vrstva je reprezentována knihovnou funkcí a nástrojů pro provádění potřebných operací s datovými objekty v úložištích prostřednictvím standardizovaného **VIM API**. Tyto funkce a nástroje jsou přístupné nejvyšší, aplikační vrstvě prostřednictvím standardizovaného API (**XAM API** a **XAM Toolkit API**). Architektura je znázorněna níže na Obrázek 3.



Obrázek 3 – Architektura XAM

3. Koncepce BÚ ve VFN

Koncepce BÚ pro dlouhodobou archivaci EZD vycházela z požadavků specifikovaných zadavatelem:

1. Navržený systém musí v době spuštění do provozu odpovídat platným právním předpisům upravujícím vedení EZD,
2. v případě nedostatečnosti právního rámce bude řešení vycházet z principu „best practice“ a tento přístup bude ověřen nezávislým auditem,
3. není požadováno převedení stávající neelektronické zdravotnické dokumentace do elektronické formy a její archivace,
4. systém musí být otevřený pro archivaci i jiného druhu dokumentace, než je EZD.

V současné době se z pohledu media nabízí tři přístupy ke koncipování BÚ:

1. Datové nosiče typu WORM založené na optickém nebo magnetickém záznamu.
2. Standardní datové úložiště typu WORM založené na magnetickém záznamu.
3. Specializované datové úložiště typu CAS

Zatímco první dva přístupy nabízí práci s archivovanými daty pouze na úrovni souborového systému, třetí přístup – CAS – pohlíží na fixní data jako na objekty, jež lze doplnit metadaty pro flexibilní vyhledávání a automatizaci práce na bázi politik. Tento přístup se nám jevil vhodný z pohledu výše uvedených požadavků P7, P8 a P9. Zejména pak tento přístup umožňuje realizovat systemizovanou elektronickou analogii papírové kartotéky, v níž jsou složky k danému pacientovi obsahující různorodé typy a fragmenty zdravotnické i nezdravotnické dokumentace a provázat ji přímo s aplikační databází (lze pak archivovat i jen určité položky databázové tabulky). Zařízení typu CAS implementuje veškeré potřebné nástroje pro práci s datovými objekty v interním OS a publikuje pouze API pro využití poskytované funkčnosti externím aplikacím. Zařízení tohoto typu existují na trhu již zhruba 10 let, nicméně standardizace přístupové architektury představovaná specifikací XAM je poměrně mladá. Po zvážení přínosů a rizik využití vyzrálého ale proprietárního rozhraní API proti relativně nové ale standardizované specifikaci XAM jsme zvolili cestu standardu XAM zejména s ohledem na požadavky P1, P2 a P12.

3.1. Volba archivačního zařízení

Při volbě archivačního zřízení typu CAS podporujících standard XAM jsme narazili na několik produktů, připadajících v úvahu. Interním výběrovým řízením jsme zvolili zařízení Centera Governance Ed., které je k dispozici v portfoliu produktů společnosti EMC2 od r. 2002 (akvizice holandského výrobce). Představuje průkopnické řešení v oblasti CAS, jež pracuje s mnoha miliardami objektů, čímž překonává problémy se škálovatelností tradičních souborových systémů.

Architektura

Základním architektonickým rysem je vysoká redundance komponent s možností budovat záložní systém pro případ totálního selhání primární lokality.

Stavební entitou úložiště EMC2 Centera je tzv. uzel (node) sestávající z řídicího SW (CenteraStar) a diskového pole RAID5 tvořeného vysokokapacitními (1TB, 2TB) SATA disky. Každý uzel disponuje duální síťovou konektivitou a duálním napájením. Každý uzel komunikuje po IP síti protokolem TCP.

Uzly jsou dvojího typu:

1. Storage node – spravují diskové pole
2. Access node – vybavené navíc přístupovou logikou k datovým objektům – jsou vždy zdvojeni.

Sestava 4 uzlů formuje základní jednotku systému, Centera klastr, který je rozšiřitelný vždy po dvou uzlech. Jeden klastr může obsahovat až 32uzlů. V rámci klastru je prováděn automatický load-blancing.

RAIN

Nad uzly se vytváří z pohledu datové redundance pole typu RAIN (Redundant Array of Independent Nodes). Jde o gridovou architekturu, která umožňuje škálovat úložný prostor až přes 128 uzlů a dosahovat efektivní úložné kapacity stovek TB. Skutečná kapacita Centery závisí jednak na kapacitě zvolených diskových jednotek a dále na algoritmu zajištění redundance v poli RAIN. Uzly mohou být osazeny různými typy disků, čímž je umožněna automatická migrace datových objektů ze starších uzlů na technologicky novější. Na výběr jsou dva režimy zajištění redundance dat:

- V režimu CPM (Content Protection Mirroring) dochází k vytváření kopií datových objektů na různých uzlech. Tento režim disponuje vysokou redundancí na úkor efektivního datového prostoru.
- V režimu CPP (Content Protection Parity) se data rozkládají přes 7 uzlů včetně paritní informace. Tento druhý režim spoří datový prostor na úkor redundantních dat a ke své činnosti potřebuje systém s nejméně 8mi uzly.

Několik klastrů Centera může vytvářet nadřazené celky (geoklastry).

3.2. Zajištění dlouhodobé platnosti ZEP

Platnost ZEP obecně nelze doložit v době, kdy nejsou platná data pro ověření ZEP, konkrétně podobě expirace nebo zneplatnění QC či certifikátů nadřazených. Aby bylo možné z dlouhodobého hlediska ověřit platnost elektronického podpisu, je třeba mít důkaz o existenci podpisu před jistým časovým okamžikem v minulosti. Tím vyloučíme pochyby typu podvržení ZEP k EZD někdy později, kdy příslušné certifikáty pozbyly své platnosti. Takovým důkazem je časové razítko vytvořené z elektronického podpisu, které vydá důvěryhodná autorita pro vydávání časových razítek (TSA). Časové razítko poskytuje možnost ověřit platnost elektronického podpisu za těchto předpokladů:

1. Zdroj času je důvěryhodný.
2. Podpis je ověřován v periodě platnosti certifikátu časové autority, jež časové razítko vydala. Předpokládáme 10ti letou platnost certifikátu TSA.
3. Jsou k dispozici validační data – podpisový certifikát včetně všech certifikátů v certifikační řetězci, seznam odvolaných certifikátů, certifikát časové

autority včetně všech nadřazených certifikátů a seznamy odvolaných certifikátů certifikačních a časových autorit.

Časové razítko z elektronického podpisu se k elektronickému podpisu přidává do struktury CMS jako nepodepisovaný atribut. Může být přidáno uživatelem uzavírajícím a podepisujícím EZD, nebo jej automaticky doplňuje úloha dávkového zpracování spuštěná na externím aplikačním serveru. Dostatečná frekvence spouštění této úlohy zajistí vybavení ZEP časovým razítkem s maximálním zpožděním několika hodin.

Bezprostředně před vlastní archivací elektronického dokumentu reprezentujícího samostatnou část ZD dochází k ověření platnosti ZEP vč. časového razítka (lze využít on-line či off-line ověření stavu certifikátu). Do archivačního zařízení pak putují společně s podepsaným dokumentem ve formě metadat i následující validační informace:

- stav ověření platnosti ZEP
- podpisový QC
- všechny certifikáty v certifikační cestě QC
- aktuální seznam odvolaných certifikátů (CRL)
- certifikát TSA včetně nadřazených certifikátů
- CRL certifikátů certifikačních autorit a časové autority

Klíčovým momentem, na němž toto řešení staví, je nezpochybnitelnost obsahu archivovaného v daném čase, tedy i nezpochybnitelnost validačních údajů archivovaných spolu s EZD. V případě nutnosti ověřit podpis v budoucnu bude možné příslušná validační data ke konkrétnímu dokumentu získat na základě příslušných metadat, a vlastní validační data lze v rámci archivu uchovávat pouze v jedné instanci (deduplikace).

Tím se vyhýbáme nutnosti vytvářet podpisy ve formátu LTES typu ES-A, které mají následující diskvalifikační faktory:

- potřeba obnovy validovatelnosti podpisu dodatečným opakovaným časovým razítkováním,
- LTES je oproti CMS poměrně málo rozšířený – možné problémy s přenositelností ZEP.

4. Úskalí dlouhodobé archivace EZD

4.1. Nový fenomén – elektronická spisová služba

Jak již bylo dříve zmíněno, rok 2009 přinesl nové legislativní úpravy, které, zdá se, významnou měrou zasáhnou do procesu vedení ZD v čistě **elektronické formě**. Právě okamžikem odmítnutí klasické papírové či filmové podoby zdravotnické dokumentace se otevírá prostor pro implementaci ustanovení vyplývajících ze zákona 190/2009 Sb., který novelizuje zákon č. 499/2004 Sb., o archivnictví a spisové službě především s důrazem na výkon spisové služby v elektronické podobě. Prováděcí vyhláška 191/2009 Sb. k tomuto zákonu pak dává návod na zásadní změny ve filosofii práce se zdravotnickým informačním systémem. Mezi tyto změny patří:

1. Dokumentem ve smyslu ZoAS § 2 písm. d) je chápána každá písemná, obrazová, zvuková nebo jiná zaznamenaná informace, ať již v podobě analogové

- či **digitální**, která byla v rámci ZZ vytvořena nebo doručena. Tedy tato obecná definice naznačuje, že veškeré zdravotnické informační systémy bez ohledu na typ zdravotnického provozu (ambulantní, klinický, laboratorní apod.) pracují s dokumenty, které podléhají zákonu o archivnictví v případě, že ZZ je povinno uchovávat dokumenty a umožnit výběr archiválií.
2. ZZ na něž se vztahuje povinnost předkládat dokumenty Národnímu archivu pro výběr archiválií jsou podle ZoAS § 3 také státní příspěvkové organizace (např. FN) a právnické osoby zřízené nebo založené územními samosprávnými celky (např. Krajské nemocnice). Tyto jsou pak povinny dle § 63 vést spisovou službu nejpozději od 1.7. 2012 v elektronické formě.
 3. Dokument – v našem případě každá samostatná část EZD vzniklá ve zdravotnickém IS popř. doručená z venčí – musí být již při svém vzniku či doručení označen jednoznačným identifikátorem a evidován v elektronickém systému spisové služby. **Toto ustanovení implikuje potřebu propojit zdravotnické IS a IS spisové služby.**
 4. Kromě výše uvedeného musí dojít k přidělení spisového a skartačního znaku v době vytvoření dokumentu (samostatné části EZD). Spisový znak je označení, které zařazuje dokumenty do věcných skupin pro účely pozdějšího vyhledávání a vyřazování. Skartační znak je označení sloužící k posouzení vhodnosti samostatné části EZD k vyřazení v rámci skartačního řízení. **Toto ustanovení klade nové nároky na odborný zdravotnický personál, který musí v souladu s prováděcí vyhláškou č 191/2009 Sb. z palety druhů zdravotnické dokumentace definované vyhláškou č. 385/2006 Sb. vybrat ten správný skartační znak již při vzniku dokumentu** (zápisu do dekursu, ambulantní karty, operačního protokolu, či žádanky o laboratorní vyšetření apod.). Skartační znak pak dále ovlivňuje skartační lhůtu, **která je navíc v některých případech v čase proměnná** (začíná pro daný spis běžet od doby posledního vyšetření).
 5. Vyřazování (skartace dokumentace) se děje v celých spisech, proto musí být zdravotnický IS schopný vytvářet EZD dle této filosofie a skartovat samostatné části EZD v rámci skartace celého spisu. Pojem spis je obecně definován vyhláškou 191/2009 Sb. **IS nakládající s EZD v rámci ZZ by měly být schopny umožnit skartaci i v případě, že je vedena paralelně papírová forma ZD a tato skartace by měla probíhat společně se skartací papírové či jiné „analogové“ dokumentace, což se neděje.**
 6. Další změna přichází s příjmem zdravotnické dokumentace z vnějšího prostředí (např. zpráva z odborného vyšetření přinesená pacientem). **Každý takový dokument by měl být konvertován do elektronické podoby, a evidován v ERMS a následně přiřazen do NIS ke správnému „spisu“.** Podobně je tomu při odesílání EZD do externího prostředí (jinému ZZ, orgánu veřejné moci apod.).

4.2. Datové formáty

Řešení bezpečného úložiště pro EZD vyžaduje volbu vhodného formátu a metadat jak z pohledu programátorské technologie IS, tak z pohledu

analytického – práce s dokumentací v BÚ, které má dva základní cíle:

1. umožnit výstup EZD či její samostatné části v digitální podobě vhodné pro autorizovanou konverzi do podoby papírové,
2. podpořit skartační řízení v rámci spisové služby.

V prvním případě se autorizovanou konverzí zabývá zákon 300/2008 Sb, o elektronických úkonech a autorizované konverzi dokumentů resp. prováděcí vyhláška z 15.6.2009, která stanoví jediný vhodný formát a to PDF v1.3 a vyšší nebo PDF/A. **Toto vnímáme jako poněkud diskriminující zejména z pohledu existujících zdravotnických IS a kolidující s jinými nařízeními, specifikujícími povinný formát XML (např. elektronická preskripce ve vazbě na SÚKL).** Je otázka, zda toto portfolio bude rozšířeno o další možné formáty.

V druhém případě – při výkonu spisové služby takováto omezení neplatí, protože kromě preferovaného formátu PDF/A pro statické textové dokumenty a statické kombinované textové a grafické dokumenty, povoluje vyhláška č. 191/2009 Sb. v § 20 odst. 6 pro výstup též jiné datové formáty.

Další potenciální změna již fungujících IS pro ukládání EZD do bezpečného úložiště vyplývá z povinnosti doplnit spis (EZD daného pacienta) metadaty, která stanoví národní standard pro elektronické systémy spisové služby. Z vyhlášky č. 191/2009 Sb. nevyplývá, že by toto měl zabezpečovat zdravotnický IS, ale je to poměrně logické, protože ERMS by mohl mít problém s modifikací spisu.

4.3. Definice pojmu „bezpečné úložiště“

V souvislosti s dlouhodobou archivací (100 a více let) elektronické dokumentace hovoříme o bezpečném úložišti a vyhýbáme se spojení „bezpečný archiv“. Tento pojem je použit specificky v ZoAS. Pojem bezpečné úložiště chápeme jako elektronický systém určený pro dlouhodobé ukládání digitálních dokumentů takovým způsobem, který garantuje jeho integritu a autentičnost v čase. **Otázkou je právě ona garance či „bezpečnost“.** Domníváme se, že atribut „bezpečné“ úložiště není dostatečně popsán či dokonce standardizován. Při tom garance bezpečnosti se zdaleka netýká pouze zajištění dlouhodobé platnosti elektronického podpisu či vysoké dostupnosti archivačního zařízení a řízení přístupu k němu. Je jisté, že během dlouhodobé archivace bude nutno s digitálním dokumentem pracovat – migrovat jej na technologicky novější úložiště, opakovaně časově razítkovat a konvertovat jeho formát. Tyto procesy bude třeba provádět „**bezpečně**“. Ačkoli existují standardy pro budování bezpečného elektronického archivu (např. německá technická směrnice BSI TR 03125), je otázkou nakolik jsou aplikovatelné do prostředí ZZ, která primárně neslouží jako archivy a ani systémy digitálního archivu nehodlají budovat.

5. Závěr

Domníváme se, že je v dnešní době možné budovat „bezpapírovou nemocnici“ v tom smyslu, že pokud je digitální podoba ZD technicky k dispozici, legislativně nic nebrání práci s ní. Zároveň ale detekujeme ne zcela jasné propojení legislativy upravující oblast archivnictví a spisové služby a oblast vedení

zdravotnické dokumentace v digitální podobě. Spojovací článek mezi těmito dvěma oblastmi vidíme zejména ve vyhlášce 191/2009 Sb., která v § 2 uvádí, že evidenci podle této vyhlášky nepodléhá dokumentace, která nemá „úřední charakter“. Které typy zdravotnické dokumentace jsou považovány za úřední a které ne definuje původce ve svém spisovém řádu. Některá ZZ vůbec nepodléhají výkonu spisové služby, ale pravidla nakládání se zdravotnickou dokumentací podle vyhlášky 385/2006 Sb. se na ně vztahují zcela plnohodnotně. Nabízí se otázka, zda by neměl být sjednocen pohled na vedení zdravotnické dokumentace v čistě elektronické formě nezávisle na ZoAS. Producentům zdravotnických IS ale i provozovatelům ZZ a zdravotníkům v nich pracujícím by takový pohled jistě přišel vhod.

Literatura

- [1.] *Sbírka zákonů ČR*
- [2.] *Národní standard pro elektronické systémy spisové služby, Věstník Ministerstva vnitra, částka 76/2009 (část II)*
- [3.] *Pinkas D., Ross J., Pope N.: Electronic Signature Formats for long term electronic signatures, RFC-3126, Network Working Group, September 2001*
- [4.] *Horgan M.: Introduction to XAM (eXtensible Archiving Method): A New Industry Standard Access Method for Fixed Content, EMC corporation, 2008 [https://community.emc.com/servlet/JiveServlet/previewBody/1270-102-2-1403/EMC Introduction to XAM.pdf](https://community.emc.com/servlet/JiveServlet/previewBody/1270-102-2-1403/EMC%20Introduction%20to%20XAM.pdf)*
- [5.] *EMC corporation, firemní materiály k EMC Centra, <http://www.emc.com/products/detail/hardware/centera.htm>*

Kontakt:

Ing. Miroslav Novotný
Stapro s.r.o.
Pernštýnské náměstí 51
530 02 Pardubice
tel.: +420467003111
e-mail: novotny@stapro.cz

BAYESOVSKÁ STATISTICKÁ ANALÝZA S PODPOROU VÝPOČETNĚ INTENZIVNÍCH PROCEDUR

Jan Hendl

Abstrakt

Vývoj počítačových technologií umožnil využít speciální algoritmy ve statistických výpočtech. Dokonce se tak změnilo nazírání na statistickou analýzu. Ačkoliv bayesovské postupy vždy tvořily alternativu k zavedeným přístupům k odhadu a ověřování statistických modelů, dnes jsme svědky v tomto směru skutečné revoluce, v které bayesovské procedury a počítače hrají rozhodující roli. V příspěvku se krátce věnujeme základům dvou hlavních škol statistického myšlení. V další části ukážeme v čem spočívá současná moderní podoba bayesovského počítání a modelování. Na rozdíl od minulosti dnešní algoritmické přístupy umožňují radikálně rozšířit využití bayesovských metod při analýze biomedicínských dat.

Klíčová slova:

Bayesovská analýza, počítačové metody, apriorní a aposteriorní pravděpodobnosti, mcmc algoritmus, modelování

Úvod

Mnoho v současnosti používaných statistických metod bylo vyvinuto ke konci 19. století, např. šlo o lineární regresi nebo metodu nejmenších čtverců. Galton navrhl v roce 1888 pojem statistické korelace. Youle a Pearson zavedli pojem měr dobré shody. Ve 20. a 30. letech 20. století došlo k velkém rozvoji statistiky pracemi R.A. Fischera o odhadování pomocí věrohodnostní funkce. Neyman a Pearson rozvinuli myšlenku testování na základě představ o rozhodování z operační analýzy. Od té doby se statistika rychle rozvíjela a dnes hraje klíčovou roli ve výzkumu v mnoha vědeckých oblastech.

Bayesovské metody tvoří část statistiky. Základ pro ně položil reverend Thomas Bayes, jehož myšlenky prezentoval před Královskou statistickou společností v roce 1763 Richard Price až několik let po smrti autora (Bayes 1763). Bayesův přístup se však dlouho příliš neprosadil, protože oboru dominoval klasický četnostní přístup Neymana a Fischera, kteří vytýkali Bayesovu přístupu subjektivitu. Někteří statistici jako Lindley nebo de Finetti tento přístup však rozvíjeli, přičemž poukazovali na určité nedostatky klasického přístupu. Teprve začátkem 90. let 20. století začal zájem o Bayesovy metody vzrůstat. Dokonce dominoval ve výzkumu statistiky. Impulsem proto byly návrhy z oblasti výpočetní statistiky, které spolu s dostupností výpočetní techniky, umožnily pracovat v rámci pružného rámce pro statistické usuzování, což vyhovovalo stále větší složitosti problémů ve vědě na konci 20. a začátku 21. století (Brooks 2003, Ashby 2006)

Rozdílnost klasického a bayesovského přístupu

Hlavní vlastností bayesovského přístupu je princip, že pravděpodobnost je interpretována jako subjektivní přesvědčení, že nastane nějaká událost,

reprezentuje nejistotu jedince. Jedním z důsledků je to, že se nepožaduje, aby se specifikovala nebo uvažovala relevantní řada opakování pokusu, v kterém událost nastává, což platí pro klasický četnostní rámec. V bayesovském přístupu je subjektivní pravděpodobnost upravována pomocí evidence, která je postupně shromažďována (Gelman et al. 1995).

Klasický četnostní a bayesovský přístup a jejich rozdílnost nejlépe vysvětlíme pomocí zcela jednoduchého příkladu. Půjde o parametr θ binomického rozdělení, kterým modelujeme binární náhodnou proměnnou X . Ta nabývá hodnoty 1 s pravděpodobností θ a hodnoty 0 s pravděpodobností $1 - \theta$. Její pravděpodobnostní $f(x | \theta)$ funkci lze zapsat ve tvaru:

$$f(x | \theta) = \theta^x (1-x)^{1-x}$$

Jestliže provedeme n pokusů s takovou náhodnou proměnnou, pak ze vyjádřit jejich společnou pravděpodobnost $f(x_1, x_2, \dots, x_n | \theta)$ výsledků vynásobením n těchto funkcí s dosazenými hodnotami měřené veličiny. Dostaneme výraz

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n | \theta) = f(\mathbf{x} | \theta) = f(D | \theta) = \theta^m (1-x)^{n-m},$$

kde m je počet pokusů, kdy X nabyla hodnota 1. Tato pravděpodobnostní funkce tvoří základ pro rozhodování oběma přístupy. Symbol D bude označovat získaná data $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$.

V klasickém četnostním přístupu při hledání θ postupujeme metodou maximální věrohodnosti a to tak, že maximalizujeme hodnotu funkce $f(D | \theta)$ vzhledem k parametru θ . Volíme takovou hodnotu θ , při které pravděpodobnost výsledku D by byla největší. Věrohodnostní funkci $L(\theta | D)$ označujeme funkcí $f(D | \theta)$. Za proměnou nyní považujeme parametr θ a ne jednotlivé hodnoty x_i . Hodnotu, kterou získáme maximalizací funkce $L(\theta | D)$, nazýváme maximálně věrohodným odhadem. V našem příkladu má odhad metodou maximální věrohodnosti intuitivně přirozený tvar:

$$\hat{\theta} = \frac{m}{n}$$

Věrohodnostní funkce $L(\theta | D)$ tvoří základ pro statistické usuzování o hodnotě θ v klasickém četnostním přístupu. Můžeme například porovnávat dva kandidáty na správnou hodnotu θ , přičemž tyto kandidáty jsme zjistili maximalizací věrohodnostní funkce za dvou různých omezujících podmínek na prostoru možných hodnot θ . Při maximalizaci funkce $L(\theta | D)$ používáme aparát diferenciálního počtu, který lze také použít, pokud rozložení závisí na několika různých parametrech a uvažujeme vektorový parametr θ . Maximalizace začne však být složitější a obvykle vyžaduje rafinované optimalizační numerické metody. Další obtíže nastávají, protože věrohodnostní funkce může mít mnoho lokálních maxim a úkolem je odhadnout to absolutní. Jeho hledání obvykle vyžaduje provést mnoho výpočtů. Při odhadu statistické nepřesnosti odhadu nebo získání intervalu spolehlivosti vycházíme také z věrohodnostní funkce. Přitom se opíráme v jednodušších problémech o poznatek, že odhady metodou maximální věrohodnosti mají normální

rozdělení se známými hodnotami průměru a rozptylu. Přitom předpokládáme, že lze libovolně zvětšovat rozsah výběru. Tento předpoklad nemusí být vždy splněn a pak asymptotické výsledky se jeví jako zpochybnitelné. Lze teoreticky dokázat, že asymptoticky se takto zjištěný odhad blíží s pravděpodobností jedna ke správné hodnotě.

Interpretace toho, jak je odhad statisticky přesný vychází z představy opakovatelnosti celého experimentu a předpokládané chování našeho odhadu odvozujeme z možné nekonečné série vektorů výsledků \mathbf{x} , které byly získány za stejných podmínek jako náš výchozí vektor dat. O intervalu spolehlivosti s hladinou spolehlivosti např. 95%, pak můžeme prohlásit, že v sérii pokusů o n pozorování (ale nikdy neuskutečněné), pokryje správný parametr θ v 95% případech. Tato představa se zdá být poněkud nepřírozená. V této souvislosti se uvádí příklad z medicínského usuzování. Jestliže diagnostický test je pozitivní u pacientů s chorobou A v 99% případů, neznamená to, že pozitivní hodnota testu $T+$ svědčí o tom, že daný pacient má chorobu A s pravděpodobností 99%. Ale právě tato pravděpodobnost pacienta a lékaře zajímá především. V tomto případě musíme znát pravděpodobnost v uvažované populaci, že náhodně vybraný jedinec má chorobu A. Označme ji $P(A)$ a hledanou podmíněnou pravděpodobnost $P(A | T+)$. Pak podle Bayesovy věty ji můžeme zjistit, jestliže také známe kromě senzitivity testu $P(T+ | A)$ – v našem případě má hodnotu 99% – také specifitu, tedy podmíněnou pravděpodobnost $P(T- | \text{non } A)$, že test bude negativní v případě, že jedinec chorobu nemá. Hledaná pravděpodobnost se pak vypočítá podle vzorce:

$$(4) \quad P(A|T+) = \frac{P(A)P(T+|A)}{P(A)P(T+|A) + (1 - P(A))P(T-|\text{non } A)}$$

Jedná se o nejjednodušší formu Bayesovy formule. Na pravé straně rovnice výraz ve jmenovateli vyjadřuje pravděpodobnost jevu, že test bude pozitivní v dané populaci a jmenovatel vyjadřuje pravděpodobnost současného jevu u jedince, že má chorobu A a zároveň pozitivní test. Rovnici lze tedy přepsat do známého tvaru:

Při vysvětlování základních vztahů v bayesovské metodě vycházíme z tohoto

$$(5) \quad P(A|T+) = \frac{P(A)P(T+|A)}{P(T+)} = \frac{P(A \cap T+)}{P(T+)}$$

vzorce, ale použijeme jeho tvar pro hustoty:

$$(6) \quad f(\theta|D) = \frac{f(\theta)f(D|\theta)}{f(D)}$$

kde D označuje získaná data a θ parametr.

V bayesovském přístupu chceme nějakým způsobem vyjádřit naše apriorní představu o možných hodnotách parametru θ a její ovlivnění daty D . Naši apriorní představu vyjadřujeme v tomto přístupu apriorním rozložením $f(\theta)$. Toto rozložení pak modifikujeme na základě nasbíraných dat pomocí Bayesovy formule a získáme vylepšenou představu ve tvaru aposteriorního rozdělení $f(\theta | D)$.

Stejně jako v klasickém četnostním přístupu bayesovský přístup ústí do funkce, kde proměnnou je parametr nebo vektor parametrů při napozorovaných pevně daných datech D . V Bayesově případě funkce udává aposteriorní pravděpodobnostní rozdělení. V tom spočívá základní rozdíl. Klasičtí statistici věří, že existuje pevná hodnota parametru θ modelu a pokoušejí se odhadnout tuto hodnotu maximalizováním věrohodnostní funkce. Bayesovský přístup předpokládá, že parametr má pevné, ale neznáme rozdělení, které reprezentuje naši přibližnou představu o hodnotě parametru. Také v bayesovském přístupu lze předpokládat, že správná hodnota existuje, ale tuto hodnotu nemůžeme nikdy znát zcela jistě, proto dáváme přednost vyjádření naší nejistoty o něm pomocí pravděpodobnostního rozložení. Jak stoupá velikost informace o parametru, tak se zmenšuje rozptyl aposteriorního rozložení, v limitě přiřazuje pravděpodobnost jedna jedné hodnotě.

V praktických úlohách, kdy pracujeme s vektorovými parametry, není snadné aposteriorní rozložení vektoru parametrů interpretovat. Proto počítáme různé snadněji interpretovatelné jednorozměrné aposteriorní charakteristiky jako jeho průměry a rozptyly vybraných parametrů. Bodové odhady parametru jsou dány volbou ztrátové funkce. Jestliže zvolíme její kvadratickou formu, pak bodový odhad vede k průměrné hodnotě aposteriorní hodnoty pro daný parametr. Jiné ztrátové funkce vedou k jiným tvarům bodového odhadu. Pokud je ztráta 1 při volbě nesprávné hodnoty a 0 při volbě správné hodnoty parametru, pak jako nejlepší odhad vyjde modus aposteriorní hustoty.

Uvažujme jednoduchý příklad. Pro případ binomického rozložení lze pro parametr θ volit apriorní rozložení různým způsobem. Jestliže nemáme žádnou informaci, pak příslušná hustota má tvar $f(\theta) = 1$, pro pružnější zachycení našich apriorních informací o parametru θ se hodí beta rozložení její hustota je až na konstantu rovna $U = \theta^{(a-1)} (1-\theta)^{(b-1)}$. Pro hodnoty $a=b=1$ tak dostaneme rovnoměrné rozložení a pro hodnoty $a=b$ získáme rozložení symetrické kolem hodnoty 0,5. Aposteriorní rozložení má tvar až na multiplikační konstantu $\theta^{(x+a-1)} (1-\theta)^{(n-x+b-1)}$. Takže aposteriorní rozložení je také typu beta rozložení a jeho modus má hodnotu $(x+a-1)/(n+a+b-2)$. Jestliže $a=b=1$, pak modus má stejnou hodnotu jako maximálně věrohodný odhad.

Poznamenejme, že obecně je možné popsat rozložení θ pomocí hyperparametrů η . V našem příkladu jde o hodnoty beta rozdělení $\eta = (a, b)$. Z toho důvodu by bylo vhodnější vyjádřit apriorní rozdělení ve tvaru $f(\theta | \eta)$. Kvůli jednoduchosti jsme toto označení nepoužili.

Vztah mezi pozorovanou proměnnou X a parametrem θ (a někdy i hyperparametry η) můžeme lépe zachytit použitím grafického znázornění pomocí orientovaných acyklických grafů (directed acyclic graph) s označením DAG.

V DAG znázornění uzle kruhem označuje náhodné proměnné, šipky mezi uzly stochastické závislosti a čtverce pevně dané hodnoty. Obrázek 1a ukazuje proces generování dat. Šipka směřující od uzlu θ k uzlu x znamená, že rozložení pozorované proměnné závisí (je podmíněno) na hodnotě θ . V infereční části zobrazené na Obrázek 1b se hodnoty x stávají evidencí, proto jsou znázorněny čtvercem, v této fázi není v x žádná nejistota. Pozorováním získaná evidence se využije proti směru původní šipky DAG (přerušovaná šipka). Tato informace slouží k revizi pravděpodobnosti θ pomocí Bayesovy formule a vede k aposteriorním rozdělení $f(\theta | D)$.



Obrázek 1 – DAG znázorňuje a) proces generování dat a b) modifikaci rozdělení θ .

Bayesovský přístup lze považovat za zobecnění četnostního přístupu v tom smyslu, že při volbě ploché (tzv. neinformativní) apriorní hustoty pro odhadované parametry, aposteriorní hustota má stejný tvar jako věrohodnostní funkce. Z toho také plyne, že pokud zvolíme ztrátovou funkci typu 0 nebo 1 vedoucí k modální hodnotě, mají frekvenční a bayesovské odhady stejnou hodnotu. Proto příznivci bayesovského přístupu mohou tvrdit, že frekvenční přístup je v podstatě bayesovský s tím, že nezdůvodněně omezuje tvar apriorního rozložení a tvar ztrátové funkce.

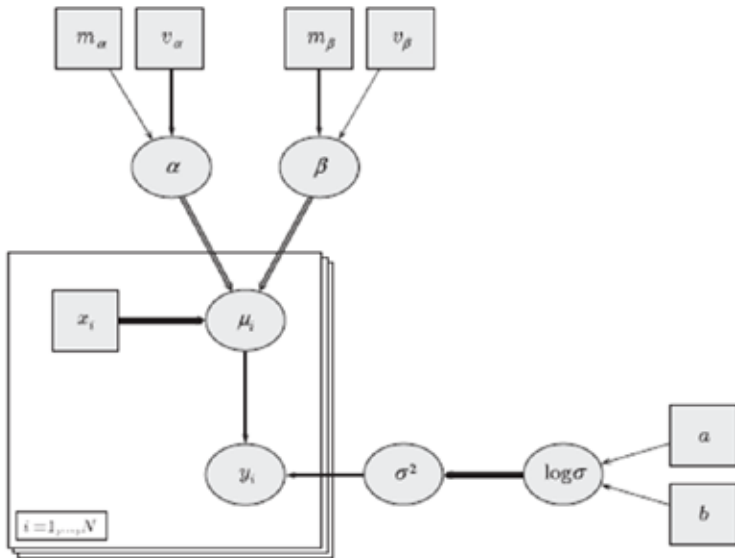
Bayesovský přístup má výhodu, že vytváří přirozený rámec pro zahrnutí nejistoty o parametru nebo parametrech. Aposteriorní rozptyl parametru v sobě nese informaci o nejistotě odhadu parametru. Pomocí aposteriorního rozložení lze také odvodit tzv. interval kredibility pro zvolený parametr, v kterém leží parametr s danou pravděpodobností. Ten má tu výhodu, že nepředpokládá hypotetickou opakovatelnost původního experimentu a jeho interpretace je přirozenější než interpretace intervalu spolehlivosti. Podobně jako u intervalu spolehlivosti, tento interval je užší s rostoucím počtem pozorování. Jeho poloha a šíře závisí na apriorním rozložení parametru. V našem jednoduchém případě má rozptyl aposteriorního rozložení tvar $(x+a)(n+b-x)/[(n+a+b)^2(n+a+b+1)]$, z čehož je patrné, že s rostoucím n jeho hodnota klesá k nule.

Na obrázku 2 je znázorněna situace lineární regrese s parametry, pro které volíme apriorní pravděpodobnostní rozložení. Uvažujeme jednoduchý lineární

model $E(y_i) = \mu_i = \alpha + \beta x_i$, přičemž y_i mají normální rozložení s průměrem μ_i a směrodatnou odchylkou σ . Zvolíme apriorní rozložení pro neznámé parametry:

$$\alpha \sim N(m_\alpha, v_\alpha), \beta \sim N(m_\beta, v_\beta), \ln \sigma \sim U(a, b).$$

Pomocí DAG grafu jsem znázornili tento graf na obrázku 2. Struktura opakování (od $i=1$, do N) jsou symbolizovány vloženými obdélníky. Řekneme, že uzel v je rodičem dítěte w , jestliže šipka míří od v k w . Zaujímá se o stochastické uzly, o neznámé parametry a data. Výrazy pro rodiče a děti se používají pro odpovídající stochastické jevy. V našem příkladu stochastičtí rodiče pro každé y_i jsou α , β , $\ln(\sigma)$, přičemž μ_i a σ označujeme jako přímé rodiče. Grafy DAG slouží pro grafický popis široké třídy statistických modelů popisující lokální vztahy mezi veličinami. DAG graf vystihuje podstatnou strukturu modelu, aniž bychom museli použít mnoho rovnic. Toto znázornění se využívá pro formulaci potřebných výpočtů v nejznámějším programu pro bayesovskou analýzu WinBugs, který stručně popíšeme ve zvláštním odstavci.



Obrázek 2 – Orientovaný acyklický graf (DAG) pro příklad lineární regrese

Metody Monte Carlo

Bayesovské usuzování se soustřeďuje na aposteriorní rozdělení a některé jeho sumarizující charakteristiky (průměr, modus, rozptyl). Toto rozdělení můžeme znát v jeho explicitní funkční podobě (v našem příkladě se jednalo o beta rozdělení) nebo nemusíme. Přesto, že je známé, může mít takovou podobu, že

jeho charakteristiky nelze odvodit analyticky. Základní myšlenkou integrace metodou Monte Carlo (MC) je počítání přibližného výsledku, tím že mnohokrát simulujeme zkoumaný model. Musíme předpokládat, že známe pravděpodobnostní rozdělení, které model využívá. Předpokládejme, že známe funkční podobu aposteriorního rozdělení zkoumaného parametru θ . Pak provedeme z tohoto rozložení výběr n hodnot $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$. Pomocí těchto hodnot můžeme pomocí Monte Carlo integrace vypočítat zvolenou sumární charakteristiku zkoumaného rozložení θ . Například aposteriorní průměr tohoto rozložení odhadneme jako aritmetický průměr z nasimulovaných hodnot.

Zjištění aposteriorní hustoty parametru, která nám umožní generovat náhodné realizace představuje většinou složitý problém. Existuje speciální případ, kdy tento problém nenastává. Jedná se o tzv. konjugované modely. Apriorní rozložení $f(\theta \mid \eta)$ jako funkce hyperparametrů η označujeme za konjugovanou pro model dat $f(D \mid \theta)$, jestliže aposteriorní rozložení $f(\theta \mid D, \eta)$ patří je stejné třídě rozdělení (příkladem je beta rozložení). Tato vlastnost je velmi užitečná, ale v praktických situacích je podmínka konjugovanosti omezující. Také se často stane, že v datovém modelu jsou rušivé proměnné. Typickým příkladem je normální rozdělení $N(\mu, \tau)$. Jeho parametry μ a τ jsou obvykle korelovány, takže apriorní rozdělení má tvar $f(\mu, \tau)$. Přestože máme nejistotu o parametru τ , zajímáme se však pouze o parametr μ . V tomto případě získáme aposteriorní hustotu $f(\mu, \tau \mid D)$ a rušivého parametru τ se musíme zbavit, tak že spočítáme marginální rozložení parametru μ integrací. Obvykle však taková marginalizace není jednoduchá standardní formou, protože konjugovanost je obvykle narušena korelací mezi parametry. Tento fakt byl důvodem pro to, že bayesovské aplikace se příliš neuplatňovaly v dobách s nízkou dostupností výkonných počítačů. S nástupem výkonných a levných počítačů, bylo možné řešit i složité problémy pomocí simulací. Mezi nejdůležitější simulační techniky patří metoda Monte Carlo markovovskými řetězci (MCMC).

Metody Monte Carlo markovovským řetězcem (MCMC)

Pokud řešíme praktický problém bayesovské statistické analýzy, pak vyjádření aposteriorní funkce je většinou složitým problémem. Obvykle nejsme schopni aposteriorní hustotu vyjádřit přímo jako v případě binomického rozložení. Obtížnost roste s tím, jak roste počet parametrů, které chceme odhadovat. To byl hlavní důvod, proč bayesovský přístup se neujal v běžné statistické praxi. To se změnilo navržením techniky, která využívá simulační metodu pro generování markovovského řetězce, jehož rozložení má tvar hledaného aposteriorního rozložení v bayesovském přístupu. Zkráceně se toto generování označuje MCMC metoda. Existuje několik verzí MCMC generování, proto mluvíme o MCMC metodách. Jestliže získáme simulací výběr vektoru parametrů, pak již lze snadno spočítat jeho průměr, rozptyl a další charakteristiky. Jejich hodnoty se budou blížit k správným hodnotám, pokud nasimulovaný výběr bude dostatečně veliký. To je běžná praxe metody Monte Carlo. Návrhem MCMC simulačních metod můžeme efektivně generovat náhodné výběry s libovolně složitým mnohorozměrným rozložení. MCMC metody vytvářejí

markovovský řetězec, to znamená, že následující hodnota v sérii dat je ovlivněna pouze předcházející hodnotou. Základ MCMC metod spočívá v tom, že limitní vlastnost rozložení hodnot tohoto řetězce je stejná jako požadované mnohorozměrné rozdělení. To znamená, že limitní marginální rozložení hodnot jednotlivých proměnných se bude rovnat přesně odpovídajícím aposteriorním rozložením, takže výběrový průměr simulovaných dat aproximuje správnou hodnotu aposteriorního rozložení. Důležitá je efektivita, s kterou generování dat probíhá ve srovnání s obvyklými numerickými operacemi při hledání maximálně věrohodných odhadů. Obě metody se snaží určitým způsobem mapovat mnohorozměrnou plochu. Hledání jejího vrcholu v případě metody maximální věrohodnosti je zatíženo tím, že jde o mnohem specifičtější úkol, než nalezení objemu distribuce pro určitou oblast hodnot hledaných parametrů, jak to provádějí MCMC algoritmy. Metody maximalizace mnohorozměrné funkce byly stále vylepšovány, ale nikdy zcela nepřekonalily obtíže při hledání absolutního maxima z mnoha možných lokálních maxim. Navržená pravidla a modifikace procesu maximalizace závisí na tvaru zkoumané funkce. Čím je tvar funkce složitější, tím jsou složitější pravidla, takže vždy existuje hranice složitosti, kterou daný algoritmus je schopný řešit.

Mezi nejpopulárnější metody MCMC patří tzv. Gibbsův výběr. Kroky které je potřeba udělat v tomto simulačním postupu jsou následující:

1. Definujeme počáteční hodnotu parametrů. Výběr začíná s touto hodnotou.
2. Provedeme řadu simulací tak, že markovovský řetěz konverguje ke stacionárnímu rozdělení (k požadovanému aposteriornímu rozdělení). Obvykle takto získáme několik nasimulovaných řad, které startují z různých počátečních hodnot, aby bylo možné posoudit spolehlivost konvergence.
3. Pokud dosáhneme konvergence (kontrolujeme monitorováním procesu pomocí různých statistik), vybereme náhodně podmnožinu hodnot z odhadnutého rozložení, začneme počítat bodové odhady jako aposteriorní průměr nebo medián, případně intervaly kredibility.

Dostupnost MCMC metod znamená, že bayesovský přístup se nemusí zabývat pouze jednoduchými modely. Máme tak prostředek ke zkoumání aposteriorních rozložení parametrů složitých modelů, které zajímají dnešní vědu (Brooks 2003).

OpenBugs a jazyk R

Program OpenBugs je určen pro bayesovskou analýzu složitých statistických modelů pomocí simulací typu MCMC použitím Gibbsova vzorkování. Je určen pro prostředí Windows a je ho možné vyvolat i z prostředí statistického programovacího jazyka R.

Jazyk R je programovatelný statistický systém, který obsahuje velkou paletu statistických prostředků včetně grafiky, prostředků pro simulaci náhodných proměnných, numerickou optimalizaci a vyrovnávání dat. Pro bayesovské výpočty jsou naprogramovány procedury pro Gibbsovo vzorkování a algoritmus Metropolise.

Uživatel programu WinBugs určuje statistický model pomocí stanovení vztahů mezi proměnnými, kde podkladem jsou grafy DAG. Program obsahuje expertní část, která určí vhodnou metodu MCMC simulování pro analýzu daného modelu. Uživatel určuje provedení schématu a rozsah možných výstupů. Výhoda modelů založených na DAG grafech v tom, že se tak umožňuje rozštěpit analýzu velkých a složitých struktur na posloupnost jednoduchých výpočtů.

WinBugs vznikl začátkem 80.let minulého století, kdy výzkumníci v oblasti umělé inteligence řešili šíření nejistoty v grafických strukturách. Přitom rozpoznali, že v této souvislosti je možné použít simulaci pro statistické usuzování. Hlavním autorem programu pro oblast statistiky je David Spiegelhalter z Biostatistického institutu v Cambridgi. Shodou okolností v té době se také zabývali autoři Gelfand a Smith v nedalekém městě Nottingham algoritmy MCMC. Ty se ukázaly jako vhodné pro řešení problému simulování v programu WinBugs. S dalšími podrobnostmi vývoje programu WinBugs seznamuje publikace autorů Lunn et al. (2009). Další informace o jazyku R a WinBugs lze získat na internetových stránkách:

webpages www.r-project.org and www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs/.

Program WinBugs používá vlastní jazyk BUGS pro textovou specifikaci grafického modelu. Má deklarativní charakter. Stochastické vztahy jsou symbolizovány znakem ' \sim ', logické a deterministické vztahy symbolem '<-'. Opakované struktury jsou vytvořeny slovy 'for-loops', které mohou být vloženy do jiných struktur.

Uvádíme kod pro řešení lineární regrese, jejíž zadání bylo popsáno obrázkem 2.

```
model {
  for (i in 1:N) {
    y[i] ~ dnorm(mu[i], tau)
    mu[i] <- alpha + beta * x[i]
  }
  alpha ~ dnorm(m.alpha, p.alpha)
  beta ~ dnorm(m.beta, p.beta)
  log.sigma ~ dunif(a, b)
  sigma <- exp(log.sigma)
  sigma.sq <- pow(sigma, 2)
  tau <- 1 / sigma.sq
  p.alpha <- 1 / v.alpha
  p.beta <- 1 / v.beta
}
```

Lunn et al. (2009) k tomuto kódu poznamenávají, že funkce `dnorm(...)` používá jako parametr přesnost ($1/\text{rozptyl}$) místo rozptylu. Data `y[1:N]`, `x[1:N]`, `N` a hodnoty `m.alpha`, `v.alpha`, `m.beta`, `v.beta`, `a` a `b` se do programu nahrávají zvlášť. Funkce `pow[...]` umocňuje první argument druhým argumentem funkce.

Závěry

Výzkumníci by měli uvažovat alternativní statistický přístupy při řešení svých problémů. bayesovské metody ovšem vyžadují hlubší znalosti teorie pravděpodobnosti a také určité výpočetní dovednosti. Přesto se námaha spojená s osvojením těchto znalostí a dovedností vyplatí. Existují dva důvody pro tuto domněnku. Z filosofického hlediska klasický přístup je zatížen určitými filosofickými nedostatky, na některé z nich jsme upozornili. Bayesovský přístup poskytuje obecnější rámec pro statistické uvažování. Z pragmatického hlediska se výzkumníci často setkávají s dvěma typickými vlastnostmi ve svých úlohách:

1. Jsou dostupné určité apriorní znalosti zkoumaného fenoménu, které lze efektivně využít v rámci bayesovského přístupu.
2. Kromě systémové variability popsané nějakou dostupnou teorií, existuje v sociálních i biologických vědách značná individuální variabilita. Bayesovské metody mohou v případech poskytnout kvalitnější rámec pro naše usuzování.

Z těchto důvodů je oprávněné se domnívat, že porozumění problému je dokonalejší, pokud rámec modelu vychází z principů bayesovského přístupu. Výpočty jsou v tomto případě složitější a také neexistuje standardní software, kdy by bylo možné zmáčknout jednu klávesu k získání výsledku. To však nutí uživatele, aby promyslel na tři aspekty:

- Jaké jsou otázky, které ze nebo nelze zodpovědět dostupnými daty?
- Jaké máme informace o problému a jak je můžeme využít při jeho řešení?
- jaká je pravděpodobnostní struktura, která by nejlépe modelovala nejistotu spojenou s problémem?

Aplikace bayesovských metod jsou dnes mnohem přístupnější, protože jsou k dispozici volně přístupné programy a systémy jako WinBugs a R (Congdon 2003).

Literatura

- [1.] Ashby D.: *Bayesian statistics in medicine: a 25-year review*. *Stat Med* 2006; 25:3589–3631.
- [2.] Bayes T.: *Essay towards solving a problem in the doctrine of chances*. *Phil. Trans. R. Soc. Londn*, 1763.
- [3.] Brooks S.P.: *Bayesian computation: a statistical revolution*. *Phil. Trans. R. Soc. Lond A* 2003, 361, 2681–2697
- [4.] Congdon, P.: *Applied Bayesian modelling*. Chichester, UK: John Wiley, 2003.
- [5.] Gelman, A, Carlin, J.B., Stern, H.S., Rubin, D.B.: *Bayesian Data Analysis*. Chapman & Hall, 1995.
- [6.] Lunn, D.J., Thomas, A., Best, N., and Spiegelhalter, D.: *WinBUGS -- a Bayesian modelling framework: concepts, structure, and extensibility*. *Statistics and Computing*, 2000, 10, 325-337.

Kontakt:

Doc. RNDr. Jan Hendl, CSc.

Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy,
katedra základů kinantropologie

José Martího 31

162 52 Praha 6

e-mail: hendl@ftvs.cuni.cz

BIOMETRICKÉ ZABEZPEČENIE DÁT V BIOMEDICÍNE

Anna Hornáková, Milan Šárek

Anotácia

Táto práca analyzuje súčasný stav využitia biometrie v počítačovej bezpečnosti. Ponúka prehľad najčastejšie používaných anatomicko-fyziologických a behaviorálnych biometrických identifikačných metód. Výsledkom práce by mal byť nový komplex metód, ktorý umožní spoľahlivú identifikáciu užívateľa čo najkomfortnejšou formou. Výsledná aplikácia nových princípov zabezpečenia bude použitá pre zvýšenie ochrany špecializovaného zdravotného záznamu. Ďalej dôjde k rozšíreniu obecné pojatého konceptu EHR MUDR do ďalšej aplikačnej oblasti.

Kľúčové slová

Biometria, Bezpečnosť dát, DLP (Data Loss Prevention), ERPI (Electronic Record Personal Identification), EHR (Electronic Health Record)

1. Úvod

Biometria, biometrická identifikácia a verifikácia boli predmetom výskumu už od začiatku 80-tych rokov minulého storočia. Na konci 20-teho storočia sa začali nasadzovať prvé aplikácie a to hlavne v kriminalistickej praxi, kde sa jednalo o automatizované spracovanie odtlačkov prstov a dlaní nájdených na mieste trestného činu. V súčasnosti majú biometrické metódy nezastupiteľnú úlohu ako vo forenzných vedách, tak aj v komerčne využitelných aplikáciách.

V tejto práci analyzujeme súčasný stav využitia biometrie v počítačovej bezpečnosti, hlavne možnosti využitia identifikácie na základe biometrických údajov. Biometrické charakteristiky môžeme rozdeliť na anatomicko-fyziologické a behaviorálne.

2. Anatomicko-fyziologické biometrické charakteristiky

Medzi najčastejšie používané anatomicko-fyziologické biometrické identifikačné charakteristiky v bežnej praxi patria napríklad odtlačky prstov a dlaní, geometria tvaru ruky a snímanie krvného riečiska dlane alebo chrbta ruky.

2.1. Odtlačky prstov a dlaní

Odtlačky prstov a dlaní sú založené na unikátnosti obrazcov papilárnych línií. Miniaturizácia snímacích prvkov aj špeciálnych procesorov umožnila rozšírenie využitia biometrickej identifikácie založenej na daktyloskopických poznatkoch aj pre široké komerčné využitie.

V komerčnej sfére prebieha vyhodnocovanie odtlačkov prstov trochu inak ako v kriminalistike. Jedná sa hlavne o dva rozdiely. Prvým je to, že prebieha buď verifikácia, tj. porovnávanie 1:1, alebo porovnávanie 1:N, kde N je veľmi malé číslo na rozdiel od rozsiahlych databáz v kriminalistike. Druhým rozdielom je to, že algoritmus sám vyslovuje záverečný verdikt, tj. povoliť alebo zamietnuť

prístup danému užívateľovi. Ak je porovnanie neúspešné, žiadateľ má možnosť pokus opakovať.

Medzi typické príklady použitia biometrických aplikácií v praxi patrí autentizácia osôb pre prístup k výpočtovým a komunikačným prostriedkom, na zvýšenie ochrany identifikačných alebo platobných kariet, pri autentizácii vstupe do objektov alebo pri ochrane drahých alebo nebezpečných zariadení pred ich neoprávneným použitím.

Pri počítačom spracovaní odtlačkov prstov pre komerčné bezpečnostné účely môžeme rozlíšiť tri technologické fázy [9]:

1. snímanie odtlačku prsta (najrôznejšie technológie pre načítanie biometrických dát a ich prevod do elektronickej formy),
2. počítačové spracovanie odtlačku prsta (technologické postupy pre odstránenie šumu, nájdenie charakteristických znakov a vznik šablón, algoritmy pre porovnávanie načítaných a uložených biometrických šablón) a
3. záverečné vyhodnotenie (formulácia výsledku porovnania, tj. verifikácia, autentizácia či identifikácia).

Snímanie daktyloskopických odtlačkov sa dá rozdeliť do dvoch základných skupín, na klasické a bezprostredné.

Klasické snímanie daktyloskopických stôp sa používa hlavne v kriminalistike a tak sa mu nebudeme podrobne venovať. Jedná sa o snímanie odtlačkov pomocou tlačiarenskej černej farby a daktyloskopickej karty. Tá sa potom naskenuje a uloží v elektronickej podobe.

Pre aplikácie komerčne-bezpečnostného charakteru je dnes bežnejšie používanie bezprostredného snímania daktyloskopických odtlačkov. Pod týmto pojmom rozumieme snímanie odtlačkov z prikladaných prstov alebo dlaní živých a bezprostredne prítomných osôb k snímaču (senzoru).

Interaktívne snímanie odtlačkov prstov, ktoré je dnes často implementované do najrôznejších technických zariadení, je realizované pomocou senzorov. Tieto senzory môžu byť kontaktné alebo bezkontaktné a môžu pracovať na rôznych fyzikálnych princípoch [2].

2.1.1 Kontaktné senzory na snímanie odtlačkov prstov

Medzi kontaktné senzory patria senzory optické, elektronické, optoelektronické, kapacitné, tlakové a teplotné. Niektorým typom týchto senzorov sa budeme v nasledujúcom texte venovať podrobnejšie.

2.1.1.1 Optické kontaktné senzory

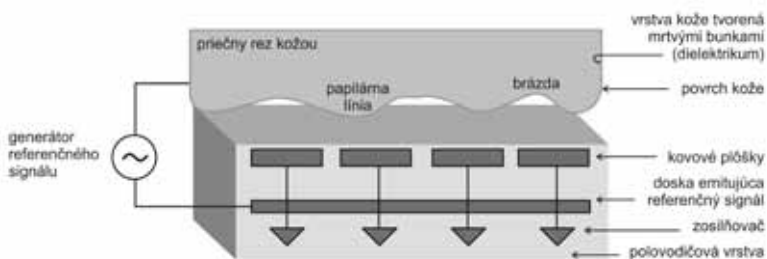
Optické senzory pracujú na technológii FTIR (Frustrated Total Internal Reflection). Táto technológia funguje na princípe, že laserový lúč zospodu osvetľuje povrch prsta ktorý sa dotýka priehľadnej dosky senzora. Odrážaný svetelný tok je snímaný CCD (Charge-Coupled Device) prvkom. Množstvo odrazeného svetla závisí od hĺbky papilárnych línií a brázd (výstupky a zárezy na prste alebo dlaní). Papilárne línie odrážajú svetlo viac, brázd menej.

Iné optické snímače využívajú hustý zväzok optických vlákien, ktoré sú

postavené kolmo k rovine snímačej plochy senzora. Tu sa opäť uplatňuje metóda osvitu a odrazu svetelného toku. Ďalším typom sú potom senzory využívajúce technológiu CMOS (Complementary Metal–Oxide–Semiconductor).

2.1.1.2 Elektronické kontaktné senzory

Elektronické senzory pracujú na princípe vzniku elektrického poľa medzi dvoma paralelnými vodivými a elektricky nabitými doskami (Obrázek 1). Ak zmeníme pôvodne plochý tvar hornej dosky na vlnitý (tvorený povrchom daktyloskopických papilár a brázdy) zmení sa aj tvar elektrického poľa, ktorý je na ňom závislý. Hornú dosku elektronického senzora tvorí povrch kože, do ktorého sa púšťa riadiaci elektrický signál.



Obrázek 1 – Schéma princípu elektronického senzora (podľa [8])

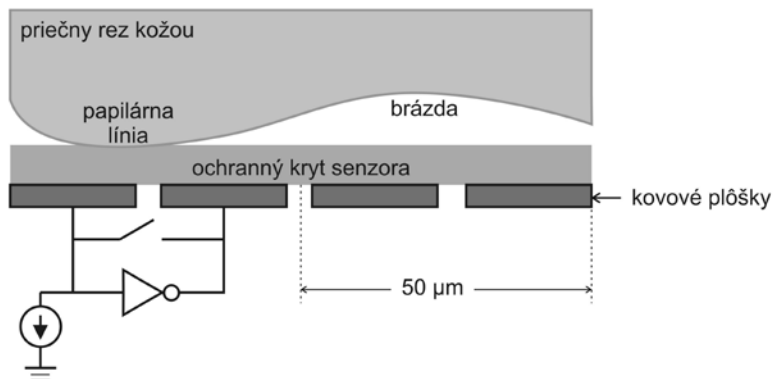
Výhodou tohto senzora je to, že nesníma len povrch kože ale preniká hlbšie pod povrch. Tým sa stáva odolný voči znečisteniu alebo poškodeniu povrchu kože.

2.1.1.3. Optoelektronické kontaktné senzory

Optoelektronické senzory sa skladajú z dvoch základných vrstiev. Horná vrstva je v kontakte s kožou a je schopná emitovať svetlo. To je zachytené v druhej sklenenej vrstve do ktorej sú zatavené fotodiódy. Tie potom transformujú svetelný impulz na elektrický.

2.1.1.4. Kapacitné kontaktné senzory

Kapacitné senzory snímajú odtlačok prsta pomocou merania elektrickej kapacity (Obrázek 2). Snímací senzor je zložený z veľkého množstva snímacích plôch, ktoré sú od seba odizolované. Dotykom kože papilárne línie premošujú jednotlivé vodivé plošky v závislosti na papilárnej kresbe a brázdy sa chovajú ako izolant. Meria sa napätie a kapacitné úbytky medzi jednotlivými vodivými plôškami. Tak vzniká digitalizovaný obraz papilárnej kresby. Tieto senzory sú veľmi náchylné na rôzne druhy znečistenia, ktoré môžu podstatne meniť vodivosť kože.



Obrázek 2 – Schéma princípu kapacitného senzora (podľa [8])

2.1.1.5. Tlakové kontaktné senzory

Tlakové senzory reagujú na tlak papilárnych línií na povrchu snímacieho senzora. Povrch senzora je tvorený elastickým piezoelektrickým materiálom, ktorý tlak transformuje na elektrický signál a vytvára tak daktyloskopický obraz.

2.1.1.6. Teplotné kontaktné senzory

Teplotné senzory reagujú na teplotné rozdiely medzi papilárnymi líniami a brázdami. Veľkou výhodou tohto senzora je to, že teplota je dôležitým faktorom, ktorý môže napovedať, či snímaný odtlačok patrí živej osobe.

2.1.2. Bezkontaktné senzory na snímanie odtlačkov prstov

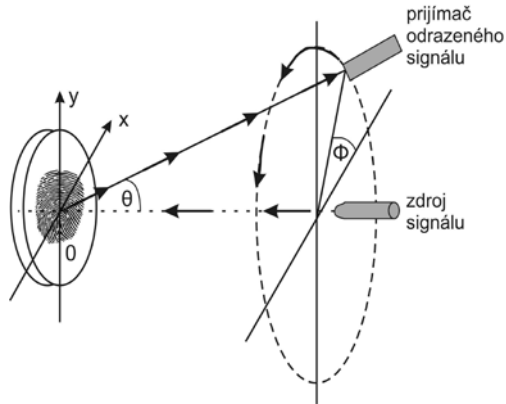
K najznámejším skupinám bezkontaktných senzorov patria optické a ultrazvukové.

2.1.2.1 Optické bezkontaktné senzory

Pri optických senzoroch je princíp práce podobný dotykovým optickým senzorum iba s tým rozdielom, že svetelný lúč umožňuje snímať daktyloskopický odtlačok zo vzdialenosti 3 až 5 cm. Najväčšou prednosťou tohto snímača je to, že zabraňuje jeho znečisteniu v dôsledku dotyku špinavými prstami.

2.1.2.2. Ultrazvukové bezkontaktné senzory

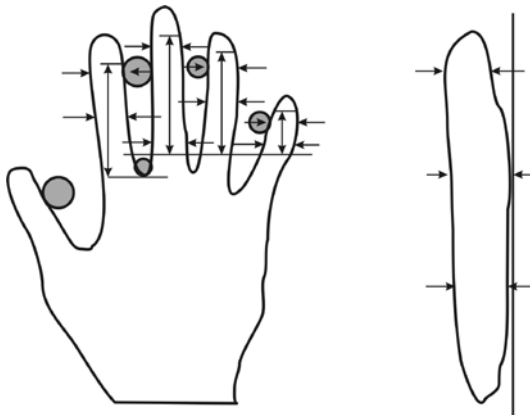
Ultrazvukové senzory sú tiež založené na princípe podobnom optickým, akurát na povrch kože dopadá namiesto svetelného lúča zväzok krátkych vĺn (Obrázek 3). Tento typ senzora odstraňuje všetky nedostatky uvedené pri predchádzajúcich typoch senzorov [1].



Obrázek 3 – Schéma princípu práce ultrazvukového senzora (podľa [8])2.2.

Geometria tvaru ruky

Ďalšou často používanou metódou je geometria tvaru ruky, ktorej podstatou je meranie dĺžok alebo šírok prstov, kostí alebo kĺbov ruky (Obrázek 4). Táto metóda bola prvou, ktorá bola použitá na počítačovú verifikáciu pre komerčné účely. Moderné trojrozmerné skenery snímajú geometrické charakteristiky v desiatkach bodov za sekundu. Ruka sa prikladá na horizontálnu plochu skenera, ktorá má špeciálne fixačné kolíčky, aby bola ruka priložená vždy v rovnakej polohe. Skener sníma jeden obraz zhora kolmo na rovinu snímacej dosky a druhý z boku. Vzniknú dva čiernobiely snímky „siluety“ ruky.



Obrázek 4 – Základný princíp metódy geometrie ruky (podľa [8])

Užívateľ, ktorý požaduje potvrdenie svojej identity, zadá najprv svoj identifikačný kód (PIN) na klávesnici, alebo priloží na čítačku magnetický prúžok, čip alebo čiarový kód ID karty. Následne priloží ruku na stanovenú pozíciu podľa vizuálneho návodu, ktorý je na každej klávesnici [5]. Skenery geometrie ruky sú dnes už bežné v mnohých oblastiach vrátane zdravotníctva.

2.3. Snímanie krvného riečiska dlane alebo chrbta ruky

Ďalšou metódou podobnou snímaniu geometrie ruky a vhodnou pre použitie v počítačovej bezpečnosti je snímanie krvného riečiska dlane alebo chrbta ruky. Pri tejto metóde sa pomocou CCD kamier sníma špecifický obraz ciev na povrchu ruky. Jedná sa o snímanie celkového plošného obrazu rozloženia všetkých ciev v blízkosti povrchu chrbta ruky.

Nespornou výhodou tejto metódy je to, že zároveň overuje, či je preverovaný objekt živý. Snímanie totiž prebieha v infračervenom pásme ktoré je citlivé na teplotu. Cievny sú v tele teplejšie než ich okolie. Ďalšie spracovanie nasnímaného obrazu je už potom podobné ako pri odtlačku prsta (porovnávajú sa tvary ciev). Ďalšou výhodou oproti snímaniu geometrie ruky je to, že nie je nutné ruku prikladať vždy v tej istej polohe.

Ďalšími možnosťami u tejto metódy je snímanie krvného riečiska dlane, alebo bezkontaktné snímanie (ako dlane tak aj chrbta ruky), ktoré zaisťuje vysokú hygienickú čistotu na rozdiel od snímania geometrie ruky alebo kontaktného snímania odtlačkov prstov [5].

2.4. Rozpoznávanie tváre a jej častí

Namiesto ruky môže na identifikáciu človeka poslúžiť napríklad aj jeho tvár alebo jej časť. Existujú počítačové programy, ktoré dokážu rozpoznávať ľudské tváre podobne ako človek. Rozpoznávanie tváre je v súčasnosti typické najmä pre kriminalistiku a existuje mnoho rôznych metód a algoritmov, ktoré sa pre tieto účely používajú.

Veľmi jednoduché môže byť však aj použitie pri zabezpečovaní bežných výpočtových a telekomunikačných systémov. Na nasnímanie obrazu tváre postačuje bežná videokamera, ktorú má mnoho obrazoviek už integrovanú do seba. Takto je vlastne klasické zadávanie hesla nahradené nasnímaním tváre. Tento postup je veľmi výhodný z hľadiska toho, že nie je potrebný vôbec žiadny priamy kontakt užívateľa so snímačom [10].

V tejto oblasti však určite výskum nie je na konci. Rozpoznávanie tváre sa dá ešte v mnohých smeroch zdokonaľovať. Ako príklad sa dajú uviesť prejavy rôznych emócií.

Zaujímavou aplikáciou s ohľadom na kontrolu bezpečnosti v IT by bolo určite priebežné snímanie tváre človeka pri práci na počítači a vyhodnocovanie, či s citlivými dátami pracuje stále tá istá oprávnená osoba. Iným príkladom by mohlo byť zaznamenávanie tváre všetkých, ktorý sa do daného systému nie len

dostali ale s ním aj pracovali. (Nieкто môže nechať otvorenú aplikáciu a na malú chvíľku odísť, čoho môže využiť nepovolaná osoba.)

2.5. Snímanie očnej dúhovky alebo sietnice

V poslednej dobe sa vďaka jednoduchému použitiu bežných videosystémov stáva čoraz viac rozšírenou metódou aj snímanie očnej dúhovky alebo sietnice. Rozpoznávanie dúhovky je možné bez ohľadu na veľkosť, umiestnenie a orientáciu ale je na to potrebný zložitý algoritmus. Táto aplikácia sa zatiaľ používa väčšinou len na zaistenie vysokej úrovne bezpečnosti [5].

Na zmapovanie krvného riečiska očnej sietnice sa používa svetelný lúč, ktorého časť sietnica pohltí a časť odrazí. Špeciálna kamera potrebná na snímanie je pomerne drahá a samotné snímanie nie je pre užívateľa príjemné (mnoho ľudí sa tejto technológii dokonca bojí) [5].

3. Behaviorálne biometrické charakteristiky

Pre využitie v počítačovej bezpečnosti by mohla byť zaujímavá aj jedna behaviorálna biometrická charakteristika, ktorá ešte nie je bežne používaná, a to dynamika stisku počítačových kláves.

3.1. Dynamika stláčania počítačových klávesov

Dynamika stláčania počítačových klávesov umožňuje takzvanú kontinuálnu (dynamickú) verifikáciu, ktorá vychádza z použitia klávesnice ako prostriedku neustálej interakcie užívateľa a počítača. To ponúka možnosť priebežnej kontroly v priebehu celej práce s počítačom. Možnosti použitia sú hlavne tam, kde hrozí riziko zneužitia na chvíľu opusteného počítača [3].

Najbežnejšie zisťovanou charakteristikou je čas stlačenia jednotlivých klávesov alebo doba trvania stlačenia jednotlivého klávesu. Ďalšími možnými prístupmi je zisťovanie celkovej rýchlosti písania, frekvencia chýb, štýl písania veľkých písmen alebo sila použitá na stlačenie klávesu. Na posledný zmienený typ je už potrebná špeciálna klávesnica, ktorá je schopná silu stlačenia merať. Všetky ostatné spôsoby sa dajú vyhodnotiť len pomocou špeciálneho programu [4, 6].

4. Porovnanie metód z hľadiska použiteľnosti v IT

V súčasnej dobe sú prevažne využívané systémy zabezpečenia dát, ktoré sa spoliehajú na preukázanie oprávnenosti užívateľa k prístupu do systému a otázka identifikácie užívateľa je riešená len na základe niektorých biometrických údajov. Väčšinou sa využíva overenie len jedného biometrického prvku.

Budeme preferovať metódy, ktoré boli uvedené v úvode a ktoré sa dlhodobo osvedčili ako stabilné, poprípade čo najmenej obťažujúce personál. Z pohľadu užívateľa musí ísť navyše o metódu dostatočne rýchlu (Tab.1). Ďalšími parametrami výberu budú požiadavky na hardvérovú náročnosť a potrebný výpočtový výkon.

metóda	stálosť biometrickej vlastnosti v čase	časová náročnosť snímania	overovanie živosti
odtlačok prsta	stredná	nízka	len u teplotných senzorov
geometria tvaru ruky	stredná	priemerná	nie
snímanie krvného riečiska	stredná	priemerná	áno
snímanie tváre	nízka	vysoká	áno
snímanie očnej dúhovky alebo sietnice	vysoká	vysoká (najmä u sietnice)	nie
dynamika stláčania počítačových klávesov	nízka	–	nie

Tab.1 – Porovnanie vybraných biometrických metód

5. Využitie vybraných metód v elektronickom zázname

Cieľom tejto práce je navrhnuť viacfaktorový systém, ktorý bude overovať niekoľko biometrických prvkov zároveň a zabezpečiť tak väčšiu spoľahlivosť identifikácie. Takto navrhujeme chrániť prístup k patientskym dátam v elektronickom zázname personálnej identifikácie ERPI, ktorý koncepčne vychádza z návrhu Universal Electronic Health Record MUDR, podrobne popísaný v literatúre [7].

Zabezpečenie patientskych dát je jednou z kľúčových otázok telemedicíny. V našom prípade sa môže javiť, že sa jedná o štandardné riešenie s využitím princípov elektronického záznamu EHR MUDR. Uvedená koncepcia záznamu je však riešená s ohľadom na bežné patientske dáta, s ktorými sa stretávame v prevádzke bežnej nemocnice.

V prípade elektronického záznamu personálnej identifikácie ERPI by sa malo jednať o omnoho citlivejšie dáta, ktoré súvisia s identifikáciou jedinca z rôznych pohľadov. Z tohto dôvodu vzniká tiež požiadavka na vyššiu úroveň identifikácie osôb, ktoré budú k dátam pristupovať.

S ohľadom na charakter takýchto dát sa javí ako potrebné použitie niektorej sady DLP (Data Loss Prevention), ktorá umožňuje identifikovať riziká súvisiace so stratou citlivých dát a prípadne tieto riziká dynamicky znižovať. Navyše s ohľadom na typ citlivých identifikačných dát je vhodné mať k dispozícii prostriedok, ktorý umožní následný audit týchto dát.

Komerčné riešenia sú dostupné napríklad od RSA alebo Websense. Tieto sady sú navrhnuté tak, aby znižovali vplyv potenciálnych rizík nežiaduceho úniku dát z informačného systému bez ohľadu na to, či sú dáta uložené v datacentrách, prenášané cez sieť (sieťové DLP), alebo spracovávané užívateľom v koncovom zariadení (DLP koncového bodu). Toto riešenie je zaujímavé hlavne z dôvodu, že v ČR ešte nebolo v podobnom kontexte nasadenie systému DLP publikované [9].

6. Záver

Výsledkom by mal byť nový komplex biometrických identifikačných metód, ktorý umožní spoľahlivú identifikáciu užívateľa čo najkomfortnejším spôsobom. Výsledná aplikácia nových princípov zabezpečenia bude použitá pre zvýšenie ochrany špecializovaného zdravotného záznamu. Ďalej dôjde k rozšíreniu obecne požitej koncepcie EHR MUDR do ďalšej aplikačnej oblasti.

PodĎakovanie

Práca vznikla v rámci CBI (Centrum biomedínske informatiky), ktoré je riešené v rámci projektu 1M06014 MŠMT.

Literatúra

- [1.] Bicz, W. et al. (2005). *Fingerprint structure imaging based on an ultrasound camera*, <http://www.optel.com.pl/article/english/article.htm>
- [2.] Cravotta N. (2000). *Looking under the surface of fingerprint scanners*, EDN, http://www.edn.com/article/507025-Looking_under_the_surface_of_finger_print_scanners.php
- [3.] Gunetti, D., Pikardi, C. (2005). *Keystroke analysis of free text*. In *ACM Transactions on Information and System Security*, sv. 8, č. 3, str. 312-347.
- [4.] Ilonen, J. (2003). *Keystroke Dynamics*. In *Advanced Topics in Information Processing*, Lappeenranta University of Technology, <http://www2.it.lut.fi/kurssit/03-04/010970000/seminars/Ilonen.pdf>
- [5.] Jain, A., Bolle, R., Pankarti, S. (1999). *Biometrics: personal identification in networked society*, Kluwer Academic Publisher, Norwell, Massachusetts, USA.
- [6.] Monrose, F., Rubin, D. (2002). *Keystroke dynamics as a biometric for authentication*. In *Future Generation Computer Systems*, sv. 16, č. 4, str. 351-359.
- [7.] Nagy, M. et al. (2008). *Applied Information Technologies for Development of Continuous Shared Health Care*. In *CESNET Conference 08*, CESNET, z.s.p.o., Prague, <http://www.cesnet/events/2008/conference/cesnet08-proceedings.pdf>
- [8.] Rak, R.; Matyáš, V.; Říha, Z. (2008). *Biometrie a identita člověka: ve forenzních a komerčních aplikacích*, Grada, Praha.
- [9.] RSA, The Security Division of EMC: *Security Solutions for Business Acceleration* [online]. 2010 [cit. 2010-10-28]. RSA Data Loss Prevention (DLP) Suite. WWW: <<http://www.rsa.com/node.aspx?id=3426>>.
- [10.] Zhang, D. (2000). *Automated biometrics: technologies and systems*, Kluwer Academic Publisher, Boston.

Kontakt:

Ing. Anna Horňáková
Oddělení medicínské informatiky,
Ústav informatiky, AV ČR, v.v.i.,
Pod Vodárenskou věží 2,
182 07 Praha 8,
tel: +420 26605 3291,
e-mail: hornakova@euromise.cz

ELEKTRONICKÁ PORODNÍ KNIHA – POPIS APLIKACE

Michal Huptych, Petr Janků, Lenka Lhotská

Anotace

Tento příspěvek popisuje aplikaci, která je převodem tzv. porodní knihy do elektronické podoby. Aplikace vzniká ve spolupráci s lékaři z Gynekologicko-porodnické kliniky Fakultní nemocnice Brno Bohunice.

Elektronická verze porodní knihy je implementována jako klasický informační systém; obsahuje část uživatelského rozhraní a databázový systém pro ukládání dat. Uživatelské rozhraní je implementováno v jazyce Java. Pro ukládání záznamů a vyhledávání v nich je použito relační databázové platformy PostgreSQL. Uživatelské rozhraní je navrženo pro co nejjednodušší zadávání informací do systému.

Při tomto přístupu jsou záznamy ukládány v jednotné, plně integritní formě a vytvoření statistik je možné v nesrovnatelně kratším čase než při dosavadním ručním zpracování. Navíc mimo základních statistik mohou být jednoduše vytvářeny statistiky i v jiných časových intervalech a v závislosti na různých parametrech (např. počty předčasných porodů v závislosti na věku rodičky).

Klíčová slova

Porodnictví, porodní kniha, informační systémy, databázové systémy

Úvod

Porodní kniha je dokumentem obsahujícím záznamy o rodičce (např. věk, bydliště, počet porodů), průběhu a parametrech porodu (např. diagnóza, indikace k operaci, operace) a novorozenci (např. délka, váha, apgar skóre). Z těchto údajů jsou měsíčně sestavovány statistiky několika desítek parametrů ve vybraných zájmových oblastech (např. operace, diagnóza, poloha při porodu). Vzhledem k tomu, že v FN Brno je provedeno přibližně 5000 porodů ročně zabere vytvoření těchto statistik z papírové porodní knihy několik hodin práce měsíčně.

Účelem této práce je vytvořit elektronickou formu porodní knihy pro ukládání záznamů v jednotné, plně integritní formě a s možností vytváření všech požadovaných možných statistik v nesrovnatelně kratším čase než tomu bylo u papírové formy této dokumentace. V projektu jsou využity znalosti a zkušenosti získané v rámci jiných podobných projektů (např. [1]).

Aplikační rozhraní

Návrh elektronické verze porodní knihy vychází z papírové dokumentace, která je vedena v předtisknutých blocích s definovanými poli. Požadavkem ze strany zadavatele bylo, aby měl výsledný elektronický formulář (Obrázek 1) podobnou strukturu a podobu jako jeho papírová předloha. Původním záměrem bylo použít tento elektronický formulář jak pro zobrazení zadaných

(resp. nezadaných) údajů i pro jejich editaci. Tento záměr se však v průběhu vývoje ukázal jako nereálný. Analýzou papírového originálu bylo totiž zjištěno, že záznamy neobsahují pouze údaje, které jsou předepsány jednotlivými poli formuláře, ale také mnoho doplňujících údajů.

Město	Eliška	POP	Datum	Město	Název	Živit	Přehled	1 1	Název
14.04.2010	—	Klasická	36 + 3, 8, 18, 8	—	—	—	1.23.0.48.0.21	36, muž	Jenů
14.05	—	157, 18805	spontánní (jako)	—	—	—	16. 9. 102 [7, 7, 7]	62, 40X0	—
1403	—	Praha	šlechl (šlechl)	—	—	—	16. 9. 102 [7, 7, 7]	—	—
17.04.2010	—	Pačurkova	42 + 3, 11, 8	—	—	—	1.42.0.98.0.24	62, žena	Jenů
18.31	—	161	febrile	—	epidurální	—	16. 10. 102 [7, 7, 7]	47, 3830	—
1507	—	27, 18800	vyhodový (spokran)	—	—	—	16. 9. 102 [7, 7, 7]	—	—
02.04.2010	—	V Hameni	30 + 6, 8, 18, 8	—	—	—	1.12.0.21.0.11	42, muž	Jenů
2:47	—	32, 18800	spontánní (total deflex)	—	—	—	16. 9. 102 [7, 7, 7]	41, 4792	—
1711	—	Praha	spokran	—	—	—	16. 9. 102 [7, 7, 7]	—	Jenů
07.05.2010	—	Zábrzeží	39 + 4, 8, 18, 8	—	—	—	1.24.0.54.0.22	35, žena	Jenů
16.02	—	43, 18800	spontánní (šlechl)	—	—	—	16. 9. 102 [7, 7, 7]	44, 3900	—
1984	—	Praha	šlechl (šlechl)	—	—	—	17. 9. 102 [7, 7, 7]	—	—

Obrázek 1 – Základní formulář pro zobrazení záznamů

Obecně lze jednotlivé parametry záznamu rozdělit do tří základních částí (z tohoto souhrnu vychází i uspořádání resp. strukturalizace entit a relací databáze a strukturalní uspořádání tříd je v podstatě shodné z uspořádáním entit v databázovém modelu - viz kapitola Datový model a databáze). První část obsahuje údaje o rodičce. Tento soubor parametrů zahrnuje vedle jména, rodného čísla a adresy také informaci o graviditě a paritě (počtu gravidit a počtu porodů). Druhou částí je samotný porod, který obsahuje datum, čas porodu, týden (+ počet dní), ve kterém k porodu došlo, tři porodní doby [2], mechaniku porodu (spontánní, císařský řez, atd), informaci o případné anestézii (žádná, celková, epidurální, atd.), diagnózy vážící se k porodu, případně indikaci k operaci a seznam operací. Posledními údaji zahrnutými do části porodu jsou soubory pracovníků, kteří u porodu byly – vedoucí lékaři, porodní asistentky a případně operatři (ve velké většině případů se bude jednat vždy o jednu osobu, avšak existuje možnost více pracovníků na kterékoliv z pozic). Poslední, třetí, částí jsou údaje o novorozenci. Zde je uváděno štítkové číslo novorozence, jeho pohlaví, délka a váha a série údajů informujících o stavu novorozence – apgar skóre, pH krve a tzv. base excess (definice parametrů lze nalézt v [2]).

V souhrnu je zadáváno (s přihlédnutím k faktu, že některé parametry jsou zadávány několikrát v průběhu času) 41 parametrů, což způsobilo značnou nepřehlednost při vyplňování formuláře v tabulkové formě (viz výše). Bylo tedy upuštěno od editace jednotlivých parametrů přímo v hlavním tabulkovém formuláři. Jelikož však nepřehlednost by se přenášela i do – sice vhodněji strukturovaného – samostatného formuláře, který by obsahoval všechny údaje byla zvolena forma postupného zasahování. Editační formulář tak předkládá uživateli vždy jen část ze zadávaných parametrů, přičemž ty jsou sdružovány podle příslušnosti k dříve popsaným částem. Výsledný počet takto vzniklých editačních formulářů je pět a uživatel mezi nimi může postupně přecházet (Obrázek 2).

Obrázek 2 zobrazuje pět editačních formulářů (a-e) s modrou hlavičkou a tlačítky 'Zpět', 'Přeskočit', 'Přidat' a 'Data' v dolní části. Formulář a) 'Údaje o rodiči' obsahuje pole pro Příjmení, Jméno (32), Rodičovo jméno, Účast (Vlastník), Datum narození (22. 10. 1988), Město (Praha) a Pohlaví (M). Formulář b) 'Údaje o porodu 1' obsahuje pole pro Datum (24. 2010), Čas porodu (0:47), Číslo porodní (1 770), Typ porodu (C), Věk (38), Pohlaví (M), Pravidelné dny (1-12, 0-21, 10-11), Anestezie (epidurální) a Medicína (společně s lékařem). Formulář c) 'Údaje o porodu 2' obsahuje pole pro Diagnózy, Informace a Operace. Formulář d) 'Údaje o novorozenci' obsahuje pole pro Pohlaví (M), Datum narození (23. 10. 2010), Věk (0, 1, 2), Pohlaví (M) a Pohlaví (M). Formulář e) 'Personál' obsahuje pole pro Pohlaví, Jméno, Anestezie, Datum a Jméno.

Obrázek 2 – Editační formuláře: a) údaje o rodiči, b) základní údaje o porodu, c) diagnózy a operace, d) údaje o novorozenci, e) údaje o personálu

Jednou z vyvstávajících otázek (vzhledem k interakci uživatel-systém) je strategie přístupu k nevyplněným parametrům záznamu. Zde existují tři možné přístupy. 1) Nepovolit uživateli opustit formulář dokud nebudou všechny údaje

vyplněny. 2) Umožnit uživateli opustit formulář i s nevyplněnými parametry, ale trvat na jejich vyplnění před uložením záznamu do databáze. 3) Připustit možnost nevyplněných údajů a to i v databázovém záznamu. První z přístupů je velmi striktní, udržuje velmi silnou konzistenci, avšak je nejméně uživatelsky přívětivý. Navíc je celkem zřejmé, že v průběhu používání dojde k události, kdy některý parametr nebude možné vyplnit (obzvláště v tak vytiženém provozu pro jaký je aplikace navrhována). Vzhledem k tomuto faktu je pak nutné definovat pro každý parametr možnost volby „neznámý“, což ale v podstatě není ničím jiným, než předefinování nevyplněného parametru a jeho zpracování – tedy vlastně možnost třetí. Druhá možnost pouze odsouvá výše popsané na okamžik odeslání do databáze a navíc je u ní nezbytné definovat možnost lokálního ukládání, čímž se zvyšuje riziko desintegrace záznamů. Jasná volba je tedy možnost třetí. Navíc není díky tomuto nutné vyplnit formulář až na konci, kdy je zřejmé, jaké mají parametry hodnoty, ale je možné jej vyplňovat sekvenčně.

Jinou věcí jsou špatně vyplněná pole. Zde lze problém rozdělit na syntaktickou část a sémantickou část. Zatímco sémantickou část lze kontrolovat pouze v určitých případech (např. rozsahy číselných hodnot) syntaktickou část je možné kontrolovat celkem jednoduše. Otázka pak zní zda nutit uživatele k opravě a nedovolit mu pokračovat ve vyplňování dalších parametrů nebo zda opět povolit a nechat syntakticky špatně vyplněná pole. Zde se kloníme k nucení uživatele pole opravit a to z toho důvodu, že většina takto špatně vyplněných polí bude vznikat překlepy a ty chceme co nejvíce omezit.

Implementace aplikace pracující nad výše zmíněnou databází je provedena v jazyce Java, tedy v objektově orientovaném jazyce, který je pro naše účely reprezentace navrženého datového modelu vhodný. Přístup k databázi je řešen využitím data access object (DAO) metodiky.

Vzhledem k propojení aplikace s relační databází je otázka následného vytváření statistik značně usnadněna. Základní statistiku, která byla vytvářena i z papírové dokumentace, je statistika četností různých parametrů (jedná se o instance diagnóz, mechanik porodů, operací, výsledků porodů, atd.) v jednotlivých měsících roku a jejich celkový roční počet. Počet zatím stanovených takto sledovaných parametrů je 95. Je zřejmé, že vytvoření těchto statistik ručně a pomocí selekce v databázi je nesrovnatelné. Tyto základní statistiky jsou exportovány v okně Statistika. Další možností je použití prohledávání databáze dle zvolených parametrů a hlavně jejich kombinací v různých časových úsecích.

Datový model a databáze

Jednou z nejpodstatnějších částí celé koncepce je datový model dané problematiky. Model vychází z předpokladů, které byly definovány v předchozí kapitole. Základním jednotčím prvkem záznamu je porod (labour). K tomu jsou navázány ve vztahu 1:1 rodička (tento cizí klíč tvoří jediný nutný atribut tabulky), mechanika porodu a anestézie (dle konzultací má každý porod právě jednu mechaniku a anestézii – čas zde nehraje roli). Tabulky diagnózy a porodu

jsou vázány vztahem M:N s parametrem, který určuje zda je daná diagnóza indikací k operaci (true-false). Je dáno, že indikace k operaci je vždy opět jedna, tedy k danému porodu se může vázat libovolný počet diagnóz s parametrem false a vždy pouze jedna s parametrem true. Diagnózy jsou dále rozlišovány do tří kategorií – komplikace porodu, poranění při porodu, ostatní diagnózy. Tento způsob dělení byl zvolen vzhledem k zachování jednoduchosti směrem k aplikačnímu rozhraní (pro diagnózy je pouze jedno rozhraní) a přitom zachování informace o typu události. Tabulka intervence je s tabulkou porod také svázána vztahem M:N. Pojmu „intervence“ je volen schválně neboť ne všechny úkony, které potenciálně spadají do této lze nazvat operací jak tomu bylo v originálním záznamu (na transfuzi krve lze sice pohlížet jako na transplantaci orgánu, ale není jednoznačné zda splňuje parametry operace). Opět i intervence má k sobě navázaný seznam typů intervencí. Poslední vazba M:N je mezi tabulkami porod a personál, kteří se podíleli na porodu. Jak již bylo řečeno výše jsou tito pracovníci dělení do tří kategorií a sice: vedoucí lékař, porodní asistentka a operatér. Tyto kategorie vystupují v datovém modelu jako role a jsou navázané právě na vazební tabulku porod-personál. Zároveň má každý z pracovníků přidělenou svou odbornost (lékař, medik, porodní asistentka, sestra, žačka, jiný).

Základem všech kódových hodnot jsou číselníky, které tvoří základní bázi kódování pro údaje o mechanice porodu, anestézii, diagnózách, operacích a personálu (např. DASTA [3]).

Schématické znázornění uspořádání modelu je zobrazeno na obrázku 3. Popsaný model je implementován jako relační databáze v databázovém systému PostgreSQL 9.0. [4].



Obrázek 3 – ER schéma datového modelu

Bezpečnost a autorizace

Autentizace uživatele je prováděna prostřednictvím uživatelského jména a hesla (minimálně 8 znaků), které je ihned po zadání kódováno algoritmem MD5 a výsledek je odeslán k porovnání jakožto požadavek na databázi. Následně jsou podle výsledku autorizace uživateli přiřazena oprávnění k přístupu a změnám záznamů v databázi. V současné době jsou definovány tři úrovně autentizace autorizace – lékař, asistent a analytik. Lékařská autorizace umožňuje kromě plného zobrazení záznamů (včetně jmen a rodných čísel) a také veškerých číselníků (změnu ve smyslu přidání, odebrání, úpravy položek). Autorizace asistenta je omezena v přístupu k číselníkům. Autorizace analytika umožňuje pouze přistupovat k záznamům a to v omezené míře – nejsou načítána jména a rodná čísla atd.

Každé vytvoření či úprava záznamu, vkládání položek do používaných číselníků, sestavování statistik nebo vyhledávání v záznamech je řízeno úrovní obsluhy podle definice práv uživatele. Informace o změnách je zaznamenána s časem a odkazem na uživatele, který úpravu provedl.

Závěr

Vytvořená aplikace umožňuje uložení informací o porodu elektronické formě, následně pracování statistik záznamů a možnost analýzy a hodnocení záznamu z krátkodobého, střednědobého a dlouhodobého hlediska. Hlavním přínosem je lepší přehlednost a konzistence záznamů a nesrovnatelně kratší časové nároky na zpracování statistik záznamů s možnostmi základní statistiky jednoduše rozšířit o kombinovanější vyhledávání v záznamech.

Díky tomu vzniká dostatečně široká základna pro vytvoření části umožňující analýzu záznamů, hledání a definici souvztažností a funkčních relací mezi parametry záznamů. To představuje, z hlediska znalostního inženýrství, základní element pro vytvoření komplexního popisu problematiky.

Poděkování

Tento projekt je podporovaný výzkumným programem č. NT11124-6/2010 Ministerstva zdravotnictví České republiky a výzkumného záměru č. MSM 6840770012 "Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství II".

Literatura

- [1.] Huptych M., Lhotská L., *A Software Tool for Processing and Visualization of ECG, In: Proceedings of the 5th European Symposium on Biomedical Engineering [CD-ROM]. Vienna: International Federation for Medical & Biological Engineering, 2006*
- [2.] Evžen Čech a kol., *Porodnictví, 2. přepracované a doplněné vydání, GRADA Publishing, 2006*
- [3.] DASTA – Datový standard ministerstva zdravotnictví, <http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/>
- [4.] PostgreSQL, <http://www.postgresql.org>

Kontakt:

Michal Huptych

ČVUT, FEL, Katedra kybernetiky

Technická 2

166 27 Praha 6

tel: 420 22435 732

e-mail: huptycm@fel.cz

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

SIMULACE TLAKOVÝCH A PRŮTOKOVÝCH KŘIVEK U RŮZNĚ VELIKÝCH PACIENTŮ S PULSATILNÍ SRDEČNÍ PODPOROU

Filip Ježek, Marek Mateják, Pavol Privitzer

Anotace

Motivací této práce je upozornit na často opomíjený nežádoucí vliv pulsatilních podpor cirkulace a to konstatní objem vypuzovaný každou periodu (pevný ejection volume), což je obvykle základní (a doporučené nastavení). U normálního pacienta je tento objem fyziologický a tedy neškodný, avšak extrémně malé, tedy zejména pediatrické, pacienty může ohrozit hypertenzí a navazujícími komplikacemi. Touto záležitostí se již zabývalo několik klinických studií, ale ještě nebyla potvrzena experimentem ani podložena konzistentní teorií. Jelikož z pochopitelných důvodů není možné provádět na pacientech přímý experiment, tuto hypotézu se snažíme potvrdit pomocí matematického modelu cirkulace.

Pro potvrzení hypotézy jsme navrhli experiment, kde jsou parametry řečiště přizpůsobené malému pacientovi (cca 35ml ejection volume) a dojde ke změně na nefyziologicky velkých 65ml (což odpovídá normálnímu pacientovy).

Podle předpokladu skutečně dojde u malého pacienta k hypertenzi (syst. > 160, diast. > 130). Ke snížení tlaku napomáhá pozměnit nastavení pumpy, zejména zvýšit frekvenci a tím omezit plnění (tj. přechod z automatického módu na fixed-rate mód). Model dovoluje měnit všechny své parametry a je tedy možné testovat různá nastavení pumpy.

Dále byla navržnuta aplikace jako uživatelské rozhraní k tomuto modelu a implementována na platformě Silverlight. Tato aplikace má sloužit jako učební a demonstrační pomůcka pro zdravotnický personál.

Klíčová slova

VAD, Modelica, Silverlight, Ejection volume

Úvod

Kardiiovaskulární choroby jsou na u nás na prvních místech v absolutním počtu úmrtí. Při nevratném poškození srdce je potřebná transplantace, z důvodu nedostatku vhodných dárců je tato léčebná alternativa omezená a také ne pro všechny pacienty je transplantace vhodná. Proto je zde rostoucí potřeba mechanických podpor cirkulace, ať už indikovaných jako přemostění do transplantace, nebo jako podpora do uzdravení vlastního srdce.

V oblasti mechanických podpor cirkulace se nejedná o jednoduché zákroky, jako je například náhrada chlopně, nebo pacemaker. Výkonná pumpa totiž představuje obrovský zásah do fyziologie člověka. Vložená pumpa vytváří umělý nefyziologický průtok a výběr nesprávné pumpy může mít pro pacienta katastrofální následky.

Lékaři jsou pak nuceni zvládat spolu se svou odbornou prací zvládat více a více technických problémů, jelikož se musí starat nejen o pacienta ale i o zařízení.

Pro dostatečnou péči nestačí dostatečná lékařská péče, ale je třeba interdisciplinárního týmu lékařů, biomedicínských inženýrů, perfuziologů, sester a dalších.

Mechanické srdeční podpory mají řadu nežádoucích účinků a tato práce má za cíl upozornit na často opomíjené nebezpečí nesprávného přizpůsobení ejekčního objemu umělé pumpy rozdílně velikým pacientům.

Využití modelování a simulace se nemusí využívat pouze pro výuku studentů medicíny, ale může sloužit i pro vysvětlení a pochopení komplexních závislostí lékařským profesionálům. Několik studií zkoumající negativní dopad jednotné velikosti pump zejména pro pediatrické pacienty již byla provedena (například [1]), chybí však teoretický podklad a názorné vysvětlení. Tímto tématem se podrobně zabývala práce [2], jejíchž výsledků zde využíváme.

Pumpa

Donedávna nejpoužívanější mechanickou podporou srdce pro bridge k transplantaci u nás byla pulsatilní pumpa značky Thoratec, která se vyrábí pouze v jedné velikosti. Tato pumpa je vlastně pružný sáček v pevném pouzdru. Sáček má na sobě vstupní a výstupní chlopuň, které zajišťují tok správným směrem. Stah sáčku a tím i ejekce se dosahuje hydraulicky změnou tlaku mezi sáčkem a tuhým obalem. Tlak je vytvářen v externí konzole a přiváděn tenkou hadičkou. Při plnění je aplikován podtlak (kolem -- 5 mmHg), při ejekci tlak až 220 mmHg, protože při činnosti zařízení je potřeba, aby se celý objem pumpy (v tomto případě 65 ml) při ejekci kompletně vyprázdnil. Zda to tak opravdu je se ověřuje vizuálně. Při nedokonalém vyprázdnění hrozí hemostáza, srážení krve a související trombotické komplikace.

Pumpa může pracovat ve třech režimech – Automatický (*Auto*), s pevnou frekvencí (*fixed rate* – FR) a synchronní, který se v praxi nepoužívá.

Automatický mód, nebo též *full fill*, *full eject*, je doporučován výrobcem, protože z principu poskytuje největší průtok a také z důvodů bezpečnosti (prevence trombotických komplikací). Proto se používá v naprosté většině případů. Pumpa v tomto režimu čeká na úplné naplnění 65 ml a jakmile se ho dosáhne, spínač sepne ejekci. Ejekční fáze je nastavena pevně a to většinou na výrobcem doporučených 300 ms. Ejekční objem je tedy vždy onich pevných 65 ml.

U *Fixed rate* módu nastavujeme pracovní frekvenci a tím nepřímo ovlivňujeme výdej i objem za jednu ejekci. Pokud je totiž perioda kratší, než by byla u automatického módu, pumpa se nestihne naplnit a při ejekci je vypuzen menší objem. Ejekce trvá stejně jako u automatického modu pevný čas 300 ms. U tohoto módu je možné regulovat (snižovat) ejekční objem a zároveň minutový výdej pumpy.

Hypotéza

Každý pacient má své unikátní cévní řečiště, kterému je potřeba se přizpůsobovat výběrem zdravotnických prostředků. Zdá se, že některé z nežádoucích účinků (krvácení, cerebro-vaskulární příhody) u pacientů podporovaných pulsatilními

srdečními podporami by mohly být v souvislosti s velikostí pacienta. To by mohlo mýt zapříčeno, že v tuzemských pracovištích používáme pulsatilní podpory s pouze jedním objemem nezávisle na velikosti těla, tedy vaskulárního řečiště. Pumpy sice umožňují měnit ejekční objem změnou frekvence, ale v drtivé většině případů se používá výrobcem doporučený automatický mód, který vypudí pokaždé stejný objem.

Naší hypotézou je, že u extrémně malých pacientů může ejekční objem určený normální pacientům způsobit iatrogenní systemickou a/nebo pulmonární arteriální hypertenzi. Naopak, u velkých pacientů pumpa standardní velikosti neposkytuje dostatečnou podporu a pacient není perfuzován nedostatečně. Zdá se tedy, že pro spolehlivou a bezpečnou funkci pulsatilní podpory cirkulace je potřeba velikost ejekčního objemu přizpůsobit velikosti krevního řečiště pacienta.

Hypertenzi budeme považovat od hranice 160 mmHg. Pokud nastane tato situace, zdravotnický personál by měl změnit nastavení pumpy (především přepnout mód z *Automatic* do *fixed rate* a snížit dostatečně frekvenci).

Metody

K potvrzení hypotézy používáme matematický model krevního řečiště, zejména protože měření na pacientech by bylo v tomto případě eticky nepřijatelné. Bylo by totiž nutné měnit parametry natolik, abychom je dostali do patologického stavu.

Hypotézu se snažíme potvrdit v okamžiku vložení pumpy do pacienta a kdy jeho řečiště ještě nemá dostatek času se nové pumpě přizpůsobit. Navíc při chronické chorobě je v okamžiku vložení pumpy řečiště přizpůsobeno nikoli standardnímu srdci, ale dlouhodobě selhávajícímu, tj. s klidně třetinovými minutovými průtoky vzhledem k normě. Jelikož však uvažujeme i akutní selhání, toto nebylo v modelování zohledněno.

Model

Model byl navržen jako náhrada umělého oběhu. Pro názornost uvažujeme pouze levý oběh a dopouštíme se řady zjednodušení. Model jsme implementovali v jazyce Modelica, díky němuž zůstává přehledný. V modelování jsme vycházeli z modelu [3], který byl kompletně přepsán do jazyka Modelica a některé komponenty pozměněny a krevní pumpa byla vytvořena zcela jinak. Jednotlivé komponenty modelu představují části krevního oběhu a jeho parametry jsou fyziologické, v zásadě převzaty z [3] a empiricky doladěny tak, aby model ukazoval fyziologicky podobné průběhy arteriálního tlaku.

Předpoklady a zjednodušení

Jelikož živý organismus je velice komplexní záležitost, dopustili jsme se mnoha zjednodušení.

Všechny orgány tvoří uzavřený systém bez vnějších přítoků a odtoků a všechny orgány jsou na jedné úrovni. Nepředpokládáme ani žádný pohyb pacienta. Pacient tedy leží a má basální metabolismus.

Veškerý tok předpokládáme laminární, protože nezkoumáme jednotlivé proudnice, ale celkový průtok. Turbulentní tok se objevuje pouze na pár místech v těle (ascendentní aorta apod.) a tam ho můžeme kompenzovat např. zvýšením odporu.

Dále neuvažujeme propagaci pulsů vlny. Ve skutečnosti se tlaková vlna nešíří pouze kapalinou, ale zároveň arteriálními stěnami. V našem modelu uvažujeme cévy pouze jako několik pružných bloků, které simulují zjednodušený Windkesselův efekt. Tyto bloky jsou navrženy tak, že mají konstantní a okamžitou hodnotu poddajnosti (*compliance*). Zpoždění, které má tlaková vlna cestující modelem, tedy není realistické, navíc ignorujeme dopravní zpoždění. Jelikož však sledujeme stabilní pulsatilní cirkulaci, tato zjednodušení jsou validní.

Transmurální tlak je předpokládán všude konstantní a nulový, včetně hrudní dutiny. Tím ignorujeme vliv dýchání na krevní tlak.

Jelikož simulujeme krátký čas (v řádu hodin) po implantaci pumpy, vlastní srdce je často natolik poškozeno, aby vykonávalo efektivní práci. Příspěvek vlastního srdce tedy zanedbáváme. To se může zdát jako přehnané zjednodušení, na druhou stranu se snažíme dokázat, že tlak vzroste, čemuž by součinnost vlastního srdce jen napomáhala (současná ejekce pumpy i srdce tlak rozhodně zvýší), tedy jeho zanedbáním si důkaz neulehčujeme.

Jelikož se zajímáme pouze o aortální tok a tlak, simulujeme pouze levou cirkulaci, tedy systémový okruh. Tento přístup je běžně používán. Nicméně dodat v budoucnu pravý pulmonární okruh není problém, ale ztíží se výpočetní náročnost, model se zpřehlední a zpomalí se dynamika oběhu.

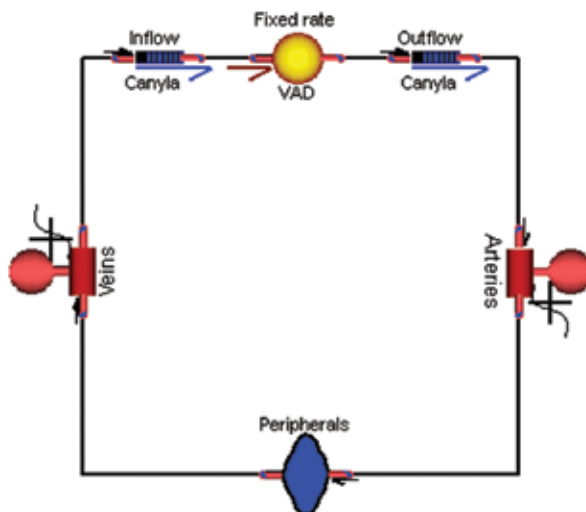
Kromě hydraulických regulací není oběh dále regulován. Lidská oběhová soustava je regulována řadou mechanismů, jak krátkodobých (např. baroreflex), střednědobých (renin-angiotenzin) a dlouhodobých (remodelling cév) jejichž implementace je však náročná. Absence krátkodobých regulací je však poměrně závažným zjednodušením.

Implementace

Model jsme implementovali v jazyce Modelica, díky němuž je model přehledný a přes množství vztahů přehledný. Celková struktura je vidět na obrázku 1. Model sestává ze čtyř hlavních komponent, arterií, periferií, vén a pumpy, která je připojena pružnými kanyly. Prvky jsou spojeny do uzavřeného kruhu, tok se nikde neztrácí ani nedodává. Prvky jsou spojeny konektory, které přenáší tlak a tok podle Kirchoffových zákonů. Veškeré tlaky jsou v jednotkách [hPa], toky v [ml.s⁻¹] a objemy v [ml], ale tlaky jsou na několika místech přepočítány na mmHg, což je v praxi obvyklejší.

Základní komponenty

Celý zjednodušený vaskulární systém se dá vyjádřit jako serioparalelní zapojení třech základních komponent - rezistenci, compliance ([*komplájn*] poddajnost) a inertanci (setrvačnost), tedy v elektrické analogii rezistoru, kapacitoru (s druhým pínem proti zemi) a induktoru. Celý model se tak trochu



Obrázek 1 – Celková struktura modelu

podobá elektrickému obvodu, ale nepracujeme s napětím a proudy, ale přímo v jednotkách tlaků a toků. Jednotlivé základní prvky jsou popsány následujícími rovnicemi pro rezistenci (1), complianci (2) a inertanci (3):

$$(1) \quad \frac{dp}{dt} = R \cdot q$$

$$(2) \quad \text{volume} = \int Q_{in} + Q_{out} dt$$

$$\text{stressedVolume} = \max(\text{volume} - V_0, 0)$$

$$p = \frac{\text{stressedVolume}}{C}$$

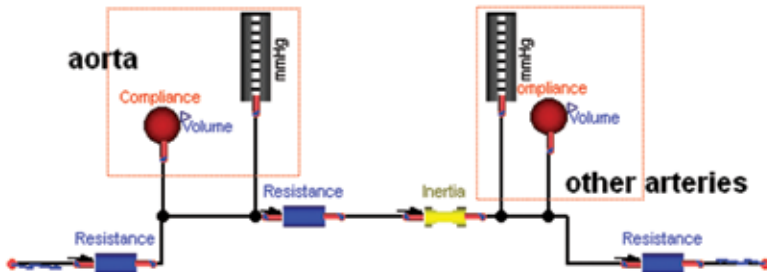
$$(3) \quad p = I \cdot \frac{dq}{dt}$$

, kde dp je rozdíl tlaku přes komponentu, q tok, Q_{in} přítok, Q_{out} výtok (výtok je záporný), volume objem, V_0 mrtvý objem, při kterém se v pružném bloku ještě nevytváří tlak, stressedVolume objem, který už tlak vytváří, R , C a I jsou pak hodnoty rezistence, Compliance a Inertance.

Za povšimnutí stojí, že prvek compliance není objemově nijak limitován, tj. může být nekonečně malý, i záporný. Při správném nastavení parametrů to však v praxi nenastává.

Arterie

Blok arterií popisuje souhrně všechny arterie systemického oběhu, od velkých až po arterioly. Ve většině umělých modelů oběhu je tento blok nahrazen pouze jedním blokem compliance, zatímco v tomto modelu levá compliance simuluje velké tepny (aorta) a pravá malé tepny. Mezi nimi má krev dynamiku, proto inertance a nějaký odpor, který tlumí oscilace. Celé zapojení je na obrázku 2. Krajní odpory jsou velice malé a slouží jen kvůli numerické stabilitě při spojování bloků. Komponenty označené mmHg slouží pouze k převodu tlaku v [hPa] na [mmHg].



Obrázek 2 – Struktura bloku arterií

Periferie

Blok periférií simuluje mikroarterioly, kapiláry a mikrovenuly a reprezentuje veškerou mikrocirkulaci. Kapiláry mají velice malý průměr, ale je jich velmi mnoho, a tak je jejich celkový průřez extrémně veliký. Tedy mají podstatný odpor a inertanci, ale jejich compliance je malá a zanedbáváme ji. Protože periferní resistance a zejména inertance není přímo v literatuře uváděna, Conlon et al. [3] vycházeli ze souhrnu dostupných hodnot a jejich výsledky jsme převzali.

Vény

Blok vén je velmi podobný bloku arterií. Také obsahuje dvojitou compliance, levá reprezentuje malé vény a venuly, druhá duté žíly, jejíž vztah tlaku a toku je nelineární. Mezi nimi je odpor, který při záporném tlaku simuluje kolaps velkých žil a v takovém případě zvyšuje svůj odpor. U normální cirkulace to nemá zas takový smysl, ale umělá pumpa může vytvářet podtlak v systému a v tomto případě se to uplatní.

Kanyly

Pumpa je k oběhu připojena vstupní a výstupní kanylou, které vedou krev z komory do pumpy a z pumpy přímo do aorty. Obě jsou modelovány jako tenké pružné hadičky s odporem a compliance. Odpor výstupní kanyly je však obtížně vyjádřitelný kvůli hybridnímu polo-turbulentnímu charakteru toku. Proto je tato hodnota nastavené empiricky tak, aby měl model rozumné vlastnosti.

Oproti modelu v [3] je zde odpor rozdělen do dvou částí - vstupní a výstupní. To je zaprvé kvůli větší přesnosti a zadruhé kvůli numerické stabilitě systému - pokud by se k sobě připojily dva bloky compliance přímo bez jakéhokoli odporu, kvůli nulové resistenci by mezi nimi musel téct nekonečný tok.

Pumpa a pohonný tlak

Design pumpy byl založen na pumpě Thoratec PVAD fungující v režimu pevné frekvence. To kvůli snadnému srovnání výsledků a jednotnému flow (při plném naplnění a vyprázdnění můžeme frekvencí řídit celkový výdej). Demonstraci automatického módu plánujeme v budoucnu. Základem je podobně jako u reálné pumpy pružný vak s externím přívodem tlaku. Pružný sáček musí mít omezený objem a to jak shora, tak zdola. Tlak v sáčku je ovládán externím tlakem a jelikož předpokládáme pružnou a tenkou membránu, tlak uvnitř je stejný jako tlak vně sáčku.

Externí řídicí tlak simuluje řídicí konzole podpory Thoratec. Přepínání z plnicí do ejekční fáze a naopak je v konzole víceméně ideální jednotkový skok, ale jelikož je přenos realizován hadičkou s malým poloměrem, která tvoří odpor protékajícímu plynu a tím zbrzdí nastup ejekčního tlaku. Některé konzoly dokonce umožňují nastavení tohoto brzdícího parametru, protože právě nastup tohoto tlaku ovlivňuje tlakové špičky krve na výstupu. Proto je řídicí tlak simulován jako jednotkový skok s exponenciálním náběhem a je vyjadřován ve tvaru:

$$\text{pressure} = 1 - \exp(-(\text{time} - T_0)/\alpha)$$

$$\text{pressure} = 1 - \exp\left(-\frac{(\text{time} - T_0)}{\alpha}\right)$$

, kde α je říditelný parametr náběhu, T_0 je čas nástupu aktuální systoly. Parametr α byl nastaven empiricky. Pak je tento tlak zvětšen na požadované hodnoty ejekce a plnění.

Tento komponent byl původně vyvinut z compliance komponentu s proměnnou hodnotou compliance. To je blíž podobné vlastním srdci, ale v tomto případě potřebujeme nastavovat přímo hodnoty tlaků externího tlaku jak definujeme výše.

Jedna z komplikací, kterou jsme se zabývali, bylo omezení objemu. Ve fyzickém modelu nemůže být objem záporný, nebo růst přes objem nádoby. Z numerických důvodů a součinností s chlopněmi se tento požadavek stal v Modelice náročný, ale po počátečních neúspěších jsme přišli s elegantním řešením. Tlaková funkce je rozdělena na tři části: plný, normální a prázdný. Pak

$$\begin{aligned}
 p &= \text{providedPressure} + \\
 \square + \frac{\text{volume} - \text{MaximalVolume}}{\text{microCompliance}} & \text{ pokud volume} > \text{MaximalVolume} \\
 \square + 0 & \text{ jinak} \\
 \square + \frac{\text{volume} - \text{MinimalVolume}}{\text{microCompliance}} & \text{ pokud volume} > \text{MinimalVolume}
 \end{aligned}$$

, kde microCompliance vyjadřuje velikou tuhost a tím velké změny tlaku při malé změně objemu v případech dorazu.

Další důležitý funkční prvek pumpy jsou chlopně, které taky vnáší do modelu nelinearity. Když je chlopně otevřená, tak působí na tok malým odporem, při uzavření má naopak velký odpor. Okamžitý stav záleží na tlaku a směru toku. Nakonec jsme chlopně založily na modelu Diody z knihovny Modelica. Electrical.Analog.Ideal.IdealDiode.

Navíc, pumpa si počítá aktuální průtok z aortální (výstupní) chlopně. Integrovaný průtok za celou periodu je roven ejekčnímu objemu a pokud se pumpa celá naplní i vyprázdní, pak je nutně roven i objemu pumpy.

Implementační komplikace

Popsaný model byl implementován v Modelice ve verzi 3.2. Vzhledem k tomu, že všechny vztahy byly známy, implementace spočívala v přepsání těchto rovnic do bloků. Ačkoli náš model je relativně jednoduchý co do počtu komponent a rovnic, v Modelice vyvstali některé implementační problémy. Protože dohromady model obnáší kolem 200 rovnic, z nichž zhruba polovina jsou netriviální (na každé straně více než jeden prvek), je hybridního charakteru (míchají se zde kontinuální (toky, tlaky) a diskretní (ejekční tlaky) proměnné) a obsahuje více nelinearit (chlopně, pumpa, nelineární compliance velkých žil, kolabující odpor žil), dostáváme se tím téměř na hranu možností tohoto jinak moderního modelovacího jazyka. U některých komponent se musela implementace několikrát měnit, aby model fungoval i v jiných nástrojích než v Dymole (Dassault Systèmes). Toto modelovací prostředí obsahuje některé optimační techniky, které umožňují modelům rychlý běh.

Například s 1800 intervaly a časovým rozpětím 20s trvá v komerčním nástroji Dymola simulovat model cca 1s. Při stejném nastavení však volně šiřitelná platforma OpenModelica potřebuje 13s. Při některých zapojeních – například inertance v kanylách – trval výpočet v OpenModelice dokonce 13 minut! Problémem jsou oscilace na nelineárních chlopních, které se počítají ve speciálním režimu. S tímto problémem se ale setkáváme i v jiných modelovacích jazycích.

Demonstrační aplikace

Pro vysvětlení tohoto jevu medicínským profesionálům jsme připravili demonstrační aplikaci na platformě Silverlight, spustitelné ve standardním prohlížeči. Využíváme vlastní technologii kompilace modelu do prostředí .NET a distribuci spolu s aplikací. V aplikaci se dají zvlášť nastavovat parametry pumpy, a to ejekční a plnicí tlaky, frekvence, maximální objem a 11 parametrů krevního řečiště. Obě části mají možnost vybrat předdefinované hodnoty malého, středního a velkého pacienta. Vzhled aplikace ukazuje obrázek 3.

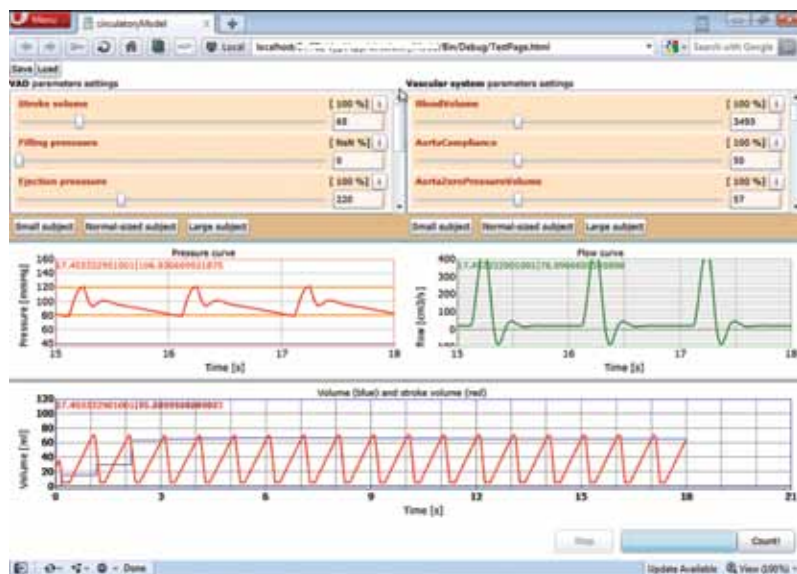
Experiment

Podstata experimentu bylo přizpůsobit oběh extrémně malému a velkému pacientovi a poté provést záměnu pump. Malý pacient (s povrchem těla (BSA) cca 1 m²)

má definovaný ejekční objem 35 ml, normální pacient (BSA 1,7 m²) 65 ml a velký pacient 100ml. Přízpusobení bylo empirické tak, že jsme změnili ejekční objem na danou hodnotu a pak měnili hodnoty parametrů krevního řečiště. Ačkoli takové parametry nejsou nikde v literatuře uvedeny v závislosti na povrchu těla, snažili jsme se je přizpusobovat tak, jak by to skutečně menší/větší subjekt měl (např. malý subjekt má z důvodu menšího celkového průřezu kapilár větší periferní rezistenci).

Poté, co jsme měli připravena tři řečiště, provedli jsme záměnu pump, a to s důrazem na normální pumpu (tj. 65 ml) do malého pacienta (řečiště na 35 ml).

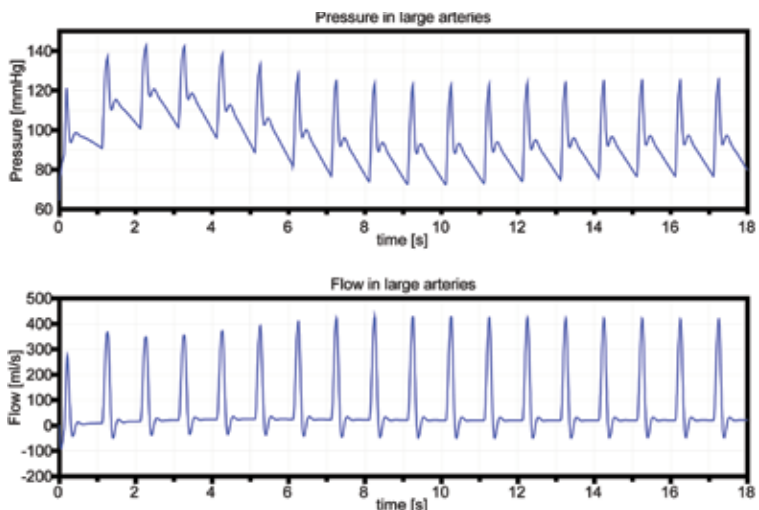
Dále jsme ještě zkoušeli měnit frekvenci srdce, abychom dokázali, že při zvýšení frekvence se srdce nestačí zcela naplnit a tudíž klesá jeho ejekční volume.



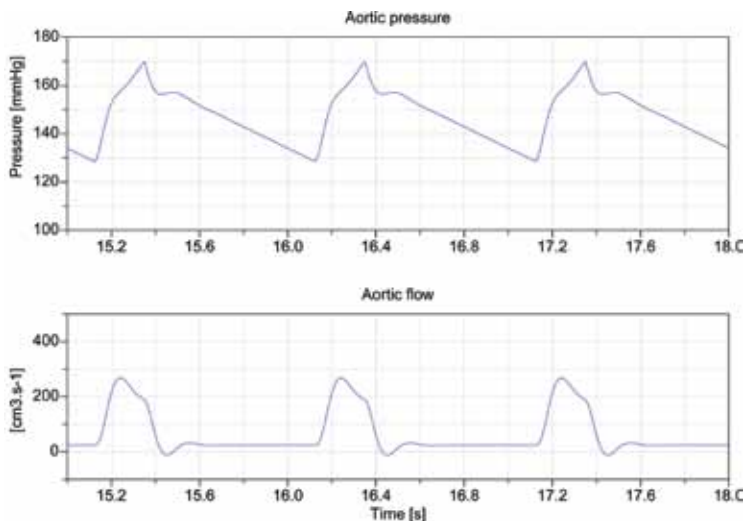
Obrázek 3 – Screenshot demonstrační aplikace, která umožňuje přehledně nastavovat parametry krevního řečiště a pumpy

Výsledky

Na obrázku 4. jsou znázorněny tlak a tok v aortě, přesněji průtok prostředním rezistorem a tlak na levé complianci (tj. aortě) v aortálním bloku. Je zde vidět přechodný jev, způsobený ustálením náplní arterií a vén. Po cca 15 vteřinách přechodové jevy odezní. Jak tlaková, tak průtoková křivka se podobají fyziologickým průběhům arteriálního tlaku a aortálního toku, se systolickým tlakem 120 mmHg a diastolickým 80, což odpovídá normě.



Obrázek 4 – Průběh simulovaného aortálního tlaku (nahore) v mmHg a toku (dole) v ml/s u normálního pacienta. Prvních cca 10s převládají přechodové jevy, které však do 15s odezní. Průběhy jsou podobné fyziologickým

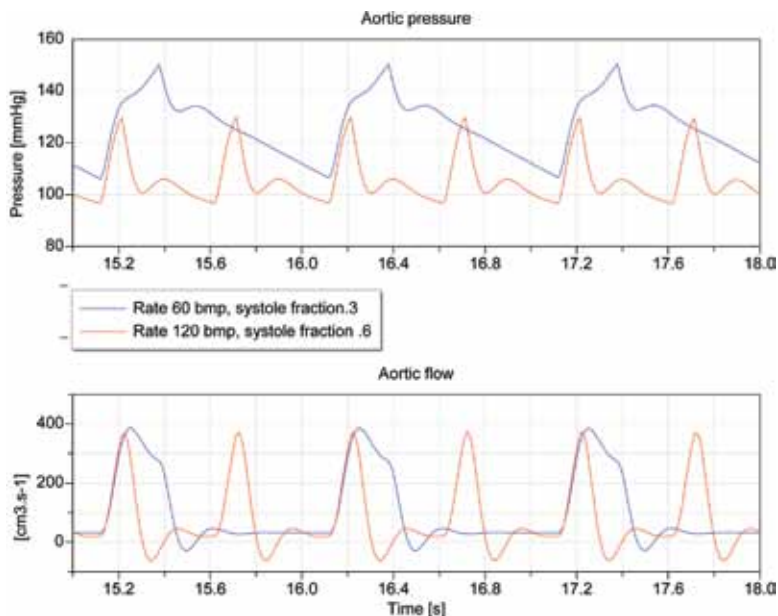


Obrázek 5 – Průběh simulovaného aortálního tlaku (nahore) v mmHg a toku (dole) v ml/s u malého pacienta s pumpou standardní velikosti. Tlak vykazuje jasnou arteriální hypertenzi, jak systolickou, tak diastolickou

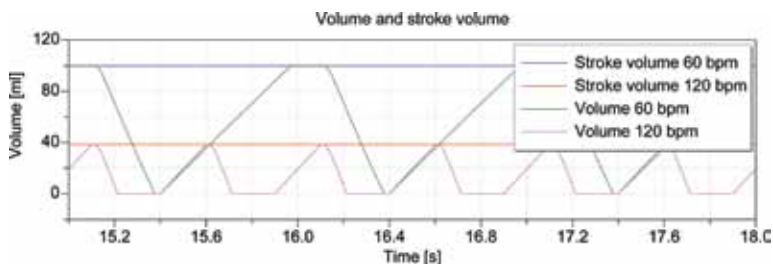
Výsledky provedeného experimentu vložení normální pumpy do malého pacienta jsou znázorněny na obrázku 5. Je zde vidět jasná aortální hypertenze

se systolickým tlakem přes 160 mmHg a diastolickým kolem 130 mmHg, což je závažná hypertenze druhého stupně.

Na obrázku 6 vidíme efekt změny frekvence ze 60 úderů za minutu na dvojnásobek, demonstrováný tentokrát na normálním pacientovi (65 ml v normálu), kterému jsme zvýšili ejekční volume na Systolický tlak klesá, nicméně diastolický se drží stále poměrně vysoko. Jak tato změna frekvence ovlivní plnění srdce je vidět na obrázku 7.



Obrázek 6 – průběh simulovaného aortálního tlaku (nahore) v mmHg a toku (dole) v ml/s u normálního pacienta s velkou pumpou a porovnání s dvakrát zvýšenou frekvencí. Při zvýšené frekvenci systolický tlak klesá.



Průběh plnění srdce (oscilující rampy) a ejekční volume (vodorovné přímky) při standardní a dvojnásobně zvýšené frekvenci.

Diskuze

Ač jsou výsledky poměrně přesvědčivé, nesmíme zapomenout, že jde jen o velmi zjednodušenou realitu. Většina i zásadních zjednodušení je obhajitelná, problém ale je s tělesnými regulacemi. Pokud se soustředíme jen na krátkodobou autoregulaci v řádu hodin, pak zejména baroreflex může působit na vasodilataci a periferní odpor, čímž působí na snížení krevního tlaku. Nicméně důležitá součást tohoto mechanismu působí zejména na srdce, jeho kontraktilitu a frekvenci, které je však u těchto pacientů často natolik poškozeno, že se na minutovém průtoku nepodílí (resp. pomáhá plnit umělou pumpu, ale aortální chlopeň zůstává zavřená). U tohoto modelu vlastní srdce a jeho přínos vůbec neuvažujeme, takže realita může být naopak ještě horší. Proto do budoucna počítáme s rozšířením modelu o pulmonální oběh a zapojení alespoň baroreflexu.

V reálných podmínkách se tlak pacientů sleduje a medikamentózně upravuje. To však platí jen pro velký, systemický oběh. V případě implementace podpory na obě srdeční komory, však většinou nesledujeme tlak v pulmonárním okruhu.

Závěr

Využili jsme modelování pro demonstrace komplexních jevů pro klinickou praxi. Vytvořený model ukazuje jeden z opomíjených nežádoucích účinků pulsatilních srdečních podpor a to stejný ejekční objem pro všechny pacienty. V takovém případě doporučujeme použít mód pevné frekvence.

Model, jeho parametry a demonstrační aplikace jsou na vyžádání volně k dispozici u autora.

Literatura

- [1.] S. Adil Husain and others. *Ventricular Assist Device Implantation in the Pediatric Population: Does Pump Size Selection and Associated Hemodynamics Impact Outcomes?*. ASAIO Journal 2008.
- [2.] Filip Ježek. *Simulation of Flow and Pressure Pattern in Patients with Different Body Size Supported by Pulsatile Ventricular Assist Devices*. Diplomová práce. FEL ČVUT 2010.
- [3.] Martin J. Conlon, Donald L. Russel, Tofy Mussivand. *Development of a Mathematical Model of the Human Circulatory System*. Annals of Biomedical Engineering. 2006.

Kontakt:

Ing. Filip Ježek,
Katedra kybernetiky,
Fakulta elektrotechnická ČVUT,
Karlovo náměstí 13, Praha 2
e-mail: jezekfi1@fel.cvut.cz.

OBJEDNÁVÁNÍ DÁRCŮ KRVE PŘES INTERNET

Naděžda Kalužová, Zdeněk Slanina,

Anotace

Ve spolupráci FNO Ostrava a VŠB-TU vzniká informační systém pro krevní centra, jehož hlavní úlohou je nabídka jednoduchého a pochopitelného přihlašování dárců k odběrům, který může běžet nezávazně na telefonické registraci a dosavadních řešeních, ve vzájemném souladu, zároveň poskytuje široké možnosti pro administraci a zmíněný tok dat do jiných informačních systémů využívaných na FNO. Celý systém, respektive jeho serverová část s databází uživatelů a úloh, je založen na platformě GNU/Linux. Část klientská byla koncipována jako internetový formulář s kalendářem, takže není závislá na použité softwarové či hardwarové platformě (operačním systému, PC, telefonu, ...). Na straně klienta jde tedy o získání hesla (klíče) ke stávajícímu registračnímu číslu, zabezpečené přihlášení k systému a výběr požadovaného dne a hodiny odběru. Pro registraci jsou ovšem připraveny pouze termíny, které se shodují s požadovanou činností (odběr krve, plazma, ...) a které může dárce navštívit (časové limity apod.). Administrátorská část umožňuje tisk sestav pro odběry, možnost dynamického omezování požadovaných typů odběrů a manuální vkládání telefonicky či jinak objednaných dárců. Hlavním cílem je zjednodušení práce dárců i administrativy a automatizace celého provozu přihlašování. Celý informační systém by měl být nasazen ve své první zkušební verzi v dubnu roku 2011, přičemž výsledky testování budou využity pro optimalizaci jádra informačního systému a následně pro přípravu služeb, které zajistí automatickou konverzi dat propojení do podnikové sítě.

Klíčová slova:

objednávání dárců krve, krevní centrum, odběr krve, webové rozhraní

1. Úvod

Cílem Krevního centra je spokojený dárce. Abychom rozšířili dárcovskou základnu a udrželi si stávající dárce, snažíme se o rozšíření jejich komfortu.

Jedna z nejpodstatnějších věcí je spokojenost klienta. Dárce by měl odcházet s pocitem, že je pro nás velmi důležitý, že budeme rádi, pokud si pro darování krve opět vybere naše Krevní centrum. Měli bychom mu nabídnout příjemné prostředí, ve kterém se bude cítit dobře a kde je mu k dispozici vstřícný personál.

Pro možnost zkrácení čekacích dob jsme před dvěma roky přistoupili k tomu, že dárce se po případném obdržení pozvánky, telefonicky objedná na určitou dobu odběru v rozmezí půl hodiny. Odezva dárců na tuto službu je velmi příznivá, ale po dvou letech trvání této služby se objevují i negativa.

Od dárců slyšíme mnohdy připomínku na tento systém a to, že jim mnohdy trvá dlouho, než se jim na jednu ze dvou „zelených“ linek podaří dovolat. Abychom uspokojili poptávku po transfuzních přípravcích je třeba, aby se

na odběr krve denně objednálo 80–100 dárců. Objednávka na odběr plazmy často bývá taktéž 100 i více klientů.

V současné době již připravujeme novou verzi objednávkového systému pro dárce krve na plnou krev přes webové rozhraní, dárce se tak bude moci sám k odběru zaregistrovat a samozřejmě paralelně poběží i možnost stávající, to je objednání telefonické.

Protože v naší databázi dárců vidíme stále více emailových adres, usuzujeme, že tato aplikace bude velmi dobře ze strany dárců přijatá stejně jako je pro ně již v současnosti samozřejmostí se objednat na příslušný den a hodinu, kdy pak v příjemném a nepřeplněném prostředí Krevního centra FN Ostrava mohou darovat krev bez zbytečného čekání.

2. Informační systém pro objednávání dárců

Informační systém se skládá z několika celků, které se dají rozdělit z různých pohledů, nicméně důraz je kladen především na jednoduchost implementace a uživatelskou přívětivost pro uživatele systému. Důležitým aspektem je taktéž cena, která je díky použitým technologiím, ať už z pohledu hardware či software, nižší.

Hardwarová část informačního systému je tvořena serverem, čili počítačem, který poskytuje všem klientům požadované služby. Vzhledem k předpokládanému malému zatížení je možné využít standardního osobního počítače a není třeba používat vícejádrové počítače s velkou pamětí a velkou kapacitou diskových jednotek.

Softwarová část je složena z operačního systému, podpůrných aplikací a vlastního jádra informačního systému.

Jako operační systém byl zvolen Arch Linux, založený na platformě Linux. Tento otevřený operační systém přináší oproti komerčnímu řešení s Microsoft Windows několik výhod:

- Pořizovací náklady jsou minimální (v některých případech nulové), není tedy třeba platit licenci za provoz serverového OS
- Stejně podmínky platí pro většinu využitých softwarových nástrojů (databáze, webový server, ...)
- Předpokládá se nižší (žádné) procento možnosti napadení a manipulace s takto nabytými daty
- Vzhledem k nízkým nárokům lze systém provozovat na málo výkonných hardwarových architekturách
- V případě potřeby jsou k dispozici aktualizace celého operačního systému včetně aplikací s krátkou periodou, po instalaci není třeba celý systém restartovat

Pro implementaci informačního systému bylo využito standardních prostředků spojení internetového serveru (Apache), programovacího jazyka php a databázového systému MySQL. Tyto jsou dostačující k chodu jádra aplikace a poskytují webové rozhraní, které umožňuje po zásahu designéra

vytvářet intuitivní prostředí pro dárce i administrativní pracovníky. Právě možnost spouštění aplikace na internetových prohlížečích, kde uživatel není omezen používaným operačním systémem, samotným prohlížečem či jinými povinnými aspekty v případě volby klasické implementace (exe soubor), je pro informační systémy podobného rázu důležitá. Internetové formuláře se objevují v soukromých i vládních (daně, ...) sférách a tak se předpokládá, že uživatel má předpoklady k úspěšné obsluze aplikace. Je pravdou, že existují modernější nástroje pro vývoj internetových aplikací (JAVA, .NET ASP), ale nároky těchto frameworků bývají obecně vyšší, navíc jsou spjaty s licencemi.

Jádro informačního systému tvoří potom MySQL databáze. Ta obsahuje několik tabulek, mezi které patří zejména

- Tabulka dárců – tabulku tvoří základní údaje o dárcích – jméno, příjmení, kontakt, krevní skupina, blokáce odběru krve

Kalendář odběrů – kalendář je generován příslušnou funkcí na zvolenou dobu dopředu. Jsou v něm zaznamenány jednotlivé dny s požadovaným typem odběru a obsazenost jednotlivých odběrů. Administrátor systému má možnost určit počet volných míst pro jednotlivé typy odběrů, případně provádět blokáce pro telefonické či osobní objednávání.

- Tabulka blokácí – tabulka umožňuje po vyplnění administrátorem automatickou nabídku volných termínů pro dárce. V podstatě jde o určení vztahů mezi jednotlivými odběry pro blokáci periodického přístupu dárce v případě, že lhůta pro další odběr konkrétního typu ještě nevypršela.
- Tabulka administrátorů – tabulka obsahuje základní informace o administrátorech a jejich právech. Celá aplikace se skládá z uživatelů, kteří mohou mít 3 různé role. První role je uživatel – dárce, který na základě posledního odběru a jeho typu může v připraveném kalendáři provést dotaz na možnost odběru. V případě, že je uvolněno místo, informační systém automaticky uživatele zařadí a informuje o čase odběru. V případě blokáce apod. je uživatel odkázán na telefonický kontakt s operátorem. Druhou rolí je operátor – administrátor, kterému je umožněno kontrolovat obsazenost odběrů, manuálně doplňovat dárce po telefonické či ústní domluvě, vkládat dárce apod. Třetí rolí je administrátor systému, jehož práva umožňují nevratné zásahy do systému, mezi které patří mazání údajů, import a export dat pro stávající proprietární informační systém.

Administrace objednávání Krevního centra při FNO

Login zaměstnanec:

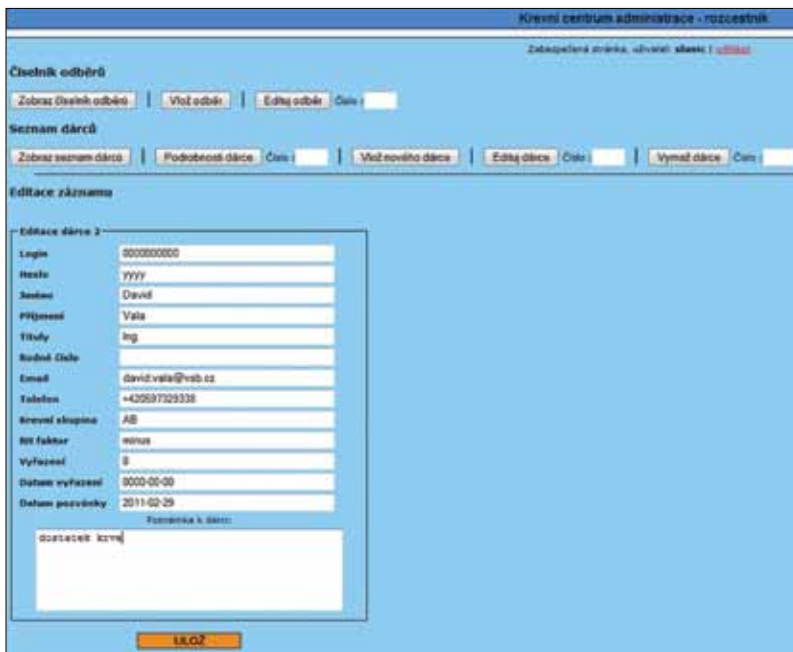
Heslo do systému:

Obrázek 1 - Přihlašování do systému

Použitou databázi pak doplňují funkce, které umožňují na základě pravidel nabízet data z tabulek ve formě formulářů uživatelům. Na obrázku 1 je ukázka přihlášení do systému, na obrázku 2 výpis aktuálně vyvíjených funkcí informačního systému, na obrázku 3 výpis základních informací o dárci. Obrázek 4 vidí v základní verzi dárce, kde pouhým kliknutím může požádat v daný den o odběr.



Obrázek 2 Administrátorská část



Obrázek 3 Základní informace o dárci

29	30	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14 Rezervuj termín	15 Rezervuj termín	16 Rezervuj termín	17 Rezervuj termín	18	19
20 Rezervuj termín	21 Rezervuj termín	22 Rezervuj termín	23 Rezervuj termín	24 Rezervuj termín	25	26
27 Rezervuj termín	28 Rezervuj termín	29 Rezervuj termín	30 Rezervuj termín	31 Rezervuj termín	1	2

Obrázek 4 Základní obrazovka pro objednávání dárců

Závěr

Hlavním cílem tohoto projektu je spokojenost dárců a snížení zatížení pracovníků na evidenci dárců při telefonických objednávkách na určitý den a hodinu odběru. Program ve zkušebním provozu bude spuštěn v dubnu letošního roku.

Kontakt:

Bc. Naděžda Kalužová

Fakultní nemocnice Ostrava, Krevní centrum

tel.: 59 737 4459

mobil: 731 117 563

e-mail: nadezda.kaluzova@fnspo.cz

Ing. Zdeněk Slanina, Ph.D.

VŠB – TU Ostrava, FEI

Katedra měřicí a řídicí techniky

tel.: 59 699 9333

e-mail: zdenek.slanina@vsb.cz

ČESKÉ ZDRAVOTNICKÉ REGISTRY – SOUČASNÝ STAV A PERSPEKTIVY

**Pavel Kasal, Pavel Vavřík, Alena Havlínová,
Robert Fialka, Faresh Shima**

Souhrn

Česká republika patří mezi několik málo zemí na světě, které mají velmi propracovaný, dlouhodobě a systematicky budovaný systém sběru zdravotnických dat. České zdravotnictví tak disponuje jedinečným souborem údajů, který v určitých parametrech popisuje zdravotní stav obyvatelstva za více jak dvě desetiletí. Díky rozsáhlé platformě různých zdravotních registrů je možné vytěžovat data pro odborníky jednak z řad lékařů a vědců, ale i pro zdravotní pojišťovny, statistiku Ministerstva zdravotnictví nebo pro další účely.

Klíčová slova

Zdravotnické registry

Současný stav

Některé registry mají za úkol i praktickou okamžitou pomoc, například pro záchranu lidského života v situaci srdeční příhody (Národní registr kardiovaskulárních intervencí NRKI), v oblasti modelování, sledování a vyhodnocování pandemií (Registr akutních respiračních infekcí ARI a systém Pandemie), či při hledání dárců pro transplantace (Národní transplantační registr NOR).

Většina těchto dat je shromažďována celorepublikově na základě zákonné povinnosti (tzv. Národní registry). Některé registry existují na základě iniciativy a aktivit odborných společností nebo skupin.

Další skupinou registrů jsou Registry orgánů ochrany veřejného zdraví, tzv. hygienické registry, dále pak specializované systémy, administrativní registry a informační systémy z mimoresortních zdrojů.

Všechny tyto systémy tvoří soubory dat se zcela zásadním významem pro řízení zdravotnictví na celonárodní úrovni a pro výzkumné účely. Zhodnocením relevance dat těchto registrů chceme nabídnout základní dokument pro rozhodování o dalším rozvoji a směřování Národního Zdravotnického Informačního Systému.

Hlavní součástí struktury fungování téměř každého registru jsou jeho správce, zpracovatel a rada registru.

Správce registru (v mnoha případech Ministerstvo zdravotnictví ČR a nebo organizační složka ministerstva Ústav pro zdravotnické informační systémy) určuje metodiku a účel registru a též definuje přístupová práva jeho oprávněných uživatelů.

Zpracovatel registru (velmi často ÚZIS nebo KSRZIS – Koordinační středisko pro resortní zdravotnické informační systémy) je zodpovědný za plynulý provoz registru, stav databáze, provádění kontrol správnosti dat, technické zabezpečení a ochranu dat. Zpracovatel také zajišťuje informační technologie

(hardware, software), komunikační infrastrukturu, autentizaci a autorizaci.

Rada registrů je poradním orgánem správce a odborným garantem systému. Členy rady zpravidla jmenuje a odvolává správce registru. Rada má většinou řadu funkcí, včetně toho, že navrhuje správci přístupová práva, které budou jednotliví uživatelé mít, navrhuje koncepci a obsah registru a navrhuje formy výstupu z registru jak pro odbornou, tak i laickou veřejnost. Rada má také řadu kontrolních funkcí, včetně kontroly plnění povinnosti správce a zpracovatele, zejména v oblasti ochrany osobních dat.

1. Národní zdravotní registry (zpracovatel KSRZIS)

Národní kardiologický registr - NKCHR/NKR

získává informace zúčastněných kardiologických pracovišť o počtu srdečních operací v jednotlivých centrech a umožnit přesnější hodnocení a analýzu kvality výkonů včetně mortality, doby hospitalizace a stratifikace rizikových faktorů. Registr poskytuje individuální prognostické informace pro jednotlivé kardiologické intervence a hodnocení kardiologických intervencí z hlediska kvality, efektivity, výsledků a výdajů.

Národní registr kardiologických intervencí – NRKI

soustřeďuje data o všech kardiologických zákrocích v ČR a pacientech, kteří se jim podrobili. Registr je klíčový k hodnocení vývoje nemoci a kvality poskytované péče v oblasti kardiologických intervencí.

Národní registr cévní chirurgie – NRCCH

viduje veškerých chirurgických cévních výkonů provedené na pracovištích s působností v tomto oboru v ČR. Registr umožňuje sledování typů operací cévní chirurgie (tj. tepenných rekonstrukcí a specializovaných výkonů na žilách), včetně rizikových faktorů, četnosti komplikací a doby od data operace po propuštění. Systém shromažďuje data pro hodnocení kvality léčby, nemoci v regionech a sledování dostupnosti odborné péče o pacienty s cévními chorobami v regionech.

Národní registr kloubních náhrad – NRKN

Systém pro sběr, shromažďování a analýzu informací o provedených operacích s užitím umělé kloubní náhrady. Úlohou registru je registrace údajů o pacientech léčených formou operace s užitím endoprotézy a specifických informací blíže upřesňujících tuto léčbu (např. typ, velikost, specifikace povrchu endoprotézy, použití cementu, výskyt komplikací). Registr poskytuje souhrnné údaje pro statistické přehledy jak na národní úrovni, tak i pro mezinárodní srovnávání, pro epidemiologické studie a zdravotnický výzkum. Poskytuje také informace o vlastnostech použitých implantačních materiálů především z hlediska jejich životnosti a nákladů na tyto materiály.

Národní onkologický registr – NOR

Úlohou NOR je registrace onkologických onemocnění, tj. shromažďování dat,

jejich verifikace, ukládání, ochrana a zpracování. Systém poskytuje souhrnné údaje pro statistické přehledy, které jsou využívány jak na národní, tak i mezinárodní úrovni, dále pro epidemiologické studie a zdravotnický výzkum. Údaje NOR slouží také k podpoře včasné diagnostiky a léčby novotvarů a přednádorových stavů, ke sledování trendů jejich výskytu, příčinných faktorů a společenských důsledků.

Národní registr asistované reprodukce – NRAR

V rámci NRAR jsou evidovány všechny ženy, u kterých byla zahájena ovariální stimulace nebo bylo zahájeno monitorování za účelem léčby sterility (sterility vlastní nebo sterility jiné ženy v případě darování oocytů) metodou mimotělního oplodnění (IVF) nebo příbuznými technikami. Získané informace umožňují hodnocení léčebných postupů a jsou využívány pro řízení a zkvalitňování péče o neplodné páry a pro realizaci státní politiky v oblasti asistované reprodukce a léčby sterility.

Národní registr osob nesouhlasících s posmrtným odběrem tkání a orgánů – NROD

Registr eviduje osoby, které nesouhlasí s posmrtným odběrem tkání a orgánů za účelem za účelem transplantace. Přístup k datům uloženým v NROD mají pouze vybraní a schválení pracovníci zdravotnických zařízení provádějící odběry tkání a orgánů za účelem transplantací. Mimo těchto pracovníků nemůže nikdo obdržet žádné osobní údaje o registrovaných.

Národní registr transplantací

Registr se zaměřuje na získávání dobrovolníků, ochotných darovat své krevtvočné buňky anonymně komukoliv k potřebných nemocných, shromažďování dat o provedených odběrech i transplantacích a jejich analýzu za účelem dalšího vývoje optimálních pracovních postupů a výzkumu transplantačních strategií v ČR i v mezinárodním kontextu. Registr spolupracuje s ostatními registry dárců krevtvočných buněk, s organizacemi Bone Marrow Donors Worldwide (BMDW), Světovou asociací dárců dřeně (WMDA) i s dalšími odbornými společnostmi z oblastí imunologie, hematologie, onkologie a transplantační medicíny v ČR a v zahraničí.

2. Národní zdravotní registry (zpracovatel ÚZIS)

Národní registr hospitalizovaných – NRHOSP

Shromažďuje zdroje informací o zdravotním stavu populace, které jsou důležitým nástrojem pro řízení zdravotnictví a stanovení koncepce a realizace zdravotní politiky státu, potřebné k definování optimální sítě lůžkových zdravotnických zařízení. Registr současně dává podklady pro kvalitativní a kvantitativní hodnocení činnosti jednotlivých lůžkových zařízení a jejich oddělení. Výsledné informace z NRHOSP se předávají do databáze Světové zdravotnické organizace (WHO) a dalším mezinárodním organizacím podle smluvních závazků.

Národní registr rodiček – NRROD

Účelem registru je zajištění základních údajů o reprodukční anamnéze ženy, o průběhu jejího těhotenství, porodu a o novorozenci. Sledování rodiček slouží k hodnocení zdravotního stavu rodičky z pohledu kvality péče. Získané informace jsou cenným zdrojem informací pro gynekologicko-porodnickou péči a jsou důležitým nástrojem pro zlepšování péče o těhotné a rodičky.

Národní registr novorozenců – NRNAR

Obsahuje nezbytné informace z oblasti perinatální péče jak pro potřeby odborných zdravotnických pracovníků, Ministerstva zdravotnictví, tak pro mezinárodní vykazování údajů. Získané informace jsou důležitým zdrojem hodnocení zdravotního stavu novorozenců a využívají se pro řízení, hodnocení a zlepšování péče o novorozence.

NRNAR obsahuje základní údaje o okamžitém stavu novorozence po porodu, jeho další zdravotní stav, komplikace, léčbu.

Národní registr vrozených vad – NRVV

je registrace prenatálně a postnatálně diagnostikovaných vrozených vad v populaci, která je v současné době jedním ze základních faktorů potřebných pro hodnocení zdravotního stavu populace a je nedílnou součástí hodnocení prenatální, perinatální a postnatální péče.

Sledování výskytu vrozených vad slouží k vyhodnocování včasného záchytu vrozených vad. Získané informace se využívají k hodnocení zdravotního stavu a kvality nové populace.

Národní registr potratů – NRPOT

Účelem registru je zajištění údajů pro posouzení kvality péče o reprodukční zdraví. Anonymizované údaje jsou v měsíční periodicitě předávány Českému statistickému úřadu pro potřeby demografické statistiky.

Registr lékařů, zubních lékařů a farmaceutů – RLZF

Účelem registru je zajištění údajů o věkové struktuře, pohlaví, oboru činnosti, kvalifikační skladbě lékařů, zubních lékařů a farmaceutů, druhu vlastnictví a druhu zařízení, a to bez ohledu na skutečnost, zda lékař, zubní lékař nebo farmaceut vykonává své povolání v rezortu zdravotnictví, obrany, vnitra nebo spravedlnosti.

Registr uživatelů lékařsky indikovaných substitučních látek – NRULISL

Prioritním účelem sběru údajů v Národním registru uživatelů lékařsky indikovaných substitučních látek je možnost zdravotnických zařízení poskytujících substituční léčbu ověřit si před zahájením léčby, zda pacientovi není poskytována substituční terapie v jiném zdravotnickém zařízení a zabránění vícečetné preskripci a úniku substituční látky na nelegální trh. Dále shromažďování dat o pacientech při vstupu a výstupu ze substitučního programu, jejich kontrola, ukládání a zpracování, možnost zpracovávat statistické údaje za pacienty a zdravotnická zařízení poskytující substituční péči a vyhodnocení substituční léčby.

3. Národní zdravotní registry (zpracovatel SZÚ)

Národní registr nemocí z povolání – NRNP

nemoci z povolání a ohrožení nemocemi z povolání jsou jedním ze základních ukazatelů účinnosti prevence, pro rozhodování kompetentních orgánů o přijetí potřebných organizačních a dalších opatřeních, pro vědecký výzkum, pro vzdělávání v oboru a pro mezinárodní srovnávání. Výskyt nemocí z povolání je též jedním z důležitých ukazatelů zdravotního stavu obyvatelstva, zejména populace v produktivním věku.

4. Registry hygienické služby

Registr tuberkulózy – RTBC

Registr tuberkulózy (RTBC) je nezbytnou součástí systému dohledu nad TBC v ČR a pomáhá vytvářet strategie a programy k omezení výskytu tohoto infekčního onemocnění. Obsahuje informace o případech nově vzniklých i recidivujících onemocnění TBC nebo podobnou mykobakteriózou.

Registr pohlavních nemocí – RPN

Účelem registru je zajištění informací o vybraných onemocněních k posouzení vývoje epidemiologické situace na území ČR, ke sledování zdravotního stavu obyvatelstva a k řízení poskytované zdravotní péče. Registr zahrnuje všechna epidemiologická hlášení o pohlavní nemoci, o úmrtí na pohlavní nemoc, podezření z onemocnění nebo nákazy pohlavní nemocí a označené zdroje nákazy pohlavní nemocí.

Registr akutních respiračních infekcí – ARI

slouží ke sledování výskytu akutních respiračních infekcí v populaci. Sledování výskytu těchto infekcí je jedním z úkolů hygienické služby a je zajišťováno ve spolupráci s praktickými lékaři a zdravotnickými zařízeními.

Registr očkovacích látek – OČKO

Registr očkovacích látek (OČKO) napomáhá hospodárnému využití očkovacích látek ve zdravotnictví. Eviduje zásoby a pohyb očkovacích látek v celé ČR, jejich skutečné využití a jejich expirace. Systém eviduje jenom ty látky které jsou součástí zdravotního pojištění.

Registr hygieny dětí a dorostu – HDD

Registr hygieny dětí a mladistvých (HDM) slouží k evidenci dozorovaných škol a školských zařízení zařazených do rejstříku škol a školských zařízení, školních jídelen, provozoven pro výchovu a vzdělávání (živnosti), zotavovacích akcí pro děti, jiných podobných akcí, škol v přírodě a venkovních hracích ploch. V registru jsou zaznamenávány kontroly prováděné v dozorovaných provozovnách včetně zjištěných závad a porušení příslušných ustanovení právních předpisů. Součástí záznamu o kontrole jsou i údaje o uložených opatřeních a sankcích. Informační systém umožňuje získání rychlého přehledu o provedených kontrolách a typech kontrol, zjišťovaných závadách, o uložených sankčních a nápravných opatřeních.

Registr hygieny výživy – HVY

slouží hygienické službě k evidenci výkonů a k analýzám dat státního zdravotního dozoru. Hygienické stanice – Odbor hygieny výživy – provádí kontroly zdravotního dozoru v provozovnách poskytujících stravovací služby, výrobnách a prodejnách potravin, ve skladech a velkoskladech a používá Registr hygieny výživy (HVY) k evidenci a správě tohoto šetření.

Registr chemických látek a prostředků – CHLAP

Registr chemických látek a prostředků (CHLAP) slouží k podpoře státního zdravotního dozoru v oblasti kosmetických prostředků. Eviduje oznámené biocidní přípravky před jejich uvedením na trh. Evidence je využívána také pro provádění dozorové činnosti, zejména k zamezení prodeje přípravků, které neodpovídají zákonu. Dále slouží k evidenci nebezpečných látek prostřednictvím tzv. bezpečnostního listu.

Registr kosmetických prostředků – KOPR

Registr slouží jako podpora výkonu dozoru v oblasti kosmetických přípravků a prostředků. Smyslem registru je také informační podpora při poskytování léčebné nebo preventivní péče. Systém dále slouží analytickým a statistickým potřebám na lokální i centrální úrovni.

Registr kategorizace prací – KaPr

Registr eviduje práce zařazené do kategorií podle míry rizika (jako důsledek působení biologických, chemických a fyzikálních rizikových faktorů), jemuž jsou pracovníci v průběhu své činnosti vystaveni. Kromě evidence umožňuje IS Kapr plánování a vytváření přehledů o výkonu státního zdravotního dozoru v oblasti ochrany zdraví při práci a předcházení nemocem z povolání.

5. Specializované registry

Citmed - Citovanost webových zdrojů medicíny

Citmed je databáze odkazů na výukové zdroje pro jednotlivé obory medicíny. Odkazy jsou v rámci oborů řazeny podle zpětné citovanosti – webového „impakt faktoru“, který nás informuje o tom, kolik stránek odkazuje na danou stránku s vyloučením samocitací.

Rankmed - Hodnocení zdravotnických webových stránek

Systém Rankmed se zabývá vyhodnocováním kvality webových stránek zdravotnických institucí a organizací. Volba kritérií vychází z mezinárodně uznávaných standardů pro publikování zdravotnických informací na Internetu viz. MedCIRCLE. Pro jednotlivá kritéria jsou stanoveny relativní váhy podle jejich významu

Registr nozokomiálních infekcí – RNI

shromažďuje data z mikrobiologických laboratoří a dalších informačních zdrojů a zajišťuje podklady pro potřebné analýzy v oblasti nozokomiálních infekcí,

zkracuje dobu od prvé detekce určitého problému do doby specifického zásahu. Lokální údaje pořízené, hodnocené a interpretované podle standardizovaných metodik lze využít jako indikátor kvality péče pro porovnání incidence a úrovně kontroly NI mezi institucemi. Výsledky sledování specifických a vzájemně srovnatelných skupin pacientů jsou zdrojem informací pro managementy nemocnic a administrátory veřejného zdravotnictví.

Registr intenzivní péče – RIP

sleduje léčebné postupy na jednotkách intenzivní péče a pomáhá optimalizovat postupy a metody sběru dat v tomto oboru zdravotní péče, optimalizuje metody měření a vyhodnocování kvality intenzivní péče a jejich sladění s evropskými standardy.

Pomocí dat z registru lze vyhodnocovat výsledky systému intenzivní péče, včetně přežití pacientů.

Oftalmologický registr – OFR

Oftalmologický registr byl vytvořen jako informační systém, který umožní očním lékařům konzultovat nálezy závažných očních onemocnění s kolegy specialisty a zrychlit rozhodování o způsobu léčby. OFR, který měl být jedním z pilotních projektů telemedicíny v ČR, je ale prakticky nevyužíván.

Registr zdravotnických zařízení – RZZ

poskytuje informace o všech zdravotnických zařízeních, bez ohledu na jejich zřizovatele, tj. právních subjektech, jejich začleněných zařízeních a detašovaných pracovištích, z hlediska druhu zařízení, zřizovatele, z hlediska rozsahu poskytované péče podle oboru a jeho zajištění lékaři, SZP. Dále o počtu zaměstnanců podle kategorií a profesní struktury, v závislosti na stupni vzdělání.

Registr zdravotnických prostředků – RZP

Pro zajištění poskytování zdravotní péče vhodnými, bezpečnými a účinnými zdravotnickými prostředky je vedena registrace právnických a fyzických osob, registrace zdravotnických prostředků, hlášení nežádoucích příhod, hlášení o klinických zkouškách a registrace diagnostických prostředků in vitro.

Literatura:

- [1.] Vavřík P.: *Stav registru kloubních náhrad v České republice Praha. NRKN – Národní registr kloubních náhrad „jak to probíhalo?“ .. dostupný z WWW: www.csot.cz/RSystem/Soubory/Dokumenty/REGISTR06%20koment.ppt*
- [2.] Dušek L.: *Optimalizace vytěžování informací z klinických zdravotnických registrů NZIS (NS10621). /cit 2009–12–14 /, dostupný z WWW: www.muni.cz/people/670/projects*
- [3.] Kasal P., Fialka R., Hladíková M.: *Zdravotnické registry. In: Počítač v ordinaci s. 40–45, České národní fórum pro eHealth, 2008*
- [4.] Kasal P., Dušek L., Vavřík P., Fialka R., Shima F.: *Zdravotnické registry. In: Zdravotník a práce s informacemi s. 76–82, České národní fórum pro eHealth, 2010*

[5.] Vavřík P.: Stav registru kloubních náhrad v České republice Praha. NRKN – Národní registr kloubních náhrad „jak to probíhalo?“ .. dostupný z WWW: www.csot.cz/RSystem/Soubory/Dokumenty/REGISTR06%20koment.ppt

Kontakt:

Doc. MUDr. Pavel Kasal, CSc.,
Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT
e-mail: pkasal@seznam.cz

Doc. MUDr. Pavel Vavřík,
CSc. Ortopedická klinika 1. LF UK
e-mail: pavel.vavrik@lf1.cuni.cz

Mgr. Alena Havlínová,
Ústav vědeckých informací, 2. LF UK
e-mail: alena.havlinova@lfmotol.cuni.cz

Ing. Robert Fialka MBA, KSRZIS
e-mail: Robert.fialka@ksrzis.cz

Ing. Faresh Shima, KSRZIS
e-mail: fares.shima@ksrzis.cz

KOMPLEXNÍ MODEL Y FYZIOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ JAKO TEORETICKÝ PODKLAD PRO VÝUKOVÉ SIMULÁTORY

Jiří Kofránek

Anotace

Pro výuku lékařského rozhodování mají velký význam komplexní výukové simulátory, zahrnující modely nejen jednotlivých fyziologických subsystémů, ale i jejich propojení do komplexnějšího celku. Lékařské simulátory se v poslední době staly i žádaným komerčním artiklem. Objevily se i v nabídce řady specializovaných komerčních firem. Tak například americká společnost Advanced Simulation Corporation, vyrábějící letecké simulátory, se od roku 1993 věnuje též vývoji lékařských simulátorů (<http://www.advsim.com>). Uživatelským rozhraním výukových simulátorů nemusí být jen obrazovka počítače. Může jím být i počítačem řízená figurína pacienta.

Sofistikované simulátory s figurínou pacienta např. nabízejí firmy Lardeal (<http://www.lardeal.com/>) a METI (<http://www.meti.com/>). Výukový trenážér je, obdobně jako u leteckých pilotních simulátorů, řízen ze stanoviště operátora, odkud učitel může ovládat simulovaného pacienta a volit mezi nejrůznějšími scénáři simulovaných onemocnění. Jádrem výukových simulátorů je komplexní model fyziologických regulací lidského organismu, propojený s hardwarovým simulátorem. Jeho podrobná struktura (soustava použitých rovnic a příslušné hodnoty parametrů) obvykle není zveřejňována a stává se pečlivě chráněným technologickým know-how. Existují také ale i open source modely integrovaných fyziologických systémů. Jedním z nich je rozsáhlý model Colemana a spol. Hummod (<http://hummod.org>) implementovaný pomocí téměř tří tisíc XML souborů. Naše implementace modelu v jazyce Modelica přinesla mnohem průzračnější a zřetelnější popis modelovaných fyziologických vztahů. Odhalili jsme také několik chyb v původním modelu, model jsme modifikovali a rozšířili zejména v oblasti modelování acidobazické homeostázy prostředí. Naše implementace modelu HumMod (<http://physiome.cz/hummod>) bude sloužit teoretickým podkladem pro výukové simulátory. Při jejich implementaci budeme využívat naši technologii tvorby webových simulátorů.).

Klíčová slova:

Modelování, Modelica, open source, simulátory, virtuální pacient, výuka

1. Schola ludus pro 21. století

„Co slyším, to zapomenu, co spatřím, to si pamatuji, co dělám, tomu rozumím“ – tuto starou čínskou moudrost potvrzují i moderní metody učení nazývané někdy jako „learning-by-doing“, kde mají velké uplatnění simulační hry. Simulační hrou je možné bez rizika otestovat chování simulovaného objektu – např. zkusit přistávat virtuálním letadlem nebo, v případě lékařských simulátorů, léčit virtuálního pacienta, či testovat chování jednotlivých fyziologických subsystémů.

Spojení internetu a interaktivního multimediálního prostředí se simulačními modely přináší zcela nové pedagogické možnosti zejména pro vysvětlování složitě provázaných vztahů, pro aktivní procvičování praktických dovedností a pro ověřování teoretických znalostí. V zapojení multimediálních výukových her do výuky nachází své moderní uplatnění staré krédo Jana Amose Komenského „Schola Ludus“ – tj. „škola hrou“ [12], které tento evropský pedagog razil již v 17. století.

Simulační hry pro výuku medicíny jsou tématem nabídky řady komerčních firem. Vedle komerčních simulátorů lze na internetu najít i **volně dostupné** výukové **simulátory jednotlivých fyziologických subsystémů**. Tak například simulátor ECGsim (<http://www.ecgsim.org/>) umožňuje studovat tvorbu a šíření elektrického potenciálu v komorách srdce a studovat mechanismus vzniku EKG za různých patologií [76]. Tlakově oběhové křivky v komorách srdce při různých patologiích umožňuje sledovat simulátor srdce z Columbia Univerzity (<http://www.columbia.edu/itc/hs/medical/heartsim/>), [4]. Simulátory anesteziologických přístrojů z University of Florida umožňují dávat anestézii virtuálnímu pacientovi (<http://vam.anest.ufl.edu/>). Přenos krevních plynů a acidobazické parametry jsou tématem simulátoru OSA (Oxygen Status Algorithm), určeného pro výuku i klinickou praxi [71] (<http://www.siggaard-andersen.dk>). Činnost neuronu a neuronových sítí umožňuje studovat simulační program NEURON z Yale University (<http://www.neuron.yale.edu>) [5,27]. Výukový simulátor AIDA (<http://www.2aida.net/>) modeluje virtuálního diabetického pacienta a umožňuje sledovat vliv dávkování různých druhů inzulínu při zadaném příjmu potravy na glukózový metabolismus [57,65]. Jedním z výsledků našeho úsilí v této oblasti je internetový **Atlas fyziologie a patofyziologie** koncipovaný jako volně dostupná multimediální výuková pomůcka, která názornou cestou prostřednictvím Internetu s využitím simulačních modelů vysvětluje funkci jednotlivých fyziologických systémů, příčiny a projevy jejich poruch – <http://physiome.cz/atlas>. [42,43,48].

2. Trenažéry pro výuku medicíny

Rozhraním výukových simulátorů nemusí být jen obrazovka počítače (obrázek 1). Pokrok v technologii haptického snímání a v zobrazování virtuální reality přinesl novou třídu simulátorů určenou pro nácvik chirurgických technik [15,55,59,68]. Rozvíjí se trh lékařských simulátorů, určených k procvičování praktického provádění některých zdravotnických úkonů (kardiopulmonální resuscitace, katetrizace, endoskopie, intubace pacienta apod.) na figuríně pacienta. Stále více se však objevuje v nabídce i řada hardwarových trenažérů určených zároveň i k procvičování lékařského rozhodování [23,58]. Např. norská firma Laerdal (<http://www.laerdal.com/>) vyrábí sadu robotizovaných simulátorů, včetně simulátoru SimBaby úspěšně využívaného jako lékařský trenažér pro péči o novorozence a kojence [69]. Trenažéry Laerdal se osvědčily nejen ve výuce lékařů, ale i ve výuce sester [6]. Dalším úspěšným výrobcem je americká firma METI (<http://www.meti.com>), jejíž robotizované trenažéry jsou velmi efektivní (i když nákladnou) výukovou pomůckou pro výcvik anesteziologů a zdravotnických týmů zejména v oblasti medicíny akutních stavů [16,70].



Obrázek 1 – Trenažéry, využívající robotizovanou figurínu pacienta umožňují nový způsob výuky lékařského diagnostického a terapeutického rozhodování s využitím virtuální reality. Vlastní trenažér je řízen ze stanoviště operátora, odkud učitel může ovládat simulovaného pacienta a volit mezi nejrůznějšími scénáři. Za úspěchem lékařských simulátorů stojí rozsáhlý simulační model integrovaných fyziologických systémů na pozadí. U komerčních simulátorů podrobná struktura modelu (tj. soustava použitých rovnic a příslušné hodnoty parametrů) obvykle není zveřejňována a stává se pečlivě chráněným technologickým know-how.

Lékařské trenažéry umožňují, obdobně jako letecké trenažéry, zcela nový způsob výuky, kdy si student, bez nebezpečí pro pacienta může ve virtuální realitě procvičovat diagnostické a terapeutické úkony. Vlastní trenažér je, obdobně jako u leteckých pilotních simulátorů, řízen ze stanoviště operátora, odkud učitel může ovládat simulovaného pacienta a volit mezi nejrůznějšími scénáři simulovaných onemocnění. Veškeré akce studentů jsou monitorovány a simulátor poskytuje podklady pro pozdější rozbor (debriefing) diagnostického a terapeutického postupu studentů [8].

Jak, zvláště v poslední době, upozorňuje řada autorů, výuka se simulátorem klade citelně vyšší nároky na vyučujícího, než klasická výuka. Při správném využití simulátoru, je však pedagogický efekt velmi výrazný, zvláště v takových oblastech, kde je rychlé a správné rozhodování velmi důležité, například v medicíně akutních stavů a v anesteziologii [3,13,29,30,61,67,79].

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

3. Integrativní fyziologie

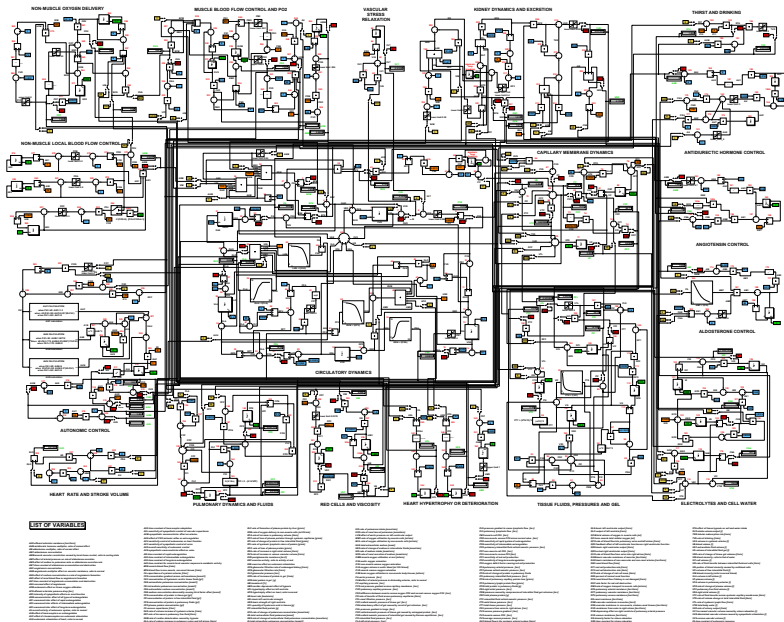
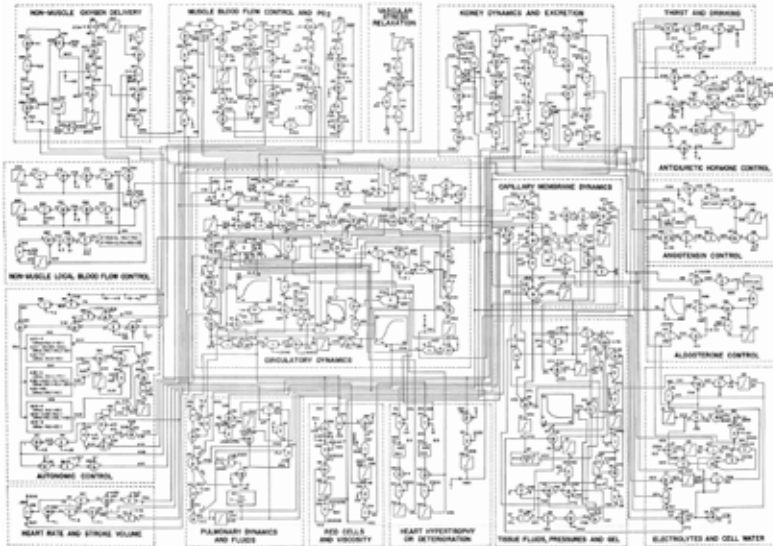
Modely, které jsou teoretickým podkladem lékařských trenažerů, zahrnují **matematické modely nejen jednotlivých fyziologických subsystémů, ale i jejich propojení do komplexnějšího celku**. Oblast fyziologického výzkumu, zabývající se studiem propojených fyziologických subsystémů organismu bývá nazývána „**integrativní fyziologie**“ [10]. Obdobně jako se teoretická fyzika formálními prostředky snaží popsat fyzikální realitu a vysvětlit výsledky experimentálního výzkumu, tak se i „integrativní fyziologie“ snaží vytvořit formalizovaný popis propojených fyziologických regulací a vysvětlit jejich funkci u zdravého člověka i při rozvoji nejrůznějších onemocnění.

Jedním z prvních rozsáhlých matematických popisů fyziologických funkcí propojených subsystémů organismu byl formalizovaný popis regulace oběhu s návaznostmi na další fyziologické subsystémy, který v roce 1972 publikoval A.C. Guyton se dvěma spoluautory [19]. Článek se již na první pohled naprosto vymykal navyklé podobě fyziologických článků té doby. Jeho podstatnou část tvořilo rozsáhlé schéma na vlepené příloze, vzdáleně připomínající náskres nějakého elektronického zařízení. Avšak místo elektronických součástek zde byly zobrazeny propojené výpočetní bloky (násobičky, děličky, sumátory, integrátory, funkční bloky), které symbolizovaly matematické operace prováděné s fyziologickými veličinami. Místo vypisování soustavy matematických rovnic se v článku využívalo grafické znázornění matematických vztahů. Celé schéma tak představovalo formalizovaný popis fyziologických vztahů pomocí graficky vyjádřeného matematického modelu (obrázek 2).

Autoři tímto tehdy naprosto novým způsobem pomocí graficky vyjádřených matematických symbolů popisovali fyziologické regulace cirkulačního systému a jeho širší fyziologické souvislosti a návaznosti na ostatní subsystémy organismu. Komentáře a zdůvodnění formulací matematických vztahů byly velmi stručné. Později, v roce 1973, a pak ještě v roce 1975 vyšly monografie [20] kde byla řada použitých přístupů vysvětlena podrobněji.

Guytonovu grafickou notaci formalizovaného popisu fyziologických vztahů záhy převzali i jiní autoři – např. Ikeda a spol. [28] v Japonsku nebo výzkumná skupina Amosova v Kijevě [2]. Grafický zápis matematického modelu prostřednictvím sítě propojených bloků byl ale v době svého vzniku pouhým obrazovým znázorněním – Guytonův model i jeho další modifikace (stejně jako i modely dalších autorů, kteří Guytonovu vyjadřovací notaci přejali) byly implementovány ve Fortranu a později v jazyce C++.

Guyton a jeho spolupracovníci a žáci model nepřetržitě dále rozvíjeli [64,7]. Guytonův model byl inspirací i podkladem pro vytvoření složitých komplexních modelů fyziologických regulací sloužících pro vysvětlení kauzálních řetězců reakcí organismu na nejrůznější podněty a i pro pochopení rozvoje různých patologických stavů. Modifikovaný Guytonův model se mimo jiné stal jedním ze základů pro rozsáhlý model fyziologických funkcí v programu „Digital Astronauts“ NASA [80].



Obrázek 2 – Guytonův grafický diagram regulace krevního oběhu z roku 1972 (nahore) a naše Implementace diagramu v Simulinku (dole), která zachovává rozložení prvků v původním grafickém schématu

4. Rozsáhlé modely pro výukové simulátory

Guyton si již na počátku sedmdesátých let uvědomoval velké možnosti využívání modelů jako svébytné učební výukové pomůcky a v rámci tehdejších možností výpočetní techniky se snažil modely uplatnit ve výuce. Při výuce využíval své grafické schéma k vysvětlení základních vztahů mezi jednotlivými fyziologickými subsystemy. Pro sledování jejich chování při adaptacích na nejrůznější fyziologické i patologické podněty byl souběžně využíván model implementovaný v jazyce Fortran na číslicovém počítači. Později, v roce 1982 Guytonův spolupracovník Thomas Coleman vytvořil model „Human“ určený především k výukovým účelům [9]. Model umožnil simulovat řadu patologických stavů (kardiální a renální selhání, hemorhagický šok aj.) i vliv některých terapeutických zásahů (infúzní terapii, vliv některých léků, transfúzi krve, umělou plicní ventilaci, dialýzu atd.). V poslední době Meyers a Doherty implementaci v Javě původní Colemanův výukový model Human zpřístupnili na webu [63].

V době publikování Guytonova modelu, v první polovině sedmdesátých let, bylo uplatnění počítačových modelů ve výuce medicíny výsadou jen několika univerzit a záviselo především na technickém vybavení a entuziazmu pracovníků příslušných fakult. Na Karlově univerzitě bylo takovým pionýrským pracovištěm Biokybernetické oddělení Fyziologického ústavu Fakulty všeobecného lékařství UK v Praze, kde se v rámci fyziologie studenti seznamovali se základními pojmy teorie systémů, obecnými principy regulačních obvodů a jejich aplikacemi na fyziologické regulace [81,82]. Studenti pracovali s modely implementovanými na analogových počítačích MEDA a později, když to technické vybavení pracoviště dovolilo, i na terminálech číslicových počítačů [83].

V osmdesátých letech jsme se také pustili do vývoje vlastního rozsáhlého modelu propojených fyziologických regulací, zaměřeného především na modelování poruch homeostázy vnitřního prostředí. Model acidobazické rovnováhy a přenosu krevních plynů [31] jsme rozšířili na komplexní model homeostázy vnitřního prostředí [18,39,45,46,47]. Vytvořený model byl mimo jiné součástí širšího projektu využití matematických modelů lidského organismu v rámci sovětského kosmického výzkumu [78], obdobného americkému projektu NASA „Digital Astronauts“ [80]. Některé subsystemy modelu našly své praktické využití i pro výpočty některých klinicko-fyziologických funkcí prostřednictvím identifikace modelu na měřená klinická data [44].

Námi vytvořený komplexní model vnitřního prostředí jsme se v polovině osmdesátých let pokoušeli využít i ve výuce. Komunikace s modelem běžícím na vzdáleném hardwaru se vedla přes alfanumerický terminál. Interaktivita byla proto poněkud těžkopádná, výstupy byly pouze číselné a pseudografy vytvářené ze znakových sad nahrazovaly grafický výstup. Pedagogický efekt proto nakonec neodpovídal úsilí, které jsme věnovali jeho implementaci. K tvorbě výukových simulátorů jsme se vrátili až v druhé polovině devadesátých let kdy pokrok v informačních technologiích umožnil vytvářet výukové simulátory prakticky využitelné ve výuce medicíny.

5. Modely a „simulační čipy“ v simulinkových sítích

Vytváření simulačních modelů dnes usnadňují specializovaná softwarová prostředí. Jedním z nich je Matlab/Simulink od firmy Mathworks. Jeho součástí je grafický simulační jazyk Simulink v němž pomocí počítačové myši sestavujeme simulační model z jednotlivých komponent – jakýchsi softwarových simulačních součástí, které propojujeme do simulačních sítí. Simulinkové bloky jsou velmi podobné prvkům, které pro formalizované vyjádření fyziologických vztahů použil Guyton. Rozdíl je jen v jejich grafickém tvaru.

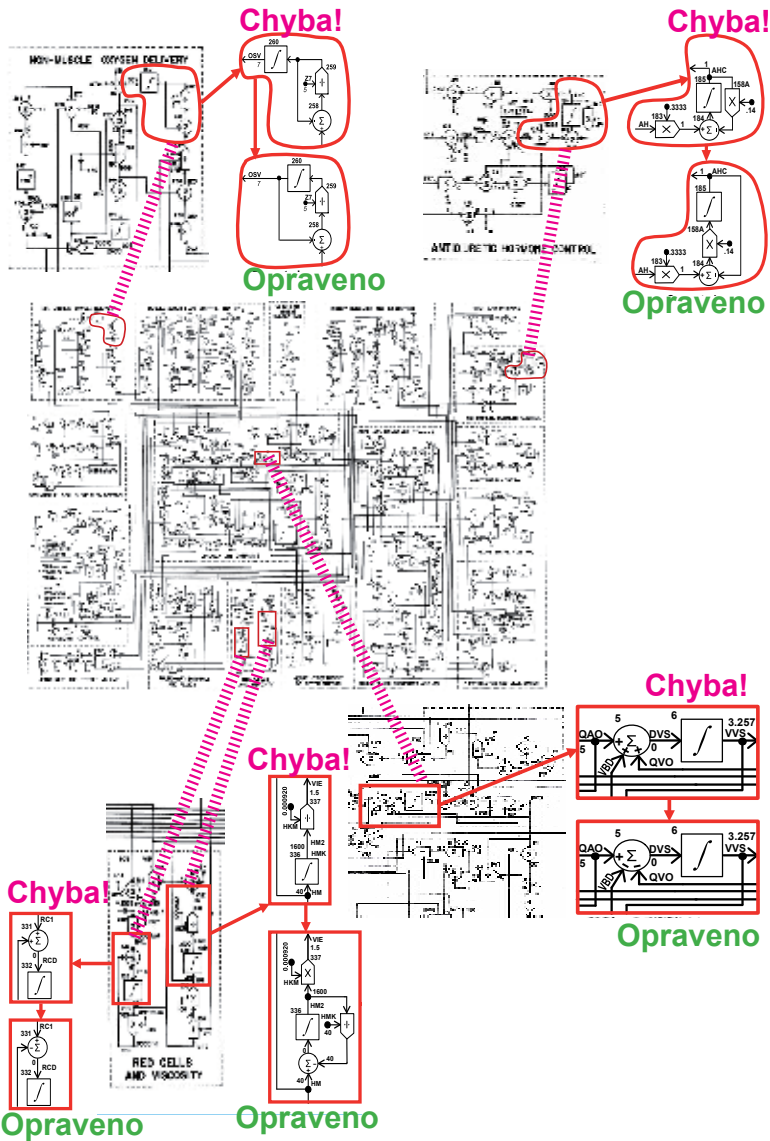
Tato podobnost nás mimo jiné inspirovala k tomu, abychom prostřednictvím Simulinku vzkřísili starý klasický Guytonův diagram a převedli ho do podoby funkčního simulačního modelu [32]. Vnější vzhled simulinkového modelu jsme se snažili zachovat zcela stejný jako v původním grafickém schématu – rozložení, rozmístění vodičů, názvy veličin i čísla bloků jsou stejné.

Simulační vizualizace starého schématu ale nebyla úplně snadná – v originálním obrázkovém schématu modelu jsou totiž chyby (obrázek – 3)! V nakresleném obrázku to nevádí, pokusíme-li se ho ale oživit v Simulinku, pak model ihned zkolabuje jako celek. Podrobný popis chyb a jejich oprav je v [33,49].

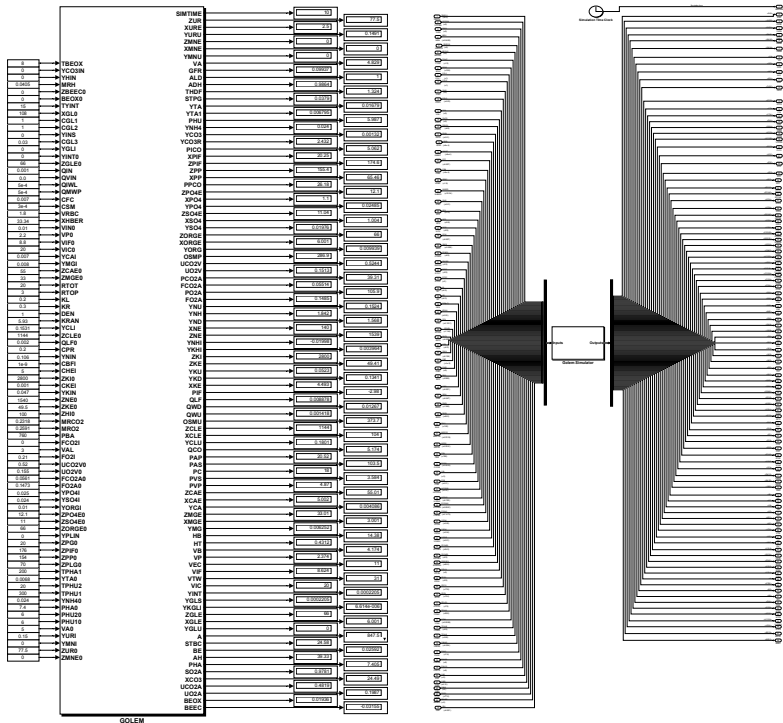
Je zajímavé, že Guytonův diagram byl jako složitý obrázek mnohokrát přetiskován do nejrůznějších publikací – v poslední době se objevil např. v [7,22,77]. Nikdo ale před námi na tyto chyby neupozornil a nedal si práci tyto chyby odstranit. V době, kdy obrázkové schéma vznikalo, ještě neexistovaly kreslicí programy – obrázek vznikl jako složitý výkres – a ruční překreslování složitého výkresu nebylo snadné. Možné je i to, že sami autoři modelu opravovat chyby ani příliš nechtěli – kdo si dal práci s analýzou modelu, obrazové „překlepy“ odhalil, kdo by chtěl jen tupě opisovat, měl smůlu. Konec konců, ve své době autoři rozesílali i zdrojové texty programů svého modelu v programovacím jazyce Fortran – takže pokud někdo chtěl pouze testovat chování modelu, nemusel nic programovat. Námi vytvořená simulinková realizace (opraveného) Guytonova modelu je zájemcům k dispozici ke stažení na adrese <http://www.physiome.cz/guyton>. Na této adrese je i naše simulinková realizace mnohem složitější verze modelu Guytona a spol. z pozdějších let. Zároveň je zde i velmi podrobný popis všech použitých matematických vztahů se zdůvodněním.

Guytonův diagram i podle něj vytvořená simulinková síť jsou však na první pohled dosti nepřehledné. Pro zvýšení přehlednosti je vhodné skrýt vlastní aktivní prvky simulinkové kalkulační sítě (násobičky, děličky, integrátory, sumátory apod.) do jednotlivých subsystémů, které jsou navenek v Simulinku realizovány jako uživatelské bloky s příslušnými vstupy a výstupy. Celý model se pak skládá z propojených bloků jednotlivých subsystémů, kde lze přehledně vidět, pomocí kterých proměnných jsou jednotlivé subsystémy prováděny, zatímco algoritmus vlastního simulačního výpočtu je ukryt v simulinkové síti uvnitř bloků.

Bloky je možné ukládat do knihoven jako uživatelem definované subsystémy. Při tvorbě modelů je možné tyto bloky z knihovny vyjímat, propojovat je a případně je seskupovat do bloků vyšší hierarchické úrovně.



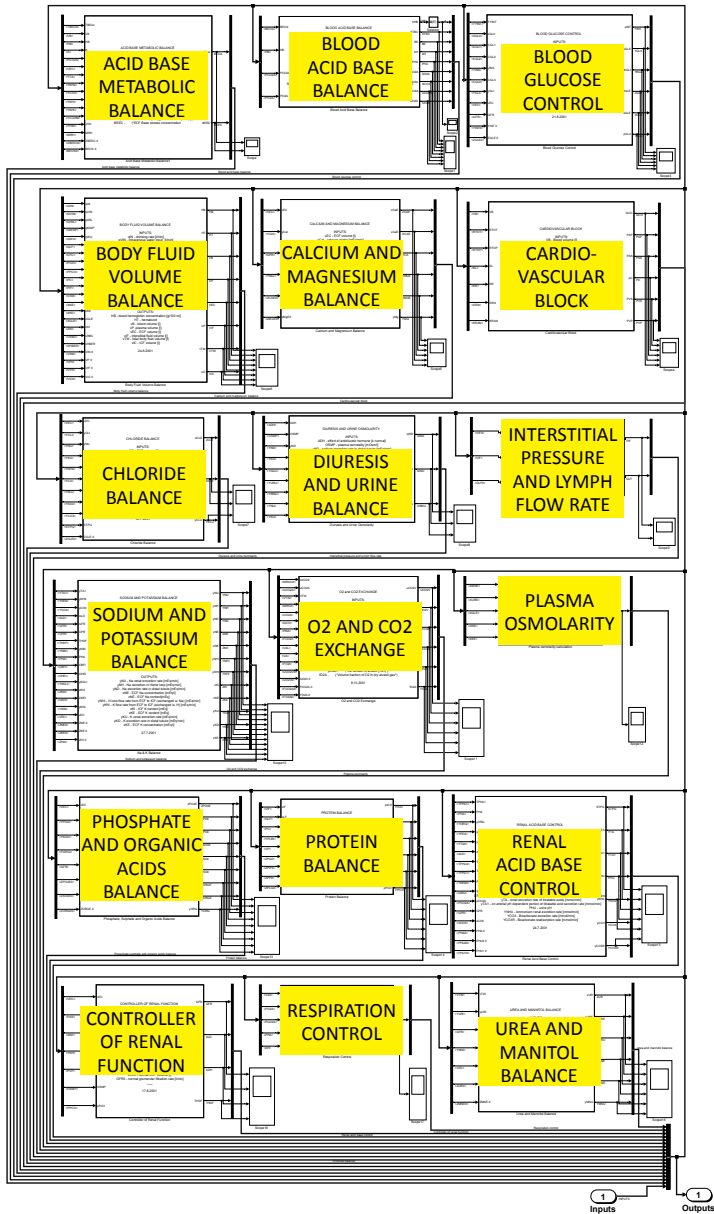
Obrázek 3 – Oprava chyb v původním Guytonově diagramu.



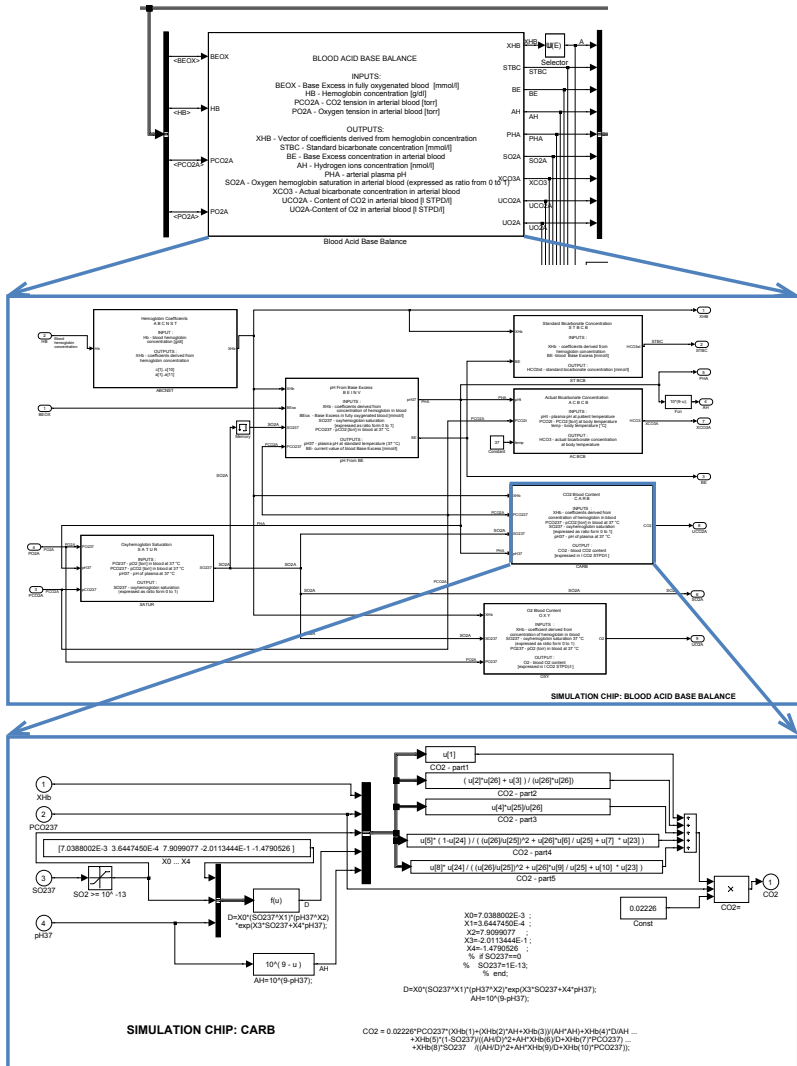
Obrázek 4 – Matematický model, který je podkladem pro simulátor Golem byl implementován jako speciální, hierarchicky uspořádaný simulinkový blok, který je součástí veřejně přístupné knihovny Physiobrary (<http://www.physiome.cz/simchips>). Svoji strukturou připomíná elektronický čip

Jednotlivé simulinkové subsystémy představují jakési „simulační čipy“ skrývající před uživatelem strukturu simulační sítě, obdobně jako elektronický čip ukryvá před uživatelem propojení jednotlivých tranzistorů a dalších elektronických prvků. Uživatel se pak může zajímat pouze o chování čipu a nemusí se starat o vnitřní strukturu a algoritmus výpočtu. Pomocí „simulačních čipů“ lze snadněji testovat chování modelu a zejména přehledněji vyjádřit vzájemné závislosti mezi proměnnými modelovaného systému. Celý složitý model pak můžeme zobrazit jako propojené simulační čipy a ze struktury jejich propojení je jasné, jaké vlivy a jakým způsobem se v modelu uvažují.

To je velmi výhodné pro mezioborovou spolupráci – zejména v hraničních oblastech, jako je např. modelování biomedicinských systémů. Experimentální fyziolog nemusí dopodrobna zkoumat, jaké matematické vztahy jsou ukryty „uvnitř“ simulačního čipu, z propojení jednotlivých simulačních čipů mezi sebou však pochopí strukturu modelu a jeho chování si může ověřit v příslušném simulačním vizualizačním prostředí.[40].



Obrázek 5 – Vnitřní struktura simulinkového bloku, realizujícího simulační model Golem, se skládá z 18 bloků jednotlivých fyziologických subsystémů, jejichž vstupy a výstupy jsou propojeny přes společnou sběrnici.



Obrázek 6 – Celý model simulátoru Golem je vytvořen z hierarchicky uspořádaných, navzájem propojených simulinkových bloků. Jejich propojení zobrazuje příslušné závislosti a vazby mezi jednotlivými fyziologickými subsystémy. Struktura simulinkové počítačové sítě, vyjadřující matematické vztahy, se objevuje teprve na nejnižší hierarchické úrovni. Tak například uvnitř bloku BLOOD ACID BASE BALANCE (druhý blok v horní řadě na předchozím obrázku 5) jsou další propojené simulační čipy (realizované jako simulinkové bloky). Jeden z propojených bloků – (blok CARB), počítající celkovou koncentraci oxidu uhličitého v krvi, již obsahuje vlastní počítačové bloky.

Pomocí simulinkových bloků jsme vytvořili **knihovnu fyziologických modelů Physiolibrary**, která je volně k dispozici na adrese: <http://www.physiome.cz/simchips>. Součástí knihovny je také rozsáhlý integrovaný model fyziologických regulací, který byl podkladem našeho **výukového simulátoru Golem**. Model má hierarchickou strukturu složenou z jednotlivých vnořených a propojených simulinkových bloků [37] (obrázek 4 – obrázek 6).

6. Golem místo pacienta

Tvorba výukového simulátoru **Golem** vyžadovala kromě modelu ještě další nemalé programátorské úsilí, spočívající ve vytvoření uživatelského rozhraní a jeho propojení s verifikovaným modelem implementovaným na pozadí simulátoru [36].

Simulátor „Golem“, který jsme vytvořili koncem devadesátých let jako open source, byl zaměřen především pro výuku patofyziologie poruch vnitřního prostředí [34,35,50-54]. Umožňoval simulovat zejména smíšené poruchy iontové, osmotické a acidobazické rovnováhy, poruchy transportu krevních plynů, respirační selhání i poruchy funkce ledvin. Umožňoval také sledovat vliv nejrůznější infúzní terapie

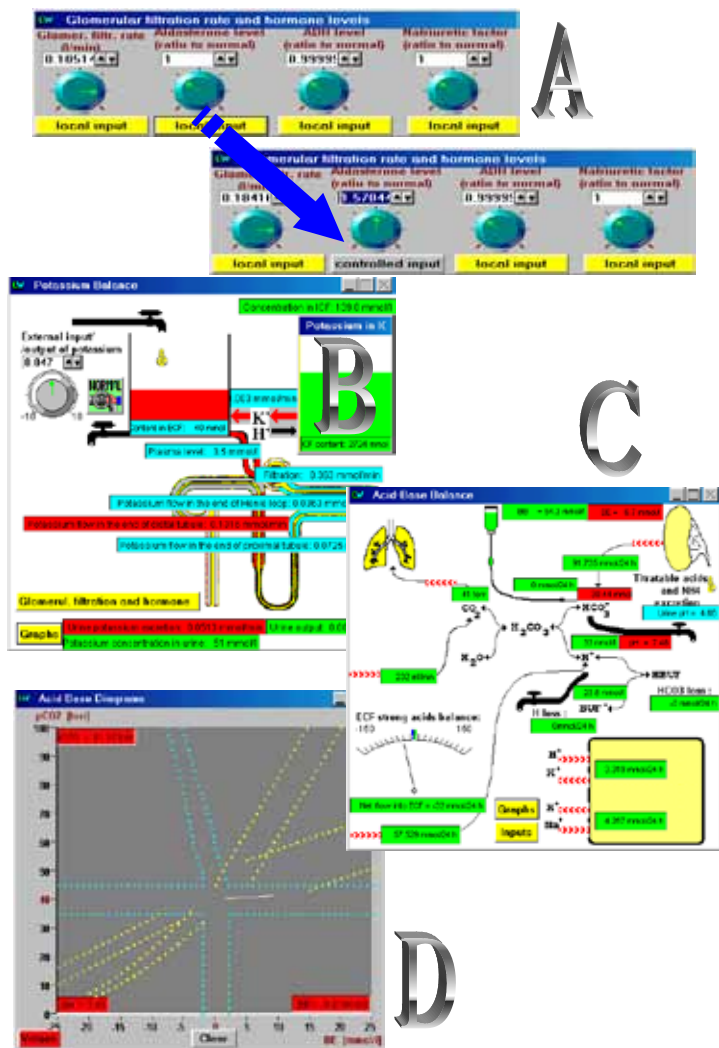
Simulátor se využíval na našich i některých zahraničních lékařských fakultách. Osvědčil zejména při výuce patofyziologie a klinické fyziologie, Simulátor díky komplexnosti modelu fyziologických systémů na jeho pozadí, umožnil názorně demonstrovat, **jak jednotlivé fyziologické subsystémy spolu navzájem souvisejí a jak se tyto souvislosti projevují v jednotlivých patofyziologických stavech**.

Z pedagogického hlediska ukázalo jako velice výhodné objasňovat fyziologický význam jednotlivých regulačních okruhů pomocí **rozpojování a opětovného zapojování jednotlivých regulačních vazeb**. Rozpojení regulačních vazeb v simulátoru umožní **lokálně sledovat odezvu jednotlivých fyziologických subsystémů** na změnu hodnot některých proměnných, které jsou ale sami v organismu regulovány.

Do simulátoru Golem jsme proto zavedli **možnost „odpojení regulace“** některých regulovaných fyziologických proměnných a jejich „přepnutí na lokálně zadávaný vstup“ [38]. Rozpojení regulačních smyček umožnilo omezit se při simulaci na jednotlivý fyziologický subsystém a zkoumat jeho chování nezávisle na spletitých regulačních vztazích uvnitř celého organismu a sledovat tak chování jednotlivých fyziologických regulačních vztahů odděleně, což přispívalo k lepšímu pochopení fyziologických souvislostí (obrázek 7).

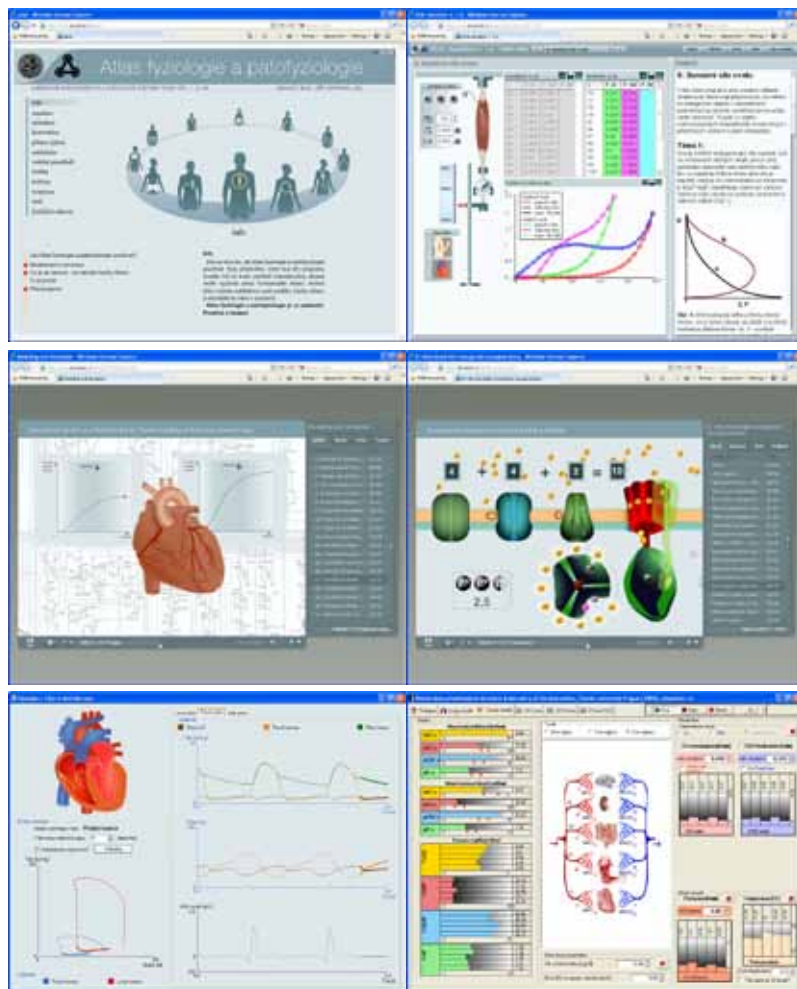
Naše zkušenosti i zkušenosti jiných pracovišť s nasazením komplexních modelů do výuky ale ukazují, že velké a složité modely mají z didaktického hlediska značnou nevýhodu ve složitém ovládnutí [14,56,48]. Velké množství vstupních proměnných vyžadují od uživatele důkladnější porozumění vlastní struktury simulačního modelu, i znalost toho, jaké procesy je zapotřebí při simulacích určitých patologických stavů sledovat.

Pedagogická praxe ukázala, že simulační hra s jednoduchými agregovanými modely (s možností sledování pouze několika proměnných) je někdy vhodnějším



Obrázek 7 – Příklad rozpojení fyziologických subsystémů z vnějších regulačních smyček v simulátoru GOLEM demonstrující vazby subsystému acidobazické rovnováhy a elektrolytové rovnováhy přes regulační vliv hormonální regulace. Stisknutím tlačítka odpojíme řízení hladiny hormonu aldosteron z regulace. Pootočením knoflíku pak hladinu aldosteronu násilně zvýšíme (A). Po čase vidíme na schématu vylučování draslíku v ledvinách, že draslík se ve zvýšené míře vylučuje močí, jeho zásoby v plazmě jsou však malé, ledvinné ztráty vedou k tomu, že draslík se přesouvá do mimobuněčné tekutiny (a plazmy) z buněk (B). Výstup draslíku z buněk je však provázen vstupem vodíkových iontů do buněk (C), důsledkem je rozvoj extracelulární metabolické alkalózy (D).

nástrojem pro vysvětlení složitých procesů než rozsáhlý a složitý výukový simulátor. Při výkladu je vhodné postupovat od jednoduššího ke složitějšímu, tj. nejprve s využitím jednoduchých modelů vysvětlit základní principy a teprve potom se věnovat složitějším detailům a využívat simulační hry se složitějšími modely.



Obrázek 8 – Atlas fyziologie a patofyziologie kombinuje interaktivní výklad se zvukovým a animačním doprovodem a simulační hry. Je vytvářen v české (a postupně i v anglické) verzi. Je volně dostupný na internetové adrese www.physiome.cz/atlas.

Je vhodné, když jsou modely provázeny výkladem jejich využití – nejlépe pomocí interaktivních výukových aplikací na internetu. Teprve **spojení výkladu**

se simulační hrou dává možnost využít všech výhod virtuální reality pro vysvětlení složitých patofyziologických procesů.

Pro skloubení možností interaktivních multimédií a simulačních modelů pro lékařskou výuku jsme proto koncipovali projekt internetového počítačového **Atlasu fyziologie a patofyziologie** (<http://physiome.cz/atlas>), který kombinuje interaktivní výkladové kapitoly a simulační hry s modely fyziologických systémů (obrázek 8). Uživatelské rozhraní připomíná animované obrázky z tištěného Atlasu fyziologie [72] nebo Atlasu patofyziologie [73]. Na rozdíl od tištěných ilustrací, jsou ale obrázky tvořící uživatelské rozhraní multimediálních simulátorů „**živé**“ a **interaktivní** – změny **proměnných simulačního modelu** se projeví **změnou obrázku**. Pomocí takto koncipovaných interaktivních ilustrací je možno realizovat simulační hry, které lépe než statický obrázek nebo i prostá animace pomohou vysvětlit dynamické souvislosti ve fyziologických systémech a napomoci především k pochopení příčinných souvislostí v rozvoji nejrůznějších chorob. Při tvorbě atlasu jsme vycházeli z námi vypracované technologie tvorby webových výukových simulátorů [41].

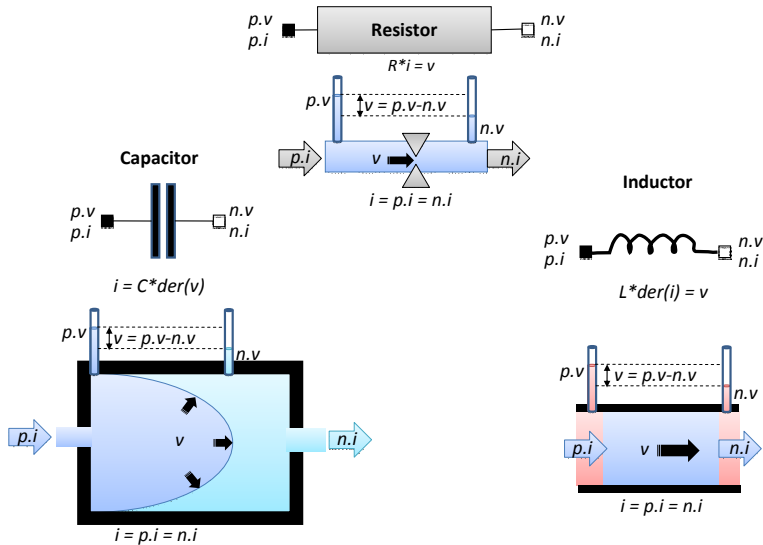
7. Od Simulinku k Modelice

Simulink patří k **blokově orientovaným simulačním jazykům**, které umožňují sestavovat počítačové modely z jednotlivých bloků s definovanými vstupy a výstupy, propojovat bloky do počítačích sítí a počítačích sítí seskupovat do bloků vyšší hierarchické úrovně. Blokově orientované simulační nástroje mají výhodu v tom, že umožňují přehledně strukturovat model do propojených hierarchicky uspořádaných komponent. Ze struktury bokově orientovaného popisu je pak zřejmé, jakým způsobem se v modelu počítají hodnoty jednotlivých proměnných – tj. jaký je algoritmus výpočtu. Hovoříme proto o tzv. **kauzálním modelování**. Propojování bloků do sítí vztahů ale bohužel nemůže být zcela libovolné. V propojených prvcích se nesmějí vytvářet algebraické smyčky – tj. cyklické struktury, kdy nějaká vstupní hodnota přiváděná jako vstup do výpočetního bloku ve stejném časovém kroku závisí (přes několik prostředníků) na výstupní hodnotě z tohoto bloku. Propojení bloků odráží spíše **postup výpočtu** než vlastní strukturu modelované reality.

V poslední době došlo k vývoji nových tzv. „**akauzálních**“ nástrojů pro tvorbu simulačních modelů. Zásadní inovaci, kterou akauzální modelovací nástroje přinášejí, je možnost popisovat jednotlivé části modelu přímo **jako soustavu rovnic a nikoli jako algoritmus řešení těchto rovnic**. Zápis modelů je deklarativní (popisujeme strukturu a matematické vztahy, nikoli algoritmus výpočtu) – zápis je tedy akauzální.

Akauzální modelovací nástroje pracují s propojenými komponentami, které představují instance tříd, v nichž jsou přímo definovány rovnice. Komponenty se mohou propojovat pomocí speciálních akauzálních konektorů – přes akauzální propojení se vlastně propojují jednotlivé proměnné v rovnicích příslušných komponent a jejich propojením se definují soustavy rovnic modelu.

Elementární prvky simulované reality mohou mít velmi triviální zápis vztahů mezi veličinami Odpor, kondenzátor či cívka z elektrické fyzikální domény



Obrázek 9 – Hydraulické a elektrické prvky pocházejí z různých domén, mají však stejný formální popis. Analogií elektrického napětí (v) je v hydraulické doméně tlak, analogií elektrického proudu (i) je v hydraulické doméně proud kapaliny (a v pneumatické doméně proud plynu). Pro hydraulický odpor (R), stejně jako pro elektrický odpor platí Ohmův zákon (pouze místo rozdílu elektrického napětí je tlakový gradient a místo elektrického proudu je průtok). Hydraulickou analogií elektrického kondenzátoru je pružný vak, roztahovaný rozdílem tlaků uvnitř a vně vaku. Analogií elektrické kapacity kondenzátoru (C) je poddajnost stěny pružného vaku. Uvažujeme-li v hydraulickém systému ještě inerci, pak síla, která urychluje proudění kapaliny je tlakový gradient. Zrychlení proudu, tj. první derivace toku $\text{der}(i)$, je proto podle Newtonova zákona úměrná tlakovému gradientu (v) a nepřímo úměrná hmotnosti zvoleného sloupce kapaliny tzv. inertanci (L). V elektrické doméně inertance odpovídá indukčnosti cívky. Každý prvek hydraulické či elektrické domény má dva propojovací konektory, kterými přitéká a odtéká elektrický nebo látkový proud ($p.i, n.i$), přičemž platí, že se protékající tok (i) nikde v prvku neztrácí (tj. $i = p.i = n.i$). Zároveň je na konektorech propojením do sítě přivedeno elektrické napětí či tlak ($p.v, n.v$), a v prvku se vytváří gradient elektrického napětí nebo gradient tlaků (v).

či jejich hydraulické analogie (používané např. při modelování cirkulace) jsou toho názorným příkladem (obrázek – 9). Složitější systém pro výpočet vznikne, když tyto elementární prvky budeme propojovat do sítí – při jejich vzájemném propojení vznikají systémy rovnic. V Simulinku zapsaný algoritmus jejich numerické řešení nemusí být triviální (viz např. složitější tzv. „RLC modely“ cirkulace či respirace implementované v naší simulinkové knihovně Physiobrary). V akauzálních simulačních nástrojích se však o způsob řešení nemusíme starat. O algoritmus řešení vzniklé soustavy rovnic se stará samotný akauzální nástroj.

Moderním simulačním jazykem, který je přímo postaven na akauzálním zápisu modelů je **Modelica** [17,75]. Na rozdíl od blokově orientovaného simulačního prostředí Simulink, struktura modelů v Modelice mnohem lépe zobrazuje fyzikální podstatu modelované reality (o algoritmus řešení výsledné soustavy algebrodiferenciálních rovnic se pak stará příslušný kompilátor). Modely v Modelice jsou, v porovnání s modely v Simulinku, přehlednější a samodokumentující.

Ukažme si to na jednoduchém příkladě z oblasti modelování hemodynamiky. Pro modelování odporu cévy vytvoříme třídu, v níž napíšeme rovnici Ohmova zákona. Ke každé třídě můžeme přiřadit uživatelem definovanou ikonku – v daném případě třeba zobrazení cévy (obrázek 11 B). Pro umožnění propojení s okolím tuto třídu vybavíme konektorem pro vstup hodnoty vodivosti případně odporu a zároveň definujeme na obou koncích cévy akauzální konektory.

Akauzální konektorové spojení se realizuje pomocí dvou typů veličin: jedné, která představuje tok – pro nějž platí, že součet toků je na všech připojených uzlech nulový (protože se v oblasti rozvětvení uzlů žádná látka neakumuluje), a druhé, jejíž hodnota zůstává na všech propojených uzlech stejná. Tokovou (flow) proměnnou v případě komponenty modelující cévní odpor bude průtok krve a netokovou (nonflow) proměnnou krevní tlak. V případě jiných komponent mohou být dvojice propojovaných tokových a netokových proměnných jiné (např. látkový tok jako flow proměnná a koncentrace látky jako nonflow proměnná).

Při modelování dynamiky cév se často využívá tzv. elastický kompartment (obrázek – 10). Koncepce elastického kompartmentu je založena na představě, že plní-li se céva krví, do dosažení určitého reziduálního objemu („ VO “) je tlak v cévě určován pouze vnějším tlakem na cévu („*ExternalPressure*“), poté se začnou napínat elastická a svalová vlákna v cévě a tlak v cévě stoupá úměrně rozdílu objemu cévy („ Vol “) a reziduálního objemu („ VO “).

Elastický cévní kompartment si můžeme představit jako nafukovací vak s jedním akauzálním propojovacím konektorem (nazveme ho třeba „*ReferencePoint*“) přes který budeme kompartment napojovat na okolí. Tento konektor nám zprostředkuje dvě hodnoty:

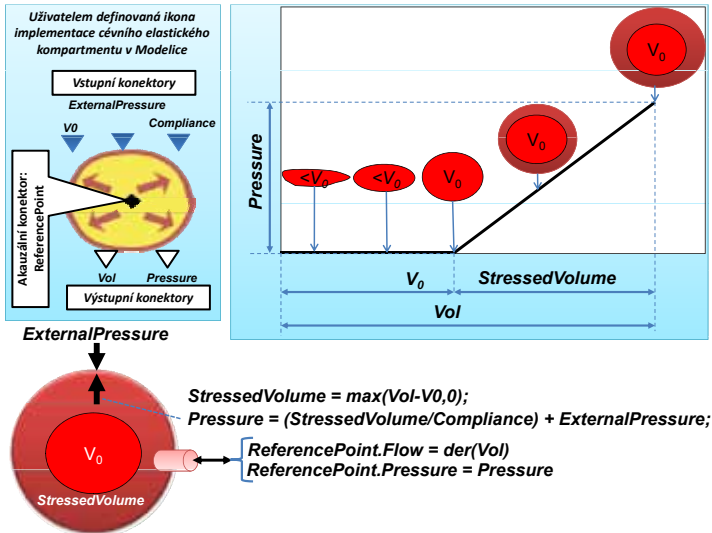
- tok „*ReferencePoint.Flow*“;
- tlak „*ReferencePoint.Pressure*“

Do kompartmentu budou vstupovat z vnějšku tři signálové vstupy:

- základní náplň „ VO “ – hodnota objemu, po jehož dosažení bude při plnění cévy stoupat tlak
- vnější, externí tlak vnějšího okolí na cévu „*ExternalPressure*“
- poddajnost elastického kompartmentu „*Compliance*“ – jeho hodnota mimo jiné závisí na napětí svalových vláken.

Z kompartmentu budou navenek vystupovat dva (kauzální) signálové výstupy:

- informace o momentálním objemu kompartmentu „ Vol “;
- informace o hodnotě tlaku uvnitř kompartmentu „*Pressure*“.



Obrázek 10 – Koncepte elastického cévního kompartmentu s jeho implementace v Modelice

V programovém prostředí můžeme navrhnout i ikonu pro zobrazení elastického kompartmentu.

Vlastní fragment programu popisující chování elastického kompartmentu vypadá v Modelice následovně:

```
model VascularElasticBloodCompartment;
```

```
...
```

```
equation
```

```
StressedVolume = max(Vol-V0,0);
```

```
Pressure = (StressedVolume/Compliance) + ExternalPressure;
```

```
der(Vol) = ReferencePoint.Flow;
```

```
ReferencePoint.Pressure = Pressure;
```

```
end VascularElasticBloodCompartment;
```

První rovnice deklaruje, že hodnota elasticky napínaného objemu „StressedVolume“ bude počítána jako rozdíl mezi objemem kompartmentu „Vol“ a hodnotou jeho základní náplně „V₀“ (která je vstupem), a dále rovnice říká, že hodnota objemu kompartmentu nikdy nemůže poklesnout k záporným hodnotám. Druhá rovnice deklaruje vztah mezi tlakem v kompartmentu „Pressure“, hodnotou napínaného objemu „StressedVolume“, poddajností „Compliance“ a externím tlakem „ExternalPressure“. Ještě jednou připomínám, že se zde jedná o rovnice a nikoli o přiřazení. Rovnici by bylo možno v Modelice napsat i takto:

$$Pressure - ExternalPressure = (StressedVolume / Compliance);$$

Třetí rovnice je diferenciální rovnice – derivace objemu „*der(Vol)*“ se rovná přítoku „*Flow*“ z konektoru „*ReferencePoint*“. Poslední rovnice propojuje hodnotu tlaku v kompartmentu „*Pressure*“ s hodnotou tlaku propojovanou „*ReferencePoint.pressure*“ akauzálním konektorem s okolím.

Hodnota „*Pressure*“, je zároveň signálovým výstupem z kompartmentu – jako signál ji můžeme přivádět k dalším blokům – je to ale kauzální výstupní (signálová) proměnná a její hodnota nemůže být ovlivněna tím, k čemu ji připojíme. U propojení z akauzálního konektoru je to ale jiné. Když instanci elastického kompartmentu propojíme akauzálním konektorem s dalšími prvky, pak čtveřice rovnic v kompartmentu se stane součástí soustavy rovnic daných příslušným propojením a hodnoty proměnných v instanci elastického kompartmentu budou záviset na řešení takto vzniklé soustavy rovnic.

Modelica je prozatím využívána převážně v průmyslu. Podstatným způsobem ulehčuje modelování zejména rozsáhlých a komplexních systémů, k nimž ale také patří biomedicínské systémy. Proto jsme jako nový implementační prostředek pro tvorbu modelů pro výukové simulátory zvolili Modelicu a upustili od vývoje modelů v blokově orientovaném prostředí Simulink/Matlab.

Výhodu demonstruje příklad porovnání implementace klasického Guytonova modelu [19] v Simulinku (obrázek –11A) a v Modelice (obrázek – 11B).

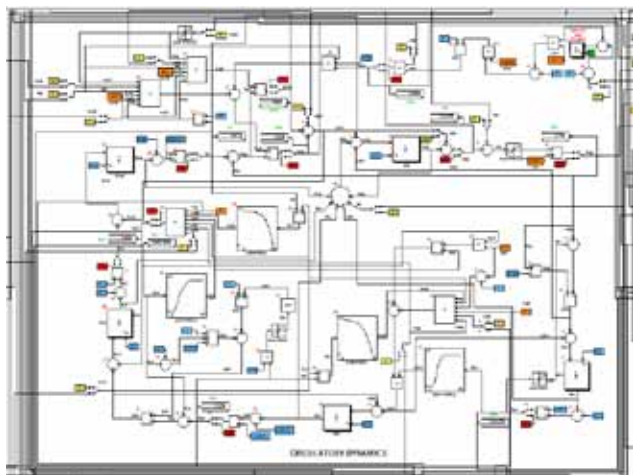
Centrální část Guytonova modelu (Circulation dynamics) představuje modelování oběhu krve čerpaného pravou a levou srdeční komorou. Simulinkový model představuje složitou na první pohled nepřehlednou počítačící síť. Modelicová implementace názorně zobrazuje podstatu modelované reality – je tvořena instancemi dvou čerpadel (pravé a levé komory), instancemi elastických kompartmentů a odporů jednotlivých částí cévního řečiště propojených akauzálními konektory (které propojují průtok a tlak v jednotlivých částech krevního řečiště). Akauzální konektor velkých žil je ještě napojen na řízenou pumpu, kterou se modelují tvorba nebo ztráta krve, infúze a přesuny objemu mezi krví a intersticiální tekutinou.

8. Hummod, Golem edition – model pro simulátor eGolem

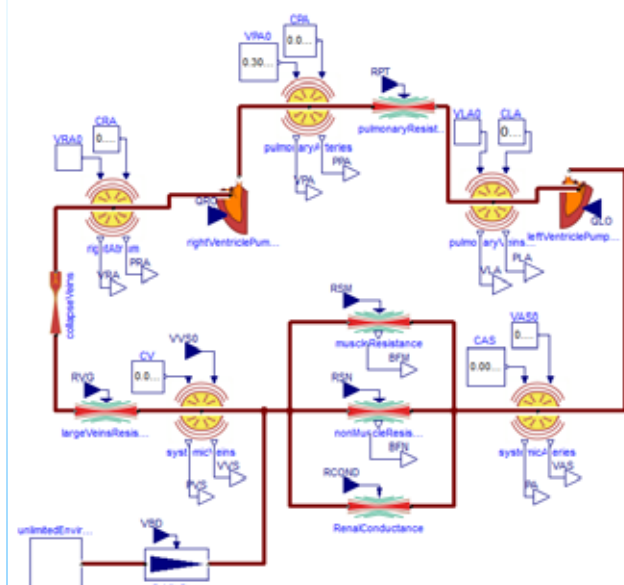
Výhody akauzálního přístupu jsme plně využili při implementaci rozsáhlého modelu fyziologických regulací, který je podkladem připravovaného simulátoru **eGolem**. Struktura modelu vychází především ze struktury modelu amerických autorů **Quantitative Human Physiology (QHP)** nedávno přejmenovaného na **Hummod**, [11,24-26].

Předchůdcem tohoto modelu je rozsáhlý výukový simulátor **Quantitative Circulatory Physiology (QCP)** [1], který byl dalším rozpracováním Colemanova modelu **Human** [9] a rozsáhlých modelů Guytonovy pracovní skupiny. Pro podporu jeho využívání jako výukové pomůcky v lékařské výuce ho autoři v kompilované formě volně zpřístupnili na webu University od Mississippi (<http://physiology.umc.edu/themodelingworkshop/>). Simulátor **QCP** je možné stáhnout a instalovat na počítači v prostředí Windows. Proměnných je velmi mnoho (několik tisíc).

(A)



(B)



Obrázek 11 – (A) Cirkulační dynamika – detailní struktura centrální části simulinkové implementace Guytonova modelu zobrazující toky krve agregovanými částmi cirkulačního systému a činnost srdce jako pumpy. (B) Stejná část modelu, ale implementovaná v Modelice. V modelu jsou propojeny instance dvou čerpadel (pravé a levé komory srdce), elastické kompartmenty cév a odpory. Porovnáním obr. (A) a (B) vidíme, že struktura modelu v Simulinku odpovídá spíše algoritmu výpočtu, zatímco struktura modelu v Modelice více zobrazuje vlastní strukturu modelované reality.

Simulátor umožňuje měnit hodnoty cca 750 parametrů, modifikujících fyziologické funkce. Hodnoty těchto parametrů je možno ukládat do externího souboru nebo z externího souboru načítat, což umožňuje připravit řadu scénářů pro různé scénáře modelovaných patologických stavů. Autoři pro výukové potřeby řadu těchto scénářů (ve formě vstupních souborů) připravili a spolu s příslušným komentářem umožnili jejich stahování z příslušné webové stránky. Ve výukové praxi se simulátor osvědčil [66].

Simulátor **HumMod**, obsahující více než 4000 proměnných v současné době zřejmě představuje nejrozsáhlejší integrovaný model fyziologických regulací. Model má velmi rozvětvené menu a umožňuje simulovat řadu patologických stavů, včetně vlivu příslušné terapie.

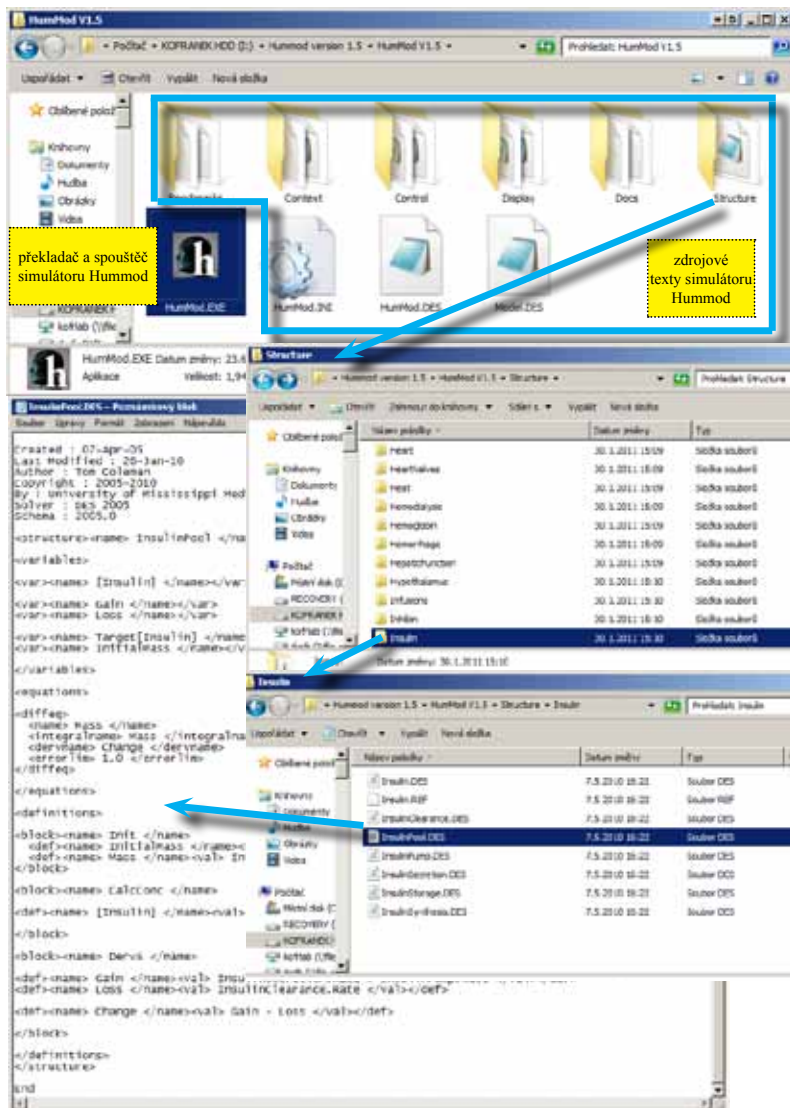
Na rozdíl od předchozího simulátoru QCP, jehož matematické pozadí je uživateli skryto ve zdrojovém kódu simulátoru napsaném v C++, jde simulátor **QHP/HumMod** jinou cestou. Jeho autoři se rozhodli oddělit implementaci simulátoru a popis rovnic modelu tak, aby struktura modelu mohla být zřejmá pro širší vědeckou komunitu.

Hlavní architekt tohoto modelu Thomas Coleman proto již v roce 1985 vypracoval speciální jazyk pro zápis struktury modelu i definic prvků uživatelského rozhraní simulátoru. Jazyk je založen na upravené XML notaci. Model je pak zapsán pomocí XML souborů. Speciální překladač (DESolver) pak přeloží tyto XML soubory do spustitelného kódu simulátoru (obrázek 12).

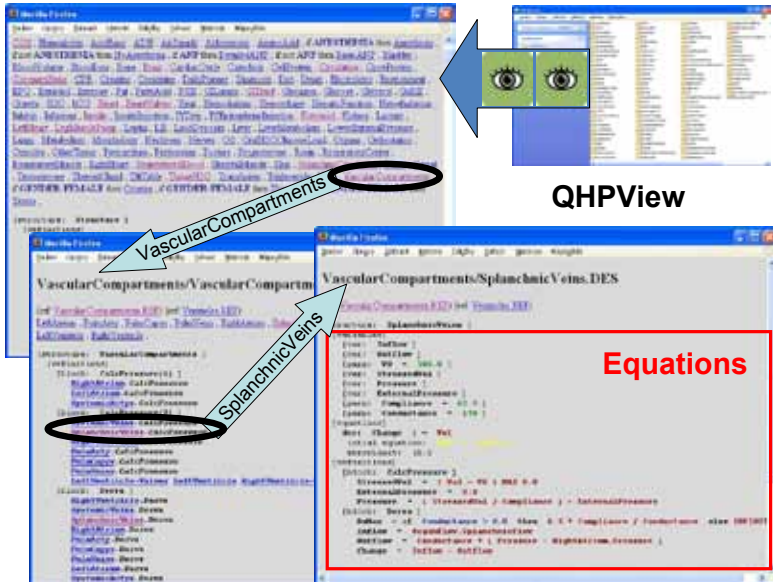
Model **HumMod** je šířen ve zdrojové formě jako open source (model a simulátor je veřejně přístupný na webu <http://hummod.org>). Jeho struktura je napsána ve speciálním XML jazyku v 3235 souborech umístěných v 1367 složkách. Díky tomu jsou rovnice modelu a jejich návaznosti obtížně srozumitelné a řada řešitelských týmů při vývoji lékařských simulátorů pro raději jako východisko pro další rozšíření raději sahá pro starších modelech komplexních fyziologických regulací – např. modelech Guytona z roku roku 1972 [19] a modelech Ikedy z roku 1979 [28]. 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 [74]. Obdobně, nedávno Mangourová a spol. [60] implementovali v Simulinku raději starší Guytonův model z roku 1992 [7], než poslední (pro ně 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** [41], který z tisícovek souborů zdrojových textů modelu vytvoří přehledné zobrazení použitých matematických vztahů (obr. 13). To mimo jiné pomohlo odhalit i některé chyby v modelu **HumMod**.

Spolu s americkými autory z soudíme, že zdrojové texty modelů, které jsou podkladem lékařských simulátorů, by, jako výsledek teoretického studia fyziologických regulací, měli být veřejně dostupné – pak se lze snadno přesvědčit do jaké míry model odpovídá fyziologické realitě. Strukturu našeho



Obrázek 12 – Po kliknutí na ikonku HumMod.exe překladač přeloží zdrojový text a spustí vlastní simulátor. Simulátor HumMod je šířen jako open source, včetně zdrojových textů modelu. Thomas Coleman vypracoval zvláštní XML jazyk pro popis zdrojového textu modelu a rovnice modelu jsou rozprostřeny v 3235 XML souborech. I když je zdrojový text simulátoru i celý matematický model na jeho pozadí tímto způsobem 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.



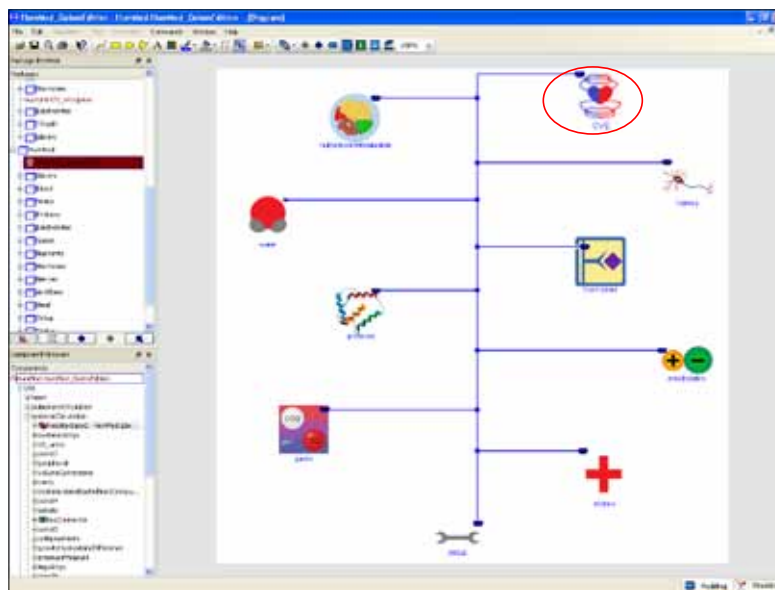
Obrázek 13 – Námí vytvořený vizualizační nástroj QHPView umožní zřehlednit strukturu modelu QHP/HumMod, původně zapsaného ve více než třech tisícovkách XML souborů rozházených do stovek adresářů, v nichž rovnice a jednotlivé návaznosti nebyly na první pohled zřetelné.

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. Na rozdíl od amerických kolegů my svůj model implementujeme v jazyce Modelica, který umožňuje velmi přehledně vyjádřit strukturu modelu [61].

Model **HumMod** jsme předělali a rozšířili především v oblasti modelování přenosu krevních plynů a homeostázy vnitřního prostředí, zejména acidobazické rovnováhy – protože poruchy právě těchto subsystémů jsou časté právě v akutních medicíně, pro kterou je koncipován náš simulátor a výukové simulační hry. Při modifikaci jsme mimo jiné vycházeli z našeho původního komplexního modelu fyziologických regulací, který byl jádrem výukového simulátoru **Golem** [37].

Ukázku hierarchické struktury modelu Hummod-Golem Edition zobrazují obrázky 14–20. Model umožňuje simulovat celou řadu fyziologických a patofyziologických dějů – selhávání jednotlivých orgánů a orgánových systémů a následné adaptační reakce organismu, vliv vybrané terapie, reakcí na fyzickou zátěž i adaptaci organismu na změnu některých vnějších podmínek (např. reakci na změny teploty).

Integrovaný model fyziologických systémů **HumMod-Golem edition** je teoretickým podkladem námí vytvářeného lékařského výukového simulátoru



Obrázek 14 – Struktura modelu Hummod-Golem Edition. Model se sestává z kardio-vasculární komponenty (CVS), komponenty výživy a metabolismu, komponenty vodní a osmotické homeostázy, komponenty proteinů, komponenty krevních plynů a acidobazické homeostázy, komponenty elektrolytové homeostázy, komponenty nervové regulace, komponenty hormonální regulace, komponenty vyhodnocování klinického stavu pacienta a komponenty nastavení počátečního stavu a modelovaných scénářů. Všechny komponenty jsou propojeny přes sběrníkové konektory

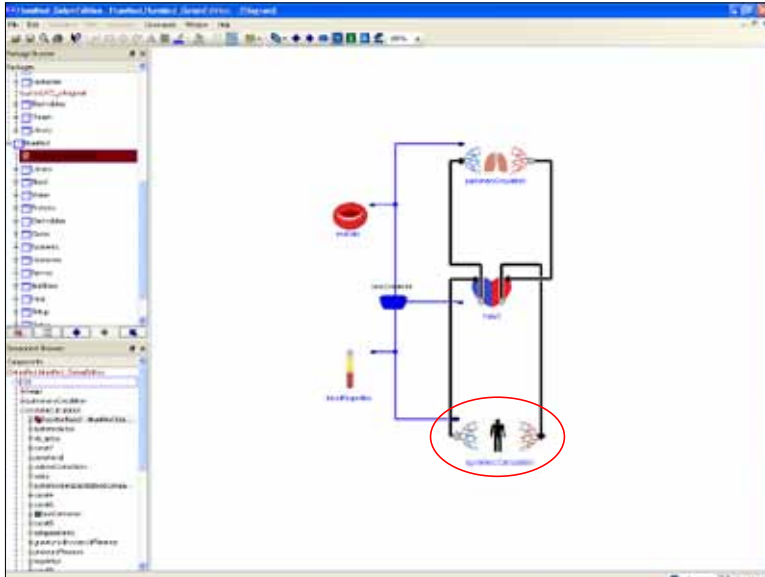
eGolem. Jeho další rozvoj a identifikace je ale pouze prvním druhem problémů, který je třeba řešit. Druhým problémem je naprogramování vlastního simulátoru jako výukové pomůcky. Naším cílem je zpřístupnit simulátor jako výukovou pomůcku dosažitelnou pomocí internetu. Při její tvorbě využijeme naši technologii tvorby webových simulátorů podrobněji popsanou v [41].

9. Od „umění“ k „průmyslu“

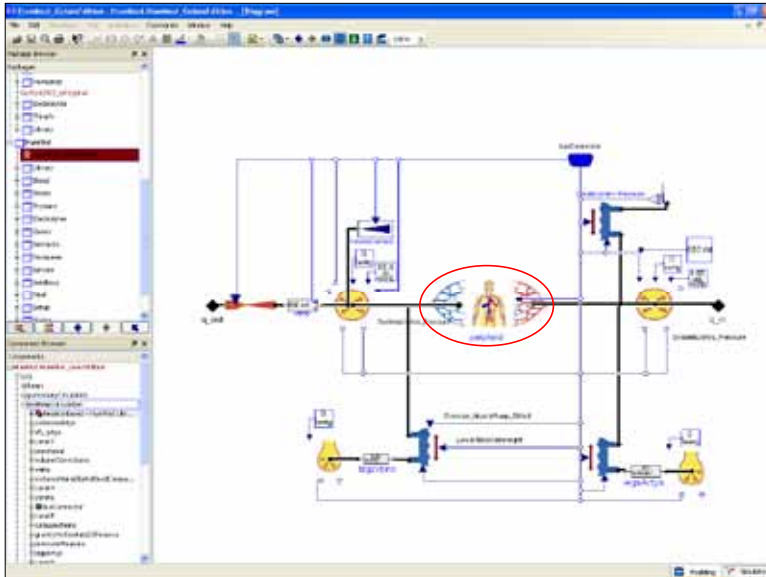
Již dávno pryč je doba etuziastů, kteří na přelomu osmdesátých let v nadšení nad novými možnostmi osobních počítačů vytvářeli první výukové programy.

Tvorba kvalitního výukového softwaru, který by dokázal využít potenciál, který rozvoj informačních a komunikačních technologií přinesl, dnes nestojí na píli a nadšení jednotlivců.

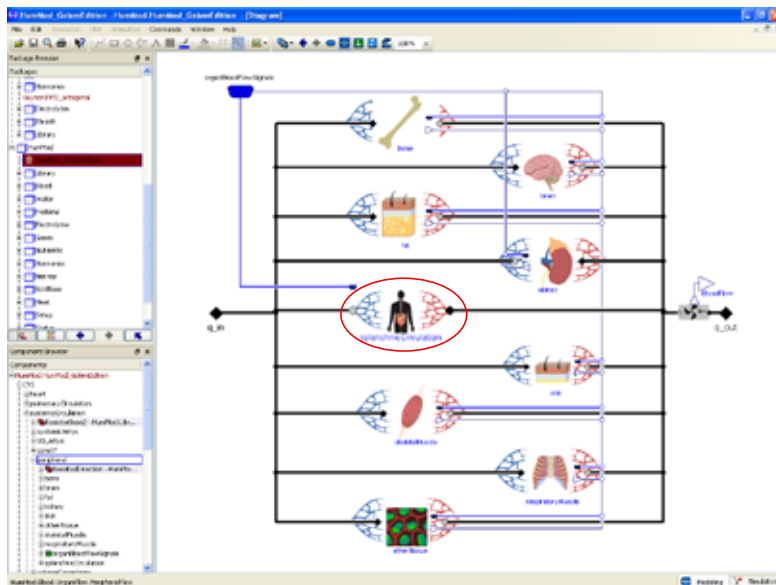
Je náročným a komplikovaným procesem, tvůrčího týmu odborníků různých profesí: zkušených učitelů, jejichž scénář je základem kvalitní výukové aplikace, systémových analytiků, kteří ve spolupráci s profesionály daného oboru jsou odpovědní za vytvoření simulačních modelů pro výukové simulační hry, výtvarníků, kteří vytvářejí vnější vizuální podobu simulátoru a konečně informatiků (programátorů), kteří celou aplikaci „sešijí“ do výsledné podoby [36].



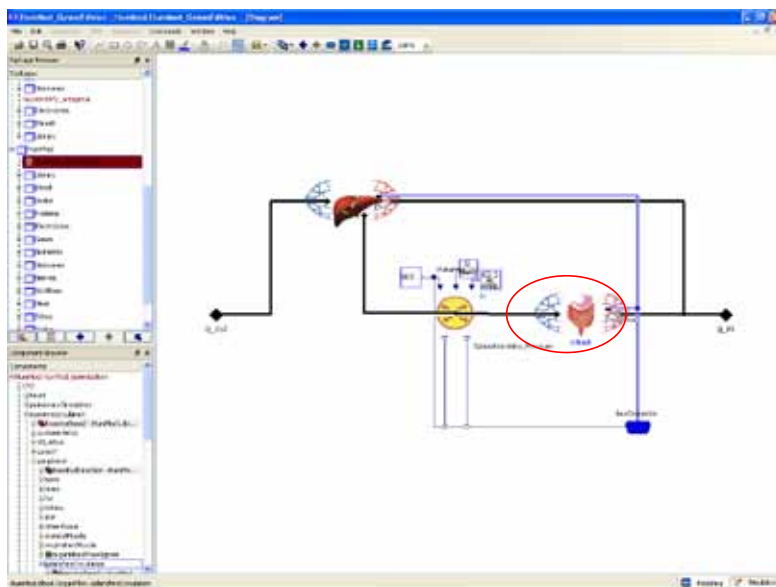
Obrázek 15 – Vnitřní struktura kardiovaskulární komponenty (třída CVS z předchozího obrázku)



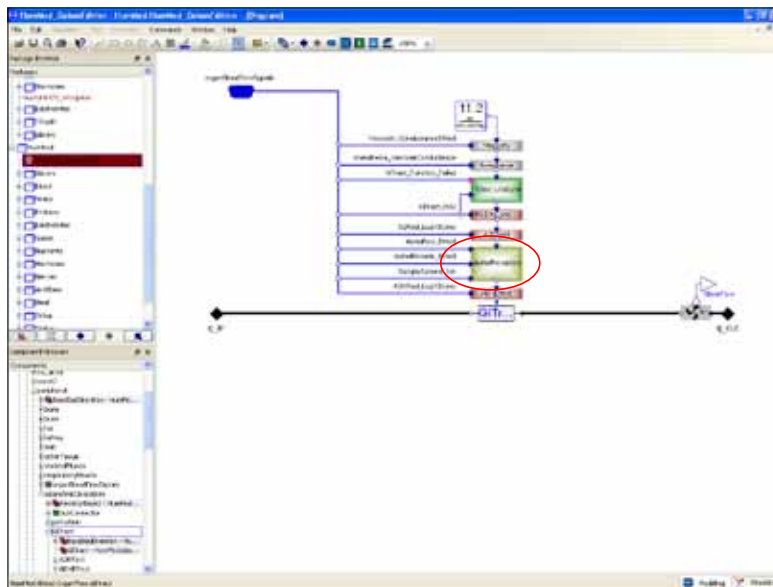
Obrázek 16 – Vnitřní struktura komponenty systémové cirkulace (třída SystemicCirculation z předchozího obrázku)



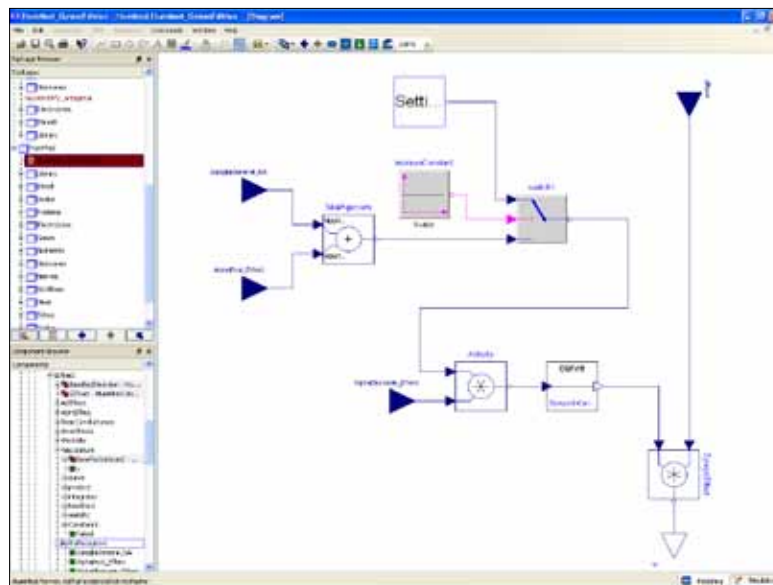
Obrázek 17 – Vnitřní struktura komponenty systémové periferní cirkulace (třída Peripheral z předchozího obrázku)



Obrázek 18 – Vnitřní struktura komponenty splachnické cirkulace (třída SplanchnicCirculation z předchozího obrázku)



Obrázek 19 – Vnitřní struktura komponenty gastrointestinální cévní rezistence (třída GITtract z předchozího obrázku)



Obrázek 20 – Vnitřní struktura komponenty počítající vliv stimulace alfa receptorů na gastrointestinální vaskulární rezistenci (třída AlphaReceptors z předchozího obrázku)

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

Tvorba výukových programů tak získává stále více rysů inženýrské konstrukční práce.

Literatura

- [1.] Abram, S. R., Hodnett, B. L., Summers, R. L., Coleman, T. G., & Hester, R. L. (2007). *Quantitative circulatory physiology. An integrative mathematical model of human mathematical model of human physiology for medical education. Advanced Physiology Education*, 31, str. 202–210.
- [2.] Amosov, N. M., Palec, B. L., Agapov, G. T., Ermakova, I. I., Ljabach, E. G., Packina, S. A., a další. (1977). *Těoretické a experimentální studie fyziologických systémů*. Kiev: Naukova Dumka.
- [3.] Binstadt, E. S., Walls, R., White, B. A., Nadel, E. S., Takavesu, J. K., & Barker, T. D. (2006). *A comprehensive medical simulation education curriculum for emergency medicine residents. Annals of Emergency Medicine*, 49, str. 495–504.
- [4.] Burkhoff, D., & Dickstein, M. L. (2003). *The heart simulator*. [Online] <http://www.columbia.edu/itc/hs/medical/heartsim>
- [5.] Carnevale, N. T., & Hines, M. L. (2006). *The Neuron book*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [6.] Cason, C. L., Kardong-Edgren, S., Cazzell, M., Behan, D., & Mancini, M. E. (2009). *Innovations in basic life support education for healthcare providers: Improving competence in cardiopulmonary resuscitation through self-directed learning. Journal for Nurses in Staff Development*, 25, str. E1–E13.
- [7.] cellML. (2010). *Description of Guyton 1992 Full cardiovascular circulation model*. [Online] http://models.cellml.org/exposure/cd10322c000e6ff64441464f8773ed83/Guyton_Model_1-0.cellml/view
- [8.] Clay, A. S., Que, L., Petrusa, E. R., Sebastian, M., & Govert, J. (2007). *Debriefing in the intensive care unit: A feedback tool to facilitate bedside teaching. Critical Care Medicine*, 35, str. 738–754.
- [9.] Coleman, T. G., & Randall, J. E. (1983). *HUMAN. A comprehensive physiological model. The Physiologist*, 26, str. 15–21.
- [10.] Coleman, T. G., & Summers, R. L. (1997). *Using mathematical models to better understand integrative physiology. Journal of Physiology and Biochemistry*, 53, str. 45–46.
- [11.] Coleman, T. G., Hester, R. L., & Summers, R. L. (2010). *Hummod model version 1.5*. [Online] <http://www.hummod.org>.
- [12.] Comenius, J. A. (1656). *Schola Ludus, seu encyclopaedia viva*. Sarospatak.
- [13.] Day, R. S. (2006). *Challenges of biological realism and validation in simulation-based medical education. Artificial Intelligence in Medicine*, 38, str. 47–66.
- [14.] de Freitas, S. I. (2006). *Using games and simulations for supporting learning. Learning, Media and Technology*, 31, str. 343–358.

- [15.] Dunkin, B., Adrales, G. L., Apelgren, K., & Mellinger, J. D. (2007). *Surgical simulation: a current review. Surgical endoscopy*, 21, str. 357–366.
- [16.] Ellaway, R. H., Kneebone, R., Lachapelle, K., & Topps, D. (2009). *Practica continua: Connecting and combining simulation modalities for integrated teaching, learning and assessment. Medical Teacher*, 31, str. 725–731.
- [17.] Fritzon, P. (2003). *Principles of object-oriented modeling and simulation with Modelica 2.1*. Wiley-IEE Press.
- [18.] Gondžilašvili, J., Kofránek, J., Pokorný, Z., & Brelidze, Z. (1987). *Matematickoje modelirovanie intenzivnosti obmennyh processov pri različnyh uslovijach vněšnej sredy. Věstnik Akademii Medicinskich Nauk SSSR*, str. 81–87.
- [19.] Guyton, A. C., Coleman, T. G., & Grander, H. J. (1972). *Circulation: Overall regulation. Ann. Rev. Physiol.*, 41, str. 13–41.
- [20.] Guyton, A. C., Jones, C. E., & Coleman, T. G. (1973). *Circulatory physiology: cardiac output and Its regulation*. Philadelphia, London, Toronto: WB Saunders Company.
- [21.] Guyton, A. C., Taylor, A. E., & Grander, H. J. (1975). *Circulatory physiology II. Dynamics and control of the body fluids*. Philadelphia, London, Toronto: W. B. Saunders.
- [22.] Hall, J. E. (2004). *The pioneering use of system analysis to study cardiac output regulation. Am.J.Physiol.Regul.Integr.Comp.Physiol.*, 287, str. R1009–R1011.
- [23.] Hammond, J., Berman, M., Chen, B., & Kushins, L. (2002). *Incorporation of a computerized human patient simulator in critical care training: A preliminary report. The Journal of Trauma, Injury, Infection, and Critical Care*, 53, str. 1064–1067.
- [24.] Hester, R. K., Summers, R. L., Illescu, R., Esters, J., & Coleman, T. (2009). *Digital Human (DH): An integrative mathematical model of human physiology. Proceedings of MOD-SIM World Conference NASA/CP-2010-216205* (str. 129–134). NASA.
- [25.] Hester, R. L., Coleman, T., & Summers, R. L. (2008). *A multilevel open source model of human physiology. The FASEB Journal*, 22, str. 756.
- [26.] Hester, R. L., Illescu, R., Summers, R. L., & Coleman, T. (2010). *Systems biology and integrative physiological modeling. Journal of Physiology*, published ahead of print December 6, 2010, doi:10.1113/jphysiol.2010.201558, str. 1–17.
- [27.] Hines, M. L., & Carnevale, N. T. (2001). *NEURON: a tool for neuroscientists. The Neuroscientist*, 7, str. 123–135.
- [28.] Ikeda, N., Marumo, F., & Shirsataka, M. (1979). *A Model of overall regulation of body fluids. Ann. Biomed. Eng.*, 7, str. 135–166r
- [29.] Jones, A., & Lorraine, S. (2008). *Can human patient simulator be used in physiotherapy education? The Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice*, 5, str. 1–5.
- [30.] Kobayashi, L. K., Patterson, M. D., Overly, F. L., Shapiro, M. J., Williams, K. A., & Jay, G. D. (2008). *Educational and research implications of portable human patient simulation in acute care medicine. Academic Emergency Medicine*, 15, str. 1166–1174.
- [31.] Kofránek, J. (1980). *Modelování acidobazické rovnováhy krve. Disertační práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta všeobecného lékařství.*
- [32.] Kofránek, J., & Rusz, J. (2007). *Od obrázkových schémat k modelům pro výuku. Československá fyziologie*, 56, str. 69–78.
- [33.] Kofránek, J., & Rusz, J. (2010). *Restoratiion of Guyton diagram for regulation of the circulation as a basis for quantitative physiological model development. Physiological Research*, 59, str. 891–908, 2010

- [34.] Kofránek, J., Andrlík, M., & Kripner, T. (2005). *Biomedical educations with Golem*. V V. Mařík, P. Jacovkis, O. Štěpánková, & J. Kléma (Editor), *Interdisciplinary Aspects of Human-Machine Co-existence and Co-operation*. (str. 142–151). Praha: Czech Technical University in Prague.
- [35.] Kofránek, J., Andrlík, M., & Kripner, T. (2003). *Virtual patient behind the screen using computer simulator GOLEM*. V D. D. Feng, & E. R. Carson (Editor), *Proceedings volume from the 5th IFAC Symposium, Melbourne 2003.*, (str. 479–485).
- [36.] Kofránek, J., Andrlík, M., Kripner, T., & Mašek, J. (2002). *From art to industry in design of biomedical simulators. Experience of the Golem simulator project*. V M. Callaos, G. Whymark, & W. Lesso (Editor), *The 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics*. Orlando, Florida, USA. *Proceedings. Volume XIII. Concepts and Applications of Systemics, Cybernetics and Informatics III.*, (str. 249–256).
- [37.] Kofránek, J., Andrlík, M., Kripner, T., & Mašek, J. (2002). *Simulation chips for GOLEM – multimedia simulator of physiological functions*. V J. G. Anderson, & M. Kapzer (Editor), *Simulation in the Health and Medical Sciences 2002*. (str. 159–163). San Diego: Society for Computer Simulation International, Simulation Councils.
- [38.] Kofránek, J., Anh Vu, L. D., Snášelová, H., Kerekeš, R., & Velan, T. (2001). *GOLEM – Multimedia simulator for medical education*. V L. Patel, R. Rogers, & R. Haux (Editor), *MEDINFO 2001, Proceedings of the 10th World Congress on Medical Informatics*. 1042–1046. London: IOS Press.
- [39.] Kofránek, J., Brelidze, Z., & Gondžilašvili, J. (1984). *Modélirvanie dinamiky gazoobmena i jeho analiz posredstvom imitacionnykh eksperimentov na EVM*. V *Voprosy biologičeskoj i medicinskoj tehniki*. (str. 90-107). Tbilisi: Mecniereba.
- [40.] Kofránek, J., Maruna, P., Andrlík, M., Stodulka, P., Kripner, T., Wünsch, Z., a další. (2004). *The design and development of interactive multimedia in educational software with simulation games*. *Proceedings of the Seventh IASTED International Conference on Computer Graphics And Imaging*. (str. 164–170). Anaheim, Calgary, Zurich: The International Assotioation of Science and Technology for Development.
- [41.] Kofránek, J., Mateják, M., & Privitzer, P. (2010). *Web simulator creation technology*. *Mefanet Report*, 3, str. 32–97. Práce je dostupná na adrese <http://physiome.cz/references/mefanetreport03.pdf>.
- [42.] Kofránek, J., Mateják, M., Matoušek, S., Privitzer, P., Tribula, M., & Vacek, O. (2008). *School as a (multimedia simulation) play: use of multimedia applications in teaching of pathological physiology*. *MEFANET 2008. CD ROM Proceedings*, ISBN 978–80–7392–065–4 (kofranek.pdf: str. 1–26). Brno: Masarykova Univerzita, Brno.
- [43.] Kofránek, J., Matoušek, S., Andrlík, M., Stodulka, P., Wünsch, Z., Privitzer, P., a další. (2007). *Atlas of physiology - internet simulation playground*. V B. Zupanic, R. Karba, & s. Blažič (Editor), *Proceedings of the 6th EUROSIM Congress on Modeling and Simulation, Vol. 2. Full Papers (CD ROM) (MO–2–P7–5: str. 1–9)*. Ljubljana: University of Ljubljana.
- [44.] Kofránek, J., Munclinger, M., Fusek, M., Gondžilašvili, J., Brelidze, Z., Šerf, B., a další. (1988). *Evaluation of cardiorespiratory functions during heart catheterisation through simulation model evaluation*. V E. R. Carson, P. Kneppo, & P. Krekule, *Advances in biomedical measurement* (str. 311-319). New York: Plenum Press.
- [45.] Kofránek, J., Pokorný, Z., Wünsch, Z., Brelidze, Z., Gondžilašvili, J., & Verigo, V. (1982). *Kísločno-šćoločnaja reguljacija vnutrennej sredy organizma*. V M. Kotva (Editor), *Proceedings of the symposium Simulation of Systems in Biology and Medicine, Prague 1982*. (str. B13–C4). Praha: Dům Techniky, ČSVTS.

- [46.] Kofránek, J., Pokorný, Z., Wunsch, Z., Brelidze, Z., Gondžilašvili, J., & Verigo, V. (1982). *Matěmaticeskaja moděl gazoobměna v alveoljach i tkaňach kak časť obščej moděli vnutrennej srody organizma*. V M. Kotva (Editor), *Proceedings of the symposium Simulation of Systems in Biology and Medicine, Prague 1982*. (str. C11–D2). Praha: Dům Techniky, ČSVTS.
- [47.] Kofránek, J., Pokorný, Z., Wunsch, Z., Brelidze, Z., Gondžilašvili, J., & Verigo, V. (1982). *Moděl vodnosolevogo osmotičeskogo i kislотноščoločnogo gomeostazisa vnutrennej srody*. V M. Kotva (Editor), *Proceedings of the symposium Simulation of Systems in Biology and Medicine, Prague 1982*. (str. C11–D2). Praha: Dům techniky, ČSVTS.
- [48.] Kofránek, J., Privitzer, P., Matoušek, S., Vacek, O., & Tribula, M. (2009). *Schola Ludus in modern garment: use of web multimedia simulation in biomedical teaching*. *Proceedings of the 7th IFAC Symposium on Modelling and Control in Biomedical Systems, Aalborg, Denmark, August 12-14, 2009*, (str. 425–430).
- [49.] Kofránek, J., Ruzs, J., & Matoušek, S. (2007). *Guytons diagram brought to life – from graphic chart to simulation model for teaching physiology*. V P. Byron (Editor), *Technical Computing Prague 2007. Full paper CD–ROM proceedings*. (str. 1–13). Praha: Humusoft s.r.o. & Institute of Chemical Technology.
- [50.] Kofránek, J., Snášelová, H., Anh Vu, L. D., & Svačina, Š. (2001). *Multimedia simulation games in medical education*. V E. J. Kerckhoffs, & M. Šnorek (Editor), *Proceedings of European Simulation Multiconference, Prague 2001*. (str. 995–999). Erlagen: SCS Publishing House.
- [51.] Kofránek, J., Velan, T., & Janicadis, P. (2000). *Golem – Computer simulator of body fluids and acid-base disorders as an efficient teleeducation tool*. *Proceedings of IFAC Symposium, Karlsburg, Greifswald, 30.3.- 1.4.2000*. (str. 233–242). Oxford: Pergamon, Elsevier Science.
- [52.] 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.
- [53.] Kofránek, J., Velan, T., Janicadis, P., & Kerekeš, R. (2001). *Diagnostic and treatment of virtual patients with Golem – multimedia simulator of physiological functions*. V J. G. Anderson, & M. Kaptzer (Editor), *Simulation in the Health and Medical Sciences, 2001*. (str. 157–164). San Diego: Society for Computer Simulation International, Simulation Councils.
- [54.] Kofránek, J., Vrána, C., Velan, T., & Janicadis, P. (2001). *Virtual patients on the net – Multimedia simulator Golem*. V L. Badernstern, & E. Ossinnilsson (Editor), *Proceedings of the European Conference on e-Learning in a Lifelong Learning Perspective*. (str. 228–238). Lund: Lund University.
- [55.] Kössi, J., & Luostarinen, M. (2009). *Virtual reality laparoscopic simulator as an aid in surgical resident education two years experience*. 28, str. 48–54.
- [56.] Lane, J. L. (2001). *Simulation in medical education: a review*. *Simulation&Gaming, 32*, str. 297–314.
- [57.] Lehmann, E. D., Tarin, C., Bondia, J., Teufel, E., & Deutsch, T. (2007). *Incorporating a generic model of subcutaneous insulin absorption into the AIDA v4 diabetes simulator*. *Journal of Diabetes Science and Technology, 1*, str. 780–793.
- [58.] Lighthall, G. K. (2007). *The use of clinical simulation systems to train critical care physicians*. *Journal of Intensive Care Medicine, 22*, str. 257–269.

- [59.] Liu, A., Tendick, F., Cleary, K., & Kaufmann, C. (2003). *A Survey of surgical simulation: applications technology, and education*. *Presence*, 12, str. 559–613.
- [60.] Mangourova, V., Ringwood, J., & Van Vliet, B. (2010). *Graphical simulation environments for modelling and simulation of integrative physiology*. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, str. Article in press, doi:10.1016/j.cmpb.2010.05.001, 10 str.
- [61.] Mateják, M., Kofránek, J. (2010). *Rozsáhlý model fyziologických regulací v Modelice*. Medsoft, 2010, sborník příspěvků, Zeithamlová, M. (Ed.), ISSN 1803–8115, *Creative Connections*, Praha 2010, str. 126–146.
- [62.] McGaghie, W. C., Siddall, V. J., Mazmanian, P. E., & Myers, J. (2009). *Lessons for continuing medical education from simulation research in undergraduate and graduate medical education*. *Chest*, 165, str. 625–685.
- [63.] Meyers, R. D., & Doherty, C. L. (2008). *Web-Human physiology teaching simulation (Physiology in health, disease and during therapy)*. [Online] <http://placid.skidmore.edu/human/index.php>.
- [64.] Montani, J. P., Adair, T. H., Summers, R. L., Coleman, T. G., & Guyton, A. C. (1989). *A simulation support system for solving large physiological models on microcomputers*. *Int. J. Biomed. Comput.*, 24, str. 41–54.
- [65.] Reed, K., & Lehmann, E. D. (2005). *Diabetes website review: www.2aida.org*. *Diabetes Technology & Therapeutics*, str. 741–754.
- [66.] Rodriguez-Barbero, A., & Lopez-Novoa, J. M. (2009). *Teaching integrative physiology using the quantitative circulatory physiology model and case discussion method: evaluation of the learning experience*. *Advances in Physiology Education*, 32, str. 304–311.
- [67.] Rosen, K. R. (2008). *The history of medical simulation*. *Journal of Critical Care*, 23, str. 157–166.
- [68.] Satava, R. M. (2008). *Historical review of surgical simulation— a personal perspective*. *World Journal of Surgery*, 32, str. 141–148.
- [69.] Sawyer, T., Hara, K., Thompson, M. W., Chan, D. S., & Berg, B. (2009). *Modification of the Laerdal SimBaby to Include an Integrated Umbilical Cannulation Task Trainer*. *Simulation in Healthcare*, 4, str. 174–178.
- [70.] Sethi, A. S., Peine, W. J., Mohammadi, Y., & Sundaram, C. P. (2009). *Validation of a Novel Virtual Reality Robotic Simulator*. *Journal of Endourology*, 23, str. 503–508.
- [71.] Siggaard-Andersen, M., & Siggaard-Andersen, O. (1995). *Oxygen status algorithm, version 3, with some applications*. *Acta Anaesth Scand*, 39, Suppl 107, str. 13–20.
- [72.] Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2003, české vydání 2004). *Taschenatlas der Physiologie; české vydání: Atlas fyziologie člověka (6. vyd.)*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, české vydání Praha: Grada.
- [73.] Silbernagl, S., & Lang, F. (1998, české vydání 2001). *Taschenatlas der Pathophysiologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, české vydání Praha: Grada.
- [74.] Thomas, R. S., Baconnier, P., Fontecave, J., Francoise, J., Guillaud, F., Hannaert, P., a další. (2008). *SAPHIR: a physiome core model of body fluid homeostasis and blood pressure regulation*. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 366, str. 3175–3197.
- [75.] Tiller, M. (2001). *Introduction to physical modeling with Modelica*. Norwell, Massachusetts, USA: Kluwer Academic Publisher.
- [76.] Van Oosterom, A., & Oostendorp, T. F. (2004). *ECGSIM: an interactive tool for studying the genesis of QRST waveforms*. *Heart*, 9, str. 165–168.

- [77.] Van Vliet, B. N., & Montani, J. P. (2005). *Circulation and fluid volume control. V Integrative Physiology in the Proteomics and Post Genomics Age.* (str. 43–66). Humana Press.
- [78.] Verigo, V. V. (1987). *Systémnye metody kometody v kosmičeskoj medicine i biologii.* (NASA technical translation NASA TT-20291: *Systems methods in space biology and medicine*). *Problemy kosmičeskoj biologii*, 55, str. 1–216.
- [79.] Wayne, D., Didwania, A., Feniglass, J., Fudala, M. J., Barsuk, J. H., & McGaghie, W. C. (2008). *Simulation-based education improves quality of care during cardiac arrest team responses at an academic teaching hospital.* *Chest*, 133, str. 56–61.
- [80.] White, R. J., & Phee, J. C. (2006). *The Digital Astronauts: an integrated modeling and database system for space biomedical research and operations.* *Acta Astronautica*, 60, str. 273–280.
- [81.] Wünsch, Z. (1974). *Biokybernetika ve výuce fyziologie.* *Československá fyziologie*, str. 569–573.
- [82.] Wünsch, Z. (1969). *Minimum lékařské kybernetiky (Základní koncepce, metodiky a způsoby aplikací).* Praha: Učební texty vysokých škol, UK, Fakulta všeobecného lékařství, SPN.
- [83.] Wünsch, Z., & Trojan, S. (1986). *Koncepce výuky biokybernetiky v kurzu fyziologie.* *Československá fyziologie*, 35, str. 385–386.

Poděkování

Práce na tvorbě výukových lékařských simulátorů je mimo jiné podporována z projektu SVV-2010-254260507 a projektem MPO FR—T13/869.

Kontakt:

MUDr. Jiří Kofránek, CSc.

Ústav patologické fyziologie 1.LF UK a VFN

Praha, U nemocnice 5, 128 53 Praha 2

tel: +420 777-68-68-68

e-mail: kofranek@gmail.com

DRG – ZDRAVOTNICKÁ KLASIFIKACE

Pavel Kožený

Anotace

Jedním z nástrojů, které napomáhají řízení, financování a zvyšování kvality zdravotní péče je nepochybně klasifikační systém.

Jak je zřejmé již z označení, klasifikační systém DRG má schopnost zařadit, zatřídit, rozdělit v našem případě hospitalizační případy, do jistých kategorií. V České republice využívaný princip systému IR - DRG se řídí postupy a pravidly, které jsou podobné jako v jiných zemích využívajících klasifikaci ve zdravotnictví.

Nahlíží na případ hospitalizace z klinické i ekonomické (nákladové) stránky. Algoritmus zařazování do DRG skupin se tedy řídí mimo jiné kritériem klinické podobnosti a nákladové homogenity posuzovaného případu. Důležitým principem pro zařazení případu do DRG skupiny je také snaha o zachování efektivity a srozumitelnosti systému ve smyslu počtu a průměrného rozsahu DRG skupin, tedy o naplnění statistického principu klasifikace.

Algoritmus zařazování je obsahem grouperu, klasifikačního software. Tento software je vyvíjen Národním referenčním centrem a každoročně distribuován Ministerstvem zdravotnictví ČR.

Systém IR-DRG umožňuje srovnávat jednotlivá oddělení, střediska nemocnice, ale také činnost nemocnic navzájem. Management nemocnice dostává ve formě klasifikačního systému IR-DRG nástroj pro lepší plánování produkce a její regulaci na úrovni jednotlivých DRG skupin, posuzování objemu použitých léčiv a zdravotnických prostředků. Systém také umožňuje posuzování relace mezi vstupními náklady a úhradou, mezi úhradou a kvalitou zdravotní péče.

Klíčová slova

DRG, klasifikace, klasifikační systém, casemix, grouper, Národní referenční centrum, algoritmus, IR-DRG

1. Úvod

Problematika řízení, financování a zajištění kvality zdravotní péče je již několik desetiletí v popředí zájmu ve všech zemích. Jedním z významných nástrojů, které přispívají ke zvládnutí této problematiky, jsou tzv. casemixové klasifikační systémy.

Nejnámějším casemixovým klasifikačním systémem, který napomáhá řízení, financování a zvyšování kvality zdravotní péče je klasifikační systém DRG (Diagnostic Related Group).

Klasifikační systém DRG má za sebou již 40 let vývoje, používá se ve zdravotnictví většiny vyspělých zemí a před třinácti lety se začalo s jeho zaváděním také v České republice.

DRG umožňuje uchopit realitu klinické praxe, přenést jí pomocí analytických postupů do jazyka použitelného pro vykazování, srovnávání, vyhodnocování a v neposlední řadě i hrazení zdravotní péče.

Jak je zřejmé již z označení, klasifikační systém DRG má schopnost zařadit, zatřídít, rozdělit v našem případě hospitalizační případy, do jistých kategorií. V České republice využívaný princip systému IR - DRG se řídí postupy a pravidly, které jsou podobné jako v jiných zemích využívajících klasifikaci ve zdravotnictví.

2. Principy klasifikace

Podstata casemixu (směsi případů) vychází ze skutečnosti, že výsledky a náklady zdravotnického zařízení jsou významně determinovány určitými atributy pacientů, které zdravotnické zařízení léčí.

Tyto atributy zahrnují několik různých, i když vzájemně souvisejících charakteristik pacientů a jejich onemocnění. Kliničtí pracovníci kladou důraz na závažnost onemocnění, pro administrátory nemocnic je naopak důležitá intenzita nasazení zdrojů pro léčení a s tím spojené náklady na léčení.

Casemixové klasifikační systémy klasifikují případy skutečného léčení do skupin z hlediska klinické příbuznosti a z hlediska nákladové podobnosti.

Z výše uvedeného vyplývá, že formování jednotlivých DRG skupin (zatřídění případů) musí vycházet z určitých pravidel z klinické oblasti, která určují, co jsou klinicky podobné případy. Na druhé straně je DRG založeno i na statistickém sledování vynaložených nákladů na léčení. Tato statistická pravidla určují, zda lze klinicky podobné případy zařadit do jedné DRG skupiny.

Důležitým principem pro zařazení případu do DRG skupiny je také snaha o zachování efektivity a srozumitelnosti systému ve smyslu počtu a přiměřeného rozsahu DRG skupin, tedy o naplnění statistického principu klasifikace.

Návrh klasifikačního systému DRG je tedy vystavěn na třech základních principech. První princip je **klinická smysluplnost** jednotlivých DRG skupin, tj. případy klasifikované do jedné DRG skupiny jsou z klinického hlediska podobné. Další dva principy mohou být s prvním za určitých okolností v rozporu a mohou být v rozporu i mezi sebou. Druhým principem je **přijatelný počet DRG skupin** v klasifikaci, aby klasifikační systém byl zvládnutelný z administrativního hlediska. Třetím principem je, že náklady spojené s případy klasifikovanými do jedné DRG skupiny musí být z nákladového hlediska dostatečně homogenní – **nákladová homogenita** případů.

Klinický a statistický pohled se dostávají často do rozporu, nicméně klinický pohled by měl respektovat statistické hledisko.

3. Klinická pravidla pro tvorbu klasifikace DRG

Při tvorbě systému DRG vycházejí autoři z reálného stavu – z klinické dokumentace hospitalizovaných pacientů. Na závěr hospitalizace je ošetřujícím lékařem vystavena podrobná propouštěcí zpráva, která musí obsahovat epikrizu (popis zásadních událostí při hospitalizaci), základní diagnózu a případně vedlejší diagnózy.

Byl určen výběr parametrů nemocničních případů, které je možné použít ke třídění v klasifikačním systému DRG. Jsou to jednak identifikační údaje paci-

enta (věk, pohlaví), údaje popisující průběh hospitalizace (příjmová diagnóza, provedené výkony, hlavní diagnóza, vedlejší diagnózy, způsob ukončení hospitalizace).

Tyto údaje slouží dále jako kritéria pro rozhodování, do které DRG skupiny hospitalizace spadá při klasifikaci.

Postup třídění na základě parametrů, definujících jednotlivé hospitalizační případy, je popsán v definičním manuálu DRG. Je to základní dokument, který popisuje sledované parametry a sled dílčích postupů (algoritmů), se kterými se pracuje při zařazování do DRG skupin.

4. Algoritmus klasifikace IR-DRG

Algoritmus zařazování je obsahem grouperu, klasifikačního software. Tento software je vyvíjen Národním referenčním centrem (NRC) a každoročně distribuován Ministerstvem zdravotnictví ČR.

Grouper dle definičního manuálu zpracovává údaje o hospitalizačních případech ve formě tzv. vstupní věty. Výsledkem je klasifikace každého případu do hlavní diagnostické kategorie (MDC), v ní pak do báze DRG a v bázi do konkrétní DRG skupiny. (Báze – příbuzné DRG skupiny, které se od sebe liší jen mírou komplikací a komorbidit dle vedlejších diagnóz).

Hlavní diagnostické kategorie (MDC) jsou v DRG členěny podle orgánových soustav.

Algoritmus klasifikace IR-DRG v definičním manuálu je nastaven do 5 základních funkčních kroků, které kompletně proběhnou, pokud nedojde k přiřazení případu při některém z nich. Rámcová schéma viz obrázek 1.

První krok

Atribut – věk případu. Pokud je zjištěn věk do 8 dnů, klasifikuje se případ do hlavní diagnostické kategorie MDC 15: Novorozenci a choroby způsobené v perinatálním období. V této MDC jsou následně případy novorozenců tříděny v závislosti na porodní hmotnosti a provedených výkonech do konkrétních DRG skupin. V případě neověření platnosti diagnózy je případ vyloučen z dalšího procesu klasifikace.

Druhý krok

Systém testuje možnost přiřazení případu do některé z DRG (0001* – 0004*) MDC 00 (PreMDC). Tato hlavní MDC zahrnuje případy, u nichž je rozhodující provedení vybraných výkonů bez ohledu na hlavní diagnózu. O přiřazení do této MDC rozhodují následující výkony: transplantace srdce nebo plic, jater, kostní dřeně, dlouhodobá umělá plicní ventilace.

Třetí krok

Systém prověřuje možnost klasifikovat případ na základě výkonu či hlavní diagnózy do jednotlivých skupin MDC 25: Mnohočetná traumata

Čtvrtý krok

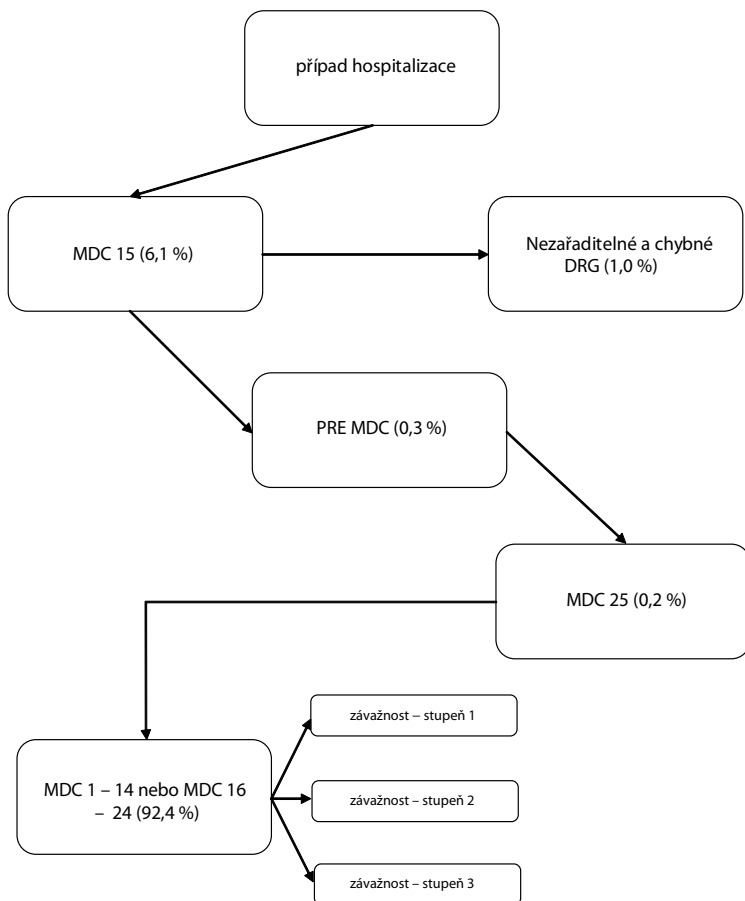
Všechny případy, které nebyly zařazeny během prvních tří kroků (většina), se orientují orgánově do některé takto členěné MDC v rozsahu 1–14 a 16–24.

Orgánově vymezený kód provedeného výkonu nebo diagnóza přiřadí ve 4. Krok případ k příslušné orgánové MDC.

Pátý krok

Specifikace závažnosti - u jednotlivých případů jsou hodnoceny vedlejší diagnózy.

Výsledkem tohoto procesu je postupné obsazování pozic pětiznakového kódu DRG skupiny číslicemi, které nesou informaci o výsledku jednotlivých kroků.



Obrázek 1

5. Kódování v DRG

Údaje o poskytnuté zdravotní péči je pro potřeby klasifikace nutné popsat pomocí kódů. Pro kódování výkonů se v ČR používá Seznam zdravotních výkonů s bodovými hodnotami a pro kódování diagnóz je používána desátá verze mezinárodní klasifikace nemocí (MKN 10).

Zásadní pro správnou klasifikaci je správné kódování, tj. převod zápisu klinického průběhu ve zdravotnické dokumentaci do kódů základní diagnózy, popřípadě vedlejších diagnóz a významných výkonů.

Pro výkony, které jsou pro klasifikaci nezbytné, ale v seznamu zdravotních výkonů nejsou zařazeny, jsou uměle vytvořeny kódy, tzv. DRG markery.

6. Kvalita klasifikačního systému

Jak dobře klasifikuje naše verze případy do DRG skupin, případně, která z verzí systému klasifikuje nelépe případy z našich nemocnic?

Na tyto otázky odpoví měření tzv. výkonnosti (performance) klasifikačního systému. Pro hodnocení výkonnosti klasifikace se nejčastěji používá ukazatel redukce variance R^2 . Pro klasifikační systém DRG nabývá tento ukazatel hodnot mezi 30 – 60 %. Znamená to, že klasifikací případů do DRG skupin jsme schopni vysvětlit 30 až 60 % variability nákladů nebo délky hospitalizace.

Ukazatel R^2 vyhodnocujeme vždy na určitém souboru hospitalizačních případů.

7. Použití klasifikačního systému DRG

Jelikož principem klasifikace DRG je nákladová podobnost případů v jedné DRG skupině, nabízí se přirozeně možnost použít DRG pro úhradu zdravotní péče. K tomuto využití je nutné v IR-DRG stanovit tzv. relativní váhy DRG skupin, které v rámci správy a rozvoje DRG společně s grouperem, definičním manuálem a dalšími výstupy předává Národní referenční centrum Ministerstvu zdravotnictví ČR k další distribuci.

Jednotná metodologie klasifikačního systémů DRG nabízí při řízení nemocnice možnosti zkoumat produkci zdravotnického zařízení v jednotné struktuře. Systém IR-DRG tedy umožňuje srovnávat jednotlivá oddělení, střediska nemocnice, ale také činnost nemocnic navzájem. Management nemocnice dostává ve formě klasifikačního systému IR - DRG nástroj pro lepší plánování produkce a její regulaci na úrovni jednotlivých DRG skupin, posuzování objemu použitých léčiv a zdravotnických prostředků. Využívání DRG při finančním řízení zdravotnického zařízení může vést ke snižování nákladů nemocnice při zachování kvalitní péče. Systém také umožňuje posuzování relace mezi vstupními náklady a úhradou, mezi úhradou a kvalitou.

Právě v **oblasti hodnocení kvality zdravotní péče** má klasifikační systém výrazný potenciál.

Klasifikační systém DRG je v procesu sledování a hodnocení kvality zdravotní péče často označován jako nástroj první volby, který má za úkol rozřadit sledovanou databázi dle určitých kritérií, čili dimenzí.

Dimenze mohou být tradiční (pohlaví, věk, diagnózy, geografie, období, způsob ukončení ...), specifické (organizační struktura, účty v účetnictví), a analytické (mapují prvky dimenze specifické pro organizaci na společný číselník prvků – účty v účetnictví versus obrátové druhy).

Národní referenční centrum každoročně získává celorepubliková produkční data zpracovaná grouperem od zdravotních pojišťoven. Tato data jsou mimo jiné použita také v projektech zaměřených na vyhodnocování ukazatelů kvality zdravotní péče a dalších aktivitách NRC.

8. Závěr

Letitá přizpůsobování klasifikačního systému DRG a jeho využívání v České republice přinášejí převládající názor, že je to systém užitečný a perspektivní jak pro klasifikaci, tak pro zapojení do úhradových mechanismů. Důkazem toho je jeho stále širší a častější využití v našich zdravotnických zařízeních a také podpora aktivit spojených se správou a rozvojem systému DRG na půdě Národního referenčního centra ze strany českých zdravotních pojišťoven a Ministerstva zdravotnictví ČR.

Co bude s DRG v České republice dále, do značné míry závisí na směru dalšího vývoje veřejného zdravotního pojištění.

Literatura

[1.] Pavel Kožený, Jiří Němec, Jana Kárníková, Miroslav Lomíček (2010). *Klasifikační systém DRG*, Grada Publishing, a.s. Praha

Kontakt

Ing. Pavel Kožený, Ph.D.,
Národní referenční centrum,
Vinohradská 112, 130 00 Praha 3,
tel.221752108,
email: pavel.kozeny@nrc.cz
<http://www.nrc.cz>

NOVÉ ONLINE SLUŽBY NÁRODNÍ LÉKAŘSKÉ KNIHOVNY

Filip Kříž, Lenka Maixnerová, Ondřej Horskák

Anotace

Národní lékařská knihovna dokončila počátkem roku 2011 vývoj nové verze portálu Medvik (www.medvik.cz). Portál nově umožňuje plnotextové prohledávání všech databází provozovaných v systému Medvik (katalogy, BMČ, autoritní báze). Nová verze portálu efektivně využívá tezauru Medical Subject Headings ve formě „tag cloud“ a propojení dokumentů se záznamy personálních autorit. Výsledky dotazů jsou primárně řazeny podle relevance s možnostmi fasetové navigace a zpřesňováním výsledků hledání. Uživatelům je k dispozici řada funkcí umožňujících rychlý a pohodlný přístup k odborným informacím a navazujícím službám. Od roku 2011 mají registrovaní uživatelé NLK k dispozici online službu federativního vyhledávání, která umožňuje prohledávat většinu licencovaných elektronických zdrojů dostupných v NLK. Zájemci o starší literaturu si mohou prostřednictvím služby E-books on Demand nechat zhotovit elektronické kopie monografií ve formátu PDF.

Klíčová slova

informační služby, informační portály, fasetová navigace, tag clouds, Medical Subject Headings, bibliografie, federativní vyhledávání, digitalizace, e-books on demand, Národní lékařská knihovna

1. Úvod

Informační služby knihovny se musí vyvíjet v závislosti na očekávání uživatelů zvyklých na jednoduché vyhledávací postupy stávajících webových vyhledávačů. Pro řadu uživatelů je také problémem orientace v nabídce elektronických informačních zdrojů poskytovaných knihovnou a zvládnutí postupů práce v různých uživatelských rozhraních těchto zdrojů. Proto Národní lékařská knihovna (NLK) v roce 2010 započala vývoj nové verze portálu Medvik a pro registrované uživatele pořídila nástroj pro centralizované federativní vyhledávání v externích online zdrojích. V souvislosti s digitalizačními aktivitami NLK byla také zprovozněna služba E-books on Demand (EOD) – objednávání digitalizace knih nechráněných autorským zákonem.

2. Nová verze Portálu Medvik

NLK vyvíjí a provozuje portál Medvik (www.medvik.cz), který zajišťuje uživatelům přístup k bibliografickým a autoritním databázím provozovaným v systému MEDVIK (Medicínská virtuální knihovna). Hlavními bibliografickými databázemi spravovanými NLK jsou Katalog Medvik a Bibliographia medica Českoslovača, autoritní báze představují soubory českých lékařských autorit (jména osob a korporací) a tezaurus Medical Subject Headings. Počet bibliografických a autoritních záznamů dosahuje téměř 900 tisíc. Architektura řešení ani design předchozí verze portálu Medvik nebyl optimální pro rychlé

a efektivní vyhledávání. Bylo proto vytvořeno nové řešení, které automaticky agreguje záznamy z uvedenýchází do jedné společné databáze.

Nová verze portálu pracuje již nad společnouází a umožňuje tak efektivní přístup k uloženým informacím a navazujícím službám z jednoho místa. Základní hledání, dostupné vždy na všech stránkách portálu, je založené na plnotextovém přístupu a neklade tak na uživatele vysoké nároky při jednoduchém vyhledávání. Typicky uživatel pomocí hlavního formuláře zadá nespecifikovaný dotaz, na základě kterého systém vrátí obvykle větší počet výsledků. Pomocí fasetové navigace (klastřů výsledků na základě různých kritérií) může uživatel seznam výsledků snadno dále zužovat a dostat se tak k relevantnímu výsledku. Zvolené fasety může uživatel z dotazu odstraňovat a má možnost vybrat více hledisek najednou pomocí lokálních filtrů. Součástí úvodní stránky portálu je také blok rychlého hledání, které umožňuje rychlé zadání přesněji specifikovaných dotazů pro konkrétní potřeby – vyhledání časopisů, předmětů, autorů a odborných akcí. Zároveň však portál poskytuje nástroje pro pokročilé vyhledávání s možností kombinování dotazů pomocí logických operátorů, které umožňuje provádět komplexní rešeršní postupy.

Seznam výsledků lze zobrazovat v různých formátech a řadit podle relevance, data vydání, názvu a autora. Důraz byl kladen na zobrazení nejdůležitějších údajů a využití vazeb mezi bibliografickými a autoritními záznamy. U každého zobrazeného záznamu je lišta s dostupnými navazujícími službami – odkazy na plné texty, objednání kopie, zobrazení detailu a abstraktu, objednání digitální kopie (služba EOD - viz kapitola 4) atd. Zobrazení dostupných exemplářů pro objednání výpůjčky nebo rezervace bude zapracováno v další etapě vývoje portálu, aktuálně je pouze zobrazen odkaz na katalog ve staré verzi portálu. Výsledky lze snadno ukládat do schránky a exportovat záznamy ve zvolených formátech nebo pouze vybrané údaje z těchto záznamů. Další funkce budou postupně doplňovány, připravuje se možnost štítkování – zařazování výsledků ve schránce do uživatelem definovaných skupin, autentifikace uživatele a možnost uložení některých nastavení, persistentní odkazy na záznamy a možnosti sdílení záznamů v sociálních sítích a odkazových službách, exporty v citačních formátech atd.

2.1 Využití tezauru Medical Subject Headings

NLK překládá do češtiny a zpřístupňuje americký tezaurus Medical Subject Headings (MeSH) pro indexaci bibliografických záznamů [1]. Většina záznamů v bázích Medvik je indexována s využitím hesel (deskriptorů) a podhesel (kvalifikátorů) tohoto tezauru. Význam používání hesel MeSH pro vyhledávání informací je dobře znám [2]. Uživatelé však často o existenci tohoto nástroje z různých důvodů nevědí nebo ho neumí při vyhledávání efektivně využívat. Proto byl při vývoji kladen důraz na zviditelnění a uživatelsky přívětivé využití tezauru MeSH při vyhledávání.

V novém portálu je MeSH prezentován více způsoby. Na úvodní stránce portálu má uživatel možnost procházet stromovou strukturu tezauru a následně si zobrazit bibliografické záznamy indexované příslušným heslem. Může také

procházet celou společnou databází pomocí oblaku hesel MeSH (tzv. tag cloud) a prohlížet a dále filtrovat seznamy souvisejících výsledků. Po zadání dotazu se pod seznamem výsledků zobrazuje dynamicky generovaný oblak hesel, který vždy odpovídá zadanému dotazu a který se aktualizuje při každé další úpravě dotazu. Implementace „tag cloud“ byla inspirována řešením LigerCat [3]. Samotné zobrazení oblaku bylo vylepšeno o sémantické rozdělení jednotlivých hesel do souvisejících kategorií podle 16 hlavních větví stromové struktury MeSH, podobně řešení sémantického řazení tagů je navrhováno zde [4]. Velikost písma jednotlivých hesel je založena na statistickém výskytu daného hesla v aktuálním výsledku - množině bibliografických záznamů a je relativní pro každou kategorii. Portál pracuje jak s českou tak anglickou verzí tezauru a je možno při vyhledávání používat oba jazyky a libovolně kdykoli zobrazení přepínat. Po kliknutí na konkrétní heslo MeSH je vždy termín přidán do dotazu a dojde k aktualizaci seznamu výsledků a všech souvisejících klastrů fasetové navigace. Uživatel se tak dostane k relevantním výsledkům pouhým klikáním aniž by se musel zabývat identifikací a zápisem konkrétních hesel MeSH do vyhledávacího formuláře. Ukázka zobrazení oblaku MeSH hesel je uvedena na Obrázek 1.

The screenshot shows the MedGate search interface. At the top, it says "MedGate Centrální vyhledávání v e-zdrojích NLK". Below this, there are navigation tabs for "Úspěšné hledání" and "Nové hledání". The main search area is titled "Filtrovat dle:" and contains a list of MeSH categories: "Moderate, severe", "Adults with atopic dermatitis", "Allergic", "Adult atopic dermatitis", "Adult patients with atopic dermatitis", "Cells", "Atopic dermatitis in children and adults", "Psoriasis", and "Skin". To the right, there is a search bar and a "Náhled" (Preview) section showing a snippet of a search result. Below the search bar, there are buttons for "Výbrat veškeré záznamy" and "Exportovat vybrané záznamy". The "Exportovat vybrané záznamy" section has radio buttons for "Přes do RefWorks", "Ve formátu kompatibilním s EndNote, ProCite atp.", "Jako HTML", and "Jako prostý text". Below this, there are buttons for "Storno" and "Exportovat". The main results area shows a list of search results, each with a checkbox, a title, and a snippet. The results are numbered 1 through 4. The titles of the results are: 1. Cost-effectiveness of tacrolimus ointment in adults and children with moderate and severe atopic dermatitis: twice-weekly maintenance treatment vs. standard twice-daily reactive treatment of exacerbations from a third party payer (U.K. National...; Healy, E.; Bertley, A.; Fidler, C.; Chambers, C.; Healy, E. British Journal of Dermatology (2007-0963) 2/2/2011. Vol.164, Vyd.2: str.387-395; Zdroj: EBSCOhost - Academic Search Complete; Zobrazit abstrakt; Zobrazit ve skupině; 2. Cost-effectiveness of tacrolimus ointment in adults and children with moderate and severe atopic dermatitis: twice-weekly maintenance treatment vs. standard twice-daily reactive treatment of exacerbations from a third party payer (U.K. National Health Service) perspective; Healy, E.; Bertley, A.; Fidler, C.; Chambers, C. British Journal of Dermatology February 2011. Vol.164, Vyd.2: str.387-395(9); Zdroj: Inspec/Comect; Zobrazit ve skupině; 3. Cost-effectiveness of tacrolimus ointment in adults and children with moderate and severe atopic dermatitis: twice-weekly maintenance treatment vs. standard twice-daily reactive treatment of exacerbations from a third party payer (U.K. National Health Service) perspective; Healy, E.; Bertley, A.; Fidler, C.; Chambers, C. British Journal of Dermatology (2007-0963) February 2011. Vol.164, Vyd.2: str.387-395; Zdroj: Journals@Ovid Full Text; Zobrazit ve skupině; 4. Sensory processing patterns of adults with atopic dermatitis; ...

Obrázek 1 - Ukázka zobrazení oblaku MeSH hesel - kategorie C, D, E

2.2 Využití souborů lékařských autorit

NLK od roku 2000 buduje databázi autoritních záznamů personálních jmen a korporací. U každé osoby/korporace je vytvořeno preferované záhlaví, odkazy typu viz a viz též, biografické poznámky, odkazy na domovské a osobní stránky, portréty apod. Databáze obsahuje cca 77 600 jmen osob a cca 15 500 názvů korporací. V bibliografických záznamech monografií a článků se do selekčních autorských údajů uvádí pouze preferované záhlaví. Cílem je, aby každému píšicimu autorovi byly přiřazeny jeho publikace. Propojení bibliografických záznamů s autoritními záznamy umožňuje odlišit díla autorů stejného jména nebo naopak spojit díla pod rodným a získaným jménem u vdaných žen. Nová verze portálu Medvik umožňuje efektivním způsobem vyhledat publikace nebo články konkrétního autora/korporace a publikace nebo články pojednávající o určité osobě/korporaci. Ukázka rozlišení dvou autorů stejného jména viz Obrázek 2.

Komárek, Stanislav, 1958 srp. 6.-

Narozen 6.8.1958 v Jindřichově Hradci. Profesor filosofie a dějin přírodních věd, RNDr. et Dr., Ph.D. Biolog - dějiny biologie, vztahy přírody a kultury a biologickou estetikou. V letech 1983-90 působil v emigraci ve Vídni v Naturhistorickém muzeu, na ministerstvu zemědělství a posléze na Zoologickém ústavu Vídeňské univerzity. Publikace o poměrech mezi věděním a mocí, o psychologii a o specifikách jednotl. kultur.

Osoba [autoritní forma] - Zdroj: autority Medvik

Komárek, Stanislav, 1958 srp. 20.-

Nar. 20.8.1958 v Hradci Králové. MUDr., CSc. Stomatolog. Práce a překlady v oboru.

Osoba [autoritní forma] - Zdroj: autority Medvik

Obrázek 2 – Ukázka rozlišení autorů se jménem Stanislav Komárek

3. Centrální vyhledávání – služba MedGate

Pro řadu uživatelů je také problémem orientace v nabídce elektronických informačních zdrojů poskytovaných knihovnou a zvládnutí postupů práce v různých uživatelských rozhraních těchto zdrojů. Částečným řešením tohoto problému jsou systémy federativního vyhledávání, které umožňují přes jednotné rozhraní paralelně vyhledávat v těchto informačních zdrojích a dále pracovat s nalezenými výsledky. Jednotné rozhraní zároveň slouží uživatelům jako rozcestník pro orientaci v poskytovaných zdrojích. Uživatelé tak mohou snadno identifikovat konkrétní databáze, které obsahují informace relevantní k jejich požadavkům a případně mohou dále pokračovat ve vyhledávání již v rozhraní konkrétní databáze. V případě plnotextových zdrojů mohou z jednoho místa snadno zjistit, kde se nachází plný text požadovaného článku a rovnou se k plnému textu dostat bez nutnosti procházet jednotlivé databáze. NLK proto implementovala další produkt SerialsSolutions zvaný 360 Search, který doplňuje stávající službu Portálu elektronických zdrojů NLK [5].

Nová služba se jmenuje MedGate - centrální vyhledávání v e-zdrojích NLK a je dostupná zde [6]. Protože však tato služba prohledává i licencované zdroje, je přístupná pouze pro registrované čtenáře NLK a to buď lokálně z počítačové sítě NLK nebo vzdáleně. Vzdálený přístup ke službě MedGate je možný přes URL adresu: <http://web.medvik.cz/han/medgate>. Aktuálně je prohledávatelných cca 40 licencovaných i volných online zdrojů. Dostupné zdroje jsou pro lepší orientaci rozdělené podle zaměření obsahu databází do skupin, pro vyhledávání plných textů je k dispozici samostatná skupina Plné texty. Uživatel má možnost před započítím samotného hledání vybrat buď konkrétní skupiny databází nebo konkrétní zdroje, případně může vyhledávat ve všech zapojených zdrojích. MedGate nabízí dva způsoby hledání - základní a rozšířené, které umožňuje kombinovat více podmínek hledání pomocí logických operátorů. Podmínky hledání jsou následující: název, autor, plnotextové hledání, klíčové slovo, předmět, abstrakt, ISSN, ISBN a libovolné (ve všech polích).

Výsledky vyhledávání se zobrazují průběžně, jsou řazeny podle data publikování, lze je však řadit i podle názvu, autora či zdroje záznamu. Výsledky je dále možno omezit pouze na ty, u nichž je dostupný fulltext, či na peer-reviewed zdroje pomocí filtru. Výsledky jsou řazeny do skupin - klastrů podle tématu, data vydání, zdrojového časopisu a autora, je možno také procházet výsledky po jednotlivých zdrojích. Výsledky jsou automaticky deduplikovány v případech, kdy se obsahy zdrojů překrývají. Uživatelé mají možnost zobrazit abstrakt, přejít na dostupný plný text a exportovat (nebo si zaslat e-mailem) vybrané výsledky v různých citačních formátech (EndNote, ProCite). Ukázka zobrazení výsledků viz Obrázek 3.

C - Nemoci

kardiovaskulární nemoci **diabetes mellitus** metabolismus - nemoci diabetes -
 komplikace diabetes mellitus 1. typu **diabetes mellitus 2. typu**
hypertenze hyperthyreoidismus hypothyreoidismus **metabolický syndrom X** tělesná
 hmotnost zánět hladovění hyperaldosteronismus hyperglykémie hyperinsulinismus infarkt myokardu koronární nemoc
 ledviny - nádory **obezita** syndrom polycystických ovarií **tělesná hmotnost - změny**
 ateroskleróza hmotnostní přírůstek **hmotnostní úbytek** hyperlipidémie infertilita ženská **insulin -**
rezistence hypercholesterolémie hyperlipoproteinémie

D - Chemikálie a léčiva

hormony **laktony** hormony ektopické ketolátky sulfonylmočovinnové sloučeniny thyreoidální hormony triglyceridy
 angiotensinogen glukosa **hypoglykemika** látky ovlivňující centrální nervový systém leptin thyroxin
antihypertenziva dehydroepiandrosteron krevní glukosa **látky proti obezitě** metformin
 psychotropní léky anorektika antipsychotika cyklobutany dehydroepiandrosteronsulfát hydrokortison insulin
 lipasa

E - Analytické, diagnostické a terapeutické techniky a přístroje

Obrázek 3 – Ukázka zobrazení výsledků MedGate - dotaz: dermatitis atopica

4. Služba E-books on Demand

Od začátku roku 2011 NLK poskytuje novou službu objednávání digitálních kopií knih z fondu NLK (E-books on Demand – EOD), u kterých již uplynula ochranná lhůta stanovená autorským zákonem – tedy knihy vydané do roku 1910 nebo knihy, kde již uplynulo více než 70 let od smrti autora. Vlastní digitalizace a vyřízení objednávky je realizováno Národní technickou knihovnou (NTK) v rámci projektu eBooks on Demand – A European Library Network (EOD). Na stránkách NLK je vystaven objednávkový formulář se základními informacemi o této službě [7]. V novém portálu Medvik se u volných knih zobrazuje odkaz na tento formulář, po kliknutí na něj se formulář předvyplní základními údaji z bibliografického záznamu, v případě přihlášeného čtenáře NLK i požadovanými osobními údaji. Uživatel formulář potvrdí a odešle, NLK potvrdí objednávku a poskytne dokument k digitalizaci NTK. Uživatel si může zvolit vlastní text – například věnování nebo informace o sponzorovi, který bude umístěn na 3. straně e-knihy. Digitální kopie je dodávána ve formátu PDF s textovou vrstvou. Po 2 měsících od dodání e-knihy uživateli je dokument zpřístupněn v digitálních archivech NTK a NLK (<http://www.medvik.cz/kramerius>). Digitalizace jedné knihy stojí 200 Kč plus 4 Kč za každou skenovanou stránku a vždy je zpracováván pouze kompletní dokument.

Závěr

Domníváme se, že implementace nových vyhledávacích služeb, které odpovídají soudobým návykům uživatelů, a které zároveň poskytují možnosti snadného a efektivního využití tradičních rešeršních nástrojů – tezaurů, kombinovaného hledání a souborů autorit, je správnou cestou pro zpřístupnění informačních zdrojů a navazujících služeb. Nové rozhraní portálu Medvik tak může dobře sloužit jak uživatelům, kteří neovládají rešeršní postupy tak uživatelům pokročilým a školeným s jasnou vyhledávací strategií. Nabídka funkcí a služeb portálu Medvik se bude i nadále rozvíjet v reakci na zpětnou vazbu uživatelů. Plánujeme též integraci portálu Medvik do centrálního vyhledávání MedGate a využití XML API SerialsSolutions v portálu Medvik pro zobrazování aktuálních informací o dostupnosti online časopisů z Portálu E-zdrojů v rozhraní portálu Medvik. Po dokončení integrace výpůjčních funkcí do nového rozhraní portálu Medvik bude stará verze portálu odstavena z provozu. Věříme, že díky novému rozhraní portálu Medvik dojde ke zviditelnění poskytovaných informačních zdrojů a zvýšení využívání informačních služeb NLK.

Literatura

- [1.] *Národní lékařská knihovna. Tezaurus Medical Subject Headings [online]. Praha : NLK, 2011 [cit. 2011–02–10]. Dostupné z WWW: <http://www.nlk.cz/informace-o-nlk/odborne-cinnosti/tezaurus-medical-subject-headings>*
- [2.] *Chang AA, Heskett KM, Davidson TM. Searching the literature using Medical Subject Headings versus text word with PubMed. Laryngoscope. 2006;116:336–240*
- [3.] *Sarkar IN, Schenk R, Miller H, Norton CN. LigerCat: using „MeSH Clouds“ from journal,*

- article, or gene citations to facilitate the identification of relevant biomedical literature. *AMIA Annu Symp Proc.* 2009 Nov 14;2009:563–7 [cit. 2011–02–10]. Dostupné z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2815376>
- [4.] Hassan-Montero Y, Herrero-Solana V. Improving tag-clouds as visual information retrieval interfaces. *International Conference on Multidisciplinary Information Sciences and Technologies, InSciT2006.* Merida, Spain. October 25-28, 2006 [cit. 2011–02–10]. Dostupné z WWW: http://www.nosolousabilidad.com/hassan/improving_tagclouds.pdf
- [5.] Národní lékařská knihovna. Portál elektronických zdrojů [online]. Dostupné z WWW: <http://rx4jt8n15k.search.serialssolutions.com>
- [6.] Národní lékařská knihovna. MedGate: centrální vyhledávání v e-zdrojích NLK [online]. Dostupné z WWW: <http://rx4jt8n15k.cs.serialssolutions.com> [pouze pro registrované čtenáře NLK]
- [7.] Národní lékařská knihovna. EOD - objednávka digitální kopie knihy [online]. Dostupné z WWW: <http://www.nlk.cz/sluzby/objednavky-sluzeb/eod>

Kontakt

Mgr. Filip Kříž,
Národní lékařská knihovna,
Sokolská 54, 121 32 Praha 2,
tel: 296 335 940,
e-mail: kriz@nlk.cz
<http://www.nlk.cz>

INTEGRAČNÍ VZORY A JEJICH AUTOMATICKÉ VYHODNOCOVÁNÍ

Daniel Krsička, Milan Šárek

Anotace

Množství informací komunikovaných mezi informačními systémy (IS) vzrůstá. Nárůst indikuje potřebu optimalizace způsobu komunikace dat tzv. integrace IS. Stávající typologie doporučených integračních postupů definuje jejich užití pouze neformálně a často diskrétně bez vazby na širší kontext. Při návrhu řešení je kromě samotného požadavku nutno zvážit celou řadu dalších faktorů, nesouvisejících s požadavkem samotným. Presentovaný záměr se zabývá strukturovaným vyhodnocením určitých vzorů integrace IS s typickými i konkrétními případy integrace v medicínské praxi. Cílem práce je příprava formální matematické, nejlépe deterministické, metody hodnocení aplikovatelnosti určité kombinace vzorů a principů pro daný případ integrace IS. Význam práce tkví v doplnění standardů zaměřených na sémantiku informací a syntaxi dat o metodu pro budování vrstev nižších, dnes často zanedbávaných jako příliš technologické až komoditní. Takový nesystematický přístup často výrazně ztěžuje nebo přímo blokuje další rozvoj IS. Každá větší organizace používá IS a má svou tzv. Enterprise Architekturu, nezávisle na tom, zda ji vědomě spravuje a řeší nebo ne. Zanedbáním některé z jejich částí, např. řešení podoby rozhraní, nebo přenosu dat, vede nutně se zvyšování nákladů na rozvoj a provoz, nemluvě o degradaci schopnosti reagovat na nové požadavky. Presentovaná práce je řešena v rámci doktorského studia oboru Biomedicínská informatika na 1. LF UK ve spolupráci s oddělením medicínské informatiky ÚI AV v. v. i. ČR.

Klíčová slova

integrační vzory, Enterprise Integration Architecture, integrace medicínských informačních systémů, referenční architektura

1. Integrace informačních systémů a vzory

Integrací rozumíme digitální propojení informačních systémů (IS) za účelem výměny dat. Postupným vývojem byly nalezeny dílčí způsoby řešení integrace, vhodné k opakování a používání v nových případech. V informatice, konkrétně při propojování IS mluvíme o tzv. integračních vzorech. Integrační vzor [02] je malá, osvědčená část řešení abstrahovaná z reálné situace, použitelná znovu jako šablona. Na vytvoření jakékoli netriviální integrace se podílí více IT specializací s různým zaměřením, a proto i v integračních vzorech jsou obsaženy znalosti a zkušenosti z více oborů. Profesionální zaměření zúčastněných pokrývá širší spektrum ICT - od analytiků, přes vývojáře software až třeba po administrátory komunikačních linek. Praktickým přínosem integračních vzorů je možnost využít ověřených postupů bez nutnosti je samostatně objevovat. Vhodné konkrétní řešení je pak nejčastěji derivací některého ze vzorů nebo jejich kombinace.

Integrační vzory, podobně jako jiné druhy vzorů, představují elegantní řešení typického problému. Vzor tedy není přímým představitelem řešení reálné situace, ale pouze vodítkem k jejímu nalezení. Pro praktické využití je potřeba vzít v úvahu, že vzor je abstrakcí reality se všemi důsledky zobecnění, především zanedbání detailů a specifík reálné situace. Právě požadavky, které nejsou zaměřeny přímo na požadovanou funkci, ale vymezují např. prostředí, požadovanou výkonnost, náročnost obsluhy, legislativní omezení, časovou proměnlivost požadavků, počet uživatelů systému apod., mohou mít na použití (a úspěch) konkrétního vzoru v dané situaci zásadní význam. Integrační vzor je tedy šablona části řešení s nepříliš formálně definovaným postupem k jejímu užití.

1.1 Integrační architektura

Architekturou obecně rozumíme jakoukoli soustavu objektů, charakterizovaných určitými specifickými parametry a chováním tzn. vztahy mezi objekty. Pro úplnost ještě uvádíme překlad definice architektury podle ISO/IEC 42010:2007 [03]: „Architektura je základní organizací systému vyjádřeného v jeho komponentách, jejich vzájemných vazbách, dále prostředí a řídicích principů jeho návrhu a evoluce.“ Při komunikaci v širším auditoriu je architektura někdy zaměňována za systém, což, bohužel, svádí k dezinterpretaci a vzájemnému nepochopení. Úryvek z terminologie uvádíme záměrně, ke zdůraznění rozdílu mezi charakteristikou řešení a řešením samotným. Paralelou z jiných oborů je např. stavební sloh a dům ve slohu postavený, nebo třeba struktura (architektura) spongiózy a spongiózní kost samotná. Neustálé vnímání rozdílu mezi strukturou řešení a řešením samotným nám umožňuje správu a rozvoj architektury IS řídit. Řízení rozvoje informačních systémů a jejich integrací je dnes bazálním předpokladem pro optimalizaci jejich dlouhodobého provozu.

Specializovanou podmnožinou IT architektury je integrační architektura, označovaná také jako EIA (Enterprise Integration Architecture) [], zaměřená přímo na otázky propojování informačních systémů uvnitř organizace i navenek. Výzkumný záměr se týká právě optimalizace návrhů komunikací mezi medicínskými informačními systémy tj. Optimalizace jejich integrační architektury.

2. Zájmová oblast a cíle

Výzkum je zaměřen na optimalizaci výstavby integrací IS pomocí algoritmických, nejlépe deterministických metod. Samotné integrační vzory postihují vždy diskrétně pouze malou část reality, navíc odtrženou od specifík konkrétního řešení. Architektury více propojených IS popisují tzv. referenční modely. Pro účely článku postačí rozdělení modelů do 2 typů (tzv. Architecture & Solution Continuum [01]):

- generické
 - specifické tj. referenční modely architektury konkrétního typu systému
- Jednou z úloh architekta je definice, správa a rozvoj referenčního modelu

IT architektury v jeho společnosti. Může k tomu použít některý z generických referenčních modelů. Dalším úkolem je pak řešení jednotlivých úloh při správě a rozvoji informačních systémů už v souladu s vlastním dříve definovaným referenčním modelem. Jedná o řešení nových požadavků na systémy, typicky poskytnutí nové funkce, nový legislativní požadavek, organizační změny ve společnosti apod. Některé nové požadavky mohou mít natolik zásadní dopady, že bude nutné změnit i samotný referenční model architektury. Správa a rozvoj architektury IS a jejich propojení (EAI) je tedy dynamický proces, charakterizovaný neustálou evolucí podmíněnou stále novými požadavky na systémy.

Zmíněné činnosti architekta skrývají několik zásadních rizik. První skupina souvisí přímo s vlastním referenčním modelem architektury. V reálném prostředí je k různým systémům k dispozici různé množství informací, často popisující vzájemně nesourodé úrovně detailu o každém ze systémů. Při výběru těch informací, které budou začleněny do referenčního modelu, se řada architektů snaží standardizovat plošně jednu úroveň detailu pro celý referenční model. Často velmi detailní úroveň. Obojí je ve větších organizacích s rozvinutou IT infrastrukturou téměř nemožné. Výsledkem takového snažení může být komplexní, pro praktické užití příliš rigidní model, který navíc není aktuální, protože obsahuje příliš velké množství informací. Druhou skupinu tvoří architektury, jejichž složitost narostla postupně od původně „lehkého“ referenčního modelu postupným vývojem v čase. Příčinou je začleňování všech řešení nových požadavků na systémy, které stávající model nepokrývá. Model se stává dokumentací výjimek. Mohli bychom říct výjimek z pravidel výstavby informačních systémů, pravidla ovšem nebyla definována (viz dále).

Uvedli jsme 2 druhy situací, kdy složitost modelu architektury IS narůstá nade všechny meze a model se stává dále neudržitelným tj. nepoužitelným pro využití. Společným znakem zmíněných přístupů je statický náhled na architekturu, kde model tvoří pouze inventář informačních systémů a jejich částí. Architekt tak získává přehled o tom, jaké IS existují, případně jak jsou propojeny, ale řízení jejich rozvoje nepodléhá žádným definovaným principům (pravidlům). Problém se stává markantním ve chvíli, kdy je třeba řešit nový, netypický požadavek, pro který není řešení už hotové. Důsledkem je tedy vytváření nových komponent systému. Bez definovaných postupů analýzy a rozhodování je řešen každý požadavek zvlášť a výsledná rozhodnutí plně závisí na znalostech, zkušenostech a citu architekta. Ve větších organizacích s rozsáhlejší infrastrukturou IS se na řešení podílí vždy více lidí a význam rozhodnutí architekta – jednotlivce je tak výrazně degradován. Referenční model je zde prostředkem komunikace a vzájemného porozumění mezi architektem a osobami výkonnými např. vývojáři systémů, administrátory prostředí apod. Absence imperativní metody pro provádění změn resp. mapování nových požadavků na stávající architekturu IS nutně směřuje k postupné degradaci modelu i samotné architektury.

Z výše uvedeného usuzujeme, že vhodným způsobem řešení řízení integrační architektury je formalizace množiny pravidel, která přesně definují

rozhodovací postupy při řešení nových požadavků na integraci systémů. Předpokládáme, že formální metoda pro vyhodnocování požadavků v kombinaci s referenčním modelem architektury výrazně přispěje k optimalizaci infrastruktury IS, usnadní jejich další rozvoj, umožní rychleji řešit nové požadavky a v důsledku sníží náklady na investice i režijní provoz IT.

3. Závěr

Článek prezentuje výzkumný záměr v oblasti integrace informačních systémů v medicíně. Byla specifikována zájmová oblast výzkumu – optimalizace architektury propojování medicínských IS. Byly postulovány výroky, z nichž potřeba optimalizace návrhů integrace plyne. Jádrem zkoumaného způsobu optimalizace má být imperativní metodický přístup k řešení dílčích požadavků založený na strukturované znalostní bázi pravidel.

Prezentované téma je součástí problematiky řízení architektury informačních systémů ve zdravotnictví (tzv. Enterprise Architecture). Téma je, kromě jiných oborů, celosvětově stále aktuálnější právě v medicíně a zdravotnictví [04][05][06]. Prezentovaný výzkumný záměr je tedy součástí rozsáhlejšího, celosvětově aktuálního trendu, který vznikl jako reakce na nové požadavky v oblasti architektury medicínských IS. Výzkumný záměr se specializuje na jeho část.

Literatura

- [1.] *The Open Group (2009). TOGAF™ Version 9, Van Haren Publishing, Zaltbommel*
- [2.] *Hohpe G., Woolf B. (2009). Enterprise Integration Patterns, Courier Westford, Westford, Massachusetts*
- [3.] http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_1471
- [4.] <http://www.healthcarereferencearchitecture.org>
- [5.] <http://hssp.wikispaces.com/Reference+Architecture>
- [6.] <http://www.omg.org/news/meetings/HC-WS/index.htm>
- [7.] *Práce vznikla v návaznosti na projekt „Centrum biomedicínské informatiky (CBI)“, který je řešen v rámci grantu MŠMT 1M06014.*

Kontakt

Daniel Krsička,
Ústav Informatiky AV v. v. i.,
Pod Vodárenskou věží 2, 182 07 Praha 8,
tel: 731295255,
email: dkrsicka@gmail.com
Milan Šárek,
Ústav Informatiky AV v. v. i.,
Pod Vodárenskou věží 2, 182 07 Praha 8,
tel: 266053788,
email: sarek@euromise.cz

INFORMAČNÍ SYSTÉMY S OTEVŘENÝM KÓDEM VE ZDRAVOTNICTVÍ

Hynek Kružík

Anotace

V posledních letech se celosvětově začíná čím dál více prosazovat fenomén tzv. Open Source systémů také ve zdravotnictví. Abychom mohli posoudit, nakolik je Open Source model vážným konkurentem komerčním produktům musíme se zabývat především otázkami, „Jak vlastně funguje Open Source model?“, „Jak je tento model vývoje financován?“, „Jaké služby poskytují Open Source systémy koncovým uživatelům“. Na uvedené otázky se pokusí odpovědět na příkladu dvou moderních Open Source projektů: District Health Information Software (DHIS2) a Open Medical Record System (Open MRS).

Klíčová slova

eHealth, Open Source, otevřený kód, zdravotnické informační systémy, DHIS 2, OpenMRS

1. Open Source model a jeho financování

Open Source software je software s otevřeným zdrojovým kódem, tedy software, který umožňuje nejen volný přístup ke zdrojovému kódu, ale také možnost jeho úpravy a za určitých podmínek také bezplatné legální užívání software, tedy softwarovou licenci.

Na podporu rozvoje myšlenek otevřeného kódu vznikla řada iniciativ, mezi nejnámější patří Open Source initiative (OSI), veřejně prospěšná společnost založená roku 1998 v Kalifornii. OSI se stala uznávanou autoritou reprezentující komunitu otevřených projektů a přidělující jednotlivým projektům statut otevřeného software dle definice (OSD – Open Source Definition, viz [2]), tedy OSD – konformních systémů. Tato definice nestanovuje pouze podmínky otevřeného přístupu ke zdrojovému kódu aplikace, ale také další distribuční podmínky vycházející z následujících principů:

1. Volná distribuce

OSD musí umožnit volné bezplatné šíření kódu, či softwarových komponent, které jsou využity v rámci softwarových distribucí třetích stran obsahujících programy a moduly z dalších zdrojů, a to šířených bezplatně či za úplatu. Otevřený kód tedy může být využit v jakémkoliv jiném komerčním i nekomerčním projektu.

2. Přístup ke zdrojovému kódu

Programy s otevřeným kódem musí umožňovat volný přístup ke zdrojovému kódu. Programy musí umožnit distribuci jak ve formě zdrojového kódu, tak v kompilované formě. Zdrojový kód musí být distribuován ve formě umožňující jeho snadnou modifikaci programátory.

3. Možnost modifikace

Licence k programům s otevřeným kódem musí umožňovat modifikace kódu a tvorbu tzv. odvozených programů a jejich šíření za stejných licenčních podmínek, jaký měl původní program.

4. Ochrana autorství

Licence může obsahovat omezení distribuce modifikovaného zdrojového kódu pouze v případě, že umožňuje distribuci softwarových záplat, použitelných pro sestavení programu. Licence musí v takovém případě explicitně zakazovat distribuci software v kompilované formě, sestaveného z modifikovaného zdrojového kódu. Licence může požadovat šíření odvozených programů pod jiným názvem či s jiným číslem verze programu, než má původní software.

5. Diskriminace osob či skupin osob

Softwarová licence nesmí být diskriminující vůči žádným osobám či skupinám osob.

6. Diskriminace oblasti použití

Licence nesmí omezovat použití software v žádné oblasti lidské činnosti. Nesmí například vylučovat použití v oblasti obchodu či genetického výzkumu.

7. Šíření licence při redistribuci

Práva, spojená s programy musí být přenositelná na všechny strany, jimž je program redistribuován, aniž by tato práva byla podmíněna další dodatečnou licencí.

8. Šíření licence k programu v rámci softwarové distribuce

Práva spojená s programem nesmí být závislá na tom, zda je program součástí určité softwarové distribuce. Všechny strany využívající program v rámci softwarové distribuce musí mít stejná práva jako uživatelé původního programu.

9. Licence nesmí omezovat jiná softwarová díla

Licence nesmí omezovat jiný software distribuovaný společně s licencovaným software. Licence nesmí např. zakazovat společnou distribuci se systémy, které nejsou Open Source.

10. Licence musí být technologicky neutrální

Licence nesmí klást žádné podmínky týkající se technologické platformy či uživatelského interface.

Díky otevřenosti přístupu ke zdrojovým kódům umožnil Open Source model akceleraci vývoje řady inovativních, komerčně méně závislých softwarových řešení a díky tomu se velmi úspěšně prosadil nejen v oblasti operačních systémů (GNU/Linux, FreeBSD, Sun Solaris) či programovacích jazyků (Java, Python, PHP, Ruby), ale také snad ve všech představitelných aplikačních oblastech. V mnoha z těchto oblastí dnes systémy s otevřeným kódem patří mezi průmyslové standardy.

Z hlediska zdravotnické informatiky je podstatné postupné prosazování Open Source modelu i v této oblasti. Vzniká tak velmi zajímavá alternativa ke komerčním produktům. To ovšem neznamená, že nasazení a použití systémů s otevřeným kódem je jednoznačně výhodnější než použití systémů komerčních.

Finanční prostředky pro Open Source projekty plynou z řady zdrojů, bývají podporovány nejen z prostředků filantropů, nadací a grantů, ale především z prostředků velkých komerčních organizací či menších inovativních firem, které ve vývoji nových řešení spatřují příležitost k budoucímu komerčnímu úspěchu. V oblasti zdravotnictví je situace odlišná a podpora komerčního sektoru je vzácnější. Ve zdravotnictví jsou však ročně investovány stovky miliard dolarů formou rozvojové a humanitární pomoci chudým, hospodářsky nerozvinutým zemím. Část z těchto prostředků, byť v řádech významně nižších, je investována také do rozvoje otevřených zdravotnických informačních systémů. Díky této podpoře vznikla řada softwarových řešení, která podporují všechny základní oblasti poskytování zdravotních služeb – od systémů pro praktické lékaře až po nemocniční systémy, viz např. [3],[11]. Úplný seznam všech systémů registrovaných v [3] obsahuje přes 200 titulů zařazených do 13 základních kategorií dle funkčních oblastí, které zahrnují jak klinické tak manažerské oblasti, PACS systémy pro zpracování obrazové informace, oblast veřejného zdraví, zdravotnickou statistiku či monitorování výskytu nakažlivých nemocí.

V řadě rozvojových zemí jsou otevřené systémy implementovány centrálně, v rámci rozsáhlých projektů financovaných vládními institucemi zahraniční rozvojové pomoci (USAID, NORAD, EU, WB, GIZ, Bill & Melinda Gates Foundation a řada dalších). Nejedná se však zdaleka pouze o země tzv. třetího světa, v nichž dochází k plošné implementaci otevřených IS, řada z informačních projektů, byť menšího rozsahu proběhla a probíhá také v rámci přístupových a přechodných nástrojů EU v nových členských zemích.

Rozvojová pomoc, stejně tak jako projekty EU, umožňují méně rozvinutým zemím přístup k relativně kvalitním softwarovým řešením a také přístup k zahraničním zkušenostem a modernímu know-how. V tom ale také v minulosti spočíval základní problém rozvojových projektů, nezřídka totiž vybudované informační systémy přestávaly fungovat již několik měsíců po jejich ukončení. Uživatelé instalovaných systémů často nebyli schopni systémy udržovat pro nedostatek provozních prostředků či kvalifikovaných pracovníků. Dalším problémem je fakt, že při výběru informačního systému nebývá hlavním faktorem výběru jeho kvalita ale finanční podpora, kterou dárce dané zemi přináší. Rozvojová pomoc tak může na mnoho let omezit investice do vývoje vlastních řešení a tím omezit rozvoj vlastního know-how, nehledě na narušení volné soutěže softwarových řešení. Tyto zkušenosti vedly ke změnám v organizaci softwarových projektů, mnohem větší důraz je nyní kladen na udržitelnost projektů a budování vlastních odborných kapacit. Příjemci zahraniční pomoci musejí také počítat s nutností postupně nést náklady na provoz informačních systémů a jejich podporu. Někteří z investorů proto přešli k budování center zajišťujících vznik lokálních odborných kapacit, podporu uživatelů a další vývoj otevřených zdravotnických systémů.

Příkladem může být organizace HISP – Health Information System Programme, podporovaná norskými fondy NORAD. HISP stojí za vývojem informačního

systému pro management zdravotnických informací DHIS (District Health Information Software). HISP se z původního pilotního projektu pro tři jihoafrické provincie rozšířil do podoby mezinárodní sítě a je zastoupen ve třinácti zemích Asie, Afriky a Evropy. HISP zajišťuje především školení zdravotnických pracovníků a manažerů v oblasti informačních technologií, sběru a využívání kvalitních dat pro podporu rozhodování a řízení zdravotních programů. HISP spolupracuje s WHO, EU, univerzitami, ministerstvy zdravotnictví, neziskovými organizacemi a fondy a díky této spolupráci zajišťuje další vývoj a podporu systému DHIS.

Dalším příkladem otevřeného řešení je klinický a manažerský systém OpenMRS, vyvíjený skupinou institucí a komunitou vývojářů podporovanou Regenstrief Institutem (USA), či systém iHRIS, jehož vývoj podporuje americká vládní organizace pro zahraniční pomoc USAID. Tento systém pro komplexní správu lidských zdrojů je dnes implementován v 8 afrických zemích a představuje standardní řešení s možností využití v jakékoliv další zemi. Všechny uvedené systémy jsou vzájemně kompatibilní a poskytují standardní datová (HL7, SDMX) a aplikační rozhraní.

Ponechme nyní stranou diskusi o vlivu otevřených projektů ve zdravotnictví, mnohdy financovaných z veřejných prostředků, na trh zdravotnické informatiky, neboť tento vliv bude závislý na řadě faktorů specifických pro jednotlivé země, a zkusme analyzovat, v čem se liší komerční softwarové systémy a otevřené systémy z pohledu koncových uživatelů. Z tohoto pohledu můžeme hodnotit řadu kritérií, které ve svém součtu ovlivňují výhodnost či nevýhodnost jednotlivých řešení. Mezi tato kritéria bude jistě platit pořizovací cena, funkčnost, kvalita uživatelského rozhraní, provozní náklady, náklady na další rozvoj, kvalita uživatelské podpory, stabilita dodavatele a řada dalších. V mnoha uvedených kategoriích nelze hodnocení generalizovat a bude vždy souviset s konkrétními produkty. Významný rozdíl mezi oběma modely však lze spatřovat především v oblasti pořizovacích nákladů, provozních nákladů a úrovně podpory.

Při porovnání pořizovacích nákladů a nákladů na další vývoj systémů budou při současném obchodním modelu firem dominantních na českém trhu zdravotnické informatiky výhodnější systémy využívající otevřený zdrojový kód, neboť jejich vývoj je méně závislý na prodeji koncovým uživatelům než u produktů komerčních. V oblasti provozních nákladů bude situace vyrovnanější a v oblasti kvality uživatelské podpory jsou pozitiva spíše na straně komerčních firem. V obou modelech lze však sledovat sblížování strategií, komerční subjekty snižují počáteční cenu svých řešení a spoléhají především na příjmy z přidružených služeb, jakými jsou specializovaná konzultační činnost, podpora uživatelů či outsourcing provozu informačních systémů. Z dlouhodobého hlediska lze očekávat, že oba modely budou poskytovat klientům srovnatelné služby a produkty srovnatelné kvality. Díky inovativnímu potenciálu otevřených řešení lze také očekávat, že tato řešení budou ve stále větší míře využívána jako součást komerčních systémů.

2. DHIS a OpenMRS

Systémy DHIS 2 či OpenMRS podporují pracoviště, které léta patří k mezinárodní špičce v oblasti zdravotnické informatiky (Americký institut Regenstrief, Universita Oslo a další), tato podpora sice není zárukou, ale je alespoň dobrým předpokladem kvalitních řešení. Oba produkty byly od svého počátku koncipovány tak, aby mohly být implementovány v zemích lišících se nejen jazykem, ale také organizací zdravotních služeb. Zároveň jsou připraveny k nasazení v prostředí s málo rozvinutou technickou infrastrukturou a nedostatečnými lidskými zdroji v oblasti IT.

Systém DHIS 2, se kterým jsem se seznámil v rámci projektu technické asistence pro Ministerstvo zdravotnictví v Bangladéši, bude blíže představen v následujících odstavcích.

2.1 DHIS 2 – District Health Information Systém 2

DHIS je vysoce flexibilní systém správy zdravotnických dat, založený na flexibilním datovém skladu a repozitóri metadat (datovém slovníku). Systém umožňuje distribuovaný i mobilní sběr zdravotních údajů především z oblasti veřejného zdraví, zdravotních služeb, zdravotnické statistiky a vybraných typů patientsky orientovaných dat (např. spokojenost pacientů, některé epidemiologické údaje apod.). Nejedná se však o EMR (EHR) systém.

Architekturu systému tvoří hierarchická organizační struktura, repozitář a vlastní datový sklad.

Organizační struktura

Hierarchická organizační struktura umožňuje jednoznačnou identifikaci územních celků i jednotlivých pracovišť v maximálně pěti hierarchických úrovních. Na každé úrovni (vyjma úrovně nejnižší) je možná automatická agregace dat. Primární data lze přitom vkládat jak na úrovni listové, tak na úrovni agregované.

Systém umožňuje všechny běžné operace, které v praxi u semi-permanentních struktur, jakými jsou organizační stromy, nastávají – přidání a deaktivaci uzlů, slučování uzlů, vytváření další hierarchické úrovně či přesun uzlů v rámci hierarchické struktury. Zachování historie organizační struktury je možné, není však automaticky zajištěno systémem, ale je ponecháno v rukách jeho správce.

Hierarchický princip uspořádání organizačních jednotek umožňuje agregaci údajů na vyšších hierarchických úrovních a díky vazbě na geografické struktury i následnou presentaci dat v GIS modulu. Speciální agregační požadavky lze řešit díky systému skupin, které mohou slučovat organizační jednotky napříč hierarchickou strukturou. To umožňuje např., agregovat všechny nemocnice, či jen všechny ambulance atp.

Repozitář metadat

Veškeré údaje potřebné pro sběr a zpracování dat jsou uloženy v datové repozitóri. Ta rozlišuje dva základní typy objektů – datový element a indikátor.

Popisné atributy objektů lze rozdělit do tří základních skupin:

- Identifikující a definující atributy – název, kód, popis, typ, agregační operátor, verze, stav
- Relační a representační atributy – datový typ, forma reprezentace, datová doména, validační pravidla, způsob sběru, návod na použití, atd.
- Administrativní atributy – zodpovídající instituce, pravidla aktualizace, zdrojový dokument, umístění atp.

Indikátor je doplněn ještě výrazem definujícím čísel a jmenovatel pro jeho výpočet z datových elementů.

Dalšími elementy uloženými v repozitóri jsou minimální a maximální přípustné hodnoty datových elementů, validační pravidla, periody reportování, vstupní formuláře a tiskové sestavy, datové sady, skupiny dat, skupiny indikátorů a další elementy.

Systém je díky datové repozitóri velmi flexibilní a umožňuje uživatelskou tvorbu všech základních elementů i jejich kompozici do datových sad a způsob výpočtu libovolných indikátorů či uplatnění validačních pravidel při sběru dat.

Datový sklad

Veškeré hodnoty datových elementů jsou uloženy ve strukturách datového skladu. Sklad je organizován ve struktuře – zdroj dat – období – datový element. Tato struktura zajišťuje, že každý údaj se v datovém skladu ukládá pouze jednou, bez ohledu na to, zda je součástí jednoho či několika výkazů (tzv. datových sad) které pocházejí ze stejného bodu organizační struktury. Datový sklad je vybaven modulem kontroly vstupních dat založeným na systému uživatelsky definovaných pravidel.

Analytické funkce a reporting

Systém je vybaven nástroji na generování standardních uživatelských reportů, kontingenčních tabulek i libovolných uživatelských reportů z dat uložených v datovém skladu. Ad hoc analýza dat a indikátorů je možná prostřednictvím grafického analyzátoru (základního OLAP modulu), který je schopen vytvářet tabulkové i grafické výstupy v několika výstupních formátech včetně možnosti exportu dat pro další analytické zpracování. Součástí systému jsou základní analytické funkce umožňující stanovení střední hodnoty a rozptylu, detekci odlehklých hodnot a analýzu chybějících hodnot. Na rozšíření analytických funkcí systému se dále pracuje.

Veškerá data a indikátory lze také analyzovat v GIS modulu, který umožňuje grafickou reprezentaci výsledných hodnot v mapovém podkladu a grafickou drill-down analýzu.

Pro každého uživatele je navíc možné připravit sadu individuálních reportů, analýz a grafických výstupů přístupných přes osobní dashboard.

Použité technologie

První verze systému využívala databázové prostředí MS Access a byla naprogramována převážně v prostředí Visual Basic. Lze ji tedy provozovat pouze na

platformě Windows. Současná verze systému je převedena do prostředí, které je kompletně technologicky neutrální. Jádrem systému je kód, který je schopen provozu na všech platformách s webovým aplikačním serverem podporujícím Java EE (Apache Tomcat, Glassfish, JBoss, WebSphere, MS IIS, ...) Systém je databázově nezávislý a může být provozován na libovolném databázovém serveru s podporou standardu SQL a jdbc.

3. Závěr

Otevřené systémy si v zahraničí dobývají své stálé místo ve světě zdravotnictví, a ačkoliv dnes v rozvinutých zemích nepředstavují významnou alternativu k ostatním systémům, lze očekávat, že jejich vliv poroste, stejně jako se tomu stalo v jiných průmyslových odvětvích.

Literatura

- [1.] *Open Source initiative*, <http://www.opensource.org>
- [2.] *The Open Source Definition*, <http://www.opensource.org/docs/osd>
- [3.] *Medical Free/Libre and Open Source Software*, <http://www.medfloss.org>
- [4.] *Health Information Systems Programme(HISP)*, <http://www.hisp.org>
- [5.] *Health Information Systems Programme Norway*, <http://www.hisp.uio.no>
- [6.] *District Health Information Software 2*, <http://www.dhis2.org>
- [7.] *HISP India, Society for Health Information Systems Programmes*, <http://hispindia.org/>
- [8.] *Norwegian Agency for Development Cooperation (Norad)*, <http://www.norad.no/en/>
- [9.] *U.S. Agency for International Development (USAID)*, <http://www.usaid.gov>
- [10.] *The Bill & Melinda Gates Foundation*, www.gatesfoundation.org
- [11.] *Wikipedia*, http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_open_source_healthcare_software

Kontakt

Hynek Kružík,
GNOMON s.r.o.,
Faltysova 1500/18,
156 00 Praha
tel: 603 216 477,
e-mail: kruzik@gnomon.cz

E-LEARNINGOVÁ OPORA PŘEDMĚTU „PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ ORDINACE ZUBNÍHO LÉKAŘE“

K. Langová, J. Zapletalová, J. Mazura

Anotace

Příspěvek popisuje novou koncepci výuky předmětu „Programové vybavení ordinace zubního lékaře“ pro studijní obor Zubní lékařství. V rámci výuky tohoto předmětu byla vytvořena e-learningová opora pro sedm vzdělávacích modulů. Jednotlivé moduly obsahují distanční vzdělávací texty, návody k praktickým cvičením s využitím výpočetní techniky a on-line znalostní testy. Autorka příspěvku spoluvytvářela materiály k modulu Základy biomedicínské statistiky, proto bude v příspěvku věnováno více pozornosti tomuto modulu.

Klíčová slova:

programové vybavení ordinace zubního lékaře, e-learning, biomedicínská statistika

1. Úvod

Studijní obor zubní lékařství nahradil na lékařských fakultách v ČR studijní obor Stomatologie. Na rozdíl od oboru Stomatologie je kurikulum oboru Zubní lékařství více prakticky zaměřeno, lépe podporuje získávání manuálních dovedností budoucích stomatologů a klade značný důraz na klíčové kompetence v oblasti zvládnutí náročného technického vybavení, softwarové podpory a na informační gramotnost. Jedním z předmětů, který splňuje tyto požadavky, je předmět „Programové vybavení ordinace zubního lékaře“. Strukturu předmětu tvoří sedm modulů:

1. Informační zdroje pro stomatologii
2. Bibliometrie pro měření kvality informací
3. Základy biomedicínské statistiky
4. Možnosti kancelářského software a podmínky jeho použití
5. Zpracování obrazové informace stomatologických snímků
6. Specializované programy pro obor Zubní lékařství
7. Analýza obrazu a RTG snímků

Prezenční výuka byla podpořena vytvořením e-learningové opory na nově vytvořeném e-learningovém portálu www.stoma.upol.cz. Pro přístup studentů k výukovému systému byla vybavena počítačová učebna v prostorách školy. Vytvářený systém byl pilotně ověřen na 70 studentech školy v rámci předmětu „Programové vybavení ordinace zubního lékaře“ v letním semestru 3. ročníku.

2. Výukové moduly předmětu „Programové vybavení ordinace zubního lékaře“

Na vytváření jednotlivých modulů se podíleli odborníci zabývající se danou problematikou. Všechny moduly obsahují distanční vzdělávací texty, návody

k praktickým cvičením a on-line znalostní testy. Některé obsahují i multimediální průvodce praktickou činností a demonstrační výukové animace.

První dva moduly Informační zdroje pro stomatologii a Bibliometrie pro měření kvality informací byly vytvořeny Mgr. Jarmilou Potomkovou. Tento modul se zabývá možnostmi, jak vyhledávat odborné informace z oboru zubního lékařství v internetovém prostředí. Upozorňuje na moderní trend medicíny založené na důkazu, zabývá se základními vyhledávacími postupy při práci s internetem a demonstruje multizdrojové vyhledávání tématu v databázích MEDLINE/PubMed, DynaMed a UpToDate. Je připraven i aktuální seznam prestižních časopisů z oboru zubního lékařství s odkazy na webové stránky těchto periodik.

Zvyšování klíčových kompetencí studentů zubního lékařství
registrační číslo: CZ.1.07/2.2/00/07/0120
e-learningový portál projektu

Úvod Učebnice Cvičení Statistika O projektu Informační web

<p>NOT</p>	<p>Příklad Hledáme informace o zubním kazu, ale nejzájem nás problematika prevence.</p> <p>Zadáni dotaz: zubní kaz NOT prevence</p> <ul style="list-style-type: none"> - vyjadřuje logickou negaci (NE); vyhledávaný záznam nemí obsahovat slovo uvedené za operátorem - zůstuje referenční dotaz
<p>AND</p>	<p>Příklad Hledáme informace o prevenci zubního kazu.</p> <p>Zadáni dotaz: zubní kaz AND prevence</p> <ul style="list-style-type: none"> - vyjadřuje logický součin (A); vyhledávaný záznam musí obsahovat všechna slova uvedená v řetězci - zůstuje referenční dotaz - vhodné například ke spojení významově odlišných pojmů - většinou je ve vyhledávacích strojích (search engines) předem nastavený (defaultní), není tedy potřeba ho zadávat; vyhledávači svoje záznamy záznamy obsahující všechna uvedená slova dříve než ty záznamy, které je neobsahují.
<p>OR</p>	<p>Příklad Hledáme informace o zubním kazu, ale musíme brát v úvahu, že zubní kaz může být v dokumentech vyjádřen i odborným termínem „karies“.</p>

Obrázek 1 - Distanční text k modulům Informační zdroje pro stomatologii a Bibliometrie pro měření kvality informací

Modul Možnosti kancelářského software a podmínky jeho použití učí studenty efektivně využívat dva nepoužívanější programy kancelářského balíku Microsoft Office 2007; textový editor MS Word 2007 a tabulkový editor MS Excel 2007. Studenti se seznamují s některými ne zcela běžně používanými funkcemi těchto programů. Tento modul vytvořil Ing. Ladislav Doležal, CSc.

Zvyšování klíčových kompetencí studentů zubního lékařství
registrační číslo CZ.1.07/2.2/00/07.0130

e-learningový portál projektu

Úvod Učebnice Cvičení Statistky O projektu Informační web

15 / 33 70,2%

2.4 Revize a sledování změn

Střední cíl: Student se seznámí s procesem zaznamenávání revizí dokumentu a sledování změn, provedených korektory. Naučí se zpracovávat sledovaný dokument v různých fázích jeho vzniku až po schválení konečné verze dokumentu. Revize a sledování změn dokumentu je velmi užavý nástroj pro kolektivní a individuální tvorbu nejrůznějších typů textů.

Clíčová slova: Revize dokumentu, změna dokumentu, výchozí nastavení dokumentu, konečný dokument, sledování změn, značka, komentář

Potřebný čas: 20 minut

Při práci s dokumentem je možno provádění sledovaných změn a komentářů a jejich zobrazení. Ve výchozím nastavení aplikace používá Aplikace Microsoft Office Word 2007 *balblly* k zobrazení odstraněného textu, komentářů, značek formátování a obalů, které byly přemístěn. Pokud chcete všechny změny zobrazovat v textu, můžete změnit nastavení tak, aby sledované změny a komentáře byly zobrazovány podobným způsobem.

1 Balblly zobrazení změn formátování, komentáře a odstraněný text.

Obrázek 2 - Distanční text k modulu Možnosti kancelářského software a podmínky jeho použití

Autor modulů Zpracování obrazové informace stomatologických snímků a Analýza obrazu a RTG snímků Mgr. Jiří Tesařík, Ph.D. seznamuje studenty se základy reprezentace a zpracování vektorových a rastrových digitálních obrazových dat. Vysvětluje základní pojmy z obrazové analýzy, představuje geometrické a obrazové manipulace s obrazem. Pozornost je věnována i některým datovým formátům a systémům pro výměnu a uložení obrazových dat. Studenti mají možnost seznámit se se základy databázového zpracování dat. Jsou jim představeny základní prvky databázového systému s důrazem na aktuálně nejrozšířenější relační databázový model. (místo pro Obrázek 3)

V modulu Specializované programy pro obor Zubní lékařství se studenti mohou seznámit s ovládáním programů PC DENT a Dentist+. Studenti se v praktických cvičeních učí pomocí těchto programů vést zdravotní dokumentaci pacientů a seznamují se se všemi možnostmi, které tyto programy nabízejí. Tento modul vytvořil MUDr. Luboš Harvan.

Zvyšování klíčových kompetencí studentů zubního lékařství
registrační číslo CZ.1.07/2.2/00/07/0120
e-learningový portál projektu

Úvod Učebníce Cvičení Statistika O projektu Informační web

Image Histogram 255 255
Obrázek 18 Histogram před ekvalizací

Image Histogram 1 255
Obrázek 19 Histogram před ekvalizací

1.1.11 Shrnutí

V této kapitole jsme si přiblížili základy reprezentace digitálních obrazových informací pomocí prostředků výpočetní techniky a metod kvantizace a vztokování dat. Seznámili jsme se s vektrovou a maticovou reprezentací obrazu a zmínili, sepsali jsme rovnice mezi širšími dvěma odlišnými prvky. Dále jsme rovnice vztahující a vztahové indikátorové obrazu, rozdílů obrazu a popisu binárního obrazu. Především jsme si také základy geometrické a obrazové operace, které je možné v obraze provádět.

Pojmy k zapamatování

- Digitální data, kvantizace, vztokování
- Vektrový a maticový obraz
- Pixel
- Rozdílný obraz, posuvy obrazu
- Hloubka obrazu
- Histogram
- Geometrické transformace, posunutí, změna velikosti, otočení, zrcadlení
- Obrazové transformace, šifrování a komprese, gama korekce, převodní křivky

Obrázek 3 - Distanční text k modulům Zpracování obrazové informace stomatologických snímků a Analýza obrazu a RTG snímků

Zvyšování klíčových kompetencí studentů zubního lékařství
registrační číslo CZ.1.07/2.2/00/07/0120
e-learningový portál projektu

Úvod Učebníce Cvičení Statistika O projektu Informační web

ID	Jméno	Porodní číslo	Stav
1	EJBY JOSEF	47917/7355	119 Právnický zástupce
2	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
3	GRACHOVA ELBA	79114/6123	289 Právnický zástupce
4	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
5	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
6	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
7	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
8	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
9	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
10	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
11	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
12	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
13	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
14	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
15	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
16	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
17	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
18	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
19	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce
20	GRACHOVA ELBA	79114/6123	119 Právnický zástupce

Profil pacienta

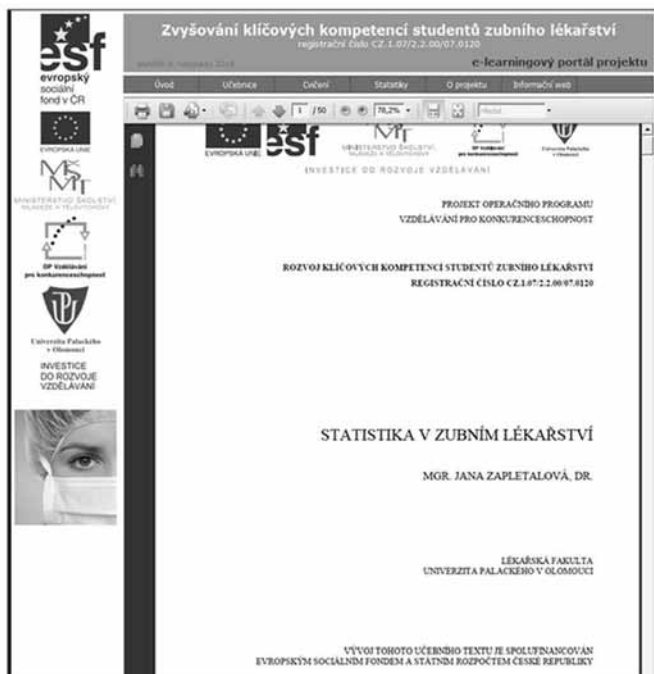
Jméno: JOVÁK KAREL
Adresa: 111
Telefon: 111
Registrační číslo: 01611995
Stav: Právnický zástupce

Obrázek 4 - Klientská stránka

Obrázek 4 - Distanční text k modulu Specializované programy pro obor Zubní lékařství

2. Modul Základy biomedicínské statistiky

Cílem biostatistického modulu předmětu „Programové vybavení ordinace zubního lékaře“ je naučit studenty přehledně a efektivně zpracovávat biomedicínská data a interpretovat výsledky různých statistických testů. Tento modul učí studenty statisticky myslet a zprostředkovává základní orientaci v oboru. S teoretickými poznatky a základními statistickými pojmy (typy dat, populace, náhodný výběr) jsou studenti seznámeni v rámci dvouhodinové přednášky. Studentům jsou také prezentovány základní metody popisné statistiky a základní principy statistického uvažování – statistické inference. Obsah přednášky byl zpracován do učebnice, která je studentům přístupna prostřednictvím portálu na www.stoma.upol.cz.



Obrázek 5 - Distanční vzdělávací text – Učebnice „Statistika v zubním lékařství“

Na tuto přednášku navazují dva bloky praktických cvičení, kde studenti pracují v počítačové učebně pod vedením odborných asistentů. Ke statistickému zpracování dat je používán program Microsoft Excel 2007, který je pro studenty snadno dostupný. Cílem prvního bloku cvičení je naučit studenty konstruovat jednoduché četnostní tabulky i kontingenční tabulky sledující současně více znaků. Následně jsou získané informace z četnostních tabulek vyjadřovány graficky různými typy grafů (koláčovými, sloupcovými atd.). Studenti zkoumají

také pravděpodobnostní rozložení dat a vytvářejí histogramy četností. Všechny soubory dat, se kterými studenti pracují, mají vztah k zubnímu lékařství. Úkolem druhého bloku praktických cvičení je procvičení užívání analytického nástroje Analýza dat, který umožní studentům provádět dvouvýběrový F-test rovnosti rozptylů, dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu, dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů, dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů, dvouvýběrový z-test na střední hodnotu. Na závěr praktických cvičení se studenti naučí používat funkci chí-test a pomocí ní provádět analýzu závislosti kategoriálních dat. Veškeré návody k popsaným činnostem jsou studentům přístupné na stomatologickém portálu.

The screenshot shows the 'e-learningový portál projektu' interface. At the top, it says 'Zvyšování klíčových kompetencí studentů zubního lékařství' and 'registrační číslo CZ.1.07/2.2/80/07/0120'. Below this is a navigation menu with 'Úvod', 'Učebnice', 'Cvičení', 'Data', 'O projektu', and 'Informační web'. The main content area is titled 'Vítejte do e-learningového portálu projektu' and 'Vyberte vzdělávací modul nebo cvičení'. It lists several modules and exercises:

- 1. Informační zdroje pro stomatology**
 - Cvičení a moduly:
 - 1. Vyhledávání informací a prevence zubního kazu u dětí školního věku v databázi MEDLINE/PubMed
 - 2. Digitální obráz v databázi
 - 3. Základy biomedicínské statistiky:
 - 1. Konstrukce jednoduché četnostní tabulky
 - 2. Konstrukce četnostní tabulky pro dva kvalitativní analyzy
 - 3. Vzorba koláčového grafu
 - 4. Vzorba sloupčového grafu
 - 7. Chí-kvadrát test
- 4. Kancelářský software**
 - Cvičení a moduly:
 - 1. Microsoft Office Word 2007
- 5. PC DENT**
 - Cvičení a moduly:
 - 1. První cvičení PC DENT
 - 2. Třetí cvičení PC DENT
 - 3. Druhé cvičení PC DENT
 - 4. Čtvrté cvičení PC DENT
 - 5. Páté cvičení PC DENT
 - 6. Šestá cvičení PC DENT
 - 7. Sedmé cvičení PC DENT
- 6. Dentist+**
 - Cvičení a moduly:
 - 1. První cvičení Dentist+
 - 2. Druhé cvičení Dentist+
 - 3. Třetí cvičení Dentist+
 - 4. Čtvrté cvičení Dentist+

At the bottom, there is a note: 'e-learningová podpora a vzdělávací materiály byly vytvořeny z prostředků Evropského sociálního fondu pro podporu výuky přednášek "Programové vybavení ordinace zubního lékaře (LMP2002017)". Pro jednotlivé moduly byly zpracovány následující komponenty:'

- 1. Digitální učebnice
- 2. Zadaní cvičení
- 3. Úkolové řešení
- 4. Úkolové řešení
- 5. Pomocné soubory a přílohy
- 6. Výstupní zpráva
- 7. Autokorekční testy

At the bottom left, there is a small image of a person's face and the text 'Aktuální informace'.

Obrázek 6 - Přehled návodů k praktickým cvičením na e-learningovém portálu

Zde také studenti naleznou data, která mají zpracovávat, zadání úkolů, řadu řešených příkladů a úkoly k samostatné práci. Součástí e-learningu jsou také testové otázky, které představují zpětnou vazbu a umožní studentovi ověřit si, zda studovanou látku správně pochopil. Studenti jsou tímto výukovým modulem motivováni klást si otázky statistického charakteru a po absolvování kurzu by měli být schopni na ně odpovídat. Pro procvičení předmětu mohou využít e-learningový portál, který jim umožní pracovat dle svého vlastního tempa a mohou si zvolit způsob práce, který jim nejvíce vyhovuje.



Obrázek 7 - Zadání úkolu k praktickému cvičení na e-learningovém portálu



Obrázek 8 - Řešení úkolu k praktickému cvičení na e-learningovém portálu

Zvyšování klíčových kompetencí studentů zubního lékařství
registrace číslo CZ.1.07/2.3.00/97/0120
e-learningový portál projektu

Úvod Věcnice Účení Statistika O projektu Informační web

E-learningová podpora učení: 7. Chi-kvadrát test

Název		Všechna cvičení k modulu	
Název:	Základy biomedicínské statistiky	Název:	Chi-kvadrát test
Popis:	Tento test si klade za cíl ověřit vám editore vzhledem zobrazení ze statistiky a ukázat vám možné využití metod statistického popisu (testování) a statistické indukce na datech z oboru zubního lékařství.	Popis:	
Učebnice:	Základy učebnice	Tržební cvičení modulu:	<ul style="list-style-type: none"> 1. Konstrukce jednodušší četnostní tabulky 2. Konstrukce četnostní tabulky pro dva kvalitativní znaky 3. Tvorba koláčového grafu 4. Tvorba sloupčového grafu 7. Chi-kvadrát test

Zvolte jednu z možností: Zadáni Řešení Úkoly Test Evaluace

Počet chybných odpovědí: 0 Úspěšnost: --%

Jaká statistická metoda je vhodná pro ověření závislosti dvou kvantitativních znaků?

Dvouvýběrový t-test
 Chi-kvadrát test
 Párový t-test
 Dvouvýběrový t-test

Jaká statistická metoda je vhodná pro zjištění efektu léčby? K dispozici máte data sledovaná kvantitativní veličiny, která má normální rozložení, naměřené před léčbou a po léčbě.

Chi-kvadrát test
 Párový t-test
 Dvouvýběrový t-test

Jaká statistická metoda je vhodná pro porovnání dvou populací nemocných, kteří jsou léčeni různými metodami? K dispozici máte data sledovaná kvantitativní veličiny, která má normální rozložení, naměřené ve dvou výběrových souborech?

Dvouvýběrový t-test
 Chi-kvadrát test
 Párový t-test

Materiály ke cvičení

K modulu nejsou připojeny

Obrázek 9 – Kontrolní test na e-learningovém portálu

3. Závěr

Tento e-learningový vzdělávací systém ztraktivňuje a inovuje studium zubního lékařství na Univerzitě Palackého. E-learningový portál je využíván pro umístění výukových modulů – vzdělávacích distančních textů, demonstračních animací a on-line znalostních tesů. Prostřednictvím portálu mohou studenti k těmto materiálům řízeně přistupovat, je evidována statistika přístupů. Portál umožňuje registraci studentů, volbu uživatelského nastavení. Obsahuje také aktivizační prvky (diskusní fóra, chat) a prvky provádějící zpětnou vazbu (hodnotící ankety, možnost připojení komentáře k výukovému modulu). Portál se má stát komunitním centrem, které umožní efektivní komunikaci mezi studenty a pedagogy. Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Kontakt

Kateřina Langová

langova@tunw.upol.cz

MOŽNOSTI ELEKTRONICKÉHO VZDĚLÁVÁNÍ LÉKAŘSKÝCH KNIHOVNÍKŮ

**Eva Lesenková, Helena Bouzková, Adéla Jarolímková,
Jitka Feberová**

Anotace

V příspěvku je představen nový systém elektronické výuky mimoškolního vzdělávání "Moderní knihovnicko-informační práce v lékařských knihovnách", koncipovaný do třech kapitol v programovém prostředí LMS – Moodle, provozovaném Univerzitou Karlovou v Praze, jehož pilotní verze proběhla v Národní lékařské knihovně koncem roku 2010.

Kurz byl komponován pro celoživotní vzdělávání lékařských knihovníků, především těch, kteří působí v nemocnicích, léčebnách a ústavech, nebo jiných typech zdravotnických zařízení a nemají odborné vzdělání nebo dostatečnou praxi. Systém je založen na samostatné práci studentů s odkazovanými studijními materiály, které poskytují příležitost k samostudiu a prohloubení znalostí v tématech: knihovní systém ČR, veřejné knihovnicko-informační služby ve zdravotnictví, přístupy ke specializovaným zdrojům a využívání moderních vyhledávacích technologií v odborných zdravotnických zdrojích.

Při vytváření obsahu výuky v kurzu autoři využívali principů konstruktivního učení, založených na vytváření a aktualizaci vzorců (asimilace a akomodace), jejichž výsledkem by měla být změna zkušeností a užívaných schémat, které užívají účastníci kurzu v praxi.

Nástrojem kontroly a ověření získaných znalostí byly výsledky závěrečného dotazníku, který byl koncipován s užitím Kirkpatrickova čtyřúrovňového modelu hodnocení.

Klíčová slova

Vzdělávání, mimoškolní vzdělávání knihovníků, elektronické vzdělávání, lékařské knihovny

1. Úvod

Národní lékařská knihovna, referát vzdělávání a metodiky, připravuje, organizuje a realizuje akce mimoškolního vzdělávání jak pro lékařské knihovníky, tak pro uživatele, převážně formou klasických seminářů, školení a kurzů.

E-learning je vhodná alternativa celoživotního vzdělávání umožňující rozvoj odborných kompetencí a schopnost obnovovat a prohlubovat profesionální dovednosti knihovníků, zejména pro mimopražská pracoviště, a zároveň podporuje upevňování studijních návyků formou řízeného samostudia.

V příspěvku jsou dokumentovány nové zkušenosti ve vzdělávání lékařských knihovníků jako procesu nabývání nových znalostí a inovace dovedností na základě uskutečnění pilotního běhu e-learningového kurzu, který byl realizován v posledním čtvrtletí roku 2010.

Práce s digitálními informacemi ve virtuálním prostředí, především vyhledávání a využívání elektronických informačních zdrojů, jsou každodenní realitou v knihovnicko-informační práci několika desítek českých zdravotnických knihoven. E-kurz komponovaný pro celoživotní vzdělávání lékařských knihovníků byl určen těm, kteří působí v nemocnicích, léčebnách a ústavech, (41 pracovišť, což činí 60 % z celkového počtu těchto knihoven v ČR) nebo jiných typech zdravotnických zařízení, a nemají odborné vzdělání nebo dostatečnou, alespoň 5-ti letou praxi.

2. Metody a konstrukce kurzu

Od 90-tých let se v evropském lékařském knihovnictví objevuje propojování mezi e-learningem a knihovnami, zejména v oblasti managementu digitálních výukových objektů, tvorby a využití metadat při budování digitálních repozitářů ^[1]. V mimoškolním vzdělávání (CPD) knihovnicko – informačních profesionálů ^[2] je podstatné usnadňovat přístup k možnostem seznamování se s novými metodami jejich práce. Současně s využíváním různých e-learningových platform a nástrojů (různé kombinace PowerPoint prezentací, wordových dokumentů, hypertextových odkazů a digitálních objektů), jejich technického zvládnutí jak učiteli, tak žáky v prostředí Moodle, je pro elektronické vzdělávání zásadní jeho obsah - dobrá výuková podpora (text, nebo multimediální výukový materiál), vytvořený se znalostí základů pedagogiky (kompozice výukového materiálu, řazení kapitol, od jednoduchého ke složitějšímu, odkazovaná literatura).

Kurz „Moderní knihovnicko-informační práce v lékařských knihovnách“ byl koncipován ve třech kapitolách v programovém prostředí LMS – Moodle, provozovaném Univerzitou Karlovou v Praze.

Při tvorbě obsahu výuky autoři využili principy konstruktivního učení, založené na vytváření a aktualizace vzorců (asimilace a akomodace), jejichž výsledkem by měla být změna zkušeností a schémat dosud užívaných účastníky kurzu v praxi.

Učení nastává osobní zkušeností žáka, především zařazováním znalostí do kontextu, jejich asimilací do existujících schémat, resp. vytvářením nových souvislostí a vzorců.

Pro evaluaci kurzu byli autoři inspirováni Kirpatrikovým čtyřúrovňovým modelem hodnocení - reakce, učení, přenos, výsledky ^[3]. Využili závěrečný dotazník s 10ti otázkami zaměřenými na reakce účastníků (smajlíkový list), na hodnocení míry pokroku studentů v oblasti dovedností, znalostí a postojů. Část dotazníku zaměřená na zjištění posunu chování účastníka po absolvování kurzu (přenos poznatků do praxe) bude vyhodnocena v časovém tříměsíčním odstupu. Jaké výsledky, resp. jaké změny přinese absolvování kurzu, se prokáže až po opakovaném zjišťování.

Úroveň 4: Výsledky	Do jaké míry jsou dosaženy plánované výsledky rozvojového projektu a následných podpůrných aktivit.
Úroveň 3: Chování	Do jaké míry účastníci využívají nové znalosti a dovednosti ve své každodenní práci.
Úroveň 2: Učení	Do jaké míry účastníci získali očekávané znalosti, dovednosti a přístup díky své účasti na vzdělávacím projektu.
Úroveň 1: Reakce	Do jaké míry byli účastníci spokojeni s tréninkovým kurzem.

Obrázek 1- Kirkpatrickův čtyřúrovňový model hodnocení

3. Struktura kurzu

3.1 Obsah kurzu

3.1.1 Lekce 1

Systém knihoven, jejich působnost. Legislativa. Zdravotnické knihovny ČR. Veřejné informační služby ve zdravotnictví. Národní lékařská knihovna. Uživatelské skupiny. Typologie informačních služeb ve zdravotnictví.

3.1.2 Lekce 2

Informační zdroje – katalogy, bibliografické a fulltextové databáze, databáze na podporu klinického rozhodování, elektronické časopisy včetně open access přístupu, internetové vyhledávače, zdroje informací pro laiky. Dostupnost služeb pro různé uživatelské skupiny.

3.1.3 Lekce 3

Medicínské klasifikace. Medicínské obory a specializace – teoretické (preklinické) a další. Lékařská terminologie. Terminologický slovník Medical Subject Headings.

3.2 Rozsah kurzu

Délka studia určena na 6 týdnů, každou ze tří lekcí žáci studovali 14 dní, a to vždy v doporučeném rozsahu 4 hodiny týdně.

3.3 Podmínky absolvování kurzu

Podmínkou pro absolvování kurzu a získání certifikátu byl bodový zisk alespoň 80 % bodů z kontrolních úkolů.

Pilotní běh kurzu proběhl v období 2. 11. – 14. 12. 2010 a zúčastnilo se ho 15 posluchačů, kteří absolvovali lekce v celkovém objemu 24 hodin.

3.4 Technický návod pro účastníky

Systém Moodle, ve kterém byl kurz vytvořen, je optimalizován pro prohlížeč Firefox. Pokud žáci užívají Internet Explorer, mohlo se stát, že některé nástroje nepracovaly regulérně. Prohlížeč Firefox si mohli stáhnout zdarma z internetu a nainstalovat. Z nabídky si vybrali Firefox pro operační systém, který používají, a stáhli si český Firefox 3.6.8 pro Windows. Následně uložili soubor na zvolené místo v počítači a spustili instalační program.

3.5 Pretest

Pretest byl sestaven ze 17 otázek, které byly formulovány s ohledem na zjištění znalostí v tématických okruzích: Systém knihoven ČR, Informační zdroje ve zdravotnictví a jejich vyhledávání a Odborná lékařská terminologie – strukturovaný medicínský heslář MeSH.

Vyhodnocení znalostí: výsledky pretestu byly v intervalu 10-16ti získaných bodů ze 17ti možných. Průměr správně zodpovězených otázek v pretestu činil 14 bodů, což odpovídalo 82 %.

3.6 Úkoly

Bylo formulováno celkem 20 úkolů, které byly zadávány postupně na závěr každé z lekcí. V hodnocení úkolů bylo možné získat maximálně 100 bodů. Výsledky úkolů se pohybovaly v rozpětí 70ti až 100 bodů, tzn., že nejhorší výsledek byl v získání 70 %. V 10ti úkolech bylo dosaženo průměrně 100 bodů, což znamená, že všichni odpověděli zcela správně a ve zbývajících 10ti úkolech byl průměrný bodový zisk více než 95%.

3.7 Postest

Postest byl složen ze 17ti otázek. Výsledky vyhodnocení znalostí ukazují, že došlo k mírnému zlepšení oproti výsledkům pretestu. Průměr bodového zisku činil 15,3 bodů, tj. 90 %.

Pro registrované posluchače je kurz je dostupný na: <http://dlk.cuni.cz/>.

3.8 Dotazník

Hodnocení kurzu bylo koncipováno pomocí Kirkpatrickova čtyřúrovňového modelu hodnocení - reakce, učení, přenos, výsledky.

Závěrečný dotazník s 10ti otázkami byl zaměřený na reakce účastníků (smajlíkový list), na hodnocení míry pokroku studentů v oblasti dovedností, znalostí a postojů. Část dotazníku zaměřená na zjištění posunu chování účastníka (výsledky) po absolvování kurzu (přenos poznatků do praxe) bude vyhodnocena v časovém tříměsíčním odstupu. Jaké výsledky, resp. jaké změny přinese absolvování kurzu, se prokáže až po opakovaném zjišťování.

4. Výsledky

Z vyhodnocení dotazníku vyplynuly tyto závěry:

- reakce posluchačů na formu kurzu byly pozitivní, všem vyhovovala forma a všichni by se zúčastnili dalšího e-learningového kurzu,
- témata kurzu byla hodnocena známkou v rozpětí 1 až 1,5 a byl připomínkován nerovnoměrný rozsah jednotlivých kapitol s ohledem na dobu strávenou studiem,
- pro 64 % posluchačů kurz zcela splnil očekávání, u 36 % částečně,
- účastníci navrhovali další témata: zejména metodiku vyhledávání v katalogu, Medvik, v databázi Bibliographia medica Českoslovana, tematiku odborných katalogů a jak správně citovat, navigaci k českým online zdrojům,
- přínos pro praxi byl hodnocen nejvýše u využívání deskriptorů tezauru MeSH při vyhledávání odborných informací.
- absolvováním kurzu došlo ke zlepšení odpovědi v testu oproti výsledkům v pretestu. Průměr bodového zisku činil 15,3 bodů, tj. 90 %.

5. Diskuze

Elektronická výuka, probíhající v prostředí Moodle, přináší **pro knihovníky** nový studijní systém, který je založen na samostatné práci studentů v interakci s tutori kurzu. Autoři preferují tutorovanou výuku, kdy tutor má možnost v interakci s posluchačem nahrazovat případné nejasnosti v textu. Hyperlinkové online studijní zdroje vřazené do strukturovaných tematických bloků přináší pro studenty novou studijní zkušenost. Oproti klasickým metodám přináší e-learning pokroky v možnostech využití znovupoužitelnosti, přenositelnosti, rozšiřitelnosti, cost effectivity a přístupnosti výukových opor.

Diskuzní fórum v Moodle, které umožňuje předávání informací, novinek a událostí v kurzu, bylo však využito minimálně. V ostré verzi by měl být kladen větší důraz na roli tutora jako facilitatora diskuze. Diskuze by měla být zaměřena k podpoře kritického myšlení, tzn. např. porovnání myšlenky s jinými názory a s tím, co už je o problému známo a zaujetí stanoviska a jeho obhájení.

Autoři (tvůrci výukových opor) si osvojují nové pedagogické a technologické přístupy, ve kterých se protínají technologie, obsah, vyučování žáků a učení se jich samých. Při tvorbě výukových materiálů v „ostré verzi“ bychom použili

multimediální nástroje pro tvorbu flashových aplikací – Adobe Captivate 4 nebo Wink 2.0.

Literatura

- [1.] *Libraries and the Enhancement of E-learning. Report from an OCLC sponsored Task Force.* Pat Albanese, Mt. Holyoke; Paul LePore, Univ. ... Dostupný na (www.oclc.org/uk/en/news/events/presentations/2004/alamw2004/elearning/20040110.ppt).
- [2.] VARLEJS, J.; WALTON, G. *Strategies for Regenerating the Library and Information Profession.* München K. G. Saur 2009. 415 s. ISBN 978-3-598-22044-9.
- [3.] PAVLÍČEK, Jiří. *Základy e-didaktiky pro tutorý.* Ostrava, Opavská univerzita, Pedagogická fakulta 2003. Dostupný na (http://www.osu.cz/fpd/kik/dokumenty/autsy/materialy/e_didaktika3_4.pdf).
- [4.] KIRKPATRICK, L. Donald. *Evaluating Training Programs : The four levels.* 3rd Ed. San Francisco : Berrett-Koehler ; Emeryville, CA : Publishers Group West, 2008.
- [5.] COOK, D.; MCDONALD, F. S. *E-Learning : is there anything special about the „e“? Perspectives in Biology and Medicine.* 2008, vol. 51, N. 1, p. 5-21.
- [6.] KIRKPATRICK, J.; KIRKPATRICK, W. K. *Kirckpatrikův čtyřúrovňový model: nový pohled po 50 letech 1059 – 2009.* Dostupný na: (http://www.develor.cz/develorcz/develorcz_files/File/kirkpatrickovy4urovne-novypohledpo50%20letech2.pdf).

Kontaktní adresa

PhDr. Eva Lesenková, Ph.D.
Národní lékařská knihovna,
Sokolská 54,
121 32 Praha 2,
tel.: 296335949,
e-mail: lesenkov@nlk.cz, <http://www.nlk.cz>

ICT V MEDICÍNĚ A PROBLEMATIKA STANDARDŮ

Lenka Lhotská, Miroslav Burša, Michal Huptych

Anotace

V současné době existuje nejen v ČR, ale v celé řadě dalších zemí mnoho různých izolovaných řešení a implementací informačních systémů (IS) pro zdravotnické a klinické účely. Při snaze tyto systémy integrovat či minimálně si mezi nimi vyměňovat data se často setkáváme s problémem nekompatibility. V našem příspěvku bychom chtěli prezentovat přehled existujících datových a komunikačních standardů v ICT, jejich využívání v eHealth a přehled doporučení či standardů vytvořených přímo pro zdravotnické účely. Zároveň chceme ukázat i na oblast přístrojové a senzorové techniky v medicíně, která má své standardy, a navrhnout možná řešení, jak tyto systémy vzájemně propojovat, aby bylo možné získaná data předávat do IS.

Klíčová slova

Informační systém, interoperabilita, standard, bezdrátová komunikace, elektronický záznam pacienta

1. Úvod

Podíváme-li se do jakékoliv učebnice o informačních systémech (IS), najdeme výčet základních kritérií, která musejí IS splňovat. Jsou jimi: integrace informací, otevřenost, grafické uživatelské rozhraní, uložení a dostupnost dat centrálně na jediném místě, uživatelská přívětivost. V souvislosti s předáváním dat vně IS přistoupil požadavek na interoperabilitu. Budeme-li však analyzovat situaci podrobněji, zjistíme, že ne všechny požadavky jsou zcela jednoduše splnitelné. Právě nutnost komunikovat s dalšími systémy vede k nezbytnosti standardizace, ale nejen vlastních informačních systémů, nýbrž řady dalších zařízení. Ukážeme si na několika příkladech, proč by měl být tento požadavek prosazován (ve svém důsledku i vůči výrobcům zdravotnických prostředků, zejména přístrojové techniky).

2. Standardizace informačních systémů

Základní elementy standardizace všech IS jsou totožné, jako např. centrální definice rozhraní pro jednotlivé aplikace modulů, stanovení číselníků, komunikačních protokolů a bezpečnostních kritérií. Zdravotnictví má však celou řadu specifických atributů. Existuje celá řada speciálních číselníků, které jsou definovány buď na mezinárodní úrovni (číselníky WHO – ICD-10, ICF, ICHI)^[1], či národní (Národní číselník laboratorních položek, číselníky výkonů pro úhrady pojišťovny). Protože pracujeme s citlivými údaji, jsou i požadavky na bezpečnost uložení a komunikaci dat vyšší než v celé řadě dalších aplikací IS. Zatím jsme se nezmínili o tom, jaké typy dat se ukládají, případně by se měly ukládat. Ve většině zdravotnických IS najdeme jakousi základní kartu pacienta, ve které jsou zaznamenány údaje, dříve zapisované do papírové dokumentace.

Ale dnešní přístrojová technika umožňuje zaznamenat a hlavně v digitální podobě ukládat další data, zejména v podobě signálů (např. EKG, EEG, EMG) či obrazů a videí (např. CT, MRI, ultrazvuk). Tady se dostáváme k otázkám datových formátů, problematice ukládání velkých objemů dat, bezztrátové komprese, náročnosti vybavování dat z datových úložišť, vhodnému zobrazování, apod.

Začneme od obrazových dat. To je oblast, kde se podařilo úspěšně sjednotit síly a vytvořit definovaný standard DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) ^[2], který dnes respektují i všichni výrobci zobrazovacích systémů. Tento formát je podporován i systémy PACS (Picture Archiving and Communicating System).

Bohužel na opačném konci jsou data signálová, byť přístroje EKG, EEG a další jsou velmi frekventované. Často se setkáváme s tím, že jediný podporovaný výstup u kratších záznamů je pouze tisk na papír. Delší záznamy jsou ukládány do počítače, ale téměř ve 100% případů v proprietárním formátu výrobce přístroje! Co to znamená? Znamená to, že je možné záznam načíst pouze do softwarové aplikace vytvořené výrobcem a dodávané spolu s přístrojem. Pokud bychom takové soubory připojili k elektronickému záznamu pacienta, tak nám stejně bez příslušné programové podpory nebudou k ničemu. Často se navíc i u jednoho výrobce stává, že s novým přístrojem dodá nový software, který ale nepodporuje předchozí formát dat, takže dříve pořízené záznamy nelze ani zobrazit, ani zpracovávat. Tím však přicházíme o cenný zdroj informací u chronicky nemocných pacientů, u signálů sbíraných pro longitudinální studie, u dlouhodobého sledování působení léků, případně u dalších způsobů léčby.

I zde by standardizace mohla pomoci. Je jasné, že se výrobci tomu budou bránit. Jestliže však nám technika na jedné straně umožňuje zaznamenávat a vyhodnocovat stále větší objemy a rozmanitější typy dat, tak by neměla na druhé straně tvořit umělé překážky.

3. Standardy pro přenos patientských dat

Datový standard MZ ČR (DaSta) ^[3] byl vytvořen v ČR jako standard pro přenos údajů o pacientovi mezi informačními systémy zdravotnických zařízení. Je vyvíjen od roku 1997 jako ad hoc dohoda firem, které implementují zdravotnické informační systémy. Vznikl na základě potřeby vyměňovat strukturovaným způsobem informace mezi několika typy IS (nemocniční, ambulantní, laboratorní). Tomu odpovídá i jeho strukturování a využití. Skládá se z popisu datové struktury, externích číselníků, registrovaných kódů firem, dalších datových bloků a poznámek k přenosu datových souborů. Během let byl rozšiřován o další typy datových struktur (např. výkazy Národního zdravotnického informačního systému) a bloky (např. blok klinických událostí). Standard umožňuje komunikaci mezi aplikacemi různých úrovní složitosti od nejjednodušších, které jsou schopny přenést pouze nestrukturované textové údaje, až po propracované systémy, pracující se strukturovaným elektronickým zdravotním záznamem. Základní nevýhoda vyplývá z toho, že je vytvářen pouze na národní úrovni. Názvy jednotlivých elementů a jejich atributů v XML

reprezentaci vycházejí z češtiny. Tudíž využití pro komunikaci na mezinárodní úrovni je prakticky nemožné. Díky jazykové blízkosti je využíván na Slovensku v systémech implementovaných českými firmami. Na druhé straně má čistě národní vývoj i výhodu v tom, že je standard adaptován na národní podmínky a je možného relativně snadno modifikovat či rozšiřovat.

Na mezinárodní úrovni se zejména v posledním desetiletí rozšířil komunikační standard HL7^[4], který byl od počátku vyvíjen jako speciální standard pro oblast zdravotní péče. Umožňuje komunikaci téměř mezi všemi typy institucí a oblastí zdravotní péče. Standard HL7 byl vyvinut v USA a v současnosti je oficiálním standardem ANSI^[5]. Staví na několika relativně jednoduchých principech: tvorba formátů a protokolů pro výměnu datových záznamů mezi počítačových systémy ve zdravotnictví; standardizace formátů a s tím spojená unifikace rozhraní; zlepšení účinnosti komunikace; návod pro dialog mezi zúčastněnými stranami při specifikaci rozhraní; minimalizace počtu rozhraní; minimalizace výdajů na implementaci rozhraní. Z hlediska implementace neklade HL7 žádná omezení na architekturu jednotlivých systémů, použité operační systémy nebo programovací jazyky. Postupně vznikly jednotlivé verze standardu. Nejnižší verzí schválenou jako standard ANSI byla v roce 1997 verze 2.3. Postupně byla rozšiřována o další datové struktury a funkční bloky. Poslední v řadě 2 byla verze 2.6, schválená jako standard ANSI v roce 2007^[6]. Verze 3 znamená významný posun k systematickému přístupu a navržení jednoznačného standardu tak, aby bylo možné snáze porovnat implementovaný systém se standardem (to ve verzi 2 vyžadovalo náročnější analýzu). Verze 3 pracuje objektivě orientovanou metodologií a využívá Referenční informační model (RIM) pro tvorbu zpráv^[7]. Právě RIM je základním prvkem metodologie HL7 verze 3, protože poskytuje jednoznačnou reprezentaci sémantických a lexikálních spojení, které lze nalézt mezi informacemi přenášenými ve zprávách. Pro data se využívá formát XML^[8],^[9]. Je možné využívat řadu číselníků a klasifikací, z nichž některé jsou přímo součástí standardu. Lze ale použít i externí klasifikace, vytvořené jinými organizacemi. Na závěr bychom chtěli podotknout, že standard HL7 byl přijat v řadě zemí mimo americký kontinent jako základ pro komunikaci mezi zdravotnickými informačními systémy. Dá se tedy očekávat, že pokud budeme chtít, aby systémy vyvíjené v ČR byly schopné komunikovat se zahraničními, ať už půjde o předávání dat, nebo jejich implementaci v zahraničí, budou muset nutně komunikovat podle standardu HL7. Mimochodem pokud je součástí projektu EU v oblasti eHealth návrh a implementace IS (nebo nějakých modulů), je téměř nemyslitelné použít nějaké nestandardní řešení a nevyužít HL7.

4. Osobní monitorování zdravotního stavu a standardy

Telemedicína a zejména její využití v domácí péči se v posledních letech dostává do popředí zájmu i díky tomu, že cena používaných komponent a přístrojové techniky klesá na přijatelnou úroveň. O to je důležitější od samého začátku mít na paměti nutnost standardizovat komunikaci přímo od senzoru snímajícího data či signály až po finální zpracování a případně uložení do elektronického záznamu pacienta.

Pro komunikaci mezi elektronickými zařízeními jsou definovány standardy IEEE, ať již jde o komunikaci bezdrátovou či po vedení. Zde se z důvodů potenciálních aplikací zaměříme právě na bezdrátové komunikace ^[10], které jsou v současnosti zejména pro telemedicínské aplikace podstatné. Umožňují totiž přenášet množství snímaných fyziologických dat, aniž by dotyčný jedinec musel být připoután k lůžku či musel nosit objemné zařízení. Právě definované standardy umožňují snadný přenos i prostřednictvím PDA, chytrého telefonu či jiného zařízení, vybaveného příslušným rozhraním.

4.1 IEEE 802.11 – WLAN/Wi-Fi

Bezdrátová lokální síť (WLAN či Wi-Fi) umožňuje bezdrátové propojení přenosných zařízení a dále jejich připojování na lokální (např. firemní) síť. Standardy WLAN pracují na frekvencích 2,4 GHz a 5GHz. Jsou specifikovány standardem IEEE 802.11 ^[10] a mají různé verze – IEEE 802.11a/b/g/n.

4.2 IEEE 802.15.1 – Bluetooth

Standard IEEE 802.15.1 ^[11] je základem bezdrátové technologie Bluetooth. Spadá do kategorie osobních počítačových sítí, tzv. PAN (Personal Area Network). Vyskytuje se v několika verzích, z nichž v současnosti nejvíce využívaná je verze 2.0 a je implementována ve většině aktuálně (2010) prodávaných zařízení jako jsou např. mobilní telefony, notebooky, ale i televize. V současné době (2011) je nově vyvinuto rozhraní Bluetooth 4.0, u kterého výrobci slibují větší dosah (až 100 metrů), menší spotřebu elektrické energie a také podporu šifrování AES-128. Je navržen pro malé a levné přístroje s nízkou spotřebou energie.

Specifikace Bluetooth 2.0 EDR (Enhanced Data-Rate) zavádí novou modulační techniku pi/4-DQPSK a zvyšuje tak datovou propustnost na trojnásobnou hodnotu oproti Bluetooth 1.2 (2,1 Mbit/s). Tímto se dosahuje daleko větší výdrže baterií, protože samotné navázání spojení a i přenos samotný probíhá v daleko kratší době, než u starších verzí Bluetooth.

Zařízení se dělí dle výkonosti následujícím způsobem: Class 1 – max. výkon 100 mW (20 dBm) – dosah 100 metrů; Class 2 – max. výkon 2,5 mW (4 dBm) – dosah 10 metrů; Class 3 – max. výkon 1 mW (0 dBm) – dosah 1 metr. Přenosové rychlosti podle standardů jsou následující: Bluetooth 1.2 – 1 Mb/s; Bluetooth 2.0 + EDR – 3 Mb/s; Bluetooth 3.0 + HS – 24 Mb/s; Bluetooth 4.0 – 24 Mb/s.

4.3 IEEE 802.15.4 – ZigBee

Podobně jako Bluetooth je technologie ZigBee ^[12] určena pro spojení nízkovýkonových zařízení v sítích PAN na malé vzdálenosti do 75 metrů. Díky použití multiskokového ad-hoc směrování umožňuje komunikaci i na větší vzdálenosti bez přímé radiové viditelnosti jednotlivých zařízení. Primární určení směřuje do aplikací v průmyslu a senzorových sítích.

Pracuje v bezlicenčních pásmech (generální povolení) přibližně 868 MHz, 902–928 MHz a 2,4 GHz. Přenosová rychlost činí 20, 40, 250 kbit/s.

ZigBee je navržen jako jednoduchá a flexibilní technologie pro tvorbu i rozsáhlejších bezdrátových sítí u nichž není požadován přenos velkého objemu

dat. K jejím hlavním přednostem patří spolehlivost, jednoduchá a nenáročná implementace, velmi nízká spotřeba energie a v neposlední řadě též příznivá cena. Díky těmto vlastnostem nalezne uplatnění v celé škále aplikací, jež lze zařadit do několika skupin: automatizace budov (zabezpečení, ovládání světel, kontrola přístupu); spotřební elektronika (dálkové ovládání elektrospotřebičů); počítačové periferie (bezdrátové myši, klávesnice); průmyslová automatizace; zdravotnictví (pacientské monitory).

Díky různorodosti předpokládaných aplikací standard definuje tři základní režimy přenosu dat: periodicky se opakující (přenos dat z čidel); nepravidelné přenosy (externí události, např. stisknutí tlačítka uživatelem); opakující se přenosy u nichž je požadavek na malé zpoždění (bezdrátové počítačové periferie – klávesnice a myši).

4.4 IEEE 802.15.6 - BAN

IEEE 802.15.6^{[13], [14], [15], [16], [17]} je rozpracovaný standard pro bezdrátovou síť využitelnou pro snímání dat z lidského těla pomocí tzv. Body Area Network (BAN). Navržené frekvence jsou 400 MHz a 2,4 GHz. Kromě uvedených odkazů nejsou zatím k dispozici bližší informace.

4.5 Režimy činnosti bezdrátových sítí

Bezdrátové sítě mohou pracovat ve dvou základních režimech: ad hoc a infrastrukturní. Bezdrátová síť v infrastrukturním režimu má základnu/přístupový bod, který slouží jako centrální uzel, který se propojuje s bezdrátovými terminály. Nevýhodou je, že dojde-li k poruše centrálního uzlu, nemohou spolu bezdrátové terminály komunikovat. Ad hoc sítě se tvoří „on the fly“ (za běhu) bez pomoci základny. Využívá se u nich často principu samoorganizace.

Standardy IEE pro bezdrátovou komunikaci definují frekvenční pásma, způsoby modulace, komunikační protokoly nižších vrstev. Neříkají nám ale nic o formátu přenášených dat. Proto je nutné se zabývat dále i těmito otázkami, ať už půjde o syntaxi, či sémantický obsah zpráv.

5. Příklady řešení komunikace přístrojů a informačních systémů

U řady komerčně dostupných přístrojů, které by mohly být využitelné, narážíme na problém proprietárních formátů měřených dat. Ve většině případů jsou tak data zobrazitelná a zpracovatelná pouze v softwaru, dodaném od výrobce. Ukládání či zpracování dat mimo tento uzavřený systém není možné. To znamená, že taková data pak nelze ani uložit do elektronického zdravotního záznamu. I v této oblasti je snaha vytvořit alespoň převodní rozhraní.

5.1 Projekt iCARDEA

Příkladem řešení převodu dat z přístrojů do informačního systému, včetně mapování sémantického obsahu, je využití standardu ISO/IEEE 11073 DIM (Domain Information Model). V rámci projektu iCARDEA^[18] bylo vytvořeno rozhraní nazvané Medical Device Modeling Tool, které převádí naměřená

data jak z proprietárních formátů, tak ze standardních formátů do formátu IEEE 11073 ^[19]. V dalším kroku jsou datové typy z IEEE 11073 DIM mapovány na datové typy HL7 v2.5. Poté lze dále využít mapování na HL7 CDA (Clinical Document Architecture), HL7 PHMR (Personal Health Monitoring Report) ^[20], HL7 v3 Observation message používaný v popisech klinických procesů, USAM (Unified Service Action Model) v GLIF (GuideLine Interchange Format) ^[21] pro podporu klinického rozhodování, či libovolný formát zprávy/dokumentu založený na HL7 RIM.

ISO/IEEE 11073 standardy jsou založeny na objektivě orientovaném modelu (DIM). DIM je tvořen osmi moduly pro strukturování domény přístrojů. Základní moduly tvoří reprezentace lékařských přístrojů a jejich měření, data pacientů, další řeší otázku interoperability mezi přístroji, jako jsou např. konfigurace a synchronizace přístrojů.

Lékařský balík se skládá ze čtyř hlavních tříd: Virtual Medical Object (VMO), Virtual Medical Device (VMD), metrika (např. jednoduché numerické hodnoty, složité signály = časové řady) a kanál (propojení objektů metriky s VMD). Pro definování interoperabilních lékařských přístrojů se musejí atributy těchto objektů skládat z kódů, které jsou specifikovány v datovém slovníku. ISO/IEEE 11073 – 10101: Nomenclature standard je datový slovník oblasti vitálních příznaků, které se používají pro reprezentaci objektů DIM se společnými kódy.

PHMR je dokument, který obsahuje informace z osobního zdravotního monitorování, včetně reprezentace měření získaných z přístrojů, poznámek, souhrnů a grafů. Pro reprezentaci takových proměnných dat je vhodný formát vycházející z HL7 CDA ^[22]. Dají se také využít šablony definované HL7 CCD (Continuity of Care Document) ^[23].

Pro integraci dat z měřících přístrojů je však nutné, aby tato data (zprávy) odpovídala XML schématu. Jinak se musí ještě implementovat tzv. XML wrapper. Samozřejmě toto bude bezchybně fungovat, pokud budeme znát formát dat. V případě, že nebude známý formát dat z přístroje, což je častý případ řady komerčních zařízení, tak sice data přeneseme. Následně je uložíme v XML, kde data budou tvořit tělo dokumentu, ale nebudeme schopni rozkódovat jejich sémantický obsah. Proto je základní podmínkou pro interoperabilitu znalost sémantického obsahu zpráv. V případě dat z přístrojů je tedy nutné znát jejich formát.

5.2 Návrh systému pro komunikaci senzorových systémů s informačním systémem

V článku ^[24] je navrženo schéma pro výměnu dat mezi HL7 a IEEE 1451 standardy. IEEE 1451 standardy je soubor standardů pro speciální síť senzorů, jako např. pro průmyslové řízení a inteligentní domy. Definují soubor rozhraní, která komunikují v heterogenních sítích. Cílem je umožnit snadné začlenění různých snímačů a akčních členů do libovolného typu nadřazené sítě způsobem plug-and-play. Podstatné je zavedení společného komunikačního rozhraní pro inteligentní převodníky.

Navržený systém ve vzdáleném režimu monitoruje stav pacienta a přenáší

naměřený elektrokardiogram (EKG), teplotu, množství glukózy a případně další data. Pacienti mají k dispozici odpovídající senzory, mobilní zařízení typu PDA nebo chytrý telefon a v prezentovaném experimentálním uspořádání se musejí pohybovat v prostorách s možností přístupu k bezdrátové síti (Wi-Fi). Obecně senzory nekomunikují přímo s bezdrátovou sítí kvůli vyšším výrobním nákladům a i vyšší spotřebě energie. V navržené konfiguraci je propojení senzorů s PDA realizováno pomocí Bluetooth. PDA se potom připojuje k bezdrátové síti přes přístupový bod a zprostředkuje přenos naměřených dat do monitorovacího centra. V centru je pacient registrován, včetně osobních dat, anamnézy a stávajících onemocnění a diagnóz. Pak má přidělen jednoznačný identifikátor, pomocí něhož je identifikován ve všech relacích. Neoddělitelnou součástí řešení je dostatečné zabezpečení a verifikace identity uživatele při vzdáleném přístupu na server.

Základní funkce senzorů jsou streamování dat na PDA a vzorkování dat z kontinuálních měření. Na PDA jsou implementovány následující funkce: příjem příkazů z nadřazeného serveru a reakce na ně, sběr dat ze senzorů a následně posílání na server. Monitorovací centrum má v navržené architektuře nejvíce funkcí. Základní jsou spojeny s příjmem dat a jejich dalším zpracováním a řízením podřízených jednotek. Monitorovací centrum přijímá navzorkovaná data a odpoví na příkazy. Data jsou prostřednictvím třídy Stream Dispatch předána do odpovídající třídy Process. Hlavní řídicí příkazy slouží pro řízení klientských zařízení. Zdravotnický pracovník vybere, které informace se mají monitorovat. Pomocí třídy Command Sending je tento výběr převeden do podoby příkazu a odeslán na PDA. Funkce záznamu dat zaznamenává přenesená navzorkovaná data z PDA. Funkce tvorby souboru XML pro HL7 vytváří soubory XML pro každého pacienta. Soubory jsou definovány podle standardu HL7 v2.5. V souborech jsou zaznamenány osobní informace, symptomy, anamnéza, současné onemocnění a nezbytná navzorkovaná data. Každý pacient (uživatel) má jeden soubor XML. V databázi jsou zaznamenávána všechna naměřená data pacienta.

6. Závěr

Z výše uvedených příkladů je vcelku zřejmé, že největší problémy a zároveň největší prostor pro budoucí řešení jsou v oblasti správného mapování získávaných dat do datového modelu, který popisuje elektronický záznam pacienta. Zejména s ohledem na budoucí vývoj a možnost snímat a ukládat daleko větší objemy různorodých fyziologických parametrů je otázka interoperability stále důležitější.

V posledních letech se objevilo několik studií, např. ^[25], které ukazují, že otázka interoperability může významně ovlivnit efektivitu jak při návrhu a tvorbě integrovaného systému, tak i při vlastním provozu. Pokud interoperabilita mezi lékařskými přístroji a zdravotnickými IS opravdu funguje, je možné snížit náklady na integraci (udává se až o 30%), čas pro mapování datových typů až o 50%, a podstatně zvýšit přesnost dat v elektronickém zdravotním záznamu.

HL7 představuje v dnešní době nejucelenější soubor specifikací datových

modelů a struktur pro komunikaci, které jsou k dispozici. V uplynulém desetiletí se postupně rozšířila komunikace podle HL7 verze 2. Mezitím se však zvýšily nároky na obsah předávaných zpráv z hlediska jejich strukturovanosti. Jednalo se zejména o možnost přenášet celou zdravotní dokumentaci pacienta. S tím byl spojen již výše zmiňovaný požadavek na správné mapování datových typů a přiřazení sémantického obsahu. Postupně se tak začaly objevovat implementace využívající verzi 3 standardu HL7, hlavně pro rozsáhlejší zdravotnické systémy, ve kterých se shromažďují data a zprávy v různých formátech. Standard HL7 verze 3 byl přijat jako komunikační protokol ve Velké Británii, Nizozemí a Švédsku. V USA tuto verzi využívá také řada místních systémů a některé veřejné zdravotnické organizace.

Do budoucna se jeví jako nejvhodnější vytvoření nadstavby základních standardů a technologií, které umožní snadnější splnění požadavku na interoperabilitu v porovnání s popisovanými příklady v příspěvku, kdy bylo nutné pro konkrétní použité standardy vytvářet mapování datových typů a implementovat příslušná rozhraní. Jednu cestu nabízí iniciativa výrobců softwaru a zařízení IHE (Integration of Healthcare Enterprise) ^[26], která vytváří technické specifikace pro IT řešení integrací a komunikací ve zdravotnictví na základě již existujících standardů (DICOM, HL7). Nejprve jsou definovány reálné procesy na straně uživatele, popisující běžnou práci v dané oblasti. Tyto procesy jsou podkladem pro definování tzv. integračních profilů. Z nich se odvozují standardní UseCases. Pomocí integračních profilů je specifikována již řada klinických oborů. Integrační profily jsou definovány tak, že zaručují „Plug&Play“ kompatibilitu v komunikacích, jednotnou elektronickou identifikaci pacienta napříč všemi participujícími systémy (PIX - Patient Identifier Cross Referencing) a popisují doporučení logické infrastruktury EHR pro výměnu dat (XDS – Cross Enterprise Document Sharing). Profily IHE jsou v široké míře přijímány také prodejci a jsou snáze srozumitelné a použitelné než abstraktní standardy. Je pravděpodobné, že během následujících let bude jejich využití při výměně zdravotnických informací rychle vzrůstat.

Poděkování

Práce je částečně podporována projektem MAS Nanoelectronics for Mobile Ambient Assisted Living(AAL) Systems (grant no. 120228) (projekt je částečně financován ENIAC Joint undertaking's Funding (no. 120228) a MŠMT ČR (č. projektu 7H10019) a výzkumným záměrem č. MSM 6840770012 "Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství II".

Literatura

- [1.] World Health Organization URL <http://www.who.int>
- [2.] DICOM URL <http://medical.nema.org/>
- [3.] DaSta URL <http://ciselniky.dasta.mzcr.cz>
- [4.] <http://www.hl7.org/implement/standards/index.cfm?ref=nav>

- [5.] American National Standards Institute (ANSI). [Online]. Available: <http://www.ansi.org>
- [6.] <http://www.hl7.org/implement/standards/ansiapproved.cfm>
- [7.] HL7 Reference Information Model, HL7 Std. [Online]. Available: <http://www.hl7.org/v3ballot/html/infrastructure/rim/rim.htm>
- [8.] Data Types - Abstract Specification, Release 1, HL7 Std. [Online]. Available: <http://www.hl7.org/v3ballot2009sep/html/infrastructure/datatypes/datatypes.htm>
- [9.] XML Implementation Technology Specification - Data Types, R1, HL7 Std. [Online]. Available: <http://www.hl7.org/v3ballot2009sep/html/infrastructure/itsxml/datatypes-itsxml.htm>
- [10.] Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Std 802.11-2007, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 12 June 2007.
- [11.] Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Std 802.15.1-2005, Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs), 14 June 2005. URL <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.1-2005.pdf>.
- [12.] Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Std 802.15.4-2006, Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), 8 September 2006. URL <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2006.pdf>.
- [13.] IEEE P802.15 Study Group Medical Body Area Networks (SGMBAN). SG BAN Montreal Interim Meeting Minutes, 20 May 2007. URL <ftp://ieee.wireless@ftp.802wirelessworld.com/15/07/15-07-0748-00-0ban-mban-meeting-minute-montreal-may-2007.doc>.
- [14.] IEEE P802.15 Study Group Medical Body Area Networks (SGMBAN). SG BAN San Francisco Plenary Meeting Minutes, 16 August 2007. URL <ftp://ieee.wireless@ftp.802wirelessworld.com/15/07/15-07-0820-00-0ban-ban-sessions-minute-sanfrancisco-july-2007.doc>.
- [15.] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>
- [16.] IEEE 802.15.6 Regulation Subcommittee Report, IEEE 802.15 Working Group for Wireless Personal Area Network, May 2010
- [17.] W. ASTRIN, H.-B. LI, and R. KOHNO, "Standardization for body area networks," *IEICE Transactions on Communications*, vol. E92.B, no. 2, pp. 366–372, 2009
- [18.] iCARDEA Project. [Online]. Available: <http://www.srdc.com.tr/icardea/>
- [19.] ISO/IEEE 11073-10201:2004(E) Health Informatics – Point-of-care medical device communication – Part 10201: Domain Information Model., ISO/IEEE Std.
- [20.] Alschuler, L., Beebe, C., Boone, K.W. et al. (2008) Implementation Guide for CDA Release 2.0 Personal Healthcare Monitoring Report (PHMR). Draft Standard for Trial Use. First Release. HL7 Inc. http://www.hl7.org/documentcenter/ballots/2008SEP/support/CDAR2_PHRMPTS_R1_DSTU_2008NOV.zip.
- [21.] "Guideline Interchange Format 3.5 Technical Specification," InterMed Collaboratory, May 2004.
- [22.] Clinical Document Architecture, Release 2, HL7 Std. [Online]. Available: <http://www.hl7.org/v3ballot2009sep/html/infrastructure/cda/cda.htm>
- [23.] Continuity of Care Document (CCD), HL7 Std. [Online]. Available: http://wiki.hl7.org/index.php?title=Continuity_of_Care_Document%28CCD%29
- [24.] Lee M., Gattton T.M., Wireless Health Data Exchange for Home Healthcare Monitoring Sys-

tems. Sensors 2010, 10, 3243-3260; doi:10.3390/s100403243

[25.] *Analysis of Implementing Integrated Systems. Kaiser Permanente. [Online]. Available: [http://mdpnp.org/uploads/Impact HC 6.pdf](http://mdpnp.org/uploads/Impact%20HC%206.pdf)*

[26.] *Integrating the Healthcare Enterprise URL <http://www.ihe.net>*

Kontakt:

Lenka Lhotská

ČVUT FEL Praha, katedra kybernetiky,
Technická 2,
166 27 Praha 6,
el.: 224353933, fax: 224311081,
e-mail: lhotska@fel.cvut.cz,
<http://cyber.felk.cvut.cz>

Miroslav Burša

ČVUT FEL Praha,
katedra kybernetiky,
Technická 2,
166 27 Praha 6,
tel.: 224357325, fax: 224311081,
e-mail: bursam@fel.cvut.cz,
<http://cyber.felk.cvut.cz>

Michal Huptych

ČVUT FEL Praha,
katedra kybernetiky,
Technická 2,
166 27 Praha 6,
tel.: 224357325, fax: 224311081,
[e-mail:michalhuptych@seznam.cz](mailto:michalhuptych@seznam.cz),
<http://cyber.felk.cvut.cz>

SYSTÉM SEBEHODNOCENÍ TĚLESNÉ ZDATNOSTI V INTERNETOVÉ APLIKACI INDARES.COM

Martin Nosek, Roman Cuberek

Anotace:

Dynamické změny v lidské společnosti zapříčinily v posledních letech výrazné změny v životním stylu. Úbytek pohybových aktivit se v mnoha ekonomicky vyspělých zemích výrazně podílí na vzniku civilizačních chorob. Snahou národních i nadnárodních institucí je veřejná podpora pohybových aktivit vedoucí k zdravému životnímu stylu. K vytváření těchto strategií jsou nezbytné aktuální údaje a data o účasti osob v pohybových aktivitách a aktuální tělesné zdatnosti. Za účelem vytvoření komplexního nástroje podpory a výzkumu pohybových aktivit byl jako doplněk již fungující aplikace Indares.com (projekt Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého) sestaven samostatný modul sebehodnocení tělesné zdatnosti. Sestava dvanácti terénních testů (s výstupem v podobě normativního hodnocení) poskytuje uživateli zpětnou vazbu o úrovni jeho zdravotně orientované zdatnosti. Výhodou celého systému je možnost jeho dalšího modulárního rozšiřování, aktualizace normativního hodnocení a tři jazykové verze umožňující případné mezinárodní komparativní studie.

Klíčová slova:

internet, pohybová aktivita, prevence, sebezpojetí, testování, životní styl

1. Úvod

Lidská společnost prošla v relativně krátkém období podstatnou změnou od industriální společnosti ke společnosti informací. Současný stav a vývoj dopravní infrastruktury a služeb zaměřený na komfort ze strany aktivního účastníka je neodvratně spojován také s nízkými nároky společnosti na fyzický pracovní výkon a vede k nadměrně sedavému způsobu života^[14], který je přirozeně spojován s nedostatkem pohybové aktivity (PA). Caspersen (1985)^[4] definuje PA jako jakýkoliv pohyb, který se podílí na celkovém výdeji energie. Dostatečná úroveň PA se v posledních letech ukazuje jako důležitý faktor zdravotní prevence, neboť nedostatek PA spolu s nadměrně sedavým způsobem života je označován za jeden z nejpodstatnějších rizikových faktorů kardiovaskulárních problémů. Za závažné je třeba považovat zjištění WHO (2004)^[19], která informuje, že kardiovaskulární spolu s chronickými onemocněními zapříčiňují dokonce více než 60 % všech úmrtí. Ani v ČR není situace uspokojivá. Jak uvádějí nejnovější statistiky WHO (2010)^[20], je v ČR více než 20 % obézní populace, která se v tomto smyslu stává rizikovou skupinou. Mnohé studie^[5, 9, 3, 18] zaměřené na zdravotní benefity PA ukázaly, že dostatečná a především pravidelná PA působí preventivně na řadu civilizačních onemocnění (kardiovaskulární onemocnění, diabetes mellitus 2. typu, rakovinu, vysoký krevní tlak, obezitu a další).

Tato zjištění jsou již několik let podnětem pro vytváření národních i nadnárodních strategií pro podporu pohybových aktivit a zdravého životního stylu v řadě zemí celého světa ^[19, 10, 7, 17]. Komise evropských společenství (2007b) ^[11] v roce 2007 přijala Bílou knihu "Strategie pro Evropu týkající se zdravotních problémů souvisejících s výživou, nadváhou a obezitou", ve které se zavazuje prosazovat principy směřující k potlačení tendence poklesu PA a pohybové inaktivity obyvatelstva spolu s rozvojem opatření v oblasti výživy jako prevence nerovnováhy mezi energetickým příjmem stravou a výdejem pohybovou aktivitou. Významným krokem v tomto smyslu jsou rovněž doporučení pohybové aktivity (množství, intenzita, charakter) nadnárodních institucí (evropských i celosvětových) ^[21, 6, 12, 16], které má jedinec dodržovat ve směru zdravotní prevence. Tyto a řada jiných kroků v podpoře PA obyvatelstva ukazují na upevnění pozice PA jako neopomenutelné součásti preventivní medicíny. V poslední dekádě se v této souvislosti stal monitoring PA u obyvatel neodmyslitelnou součástí aktivit institucí zabývajících se podporou PA a zdravého životního stylu. Aktuální a validní údaje o účasti osob v PA, aktuální tělesné zdatnosti, podmínkách pro účast v PA a preferencích PA se stávají důležitým podkladem pro vytváření další koncepce celého procesu podpory PA a zdravého životního stylu.

2. Východiska a koncepce sebehodnocení

V multidimenzionálním pojetí zdraví, jako jednoty fyzické, psychické a sociální pohody, a nikoliv pouze stavu nepřítomnosti nemoci, je přiměřená míra tělesné zdatnosti jeho neoddělitelnou složkou. Tělesnou zdatnost v současnosti již odborná veřejnost nevnímá pouze jako úroveň fyzických předpokladů k pohybové aktivitě a jako nespécifickou míru sportovní výkonnosti, ale mění její pojetí v celý komplex potřeb lidského organismu ^[14]. Tyto potřeby přitom pokrývají následné nároky:

- situace neočekávaného a neobvyklého tělesného zatížení;
- vyrovnávání se s požadavky každodenních aktivit v zaměstnání, škole;
- možnost příjemného prožívání volného času s využitím pohybových aktivit;
- společenskou potřebu spojenou s možností zapojit se do různých kolektivů, skupin a utvářet si určitý životní styl

Úroveň tělesné zdatnosti takto přímo ovlivňuje zvládání každodenních situací (pracovních, volnočasových) a viditelně se tak promítá do vnímání životní pohody, fyzické sebedůvěry a spokojenosti s vykonáváním životních úkonů. Sebereflexi o úrovni tělesné zdatnosti je proto současně nutné vnímat jako významnou součást sebezpojetí, a to v tělesné komponentě (viz pětifaktorové členění sebezpojetí dle Bracken (1992), ^[2]). V tomto ohledu je však nezbytné upozornit na zcela rozdílnou informaci o tělesné zdatnosti jedince založené na vnitřním vnímání její úrovně ("interní" sebehodnocení) a informaci založené na vnějším ukazateli, kterým rozumíme specifický test (resp. testový systém) tělesné zdatnosti ("externí" sebehodnocení).

V minulosti byly odbornou veřejností představeny různé testové systémy umožňující posouzení tělesné zdatnosti. Velkou změnu v tvorbě testových systémů představovalo rozčlenění tělesné zdatnosti na výkonnostně a zdravotně orientovanou zdatnost. To vedlo postupně ke značné diverzitě testových systémů zaměřené na tyto dvě oblasti. Je potřeba podotknout, že každý z užívaných testových systémů byl často spojen s jistým specifíkem, záměrem, pro který byl testový systém sestaven. Testové systémy v sobě často zahrnovaly složku určité míry "soutěživosti", tedy komparace fyzického stavu jedince s vnějším prostředím. To ve smyslu současného pojetí tělesné zdatnosti vede k rozporu, neboť naplnění podstaty míry tělesné zdatnosti není ve výkonovém převýšení ostatních jedinců, ale v potenciálu pokrýt již zmíněné životní nároky. Smysl tělesné připravenosti se opírá o nároky samotného jedince, což nemůže být porovnáváno s ostatními - zde specifika individuálních nároků sehrávají klíčovou roli.

Koncept "externího" sebehodnocení tělesné zdatnosti (dále jen STZ), ve kterém testovaná osoba provádí motorický test bez přítomnosti jiné osoby, vychází z předpokladů, že plná zainteresovanost jedince do procesu diagnostiky (samotného testování) vede k jeho vyšší aspiraci na získání reálných údajů. Je-li jedinec jedinou osobou, která má vliv na výsledek příslušného motorického testu, pak veškeré chyby plynoucí z procesuálního provedení testu současně vnímá a dokáže s nimi případně manipulovat. Pouze testovaná osoba zná míru svého zapojení do testu, a proto dokáže posoudit, zda výsledek odráží jeho maximální či submaximální úsilí.

V předloženém konceptu předpokládáme, že samotný proces testování není pouze zpětnou vazbou o úrovni tělesné zdatnosti jedince, ale je zároveň prostředkem edukačním i motivačním k dlouhodobé realizaci PA. Na základě porovnání vlastní vnímané zdatnosti s výsledky reálného sebetestování dochází ke vzniku motivačních pohnutek ústících k celkovému stavu fyzické i psychické rovnováhy.

3. Využití internetového prostředí v podpoře PA a zdravého životního stylu

V poslední čtvrtině 20. století došlo k urychlenému vývoji osobních počítačů, které spolu s digitalizovaným obsahem přinášejí nové možnosti. Jednou z nejvýznamnějších je světové propojení sítí Internet, které disponuje rychlostí výměny informací a zvláště objemem těchto informací. Samotný Internet musíme chápat jako prostředek a prostor pro uskutečňování rozličných komunikačních aktivit: Interpersonální (e-mail, IM-messaging), skupinové aktivity (chat, blogging, konference), veřejná komunikace (deníky, internet TV, Social Network).

Neméně významnou funkcí Internetu je současný vývoj interaktivity, tedy možnosti aby se na konečném produktu podílel samotný uživatel. Nástup a vývoj nových technologií aplikovaných v prostředí internetu napomohl k silnější interakci uživatel-webová stránka, aplikace-uživatel a tím vytvořil doposud nevyužívané možnosti výraznějšího ovlivňování motivačních složek

u jedince (např. vedoucích k pozitivnímu vztahu k životnímu stylu). Nesmíme také opomenout jistou komunikační volnost při užívání internetu, vyplývající z nestrukturovanosti informací. Uživatel si tedy v množství informací vybírá jen ty, o které má opravdu zájem. Tím se také otevírá možnost pro větší míru cílenosti nabízeného produktu nebo sdělení.

Podle aktuálních měření *Internet World Statistic* je v Evropě 53 % (září 2009) aktivních uživatelů internetu^[8]. Rozvoj internetu tak přímo vybízí k využití tohoto média pro výzkumné účely. Výhody jsou jistě ve vynaložených nákladech pro oslovení široké populace a především v možné zpětné vazbě a působení na uživatele využitím nejmodernějších technologií a nejnovějších poznatků v daném oboru. Rovněž výsledky mnoha studií prokazují zvýšenou účinnost online distribuce programů pro podporu zdraví a zdravého životního stylu^[1, 13, 15].

4. Cíl

Cílem příspěvku je prezentovat specifika a možnosti uplatnění nově vyvinutého modulu sebehodnocení tělesné zdatnosti v prostředí internetové aplikace Indares.com zaměřené na výzkum a podporu pohybových aktivit.

5. Popis modulu sebehodnocení tělesné zdatnosti

Internetovou aplikací zaměřující se na podporu, záznam, analýzu a komparaci pohybových aktivit je on-line systém Indares.com, který navazuje na výzkumné aktivy Centra kinantropologického výzkumu FTK UP v Olomouci (CKV). To vytváří základ pro podporu vzdělání a výzkumu v oblasti pohybové aktivity.

Základní metodou systému Indares.com je zaznamenávání FITT (frequency, intensity, time, type) charakteristik o pohybové aktivitě ze strany uživatele s bezprostřední zpětnou vazbou v podobě grafů, statistik a doporučení, které mohou ovlivňovat pohybové chování. Ačkoliv nasazení aplikace Indares.com přineslo doposud chybějící, široce dostupný nástroj pro analýzu a zápis pohybových aktivit, ukázalo se potřebným rozšířit aplikaci o modul, který se zaměřuje na záznam, analýzu a vyhodnocení aktuálního stavu tělesné zdatnosti.

V případě analýzy tělesné zdatnosti je potřeba obsáhnout její základní komponenty, kterými jsou: aerobní vytrvalost, svalová síla a vytrvalost, flexibilita a somatické charakteristiky. Pro tyto komponenty byly proto vybrány standardizované testy, které tvoří kompletní sadu pro hodnocení tělesné zdatnosti. Z důvodu záměru předložit testy vhodné pro sebehodnocení, byly při výběru (příp. při modifikaci) testů zvolena tato kritéria: 1. jednoduchost a srozumitelnost zadání, 2. materiální a prostorová nenáročnost, 3. samostatná administrace testů (bez přítomnosti další osoby). Takto bylo ve čtyřech samostatných oblastech pro sebehodnocení zdravotně orientované zdatnosti vybráno dvanáct testů:

- 1) Silové schopnosti (Kliky, Modifikované leh-sedy, Podřepy nad židli, Podřep u stěny).

- II) Vytrvalostní schopnosti (Chůze 2 km, Běh 12 minut, Jacíkův test).
- III) Obratnostní schopnosti (Předklon v sedu, Dotyk prstů za zády).
- IV) Funkční a somatické parametry (Klidová srdeční frekvence, Obvod boků, Obvod pasu).

Ke všem testům byla (dle zpracovaných studií) sestavena pětiúrovňová normativní škála, která jedince u každého testu informuje o aktuální úrovni jeho výkonu s respektem k jeho věkové kategorii. Zadáním testového výsledku do prostředí aplikace tak testovaný získává okamžitou zpětnou vazbu (normové hodnocení) reflektující jeho tělesnou zdatnost.

Srozumitelnost s testovým zadáním je mimo detailní popis podpořena u každého testu videonahrávkou (Obrázek 1). Tím je do značné míry

Obrázek 1 – Grafická podoba zadání testu

eliminována možnost chybné realizace testů. Velmi podstatným prvkem z hlediska uživatelské přívětivosti je začlenění modulu do stávající struktury aplikace Indares.com. Dodržení grafického vzhledu a rozložení jednotlivých prvků bylo samozřejmé. Celý modul pracuje s daty, které uživatel zadává během registračního procesu do aplikace Indares.com. V průběhu registrace je také uživatel srozuměn s využitím zadaných dat pro výzkumné účely. Modul sebehodnocení TZ pracuje s vloženými údaji dynamicky a využívá proměnných věk, váha, výška, pohlaví a národnost při generování testů a jejich vyhodnocení (dle těchto proměnných dochází k modifikaci zadání a způsobu vyhodnocení v podobě přiřazení adekvátní normy).

Vyhodnocení zapsaných výsledků je bezprostředně zobrazeno v přehledné grafické podobě, která zobrazuje pětiúrovňové normativní hodnocení: výborný, velmi dobrý, dobrý, přijatelný, nízký (Obrázek 2). Systém zapisuje všechny vložené hodnoty do databáze a umožňuje generovat grafické zobrazení vývoje zdatnosti uživatele, což jedinci poskytuje přehled o nárůstu či poklesu jeho zdatnosti.

Pilotní realizace systému v září 2010 (CZ, USA, PL) se zaměřila především na stránku uživatelské přívětivosti a funkčnosti celého systému. Formou zpětné vazby byly především v anglické verzi zjištěny drobné nedostatky, které, s ohledem na kulturní odlišnosti, nekalkulovaly s užíváním angloamerických měrných jednotek. Ukázalo se jako nezbytné, z hlediska uživatelského komfortu, rozšířit anglickou jazykovou mutaci o převaděč jednotek mezi angloamerickým a metrickým systémem. Drobné úpravy si žádají rovněž popisy jednotlivých testů a také popis celkového výsledku testu, který se v některých případech ukázal jako ne zcela srozumitelný. Obecně však výsledky zpětné vazby potvrzují snadnou orientaci v celém modulu a zřejmost zadání i zápisu hodnot.

6. Závěry

Pilotní využití systému Indares.com potvrzuje vhodnost využití internetového prostředí k podpoře PA. Modul sebehodnocení TZ je součástí, která podporuje multidimenzionální pojetí pohybové aktivity, a tedy výrazně rozšířil možnosti celého systému. V dalších studiích předpokládáme ověření specifik sebehodnocení TZ v prostředí internetu. Získaná data od uživatelů zároveň umožní průběžně aktualizovat stávající normy a získávat podklady o TZ populace nikoliv jen české, ale také o úrovni TZ v zemích, ve kterých je možné aplikovat další dvě jazykové mutace. To výrazně usnadní realizaci mezinárodních komparativních studií. V současnosti je připravováno rozšíření jednotlivých testů o další dvě položky vyhodnocení: 1. slovní interpretace normativního výsledku (zvýšení kvality zpětné vazby) a 2. doporučení založené na mezioborových vztazích (PA, zdravá výživa, preventivní medicína aj.). Předpokládáme, že tyto položky mohou posílit motivační a iniciační složku k navýšení tělesné zdatnosti a provozování pravidelných dlouhodobých pohybových aktivit. Jako velkou přednost tohoto online systému sebehodnocení tělesné zdatnosti

vnímáme možnost dynamických úprav celého systému a jeho připravenost pro další rozšiřování o další modifikace, jako je například rozšíření o spektrum testů zaměřených na speciální cílové skupiny (tělesně postižení, různé věkové kategorie aj.).



Obrázek 2 – Grafická podoba vyhodnocení testu

Poděkování

Článek vznikl za podpory studentského projektu FTK_2010_011 Univerzity Palackého v Olomouci a MŠMT v rámci výzkumného záměru č. 6198959221 „Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn“.

Literatura

- [1.] Bosak, K. A., Yates, B., & Pozehl, B. (2009). *Feasibility of an Internet physical activity intervention*. *Western Journal of Nursing Research*, 31(5), 648-661.
- [2.] Bracken, B. A. (1992). *Examiner's manual for the multidimensional Self Concept Scale*. Austin, TX: Pro-Ed.
- [3.] Caroline A., M., Jennifer M., H., & Joseph E., S. (2003). *Major public health benefits of physical activity*. *Arthritis Care and Research*, 49(1), 122.
- [4.] Caspersen, C. J. (1985). *Physical activity, exercise and fitness: definitions and distinctions for health related research*. *Public Health Reports*, 100 (2), 126-131
- [5.] Gill, J. R., & Cooper, A. R. (2008). *Physical Activity and Prevention of Type 2 Diabetes Mellitus*. *Sports Medicine*, 38(10), 807-824.
- [6.] Haskell, W. L., Lee, I., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., Macera C. A., Heath G. W., Thompson P. D., Bauman, A. (2007). *Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1423-1434.
- [7.] HEPA Europe, the European network for the promotion of health. (2006). *Physical activity and health in Europe: evidence for action*. Retrieved 10. 2.. 2011 from the World Wide Web: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0011/87545/E89490.pdf
- [8.] Internet World Stats. (2009). *Internet usage in Europe* [online]. Retrieved 20. 4. 2010 from the World Wide Web <http://www.internetworldstats.com/stats4.htm>
- [9.] Kohl III, H. W. (2001). *Physical activity and cardiovascular disease evidence for a dose response*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(6 Suppl), S472-s483
- [10.] Komise evropských společenství (2007a). *Bílá kniha: Bílá kniha o sportu*. Retrieved 10. 2.. 2011 from the World Wide Web: http://www.msmt.cz/uploads/soubory/TVS/2008/Bila_kniha_sport_cze.pdf
- [11.] Komise evropských společenství (2007b). *Bílá kniha: Strategie pro Evropu týkající se zdravotních problémů souvisejících s výživou, nadváhou a obezitou*. Retrieved 10. 2.. 2011 from the World Wide Web: http://ec.europa.eu/health/ph_determinants/life_style/nutrition/green_paper/nutrition_wp_cs.pdf
- [12.] Pate, R. R., Pratt, M. M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C. C., & ... Wilmore, J. H. (1996). *Physical activity and public health: a recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine*. In , In, 1996 agenda/meeting materials, Middleton, Wis., Joint Commission on Sports medicine and Science, 1996, p. 1-6 United States:
- [13.] Ritterband, L. M., Thorndike, F. P., Cox, D. J., Kovatchev, B. P., & Gonder-Frederick, L. A. (2009). *A Behaviour Change Model for Internet Interventions*. *Annals of Behavioural Medicine*, 38(1), 18-27.
- [14.] Sekot, A. (2008). *Sociologické problémy ve sportu*. Praha : Grada Publishing, 2008 223 s.

- [15.] Tate, D. F., Finkelstein, E. A., Khavjou, O., & Gustafson, A. (2009). *Cost Effectiveness of Internet Interventions: Review and Recommendations*.
- [16.] U.S. Department of Health and Human Services (2008). *Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report*. Retrieved 10. 2.. 2011 from the World Wide Web: <http://www.health.gov/paguidelines/committeereport.aspx>
- [17.] U.S. Department of Health and Human Services (2010). *Healthy people 2020*. Retrieved 10. 2.. 2011 from the World Wide Web: http://www.healthypeople.gov/2020/TopicsObjectives2020/pdfs/HP2020_brochure.pdf
- [18.] Warburton, D. R., Nicol, C., & Bredin, S. D. (2006). *Health benefits of physical activity: the evidence*. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, 174(6), 801-809.
- [19.] WHO (World Health Organisation) (2004). *Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health*. Geneva: World Health Organization.
- [20.] WHO (World Health Organisation) (2010). *World Health Statistic*. Retrieved 10. 2.. 2011 from the World Wide Web: http://www.who.int/whosis/whostat/EN_WHS10_Full.pdf
- [21.] WHO (World Health Organisation) (2010b). *Global Recommendations on Physical Activity for Health*. Geneva: WHO Press.

Kontakt:

Mgr. Martin Nosek

Fakulta tělesné kultury UP v Olomouci,
třída Míru 115,
771 11, Olomouc,
tel: 585636044,
e-mail: martin.nosek@upol.cz

Mgr. Roman Cuberek, Ph.D.,

Fakulta tělesné kultury UP v Olomouci,
třída Míru 115,
771 11, Olomouc,
tel: 585636171,
e-mail: roman.cuberek@upol.cz

VYUŽITÍ PORTÁLOVÝCH APLIKACÍ PŘI SLEDOVÁNÍ VÝKONNOSTI ZDRAVOTNICKÉHO ZAŘÍZENÍ

**Miroslav Přádka, Drahomíra Maťová, David Havrlant,
Tomáš Svoboda**

Anotace

Úhradová vyhláška v platném znění stanovuje zdravotnickým zařízením regulativy úhrad jednotlivých komponent poskytované zdravotní péče. Z hlediska řízení zdravotnického zařízení je významné sledovat působení regulativů úhradové vyhlášky v závislosti na objemu poskytované péče již v průběhu období daného kalendářního roku. Byly vyvinuty a vyzkoušeny portálové aplikace monitorující klíčové komponenty poskytované zdravotní péče. Zároveň jsou uvedeny vybrané dopady do objemu plateb za poskytnutou zdravotní péči za období let 2008-2010 a možnosti regulace poskytované péče v intervalu stanoveném úhradovou vyhláškou.

Klíčová slova

Zdravotnické zařízení – úhradová vyhláška – portál – výkonnost

1. Charakter úhradových vyhlášek

Úhradové vyhlášky platné v letech 2008 až 2010 vymezily způsob úhrad zdravotnickým zařízením za poskytnutou zdravotní péči. Pokud odhlédneme od regulativů objemu finančních prostředků vázaných na spotřebu léčivých přípravků, existovala v uvedeném období významná možnost navyšovat příjmy zdravotnických zařízení za péči poskytnutou jak v ambulantním, tak v hospitalizačním režimu. U hospitalizační péče pak byly významnými úhradovými komponentami především:

- Výše hospitalizačního paušálu,
- Výše případového paušálu (DRGalfa),
- Objem mimořádně nákladné péče,
- Objem individuálně sjednávané péče.

2. Úhradová vyhláška a portál Nemocnice ve Frýdku-Místku, p. o.

V souladu s ustanoveními dle ^[3] byl pro sledování výkonnosti zdravotnického zařízení využit portál v modifikované struktuře dle ^[1].

Významnější změny byly provedeny v sekci INFO, a to následovně:

Obecně:

- Širší využití výstupů on-line z NIS,
- Zapojení všech úseků nemocnice pro zadávání dat hospodaření dle přístupových práv plynoucích z organizační struktury,
- Referenční údaje ze ZP => sledování % plnění => možnost zadat parametry pro výkonnost oddělení aktuálně každý měsíc DRG, body, dle smluv s ZP.

Vedení NEMFM:

- Plnění rozpočtu po měsíci – dle vybraných ukazatelů pro oddělení, souhrnný report – srovnání let 2006 – 2010,
- Ekonomický úsek – Pohledávky a závazky, Účetní výkazy,
- Technicko-investiční úsek – výsledovky hospodaření za dopravu, úklid, atd.

Nemocnice:

- On-line – ukazatelé produkce za odbornost, výkonnost v bodech dle ZP,
- Personalistika – stavy pracovníků, měsíční změny,
- Uvažovaná individuálně sjednávaná péče – i smluvně neuzavřená,
- Předpokládaná 1-denní hospitalizace,
- Návštěvy pacientů v ambulancích a následná hospitalizace,
- Možnost nastavit a průběžně měnit kritéria plnění počtu hospitalizací pro jednotlivá oddělení.



Obrázek 1 – Úvodní stránka portálu

3. Individuálně sjednávaná a mimořádně nákladná péče

Z hlediska nákladů představují mimořádně nákladná a individuálně sjednávaná péče významné rozpočtové komponenty se samostatnými úhradovými mechanismy. U mimořádně nákladné péče umožňuje provozovaná portálová aplikace prakticky on-line sledování nákladů souvisejících s prováděnou léčbou u jednotlivých pacientů ve struktuře dle Obrázku 2.

Obrázek 2 – Ukázka sestavy sledování mimořádně nákladné péče

Monitorování objemu individuálně sjednávané zdravotní péče ve vazbě na příslušná smluvní ujednání je prostřednictvím portálu zajištěno s nevýznamným zpožděním. Využívá se především u kontrol operací šedého zákalu, endoprotetických výkonů na velkých kloubech a implantace kardiostimulátorů. Strukturu monitorovaných dat zobrazují Obrázek 3a resp. 3b pro hospitalizační resp. ambulantní operace šedého zákalu.

Obrázek 3a – Ukázka sestavy sledování hospitalizační operace šedého zákalu

Obrázek 3b – Ukázka sestavy sledování ambulantní operace šedého zákalu

4. Monitorování výkonnosti zdravotnického zařízení v paušálních složkách hospitalizace

Případový (DRGalfa) a hospitalizační paušál tvoří souhrnně převážnou část úhrady za hospitalizační péči poskytovanou zdravotnickým zařízením. Aktuálně lze sledovat dílčí výkonnosti nemocnice v rámci obou výše uvedených paušálů se zpožděním cca 36 hodin pomocí customizovaných sestav vytvořených nad jednotlivými odděleními či nemocnicí jako celkem (viz Obrázek 4).

Obrázek 4: Ukázka sestavy sledování případů DRG

5. Závěr

Využívání portálu v prostředí úhradových vyhlášek v letech 2008-2010 napomohlo:

- **ke zvýšení** příjmů nemocnice dle metodiky viz ^[2] meziročně za období 2009/2008 o 18%,
- **ke snížení** nákladů nemocnice meziročně za období 2010/2009 v kategorii SZM o 6,3%, v kategorii Léky o 9,6% a v kategorii Krev a krevní deriváty o 13,9%,
- **adekvátní on-line supervizi** v poskytování individuálně sjednávané péče.

Literatura

- [1.] Přádka, M., Maťová, D., Havrlant, D., Václavek, I., Zikeš, I.: Podpora informačních systémů při řízení nemocnice střední velikosti, In. Proc. of MEDSOFT 2010, pp. 170-176, 2010, ISSN 1803-8115.
- [2.] Přádka, M., Dvořáček, L.: Zkušenosti z analýz poskytované zdravotní péče z pohledu dat předávaných plátcům péče, In. Proc. of INMED 2010, p. 33, STAPRO, s.r.o., Pardubice, 2010, ISBN 978-80-903879-9-7.
- [3.] Strategický plán odboru informačních technologií na období 2010-2013 – Aktualizace pro rok 2011, Nemocnice ve Frýdku – Místku, p.o., 2009.

Kontakt:

Nemocnice ve Frýdku-Místku, p.o.,
El. Krásnohorské 321,
738 01 Frýdek - Místek

Miroslav Přádka,
tel. 558 415 001,
e-mail: pradka@nemfm.cz

Drahomíra Maťová,
tel. 558 415 161,
e-mail: matova@nemfm.cz

David Havrlant,
tel. 558 415 051,
e-mail: havrlant@nemfm.cz

Tomáš Svoboda,
tel. 558 415 012,
e-mail: svoboda@nemfm.cz

DOBÝVÁNÍ ZNALOSTÍ Z DATABÁZÍ – PŘÍKLADY APLIKACÍ V KARDIOLOGICKÝCH DATECH

Jan Rauch

Anotace:

Příspěvek obsahuje základní informace o dobývání znalostí jakožto důležité disciplíně informatiky a ukazuje příklady jeho aplikací v medicínských datech. Jsou zmíněny hlavní rysy metodologie CRISP-DM a uvedeny příklady vyhledávání zajímavých asociačních pravidel za účelem orientace v neznámých datových souborech.

Klíčová slova:

Dobývání znalostí z databází, asociační pravidla, CRISP-DM, metoda GUHA, systém LISp-Miner.

1. Úvod

Dobývání znalostí z databází (DZD) je disciplína informatiky, která se intenzivně rozvíjí od počátku devadesátých let minulého století. Impulsem pro rozvoj bylo uvědomění si, že z rozsáhlých, někdy i desítky let shromažďovaných dat lze získat důležité nové informace a znalosti i když hlavní důvod shromažďování dat je jiný. Typickým příkladem takových dat jsou data uchovávaná v databázích bank a pojišťoven. Cílem DZD je nalézat neočekávané vztahy a sumarizovat data novými způsoby tak, že jsou srozumitelná a užitečná pro jejich majitele^[1].

Jednou z oblastí s širokými možnostmi pro aplikace metod DZD je i medicínská informatika. Cílem tohoto příspěvku je stručně charakterizovat DZD a ukázat příklady aplikací DZD v kardiologických datech. Hlavní rysy DZD jsou stručně zmíněny v odstavci 2. Data, jichž se týkají příklady aplikací, jsou popsána v odstavci 3. Jedním z důležitých prostředků používaných pro analýzu dat při DZD jsou asociační pravidla. Dva příklady využití asociačních pravidel jsou v odstavci 4. Odstavec 5 obsahuje příklad hledání zajímavých rozdílů mezi dvěma skupinami pacientů.

2. Dobývání znalostí z databází

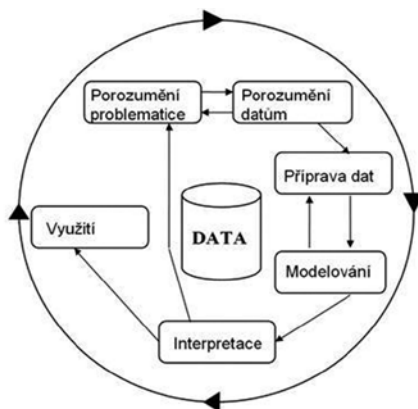
DZD je propojením tří samostatných disciplín - statistiky, databází a strojového učení^[2], využívají se ale i poznatky z dalších oblastí. Je k dispozici řada metod včetně několika metodik podrobných metodik, jak DZD provádět. Podstatné je i to, že vývoj v této oblasti zdaleka není ukončen.

Podrobnější popis jednotlivých metod používaných v rámci DZD naprosto přesahuje rozsah tohoto příspěvku. Mezi metody a prostředky používané při DZD patří mimo jiné rozhodovací stromy, rozhodovací pravidla, shluková analýza, asociační pravidla, neuronové sítě, genetické algoritmy, a další. Uvedený seznam metod a prostředků DZD je velmi neúplný a nesystematický, jeho jediným cílem je naznačit rozmanitost těchto metod. Podrobný

a systematický přehled metod a prostředků DZD je uveden například v české monografii^[2].

Dnes již jsou k dispozici rozsáhlé zkušenosti s aplikacemi metod DZD i různé softwarové systémy a to jak komerční tak i volně dostupné, viz <http://www.kdnuggets.com/>. Zkušenosti s prováděním analýz dat uchovávaných v databázích jednoznačně ukazují, že se jedná o složitý a pracný proces. Postupně pro tyto účely vzniklo několik metodologií. Patří mezi ně metoda „5A“ firmy SPSS nebo metodologie SEMMA firmy SAS. Velmi známá je metodologie CRISP-DM (CRoss-Industry Standard Process for Data Mining), viz <http://www.crisp-dm.org/>.

Pro metodologii CRISP-DM je charakteristické chápání procesu DZD podle schématu uvedeného v obrázku – 1. Životní cyklus projektu DZD je tvořen šesti fázemi.



Obrázek 1 – Životní cyklus projektu DZD dle metodologie CRISP-DM

- porozumění problematice
- porozumění datům
- příprava dat
- modelování
- interpretace
- využití

Pořadí jednotlivých fází není přesně dáno, výsledek jedné fáze ovlivňuje další postup, jednotlivé fáze se rozpadají na řadu dílčích kroků. Často je nutné se k některým krokům vracet. Vnější kruh na obrázku symbolizuje cyklickou povahu celého procesu dobývání znalostí z databází.

Porozumění problematice je úvodní fáze, jejímž výsledkem musí být pochopení cílů projektu a požadavků na řešení formulovaných z hlediska zadavatele. Tato formulace musí být převedena do zadání úlohy pro dobývání

znalostí z databází. Například úlohu hledání zajímavých vztahů týkajících se krevního tlaku a fyzikálního a laboratorního nálezu v konkrétních datech lze formulovat jako úlohu na hledání silných asociačních pravidel týkajících se odpovídajících atributů pacientů.

Porozumění datům vyžaduje pochopení způsobu vzniku dat. Dále je třeba posoudit kvalitu dat a získat první přehled o struktuře hodnot. Obvykle se pracuje s histogramy četností hodnot atributů a deskriptivními charakteristikami jako jsou průměry nebo extrémní hodnoty, používají se i různé vizualizační techniky.

Podstatou **přípravy dat** je vytvoření datového souboru, který bude vstupem do jednotlivých analytických procedur. Většina současných analytických procedur pracuje s daty ve tvaru matice dat. Jejich vytvoření však může vyžadovat hluboké porozumění analyzované databázi a vyžadovat i náročnější datové operace jako je výpočet charakteristik časových řad.

Analytické procedury použité ve fázi **modelování** realizují různé metody a algoritmy pro dobývání znalostí. Obvykle je k dispozici více různých metod pro řešení dané úlohy. Je třeba vybrat ty nejvhodnější a vyladit nastavení jejich parametrů. Jedná se tedy o iterativní proces, jehož dílčí výsledky mohou vést k potřebě modifikovat data a tedy k návratu k přípravě dat. Této fázi se také někdy říká data *mining*. Termín data *mining* se ale někdy používá i jako synonymum pro DZD.

Ve fázi **interpretace** je třeba dosažené výsledky posoudit z pohledu zadavatele a ověřit, zda byly splněny cíle formulované na počátku projektu.

Vytvořením vhodného modelu celý projekt DZD nekončí. Podle typu projektu může fáze **využití** někdy vyžadovat prosté sepsání závěrečné zprávy, může se však jednat i o zavedení nového systému pro automatickou klasifikaci nových případů (například pacientů).

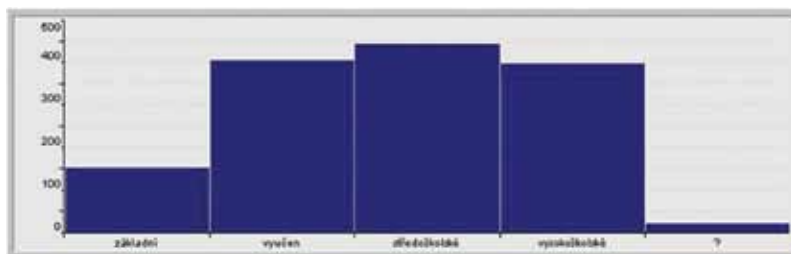
3. Data STULONG

Pro prezentaci příkladů použijeme data získaná v projektu STULONG⁽¹⁾. Jeho podstatou je dlouhodobé sledování aterosklerózy u mužů středního věku. Podrobnosti jsou uvedeny na adrese <http://euromise.vse.cz/challenge2004/>. Použijeme výsledky vstupního vyšetření 1 417 mužů, Byly zjišťovány hodnoty 244 atributů pro každého pacienta, 64 atributů jsou číselné výsledky měření nebo kódy ať už získané přímo při vyšetření nebo jaké výsledky transformací ostatních atributů. Hodnoty těchto 64 atributů pro 1417 mužů tvoří matici dat Vstup, která má 1417 řádků a 64 sloupců. Řádky odpovídají pacientům a sloupce atributům popisujícím pacienty.

Těchto 64 atributů je rozděleno do 11 skupin. Pro naše účely použijeme dvě speciálně vytvořené skupiny atributů – Osobní údaje a Rizika. Jsou uvedeny v tabulce 1 spolu s frekvencemi jejich kategorií a dalšími údaji. Ukázka frekvencí kategorií atributu *Vzdělání* je v obrázku – 2. Jedná se o výstup systému LISp-Miner⁽³⁾ (viz též <http://lispminer.vse.cz/>), který v příkladech používáme pro analýzy.

Skupina	Atribut		Kategorie
	Jméno	Krátké jméno	název – počet pacientů, název – počet pacientů, ...
Osobní údaje	Stav	Stav	ženatý – 1207, rozvedený – 104, svobodný – 95, vdovec – 10, chybí – 1
	Věk	Věk	(35;40) – 111, (40;45) – 450, (45;50) – 680, (50;55) – 176
	Vzdělání	Vzdělání	základní – 151, vyučen – 405, středoškolské – 444, vysokoškolské – 397, chybí – 20
	Zodpovědnost v zaměstnání	Zodpovědnost	řídící pracovník – 286, částečně samostatný pracovník – 435, ostatní – 636, důchodce pro ICHS – 6, důchodce, jiné důvody – 19, chybí – 35
	Tělesná aktivita v zaměstnání	Telaktza	převážně sedí – 739, převážně stojí – 167, převážně chodí – 373, přenáší těžká břemena – 100, chybí – 38
	Tělesná aktivita po zaměstnání	Aktpozam	převážně sedí – 266, mírná – 1028, velká – 118, chybí – 5
Rizika	Diabetes	Diabetes	ano – 30, ne – 1378, chybí – 9
	Hypertenze	Hypertenze	ano – 220, ne – 1192, chybí – 5
	Hyperlipidemie	Hyperlipidemie	ano – 54, ne – 815, chybí – 548
	Infarkt myokardu	Infarkt	ano – 34, ne – 1378, chybí – 5

Tabulka 1 – Přehled atributů skupin Osobní údaje a Rizika.



Obrázek 2 - Frekvence kategorií atributu Vzdělání

4 Aplikace asociačních pravidel

Pojem asociační pravidlo byl zaveden Agrawalem, viz např. [4] v souvislosti s analýzou dat o nákupních koších. Pro získávání asociačních pravidel se používá algoritmus apriori, podle [5] se jedná o čtvrtý nejrozšířenější algoritmus pro data mining. Asociační pravidla jsou vhodná, mimo jiné, pro úvodní orientaci o vztazích mezi atributy v daných datech.

Téměř 30 let před Agrawalem vznikla metoda GUHA – explorační analýzy dat vyvíjená od šedesátých let dvacátého století [6,7]. Jejím principem je nabízet vše zajímavé, co lze k danému problému odvodit z daných dat. Metoda je implementována realizována pomocí GUHA procedur. Vstupem GUHA procedury jsou analyzovaná data spolu s jednoduchým zadáním rozsáhlé množiny potenciálně zajímavých tvrzení o datech. GUHA procedura vygeneruje všechna zadané tvrzení a verifikuje je v daných datech. Výstupem jsou všechna prostá tvrzení. Tvrzení je prosté, pokud je pravdivé v datech a pokud přímo neplyne z nějakého jiného jednoduššího tvrzení, které již je součástí výstupu.

Nejstarší GUHA procedura je procedura ASSOC [7], která pracuje se vztahy, které lze chápat jako podstatně zobecněná asociační pravidla. Procedura ASSOC pracuje s asociačními pravidly tvaru $A \approx S$. Zde A a S jsou booleovské atributy odvozené ze sloupců analyzované matice dat. A se nazývá *antecedent* a S se nazývá *sukcedent*. Symbol \approx je *4ft-kvantifikátor*, určuje vztah mezi A a S.

Asociační pravidlo $A \approx S$ je *pravdivé v matici M*, pokud podmínka přiřazená *4ftkvantifikátoru* je splněna pro kontingenční tabulku atributů A a S v matici M. V opačném případě je asociační pravidlo $A \approx S$ *nepravdivé v matici M*. Kontingenční tabulku atributů A a S v matici M značíme $4ft(A,S,M)$. Jedná se o čtveřici čísel (a,b,c,d), viz tabulka 2.

M	S	$\emptyset S$
A	a	b
$\emptyset A$	c	d

Tabulka 2 - Kontingenční tabulka $4ft(\varphi, \psi, M)$ atributů A a S v matici dat M

Zde a je počet řádků matice M , pro které jsou pravdivé A i S , b je počet řádků, pro které je A pravdivé a S nepravdivé, c je počet řádků, pro které je A nepravdivé a S pravdivé a d je počet řádků, pro které jsou A i S nepravdivé.

Nejčastěji používané 4ft-kvantifikátory jsou definovány v [7, 8, 9]. Většina z nich je implementována v proceduře 4ftMiner [9], kterou použijeme v dále uvedeném příkladu. Řada z nich je definována na základě statistických testů hypotéz. Jsou uvedeny definice čtyř často používaných 4ft-quantifikátorů,

4ft-quantifikátor $\Rightarrow_{p,Base}$ *fundované implikace* je pro $0 < p \leq 1$ a $Base > 0$ definován v [8] podmínkou $\frac{a}{a+b} \geq p \wedge a \geq Base$. To znamená, že je asociační pravidlo $A \Rightarrow_{p,Base} S$ je pravdivé v matici dat M pokud alespoň $100p$ procent z řádků splňujících booleovský atribut A splňuje i booleovský atribut S a pokud zároveň nejméně $Base$ řádků splňuje jak A tak i S . Podíl se $\frac{a}{a+b}$ nazývá *konfidence*.

4ft-quantifikátor $\Leftrightarrow_{p,Base}$ *dvojitě fundované implikace* je pro $0 < p \leq 1$ a $Base > 0$ definován v [7] podmínkou $\frac{a}{a+b+c} \geq p \wedge a \geq Base$. To znamená, že asociační pravidlo $A \Leftrightarrow_{p,Base} S$ je pravdivé v matici dat M pokud alespoň $100p$ procent z řádků splňujících A nebo S splňuje jak A tak i S a zároveň nejméně $Base$ řádků splňuje A i S .

4ft-quantifikátor $\equiv_{p,Base}$ *fundované ekvivalence* je pro $0 < p \leq 1$ a $Base > 0$ definován v [7] podmínkou $\frac{a+d}{a+b+c+d} \geq p \wedge a \geq Base$. To znamená, že asociační pravidlo $A \equiv_{p,Base} S$ je pravdivé v matici dat M pouze pokud alespoň $100p$ procent z řádků má stejnou hodnotu (buď *pravda* nebo *nepravda*) pro oba booleovské atributy A nebo S a zároveň nejméně $Base$ řádků splňuje A i S .

4ft-quantifikátor $\Rightarrow^+_{p,Base}$ *nadprůměrné závislosti*, který se často nazývá *AA-quantifikátor* (z anglického *Above Average Dependence*) je pro $0 < p$ a $Base > 0$ definován v [9] podmínkou $\frac{a}{a+b} \geq (1+p) \frac{a+c}{a+b+c+d} \wedge a \geq Base$. To znamená, že asociační pravidlo $A \Rightarrow^+_{p,Base} S$ je pravdivé v matici dat M pokud relativní četnost řádků splňujících booleovský atribut S mezi řádky splňujícími booleovský atribut A je alespoň o $100p$ procent vyšší než relativní četnost řádků splňujících S v celé matici a pokud zároveň nejméně $Base$ řádků splňuje jak A tak i S . Vynecháme-li podmínku $a \geq Base$, pak lze říct, že *AA-quantifikátor* vyjadřuje nárůst relativní četnosti alespoň o $100p$ procent pokud je splněna podmínka daná booleovským atributem A .

Možnosti aplikace asociačních pravidel ukážeme na řešení analytické otázky Mají v matici dat *Vstup* některé kombinace hodnot atributů skupiny Osobní údaje vliv na nárůst relativní četnosti výskytu některých rizik nebo jejich kombinací?

Použijeme již zmíněnou proceduru 4ft-Miner. Zadanou analytickou otázku budeme řešit tak, že budeme hledat všechna asociační pravidla $A \Rightarrow^+_{0,3,50} S$ pravdivá v matici dat *Vstup*, taková že A je booleovská charakteristika skupiny atributů Osobní údaje a S je booleovský atribut vyjadřující nějakou vhodnou kombinaci rizik. Použití 4ft-quantifikátoru $\Rightarrow^+_{0,3,50}$ znamená, že nás zajímají takové booleovské charakteristiky A osobních údajů a kombinace rizik S , které jsou v matici dat *Vstup* současně splněny alespoň pro 50 pacientů a v matici dat *Vstup* zároveň platí, že relativní četnost řádků pacientů s kombinací rizik S je mezi pacienty splňujícími booleovskou charakteristiku A osobních údajů alespoň o 30% vyšší, než v celé matici dat *Vstup*.

Procedura 4ft-Miner, stejně jako další implementace procedury ASSOC, vycházejí z reprezentace analyzovaných dat pomocí vhodných bitových řetězců^[9], nepoužívá se algoritmus apriori běžně využívaný při analýze dat o nákupních košicích. Tento přístup umožňuje velmi jemně definovat množinu relevantních asociačních pravidel. Rozsáhlé možnosti definice množiny relevantních asociačních pravidel, která mají být generována a verifikována jsou popsány např. v^[9]. Jejich podrobnější popis přesahuje rozsah tohoto příspěvku. Jsou ale naznačeny v obrázku 3, kde je přehledně uvedeno jedno z možných zadání procedury 4ft-Miner pro řešení naší analytické otázky.

ANTECEDENT		QUANTIFIERS	SUCCESSANT
Osobní údaje	Conj. 1 - 6	BASE p= 50 Abs.	Rizika
» Stav (subset). 1 - 1	S. pos	AAD. p= 0.300	» Diabetus(ano)
» Věk (int). 1 - 3	S. pos		» Hypertenze(ano)
» Vzdělání (int). 1 - 2	S. pos		» Hypertenzní(ano)
» Zodpovědnost (subset). 1 - 1	S. pos		» Inzult(ano)
» Aktivizace (subset). 1 - 1	S. pos		
» Telakiza (subset). 1 - 1	S. pos		

Obrázek 3 – Příklad zadání parametrů procedury 4ft-Miner

Zadání v obrázku – 3 znamená, že booleovské charakteristiky skupiny atributů Osobní údaje se vytvářejí jako konjunkce booleovských atributů odvozených z atributů – sloupců matice dat *Vstup*. V jedné konjunkci se může vyskytovat 1–6 booleovských atributů vytvořených z jednotlivých sloupců (ale maximálně jeden booleovský atribut pro každý sloupec), viz výraz Osobní údaje Conj, 1–6.

Booleovské atributy odvozené ze atributu Stav určuje výrazem Stav(subset), 1–1. To znamená, že se vytvoří všechny základní booleovské atributy Stav(α) kde α je podmnožina množiny všech kategorií atributu Stav a a obsahuje právě jednu kategorii (úplně přesně řečeno 1–1 kategorii, tedy minimálně jednu a zároveň maximálně jednu kategorii). Takto jsou zadány čtyři booleovské atributy Stav(ženatý), Stav(rozvedený), Stav(svobodný) a Stav(vdovec), viz. též tabulka 2. Pokud by byl použit výraz Stav(subset), 2–2, bylo by zadáno

šest booleovských atributů Stav(ženatý,rozvedený), Stav(ženatý,svobodný), Stav(ženatý,vdovec), Stav(rozvedený, svobodný), Stav(rozvedený,vdovec) a Stav(svobodný,vdovec). Výrazem Stav(subset), 1–2 by bylo zadáno všech deset výše uvedených základních booleovských atributů.

Základní booleovský atribut Stav(ženatý) je pro daného pacienta pravdivý, pokud je hodnota atributu Stav kategorie ženatý. Základní booleovský atribut Stav(ženatý,vdovec) je pro daného pacienta pravdivý, pokud je hodnota atributu Stav kategorie ženatý nebo vdovec.

Výrazy Zodpovědnost (subset), 1–1, Aktpozam (subset), 1–1 a Telaktza (subset), 1–1 definují analogickým způsobem množiny booleovských atributů odvozených ze sloupců Zodpovědnost, Aktpozam a Telaktza.

Booleovské atributy odvozené z atributu Věk jsou dány výrazem Věk(int), 1–3. To znamená, že z atributu Věk se vytvoří všechny základní atributy Věk(α) kde α je interval 1–3 kategorií (tedy 1–3 po sobě jdoucí kategorie atributu Věk). Příklady takových booleovských atributů jsou Věk((35;40)) a Věk((35;40), (40;45)), které píšeme stručněji Věk(35;40) a Věk(35;45). Výrazem Věk(int), 1–3 je tedy definováno celkem 9 základních booleovských atributů Věk(35;40), ... , Věk(40;55). Booleovské atributy odvozené ze sloupce Vzdělání jsou definovány analogicky.

Zadání v obrázku – 3 také znamená, že booleovské atributy vyjadřující kombinaci rizik jsou definovány jako disjunkce 1–4 booleovských atributů Diabetes(ano), Hypertenze(ano), Hyperlipidemie(ano), Infarkt(ano), viz. výraz Rizika Disj, 1–4.

Běh procedury 4ft-Miner zadaný dle obrázku – 3 trval 1 vteřinu na PC s procesorem Intel(R) Core(TM)2Duo, 1.33 GHz a 2 GB RAM. Bylo verifikováno téměř 36 000 asociačních pravidel, 44 z nich bylo pravdivých. Přehled deseti nejsilnějších je v obrázku – 4, ukázka detailního výstupu nejsilnějšího pravidla je v obrázku – 5.

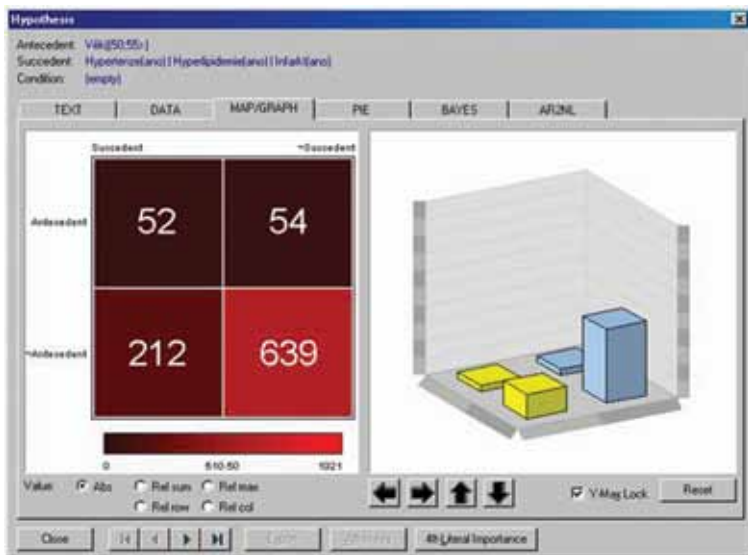
No.	Id.	AvgDI	Hypothesis
1	40	0.778	Věk([50;55]) *** Hypertenze(ano) Hyperlipidemie(ano) Infarkt(ano)
2	37	0.726	Věk([50;55]) *** Diabetes(ano) Hypertenze(ano) Hyperlipidemie(ano)
3	38	0.724	Věk([50;55]) *** Diabetes(ano) Hypertenze(ano) Hyperlipidemie(ano) Infarkt(ano)
4	39	0.540	Věk([50;55]) *** Diabetes(ano) Hypertenze(ano) Infarkt(ano)
5	9	0.434	Stav(ženatý) & Věk([45;50], [50;55]) & Vzdělání(základní, vyučen) *** Hypertenze(ano) Infarkt(ano)
6	5	0.407	Stav(ženatý) & Věk([45;50], [50;55]) & Vzdělání(základní, vyučen) *** Diabetes(ano) Hypertenze(ano) Infarkt(ano)
7	13	0.406	Stav(ženatý) & Věk([45;50], [50;55]) & Vzdělání(vyučen) *** Diabetes(ano) Hypertenze(ano) Infarkt(ano)
8	29	0.398	Věk([45;50], [50;55]) & Vzdělání(středníškolské, vysok školské) *** Diabetes(ano) Hyperlipidemie(ano) Infarkt(ano)
9	6	0.391	Stav(ženatý) & Věk([45;50], [50;55]) & Vzdělání(základní, vyučen) *** Hypertenze(ano)
10	42	0.387	Vzdělání(vysok školské) & Aktpozam [míně] & Telaktza [převážně sedí] *** Hypertenze(ano)

Obrázek 4 - Deset nejsilnějších asociačních pravidel nalezených dle zadání v Obrázek 3

Nejsilnější pravidlo je pravidlo

$$\text{Věk}(50;55) \Rightarrow_{0,78,52}^+ \text{Hypertenze(ano)} \vee \text{Hyperlipidemie(ano)} \vee \text{Infarkt(ano)},$$

které vychází z toho, že mezi muži ve věku 50 až 55 let je relativní četnost přítomnosti



Obrázek 5 – Ukázka detailu nejsilnějšího asociačního pravidla z Obrázek 4

alespoň jednoho rizika z Hypertenze, nebo Hyperlipidemie nebo Infarkt rovna $\frac{52}{52+54} = 0.490$ a relativní četnost přítomnosti alespoň jednoho z těchto rizik mezi všemi pacienty v matici dat.

Vstup je $\frac{52+212}{52+54+212+639} = 0.276$. To znamená, že relativní četnost těchto rizik je mezi muži ve věku 50 až 55 let je o 78 procent vyšší než v celé matici.

Poznamenejme, že v matici Vstup některé údaje chybí, proto je tedy celkový součet pacientů pro některá pravidla menší než 1417.

Podrobnější interpretace výsledků je však náročná, vyžaduje mimo jiné využití věcných znalostí, pokud například chceme oddělit překvapující výsledky. V každém případě však interpretace přesahuje rozsah tohoto příspěvku. Lze ale učinit závěr že takováto asociační pravidla pomůžou při orientaci v datech.

Jiný příklad kdy asociační pravidla pomohla k orientaci v neznámých datech se týká analýzy databáze katetrizací obsahující údaje o téměř třech tisících pacientů II. interní kliniky kardiologie a angiologie Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Aplikace procedury 4ft-Miner umožnila orientaci v těchto datech a vedla k následné aplikaci dalších metod. Výsledkem bylo nalezení zajímavých vztahů týkajících se stenóz. Některé podrobnosti jsou uvedeny na adresách <http://euromise.vse.cz/dzmd/prehled/abstrakty/index.php?page=stochl> <http://euromise.vse.cz/dzmd/prehled/abstrakty/index.php?page=mrazek>

5. Hledání zajímavých rozdílů mezi skupinami pacientů

Jinou důležitou úlohou je hledání rozdílů skupinami pacientů. I při jejím řešení mohou pro orientaci v datech posloužit asociační pravidla. Na příkladu ukážeme využití procedury SD4ft-Miner^[10] která je, stejně jako procedura 4ft-Miner, součástí systému LISP-Miner. Předpokládejme, že nás zajímá otázka.

Jsou v matici dat Vstup patrné nějaké rozdíly mezi pacienty s různým vzděláním ohledně vlivu kombinací hodnot atributů skupiny Osobní údaje na výskyt některých rizik nebo jejich kombinací?

Procedura SD4ft-Miner hledá dvojice asociačních pravidel, kritérium zajímavosti se týká celé dvojice. Použijeme zadání procedury dle obrázku 6.



Obrázek 6 – Příklad zadání parametrů procedury SD4ft-Miner

Tímto zadáním hledáme dvojice podmíněných asociačních pravidel $(A \Rightarrow_{p1,a1} S) / V_1$ a $(A \Rightarrow_{p2,a2} S) / V_2$ takových, že

- $a_1 \geq 10$, viz výraz Base FirstSet ≥ 10.00 abs ve sloupci QUANTIFIERS
- $a_2 \geq 10$, viz výraz Base SecondSet ≥ 10.00 abs ve sloupci QUANTIFIERS
- $\left| \frac{a_1}{a_1 + b_1} - \frac{a_2}{a_2 + b_2} \right| \geq 0.15$ viz výraz FUIDiffValAbs ve sloupci QUANTIFIERS

Podmíněné asociační pravidlo $(A \Rightarrow_{p1,a1} S) / V_1$ se týká matice dat Vstup / V_1 , která je tvořena těmi řádky, které splňují booleovský atribut V_1 . Kontingenční tabulka atributů A a S v matici Vstup / V_1 je v tabulce 3. Podobně pro asociační pravidlo $(A \Rightarrow_{p2,a2} S) / V_2$.

Vstup / V_1		S	$\emptyset S$
A	a1	b1	
$\emptyset A$	c1	d1	

Tabulka 3 - Kontingenční tabulka atributů A a S v matici dat Vstup / V_1

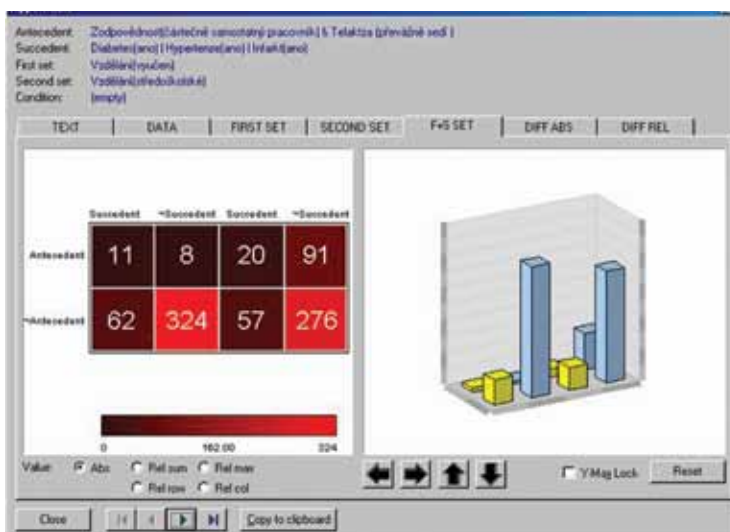
Přípustné booleovské atributy A jsou zadány ve sloupci ANTECEDENT v obrázku 6, přípustné booleovské atributy S ve sloupci SUKCEDENT v obrázku 6, podobně jako v obrázku 3. Booleovské atributy V_1 a V_2 jsou zadány ve sloupcích FIRST SET a SECOND SET v obrázku 6, vždy se jedná o jeden z atributů Vzdělání(základní), Vzdělání(vyučen), Vzdělání(středoškolské), Vzdělání(vysokoškolské).

Podmínka $\left| \frac{a_1}{a_1 + b_1} - \frac{a_2}{a_2 + b_2} \right| \geq 0.15$ znamená, že rozdíl konfidencí obou pravidel je nejméně 0.15.

Běh procedury SD4ft - Miner zadany dle Obrázek 6 trval 9 vteřin na PC s procesorem Intel(R) Core(TM)2Duo, 1.33 GHz a 2 GB RAM. Bylo verifikováno téměř 274 000 dvojic asociačních pravidel, 68 z nich splňovalo zadaná kriteria. Přehled deseti dvojic s největším rozdílem konfidencí je v obrázku 7, ukázka detailního výstupu pro dvojici s největším rozdílem je v obrázku 8.

No.	Id	Conf	1 Cond	2 Cond	Hypothesis
1	1	0.329	0.172	Zodpovednost(čártečné samostatný pracovník) & Telaktiva (zřimavě sed)	Diabetes(jano) Hypertenze(jano) Infarkt(jano) Vzdělání(vyučen) Vzdělání(středoškolské) Vzdělání(vysokoškolské)
2	1	0.326	0.168	0.190	Věk >= 60 & 61 Zodpovednost(čártečné samostatný pracovník) & Telaktiva (zřimavě sed) Diabetes(jano) Hypertenze(jano) Infarkt(jano) Vzdělání(vyučen) Vzdělání(středoškolské) Vzdělání(vysokoškolské)
3	21	0.326	0.168	0.190	Věk >= 60 & 61 Zodpovednost(čártečné samostatný pracovník) & Telaktiva (zřimavě sed) Diabetes(jano) Hypertenze(jano) Infarkt(jano) Vzdělání(vyučen) Vzdělání(středoškolské) Vzdělání(vysokoškolské)
4	20	0.326	0.168	0.190	Věk >= 60 & 61 Zodpovednost(čártečné samostatný pracovník) & Telaktiva (zřimavě sed) Diabetes(jano) Hypertenze(jano) Infarkt(jano) Vzdělání(vyučen) Vzdělání(středoškolské) Vzdělání(vysokoškolské)
5	12	0.326	0.168	0.190	Zodpovednost(čártečné samostatný pracovník) & Telaktiva (zřimavě sed) Diabetes(jano) Hypertenze(jano) Hypertenze(jano) Infarkt(jano) Vzdělání(vyučen) Vzdělání(středoškolské) Vzdělání(vysokoškolské)
6	7	0.326	0.168	0.200	Věk >= 60 & 61 Zodpovednost(čártečné samostatný pracovník) & Telaktiva (zřimavě sed) Diabetes(jano) Hypertenze(jano) Hypertenze(jano) Infarkt(jano) Vzdělání(vyučen) Vzdělání(středoškolské) Vzdělání(vysokoškolské)
7	26	0.323	0.179	0.176	Zodpovednost(čártečné samostatný pracovník) & Telaktiva (zřimavě sed) Diabetes(jano) Hypertenze(jano) Infarkt(jano) Vzdělání(vyučen) Vzdělání(středoškolské) Vzdělání(vysokoškolské)
8	25	0.323	0.179	0.203	Zodpovednost(čártečné samostatný pracovník) & Telaktiva (zřimavě sed) Diabetes(jano) Hypertenze(jano) Hypertenze(jano) Infarkt(jano) Vzdělání(vyučen) Vzdělání(středoškolské) Vzdělání(vysokoškolské)
9	15	0.324	0.175	0.182	Zodpovednost(čártečné samostatný pracovník) & Telaktiva (zřimavě sed) Diabetes(jano) Infarkt(jano) Vzdělání(vyučen) Vzdělání(středoškolské) Vzdělání(vysokoškolské)

Obrázek 7 – Deset dvojic pravidel s největším rozdílem konfidencí dle zadání v obrázku 6



Obrázek 8 – Ukázka detailu dvojice pravidel z obrázku 7 s největším rozdílem konfidencí

V obrázku 8 je dvojice podmíněných pravidel

Kombinace $\Rightarrow_{0,58,11}$ *Rizika / Vzdělání(vyučen) a*

Kombinace $\Rightarrow_{0,18,20}$ *Rizika / Vzdělání(středoškolské) kde*

Kombinace znamená *Zodpovědnost(částečně samostatný pracovník*
 \wedge *Telaktza(převážně sedí) a*

Rizika znamená *Diabetes (ano) \vee Hypertenze(ano) \vee Infarkt(ano).*

Konfidence prvního pravidla je 0.58 což znamená, že v daných datech je mezi vyučenými pacienty splňujícími *Zodpovědnost(částečně samostatný pracovník) a zároveň Telaktza(převážně sedí)* 58 procent pacientů ohrožených alespoň jedním z rizik *Diabetes(ano), Hypertenze(ano), Infarkt(ano)*. Konfidence druhého pravidla je 0.18 což znamená, že v daných datech je mezi pacienty se středoškolským vzděláním splňujícími *Zodpovědnost(částečně samostatný pracovník) a zároveň Telaktza(převážně sedí)* pouze 18 procent pacientů ohrožených alespoň jedním z rizik *Diabetes(ano), Hypertenze(ano), Infarkt(ano)*.

Podrobnější interpretace uvedených výsledků procedury SD4ft-Miner však přesahuje rozsah tohoto příspěvku.

6. Závěr

Naznačili jsme důležité rysy dobývání znalostí z databází a ukázali tři jednoduché příklady aplikací. Je třeba zdůraznit, že se jedná pouze o náznak možností aplikací dobývání znalostí z databází pro analýzu medicínských dat. Další informace lze získat například v ^[11].

Poznámky

(1.) *Projekt STULONG byl realizován na II. interní klinice 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze pod vedením Prof. MUDr. F. Boudíka, DrSc. ve spolupráci s MUDr. M. Tomečkovou, CSc. a Prof. MUDr. J. Bultasem, CSc. Data byla převedena do elektronické podoby Evropským centrem pro medicínskou informatiku, statistiku a epidemiologii Univerzity Karlovy a Akademie věd ČR pod vedením Prof. RNDr. Jany Zvárové, DrSc..*

Literatura

- [1.] Hand, D., Manilla, H. and Smyth, P. (2001). *Principles of Data Mining*, MIT
- [2.] Berka, P. (2003). *Dobývání znalostí z databází*. Academia, Praha,
- [3.] Šimůnek, M. (2003). *Academic KDD Project LISP-Miner*. In Abraham A et al (eds), *Advances in Soft Computing - Intelligent Systems Design and Applications*, Springer, Berlin Heidelberg New York,
- [4.] Agrawal, R., Imielinski, T. and SWAMI, A. (1993). *Mining associations between sets of items in massive databases*. In: *Proc. of the ACM-SIGMOD 1993 Int. Conference on Management of Data*. 207-216, Washington D.C..
- [5.] Xindong, W. et al. (2008). *Top 10 Algorithms in Data Mining*. *Knowledge and Information Systems*, Vol. 14 1 – 37

- [6.] Hájek P. (2004). *Metoda GUHA v minulém století a dnes*. In: Snášel V. (ed.) ZNALOSTI 2004. VŠB TU, Ostrava
- [7.] Hájek, P., Havránek, T. and Chytil, M.K. (1983). *Metoda GUHA: Automatická tvorba hypotéz*. Academia, Praha
- [8.] Hájek, P. and Havránek, T. (1978). *Mechanising Hypothesis Formation- Mathematical Foundations for a General Theory*, Springer-Verlag: Berlin - Heidelberg - New York,
- [9.] Rauch, J. and Šimůnek, M. (2005). *An Alternative Approach to Mining Association Rules*. In: Lin, T. Y. et al. (eds) *Data Mining: Foundations, Methods, and Applications*, 219 – 238, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York
- [10.] PRICKL Rauch, J. and Šimůnek, M. (2009). *Dealing with Background Knowledge in the SEWEBAR Project*. In: Berendt B. et al.: *Knowledge Discovery Enhanced with Semantic and Social Information*, 89 – 106, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York
- [11.] Berka, P. and Rauch, J. (2009) *Dobývání znalostí V databázích*. In: Zvárová, J., Svačina, Š. and Valenta, Z. *Biomedicínská informatika – Systém pro podporu lékařského rozhodování*, 63–119, UK, Praha

Prohlášení:

Vytvoření tohoto příspěvku bylo podporováno projektem 1M06014 Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

Kontakt:

Doc. RNDr. Jan Rauch, CSc.

Centrum biomedicínské informatiky

Ústav informatiky AV ČR, v.v.i.

Pod Vodárenskou věží 2, 182 07 Praha 8

rauch@vse.cz

PŘÍNOS STANDARDŮ HL7 PRO ČR

Libor Seidl

Anotace

Příspěvek v první části poskytne přehled a krátké seznámení s dostupnými standardy HL7, způsobem autorské ochrany, licenční politikou sdružení HL7 ČR, a cenovou dostupností pro české firmy a poskytovatele zdravotní péče. Druhá část popíše základní stavební kameny a principy vývoje standardu HL7 verze 3, nastíní budoucí trend automatizovaného vývoje aplikací nad HL7 v3 a popíše přínosy a způsoby využití v ČR. Těžiště příspěvku bude v poslední části věnované komunikačnímu standardu HL7 verze 2. HL7 v2 je ve světě asi nejrozšířenější komunikační standard. Příspěvek popíše základní charakteristiky HL7 v2 zprávy, vyjmenuje oblasti použití (domény), způsoby použití a provede srovnání s DASTA jak z pohledu vlastní definice standardu, způsobu vývoje standardu, tak i možností implementace. Příspěvek bude v každé části reflektovat český způsob pojetí interoperability (IZIP, SUKL, VZP, registry), a na závěr se pokusí zodpovědět na otázku smyslu dalšího vývoje DASTA.

Klíčová slova:

HL7, RIM, DIM, RMIM, DASTA, eHealth, komunikace, interoperabilita, zdravotnictví

1. Úvod

V posledních letech jsme svědky diskuse nad definicí pojmu eHealth a snahy ztvárnit tuto technologii na území České republiky do podoby užitečných služeb státní správy. Přestože mluvíme o elektronizaci, cítíme, že není cílem samotné nasazení výpočetní techniky, ale zejména realizace komunikace, neboť právě interoperabilita systémů státní správy a civilního sektoru je pomyslným překročením Rubikonu na cestě k organizační interoperabilitě – vysněnému cíli informační společnosti. Při návrhu elektronické komunikace ve zdravotnictví velmi rychle narazíme na potřebu jednoznačné identifikace osob, pacientů a zdravotnického personálu, na identifikaci materiálů, identifikaci provedených výkonů (a v důsledku na strukturovaný popis celého zdravotnictví). Komunikace je totiž nejen úspěšně zrealizovaný přenos dat, ale také jistota, že datům shodně porozumí i protistrana – obě strany musejí být významově jednotné (tzv. sémanticky interoperabilní). Z toho důvodu se Ministerstvo zdravotnictví ČR (MZ ČR) snaží o konsolidaci registrů a zavedení identifikátorů, z toho důvodu mluvíme o elektronické (strukturované) zdravotní dokumentaci, proto MKVeH^[1] požadoval SNOMED CT.

Ve víru dnešních inovátorských snah VZP, IZIPu, SUKLu, MZD a jiných nesmíme zapomínat, že prapůvodní myšlenkou byla elektronická komunikace, jejíž implementace se ale neobejde bez pevně stanoveného formátu (komunikačního protokolu). Pevně stanovený, avšak nedostatečně robustní, komunikační protokol může způsobit mnoho problémů a zbytečných

výdajů na marnou implementaci i ve více aplikacích současně. Naproti tomu fungující komunikace může nabídnout nemalou přidanou hodnotu všem aplikacím, takže je vždy výhodné znát specifikaci komunikačního protokolu před započítáním návrhu jednotlivých aplikací. A jsme u toho: Co bylo dřív? Vejce nebo slepice? Byly zde dříve komunikující aplikace nebo komunikační protokol?

Odpověď na obě otázky je filosoficky shodná. Byl to postupný, evoluční vývoj. Tak jak se vylepšují aplikace, tak se musí vylepšovat i komunikační protokol, jehož vylepšení pak zase indukují změny v aplikacích. Technologická vyspělost výsledného stavu je závislá nejen na počtu iteračních cyklů, ale zejména na velikosti, významnosti a správnosti jednotlivých iterací.

Česká republika může při vývoji eHealth aplikací využít datový standard DASTA, který zcela jistě nabízí nespočet provedených iterativních vylepšení. Můžeme ale také využít standardů vyvinutých HL7 International. Tato organizace se zabývá vývojem standardů pro informatiku a interoperabilitu ve zdravotnictví a byla založena v roce 1987, od roku 1994 je akreditována v ANSI ^[2]. Přestože mezi jejich nejpoužívanější standard patří **HL7 verze 2** (definice způsobu výměny informací mezi systémy), mezi nejdiskutabilnější patří **HL7 verze 3** (pokračovatel HL7 verze 2), HL7 Int. vytvořila ale i mnoho dalších standardů:

- **RIM** (ISO/HL7 21731): Objektový referenční informační model ^[3].
- **Datatypes for Data Interchange** (ISO 21090:2011): Datové typy pro interoperability.
- **CDA** (ISO 10781): Struktura klinického dokumentu s postupně rozvíjenou možností formalizovat obsažené textové informace. Formátem založeno na HL7 v. 3 ^[4].
- **Visual Integration/Clinical Context Object Workgroup**: Definuje způsob spolupráce aplikací na desktopu s cílem poskytnout uživateli jednotný desktop (jediné přihlášení, jediné vyhledání pacienta) ^[5].
- **Structured Product Labeling**: Formát autorizovaných dokumentů k lékům (příbalové informace) ^[6].
- **Arden Syntax**: Syntaxe zápisu pravidel bez vazby na konkrétní technologii ^[7].
- **GELLO**: Výrazový jazyk pro podporu rozhodování nad RIMem, založený na OMG OCL ^[8].
- **EHR/PHR-S Funct. Model**: Požadavky na funkcionalitu elektronického/ osobního zdravotního záznamu ^[9].

HL7 Int. vytváří standardy prostřednictvím dobrovolnické práce zájemců z celého světa. Vývoj standardů tak nejčastěji nepřímo podporuje formou diskusní platformy, organizováním setkání vývojářů v různých částech světa, poskytováním nástrojů, zajištěním administrativy a propagace. HL7 Int. vytváří standardy s cílem prosadit je v co nejširším měřítku – obvykle jako ANSI standardy (cca 80 publikací ^[10]) a ISO standardy (9 publikací ^[11]). Způsob vývoje

standardu v rámci HL7 (fáze, procedury, termíny) je popsán v metodologii HL7, což umožňuje všem zúčastněným soustředit se na samotný obsah standardu a přitom neztratit přehled a společný cíl. Završením dobrovolnické práce v pracovních skupinách je akceptace výsledné práce komunitou hlasováním (v tzv. ballotu – opět podle pravidel a metodologie HL7). Těchto hlasování se mohou účastnit nejen všichni členové HL7 Int., ale po zaplacení administračního poplatku také externí osoby. Všechny záporné hlasy v ballotu musejí být doplněny důvodem. Po ukončení hlasování musejí být negativní hlasy prodiskutovány, vyřešeny a podle pravidel uzavřeny jedním z několika způsobů (objasněno, technický detail, přepracováno aj.).

2. HL7 Česká republika

Distribuce standardů na území mimo USA, prosazování a akceptace standardů, podpora tamní komunity, ochrana autorských práv je úkolem národních poboček (HL7 Affiliate), které výměnou za určité povinnosti k centrále získávají právo plné kontroly nad licencemi ke všem standardům HL7 na území svého státu. Občanské sdružení HL7 Česká republika (HL7 ČR) je ve smyslu HL7 Int. národní pobočkou pro Českou republiku a po splnění každoročních povinností získává právo nakládat s licencemi na území ČR dle vlastního uvážení. Z pohledu práva České republiky je HL7 ČR občanské sdružení vykonávající mimo jiné majetková práva ke standardům HL7.

Vzhledem k dlouhodobým nejasnostem nad licencováním standardů i mezi samotnými členy sdružení a vzhledem k šířícím se spekulacím v českých odborných kruzích o tom, že standardy HL7 jsou nákladné, vypracovala HL7 ČR na konci roku 2010 novou licenci, která se opírá o poslední znění autorského zákona^[12] a jasně popisuje jak obsah standardů chápat z pohledu autorského zákona. Celý text licence je k dispozici na webu sdružení^[13]. Licence říká:

- **Standard je literárním dílem, není-li dále uvedeno jinak.**

Užitím díla se rozumí dílo rozmnožovat, reprodukovat, šířit, půjčovat, sdělovat veřejnosti. K užití díla je potřeba souhlasu autora. (§12 zákona^[12])

- **Soubory pro přímé použití v dalším software (tzv. processable) jsou počítačovým program.**

Počítačový program je možné používat/distribuovat pouze pokud jste oprávněným držitelem rozmnoženiny (§66 zákona^[12]).

- **Informace označené Artefact Id, Segment Id, SEQ jsou databázi.**

Databázi je možné používat (vytěžovat) pouze se souhlasem autora (§89, §90 zákona^[12])

HL7 ČR svým členům automaticky uděluje licence potřebné pro běžné fungování člena podle kategorie, do které se zařadil. V rámci členství (8000Kč pro rok 2010) tak právnická osoba získává přístup a licence k plnohodnotnému využívání standardů pro implementaci software. Neméně zajímavá může být uživatelská forma členství pro nemocnici (4000Kč pro rok 2010), kdy s přístupem ke standardům může IT oddělení nemocnice efektivně kontrolovat

a rozhodovat o datových tocích, kontrolovat správnost implementace komunikačních rozhraní dodavatelů a v neposlední řadě vlastními silami řešit problémy interoperability systémů a přístrojů.

HL7 ČR tak přináší světové standardy informatiky ve zdravotnictví do ČR za zcela přijatelnou cenu, neboť analogické členství přímo v HL7 Int. se odvíjí od ročního obrátu firmy a začíná na cca 25 000Kč.

3. Komunikační protokol HL7 verze 3

Od chvíle, kdy v jedné nemocnici byly alespoň 2 počítače a více aplikací, vznikají myšlenky a později i reálné potřeby spolupráce aplikací a systémů. Prvním a zcela přirozeným krokem vývojářů je stanovit způsob výměny dat a formát datové struktury. Zejména v dřívějších dobách byl první volbou sdílený soubor na disku se strukturou pevně stanovených délek položek, navíc oddělených vyhrazeným znakem. Oddělující znak měl být opticky výrazný a zároveň v běžných textových položkách se neměl vyskytovat. Pravděpodobně zcela nezávisle na sobě, avšak ve vzácné shodě vznikla datová rozhraní jako DASTA, dávký VZP, zprávy HL7 verze 2 a zcela jistě i další. Všechny mají společný oddělovač polí v podobě znaku „|“ a nový řádek odděluje jednotlivé „věty“.

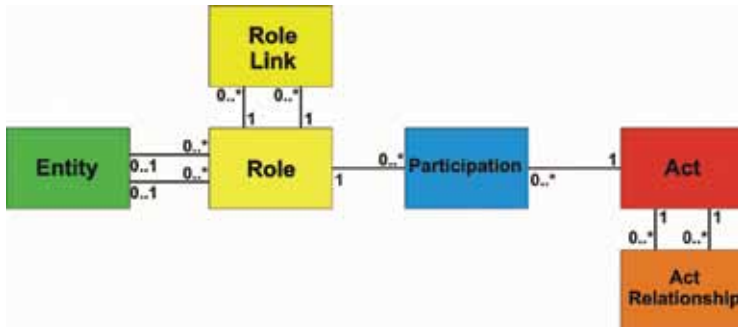
Dávky VZP jsou direktivně určeny, proto se novější verze vždy soustředily pouze na nové položky, nikoliv na upgrade technologie. DASTA vznikající konsenzem několika výrobců software byla v nových verzích vylepšena nejen o nové položky, ale od verze 3.51 je použit i nový zápis v XML, který výrazně zjednodušuje, usnadňuje a urychluje implementaci v moderních programovacích jazycích. Použitím implementace W3C DOM^[14] je programátor zcela odstíněn od problémů parsování a kódování a k obsahu souboru přistupuje přes standardizované API, se kterým se již setkal ve škole (byť třeba v jiném programovacím jazyce). Syntaktická kontrola je automaticky provedena při otevření souboru.

Vývojáři HL7 verze 2 čelili (oproti kolegům z DASTA) značným požadavkům na rozšíření funkčnosti pocházejícím z různých koutů světa, což ve spojení s omezenými možnostmi formátu obvykle vede k sémantické nekonzistenci v různých částech specifikace. Vystala tak potřeba nového, holistického přístupu k definování rozhraní včetně požadavku na znovupoužitelnost definic, neboť moderní objektově orientované programovací jazyky přímo vnucují znovu-použitelnost kódu prostřednictvím dědičnosti tříd.

HL7 verze 3 je od začátku vyvíjena na základě nejnovějších poznatků informatiky – využití tříd, dědičnosti a vymožeností UML. V poslední době se HL7 verze 3 dostává do centra zájmu vědeckých prací v informatice, které vycházejí z technologie, stavu a potřeb HL7 verze 3 a rozvíjejí teorii, nástroje a postupy ve prospěch aplikovatelnosti výsledků do zdravotnictví a HL7 verze 3 (například Schematron jako rozšíření XSD, nástroj Test Level 7^[15]).

Základním kamenem HL7 verze 3 se stal Referenční Informační Model^[3] – množina tříd, která obecně popisuje náš svět. Pouze věrným modelem našeho světa je totiž možné postihnout i různorodé zdravotnické systémy a jejich požadavky, které se v budoucnosti objeví. Přibližně 70 základních tříd

reprezentuje entity, role, relace rolí, participace, činy (Acts) a relace činů. Vedle barevné koncepce, která se line celou HL7 v. 3, tvoří tyto třídy kostru (Obrázek 1) obecného konstatování skutečnosti: Entity hrají určité role, které participují (aktivně/trpně) na činech. Role entit mezi sebou obvykle mají vztahy (otec a syn) a činy mají své fáze, podúkoly.



Obrázek 1 – Sémantická kostra RIMu. Entity zeleně, Role žlutě, Participace jsou vždy označeny modře, Činy (Acts) červeně

Přestože RIM je relativně stabilním modelem, diskuse okolo rozhodně neustichly. Inspirováni krásou, jednoduchostí a faktem, že všechny zprávy v HL7 v. 3 jsou založeny na RIMu, pracovní skupina pod názvem RIMBAA (RIM Based Application Architecture) se snaží vystavět aplikace a databázová schémata podle struktury RIMu – je to přeci pouze cca 70 tříd k implementaci ^{[16],[17]}. Logickou snahou je využít RIMu při automatickém generování grafického rozhraní (tzv. „Model Driven User Interface“). Další snahou je pojmout RIM jako Ontologii ^[18].

Pro kvalitativní popis reálií používá RIM a HL7 verze 3 výčty, číselníky a nomenklatur. Zatímco obvykle jednoduché výčty jsou uvedeny v přidruženém slovníku hodnot (tzv. Vocabulary - obdobně jako u DASTA prostě číselníky), pro použití libovolného číselníku (tedy i NČLP ^[19]) nebo nomenklatury (ICD 10, LOINC aj.) je zabudován mechanismus adresace zvoleného objektu (datový typ CD - Coded Data).

Odhlédneme-li od vrstevnatosti standardu, která umožňuje samostatně řešit transport, reprezentaci datových typů, aplikační adresaci a logiku komunikace, je HL7 verze 3 rozdělena do domén, kde se vždy řeší konkrétní oblast zdravotnictví. Protože pro designéra rozhraní je naprosto klíčové dokázat přiřadit ke konkrétnímu problému existující doménu, uvádím úplný seznam domén ^[20]:

- Account and Billing
- Blood, Tissue and Organ
- Care Provision

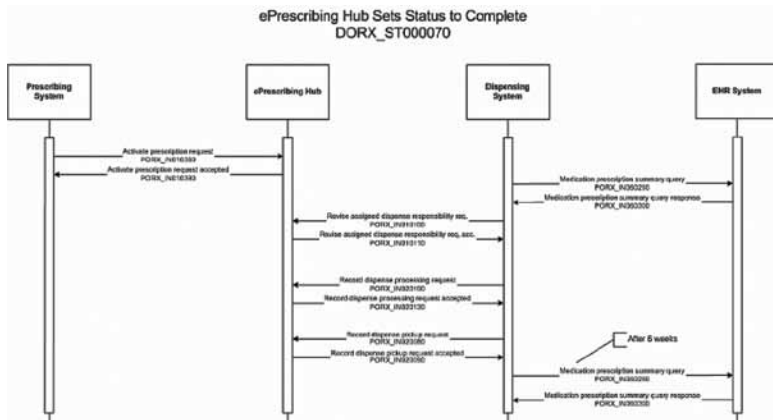
- Claims & Reimbursement
- Clinical Decision Support
- Clinical Document Architecture
- Clinical Genomics
- Clinical Statement
- Common Product Model
- Common Message Element Types
- eMeasures
- Imaging Integration Domain
- Immunization
- Laboratory
- Materials Management
- Medication
- Medical Records
- Observations
- Orders
- Patient Administration
- Public Health
- Personnel Management
- Pharmacy
- Registries
- Regulated Reporting
- Regulated Products
- Regulated Studies
- Scheduling
- Shared Messages
- Specimen Domain
- Therapeutic Devices

Každá doména obsahuje vlastní model (Domain Information Model - DIM), který je dovozen z RIMu formou specializace základních tříd, kdy se obecné třídy přiřadí doménově specifický význam a jméno, zpřísní se multiplicity atributů, konkretizují se neurčené datové typy, konkretizují se hodnoty strukturálních atributů, specifíkují se násobnosti vazeb mezi třídami. Není povoleno přidávat nové atributy ani vytvářet zcela nové třídy. Takto vytvořený DIM spolu se stavovými diagramy objektů a vysvětlujícím textem je maximálním objemem znalostí o dané doméně.

Dále se ke slovu dostávají potřeby komunikujících subjektů (nemocnic, výrobců software apod.), kdy po provedení analýzy potřeb a po zobecnění předložených případů jsou z DIMu formou restrikce odvozeny datové modely konkrétních zpráv (Refined Message Information Model – RMIM). Definovaný sled zpráv utváří příběh (Storyboard), který realizuje požadovanou komunikaci.

Graficky znázorněný příběh ve standardní UML notaci je na Obrázku 2:

HL7 verze 3 tak v každé doméně nabízí řešení komunikačních potřeb. Zároveň



Obrázek 2 – HL7 Storyboard: EHR ukončuje předepsání léku z důvodu vypršení platnosti medikace

Ize kdykoliv konzistentním způsobem rozšiřovat doménu o další případy a potřeby. Vybereme-li si konkrétní storyboard, můžeme na RIMMy aplikovat další zpřesnění na úrovni konkrétní nemocnice nebo národní zvyklosti. Dále si zvolíme implementační technologii (serializaci datové struktury do datového streamu – obvykle XML) a zvolíme transport (WS/SOAP, MLLP/TCP). Tyto „on-site“ omezení se dokumentují v Profilu, který je dokumentací konkrétní implementace komunikace (s odkazy na standard HL7 verze 3).

Přestože je možné podle konkrétního profilu implementovat celou komunikaci způsobem vytěžení výsledných XSD a WSDL souborů, bude se jednat o jednorázovou implementaci, která se obecně jeví ekonomicky neefektivní, byť v principu možná. Očekává se, že správným přístupem k implementaci HL7 v. 3 je komplexní sada nástrojů, která pojme jak RIM, DIM, zvolené storyboardsy, národní lokalizaci standardu, zvolený transport a typ serializace datových typů a přibere místní profil pro konkrétní deployment. Tato sada nástrojů spolu s know-how výrobce software (kterak má aplikace fungovat) automaticky vygeneruje 100% kódu včetně grafického uživatelského rozhraní. RIMem počínaje je totiž každý odvozený model v HL7 včetně slovníku hodnot Vocabulary okomentovaný přímo v definičních souborech MIF (Model Interchange Format) a tyto texty by mělo být možné použít alespoň pro nápovědu, ne-li přímo pro grafické rozhraní^[21]. Tento holistický přístup k vytváření eHealth aplikací komunikujících po HL7 verze 3 však bohužel dnes není zcela možný, neboť nám chybí nástroje. Například validace příchozí zprávy pomocí XSD je zcela nedostatečná a podpůrné algoritmy jako Schematron nejsou doposud všeobecně rozšířeny. Obdobně technologie pro definici GUI

na základě modelu (model based GUI) jsou víceméně experimentální.

I přes zmíněné problémy se ve světě používají různé implementace HL7 verze 3. V registru produktů IHE je k profilu PIXV3 přiřazeno celkem 20 produktů [22]. Nepřehlédnutelným argumentem je také počet vytvořených domén s množstvím storyboardů a definovaných zpráv. To by bez reálných potřeb zcela jistě nikdy nevzniklo. HL7 verze 3 lze používat lokálně v rámci nemocnice, výhody modelů, dokumentace a možnost využít libovolných nomenklatur, externích identifikátorů aj. se ale naplno projevuje v národních implementacích, kde je zcela nutné řešit problémy sémantické interoperability. Jmenujme národní implementace, které fungují: HL7 Canada Infoway používá implementaci v dotNetu, která se pravděpodobně zatím nejvíce blíží holistickému přístupu popsanému výše. V současné době můžeme v jejich repositáři nalézt 219 odvozených národních variant zpráv HL7 verze 3 [23]. Holandská AORTA je pravděpodobně dostatečně známá [24].

Význam standardu HL7 verze 3 pro české softwarové společnosti je vedle možnosti vlastní implementace a případné participace při tvorbě nástrojů zejména v možnosti nahlédnout do RIMu a do technologií odvozování modelů. Jako zcela neocenitelná se ukazuje možnost čerpat know-how z uspořádání standardu, z jednotlivých domén, modelů, storyboardů, zpráv a použitých technologických konceptů. Zdatný čtenář anglického textu tak ušetří hodiny provádění analýz vztahů reálného světa a vymyšlením vlastního aplikačního modelu a může se zaměřit na srovnávání HL7 s lokálním prostředím a na odvozování místního profilu.

HL7 verze 2

Komunikační standard HL7 verze 2 začal vznikat v roce 1987. Zcela poplatně době byla primárně řešena potřeba výměny dat, tedy zejména forma zápisu a struktura dat. Jako logické řešení se nabízelo definování datových zpráv formou textového dokumentu. Každá zpráva měla být uložena v samostatném souboru, každý řádek obsahuje samostatný segment (typ je určen třemi písmeny na začátku řádku). Každý segment obsahuje položky (fields), které jsou navzájem odděleny znakem „|“. Každá položka je určeného datového typu. Datový typ předurčuje počet, pořadí a význam komponent obvykle oddělených znakem „^“. HL7 zprávy tak nevycházejí z žádného referenčního datového modelu, ale relativně velké znovupoužitelnosti kódu je přesto dosaženo použitím složených datových typů a odkazováním jednoho segmentu v mnoha doménách. Příklad HL7 zprávy označené jako ORU^R01 [25]:

```
MSH|^~\&||GA0000||VAERS PROCESSOR|20010331605||ORU^R01|20010422GA03|T|2.3.1|||AL|
PID||1234^SR~123412^LR~00725^MR||Doe^John^Fitzgerald^JR^L||20001007|M||2106-
3^White^HL70005|123 Peachtree St^APT 3B^Atlanta^GA^30210^M^GA067|(678) 555-1212^PRN|
NK1|1|Jones^Jane^Lee^RN|VAB^Vaccine administered by (Name)^HL70063|
NK1|2|Jones^Jane^Lee^RN|FVP^Form completed by (Name)-Vaccine provider^HL70063|101 Main
Street^Atlanta^GA^38765^O^GA121|(404) 554-9097^WPN|
ORC|CN||||||1234567^Welby^Marcus^Jr^Dr.^MD^L|||||Peachtree Clinic|101 Main
Street^Atlanta^GA^38765^O^GA121|(404) 554-9097^WPN|101 Main
Street^Atlanta^GA^38765^O^GA121|
OBR|1|||^CDC VAERS-1 (FDA) Report||20010316|
```

...

Identifikátory jednotlivých segmentů jsou tučně označeny a v tomto případě značí: Hlavička zprávy (MSH), identifikace pacienta (PID), přidružené osoby k pacientovi (Next of Kin - NK1), obecné informace o objednavce (Order Commons – ORC), požadavek na pozorování (Observation Request – OBR). Přestože strukturu jednotlivých segmentů lze z více příkladů pravděpodobně odhadnout, se specifikací HL7 verze 2 je vývojář bezpečně veden. Celý standard HL7 verze 2 je pak rozdělen do následujících kapitol:

- Chapter 1: Introduction
- Chapter 2: Control
- Chapter 2A: Control - Data Types
- Chapter 2B: Control - Conformance
- Chapter 3: Patient Administration
- Chapter 4: Order Entry
- Chapter 5: Query
- Chapter 6: Financial Management
- Chapter 7: Observation Reporting
- Chapter 8: Master Files
- Chapter 9: Medical Records/Information Management
- Chapter 10: Scheduling
- Chapter 11: Patient Referral
- Chapter 12: Patient Care
- Chapter 13: Clinical Laboratory Automation
- Chapter 14: Application Management
- Chapter 15: Personnel Management
- Chapter 16: eClaims
- Chapter 17: Materials Management

Od třetí kapitoly každá kapitola obsahuje přes 100 stran definic zpráv (povinností a opakování segmentů a polí, tabulkových výčtů hodnot) a ke každému poli je explicitně uveden význam. Takto (zdlouhavou) specifikací obsahu zpráv je (bohužel) suplována absence referenčního modelu a vzniká tak nepříjemná možnost „přiohnout“ význam segmentu v konkrétní zprávě.

Srovnání

Srovnáme-li datový standard DASTA 3.0 a HL7 verze 2 po technické stránce, zdají se být na první pohled velmi podobné. V obou případech můžeme mít problém s nestandardní znakovou sadou^[26], původní formát zápisu nemá oporu v moderních programovacích jazycích, ale oba standardy nabízejí variantu zápisu v XML (DS 3.51 a HL7 v. 2.3.1). Při pohledu na transportní vrstvu, současná praxe mezi systémy komunikujícími po DASTA je vytvářet soubory na sdíleném úložišti^[27], HL7 verze 2 definuje požadavky na transportní vrstvu

(tzv. LLP – Lower Layer Protocol), který se obvykle implementuje v TCP spojení. Nicméně výskyt HL7 zpráv jako souborů na disku je také běžný (soubory typu *.hl7). Z technického hlediska existuje podstatný rozdíl v použitých datových typech, kdy DASTA používá základní typy poskytované programovacími jazyky (číslo, text, výčet), zatímco HL7 verze 2 používá 89 složených datových typů.

Po obsahové stránce jsou však standardy prakticky nesrovnatelné. HL7 verze 2 v každé kapitole na úvod popíše očekávané situace a nastíní problémy k řešení. Čtenář tak dostane nejen představu o myšlenkových pochodech autorů kapitoly, ale zároveň srovnáním s českou praxí velmi rychle odhalí další (zatím nevyužité) možnosti v oboru. Dále jsou specifikovány jednotlivé spouštěcí události reálného světa. Každá spouštěcí událost má svůj unikátní kód (např. A01, S04) a pokud nastane, zapříčiní přenos konkrétního typu zprávy s definovanou strukturou segmentů. Protože každá kapitola popisuje specifickou oblast, jsou zde definovány i nové segmenty, které obsahují potřebná pole pro přenos dat specifických pro doménu. Velmi rychle čtenář získává představu o tom, co může být přenášeno, za jakých podmínek, v jakých situacích, jaká je souslednost zpráv a kam se může jeden konkrétní případ komunikace zvrtnout.

Oproti tomu DASTA se vždy omezuje na popis struktury dat, přičemž povinnost, násobnost, resp. nepoužití konkrétního údaje nebo bloku vyplývá z logiky řešeného případu. Stejně tak spouštěcí událost (a tedy i význam zpracovávané zprávy) musí přijímající strana dovodit, případně musí být význam předem explicitně dohodnut (např. volbou samostatného adresáře). Pozorný čtenář zde možná uvidí příměr k výměně zpráv o změnách stavu v protikladu se zasíláním dokumentů konstatujících finální stav. A oprávněně. V českém prostředí všeobjímajících monolitických nemocničních informačních systémů (NIS) možná ani neexistuje potřeba rozesílat změny stavů, neboť NIS sám zajistí potřebnou funkcionalitu. Pro uživatele NISu je pak dostatečné exportovat pouze finální stav do vedlejšího systému. Nic na věci nemění ani novinka v DS 4.0 – klinické události. Přesto se jedná o poměrně rozsáhlý výčet událostí, oznamovací způsob DASTY tím nijak není dotčen.

Závěr

Vrátíme-li se zpět k myšlence akcelerace vývoje a vzájemného ovlivňování životních cyklů komunikačního standardu a komunikujících aplikací a důležitost počtu iterací při vývoji, nelze ani jednomu standardu upřít body. Markantní rozdíl je však zcela jasně vidět v šíři záběru standardů a v počtu participujících vývojářů, kdy celosvětově rozšířené standardy HL7 do sebe nutně absorbují nejnovější požadavky, poznatky a řešení v daleko větší míře než DASTA. Za povšimnutí také stojí dvě silné nadnárodní zpětné vazby ke standardům HL7, které iterační proces ještě více akcelerují:

1. Iniciativa IHE^[26], kde výrobci software vytváří a harmonizují dodatečné požadavky na komunikační prostředí tak, aby bylo dosahováno interoperability bez vynaložení dalších nákladů na straně zákazníka (nemocnice). Poža-

davky z IHE se postupně objevují přímo ve standardech HL7.

- Existence několika národních implementací eHealth komunikujících po HL7. Tyto implementace dnes svými zkušenostmi a potřebami neustále obohacují standardy HL7 v dalších a dalších iteracích.

Standardy HL7 řeší interoperabilitu aplikací, které dnes v české nemocnici obvykle supluje jediný NIS. Na této úrovni tedy nemůže být o interoperabilitě řeč a na DASTA nikdy nebyly kladeny takové funkční požadavky (např. vícecestná registrace a pacientů a následně řešení konfliktů). Zcela jiná je ale situace na národní úrovni, při řešení projektů ePreskripce, Transnet^[29], základních registrů, on-line vykazování pojišťovnam, sdílení EHR, eNeschopenky. Zde opravdu potřebujeme a očekáváme výměnu zpráv, on-line sledování stavů vzdálených objektů, řešení konfliktů aj. a nikoliv pouze předávání konstatování finálních stavů. Státní instituce (SUKL, ČSSZ, VZP, KSRZIS) vytvářejí nosné aplikace eHealth ve verzích číslo jedna. Při návrhu těchto aplikací mohou systémoví architekti s výhodou využít šíře a robustnosti standardů HL7 jakožto důsledek vývojových iterací provedených v minulosti, mimo ČR a za cizí peníze. Pokud se ale navržené aplikace opírají o vlastní komunikační protokol jako třeba xml rozhraní ePreskripce nebo blok HPN eNeschopenky (přidaný do DASTA teprve 20. 9. 2010), pak stavíme eHealth v iteraci číslo jedna – v experimentální implementaci!

Budou mít české instituce dostatek vůle a prostředky na remake svých aplikací poté, co se zjistí, jak to mohlo fungovat a bude rozšířeno komunikačního rozhraní? Mají české softwarové společnosti dostatek kapitálu na včasné remake aplikací, když DASTU verze 4 zavádějí již mnoho let? A v neposlední řadě máme v naší zemi dostatek levných odborníků, kteří budou schopni rozvíjet národní standardy erudovaně, v potřebné šíři a zejména v dostatečné kvalitě tak, abychom nemuseli dělat ještě iteraci č. 4 nebo 5 a přitom udrželi krok se světem? Obávám se, že nikoliv! Ale stačí otevřít standardy HL7 a začít se do kompendia vědomostí moderní civilizace.

Poděkování

Vznik tohoto článku byl podpořen projektem č. 1M06014 Ministerstva školství ČR.

Literatura

- [1.] *Informace o zřízení MKVeH v ČR, MZČR* [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <http://www.mzcr.cz/dokumenty/informace-o-zrizeni-mezirezortniho-koordinacniho-vyboru-pro-zavedeni-ehealth-v-ceske-republice_958_840_1.html>.
- [2.] *Health Level 7, Wikipedia* [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Health_Level_7>.
- [3.] *Reference Information Model, HL7 Int.* [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.hl7.org/implement/standards/rim.cfm>>.
- [4.] *CDA, HL7 Int.* [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.hl7.org/implement/standards/cda.cfm>>.

- [5.] Visual Integration/CCOW, HL7 Int. [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.hl7.org/implement/standards/ccow.cfm>>.
- [6.] Structured Product Labeling, HL7 Int. [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.hl7.org/implement/standards/spl.cfm>>.
- [7.] Arden Syntax, HL7 Int. [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.hl7.org/implement/standards/ardensyntax.cfm>>.
- [8.] V3 Rules/GELLO, HL7 Int. [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.hl7.org/implement/standards/v3gello.cfm>>.
- [9.] Electronic Health Record / Personal Health Record, HL7 Int. [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.hl7.org/implement/standards/ehrphr.cfm>>.
- [10.] ANSI Approved Standards, HL7 Int. [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.hl7.org/implement/standards/ansiapproved.cfm>>.
- [11.] Search Standards, ISO [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.iso.org/iso/search.htm?qt=HL7&sort=rel&type=simple&published=on>>.
- [12.] Zákon ČR 121/2000Sb. ve znění pozdějších změn vč. 424/2010.
- [13.] Licenční smlouva, HL7 ČR [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.hl7.cz/file/79/licence2011.pdf>>
- [14.] Document Object Model (DOM), W3C [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.w3.org/DOM/>>.
- [15.] Free Online HL7 Validation Tool Released, Inteliware [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.inteliware.ca/about/pr-tl7.html>>.
- [16.] The RIMBAA Technology Matrix, Ringholm [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <http://www.ringholm.com/docs/03100_en.htm>.
- [17.] RIMBAA, HL7 Int. [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.hl7.org/Speci-al/committees/java/overview.cfm>>.
- [18.] F. Oemig and B. Blobel (2009): An Ontology Architecture for HL7 V3: Pitfalls and Outcomes, IFMBE Proceedings, Volume 25/12, Springer, Berlin Heidelberg
- [19.] Základní informace k NČLP, MZČR [online, cit. 20. 2. 2011], dostupné na WWW: <http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD_DS3/hypertext/MZAIA.htm>.
- [20.] HL7 Ballot January 2011, HL7 Int. [online, cit. 20. 2. 2011], dostupné na WWW pouze pro registrované uživatele.
- [21.] Diego M. Lopez, B. Blobel (2007): Architectural Approaches for HL7-Based Legacy Systems Integration, CeHR Conference Proceedings 2007, 117-124, Aka GmbH/ IOS Press, Berlin
- [22.] IHE Product Registry, IHE [online, cit. 20. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://product-registry.ihe.net>>.
- [23.] Interactions Report, Inteliware [online, cit. 20. 2. 2011], dostupné na WWW: <http://tl7.inteliware.ca/public/messages/messageSet_r02_04_00.faces>.
- [24.] AORTA, HL7 Int. [online, cit. 19. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://wiki.hl7.org/index.php?title=AORTA>>
- [25.] Sample HL7 Immunization Messages, DT7 Software LLC. [online, cit. 27. 2. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.dt7.com/cdc/sampmsgs.html>>.
- [26.] Character Set used in v2 messages, HL7 Int. [online, cit. 28. 2. 2011], dostupné na WWW: <http://wiki.hl7.org/index.php?title=Character_Set_used_in_v2_messages>

[27]. Název souboru DS a jeho konstrukce, MZ ČR [online, cit. 1. 3. 2011], dostupné na WWW: <http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD_DS4/hypertext/DSAEC.htm>

[28.] Homepage, IHE [online, cit. 1. 3. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.ihe.net>>

[29.] Soft-Com, SoftCom [online, cit. 2. 3. 2011], dostupné na WWW: <<http://www.soft-com.cz/index.php?page=transnet>>

Kontakt

Libor Seidl,

HL7 Česká republika,

Pernerova 61, Praha 8, 186 00,

tel: +420775387691,

e-mail: seidl@hl7.cz,

www.hl7.cz

SOUČASNÝ VÝVOJ A ZÁMĚRY ROZVOJE DATOVÉHO STANDARDU MZ ČR

Miroslav Seiner, Miroslav Zámečník

Souhrn

Práce se zabývá aktuálním stavem využití datového standardu Ministerstva zdravotnictví ČR (DASTA) při komunikaci mezi různými zdravotnickými informačními systémy v České republice. Tato práce chce přispět k objektivní odborné diskusi nad možnostmi a perspektivou tohoto standardu při dalším rozvoji zdravotnické informatiky v ČR. Práce stručně popisuje aktuální podobu DASTA, základní koncepční rysy a vysvětluje změny, ke kterým došlo v posledních verzích. Na základě údajů, získaných v únoru 2011 z průzkumu mezi tvůrci zdravotnických informačních systémů, které využívají DASTA, a na základě informací z praktického užívání DASTA, poukazuje práce jak na nejdůležitější problémy používání DASTA, tak na výhody tohoto standardu pro české prostředí.

Autoři se v diskusi zamýšlejí nad otázkami, které považují za klíčové – nad problémem nízké akceptace nových aktualizací DASTA dodavateli IS, vhodností formy existence projektu DASTA jako zcela neformálního, volného sdružení odborníků i nad vhodností širokého zaměření DASTA na poměrně širokou paletu oblastí komunikace. Rozebírají také otázku národní výlučnosti DASTA v kontrastu se záměry akceptace nadnárodních a globálních standardů.

Na základě rozboru různých aspektů a přes veškeré zjištěné problémy a nedostatky považují autoři další rozvoj datového standardu MZČR za nejvhodnější alternativu pro podporu komunikace mezi zdravotnickými informačními systémy v ČR.

Úvod

Datový standard MZ ČR verze 3 a verze 4 (dále v textu zkráceně DS3 nebo DS4 nebo obecně DASTA) slouží k předávání dat mezi zdravotnickými informačními systémy. Je využíván v každodenní praxi již více jak deset let a je zabudován do všech významných zdravotnických informačních systémů, používaných v České republice.

V současnosti je ovšem nezbytné zamýšlet se nad další existencí a směrem rozvoje DASTA v kontextu záměrů eHealth. Důležitost datových standardů pro další rozvoj zdravotnické informatiky je obecně přijímaná a přítomná jako jeden z klíčových prvků různých koncepcí budoucího rozvoje oboru (2, 3). Jasně záměry ohledně toho, který standard se má stát v budoucnu základem komunikace v oblasti zdravotnictví, však dosud chybí. Chceme se ve své práci pokusit objektivně popsat aktuální stav užívání DASTA a posoudit výhody i nevýhody užívání tohoto standardu.

Historie a princip datového standardu Ministerstva zdravotnictví ČR

Datový standard MZ ČR je používán od roku 1997 a ve své historii byl několikrát významně inovován, přičemž hlavní změny přinesly především tyto verze:

Verze	Uvolnění	Formát	Hlavní změny
DS 01.10	1.7.1997	TXT	Zavedení do praxe
DS 01.20	1.1.2001	TXT	Formalizované sdělování lab. výsledků, základní tvar NČLP
DS 02.01	1.5.2002	DTD	Nová platforma, rozsáhlá inovace a doplnění, oboustranná komunikace s laboratořemi, inovace NČLP
DS 03.01	2.6.2003	DTD	Navíc doplněna komunikace s NZIS
DS 04.01	1.1.2007	XML schéma	Koncept klinických událostí, konstrukce IDU
DS 03.14 DS 04.05	1.6.2010	DTD XML schéma	Významná změna koncepce přenosu laboratorních výsledků

Tabulka 1

Přestože po uvolnění verze DS4 bylo deklarováno, že další rozvoj DS3 bude utlumen, praxe si vynucuje i nadále paralelní udržování linie DS3 i DS4. Zavádění DS4 do praxe je totiž i nadále relativně pomalé. Poslední větší změna ve stávajících blocích byla provedena v roce 2010, kdy byla významně upravena koncepce přenosu laboratorních výsledků. O důvodech této nezbytné úpravy bylo referováno na minulém ročníku MEDSOFT (4) a výsledná změna se promítla paralelně jak do DS3 (od verze 3.14.01) tak do DS4 (verze DS 04.05).

Webové služby

Dalším významným momentem pro širší a kvalitnější využívání DASTA a číselníků bylo zavedení webových služeb (od 1. 1. 2006) na adrese <http://ciselniky.dasta.mzcr.cz>, které nabízejí řadu funkcí. Na této adrese je nejen kompletní a nejnovější DS3 a DS4 a všechny potřebné číselníky, ale i verze předchozí, návody, dokumentace, podrobné informace a pomocné programy. Součástí webových služeb je hypertextový popis DASTA a číselníků a samozřejmě řada funkcí, které mohou využívat informační systémy k realizaci upgrade datových bloků i číselníků. Nabízené funkce umožňují selektivní stahování novinek i změn, porovnávání mezi verzemi a řešení dalších potřeb IS. Prostřednictvím webových služeb se realizují všechny současné upgrady, které jsou standardně čtyřikrát do roka (vždy v posledním měsíci čtvrtletí). Vedle off-line stahování upgrade umožňuje aparát především i on-line aktualizaci všech potřebných číselníků přímo informačními systémy, jsou-li takto vybavené.

Současný stav DASTA z hlediska rozsahu pokrytí komunikačních potřeb

DASTA v současnosti definuje komunikační standard pro tyto okruhy komunikace mezi informačními systémy:

- Údaje o pacientovi
 - *Výměna klinických údajů o pacientech mezi různými zdravotnickými informačními systémy*
 - *Výměna žádank na vyšetření mezi různými zdravotnickými informačními systémy*
- Zaslání výkazů a hlášení do Národního zdravotnického informačního systému (NZIS) do Ústavu zdravotnických informací a statistiky (vybraná část výkazů)
 - *Národní pacientské registry – hospitalizace, porody, novorozenci aj.*
 - *Roční a pololetní výkazy o činnosti*
- Podávání hlášení pracovní neschopnosti na Českou správu sociálního zabezpečení
- Speciální oblasti
- Hlášení vyšetření pitné a užitkové vody (na podkladě DASTA, šířeno nezávisle)

Největší a nejtypičtější využití je samozřejmě v oblasti pacientských dat. DASTA umožňuje výměnu zdravotnických informací o pacientovi zhruba v následující struktuře a rozsahu:

- Obecné informace datové zprávy
 - *Informace o odesílateli dat*
 - *Informace o časech (žádosti, vyšetření, odeslání apod.)*
 - *Klasifikace urgentnosti zprávy*
 - *Typy přenášených dat*
- Identifikátory
 - *Identifikační data pacienta*
 - *Identifikace případu (číslo chorobopisu apod.)*
 - *Identifikátor události*
- Základní administrativní informace o pacientovi
- Platební vztahy, pojišťovny
- Základní fyziologické údaje (hmotnost, výška)
- Urgentní klinické informace – diagnózy, alergie, krevní skupina
- Anamnéza
- Léky
- Očkování
- Diagnózy trvalé a aktuální
- Léky vydané lékárnou

- Žádanky a objednávky na vyšetření, včetně žadanek laboratorních
- Dokumentace vyšetření pacienta (výsledky, zprávy - formalizované, textové, obrazové)
- Provedené výkony vykazované pojišťovně nebo fakturované jinému plátcí
- Další datové bloky.

Koncepční rysy DASTA

Koncepce DASTA není rigidní a na základě potřeb praxe se průběžně vyvíjí. V současnosti jsou nevyznamnější koncepční rysy tyto:

Koncept klinických událostí

Základní změna mezi datovým standardem DS3 a DS4 spočívá v precizaci konceptu tzv. klinické události. S tímto pojmem se pracovalo v DASTA od počátku, nicméně od DS4 došlo ke změně identifikace klinické události, která byla v DS3 definována v podstatě pouze provádějícím subjektem a časem provedení. Nový koncept přiřazuje každé klinické události jedinečný identifikátor a formální označení typu události. Tento koncept umožňuje především jedinečnou identifikaci konkrétní události tak, aby při výměně informací mezi různými informačními systémy nemohlo docházet k duplicitnímu ukládání jedné události nebo naopak k přepisu události jinou nesouvisející informací a dále umožňuje snadnější vyhledávání konkrétních událostí a jejich správné zařazování v informačním systému příjemce. Koncept také umožňuje realizaci oprav i storna. Formální typologie událostí má dnes v DASTA 80 různých typů. Tato typologie je přitom otevřena dalšímu rozšiřování.

Vazba na Národní číselník laboratorních položek

Vzhledem k tomu, že nejvýznamnějším důvodem vzniku DASTA byla potřeba komunikace s laboratorními informačními systémy, byl rozvoj DASTA vždy významně spojen s údržbou a koncepcí Národního číselníku laboratorních položek, který je garantován několika odbornými společnostmi z oblasti laboratorní medicíny. Tato vazba je i nadále velmi významná a pro řešení komunikace s LIS zcela nezbytná.

Jiné koncepční rysy

Mezi další významné obecné rysy DASTA je dnes třeba řadit především následující:

1. XML formát datové zprávy,
2. možnost předávání kódovaného textu (RTF, HTML) při zachování povinnosti předání prostého nekódovaného textu zprávy,
3. možnost předávání příloh,
4. otevřenost dalšímu rozšiřování definice:
 1. možnost využití „obálky“ dasta k předávání zpráv v rozhraní, dohodnutém mezi dvěma subjekty (tzv. firemní bloky),
 2. možnost vytváření tzv. speciálních formalizovaných bloků, určených

k předávání specifické struktury zpráv určitých oborů – laboratoře, RDG, patologie.

Organizační a ekonomické aspekty DASTA

Formálním garantem DASTA je Ministerstvo zdravotnictví ČR, které prostřednictvím svého odboru informatiky objednává činnosti nutné k rozvoji DASTA od různých subdodavatelů. Organizační struktura DASTA je tedy velmi volná. V průběhu historie DASTA se několikrát zvažovaly různé možnosti formalizace (založení obecně prospěšné společnosti, začlenění DASTA pod jinou instituci) vždy však nakonec dosud převládala pragmatická úvaha neměnit systém, který přes veškeré nedostatky po léta poměrně stabilně funguje.

Reálně totiž DASTA stojí dnes především na neformální spolupráci odborníků z různých firem, působících v oblasti zdravotnické informatiky a navzájem si konkurujících a vedle toho samozřejmě na aktivitě několika mála nezávislých odborníků, kteří se podílejí na koordinaci aktivit a jejich vlastní realizaci.

Celkové náklady na údržbu datového standardu jsou velmi nízké – v minulém roce zaplatilo MZ ČR náklady na veškeré expertní služby (DS3, DS4, NČLP, NZIS aj.) zhruba ve výši 260 tisíc. K tomu je třeba připočítat jen náklady na provoz webové služby DASTA, které nejsou autorům této zprávy známy.

Využívání DASTA i webové služby dodavateli i provozovateli informačních systémů je bezplatné.

Využití datového standardu ze strany dodavatelů

Datový standard je dnes zabudován do většiny zdravotnických informačních systémů, především nemocničních, laboratorních, radiologických, ambulantních. Přehled firem, které DASTA respektují a implementují, lze nalézt na stránkách České společnosti zdravotnické informatiky a vědeckých informací (www.medinfo.cz), v podstatě ale lze říci, že v českém prostředí nemůže být dnes plnohodnotně provozován klinický, ambulantní nebo laboratorní informační systém, který by rozhraní DASTA neměl implementováno.

Tato věc je někdy kriticky komentována ze strany dodavatelů zahraničních informačních systémů a je vnímána jako bariéra vstupu na český trh. Ve skutečnosti ovšem implementace národního rezortního rozhraní tvoří pouze velmi malou část z celkového rozsahu nezbytné implementace národního legislativního prostředí.

Neexistuje žádná formální evidence využití DASTA, takže počet firem a produktů, využívajících tento standard, lze odhadovat pouze z aktuálního stavu databází adres uživatelů a vývojářů DASTA, z údajů firem a průzkumů.

V oficiálním číselníku uživatelů DASTA „TAB_KF“ bylo ke dni 15. 2. 2011 evidováno celkem 77 firem.

S jistou nepřesností lze odhadnout, že v současné době plně aktivně využívá DASTA asi přes 50 firem, vytvářejících a nabízejících zdravotnické IS. V adresáři aktivních spolutvůrců DASTA_VYVOJ z řad tvůrců zdravotnických IS, je evidováno zhruba 40 adres, přičemž vysoce aktivních při dalším rozvoji

je zhruba čtvrtina. Adresy ve skupinách DASTA (uživatelé) a DASTA_VYVOJ (aktivní tvůrci) se částečně překrývají, celkem se jedná asi o 60 jednotlivých adres ze zhruba 50 firem.

V minulých letech byly realizovány různé průzkumy mezi uživateli DASTA nebo dodavatelskými firmami. Při těchto šetřeních všichni významní dodavatelé zdravotnických IS uváděli, že plně zabudovali DS3 ve vazbě na NČLP. Všichni významní tvůrci IS uváděli, že jim DS3 i webové služby vyhovují a že vše používají. Průzkumy se však dosud nezabývaly detailními aspekty využití DASTA. Náhodné informace z terénu obecně zjištěná fakta potvrdovala, nicméně současně byly zjišťovány i různé problémy v užívání DASTA, které zmíněné průzkumy neodhalily, částečně zřejmě i proto, že byly neanonymní.

Průzkum o využití DASTA mezi tvůrci informačních systémů

Pro vytvoření přehledu o stavu užívání jednotlivých verzí DASTA v praxi, využívání webových služeb a názoru na budoucí případné využívání HL7 jsme se rozhodli pro anonymní průzkum mezi tvůrci zdravotnických IS. Průzkum nebyl anonymní, respondentům bylo ovšem zaručeno, že výsledky budou anonymně prezentovány. Distribuce otázek i sběr odpovědí byl realizován elektronickou cestou. Dotazník byl rozeslán v únoru 2011 členům skupiny DASTA i členům konference DASTA_VYVOJ (tj. celkem na asi 60 adres zhruba 50 firem). Respondenti měli odpovědět na následující otázky:

- Typ IS, který dodáváte a k němuž se další odpovědi vztahují.
- Jakou nejvyšší verzi DASTA umožňuje používat váš IS?
- Zakomponovali jste již do svého IS úpravu bloků VRI z června 2010, která se týkala předávání laboratorních výsledků (různé jednotky, non-NČLP položky atd.)?
- Plánujete - a pokud ano do kdy - zakomponování DASTA verze 4 do vašeho IS?
- Využíváte webové služby k „on-line“ aktualizaci číselníků DASTA, ÚZIS, NČLP, umožňuje váš IS takto realizovat aktualizace?
- Jakou formou je zajišťována aktualizace Národního číselníku laboratorních položek (NČLP)?
- Máte nebo uvažujete reálně v dohledné době o zakomponování HL7 do vašeho IS?

Výsledky průzkumu a rozbor výsledků

Podrobné výsledky udává tabulka Tabulka 2 v příloze. Zde uvádíme nejdůležitější zjištěná fakta.

1. Validita průzkumu

V průzkumu jsou zařazeny výsledky za celkem 26 systémů, z toho 11 nemocničních, 8 laboratorních, 3 ambulantní systémy a 4 jiné typy IS

(radiologické, lázeňské, patientské zdravotní knížky).

Převážná část odpovědí se vrátila z konference DASTA_VYVOJ, tedy od informatiků aktivně se podílejících na implementaci standardu i jeho vývoji. Odpovědi přišly od většiny významných tvůrců IS. Průzkum je možné interpretovat jako reprezentativní z hlediska reálného stavu u těch producentů IS, kteří DASTA již užívají, přičemž fakticky se tím pokryje většina objemu komunikace na poli zdravotnické informatiky v České republice. Omezením tohoto průzkumu ovšem je, že nemusí zachytit trendy a záměry firem vstupujících na trh, nebo záměry, které z obchodních důvodů firmy nezveřejňují.

2. Implementace nových verzí DASTA do informačních systémů

Pouze dva produkty mají plně implementovanou verzi DS4 (LIS a NIS), dalších 5 respondentů odpovědělo, že ji plánují, z toho 3 v roce 2011. Celých 50% respondentů odpovědělo, že dosud neuvažují o implementaci DS4. Lze přitom usuzovat, že vzhledem k tomu, že odpovídají nejaktivnější členové komunity datové standardizace, je míra akceptace verze DS4 v prostoru české zdravotnické informatiky dosud nízká. Samozřejmě, že tato čísla jsou pro konečný výsledek jen částečně vypovídající, protože rozhodující bude postoj silných dodavatelů, ovládajících většinu trhu.

Ještě nepříznivější je z tohoto pohledu výsledek zapracování změn do DS3 i DS4 z května 2010, který měl vyřešit významnou koncepční závadu v komunikaci při sdělování laboratorních výsledků. Pouze 4 systémy tuto změnu do této chvíle implementovaly, ačkoli předběžná akceptace nezbytnosti této změny byla v rámci DASTA komunity velmi vysoká a bylo zřejmé, že neřešení tohoto problému může být příčinou chyb v komunikaci s laboratořemi.

3. Využívání webových služeb

Také využívání webových služeb k aktualizaci číselníků se jeví jako velmi nízké – pouze v 6 případech (23%) byla odpověď ano, většina dodavatelů neumožňuje v rámci svých produktů aktualizaci číselníků nebo on-line ověřování jejich aktuálnosti. V několika případech byla připojena poznámka, že firma tuto cestu dosud považuje za rizikovou. I v tomto případě přitom platí, podobně jako v předešlém, že absence nástrojů automatické aktualizace zvyšuje riziko chyb při komunikaci, způsobených v tomto případě neaktuálností číselníků u konkrétního provozovatele IS (kvalitu zajišťování aktualizací přímo dodavatelem IS nebylo možné posuzovat).

4. Vztah k HL7

Na plány dodavatelů ohledně zavedení HL7 jsme se ptali proto, že právě tento standard lze v současnosti považovat za jedinou relevantní alternativu zdravotnického datového standardu, splňující kritérium obecné akceptace na nadnárodní úrovni a širokého užití v praxi. Pouze jediný dodavatel NIS plánuje implementaci HL7. 6 dodavatelů implementuje HL7 standard pouze v oblasti obrazové dokumentace. Je tedy zřejmé, že mezi stávajícími dodavateli

zdravotnických informačních systémů je podpora zavedení HL7 zcela minimální. Iniciování rozvah o přechodu z DASTA na HL7 bylo diskutováno v rámci komunity vývojářů DASTA v prosinci 2010. Z 16 odpovědí bylo tehdy 6 pro iniciování rozvah a 9 proti těmto aktivitám.

Problémy při užívání DASTA zjištěné z praxe

Fakta zjištěná tímto průzkumem je třeba doplnit informacemi z praxe, které se k tvůrcům DASTA dostávají při řešení konkrétních problémů nebo formou neformálních šetření na konkrétních pracovištích. Tato zjištění prakticky nelze kvantifikovat, ale některá z nich jsou poměrně alarmující. Vyplývá z nich, že DASTA a NČLP nejsou vždy využívány zcela korektně, objevují se různé méně či více významné problémy při implementaci DASTA do praxe. Jedná se ovšem o neoficiální údaje, protože každá taková informace je vždy poskytována s rizikem důsledků pro dodavatele i pro zdravotnické zařízení jako provozovatele IS. Uvádíme v přehledu některé nejčastěji se vyskytující problémy.

Obecné chyby komunikace

Nejčastější obecné chyby užívání jsou následujícího typu:

- Nekorektní realizace na straně odesílatele nebo příjemce. Zásadní chyby. Nelze však zde rozebírat podrobně.
- Vědomé nekorektní individuální úpravy DASTA pro vlastní potřeby konkrétní firmy.
- Na straně odesílatele je využívána vyšší verze DASTA nebo číselníků než na straně příjemce.
- Jiný výklad obsahu položek či pokynů v DS. V tomto případě je na vině často nedostatečně přesná nebo záměrně volnější specifikace standardu.
- Chyby v DASTA – vyskytují se vzhledem k rozsahu standardu zcela přirozeně - například rozpory mezi standardem a zněním metodiky NZIS.
- Nerespektování DTD – k popisu standardu se v mnoha systémech přistupuje stále tradiční formou, aniž by se využívaly nástroje, které umožňuje XML.

Tyto kolize bývají většinou po prvotním odzkoušení komunikace mezi dvěma konkrétními systémy odhalené a odstraněné. Pokud bychom ale nadále ignorovali přetrvávající existenci těchto jevů v otevřené komunikaci v celonárodním informačním prostoru, znamenalo by to ohrožení využitelnosti DASTA jako celonárodního standardu.

Chyby při komunikaci mezi LIS a ostatními IS

A. Nekorektní užívání Národního číselníku laboratorních položek

- Není zcela korektní vazba mezi laboratorním číselníkem a NČLP.
- Není k dispozici aktuální tvar NČLP na straně příjemce či odesílatele.
- Nesprávné řešení tzv. lokálních položek (tedy položek mimo národní část číselníku).

- Nerespektování druhů veličin a korektních jednotek.

Většinu rizik těchto problémů řeší úprava ve verzi 3.15, kterou však většina dodavatelů zatím neimplementovala.

B. Sledování položek v časové řadě - frakcionované clearance, OGTT atd.

V D53 i NČLP je vyřešeno, leč v praxi není často vůbec nebo korektně realizováno na straně odesílatele nebo příjemce. Není plná shoda ani na úrovni odborné, jak tuto věc řešit.

Problémy organizační

Organizace rozvoje DASTA je velmi neformální – takový přístup má řadu výhod a ukazuje se jako pružný a dlouhodobě stabilní, ale současně může být rizikem pro další udržitelnost projektu. Při prosazování DASTA totiž může chybět jasná autorita s mandátem účastníků projektu.

Je také vhodné modernizovat komunikační prostředky uvnitř komunity uživatelů a vývojářů DASTA – jediným komunikačním nástrojem zůstává mailová konference nebo pracovní schůzky, část komunikace by ale měla být řešena modernější formou, například pomocí standardních nástrojů správy požadavků. Současná komunikace všech spoluautorů se všemi může být paradoxně někdy spíše překážkou efektivního řešení určitých problémů.

Výhody a přednosti DASTA pro české prostředí ve fázi startu projektu eHealth

Podstatnou předností DASTA je fakt, že se na jeho vývoji podíleli tvůrci i uživatelé IS a že je vyvíjen v „domácím“ prostředí a na základě podnětů „zdola“ - vychází z tuzemských potřeb, požadavků i podmínek. Jednotlivé požadavky na jeho úpravy a doplňky jsou relativně snadno domlouvané, lze je nahlížet v komplexnějších souvislostech současných IS, úpravy i změny mohou být rychle prodiskutované, schválené, vyvěšené na webových službách a realizované.

Velmi významným faktem pro praxi je, že DASTA a informační systémy se vzájemně ovlivňují i respektují:

- DASTA je vyvíjen již řadu let a vychází z praxe, z reálných tuzemských zdravotnických IS.
- IS respektují datové struktury, prvky i číselníky DASTA, zejména NČLP, NZIS aj.
- IS si vzájemně mezi sebou rozumí a relativně snadno si mohou předávat data.
- Prostřednictvím DASTA dochází k částečné standardizaci některých zdravotnických zpráv a nálezů, zejména nálezů laboratorních (významná je vazba na normu ISO 15189).
- Do vytvořených struktur a nástrojů lze jednoduše vkládat další potřebné datové bloky nebo číselníky.

DASTA slouží k předávání dat mezi IS v různém rozsahu dle potřeb komunikujících stran. Jeho smyslem je dovolit, jak předávání dat jen v nezbytně

nutném rozsahu (například prostá objednávka vyšetření a co nejjednodušší sdělení výsledků), tak i vysoce sofistikované a komplexní zasílání rozsáhlých datových bloků (například formalizované sdělování výsledků, předávání zpráv včetně souvisejících podkladů, interpretací, obrazů atd.).

Cennou předností DASTA je také možnost předávání komplexních dat systémům třetí strany (například komplexní datové bloky do systému IZIP, zahrnující vedle textových zpráv také formalizované datové bloky jednotlivých vyšetření, formalizované diagnózy, urgentní informace, formalizované informace o podávaných či vydaných léčích). Toto je propracováno zejména v DS4.

Komplexnost standardem nabízených datových bloků a možnost formalizovaného sdělování (například laboratorních výsledků) využívají některé systémy nejen pro archivaci dat, ale i pro předávání mezi IS jednoho uživatele - například lze takto přenést vše k jednomu pacientovi z jednoho IS do jiného IS (třeba z počítače v ordinaci lékaře do notebooku příslušného praktického lékaře atd.).

Zajímavou možností DS4 jsou nástroje pro standardizované připojení firemních bloků, které umožňují další široké využívání základní struktury DASTA ve speciálních informačních systémech i pro další speciální oblasti komunikací.

Diskuse k základním otázkám dalšího rozvoje DASTA

Na základě dosavadních zkušeností si dovoluujeme navrhnout formulovat některé důležité otázky, týkající se dalšího rozvoje Datového standardu MZČR.

Jak dosáhnout plné akceptace datového standardu dodavateli a provozovateli systému?

Provedený průzkum potvrdil bohužel neuspokojivý stav v míře akceptace datového standardu ze strany dodavatelů a provozovatelů informačních systémů. Samotný datový standard je sice akceptován, bohužel ale zásadním způsobem vážně aktualizace nových verzí. Aktuálně se tato věc projevila ve dvou konkrétních jevech:

- koncepčně nová verze DS4, jejíž přijetí je nezbytné pro plné využití DASTA v projektech eHealth, není většinou subjektů přijata ani 4 roky po svém uvolnění a o její akceptaci dodnes řada dodavatelů neuvažuje (většinou je uvozována podmínkou „až toto realizují i ostatní“);
- aktualizace DS3, řešící koncepční závadu v komunikaci laboratorních výsledků nebyla převážnou většinou dodavatelů implementována ani několik měsíců po svém uvolnění.

Takový stav považujeme pro užívání **jakéhokoliv** datového standardu za velmi neblahý a ohrožující kvalitu komunikace.

- Jakéhokoliv změny v datových standardech by měly mít vždy maximální podporu všech nebo většiny významných dodavatelských firem a součástí této akceptace by měla být i deklarace, zda daná verze bude či nebude dodavatelem implementována.

- Problém nedostatečné akceptace DS4 doporučujeme řešit verifikací nezbytného obsahu verze DS4, přínosů této verze pro projekty eHealth a eventuální hledání doplňujících zdrojů pro plošnou implementaci DS4 do stávajících systémů.
- Zlepšit informovanost nejen producentů informačních systémů ale i provozovatelů o datovém standardu a obsahu verzí a změn.
- Iniciovat posuzování užívání komunikačních standardů mezi akreditační kritéria při akreditaci zdravotnických zařízení a přenést tak odpovědnost za správné užívání standardů na provozovatele IS.
- Přísně dodržovat princip zpětné kompatibility.
- Zavést efektivnější a průhledný způsob evidence požadavků na datový standard pomocí moderních prostředků správy požadavků.

Zvážení efektivity pronikání DASTA do jiných oblastí mimo komunikaci patientských dat

DASTA a její realizační tým je před rozhodnutím, zda má ambici být jakousi širokou standardizační platformou pro zdravotnictví nebo se soustředí výhradně na původní účel, pro který byl vyvíjen, tedy na výměnu patientských dat mezi zdravotnickými systémy, doplněnou o řešení komunikace s NZIS a ČSSZ.

Další forma existence DASTA

Současná neformální existence DASTA má řadu výhod, nicméně opakovaně se v průběhu posledních let projevily i nevýhody určité nezakotvenosti DASTA v záměrech zdravotnické informatiky. Cítíme značné riziko, že by v současné době tvorby různých národních a nadnárodních záměrů eHealth mohla být DASTA považována za příliš národně specifický koncept nebo koncept bez perspektivy rozvoje. Dodavatelské firmy účastné v projektu DASTA musí zvažovat, zda hodljají projekt DASTA dále podporovat a prosadit jeho využití i v další etapě rozvoje zdravotnické informatiky v ČR. Pokud ano, je vhodné uvažovat i o jiné formě existence DASTA, například o formě zájmového sdružení právnických osob nebo o obecně prospěšné společnosti či občanském sdružení, neboť stávající zcela volné a neformalizované sdružení zainteresovaných odborníků se může ukázat jako málo efektivní především při prezentaci dosažených výsledků a získávání podpory pro další rozvoj.

Je národní specifčnost DASTA její nevýhodou?

V tezi rozvoje eHealth v České republice (2) se říká, že datové standardy mají být „v souladu s evropskými i světovými standardy“. Tato zdánlivě nesporná teze bývá někdy automaticky považována za základní argument proti další existenci DASTA. Autoři konstatují, že dosud nebylo nad rámec těchto obecných prohlášení nikde nikým precizně formulováno s jakými „evropskými a světovými“ standardy mají být ty české v souladu a především za jakým účelem. Otevřenost české zdravotnické informatiky vůči globálním standardům se nejlépe ukazuje na obecné akceptaci standardu DICOM v oblasti obrazových informací. Typ komunikace, který je dnes řešen pomocí DASTA, se ovšem

uskutečňuje a nadále dominantně uskutečňovat bude mezi zdravotnickými systémy uvnitř České republiky, tedy systémy, které musí v plné míře akceptovat českou legislativu, české zvyklosti a metodiky v oblasti identifikátorů, struktury zdravotnické dokumentace, národní normy apod.

Nestavíme se v žádném případě proti akceptaci nadnárodních standardů všude tam, kde je to nezbytné či výhodné pro účel komunikace. Dokud však nebude alespoň definován a obecně akceptován standard pro výměnu zdravotnických informací v mnohohojazyčném a legislativně pestrém prostředí Evropské unie, považujeme obecné teze ohledně akceptace nadnárodních standardů spíše za neúčelné a riskantní. Česká republika již z důvodu své velikosti a jazykové výlučnosti nebude zásadně ovlivňovat nadnárodní standardy a navíc je sporné, zda jakýkoli nadnárodní standard bude kdy schopen řešit komunikaci v šíři a se všemi legislativními a odbornými specifiky, jak to dnes umožňuje DASTA. Považujeme proto za vhodné vyčkat konečného dořešení této problematiky na celoevropské úrovni a současně nadále podporovat a rozvíjet standard národní. Jakékoliv jiné řešení by znamenalo zřejmě stagnaci rozvoje komunikace na dobu mnoha let.

Z hlediska mezinárodní spolupráce doporučujeme naopak velmi otevřeně prezentovat zkušenosti České republiky s využíváním národně specifického standardu a porovnávat trvale dosažené výsledky u nás s postupy a výsledky v jiných zemích.

Závěr

Zmapovali jsme aktuální stav používání DASTA s cílem definovat problémové oblasti a formulovat otázky důležité pro další rozvoj DASTA. Domníváme se, že z hlediska další perspektivy eHealth v České republice je nezbytné se na DASTA dívat nikoli jako na statický standardizační předpis, ale především jako na odbornou znalostní komunitu a dynamický proces, který po dlouhou dobu existuje a poměrně uspokojivě řeší problémy komunikace mezi zdravotnickými informačními systémy. Domníváme se, že v rámci DASTA vznikl velmi cenný znalostní potenciál, jehož udržení je nejen v zájmu zúčastněných dodavatelských firem, ale především je v plném souladu se záměry eHealth v České republice. Navíc je třeba zdůraznit, že celý rozvoj a údržba DASTA dosud byl a nadále je velmi ekonomicky úsporný. Autoři se proto staví za to, aby se Datový standard MZČR stal významnou součástí plánů eHealth v České republice a varují před neuváženým přechodem k jiným konceptům bez řádného zvážení výhod i nevýhod jednotlivých alternativ a bez konzultace s odborníky, kteří v rámci odborné komunity DASTA komunikaci ve zdravotnictví dlouhodobě řeší.

Literatura

- [1.] *Datový standard MZ ČR*, <http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/>
- [2.] *Teze rozvoje eHealth v České republice*, České národní fórum pro eHealth 2010, <http://www.ehealthforum.cz/>
- [3.] *Schlanger J.: Národní koncepce eHealth*, Konference MEDTEL 2010, www.medtel.cz
- [4.] *Seiner M.: Měl by datový standard umožnit poslat formalizovaně i laboratorní výsledek mimo Národní číselník laboratorních položek?*, MEDSOFT 2010 sborník

Příloha:

	A	B	C	D	E	F	G	H
	typ IS	zpracovaná verze nejvyšší (mimo NZIS)	tj. verze z roku	jsou realizované úpravy z května 2010	je zabudovaná nebo plánovaná verze 4	webové služby v IS on-line	způsob zajištění upgrade NČLP v IS	je nebo bude HL7 v IS
01	NIS	3.13.01	04/2010	ne	plánujeme	ne	importem ze souborů dodaných LIS	jen obrazy
02	NIS	3.13.01	04/2010	ne	zatím ne	ne	pravidelný import klasickou cestou	ne
03	NIS	3.11.08	09/2009	ne	v roce 2011	ne	polo-automatický import	ne
04	NIS	3.01.01	12/2003	ne	v roce 2011	ne	polo-automatický import	ne
05	NIS	3.01.01	12/2003	ne	ne	ne	pravidelný import klasickou cestou	ne
06	NIS	3.10.01	12/2006	ne	ne	ano	cestou WS i ručně	jen obrazy
07	NIS	3.12.02 4.05.01	01/2010	ne	již je funkční	ano	cestou WS on line	jen obrazy
08	NIS	3.xx.xx	?	ne	ne	ano	import klasickou cestou	ne
09	NIS	3.01.01	12/2003	ne	ne	ne	ruční řízení úpravy	ano
10	NIS	3.14.01	07/2010	ano	plánujeme	ne	v rámci upgrade	ne
11	NIS	3.10.01	12/2006	ne	bude-li nutno	ne	v rámci služeb firmy	zčásti, obrazy
12	LIS	3.15.02	12/2010	ano	bude-li nutno	ne	řízený manuální import	ne
13	LIS	3.15.02 4.06.01	12/2010	ano	již je funkční	ne	řízený manuální import	ne
14	LIS	3.11.04	07/2008	ne	bude-li nutno	ne	ručné	ne
15	LIS	3.11.01	12/2007	ne	ne	ano	cestou WS i ručně	ne
16	LIS	3.xx.xx	?	ne	zatím ne	ano	v režii laboratoře	ne
17	LIS	3.xx.xx	?	ne	zatím ne	ne	servis firmy	ne
18	LIS	3.10.01	12/2006	ne	bude-li nutno	ne	v rámci služeb firmy	ne
19	LIS	3.xx.xx	?	ne	ne	ne	ne	ne
20	jiný	3.12.01	01/2010	-	ne	ne	IS nevyužívá	obrazy
21	jiný	3.13.01	04/2010	-	ne	ne	IS nevyužívá	obrazy
22	AIS	3.14.01	07/2010	ano	ne	ne	v rámci aktualizace programu	ne
23	AIS	3.xx.xx	?	ne	ne	ne	dodává se s upgrade	ne
24	AIS	3.11.02	01/2008	ne	ne	ne	samoučící se systém	ne
25	jiný	3.xx.xx	?	ne	ne	ne	v rámci služeb firmy	ne
26	jiný	3.11.06	04/2009	ne	v roce 2011	ano	automatický import	ne

Tabulka 2 - Výsledky průzkumu mezi tvůrci IS, uživateli DASTA

Otázky v dotazníku

- [A.] Typ IS který dodáváte a k němuž se další odpovědi vztahují.
- [B.] Jakou nejvyšší verzi DASTA umožňuje používat váš IS?
- [C.] Zakomponovali jste již do svého IS úpravu bloků VRi z června 2010, která se týkala předávání laboratorních výsledků?
- [D.] Plánujete - a pokud ano do kdy - zakomponování DASTA verze 4 do vašeho IS?
- [E.] Využíváte webové služby k „on-line“ aktualizaci číselníků DASTA, ÚZIS, NČLP, umožňuje váš IS takto realizovat aktualizace?
- [F.] Jakou formou je zajišťována aktualizace Národního číselníku laboratorních položek (NČLP)?
- [G.] Máte nebo uvažujete reálně v dohledné době o zakomponování HL7 do vašeho IS?

Poznámky k tabulce:

- [A.] NIS = nemocniční IS, LIS = laboratorní IS, AIS = ambulantní IS (pro praktického lékaře),
- [B.] Je zapsána nejvyšší používaná verze, pokud bylo uvedeno. V některých případech není verze jednoznačně určitelná. Kde nebyla verze blíže specifikována, je zapsáno „3.xx.xx“. K datu průzkumu byly nejvyšší verze z 12/2010 tyto: DS3.15.02, DS4.06.02, NČLP 2.31.01.
- [C.] Datum počátku platnosti uvedené zabudované verze DASTA je doplněn z číselníku verzí. Nebyl předmětem dotazníku.

Kontakt:

MUDr. Miroslav Seiner

seiner@infomed.cz

Ing. Miroslav Zámečník

zamecnik@sekk.cz

VÝHODY FEDERATIVNÍ AUTENTIZACE Z POHLEDU UŽIVATELE BIOMEDICÍNSKÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

Kryštof Slabý, Jiří Pavlík

Vzdělávací instituce v České republice (ČR) se před více než dvěma roky spojily do České akademické federace identit eduID.cz, která je zastupuje v jednáních s mezinárodními poskytovateli služeb i v rámci nadnárodních federací ve věcech autentizace uživatelů pocházejících z jednotlivých institucí. Technicky a organizačně tyto aktivity zajišťuje CESNET, z.s.p.o. jako operátor federace. Federativní způsob autentizace přináší řadu výhod jako např. to, že uživatel používá pouze jednotné přihlašovací jméno a heslo pro přístup k více aplikacím, správci jednotlivých aplikací neshromažďují přístupové údaje uživatelů, autentizace uživatele probíhá u domovské instituce, citlivé autentizační údaje uživatele neopouští domovskou síť, federační infrastruktura poskytuje snadný, standardizovaný a bezpečný způsob výměny informací o uživateli, celé řešení je rozšiřitelné a škálovatelné. Pro jednotlivé instituce je výhodou jednotné rozhraní pro připojení k federaci a není tedy nutné implementovat rozhraní zvlášť pro každého poskytovatele služeb a obsahu. Úroveň přístupu může řídit u svých uživatelů jak domovská instituce, tak i poskytovatel služby. Autorizaci provádí vždy poskytovatel služby.

Uživatelé z akademické sféry v ČR mají možnost shibbolethové autentizace už více než dva roky. Adopce přihlašování přes eduID.cz je pro uživatele bezproblémová. Práce v prostředí Shibboleth je pro uživatele intuitivní a většina institucí tuto formu přihlašování nabízí svým uživatelům paralelně se stávajícími ostatními způsoby autentizace (IP adresy, hesla apod.). Univerzita Karlova v Praze (UK) byla mezi prvními institucemi v ČR, které se k eduID.cz připojily. Shibbolethovou autentizací bylo možné využívat ještě za pilotního provozu v době, kdy postupně jednotliví poskytovatelé obsahu a služeb implementovali Shibboleth do svých systémů. Proto na UK máme s tímto přihlašováním i dlouhé uživatelské zkušenosti.

Velké biomedicínské databáze na platformách např. OvidSP, EBSCOhost, Elsevier Science Direct a Scopus, Mefanet nebo Atlases federativní autentizaci již podporují. Aktuálně běží proces zpřístupnění zdrojů National Institutes of Health (NIH) pro federativní autentizaci i mimo Spojené státy americké, uživatelé asi nejvíce ocení tuto funkcionalitu u vyhledávače PubMed a databáze Medline. eduID.cz je jedním z leaderů tohoto procesu. Biomedicínské databáze, které shibbolethovou autentizaci v ČR ještě nepodporují nativně, jsou na UK v prostředí Shibboleth zpřístupněny pomocí EZproxy.

Členy federace eduID.cz je nyní 21 univerzit a akademických institucí z ČR včetně všech státních vysokých škol z ČR, které zajišťují vysokoškolské vzdělávání mediků. Členem eduID.cz se může stát každá akademická instituce, která má nárok na připojení do sítě CESNET.

V přednášce budou představeny základní vlastnosti technologie z pohledu instituce. Z pohledu uživatele bude předvedeno komfortní prostředí, které federativní autentizace aktuálně přináší uživatelům při každodenní práci.

Kontakt:

MUDr. Kryštof Slabý

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

UK 2. LF a FN Motol

krystof.slaby@lfmotol.cuni.cz

Ing. Jiří Pavlík

CESNET, z.s.p.o.

jpavlik@cesnet.cz

GRAFICKÝ MODEL ZMĚN PSYCHOSOMATICKÝCH VELIČIN ČLOVĚKA PŘI JEHO PSYCHICKÉM ZATĚŽOVÁNÍ

Tomáš Slaviček, Vladimír Eck, Karel Hána, Lenka Lhotská,
Pavel Stejskal

Anotace

Príspevek sa zaoberá návrhom a netradičnou grafickou interpretáciou modelu, ktorý by názornou formou zobrazil priebehy zmien psychosomatických veličín u človeka vystaveného v čase promenné psychické záťaž. Tá bola testovaná osobou programovo simulovaná postupným automatickým predkladaním rady matematicko - logických úloh s rôznou řešitelskou obtížností. Celkový počet 30 úkolů byl strukturován po 10 do 3 zátěžových úrovní. Každý z úkolů obsahoval 10 testovacích polí. Řešení každého úkolu spočívalo v uspořádání testovacích polí v požadovaném pořadí za daný časový limit. Zátěžový test byl programován v prostředí **ADOBE FLASH (ACTION SCRIPT 2)**. Na 5 testovaných osobách byly během testování snímány některé jejich psychosomatické veličiny jako signály EEG, EKG, krevní tlak v artérii prstu, kožní odpor, dechová frekvence a saturace hemoglobínu kyslíkem, a to před psychickou zátěží, při ní a následné relaxaci testované osoby. Naměřené hodnoty těchto psychosomatických veličín jsou graficky znázorněny v jedno -, dvou - a trojrozměrných tzv. **Subsystémových grafech v Podprostorech „plice“, „srdce“ a „mozek“**, které jsou integrovány do trojrozměrného **Systémového grafu v Systémovém prostoru**. V něm koncové body vektorů psychosomatických veličín vytvářejí v závislosti na čase a psychické zátěži osoby prostorové křivky a s jejich průměty vyplňují útvary aproximovatelné elipsami v rovině a rotačním elipsoidem v prostoru. Parametrizací **Systémového a subsystémových grafů** tak byly získány nové vektorové a skalární veličiny. Tato transformace umožňuje integrálně sledovat změny všech měřených psychosomatických veličín při přechodech testované osoby ze stavu klidu do psychické zátěže a zpět ve formě vázaných **Elipsogramů a StresMetru** jako indikátorů změn forem klidu a stresu u člověka. Z provedené analýzy výsledků měření je provedena klasifikace testovaných osob podle **stupně stresovatelnosti**. Simulace byly prováděny v prostředí **MATLAB - SIMULINKu**.

Klíčová slova

Grafický model, psychosomatické veličiny člověka, psychická zátěž, subsystémový graf, subsystémový podprostor, systémový graf, systémový prostor, Elipsogram, StresMetru, stupeň stresovatelnosti člověka, audiovizuální stimulace.

1. Úvod

V mnoha zaměstnáních a životních situacích je člověk vystaven různým stresovým situacím. Opětovným působením stresoru na jedince se dotyčný může na takovou zátěž výcvikem adaptovat a být schopen její vliv na své chování minimalizovat (např. výcvik operátorů pro veliny technologických

komplexů). Pro analýzu takovýchto dějů je nutné umět monitorovat subjekt s možností přehledného a jednoduchého srovnání nejen jeho výsledků samotných, ale provádět totéž i v rámci celé skupiny.

Formulované cíle, jejichž splnění chceme dosáhnout jsou:

1. Návrhnout a realizovat zátěžový test
2. Měřit a vyjádřit projevy zátěže působící na člověka prostřednictvím na něm měřených psychosomatických veličin formou **Grafického modelu**.
3. Zavést nové proměnné (**Elipsogram** a **StresMetr**) pro charakterizování stupně stresovatelnosti testovaných osob.

Za tím účelem byl pro opakovatelnou a definovatelnou psychickou zátěž naprogramován matematicko - logický test, skládající se z třiceti úkolů, uspořádaných po deseti do tří zátěžových úrovní. Každý z úkolů obsahuje deset testovacích polí. Řešení každého úkolu spočívá v uspořádání testovacích polí ve správném pořadí a je časově limitováno.

Grafické znázornění naměřených dat a jejich vyhodnocování sehrává tak v porozumění experimentu důležitou roli a má nezastupitelné místo. V tomto pojednání je navržena a realizována představa aproximovat prostor, jež je vyplněn trajektorií koncového bodu výsledného vektoru jednoduchým geometrickým útvarem a jeho průměty. Z vybraných a neinvazivně měřených psychosomatických veličin srdce, plic, a mozku je vždy v trojrozměrném **Subprostoru** sestrojen příslušný subvektor s jeho průměty. Jednotlivé **Subprostory** pospojováním vytvoří výsledný **Systémový prostor**. Koncový bod výsledného lomeného vektoru vyplní v tomto prostoru jistou jeho část, kterou můžeme aproximativně popsat jednoduchými geometrickými útvary.

2. Blokové schéma grafického modelu

2.1 Blokové schéma

obsahuje bloky:

1. Psychická stimulace subjektu - je realizována zátěžovým testem,
2. Měření a záznam psychosomatických veličin – odrážejí klidový, zátěžový a relační stav subjektu,
3. Úprava a zpracování dat – spočívá v konversi, synchronizaci a sjednocení naměřených dat,
4. Jednorozměrné grafy – průběh psychosomatických veličin v čase s výrazným jednotlivých fází testování,
5. Dvojrzměrné grafy – vztahy vždy dvou psychosomatických veličin se zvýrazněním fázi testování,
6. Trojrozměrné grafy (**Subsystémové**) – zobrazení závislosti trojice psychosomatických veličin v **subsystémovém subprostoru**,
7. Trojrozměrný graf (**Systémový**) – sjednocení všech trojrozměrných grafů (**subprostorů**) do jednoho trojdimenzionálního **systémového prostoru**.

2.2 Aproximace grafů pomocí jednoduchých geometrických útvarů

Subsystémové i Systémový graf tvoří v závislosti na čase a zátěži prostorové

a rovinné křivky, které je možné přibližně aproximovat základními geometrickými útvary, jakými jsou například úsečky nebo elipsy, kružnice, rotační elipsoidy, atd.

2.3 Popis parametrů geometrických útvarů

Aproximací křivek a ploch základními geometrickými útvary vznikají nové veličiny odvozené z parametrů těchto útvarů (polohy vůči počátku, plochy útvarů a jejich vzájemných poloh, **Elipsogram**, **StresMetr** apod.). Takovýto popis dějů je často mnohem jednodušší a názornější než popis psychosomatickými veličinami tvořícími Systémový graf v Systémovém prostoru.

2.4 Vyhodnocení zobrazení

Po vyhodnocení těchto zobrazení se ukázala možnost nahradit množství měřených psychosomatických veličin zjednodušenou a přehlednější reprezentací pomocí uceleného grafického zobrazení a určovat tak míru psychické zátěže působící na testovaný subjekt komplexně.

3. Zátěžový test (Z – test)

Pro vyvolání změn psychosomatických veličin z klidového do zátěžového stavu a zpět bylo nutné zatížit měřenou osobu definovanou **psychickou zátěží**. Pro tento účel byl vytvořen jednoduchý **zátěžový test**, který zvyšuje pozornost osoby pro svou náročnost na postřeh a logicko-matematické myšlení.

3.1 Koncepce testu

Test je členěn do tří úrovní. Každá úroveň obsahuje 10 subtestů. Každý subtest obsahuje 10 polí se symboly určující pravidla správného pořadí „kliknutí“ na pole. Měřená osoba je testem také **audiovizuálně stimulována**. Audio stimulace je způsobena zvukem bijícího srdce, jehož frekvence se skokově mění s úrovní testu. Vizuální stimulaci testu tvoří červené pozadí obrazovky, které synchronně pulsuje podle zvuku bijícího srdce. Červená barva pozadí byla zvolena úmyslně, neboť může působit na subjekt tak, že zrychlí jeho srdeční a dechovou činnost a je vnímána jako barva aktivity, soutěživosti a agresivity.

3.2 Pravidla pro úspěšné splnění testu a jeho ovládání

Test se ovládá myší a spočívá v co nejrychlejším „kliknutí“ na správné pole. Každý subtest je limitován časovým intervalem, který byl empiricky změřen. Na konec časového limitu je upozorňováno zvukový m signálem. Ten zazní tři sekundy před koncem časového limitu. V testu se objevují tři typy pokut, na které je upozorněno intenzivním zvukovým signálem. Pokuty jsou udělovány za:

- vypršení časového limitu subtestu,
- „kliknutí“ na nesprávné pole,
- „kliknutí“ mimo pole.

Každá z pokut způsobuje restartování konkrétního subtestu a zkrácení časového limitu o jednu sekundu. Zkracování probíhá jen do určité kritické hodnoty, která je zapotřebí pro úspěšné splnění subtestu, avšak se zvýšenou pozorností a snahou měřené osoby. Úkolem jednotlivých subtestů je postupné „kliknutí“ na jedno z deseti polí ve správném pořadí. Pořadí je dáno symbolem na každém poli.

Pro pole s čísly je třeba volit pořadí od nejnižší hodnoty po nejvyšší. Na pole s písmeny je nutné kliknout v pořadí v jakém jsou řazena písmena v abecedě. Jestliže symboly chybí, pořadí je dáno velikostí čtverců (polí), a to od nejmenšího po největší. Dále se na polích mohou vyskytovat jednoduché matematické výrazy, jejichž výsledky určují pořadí opět od nejmenší po největší hodnotu. U tlačítek, které se periodicky rozpínají a smršťují je pořadí dáno velikostí maximálního rozepnutí od nejmenšího po největší. Některá tlačítka mají symboly, které jsou skryté. Ty se zobrazí až po přiložení kurzoru na pole.

V první úrovni testu (prvních deset subtestů) se vyskytují pouze statická pole se symboly čísel a písmen. Čísla nabývají hodnot od 1 do 10 a písmena od A do J. Pole tvoří pravidelné obrazce. Test v této fázi vyžaduje minimální pozornost měřené osoby. Zvuk bijícího srdce a rytmus pulsujícího pozadí je 80 tepů /min.

V druhé úrovni testu (jedenáctý až dvacátý subtest) jsou opět statická pole, ale symboly mohou být zrcadlově otočené, či vodorovně převrácené. Od čtrnáctého subtestu jsou čísla až tříciferná a písmena jsou vybrána z celé abecedy. Objevují se také pole bez symbolů, které lze rozlišit pouze svou velikostí. Tato fáze testu vyžaduje u měřené osoby větší pozornost a logické myšlení. Zvuk bijícího srdce a rytmus pulsujícího pozadí je 120 tepů /min.

Ve třetí úrovni testu (dvacátý první až třicátý subtest) se objevují pole animovaná, náhodně se přeskupující a pole se skrytými symboly. Vyskytují se také pole s matematickými výrazy. V této fázi testu je po měřeném subjektu vyžadována nejvyšší pozornost, logické myšlení a také zapojení paměti. Zvuk bijícího srdce a rytmus pulsujícího pozadí je 160 tepů /min. Bylo by vhodné dále pro navození osobitějšího akustického stresu zvuk pulsujícího pozadí řídit zpětnovazebně přímo tepovou frekvencí testované osoby.

3.3 Zobrazení a vyhodnocení průběhu testu.

Průběh testu je nejzřetelnější v grafické podobě. Je vynesena odpovídající schodovitá funkce vyjadřující závislost doby trvání řešení jednotlivých subtestů na čase. Jsou vynášeny takové časové úseky, které testovaná osoba potřebovala na splnění každého úkolu, tedy i s chybami. Protože časy jednotlivých subtestů jsou závislé na schopnostech měřené osoby, můžeme tyto hodnoty považovat za ukazatel míry **psychické zátěže** jednotlivých subtestů. Na testované osoby byl použit vždy stejný test a to za stejných podmínek. Výstup testu je tedy možno považovat za úspěšnost jedince v řešení daného testu vyvolanou definovatelnou **psychickou zátěží**.

4. Psychosomatické veličiny

4.1 Výběr psychosomatických veličin

Pro zobrazení klidového a zátěžového stavu člověka pomocí psychosomatických veličin byly vybrány signály, jejichž hodnoty se s psychickou zátěží nějakým způsobem mění. Vybrané veličiny byly přímo neinvazivně měřeny, nebo získány zpracováním zaznamenaných signálů. Za signály nesoucí informaci o psychickém stavu testované osoby byly vybrány:

- Výkon EEG v oblasti levé hemisféry v pásmu α
- výkon EEG v oblasti pravé hemisféry v pásmu α
- výkon EEG v oblasti mezi hemisférami v pásmu α
- výkon EEG v oblasti levé hemisféry v pásmu β
- výkon EEG v oblasti pravé hemisféry v pásmu β
- výkon EEG v oblasti mezi hemisférami v pásmu β
- výkon EEG v oblasti levé hemisféry v pásmu μ
- výkon EEG v oblasti pravé hemisféry v pásmu μ
- výkon EEG v oblasti mezi hemisférami v pásmu μ
- tepová frekvence
- dechová frekvence
- doba nádechu
- doba výdechu
- dechová hloubka
- zvednutí hrudníku při nádechu
- pokles hrudníku při výdechu
- hodnota systolického tlaku
- hodnota diastolického tlaku
- okysličení krve

4.2 Měřicí pracoviště a použité přístroje

Experiment probíhal na Společném pracovišti biomedicínského inženýrství FBMI a 1.LF, FBMI – ČVUT v Praze. Testování se odehrávalo v uzavřené místnosti, relativně dobře izolované od vnějšího městského ruchu.

Polygraf BrainScope

Zařízení obsahuje vícekanálový EEG zesilovač EADS220 s digitálním výstupem dat, dále analogové předzesilovače, zesilovače a filtry ve spojení s analogově–digitálním převodníkem. Součástí přístroje je programové vybavení EASYS2. Software je nainstalován v PC1 a slouží pro záznam a vyhodnocení EEG. Přes polygraf jsou zaznamenávány tyto psychosomatické veličiny:

Elektroencefalogram (EEG)

K snímání signálů elektroencefalogramu je použita EEG čepice s 19 elektrodami.

Elektrokardiogram (EKG)

Signály srdce jsou snímány dvěma nalepenými elektrodami na hrudníku.

Obvod hrudníku

Dechová křivka je snímána pomocí gumového pásu, jehož objem se měnil s pohybem hrudníku. Tlak z pásu je převáděn pomocí mechanicko-elektrického převodníku.

Ohmeda Finapress 2300 Zařízení poskytuje spojité měření arteriálního tlaku v prstu. Měření je prováděno pomocí tlakové manžety nasazené na střední článek prostředníku na pravé ruce. Analogový výstup z Finapressu je digitalizován A/D převodníkem AD7716.

4.3 Průběh měření

Testování se zúčastnilo celkem 5 osob. Jedná se o muže ve věku 22-26 let. Měření probíhalo v 5 fázích

Příprava na měření. Testovaná osoba byla ústně seznámena s testem. Byly jí přiblíženy všechny varianty úloh v testu a vysvětlena pravidla pro jeho úspěšné řešení. Na testovaného byly připojeny veškeré měřicí přístroje a byl umístěn na lehátko do polohy v polosedě. Dále mu na kolena byl položen notebook s připraveným zátěžovým testem. Zároveň byl zaznamenán čas počátku měření a tím spuštěny i záznamy z přístrojů.

Relaxace před testem. Měřený měl za úkol co nejvíce se uvolnit a snažit se relaxovat. Osoba měla otevřené oči a nebyla rušena okolím.

Test. Subjekt měl co nejrychleji splnit všechny úlohy v testu. Přitom se snažit o co největší soustředění, maximální výkonnost a o co nejmenší chybovost při plnění testu.

Relaxace po testu. Měřená osoba měla opět co nejvíce relaxovat při otevřených očích a nebýt při tom rušena.

Konec měření. Zastavení záznamů z přístrojů a uložení dat v počítači.

4.4 Zpracování naměřených dat

Vzhledem k tomu, že pro každou testovanou osobu byla data snímána do tří souborů, vznikla mezi záznamy desynchronizace. Každý soubor byl jiného typu a navíc data uložená v pocket PC byla vzorkována frekvencí 27.5 Hz, oproti 250 Hz vzorkovací frekvence záznamu v PC. Jako první byly všechny soubory převedeny na datový soubor MATLABU za pomoci získaných, upravených i naprogramovaných kódů. Soubor se záznamem zátěžového testu má formát čitelný pro MATLAB, stačilo ho tedy jen načíst. Cílem těchto úprav je získání jednoho souboru s relevantními synchronizovanými daty, které byly změřeny na subjektu. Proces úprav ukazuje popis jednotlivých bloků.

Vstupní data (blok 1 – 4)

Tvoří 4 soubory naměřených signálů uložených ve formátu, který je čitelný pro MATLAB.

Zpracování EEG (blok 5)

Cílem zpracování EEG bylo získat výkon ve frekvenčních pásmech α , β a θ . Tyto rytmy jsou vybrány záměrně, protože jejich aktivita souvisí s psychickým stavem.

α rytmus (8-13 Hz) - v bdělém stavu je maximum tohoto rytmu nad zadními oblastmi mozkových hemisfér a to v klidu (bez duševní činnosti) a při fyzické relaxaci. Nejvíce se alfa aktivita vyskytuje při zavřených očích a tlumí se otevřením očí s duševní činností. Dále je alfa aktivita charakteristická těsně před usnutím.

β rytmus (13-30 Hz) - maximum tohoto rytmu se nejčastěji vyskytuje nad předními oddíly lebky, hlavně ve frontální oblasti. Beta vlny jsou typické pro soustředění na vnější podněty, pro logicko-analytické myšlení, ale i pro pocity neklidu, hněvu a strachu. Vysoký podíl beta vln v celkovém EEG signálu je doprovázen zvýšeným vylučováním stresových hormonů u testované osoby.

θ rytmus (4-8 Hz) - nejčastěji se objevuje v centrální, temporální (spánkové) a parietální (temenní) oblastí. Theta aktivita stoupá během psychotestů při otevřených očích.

δ rytmus (0-4 Hz) - vlny delta se vyskytují hlavně v hlubokém spánku, ale i v transu a hypnóze.

Na základě předchozích znalostí bylo zpracováno všech devatenáct kanálů EEG. Pro každou sekundu záznamu se vypočítala rychlá Fourierova transformace (FFT). Tím se získal časový vývoj amplitudového spektra každého kanálu. Každé amplitudové spektrum se umocnilo na druhou, aby byl získán průběh spektrální výkonové hustoty. Dále se vypočítaly průměrné hodnoty spektrální výkonové hustoty z kanálů značených stejnou barvou a zároveň ležících ve stejné frekvenční oblasti podle α , β , respektive θ rytmu. Rytmus δ se nezpracovával, protože díky jeho výskytu při hlubokém spánku je pro tuto práci irelevantní. V dalších krocích zpracování jsou sečteny výkony spektrálních čar v každém frekvenčním pásmu odpovídající jednotlivým rytům.

Zpracování DECHU (blok 6)

Od pomalé dechové křivky byla odečtena její střední hodnota. Dále byl signál filtrován dolní propustí typu Butterworth s mezní frekvencí 0.5 Hz, dále aplikován klouzavý průměr, a tím dosaženo uspokojivého vyhlazení této pomalé křivky. Upravený signál byl derivován a tak získána křivka, která prochází nulou právě tehdy, když amplituda dechu dosáhla maxima, respektive minima. Na derivaci byla aplikována funkce signum, ze které už bylo možné určit délky nádechu a výdechu, periodu dechu i maxim a minim dechové křivky. Nalezené hodnoty byly spojeny skokovou funkcí a následně tak perioda dechu přepočítána na dechovou frekvenci. Hloubku dechu je vyjádřena jako rozdíl maxim a minim dechové křivky.

Zpracování EKG (blok 7)

Signál EKG je zašuměn síťovou frekvencí 50 Hz a pomalými frekvencemi v důsledku dýchání. Signál je tedy filtrován horní propustí typu Chebyshev

s mezní frekvencí 0.6 Hz a dolní propustí typu Butterworth s mezním kmitočtem 30 Hz. Na filtrovaném signálu byla provedena první derivace, která v oblasti QRS komplexu, díky velkým a rychlým změnám amplitudy, vytvořila špičky. Tyto špičky jsou detekovány hranicí, kterou může amplituda derivace přesáhnout. Programově je procházena každá nalezená špička a je hledáno v jejím okolí maximum signálu, a tím i maximum vlny R u EKG. Zjištěné body určují periodu opakování tepu, respektive tepovou frekvenci.

Zpracování krevního TLAKU (blok 8)

Z tlakové křivky je třeba získat dva signály. Průběh systolického a diastolického tlaku v čase. Jelikož křivka je poměrně čistá a není ničím rušená, stačí odfiltrovat pouze spodní pásmo spektra z důvodu odstranění stejnosměrné složky signálu a potlačení velkých změn v amplitudě signálu (kvůli detekci maxim a minim v signálu). Filtrace je realizována filtrem horní propust typu Chebyshev. Odstraněné frekvenční pásmo je 0-4.5 Hz. Nadefinováním hranice, kterou amplituda může překročit je provedena detekce maxim. Protože maxima nejsou jednoznačná (z důvodu měnící se šířky špiček signálu), je programově procházeno okolí každé detekované špičky a hledáno skutečné jednoznačné maximum a zároveň minimum amplitudy signálu. Detekce minima a maxima je prováděna současně, protože jejich vzdálenost vůči sobě v čase byla v toleranci prohledávaného okolí. Na konec jsou nalezené body maxim a minim spojeny skokovou funkcí.

Úprava signálů z pocket PC (blok 9)

Ta byla nutná z důvodu, že data uložená v pocket PC byla vzorkována menší vzorkovací frekvencí, než data uložená v PC. Aby signály mohly být synchronizovány, bylo zapotřebí data převzorkovat na vyšší vzorkovací frekvenci (250 Hz).

Zpracování Z-TESTu (blok 10)

Úprava záznamu zátěžového testu spočívala ve výpočtu časových délek jednotlivých substetů a zjištění procentuální chybovosti testované osoby. Procentuální chyba je počítána jako počet pokut při testu z celkového počtu nutných kliknutí pro úspěšné řešení testu.

Synchronizace signálů podle srdečních frekvencí 1,2 a 3 (blok 11)

Každý zaznamenaný soubor obsahuje signál nesoucí informaci o srdeční frekvenci testované osoby. Tyto signály byly proto zvoleny jako synchronizační pro sjednocení všech dat. Data se synchronizují manuálně pomocí utility naprogramované v MATLABU. Jako referenční signál je považován signál z PC1, protože pomocí tohoto počítače jsou sledovány doby relaxace a spuštěn zátěžový test.

Soubor relevantních synchronizovaných signálů (blok 12)

Z řetězce všech úprav nakonec vystupuje jediný soubor ve formátu, který je čitelný pro MATLAB. Soubor obsahuje podstatná, synchronizovaná data sloužící pro další zpracování. Signály uložené v tomto souboru jsou všechny

ty, které vstupují do bloku 11. Délka všech záznamů je však zkrácena o minutu od počátku i od konce. Zkrácení je kvůli odstranění artefaktů na signálech, které vznikly díky zpracování dat (filtrace) a synchronizaci dat z různých zdrojů, protože délky záznamů se mírně lišily. Záznam o relaxaci (klidu) před testem je tedy dlouhý 4 minuty a o relaxaci po testu 14 minut.

5. Zobrazení dat

Cílem je zobrazit zpracovaná data způsobem, který umožní přehledně studovat změny v signálech při **psychické zátěži** a **relaxaci** měřeného. Úkolem je navrhnout zjednodušenou grafickou interpretaci množství měřených signálů a pomocí tohoto způsobu pohlížet na subjekt jako na komplex plný psychosomatických změn. Změny psychické zátěže tedy způsobují charakteristické chování měřených veličin testované osoby. Toto chování je využito pro konstrukci netradičního 3-D zobrazení **Systémovým grafem v Systémovém prostoru**.

Zobrazení psychosomatických veličin v klidovém a zátěžovém stavu testované osoby

Nejprve se zabýváme skutečností, jak reagují jednotlivé měřené veličiny na změnu **psychického stavu** člověka, vyvolanou **zátěžovým testem**. Rozlišení tří fází testování je provedeno barevností naměřených křivek. Zelená část křivky označuje fázi relaxace před zátěžovým testem, červená barva fázi, kdy subjekt řeší zátěžový test a modrá barva relaxační dobu po testu.

5.1 Jednorozměrné grafy

Za jednorozměrné grafy (dále 1-D grafy) je považováno zobrazení jednotlivých změřených psychosomatických veličin v závislosti na čase.

Tepová frekvence u testované osoby se zvyšuje během řešení zátěžového testu. Maxima dosahuje v čase těsně po skončení subtestu, který byl pro danou osobu nejtěžší a řešil ho nejdelší dobu Graf průběhu systolického tlaku dosahuje maxima téměř ve stejném období jako tepová frekvence.

Dochází i k podstatnému zrychlení dechové frekvence při řešení **zátěžového testu**. Oblast maxima dechové frekvence je zde spíše v době první poloviny zátěžového testu.

Dochází také ke zmenšení hloubky dechu při zátěžovém testu. Hloubka dechu je nejmenší ke konci **zátěžového testu**, kdy subjekt řeší nejnáročnější sadu subtestů. Křivky poklesu a zvednutí hrudníku jsou pouze informativní a slouží k výpočtu hloubky dechu .

Doby nádechu a výdechu podstatně klesly v průběhu **zátěžového testu**. Obě křivky nádechu a výdechu jsou téměř totožné. Převrácená hodnota součtu hodnot obou křivek je průběh dechové frekvence. Doby nádechu a výdechu jsou tedy jen doplňující informace k průběhu dechové frekvence.

Tvar křivky zobrazující okysličení krve koresponduje s průběhem dechové frekvence. Zpočátku testu nastává prudký náběh křivky, která v polovině zátěžového testu mírně klesá. Po testu subjekt relaxuje více než před testem a jeho spotřeba kyslíku klesá.

Při řešení **zátěžového testu** dochází k poklesu mozkového výkonu v pásmu α . Nízký mozkový výkon před testem je pravděpodobně způsoben nedostatečnou relaxací měřeného. Po testu subjekt značně relaxuje, jak signalizuje velká amplituda modré části křivky (pravděpodobně subjekt byl i těsně před usnutím).

Spektrální výkony mozku v pásmu β a u se vlivem zátěžového testu zvyšují, protože subjekt řeší stresující úlohu, která ho nutí přemýšlet. Větších výkonu je spíše dosaženo v oblasti levé hemisféry, pravděpodobně je to dominantní hemisféra testované osoby.

5.2 Dvojměrné grafy

Dvojměrné grafy (dále 2-D grafy) jsou grafy závislostí dvou psychosomatických veličin. Do 2-D grafů jsou umístěny závislosti dvou veličin, které spolu fyziologicky a anatomicky souvisejí, např. závislost systolického nebo diastolického tlaku na srdeční frekvenci a další možné dvojkombinace. Vztahem těchto změn ke standardním fyziologickým hodnotám je možné tyto výkyvy procentuálně zhodnotit a určit relativní vyčíženost patřičného orgánu.

Kombinací signálů na osách 2-D grafů bylo cílem dosáhnout situace, aby se v klidovém stavu křivka pohybovala blíže počátku souřadnic a při zátěži se od něj vzdalovala. Hodnoty některých signálů s psychickou zátěží klesají, jako například průběh hloubky dechu. Takový průběh je z grafické interpretace nežádoucí, protože by nebylo dosaženo oddálení křivky s psychickou zátěží od počátku souřadnicového systému. Tyto signály proto vynášíme do grafu v upravených hodnotách definovaných vhodnou substitucí.

5.2.1 Normování psychosomatických signálů

Do 2-D grafů jsou vynášeny závislosti vždy dvou psychosomatických veličin, které jsou uváděny v různých jednotkách. Pro možné srovnání reakcí těchto psychosomatických veličin jednotlivých subjektů je nutné veškeré signály znormovat. Signály jsou tedy relativně vztaženy k jejich jistým limitním hodnotám. Do grafů jsou vynášeny závislosti procentuální změny signálů vztažené k těmto limitním hodnotám. Za limitní hodnoty byly použity maximální respektive minimální hodnoty signálu konkrétní psychosomatické veličiny z množiny hodnot všech měřených subjektů.

5.3 Trojměrné grafy (Subsystémové)

Podobně jako v 2-D grafech jsou i ve 3-D grafech vyneseny závislosti tří normovaných veličin do kartézského souřadného systému tak, aby se s psychickou zátěží vzniklá prostorová křivka vzdalovala od počátku souřadnic. Tyto grafy jsou nazvány **Subsystémové**, protože tvoří základy pro **graf Systémový**. Vždy tři signály vnesené do jednoho **Subsystémového grafu** jsou zvoleny tak, aby charakterizovaly konkrétní orgán. Z dostupných naměřených veličin je tedy sestaveno 5 Subsystémů, které charakterizují srdce, plíce a mozek ve třech frekvenčních pásmech (alfa, beta, theta).

5.3.1 Subsystem SRDCE

Subsystem zachycuje dynamiku srdce v klidu a psychické zátěži testované osoby. Změna dynamiky srdce je charakterizována normovanými údaji o tepové frekvenci, systolickém a diastolickém tlaku prostorovou křivkou **Subsystemu SRDCE**. V grafu jsou také znázorněny projekce 3-D křivky do jednotlivých souřadnicových rovin. Prostorová křivka se vzdaluje od počátku souřadnicového systému s rostoucí zátěží, což splňuje náš požadavek na Subsystemy tvořící **Grafický model**.

5.3.2 Subsystem PLÍCE

Původně byly plíce charakterizovány dvěma Subsystemy:

1. Subsystem o souřadnicích doba výdechu, doba nádechu a okysličení krve;
2. Subsystem měl na osách vynášeny hodnoty zvednutí hrudníku při nádechu, pokles hrudníku při výdechu a dechovou frekvenci. Bylo však zjištěno, že hodnoty zvednutí a poklesu hrudníku nejsou srovnatelné mezi všemi subjekty, protože výsledek z měření pomocí gumového pásu byl závislý na tom, jak hodně byl pás utažen na hrudníku měřeného. Rozdíl zvednutí a poklesu hrudníku však poskytl informaci o hloubce dechu, což už mezi jedinci srovnatelné je. Dále bylo zjištěno, že doba nádechu a výdechu se v průběhu měření výrazně neliší, čímž je tato informace jistým způsobem obsažena v hodnotě dechové frekvence a je tedy nadbytečná.

Tato zjištění vedla k redukci dvou Subsystemů v jediný. Plíce jsou tedy charakterizovány signálem dechové frekvence, okysličením krve a inverzně vzatou hloubkou dechu. Hloubka dechu je vynesena inverzně, protože se s psychickou zátěží zmenšuje, což je pro správnou funkci ve smyslu našeho požadovaného zobrazení nežádoucí.

5.3.3 Subsystem MOZEK

Mozek je popsán třemi Subsystemy. Každý Subsystem nese informaci o spektrálním výkonu v jednom ze tří frekvenčních pásem α , β a u . Každý mozkový Subsystem je pak popsán signálem spektrálního výkonu v oblasti nad levou, pravou hemisférou a mezi hemisférami. Vzhledem k tomu, že α aktivita se objevuje při relaxaci, jsou její hodnoty vynášeny inverzně z důvodů požadovaného zobrazení v **Grafickém modelu**.

Grafy zachycují dynamiku změn výkonu mozku v jednotlivých frekvenčních pásmech v závislosti na psychické zátěži. Je vidět, že pohyb křivky v prostoru je u **Subsystemů MOZEK β a MOZEK u** mnohem menší než u MOZEK α , což je dáno mnohem menšími výkony mozku v pásmech α a β a také nízkým výkonem konkrétně u subjektu 3.

Všechny **Subsystemové grafy** splňují podmínku, že se křivka v době psychické zátěže vyskytuje v co největší vzdálenosti od počátku souřadnicového systému.

Všechny tři **Subsystemy MOZEK** spolu se **Subsystemem PLÍCE a SRDCE** jsou tedy použity při konstrukci Systemového zobrazení **Grafického modelu**.

5.4 Systémový graf

Systémový graf je 3-D graf, který je sestaven z jednotlivých **Subsystémových grafů (Subsystémy SRDCE, PLÍCE a MOZEK)**. Struktura Systému je tedy tvořena pěti Subsystémy. Subsystémy jsou mezi sebou hierarchicky svázány takovým způsobem, že Subsystémová křivka na nižší úrovni tvoří časově proměnný souřadnicový počátek pro Subsystém na úrovni vyšší. Pořadí uspořádání Subsystémů je voleno subjektivním úsudkem takto:

Subsystém 1 (PLÍCE), Subsystém 2 (SRDCE), Subsystém 3 (MOZEK α), Subsystém 4 (MOZEK α) a Subsystém 5 (MOZEK β).

Subsystém 1 je řazen do počátku **Systémového prostoru**. V **Systémovém grafu** je v každém časovém okamžiku vykreslováno pouze pět bodů v prostoru, jejichž pozice je dána hodnotami veličin v jednotlivých Subsystémech. Tyto body jsou spojeny úsečkami, jejichž délky interpretují relativní vytíženost orgánů během měření jako odezva orgánů na psychickou zátěž. Za klíčovou hodnotu celého **Systému** jsou považovány souřadnice pohybu koncového bodu lomené křivky, která je tvořena zmíněnými úsečkami. Díky hierarchickému propojení jednotlivých **Subsystémů** v sobě tento koncový bod odráží chování všech nižších elementů celého Systému. Vzdálenost tohoto bodu od počátku souřadnicového systému je považována za ukazatel míry vytížení všech orgánů jako celku (v sekvenci klid – zátěž - relaxace), tedy za zjednodušený komplexní pohled na změny psychosomatických veličin popisující chování jednotlivých orgánů. Trajektorie v prostoru, kterou tvoří tento koncový bod v čase, bude dále nazývána **Systémová trajektorie** nebo také **Systémová křivka**.

Na osách **Systémového grafu** jsou procentuální změny všech veličin, které tvoří **Subsystémy**.

Na **ose X** jsou změny těchto psychosomatických veličin: dechová frekvence, tepová frekvence, výkon mozku v pásmu α mezi hemisférami, invertovaný výkon mozku v pásmu α mezi hemisférami a výkon mozku v pásmu β mezi hemisférami.

Na **ose Y** jsou veličiny: oksylčení krve, diastolický tlak, výkon mozku v pásmu α nad pravou hemisférou, invertovaný výkon mozku v pásmu α nad pravou hemisférou a výkon mozku v pásmu β nad pravou hemisférou.

Osa Z obsahuje: invertovanou hloubku dechu, systolický tlak, výkon mozku v pásmu α nad levou hemisférou, invertovaný výkon mozku v pásmu α nad levou hemisférou a výkon mozku v pásmu β nad levou hemisférou.

Z animace Systémového grafu v grafickém uživatelském prostředí je možné vypořadovat nejen chování jednotlivých Subsystémů v čase, ale i změny psychosomatických veličin, tvořících Subsystémy.

5.5 Aproximace grafických struktur vhodnými geometrickými útvary

Systémový graf ukazuje vytíženost všech orgánů při **psychické zátěži i relaxaci** jako celku. Důležitým ukazatelem reakce orgánů na zátěž je rychlost změny polohy koncového bodu lomené křivky. Dynamika změny polohy tohoto bodu je graficky zachycujeme pomocí **elips** promítnutých do jednotlivých rovin **Systémového prostoru**. Parametry elips (velikost poloos a úhel natočení v rovině) jsou dány zpracováním části křivky, která vznikla v prostoru pohybem

koncového bodu **Systémového grafu**. Těžištěm bodů, které tvoří danou část křivky, je proložena přímkou s nejmenší kvadratickou chybou. Dále je zjištěna maximální vzdálenost těchto bodů od proložené přímky a také od její normály. Tyto dvě vzdálenosti jsou považovány za velikost hlavní a vedlejší poloosy elipsy. Natočení hlavní poloosy elipsy je dáno orientací přímky prokládající body (v rovině XY a XZ vůči ose X a v rovině YZ vůči ose Y). **Elipsa** tedy graficky ohraničuje maximální vzdálenost bodů, které tvoří část křivky v určitém časovém období, od proložené přímky a její normály. Toto časové období bude dále nazýváno **aproximačním oknem**. Velikost **aproximačního okna** je možné měnit, a tím i počet bodů, kterými je přímka prokládána.

Nastavením okna na hodnotu délky relaxace před testem, zátěže při testu nebo relaxace po testu, získáme tři trojice elips, které graficky zachycují velikost změn během jednotlivých testovacích období.

Zvláště zajímavé jsou parametry elipsy při řešení testu subjektem. Srovnání těchto parametrů mezi jednotlivými osobami vypovídá o míře přizpůsobivosti (**stupeň stresovatelnosti**) subjektu na **psychickou zátěž**. Čím méně bude **zátěžový test** osobu psychicky stimulovat, tím se bude trajektorie při zátěži méně odlišovat od částí trajektorií při relaxaci. V rámci zátěžové části křivky budou také probíhat její menší změny tzn. vzdálenost bodů trajektorie od prokládané přímky a normály bude menší, tím se zmenší i elipsa a bude se více překrývat s elipsami, které vznikly aproximací části křivek při relaxaci.

6. Zavedení nových veličin

Novými parametry popisujícími dynamiku jednotlivých Subsystémů jsou délky úsečkových elementů $d_{sub_1}(t)...d_{sub_n}(t)$ lomené prostorové křivky **Systémového grafu**, charakterizující vytiženost jednotlivých orgánů. $x(t)$, $y(t)$ a $z(t)$ jsou hodnoty v čase t jednotlivých **normovaných psychosomatických signálů** v Subsystému. Velikosti $x(t)$, $y(t)$ a $z(t)$ mohou nabývat maximálně 100% těchto **normovaných signálů**. Další významnou novou veličinou je vzdálenost $d_{sys}(t)$ koncového bodu lomené křivky od počátku souřadnicového systému. Tato vzdálenost charakterizuje **vytiženost organismu** při testování, jež je dána Subsystémy, respektive orgány popsanými vždy třemi psychosomatickými veličinami. Spojnice prostorového bodu konce lomené křivky s počátkem souřadnicového systému tvoří **úhlopříčku Systémového grafu**. Tato úhlopříčka odpovídá maximálnímu vybuzení všech orgánů tak, že všechny signály definující jednotlivé Subsystémy dosahují relativní vytiženosti 100%. Poloha prostorového bodu konce lomené křivky se v čase mění a s ním i poloha a délka spojnice s počátkem souřadnic. Tuto spojnici popíšeme dvěma úhly α a β , a parametrem d_{sys} .

Elipsy vyjadřující dynamiku změny trajektorie konce lomené křivky jsou vždy tři (tři projekce do rovin) pro jedno **aproximační okno**. Pro každou elipsu je možné počítat její plochu $eS(t, d_{ao})$ v závislosti na čase t a délce aproximačního okna d_{ao} .

Za novou veličinu je nyní považována suma obsahu projekcí všech tří elips jako funkce času t a délky aproximačního okna d_{ao} .

6.1 Grafické zobrazení nových veličin

Popis Systému novými veličinami umožňuje studovat pohyb a změny parametrů lomené křivky, která udává působení **psychické zátěže** na subjekt. **Elipsogram** je zobrazení využívající **aproximaci Systémové trajektorie elipsami**. Byly porovnávány výsledky obsahu elips pro aproximované celky trajektorie Systémového grafu při psychické zátěži a při plnění jednotlivých subtestů měřenou osobou. Potvrdila se také jejich vypovídací hodnota o vlivu stresu na chování subjektů.

Zobrazení, které informuje o procentuálních změnách Subsystemů i Systému v čase je nazváno **StresMetr**. **StresMetr** poskytuje informaci o procentuálním zatížení všech orgánů ($d_{sub1}(t) \dots d_{subn}(t)$) a o celkovém zatížení testovaného subjektu ($d_{sys}(t)$) v čase. Součástí tohoto znázornění je sloupcový graf ukazující okamžité hodnoty veličin v tomto zobrazení v rámci animace v **grafickém uživatelském rozhraní** popsaném.

6.2 Vyhodnocení zobrazení nových veličin

Systémový graf spolu se zobrazením pomocí **Elipsogramu** a **StresMetru** poskytují dostatečné informace o komplexních dějích v jednotlivých orgánech měřených subjektů a i osobě jako celku. V rámci těchto zobrazení je možné mezi sebou názorně srovnávat reakce - chování jednotlivých subjektů.

6.2.1 Vyhodnocení vlivu psychické zátěže subjektů Elipsogramem

Pomocí **Elipsogramu** je hodnocena dynamika části trajektorie **Systémového grafu** (pohyb koncového bodu lomené čáry) polohou a **obsahy elips**. Vzájemně jsou porovnatelné hodnoty obsahů elips pro jednotlivé subjekty. **Aproximační okno** je vždy nastaveno na délku doby relaxace před i po testu na dobu, kdy subjekt plnil požadavky testu. Hodnoty obsahu elips pro jednotlivé fáze měření jsou použitelné pro **odhady stresovatelnosti** osob.

Nejzajímavější jsou hodnoty **obsahů elips** při fázi řešení Z-testu. Ty charakterizují, jak moc velké změny při testování organismus prodělává.

Dynamika Systémové trajektorie zobrazená pomocí **obsahů elips** v jednotlivých fázích testování promítnutých do jednotlivých rovin prostoru umožňuje podle jejich velikosti a vzájemné polohy usuzovat na míru reakcí subjektu během testu a na jeho schopnost relaxace před a po testu.

6.2.2 Vyhodnocení vlivu psychické zátěže subjektů StresMetrem

StresMetr procentuálně hodnotí komplexně změny parametrů popisující chování **Systémového grafu**, který byl zkonstruován z psychosomatických veličin měřených na osobách při testování (fázích klid, psychická zátěž, relaxace).

V grafech, které budou presentovány na semináři, jsou vyneseny průměrné hodnoty psychického zatížení po dobu jednotlivých subtestů a dále pro srovnání je uveden i graf časů řešení jednotlivých subtestů testovanými osobami. Grafy názorně ukazují, jaké bylo chování organismu jednotlivých subjektů při přechodu z klidu do zatížení a zpět relaxací do klidu. Průběhy

psychického zatížení jednotlivých orgánů v čase jsou **StresMetrem** dobře znázorněny.

Graf časů řešení subtestů testovanými osobami ukazuje časovou náročnost řešení, která je úměrná složitosti subtestu. Dále je vidět trend stoupajících obtížností (podle doby řešení) subtestů zvyšující se hlavně v třetí úrovni testu. Při srovnání s grafem procentuálního psychického zatížení je znát zvýšená zátěž osob přibližně v okolí nejnáročnějších subtestů. Je patrné i mírné zpoždění reakce těla na zvýšenou psychickou zátěž.

Tabulkově byly zpracovány délky trvání celého zátěžového testu (**Z-testu**) u jednotlivých subjektů a také procentuální chybovost v testu, kterou osoby udělaly. Dále bylo vyjádřeno průměrné procentuální zatížení osob při jednotlivých fázích měření a přírůstky psychického zatížení při testu, vztažené k hodnotě při relaxaci před i po testu. K posouzení účinků testu na subjekty jsou důležitější přírůstky hodnot, protože každý jedinec, díky své psychosomatice organismu, začíná test s jinou klidovou hodnotou psychického zatížení.

5.3 Integrace zobrazení do uživatelského grafického rozhraní

Všechna zobrazení 1-D, 2-D, 3-D Subsystémových i Systémového grafu, včetně **StresMetru** a **Elipsogramu** jsou integrovány do **uživatelského grafického rozhraní** naprogramovaného v **MATLABU**.

Program umožňuje načítat soubory **Matlabu** s upravenými hodnotami naměřených psychosomatických veličin vybraným způsobem. Veličiny každého subjektu jsou zaznamenány zvláště v souboru **subjekt.mat**.

Veškeré grafy a zobrazení zde popisovaná jsou přístupná z přehledného menu programu. Rozhraní umožňuje načíst více subjektů najednou a generovat tak grafy, které je možné vzájemně mezi sebou srovnávat.

Rovněž tak všechna vygenerovaná zobrazení je možno synchronně animovat po jedné sekundě záznamu psychosomatických veličin a porovnávat tak jejich numerické hodnoty mezi sebou. Při stisku jakékoliv klávesy u vybraného grafu se v místě animačního kurzoru vytvoří časová značka.

7. Shrnutí dosažených výsledků, diskuse a výhled do budoucna

Pro zhodnocení působení zátěžového testu na psychický stav jedince je vhodné brát v úvahu výsledky z obou typů zobrazení grafického modelu pomocí nových veličin (**StresMetru** a **Elipsogramu**).

Dosažené výsledky potvrdily možnost ve smyslu grafického modelu testovat vliv psychické zátěže na **stupeň stresovatelnosti** testovaných osob. Zajímavými parametry testu je chybovost subjektu a doba řešení testu. Dynamika v měřených datech a zlomy z klidu do zátěže a zpět.

Pro snadnější porovnání účinků testu na 5-ti měřených subjektech byla sestrojena tabulka s ohodnocením pořadí hodnot jednotlivých ukazatelů, které charakterizují **psychické zatížení** (délka testu, chybovost v testu, přírůstky psychického zatížení při přechodu relaxace-zátěž-relaxace a dynamika psychického zatížení během testu v pořadí největší - nejmenší). Jedničkou je

ohodnocena nejvyšší výsledná hodnota ze všech subjektů a pětkou nejnižší pro každý ukazatel. Součtem všech ohodnocení pro subjekt je získáno pořadí, které určuje nejvyšší psychické zatížení subjektu testem (nejnižší hodnota součtu) a nejnižší zatížení (nejvyšší hodnota).

Vyvozené závěry o psychickém zatížení subjektů pomocí **StresMetru** a **Elipsogramu** se shodují s tím, jak na experimentátora působily emoční projevy měřených osob. Taktéž všechny osoby shledaly těžší druhou část testu, obzvláště pak animované subtesty, což se projevilo ve výsledcích měření zvýšením hodnot psychické zátěže. Z výsledků experimentů lze usoudit, že netradiční pojetí grafického modelu (zobrazení psychosomatických veličin v systémovém prostoru) je funkční.

Jsme si vědomi toho, že pro vyvození obecnějších závěrů je nutné statisticky vyhodnotit větší množinu osob a použít ostré testování v případech operátorů přímo na cvičných trenežerech..

V zaměstnáních, která vyžadují zodpovědná jednání ve stresových situacích, by se již vyhovujícím zaměstnancům mohly změřit jejich reakce na stresové situace (**Elipsogram, StresMetr**). Pro nově přijímané osoby by tak byla stanovena pomocná kritéria, na základě kterých by se vybíraly vhodné osoby pro tato zaměstnání (například operátor ve velinu technologického komplexu).

Zajímavá by byla studie o chování subjektů při opakovaném působení stejné **psychické zátěže**. Sledováním změn **StresMetru** a **Elipsogramu** by bylo možné obdržet závěry po kolikátém opakování tohoto testu se psychická zátěž jím vyvolaná na subjekt zmenší či zvětší. Další variantou experimentu by bylo opakováním testu několikrát po sobě, čímž by se projevily procesy adaptace a únavy na testovaný subjekt. Seřazením subtestů na základě úspěšnosti subjektu může toto přeskupení charakterizovat individuální stupně zátěže od nejmenší po největší simulované testem.

Zátěžový test by mohl být kombinován se zjištěním IQ u jednotlivých osob. Skupině osob by byl změněn inteligenční kvocient a posléze by se tyto měřené subjekty podrobily zátěžovému testu, který by nám mohl podat informace o tom, jak moc působí stres na osoby s vyšším IQ oproti osobám s IQ nižším.

Měřením a zpracováním psychosomatických veličin v reálném čase by se **Elipsogram** a **StresMetr** mohl využít jako grafický biofeedback v **monitoru operátora**.

Další využití **Systémového zobrazení, StresMetru** a **Elipsogramu** by mohlo při modifikaci programu na **on-line měření a zobrazení** sloužit jako **diagnostický monitoring psychické zátěže** osoby při lékařských vyšetřeních zvláště pak při rehabilitaci.

8. Závěr

Všechna nově navržená zobrazení byla integrována do **grafického uživatelského rozhraní MATLABU**, kde je možné grafy animovat a sledovat jejich průběhy v čase.

Výzkum byl prováděn ve spolupráci naší katedry s Výcvikovým střediskem energetiky (VSE a.s. Chomutov), jejímž cílem je **návrh a realizace monitoru**

operátora, kde by bylo možné průběžně sledovat psychické zatížení operátorů jak při výcviku, tak opakovaných atestacích a lékařských vyšetření.

Potřebná data byla získána experimentálním měřením v prostorách Společného pracoviště biomedicínského inženýrství FBMI a 1.LF, FBMI ČVUT v Praze. Cílem výzkumu je objektivizovat závěry psychologických dotazníků a praktického výcviku operátorů jak při výběru, tak i pravidelných atestacích s cílem zjišťování odolnosti operátorů vůči stresu pro práci ve velinech technologických komplexů.

Tato práce je podporována výzkumným záměrem č. MSM 6840770012 "Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství II". Funkčnost grafického modelu bude presentována na semináři a obrazový materiál je na CD ROM elektronického sborníku semináře.

Literatura

- [1.] Svatoš, J. (1998) Biologické signály 1 – Geneze, zpracování a analýza. *Učební texty*, Vydavatelství: ČVUT, Praha
- [2.] Trojan, S. a kol. (1994). *Lékařská fyziologie*, Grada Avicenum, Praha
- [3.] Pokorný, J. (2002). *Přehled fyziologie člověka 2.díl*. Praha: UK,
- [4.] Hána, K. (2001). Měření vlivu audiovizuální a biologické zpětné vazby na základní fyziologické parametry člověka. *Disertační práce*: Západočeská univerzita, elektrotechnická fakulta, Plzeň
- [5.] Hlaváč V., Sedláček M. (2000). Zpracování signálů a obrazů. Vydavatelství ČVUT, Praha
- [6.] Schreiber, M. a kol.(1998), *Funkční somatologie*. Vydavatelství H&H, Praha
- [7.] Dolphin medical [online]. [cit. 2004-05-13]. <<http://www.dolphinmedical.com>>.
- [8.] *Podprahové vnímání barev [online]*. [cit. 2004-04-20]. <<http://interval.cz/clanek.asp?article=1001>>.
- [9.] *Databáze zvuků AudioSparx.com [online]*. [cit. 2004-04-20]. <<http://www.audiosparx.com>>.

Kontakt:

Doc. Ing. Vladimír Eck, CSc.,

Katedra kybernetiky, FEL – ČVUT v Praze, Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha 2, tel. 224357255,
e-mail: eck@fel.cvut.cz, <http://nit.felk.cvut.cz>

Ing Tomáš Slavíček,

Katedra kybernetiky, FEL – ČVUT v Praze

Doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.

Katedra kybernetiky, FEL – ČVUT v Praze

Ing. Karel Hána, Ph.D.,

Společné pracoviště biomedicínského inženýrství FBMI a 1.LF, FBMI – ČVUT v Praze

Mgr. Pavel Stejskal,

Výcvikové středisko energetiky, VSE a.s.,
Chomutov

INFORMAČNÍ SYSTÉM A DISPENZARIZACE PACIENTŮ – PŘÍKLAD BARIATRICKÉ CHIRURGIE

Štěpán Svačina, Martin Matoulek

Anotace

Informační systém si pořizují nemocnice i jednotliví lékaři zejména pro možnost rychlého získávání dat a rychlou tvorbu potřebných dokumentů. K modulům, které se mohou na první pohled jevit jako méně důležité, patří i dispenzarizace pacientů. Je naivní se domnívat, že pacient přijde sám, když potřebuje. Softwarová podpora těchto procesů je nezbytná při všech situacích, kdy je důležitý aktivní přístup lékaře tedy v situacích vyhledávání pacientů bez jeho aktivní přítomnosti. Potřebnost takového přístupu dokládáme na příkladu pacientů po výkonech bariatrické chirurgie.

Klíčová slova

Nemocniční informační systém, dispenzarizace, aktivní vyhledávání pacientů, dispenzarizace nespolehlivých pacientů, bariatrická chirurgie.

1. Úvod

Informační systém si pořizují nemocnice i jednotliví lékaři zejména pro možnost rychlého získávání dat a rychlou tvorbu potřebných dokumentů. K modulům, které se mohou na první pohled jevit jako méně důležité, patří i dispenzarizace pacientů. Je naivní se domnívat, že pacient přijde sám, když potřebuje.

2. Co by měl umět software pro dispenzarizaci

Software pro dispenzarizaci by v informačním systému měl mít následující funkce:

- definování dispenzárních skupin
- zařazování a vyřazování pacientů do dispenzarizace
- vyhledávání pacientů v dispenzáři
- aktivní komunikace s pacientem - objednání sms, e-mailem, tisk dopisů
- vytváření sestav dispenzarizovaných
- plánování materiálu pro dispenzarizaci např. očkování

Tyto funkce jsou zcela nezbytné v práci praktického lékaře- např. očkování, preventivní prohlídky, dispenzární kontroly závažných diagnóz. U odborných lékařů je potřeba dispenzárního přístupu menší. Lékař vysvětlí pacientovi nutnost dispenzarizace a spolehne se na to, že se pacient objedná. Pokud se neobjedná, je to věc pacienta. Pacienta obvykle přivedou pro předpis léky, které mu docházejí.

V nemocničním informačním systému Medea jsme dosud používali dispenzární moduly jen pro vědecké třídění pacientů. Označené pacienty

v dispenzární skupině jsme analyzovali podle potřeby pro účely výzkumné. K širšímu využití nás stimulovala bariatrická chirurgie.

3. Bariatrická chirurgie a nespolehlivost pacientů

Pacienti obezitologické ambulance jsou typicky nespolehliví. Třetina jich obvykle nepřijde na další kontrolu např. proto, že léčbu vzdají, či se stydí, že nedokázali zhubnout. Problém nastává, když pacientovi provedeme závažný bariatrický chirurgický výkon, který vyžaduje dispenzarizaci.

Spektrum bariatrických výkonů je široké:

- výkony restriktivní (zmenšení žaludku – bandáž žaludku, adjustabilní bandáž žaludku, sleeve gastrectomy neboli tubulizace žaludku);
- maladsorbční (biliopankreatická diverze);
- kombinované (několik typů gastrického bypassu).

Restriktivní a kombinované výkony vyžadují dobrou spolupráci pacienta. Optimální je pokud již dokázal zhubnout a omezil jídlo a po restriktivním výkonu v omezení pokračuje. Typickou komplikací je, když pacient výkon přejí a pahýl žaludku s roztáhne. Maladsorbční výkony mohou být využity i u nespolupracujících pacientů. Při velké redukci pak může dojít i k metabolickým komplikacím. V dispenzární péči máme asi 800 pacientů po bariatrických výkonech. Při jejich prvním vyhledání jsem museli postupovat manuálně.

4. Dispenzarizace bariatrických pacientů

Do využití dispenzárních modulů, se nám běžně stávalo, že jsem nevěděli, zda pacient se pacient k výkonu objednal či zda přišel na kontrolu po výkonu. Takových pacientů byla až třetina. I spolehlivý pacient někdy na kontroly po řadě let nepřišel.

Někteří pacienti se objevili s komplikacemi až po mnoha letech. Dnes pomocí programu aktivně zveme pacienty, kteří nepřišli na kontrolu po indikaci k výkonu či nepřišli ke kontrole za následné péče.

Software umožňuje snadné vyhledání těchto pacientů, objednávání je v systému méně flexibilní. Proto spolupracuje systém Medea s programem Mysolp a podobně byl doplněny i další uživatelsky nevhodné moduly externími programy - program, pro práci s recepty a databázové programy pro vědecké účely.

Dnes se nestává, že by nám dispenzarizovaný bariatrický pacient zmizel z evidence aniž bychom to věděli.

5. Závěr

Nemocniční informační systémy je v podmínkách fakultní nemocnice potřeba doplňovat o další software. Dispenzarizace nemocných byla modulem, který po 15 let nebyl využíván, po té se ukázala nezbytnost tohoto programu, přestože nemá všechny funkce potřebné pro dispenzární programy.

Kontakt:

Štěpán Svačina

VFN,

U nemocnice 2,

12808 Praha 2,

email: svacinas@f1.cuni.cz

BEZPEČNOSTNÍ PROSTŘEDKY PRO ELEKTRONICKÝ PODPIS

Miloslav Špunda

Anotace

Příspěvek se zabývá technickými prostředky pro podporu užití elektronického podpisu v prostředí nemocničního informačního systému (NIS). Je diskutováno uložení šifrovacích klíčů a certifikátů s respektováním principů PKI (Public Key Infrastructure) včetně hardwarového řešení tohoto problému a problému autentizace uživatele (bezpečnostní prostředky).

Klíčová slova

Elektronická zdravotnická dokumentace, nemocniční informační systém, elektronický podpis, certifikovaný bezpečnostní předmět

Úvod

Tento příspěvek je určen kvalifikovaným koncovým uživatelům v prostředí, kde se užívá elektronický podpis. Toto prostředí má specifické znaky v nemocničních informačních systémech, kdy po přechodu na elektronické vedení zdravotnické dokumentace je nutné při respektování platného právního rámce splnit zásady informační bezpečnosti. Současně však přichází požadavek na co nejmenší zátěž uživatele (lékaře, zdravotnického personálu) související s užíváním elektronického podpisu.

Při užití elektronického podpisu má zásadní význam autentizace uživatele, která musí zajišťovat ochranu před zneužitím a zaručovat tak pravost elektronického podpisu na elektronickém dokumentu (např. lékařské zprávě). Autentizaci uživatele i užití technik pro přidání elektronického podpisu k dokumentu podporují bezpečnostní prostředky, které budou dále popsány.

Smyslem příspěvku je zároveň popsat rizika spojená s užitím elektronického podpisu. Koncový uživatel v NIS má rizika plynoucí u užití elektronického podpisu znát včetně uživatelské znalosti příslušných bezpečnostních prostředků. Jsou naznačeny i možnosti použít přidělené technické prostředky pro elektronický podpis i mimo prostor NIS k podepisování libovolných dokumentů.

Problematika bezpečnostních prostředků souvisejících s elektronickým podpisem se tedy rozpadá na dvě části:

- prostředky pro autentizaci uživatele (který bude elektronický podpis užívat)
- prostředky pro uložení šifrovacích klíčů a certifikátů (čipová karta nebo USB token) společně nazývané **bezpečnostní předměty**

*Poznámka: V dalším budeme pro bezpečnostní předměty užívat společně označení **token**.*

Metody autentizace

Uživatel elektronického podpisu má svou vlastní identitu (která se ověřuje autentizací před použitím tokenu) a tzv. digitální ID (privátní a veřejný klíč s certifikáty), které se užívá při podepisování dokumentu. Digitální ID uživatele je uloženo na tokenu, požadavky na jeho bezpečnost se budeme zabývat v dalším. Smyslem užití tokenu je zvýšit bezpečnost uložením zejména privátního šifrovacího klíče mimo HDD počítače nebo ještě lépe úplně zamezit jeho přenesení mimo token během podepisování dokumentu.

Ověření identity uživatele před použitím tokenu pro elektronický podpis spadá do obecnější oblasti ochrany dat. S podobným problémem se např. setkáváme při ověření oprávnění spustit operační systém počítače.

Klasickým způsobem je autentizace uživatele pomocí jména a hesla. Jedinou ne příliš velkou překážkou při pokusu narušit bezpečnost je zde heslo. Heslo lze však uhádnout (se snadno dostupnou SW podporou), odpozorovat (web kamery, digitální fotoaparáty, aj.), odchytit na úrovni klávesnice (rezidentní program zaznamenávající všechny stisknuté znaky), přitom existují i další možnosti jak heslo neoprávněně získat.

Odolnost hesla lze zvýšit více způsoby, např. předpisem pro tvorbu hesla (délka, typ znaků) nebo nepoužíváním statických hesel. Možná je i kombinace užití hesla zároveň s tokenem (dvoufaktorová autentizace). Tento způsob je řádově bezpečnější. Možná jsou i další řešení pomocí bezpečnostních předmětů jako snímačů otisků prstů, analyzátorů DNA a dalších, které využívají biometrických údajů o uživateli. Dalšími možnostmi jsou autentizační kalkulátory generující jednorázová přístupová hesla či užití jednorázových kódů ve formě SMS zprávy.

Obecné požadavky na bezpečnostní předměty

Těmito požadavky se jsou obvykle míněny mechanické a ergonomické vlastnosti tokenů, v případě použití v NIS však volbu typu tokenu a jeho vlastností obvykle koncový uživatel nemůže ovlivnit. Je součástí návrhu technického řešení elektronické zdravotní dokumentace. Splněním některých požadavků lze navíc rozšířit oblasti užití (např. karty těž vstupy do budov a další služby).

- Z vlastností tokenů podle nichž lze posoudit vhodnost jejich užití uvedme:
- odolnost tokenu vůči vnějším vlivům (mechanická odolnost (náraz), statická elektřina, elektromagnetické pole, vlhkost vzduchu, aj.)
- odolnost konektorů a čtecího zařízení (u čipových karet) (uvádí se např. garantovaný počet zasunutí/vysunutí tokenu)
- mobilita (je dána skutečností, jaký HW a SW je pro daný token potřebný, u karet navíc čtečka)

Z požadavků rozšiřujících možnosti užití tokenu lze v případě čipových karet uvést:

- personalizaci (jméno držitele, fotografie, čárový kód a další)

- magnetický proužek (karta má kromě smart čipu též magnetický proužek pro např. docházkový systém, aj.)

Uvedené výhody obvykle USB token neumožňuje využít.

Bezpečnostní požadavky na bezpečnostní předměty (tokeny)

Bezpečnostních požadavků na tokeny je celá řada, zde probereme jen nejdůležitější včetně možných způsobů jejich splnění. Z uživatelského hlediska je důležitý zejména způsob zacházení s heslem tokenu a způsob manipulace s digitální ID uživatele (vlození, event. export do/z tokenu).

Autentizace uživatele vůči tokenu má několik způsobů řešení. Obecně heslo (sada alfanumerických znaků) má z hlediska bezpečnosti větší váhu než pouhý PIN (jen číslice), což je dáno velkým řádovým rozdílem možných kombinací. Při chybném zadání hesla (překročení povoleného počtu pokusů o zadání) dojde k zablokování tokenu s následujícími možnostmi:

- automatické smazání všech uložených dat
- možnost pouze ručního smazání pomocí utility
- zadání dalšího kódu PUK (Personal Unblocking Key)

Zadání PUK kódu může umožnit buď další sadu pokusů nebo častěji dovolí nové nastavení PIN. Přitom dvojici PIN/PUK může vlastnit pouze jedna osoba nebo PUK může znát administrátor systému (pokud nevdá, že při novém nastavení hesla nejsou data chráněna vůči osobě administrátora).

Setkáváme se též se systémy, kde po překročení povoleného počtu zadání hesla dojde automaticky ke znehodnocení tokenu a je třeba uživateli vydat nový (s celou procedurou pro převzetí tokenu). Obecně platí nepřímá úměrnost mezi bezpečností a pohodlím uživatele (i cenou).

Způsob ověření hesla po zadání na klávesnici též spolurozhoduje o bezpečnosti celého systému. Zde záleží na tom zda je užit pouze paměťový token či procesorový token. V prvním případě musí zašifrování hesla a porovnání provést SW počítače, což nelze z hlediska bezpečnosti doporučit.

Bezpečnostní certifikace je jedinou možností, jak zaručit fyzickou bezpečnost tokenu. Je vodítkem pro volbu tokenu pro danou aplikaci elektronického podpisu v informačním systému. Setkáme se obvykle se dvěma základními bezpečnostními certifikacemi, americkou normou FIPS (vydána NIST – National Institute of Standards and Technology) a evropskou normou ITSEC (Information Technology Security Evaluation Kriteria). V návrhu elektronického podpisu v NIS ve VFN bylo užito certifikace podle FIPS 140-2 Level 2 (přibližně odpovídá ITSEC E4 High).

Na typu certifikace záleží méně, podstatné je, že bez jejího užití nelze o garanci bezpečnosti tokenu dobře hovořit.

Import/export digitálního ID při práci s tokenem je možný více způsoby, významně však ovlivňuje bezpečnost elektronického podpisu. Jde zejména o dvojici šifrovacích klíčů (privátní, veřejný), import kvalifikovaného certifikátu

je menším problémem. Z hlediska bezpečnosti by měl token mít následující vlastnosti:

- klíč nelze z tokenu exportovat
- klíč je užíván pouze v tokenu, při šifrování/dešifrování jej neopouští
- pár klíčů lze na tokenu vytvořit

Z hlediska způsobu vytvoření a uložení klíčů RSA algoritmu jsou tyto základní možnosti:

- RSA pár je vytvořen přímo na tokenu (nejvyšší bezpečnost), nevýhodou je nemožnost vytvořený pár klíčů exportovat (záloha při ztrátě tokenu)
- RSA pár je vytvořen pomocí SW, který je příslušenstvím tokenu, následně se do tokenu nahraje (s možností vytvoření zálohy), podmínkou je „bezpečné“ PC, takže proces proběhne důvěryhodně
- RSA pár je vytvořen nespécifickým SW vůči tokenu a pomocí utility nahrán (nejméně bezpečné)

Poznámka: Některé bezpečnostní systémy dovolují při dodržení standardů PKCS (Public Key Cryptographic Standards) manipulaci s digitálními identitami, tedy vyměňovat a importovat do tokenu certifikáty, šifrovací klíče event. další data užívaná bezpečnostním systémem.

Možnosti technického a administrativního řešení v NIS

Implementace elektronického podpisu do NIS (obvykle již existujícího a v provozu) obvykle nepředpokládá užití bezpečnostních předmětů mimo tento systém. Organizace vydávání kvalifikovaných certifikátů oprávněným uživatelům je vázána přesným administrativním postupem, totéž se týká jejich zneplatnění při ztrátě kontroly nad užíváním bezpečnostního předmětu (tokenu).

Uvedme v závěru přehledně hlavní kroky při manipulaci s tokeny, jak mohou být řešeny v rámci NIS.

Proces vydání tokenu a přidělení kvalifikovaného certifikátu se děje v rámci administrativního procesu, kdy si pracovník v rámci úpravy pracovních povinností založí prostřednictvím webového rozhraní účet u CA (certifikační autority dostupné v rámci intranetu NIS) a vyplní žádost o vydání kvalifikovaného certifikátu. Při generování žádosti je zároveň vytvořen klíčový pár (privátní/veřejný klíč) a nahrán do bezpečnostního předmětu. Žádost odeslaná CA je s užitím této dvojice klíčů digitálně podepsána.

CA vygeneruje na základě žádosti kvalifikovaný certifikát (QC) s příslušnými parametry, který poté oprávněný uživatel importuje do svého bezpečnostního předmětu (bezpečnostní předmět má identifikační číslo, které je zároveň s kvalifikovaným certifikátem uloženo do systému správy elektronických identit).

Důležitý je postup při zneplatnění kvalifikovaného certifikátu (na základě žádosti pověřeného pracovníka-personalisty zaslané CA). Důvodem může být,

jak jsme již uvedli, ztráta kontroly nad užíváním bezpečnostního předmětu (tokenu), zjištění nesprávných údajů o identitě oprávněné osoby, změna skutečností vedoucích k získání statutu oprávněné osoby, aj.

Na základě autentizované žádosti o odvolání platnosti kvalifikovaného certifikátu CA provede příslušnou úpravu ve svém IS a aktualizuje veřejný seznam odvolaných certifikátů. Podle důvodů vedoucích k zneplatnění kvalifikovaného certifikátu personalista aktivuje proces vydání nového QC.

Zálohování podpisových dat (páru klíčů) se neprovádí a v případě ztráty bezpečnostního předmětu (tokenu) je třeba proces vydání QC opakovat od začátku.

Literatura

Špunda, M.: Možnosti elektronického podpisu ve zdravotnické dokumentaci, MEDSOFT'2010, Creative Connections s.r.o., 2010, s. 191-196, ISSN 1803-8115

Kontakt:

Doc. Ing. Miloslav Špunda, CSc.

Ústav biofyziky a informatiky UK 1. LF

Kateřinská 32, Praha 2

E-mail: miloslav.spunda@lf1.cuni.cz

NÍZKONÁKLADOVÉ APLIKACE PRO PODPORU SBĚRU A ANALÝZU DAT V LÉKAŘSKÉM VÝZKUMU

Zdeněk Telička

1. Data v nemocničním informačním systému

Na klinikách se dnes využívá k ukládání lékařských dat nemocničních informačních systémů. Tyto systémy fungují z pohledu lékařů jako elektronická zdravotní karta pacienta umožňující zaznamenávat a sledovat průběh léčby pacienta. Lékaři využívají nejčastěji klinické moduly pro ambulance, lůžková oddělení a modul s výsledky biochemických vyšetření. V poslední době se v nemocničních informačních systémech implementují moduly pro ukládání a práci s obrazovými daty, tzv. PACS (Picture Archival and Communications System). Součástí pacientovy elektronické dokumentace se tak mohou stát např. snímky pořízené během RTG vyšetření nebo i videa nahraná Dopplerovskými ultrazvukovými přístroji.

Největším problémem ve využití nemocničních informačních systému (NIS) v klinickém výzkumu je nemožnost ukládat data ve strukturovaném formátu. Současné systémy standardně umožňují pouze zaznamenávání informací ve formě textových lékařských zpráv. Pokud chtějí lékaři pro účely svého výzkumu získat informace z předešlých lékařských vyšetření, musejí vyhledávat požadované informace v pacientově dokumentaci. V této chvíli se projevují dvě největší nevýhody těchto systémů. První je časová náročnost, protože lékaři musejí ručně vyhledávat data v jednotlivých lékařských zprávách, což je časově velmi náročné. NIS často ani nedovolují zobrazit v jediné tabulce data více pacientů. Druhou nevýhodou je, že průběžné lékařské zprávy obsahují informace rozhodující pro stanovení diagnózy a léčbu, ale již obvykle neobsahují detailní data o anamnéze a léčbě, která jsou přínosná právě pro klinické výzkumy.

Nemocniční informační systémy často nabízejí lékařům jen základní možnosti ve vyhledávání a filtrování pacientů. Je tak možné vyhledávat pacienty dle data vyšetření, čísla diagnózy, nebo dispenzáře, což je prostředek, který dovoluje lékařům třídit pacienty do různých skupin podle toho, jaké studie se pacienti účastní, apod. Z toho vyplývá, že lze vyhledat data jen z některých základních parametrů, nelze tedy vyhledávat rozsáhlé informace např. v lékařských zprávách. Zpřístupnění takové funkce by patrně vyžadovalo zvýšené nároky na softwarové i hardwarové nároky serveru, na kterém systém běží. NIS Stapro Medea, který je využíván ve Všeobecné fakultní nemocnici v Praze obsahuje modul Medea Query Results, který je postaven na aplikaci Progress® Query/Results™. Modul by měl umožnit tvorbu ad-hoc dotazů pro vyhledávání dat v databázi nemocničního informačního systému, lékaři však o něm nemají žádné informace. Tento modul je navíc určen jen pro odborné IT uživatele po zaškolení. Tímto je znemožněno jeho snadné využití v každodenní praxi.

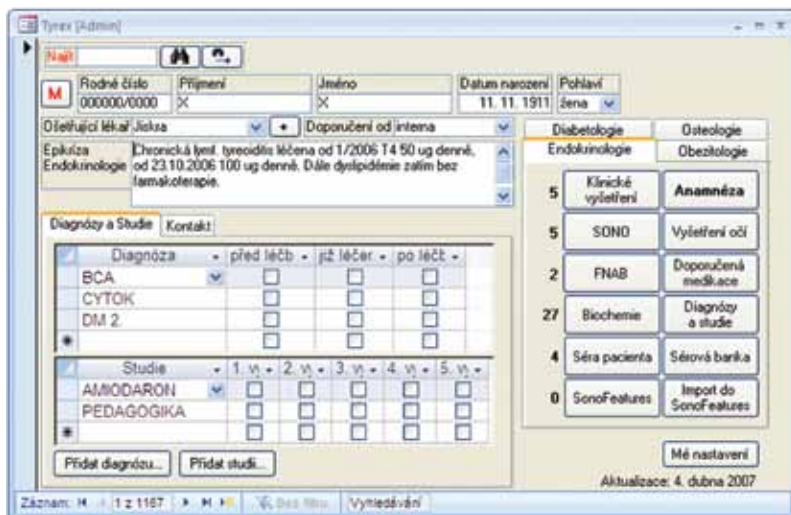
2. Důvody k vývoji vlastních aplikací

VFN se v současné době sice pyšní certifikátem, že veškerá lékařská dokumentace je vedena v elektronické formě, bohužel to ale nic nevyovídá o jejím reálném využití, např. analýzu klinických dat, anebo spolupráci s jinými pracovišti, např. v zahraničí. První pokusy o vylepšování nemocničního systému na 3. interní klinice VFN proběhly před 10 lety ve spolupráci s firmou Stapro, ale žádný projekt se nedotáhl do funkční podoby.

Dnes již systém StaproMedea funguje jako rigidní systém a požadavky lékařů na specializované moduly se řeší externími aplikacemi, které případně nějakým způsobem s původním systémem komunikují. Dalším důležitým faktorem je cena, za kterou jsou ochotny firmy doplnit NIS o nové moduly, vzhledem k tomu, že každá drobnost se pohybuje v nákladu miliónů korun, není v silách klinik takové náklady nést.

Během šesti let, kdy působím ve VFN jsem na různých klinikách rozvíjel kolem pěti různých aplikací, které slouží např. ke kardiologickým nebo endokrinologickým vyšetřením, na neurologické dlouhodobě funguje aplikace na uchovávání informací o sérech léčených pacientů, apod. V tomto článku bych chtěl popsat metody, které pro vývoj aplikací používám a uvést příklady aplikací nasazených v reálném provozu.

Všechny aplikace jsou vyvíjeny na platformě MS Access. Tento systém je mnohými zatracovaný z nejrůznějších důvodů. Realita je ovšem taková, že jsem se v mnoha firmách setkal s aplikacemi, které běží na této jednodušší platformě. Důvody jsou velmi jednoduché, velmi nízké náklady na vývoj aplikace, rychlost a snadná udržitelnost. Vzhledem k tomu, že MS Access umí spolupracovat



Obrázek 1 - Hlavní okno aplikace – endokrinologická část

i s velkými databázemi na SQL serverech, slouží jako velmi jednoduchý, ale výkonný front-end k těmto DB.

3. Aplikace pro endokrinologii

Aplikace se skládá z několika modulů, podobně jako NIS. Aplikace dovoluje vést strukturovaná data k anamnézám, klinických vyšetřeních pacienta, ale také jeho laboratorních vyšetření, apod.

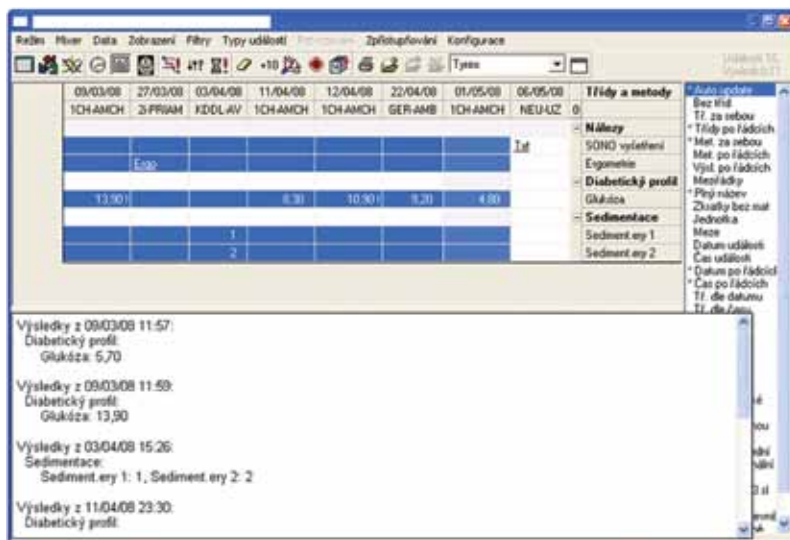
Na obrázku 1 je ukázka hlavního okna aplikace při práci v endokrinologické části aplikace.

Aby se aplikace nestaly jen plochou databází na sběr dat, obsahují naprogramované části, které dovolují automatizované generování zpráv nebo načítání některých dat z NIS StaproMedea.

3.1 Programování komunikace s NIS pomocí Windows API

V průběhu vývoje aplikace jsem hledal možnosti, jak alespoň částečně zautomatizovat výměnu dat mezi aplikací a nemocničním informačním systémem. Výměna dat mezi NIS StaproMedea a aplikací probíhá ve třech oblastech:

1. Import identifikačních údajů pacienta z NIS StaproMedea do aplikace. To jsou například rodné číslo, příjmení, datum narození, apod.
2. Import výsledků biochemických vyšetření a zpráv z cytologických vyšetření štítné žlázy uložených v laboratorním modulu NIS.
3. Export zpráv z aplikace do NIS vygenerovaných ze strukturovaných informací v databázi.



Obrázek 2 - Výsledky v modulu NIS StaproMedea

V ukázce na obrázku 2 je zobrazen modul výsledků v NIS a zpráva vygenerovaná mixérem tohoto modulu. StaproMedea nepodporuje export laboratorních výsledků v podobě, která by dovolovala jednoduchý import do databázových tabulek. Využívám proto funkci mixéru, která uživatelům dovoluje získat výsledky ve formě, kterou by bylo možné programově zpracovávat. Vygenerovanou zprávu pak přes Windows API uložím do vyvinuté aplikace a jednotlivá data převádím na strukturované informace, které vkládám do tabulky biochemických vyšetření.

Na obrázku 3 je zobrazeno okno s biochemickými daty po importu výsledků z NIS do databáze aplikace. Data jsou při stisku tlačítka „Importuj do tabulky“ automaticky načtena z otevřeného okna mixéru, zpracována a vložena do tabulky. Z obrázku je patrné, že nad takto strukturovaně uloženými daty se již snadno vytvářejí vyhledávací dotazy v jazyku SQL pro zpracování ve statistických analýzách, apod. V databázi je tak možné vyhledávat korelace mezi biochemickými výsledky, objektivními a subjektivními vyšetřeními v ordinaci a parametry z vyšetření zobrazovacími metodami.

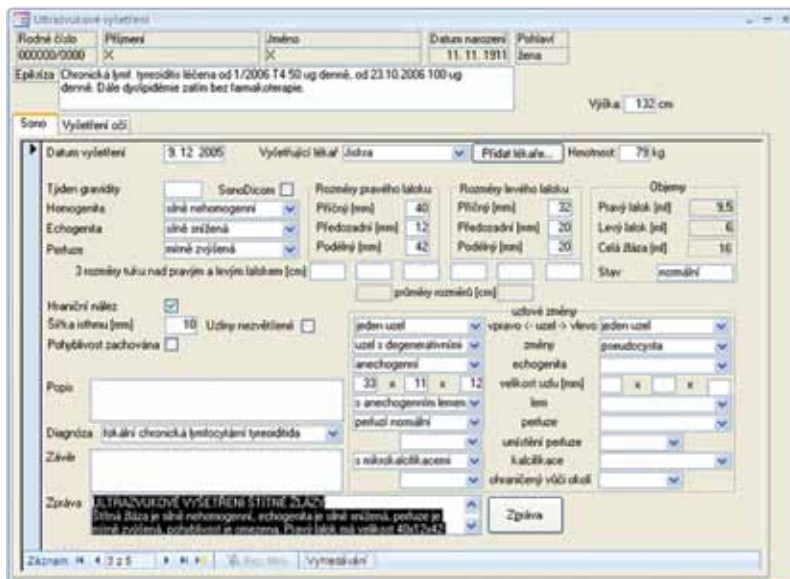
Datum	Leukocyty	Erytrocyty	Hemoglobin	Hematokrit	Str_oby_eryt	Barvus_eryt	Str_barvus_kon
10. 3. 2006 0:48:00				140			
2. 10. 2006 18:07:00							
13. 10. 2006 6:47:00							
3. 10. 2006 11:54:00	10.96	3.56	105	0.318		29.4	
1. 11. 2006 7:00:00							
6. 11. 2006 11:05:00							
6. 11. 2006 11:26:00	6.94	4.39	134	0.39	86.8	30.6	3
6. 11. 2006 12:39:00							
6. 11. 2006 12:39:00							
28. 11. 2006 9:37:00							
30. 9. 2004 8:24:00							
16. 8. 2005 9:48:00							
6. 2. 2007 11:34:00							
9. 1. 2008 0:48:00							

Obrázek 3 - Okno s biochemickými výsledky po importu z NIS

3.2 Generování zpráv

Na obrázku 4 je zobrazen modul pro ultrazvukové vyšetření štítné žlázy. Z obrázku je patrné, že se lékaři snaží uložit co nejvíce parametrů z vyšetření zobrazovacími metodami. Naproti tomu v nemocničním informačním systému se ukládají pouze textové zprávy z vyšetření. Kdyby se nepoužívala tato aplikace, lékaři by data buď ztráceli, nebo by si museli vést vlastní tabulky v tabulkových kalkulátorech. A to je právě činnost, kterou má tato aplikace zefektivnit. V dolní části obrázku v poli „Zpráva“ je automaticky vygenerována zpráva ze zadaných strukturovaných dat. Text se automaticky přizpůsobuje vyplněným polím. Kód

pro generování zprávy patří k nejsložitějším částem aplikace. Přínosem pro lékaře je ale kvalitně sestavená zpráva, která je v NIS téměř nerozeznatelná od zprávy psané ručně. Ještě jsem se v klinické praxi nesetkal s podobně komplexní funkcí pro generování zpráv a v ostatních aplikacích je často znát, že zpráva byla generována počítačem.



Obrázek 4 - Modul ultrazvukového vyšetření na endokrinologii

3.3 Budoucí rozvoj aplikace

V současné době je aplikace v provozu na endokrinologickém a obezitologickém pracovišti kliniky. Dostupnost a spolehlivost databáze je zajištěna díky spolupráci s úsekem informatiky, kde je databáze provozována na profesionální verzi SQL serveru spolu s ostatními aplikacemi pro management fakultní nemocnice. Díky tomu bude možné využít jednotné doménové uživatelské účty pro autentizaci a autorizaci v databázi.

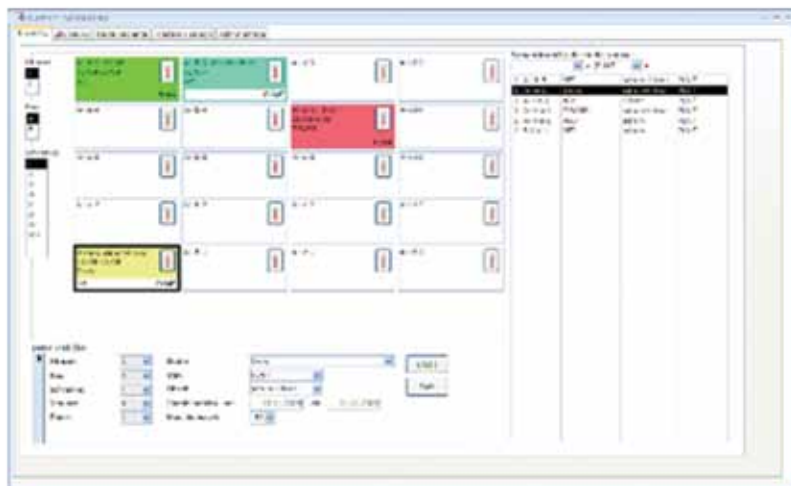
V blízké budoucnosti plánujeme její rozšíření na další pracoviště kliniky ve spolupráci s přednostou kliniky a ostatními lékaři. Neklademe si za cíl, aby se z aplikace stal masově nasazený systém, ale chtěli bychom, aby naplnila výzkumné potřeby vědeckých pracovníků, kteří ve svých ambulancích léčí stovky nových pacientů ročně. V těchto případech popisovaný program vyplňuje mezeru v nabídce trhu a stává se zajímavým i pro komerční využití. Oproti komerčnímu řešení má tento projekt výhodu v tom, že nad daty a rozvojem databáze má klinika plnou kontrolu a nemusí se spoléhat na finančně nákladné služby firem. Projekt je také zajímavou ukázkou spolupráce studentů, lékařů a zaměstnanců fakultní nemocnice.

4. Sérová banka

Sérová banka je aplikace vyvinutá pro RS Centrum Neurologické kliniky 1. lékařské fakulty UK a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Jejím cílem je umožnit elektronickou administraci vzorků sér a likvorů uchovávaných v mrazících boxech. Na pracovišti se vzorky ukládají do mrazících boxů původně zapisovaly do tabulek v papírové podobě, což znemožňovalo jejich vyhledávání, např. všech vzorků daného pacienta, apod. Uchovávaná séra se navíc po čase odesílají do spolupracujících laboratoří po celém světě a nebylo možné mít okamžitý přehled o tom, kam se daná séra odeslala.

Při vývoji jsem uplatnil zkušenosti s vývojem databázi na endokrinologickém oddělení. Aplikace je přizpůsobena tomu, jak jsou zkumavky a jejich zásobníky (krabičky) rozmístěny v mrazících boxech. Na následujícím obrázku 5 je vidět rozmístění zásobníků na séra v boxu, který je možno zvolit v levé části okna. Aplikace je připravena pro správu více než jednoho mrazícího boxu. Každému zásobníku lze přiřadit parametry, které slouží jednak pro strukturování sér do různých studií, ale také pro snazší orientaci, např. informace, jestli se daná krabička plní novými séry, apod. V pravé části okna je možné zobrazovat seznam zásobníků filtrovaných dle jejich parametrů.

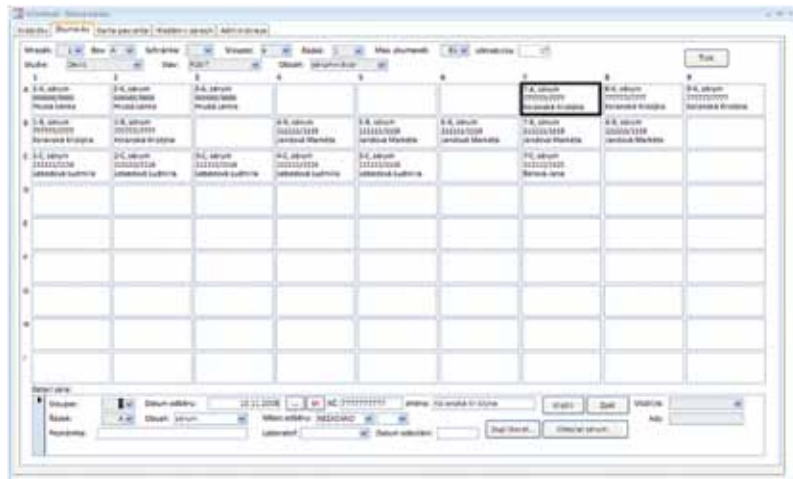
Zásobník lze otevřít a zobrazit matici rozmístění zkumavek. Náhled je na obrázku 6. V tomto okně již sestry vidí rozmístění zkumavek včetně informací,



Obrázek 5 - Přehled zásobníků se séry

jakému pacientovi zkumavka patří. Aplikace spolupracuje s nemocničním informačním systémem, umí si z jeho otevřeného okna načíst data pacienta, která pak není potřeba vepisovat ručně ke zvolené zkumavce. Zkumavka obsahuje dále několik parametrů, mimo jiné také laboratoř a datum odeslání, které slouží k administraci sér při rozesílání na analýzy do laboratoří.

Data se ukládají do databáze, nad kterou se lze dotazovat a zobrazovat si data v různých pohledech. Tím lze mít přehled o všech sérech daného pacienta nebo dané studie, apod. Aplikace slouží jako výkonný nástroj, který využívají všichni zaměstnanci RS Centra již 2 roky bez vážných potíží nebo nároků na velké změny v aplikaci.



Obrázek 6 - Otevřený zásobník s přehledy sér

Poděkování

Práce na částech aplikací byla podpořena grantem IGA MZ ČR č. NS10595-3/2009.

Kontakt:

Zdeněk Telička

3. interní klinika 1. LF UK a VFN

U nemocnice 1

128 08 Praha 2

email: zdenek.telicka@vfn.cz

JEDNOTNÁ DATABÁZE DÁRCŮ KRVE A KREVNÍCH SLOŽEK

Dagmar Valová, David Vala

Anotace

Přednáška pojednává o ideovém návrhu jednotné databáze dárců krve a krevních složek. Popisuje současný stav a výhody i mnohé problémy z něj vyplývající pro odběrová a zpracovatelská střediska. Nastihuje možnosti, které současné IT technologie poskytují a přednosti z toho plynoucí, zejména on-line informace o dárcích. Dále se zaměřuje na bezpečnost jak z hlediska samotných dárců - ochrana osobních informací, tak i bezpečnost IT systémů.

Klíčová slova

dárci krve, krevní složky, odběrová místa, TransNet, národní registr transfuzní služby, zpracovatelské transfuzní stanice, databáze dárců krve, transfuzní přípravky, vyřazení dárci krve

1. Současný stav

V současné době v ČR existuje cca 70 míst, kde se provádí odběry krve a krevních složek. V převážné míře jsou součástí nemocnic a několik je soukromých. Vzhledem k množství a rozprostření těchto odběrových míst v rámci naší republiky není vyloučeno, že mnozí dárci navštěvují z různých důvodů hned několik odběrových středisek. Pokud dárci sám a dobrovolně nesdělí, že daruje krev někde jinde, nelze toto zjistit. Důvody jsou následující:

- každé odběrové středisko má svůj průkaz dárce
- každé odběrové středisko má svou databázi dárců

takže někteří dárci krve mají hned několik průkazek dárců krve.

Jediné, co všechna odběrová střediska spojuje, je „Národního registru transfuzní služby“ tzv. TransNet. Tento IS se skládá z „Národního registru transfuzní služby“ a komunikačního prostředí „TransNet“ (odtud běžně používaný pojem TransNet). Je to celostátní informační systém, do kterého se zadávají dárci vyřazení pro některé infekční markery a pak dárci tzv. „vzácní“. Tito vyřazení dárci již nesmí darovat krev v žádném odběrovém středisku. Tento „TransNet“ musí být navázán na jednotlivé IS odběrových středisek. Aktualizace dat probíhá obvykle 1x týdně. Systém je již nyní zastaralý a málo „pružný“, je v podstatě poplatný době, ve které vznikl a možnostem, které tenkrát byly (1994, OS DOS, Clipper).

Nechci se v tomto článku zabývat a ani se vyjadřovat k množství zpracovatelských transfuzních stanic, je však správné, že máme velké množství odběrových středisek a dárci má možnost si vybrat kam půjde ve svém nejbližším okolí, kde mu to nejlépe v té určité době vyhovuje (např. studenti), avšak právě z tohoto pohledu při poměrně velké koncentraci odběrových středisek (viz Obrázek 1 např. moravskoslezský kraj, jsou označena černou

tečkou) by bylo vhodné, aby byla jednotná databáze dárců krve a krevních složek. Je to konec konců i v zájmu samotných dárců z pohledu jejich zdraví a následně kvalitou jednotlivých transfuzních přípravků.



Obrázek 1 – rozložení odběrových středisek krve a krevních složek v Moravskoslezském kraji

2. Jedno z ideových řešení

Jak z praxe vyplývá, bylo by vhodné mít jednu databázi dárců pro celou republiku. Jak je již výše uvedeno, dárči migrují. Jsou to nejen studenti, ale i v rámci jednoho zaměstnavatele se dárči nacházejí v různých částech republiky a v tom případě darují krev v nejbližším odběrovém středisku.

Jednotná celorepubliková databáze dárců by měla své velké výhody, které vidíme především:

- znemožnění odebrat dárce mimo předepsané termíny mezi jednotlivými odběry
- odblokování plazem v karanténě po odběru v jiném odběrovém středisku
- on-line informace o vyřazených, případně vzácných dárcích – toto je řešeno samostatně a zatím off-line

Má to samozřejmě své úskalí. Je to především „nechut“ jednotlivých transfuzních oddělení přijít tzv. „o své dárce“. Přičemž tento argument je naprosto absurdní, protože je všeobecně známo, že dárči nechodí jen na jedno odběrové středisko a v některých případech se tím netají, to je ta lepší varianta,

v opačném případě, kdy to personálu odběrového střediska nesdělí, může dojít až k ohrožení zdraví dárce pokud nedodržuje odstupy mezi jednotlivými odběry a nakonec na některém odběrovém centru může i zkolabovat.

V podstatě jsou možné 3 varianty:

1. začlenit společnou celorepublikovou databázi darců do „Národního registru transfuzní služby“
2. Vytvořit samostatný registr darců krve na celorepublikové úrovni
3. sjednocení vytvořit pomocí jednotných průkazů darců krve

Varianta 1

V současné době se připravuje nový IS, do kterého se budou opět celorepublikově zaznamenávat vyřazení a vzácní dárce. Tento systém bude již na novém principu, ale více méně bude kopírovat starý IS TransNet. Nemají již být „krajské“ uzlové počítače, přístup má být přes webové rozhraní k jednomu serveru, na kterém budou data uložena.

Tato varianta je zajímavá i z toho pohledu, že vlastně tento registr musí být zaintegrovaný do informačního systému jednotlivých transfuzních stanic bez ohledu na jejich IS.

U tohoto systému musí být řešena bezpečnost přenosu dat už pro samotný nový „národní registr“.

Varianta 2

Samostatný IS pro celorepublikovou databázi darců. Zde je možnost řešení na obdobné principu, jako v předcházejícím případě, nebo použít distribuovanou databázi.

Varianta 3

Další z variant je jednotná legitimace dárce krve, do které by se zapisovaly jednotlivé odběry. Samozřejmě zde nemíníme papírovou dárcovskou legitimaci, tak jak se používá nyní, ale elektronickou.

3. Závěr

Nejzajímavější a z bezpečnostního hlediska nejlepší by se jevila kombinace varianty 3 s některou z variant 1 nebo 2, protože data o počtech a posledním odběru by nemusela být přímo na legitimaci, ale systém by formou dotazu zjistil, poslední odběr dárce. Jednotná legitimace by sloužila k identifikaci dárce. Nelze totiž úplně vyloučit úpravy karet, nabourání do databází je méně pravděpodobné.

Kontakt:

Ing. Dagmar Valová

Fakultní nemocnice Ostrava, Krevní centrum

dagmar.valova@fnspo.cz

tel.: 59 737 4414

mobil: 737 208 113

Ing. David Vala

VŠB- TU Ostrava, FEI

Katedra měřící a řídicí techniky

david.vala@vsb.cz

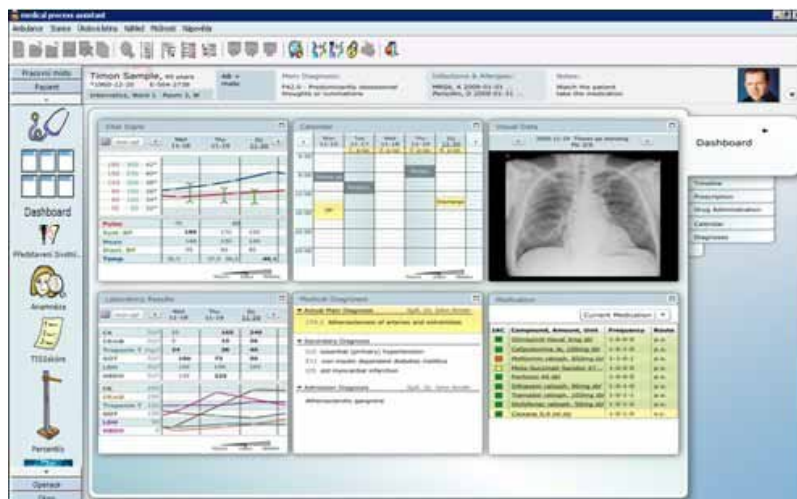
tel.: 59 699 9338

NIS CGM G3 Systema

Jan Veleba

Anotace

Výrobci zdravotnických informačních systémů všech segmentů musí reagovat na zvyšující se poptávku po informačních systémech schopných komunikovat s nejrůznějšími specializovanými systémy, které jsou v nemocničním zařízení podporovány. Používání těchto sofistikovaných systémů by mělo mít také za následek optimalizaci procesů realizovaných ve zdravotnickém zařízení, tedy i efektivnější využití zdrojů, snížení času stráveného u PC, urychlení práce s pacientem a zkrácení tak čekacích dob. Firma CompuGroup Medical Česká republika přichází na český trh s novým nemocničním informačním systémem CGM G3 Systema, který splňuje všechny výše vyjmenované požadavky a automaticky se tak nabízí jako optimální řešení.



Obrázek 1

Klíčová slova

Nemocniční informační systém, orientace na pacienta, automatizace procesů, integrace systémů, plánování a zefektivnění využití zdrojů, přehledné GUI, sofistikované workflow

1. Úvod

Nemocnice, a tedy i jejich informační systémy, čelí v poslední době přílivu podstatných změn. Zavedením diagnosticky a výkonově orientovaných systémů vyúčtování léčby pacienta, které přinesly změny v paradigmatech standardních léčebných procesů a dále pak také díky novým trendům ve zdravotnictví jako jsou např. Evidence Based Medicine (medicína založená

na důkazech), integrované systémy zdravotní péče a v neposlední řadě i daleko lépe informovaní pacienti s možností aktivně se podílet a vstupovat do léčebného procesu, vzrostly nároky a požadavky na podporu těchto aktivit prostřednictvím nemocničních informačních systémů.

- Nemocniční informační systémy musí reflektovat na trvalý a rychlý rozvoj lékařské vědy. NIS by měl fungovat jako rádce, mentor, který je schopen lékaře podporovat v jeho každodenních činnostech, a to jak na úrovni znalostní, tak i rozhodovací.
- Ekonomický tlak na zdravotní organizace nutí tato zařízení důsledně kontrolovat a využívat vlastní zdroje s pomocí workflow management systémů.
- Nemocniční informační systém již není orientován primárně na poskytovatele léčebné péče, ale v centru jeho dění se nyní objevuje pacient. NIS musí být schopen shromáždit a poskytnout zdravotnickým institucím všechna elektronická data pacientů generovaná a ukládaná v různých informačních systémech.
- Integrované systémy zdravotnické péče, ve kterých se na léčbě pacienta podílí více zdrojů, s sebou nesou nutnost zabezpečit systém provázanosti a sdílení informací o stavu pacienta mezi všemi zainteresovanými složkami tak, aby nemohlo dojít k úniku a následnému zneužití těchto údajů.

2. CGM G3 Systema – USP (Unique Selling Propositions)

- CGM G3 Systema je NIS, který je navržen a vyvíjen se zaměřením na mezinárodní trh
- CGM G3 Systema plně zohledňuje lokální požadavky kladené na NIS
- CGM G3 Systema je webově řešená aplikace s nízkými celkovými náklady na vlastnictví
- CGM G3 Systema nabízí podporu administrativních a léčebných procesů, které jsou nemocnicí provozovány, založenou na sofistikovaném workflow
- CGM G3 Systema nabízí zákazníkovi možnost nadefinovat si IS, který bude nejlépe vyhovovat jeho potřebám
- CGM G3 Systema podporuje uživatele komplexní funkcionalitou, přehledným grafickým prostředím a optimalizovaným uživatelským workflow
- CGM G3 Systema poskytuje rychlou implementaci nově navržených funkcionalit
- CGM G3 Systema podporuje komunikaci s externími systémy prostřednictvím integrační platformy

3. CGM G3 Systema - základní koncepce produktu

V současné době nabízí CompuGroup prostřednictvím svých dceřinných společností nemocniční informační systémy do více než deseti zemí světa.

CGM G3 Systema je produktem nové generace nemocničních informačních systémů, který svým uživatelům poskytuje přehlednou, rychlou a bezpečnou práci v systému. Jeho přednostmi jsou kromě sofistikovaných funkcionalit sloužících k shromažďování dat pacientů, výjimečného uživatelského rozhraní, také implementované prostředky podporující zdravotnický personál v jejich

každodenních činnostech (např. automaticky nabízené kroky v procesu na základě vložené informace do systému).

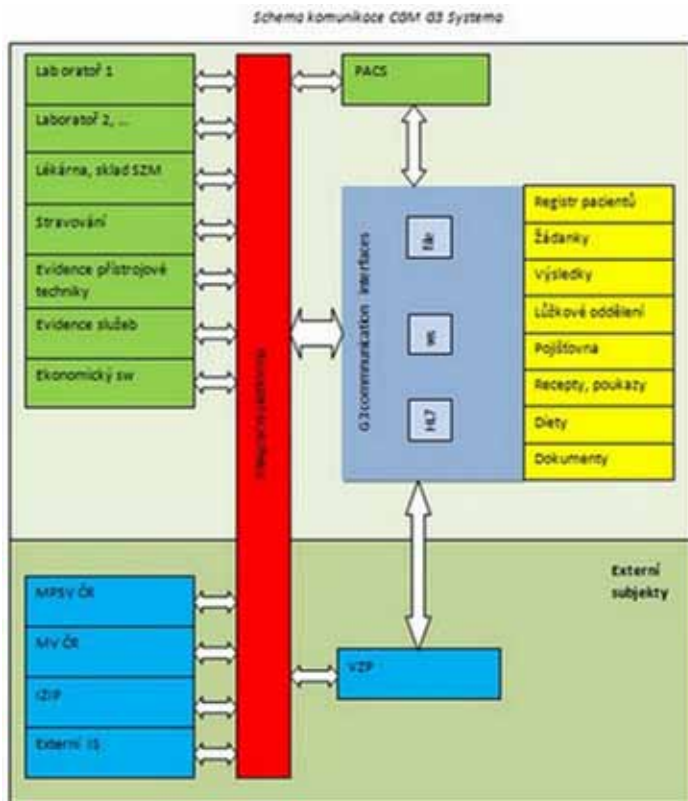
Základními nosnými pilíři koncepce produktu CGM G3 Systema jsou:

Podpora rozhodování

Zdravotnický personál se každodenně setkává s množstvím informací, které musí zpracovat, vyhodnotit a definovat další krok v léčebném procesu pacienta. CGM G3 Systema nabízí svým uživatelům automatickou podporu rozhodovacího procesu, která má za následek zrychlení, zpřesnění a zjednodušení jejich pracovních postupů.

Integrace

Tradiční hranice mezi primárními a sekundárními informačními systémy se postupně smazávají. Nemocniční informační systém by měl být schopen



Obrázek 2

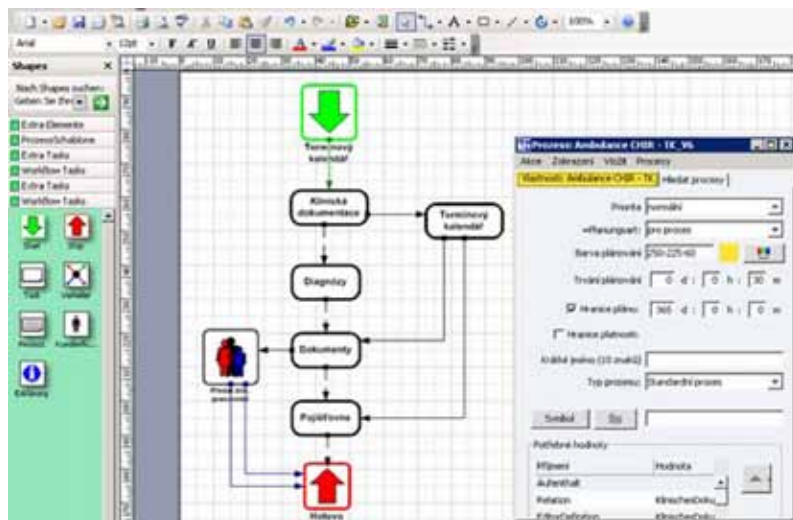
shromáždit a vyhodnotit informace spojené s léčbou pacientů ze všech informačních systémů, které jsou během léčebného procesu použity. CGM G3 Systema tyto požadavky zohledňuje a nabízí uživateli komplexní informaci o stavu pacienta zpracovanou a uloženou do klinického informačního systému nebo do kteréhokoli jiného integrovaného informačního systému.

Informační databáze

Jelikož se trendy a léčebné postupy v lékařství velmi rychle a často mění, je pro lékařský personál téměř nemožné být stále informován o nejnovějším stavu používané technologie a léčebných procesech při léčbě konkrétního onemocnění. CGM G3 Systema poskytuje svým uživatelům přístup do tzv. znalostní databáze, která je neustále aktualizována a podporuje tak uživatele systému v jejich rozhodovacím procesu.

Podpora workflow

Za léčebný proces pacienta již nezodpovídá pouze jedna osoba či zdravotnické zařízení, ale odpovědnost za kvalitu léčby je často rozdělena mezi více uskupení (např. obvodní lékař – nemocnice – rehabilitace). CGM G3 Systema podporuje tyto aktivity tzv. meziorganizačním workflow a tím přispívá k zefektivnění a zkvalitnění procesů při léčbě pacienta.



Obrázek 2

Podpora dokumentace

Integrované funkcionality umožňují automatický převod jednoduchého textového zápisu v klinické dokumentaci pacienta do komplexního, sémanticky bohatého informačního bloku, který podává ucelenou informaci

o aktuálním zdravotním stavu pacienta a je schopen na základě zapsaných informací doplnit do dokumentace následný postup v procesu léčby pacienta. CGM G3 Systema podporuje možnost tvorby zvukového a obrazového záznamu vyšetření pacienta s automatickým uložením těchto informací do klinické dokumentace pacienta. Další možností je převod zvukového záznamu do textové podoby prostřednictvím SW firmy třetí strany.

4. Závěr

Systém CGM G3 Systema je prvním integrovaným NIS, který podporuje všechny běžné lékařské a sesterské procesy a díky širokým možnostem nastavení a přizpůsobení tak poskytuje účinné nástroje nejen pro vedení veškerých potřebných agend, ale také pro procesní řízení nemocnice.

5. Reference

Vienna Hospital Corporation (KAV) je největší Rakouská zdravotnická instituce provozující 24 nemocnic a geriatrických center s více než 13 000 lůžek a 32 000 zaměstnanci, která patří mezi největší v Evropě. CompuGroup nyní realizuje největší IT projekt v historii rakouských nemocnic zahrnující 12 nemocnic a 11 geriatrických center, jež náleží Vienna's Hospital Corporation. Nový nemocniční informační systém bude implementován a plně pokrývat všechny tyto instituce do konce roku 2013. Základní požadavky je plánování spolehlivého a efektivního využití zdrojů při zachování nejvyšší kvality zdravotní péče. S novým informačním systémem CGM G3 Systema bude pracovat více než 16 000 KAV zaměstnanců.

Gespag je hlavní poskytovatel nemocničních služeb v Rakousku, který je v současnosti provozovatelem 10 nemocnic ve třinácti lokacích. Od zavedení systému ve všech těchto nemocnicích se Gespag stal největším zákazníkem systému. Nicméně, spolupráce mezi CompuGroup a nemocnicemi z řetězce Gespag nekončí implementací funkcionalit NIS. Experti Gespagu z oblasti medicíny, zdravotnické péče a IT se svým know-how jsou pro nás významnými a důležitými partnery pro další vývoj našich řešení. Na základě jejich každodenní práce se systémem v nemocnici a samostatným využíváním nástrojů pro customizing je každý den praktická použitelnost NIS pro zaměstnance z oblasti medicíny a zdravotní péče, testována a na základě toho také neustále vylepšována.

Další reference:

NIS je implementován v dalších cca třiceti nemocničních zařízeních v Rakousku a Německu.

Kontakt:

Mgr. Jan Veleba

CompuGroup Medical Česká republika s r. o,
Smetanova 9,
602 00 Brno.

tel: 731 534 341

e-mail: jan.veleba@smed.cz,

marketing@smed.cz,

<http://www.cgm.cz>

PREDIKCE HOSPITALIZAČNÍ MORTALITY U AKUTNÍHO INFARKTU MYOKARDU

Václav Kratochvíl, Hynek Kružík, Petr Tůma, Jiří Vomlel
a Petr Somol

Anotace

Předmětem práce je standardizace výsledkového ukazatele „Nemocniční mortalita při akutním infarktu myokardu“ s využitím zjištěných závislostí mezi dílčími rizikovými faktory pacienta a úmrtím pacienta.

Klíčová slova

Standardizace rizika, hodnocení nemocniční péče, logistická regrese, strojové učení, dolování z dat.

1. Úvod

Výsledky lékařské péče závisejí nejen na vhodném výběru a správném provedení léčebných postupů, ale také na výchozím stavu pacienta. Vyhodnocení vstupního stavu pacienta je v praxi použitelné pro dva typy úloh:

1. pro odhad prognózy konkrétního pacienta a rozhodnutí a adekvátním postupu spočívajícím například v použití určitých intervencí, léků nebo překladau pacienta na pracoviště vyššího typu.
2. pro zpětné statistické hodnocení výsledků péče obvykle za použití ustálených ukazatelů kvality.

Pro prvý případ použití se často používá pojem *Stratifikace rizik*, zatímco pro druhý způsob je obecně přijímán pojem *Standardizace rizika*. Je ovšem třeba si uvědomit, že koncepčně i metodicky musí být oba postupy plně konzistentní. *Standardizace rizika* výsledkových ukazatelů kvality je v podstatě založen na stratifikaci rizik a vychází z empirických i exaktních poznatků o vlivu jednotlivých rizikových faktorů u individuálního pacienta na globálně vyjádřený výsledek péče u skupiny pacientů.

V praktickém provedení se individuální *Stratifikace rizika* liší od *Standardizace rizika* hlavně tím, že vyhodnocení individuálního rizika se provádí v reálném čase, zatímco *Standardizace rizika* retrospektivně. V individuálním případě jsou proto k dispozici všechny údaje z klinické dokumentace (anamnestické údaje, fyziologické hodnoty, nálezy pomocných vyšetření) a pokud některý v dokumentaci není, je možné jej zjistit (doplnit anamnézu nebo vyšetření). Retrospektivní skupinové hodnocení kvality výsledku podléhá při *Standardizace rizika* řadě omezení. Nejen že není možné doplnit chybějící údaje, ale je nutné pracovat s tím, co nabízí dostupný zdroj informací, což je obvykle určitý datový soubor, velmi často definovaný pro nějaké rutinní použití (jiné než měření kvality). V praxi je tedy často jediným zdrojem administrativní datový soubor, používaný pro vykazování péče zdravotním pojišťovnám, nebo vykazování pro „státní statistiku“ (ÚZIS). Modely, založené na těchto „rutinně“ sbíraných datech, se často nazývají „administrativními“ modely.

V této práci se zabýváme vyhodnocením rizik v metodě Standardizace rizika. Vybrali jsme si ukazatel „Nemocniční mortalita při akutním infarktu myokardu“, protože:

Tento ukazatel je spolehlivě zjištěitelný z běžných dat.

- Léčba akutního infarktu myokardu je klinickou oblastí, která je celospolečensky významná a má i nezanedbatelný ekonomický dopad.
- Predikce mortality na základě vstupních nálezů je předmětem řady odborných prací.

V běžné praxi se v českém prostředí ukazatele predikce výsledku léčby běžně nepoužívají. Stejně tak nebyl v českém prostředí ověřován žádný model standardizace ukazatele „Nemocniční mortalita při akutním infarktu myokardu“.

2. Standardizace rizika

Standardizace je statistická metoda úpravy výsledku měření, jejímž cílem je lepší možnost porovnání a interpretace. Standardizují se především ukazatele výsledkové, v některých případech i ukazatele procesní. Kvalitu poskytované péče lze měřit několika typy výsledkových ukazatelů, mezi něž patří například ukazatele mortality, relativní počty opakovaných hospitalizací a relativní počty komplikací. V této části ukážeme důvody a postup standardizace na ukazateli typu mortalita; pro ostatní výsledkové ukazatele platí stejné standardizační principy.

Přestože mezi sebou porovnáváme zdravotnická zařízení pouze v rámci jednoho klinicky relativně specifického ukazatele (např. nemocniční mortalita u akutního infarktu myokardu), není takovéto srovnání samo o sobě (bez dalších kroků) objektivní. Rozdíl v hodnotě mortality je nejen důsledkem rozdílné aplikace správných léčebných postupů, ale také důsledkem různé skladby přijímaných a léčených pacientů. Jinými slovy nemocnice přijímající komplikovanější nebo rizikovější případy budou mít patrně vyšší mortalitu, aniž by to znamenalo, že poskytují méně kvalitní péči.

Rizikové faktory pacienta, které nemusejí mít vždy pouze klinickou povahu, jsou důvodem zkreslení ukazatele. Zkreslení ukazatele je způsobeno nerovnoměrnou distribucí rizikových faktorů mezi jednotlivé poskytovatele. Zkreslení ukazatele je nutné odlišovat od nepřesnosti ukazatele, která je způsobená nesprávným sběrem dat, nesprávným způsobem zjišťování faktů apod. Zkreslení je vždy dáno faktory reálného světa, jejich přítomnost není výsledkem poruchy měření, sběru dat apod. Smyslem a cílem standardizace ukazatele je odstranění zkreslení.

Pokud je homogenita měřené skupiny (z hlediska výskytu rizikových faktorů) nedostatečná, existují dva základní postupy, jak hodnotu měření zlepšit z hlediska korektní interpretace:

- *stratifikace* je rozklad na podskupiny (například podle věkových skupin) a provedení samostatných měření pro ně. Toto je ovšem nevýhodné jak z hlediska statistiky (podskupiny budou mít často malé počty pacientů), tak z hlediska následné interpretace (různé podskupiny mohou mít různé komparativní

výsledky a nemusí být tedy jasné, jak si poskytovatel vlastně stojí v celkové kvalitě pro danou klinickou oblast).

- *standardizace* je matematická operace, která odstraní vliv rizikových faktorů tak, aby zůstal jeden (syntetický) výsledek.

Standardizace tedy odstraňuje zkreslení výsledkového ukazatele, které je způsobené nerovnoměrnou distribucí rizikových faktorů mezi jednotlivé poskytovatele. Cílem standardizace je vyloučit matematickým postupem vliv těch rizikových faktorů na straně pacienta, které existovaly již v době příjmu do nemocnice (nebo jinak stanoveného začátku posuzované epizody) a které negativně ovlivňují hodnoty výsledkových ukazatelů.

3. Výběr rizikových faktorů použitých při standardizaci

Požadavky kladené na výběr rizikových faktorů použitelných v procesu standardizace ukazatelů jsou následující:

- Musí existovat statisticky doložitelná závislost mezi rizikovým faktorem a hodnotou výsledkového ukazatele - např. pravděpodobnost úmrtí na infarkt myokardu souvisí s hodnotou krevního tlaku při příjmu. Matematický model by měl zohlednit, pokud určité kombinace faktorů mají větší „váhu“, než odpovídá „součtu“ vlivů jednotlivých faktorů.
- Zdravotnická zařízení se musí lišit skladbou přijímaných pacientů z pohledu rizikového faktoru. V opačném případě není zapotřebí standardizaci provádět, třebaže existuje silná závislost mezi ukazatelem a rizikovým faktorem – všechna zdravotnická zařízení jsou totiž „znevýhodněna“ stejným způsobem. V praxi je tento požadavek většinou splněn, neboť zdravotnická zařízení se mezi sebou obvykle liší distribucí rizikového faktoru.
- Rizikový faktor musí jednoznačně odrážet stav pacienta již při příjmu pacienta do zdravotnického zařízení a nesmí být výsledkem samotného léčebného procesu.
- O rizikovém faktoru musí existovat spolehlivé záznamy. Pokud bude systém založen na administrativních datech (např. dávkách pro zdravotní pojišťovny), musí být rizikový faktor standardně z těchto dat dostupný. Toto je bohužel velmi limitující omezení. I pokud bychom věděli, které faktory nejlépe odrážejí stav pacienta a jeho riziko pro nepříznivý výsledek v momentě příjmu, nebude snadné je získat, protože většinou nejsou v administrativních datech vůbec, nebo jsou tam v nespolehlivé kvalitě.

Odstranění zkreslení není nikdy úplné. I po aplikaci standardizačních postupů zůstává zbytkové zkreslení. Zbytkové zkreslení výsledku může být způsobeno například tím, že některé rizikové faktory nejsou ještě známy, nebo nejsou podchyceny v datech.

Rizikové faktory, které mají vliv na pravděpodobnost úspěchu léčby, závisí:

- na neklinických charakteristikách (sociální statut, etnické a kulturní odlišnosti),
- na demografických charakteristikách (věk, pohlaví) a
- na klinických charakteristikách.

4. Jak se ukazatele standardizují?

Při standardizaci je třeba nejprve v první fázi nalézt a vyjádřit vztah mezi výsledkovým ukazatelem a rizikovým faktorem. Dejme tomu, že rizikovým faktorem je věk a výsledkovým ukazatelem je *Nemocniční mortalita u akutního infarktu myokardu*. Na základě dat z celého souboru zdravotnických zařízení (standardní populace) je pak zapotřebí za pomoci statistických metod vyjádřit vztah mezi věkem a pravděpodobností úmrtí na infarkt.

V další fázi standardizace je pro každou nemocnici vypočten tzv. srovnávací index (SI), který je definován jako podíl 2 veličin: skutečného počtu úmrtí a predikovaného (očekávaného) počtu úmrtí:

$$SI = \text{skutečný počet úmrtí} / \text{predikovaný (očekávaný) počet úmrtí}.$$

Predikovaný (očekávaný) počet úmrtí získáme tak, že pro každého pacienta příslušné nemocnice vypočteme (v závislosti na hodnotě rizikového faktoru) pravděpodobnost úmrtí a tyto pravděpodobnosti sečteme přes všechny pacienty nemocnice. Interpretace této veličiny je následující: jedná se o počet úmrtí, které bychom očekávali, pokud by v dané nemocnici platili stejné úmrtnostní zákony jako v celé populaci nemocnic. Pokud tento počet porovnáme se skutečným počtem zemřelých, dostáváme odpověď na otázku, zda v nemocnici bylo více nebo méně úmrtí, než by bylo možné očekávat na základě distribuce rizikového faktoru u pacientů. Samotný srovnávací index je bezrozměrné číslo, které udává relativní pozici nemocnice ve srovnání s průměrem: hodnota indexu větší než jedna značí nadprůměrnou úmrtnost v nemocnici, hodnota indexu menší než jedna značí naopak podprůměrnou úmrtnost. Abychom se dostali zpět do úrovně původních hodnot úmrtnosti, je třeba tento index vynásobit hodnotou obecné úmrtnosti, tj. průměrnou úmrtností za všechny nemocnice:

$$\text{Standardizovaná úmrtnost} = \text{obecná úmrtnost} * SI.$$

Při standardizaci je tedy výsledkem zjištění, jak by vypadal ukazatel, kdyby u daného poskytovatele zdravotnických služeb bylo stejné zastoupení rizikových faktorů, jako v celém souboru a kdyby platily stejné souvislosti mezi rizikovými faktory a ukazatelem, jako v celém souboru.

5. Standardizace metodou logistické regrese

Pro experimenty jsme použili datový soubor z jedné anonymní nemocnice v České republice, který obsahoval záznamy o pacientech s přijímací diagnózou akutního infarktu myokardu (I210 až I214). Po vyřazení pacientů, kteří byli přeloženi do jiné nemocnice, datový soubor obsahoval celkem 486 pacientů. U 335 pacientů chyběla hodnota některého z vybraných rizikových faktorů. Pacienty s chybějícími záznamy jsme nevyřadili, ale pro zachování maxima využitelné informace jsme použili metodu pro vkládání chybějících údajů zmíněnou později v této kapitole.

Prvním a nejsložitějším krokem při standardizaci vybraného ukazatele je nalézt relevantní rizikové faktory a matematicky charakterizovat jejich vliv

na vybraný ukazatel. Obvykle (viz například ^[1]) se vztah mezi rizikovými faktory a vybraným ukazatelem vyjadřuje pomocí logistické regrese. Nechť $P(Y = 1)$ značí pravděpodobnost, že veličina Y dosáhne hodnoty 1. V našem případě to bude pravděpodobnost, že pacient do 30 dnů po přijetí do nemocnice zemře. Model logistické regrese definuje vztah mezi závislou veličinou Y a vektorem rizikových faktorů X nabývajícím vektoru hodnot x . Vztah je definován pomocí logistické funkce jako

$$P(Y = 1) = \frac{\exp(\beta'x)}{1 + \exp(\beta'x)},$$

kde β je vektor parametrů, které je třeba při učení modelu nalézt a značí jeho transpozici. Vektor hodnot x má obvykle tvar $(1, z)$ a první složka vektoru β označovaná je takzvaný absolutní člen (intercept).

Při výběru rizikových atributů jsme vycházeli ze záznamů uchovaných v nemocničním informačním systému ve strukturované podobě. Měli jsme k dispozici výsledky laboratorních testů, hlavní a vedlejší diagnózy i roční historii diagnóz jednotlivých pacientů v dané nemocnici, celkem 637 položek. Samozřejmě, že pro každého jednotlivého pacienta nebyla většina laboratorních testů provedena a většina diagnóz byla negativní (kódovaná hodnotou 0). Prvním krokem byl výběr kandidátů na rizikové faktory. K tomu jsme použili metodu založenou na informačním zisku, který je pro každý rizikový faktor X a závislou veličinu Y definován

$$I(Y, X) = H(X) + H(Y) - H(X, Y),$$

kde je $H(X)$ entropie veličiny X definovaná jako

$$H(X) = - \sum_x P(X = x) \log P(X = x)$$

a je sdružená entropie veličin a definovaná obdobně jako

$$H(X, Y) = - \sum_{x,y} P(X = x, Y = y) \log P(X = x, Y = y),$$

kde sčítáme přes všechny kombinace stavů x, y veličin X, Y . Logaritmus používáme binární. Čím vyšší je informační zisk, tím více informace nám veličina X přináší o veličině Y . Výsledky laboratorních testů vstupovaly do analýzy svými absolutními hodnotami (nikoliv relativními hodnotami vzhledem k normálu pro daný věk). Hodnoty spojených veličin byly pro účely výpočtu informačního zisku diskretizovány do deseti košů. Do dalšího zpracování jsme zařadili pouze ty veličiny, jejichž informační zisk byl větší než 0,01. Vybrané veličiny jsou uvedeny v Tab. 1.

Kód	Popis	Informační zisk
S.Urea	Močovina v séru	0.11674202
S.kreatinin	Kreatinin v séru	0.09532763
B.leukocyty	Leukocyty v plné krvi	0.06820710
I48	Fibrilace a flutter síní	0.02425088
O.E78	Poruchy metabolismu lipoproteinů a jiné lipidémie	0.02318073
O.I20	Angina pectoris	0.02044021
O.I48	Fibrilace a flutter síní	0.01997538
I73	Jiné nemoci periferních cév	0.01971532
O.I27	Jiné kardiopulmonální nemoci	0.01971532
O.I73	Jiné nemoci periferních cév	0.01971532
Vek	Věk pacienta	0.01926587
O.I46	Srdeční zástava	0.01851840
K92	Jiné nemoci trávicí soustavy	0.01758336
O.I210	Akutní transmurální infarkt myokardu přední stěny	0.01651995
I74	Tepenný vmetek - arteriální embolie - a trombóza	0.01576957
I42	Kardiomyopatie	0.01474711
O.I42	Kardiomyopatie	0.01474711
O.I10	Esenciální (primární) hypertenze	0.01471863
O.I211	Akutní transmurální infarkt myokardu spodní (dolní) stěny	0.01440448
O.I64	Cévní příhoda mozková neurčená jako krvácení nebo infarkt	0.01358037
I27	Jiné kardiopulmonální nemoci	0.01349612
K29	Zánět žaludku a dvanáctníku - gastritis et duodenitis	0.01338366
K62	Jiné nemoci řiti a konečníku	0.01290232
L95	Vaskulitis omezená na kůži, nezařazená jinde	0.01290232

Kód	Popis	Informační zisk
K57	Divertikulární nemoc střeva	0.01217010
I50	Selhání srdce	0.01158408
O.I214	Akutní subendokardiální infarkt myokardu	0.01140944
K80	Žlučové kameny - cholelithiasis	0.01054740

Tabulka 1 - Veličiny s informačním ziskem větším než 0,01.

Diagnózy s prefixem **O** se u pacienta poprvé objevují až při zkoumané hospitalizaci, ostatní diagnózy jsou převzaty s předchozích hospitalizací pacienta ve vybrané nemocnici během jednoho roku předcházejícímu zkoumané hospitalizaci.

Tyto veličiny jsme použili při učení parametrů modelu logistické regrese. Hodnoty všech veličin jsme normalizovali tak, aby se nacházely v intervalu $<0,1>$. U některých pacientů nebyly všechny vybrané veličiny změřeny. Jednou z možností bylo takové pacienty vynechat. Tím by se ale datový soubor výrazně zredukoval. Proto jsme raději zvolili jednu z metod práce s neúplnými daty, tzv. Multivariate Imputations by Chained Equations [2,3]. Alternativně jsme také otestovali nahrazení chybějící hodnoty rizikového faktoru průměrnou hodnotou tohoto faktoru, ale dosažené výsledky byly horší. Pro vlastní učení parametrů modelu logistické regrese jsme použili funkci *glm*, která je součástí prostředí pro statistické výpočty R [4]. V průběhu výpočtů jsme vyřadili veličiny, které způsobovaly singularity při učení modelu: O.I73, O.I42 a L95 a také ty, které mohly být komplikacemi vzniklymi až po přijetí: O.I20, O.I48, O.I46 a O.I46.

Výsledný model je popsán v Tab. 2. V prvním sloupci jsou názvy rizikových faktorů popsaných v Tab. 1. V druhém sloupci jsou jednotlivé koeficienty β – tj. složky vektoru β pro vzorec logistické regrese. V třetím sloupci je směrodatná odchylka daného koeficientu. Čtvrtý sloupec obsahuje odpovídající hodnotu t Studentova t -testu, zda koeficient β má danou střední hodnotu. V pátém sloupci je počet stupňů volnosti Studentova t -rozdělení spočtený podle článku [5]. V posledním šestém sloupci je pravděpodobnost alternativní hypotézy t -testu. Hodnoty nižší než 0.05, což odpovídá hladině statické významnosti 5%, jsou zobrazeny tučně a řádky podbarveny šedou barvou. Tyto hodnoty znamenají, že hypotéza, že koeficient β má udanou hodnotu jako svoji střední hodnotu je přijata na hladině statické významnosti 5%.

	koeficienty β	směrodatná odchylka	hodnota t	stupně volnosti	pravděpodobnost alternativní hyp.
(Intercept)	-2.1060975	1.2651842	-1.664656859	31.598080	0.105868127
S.Urea	8.6381220	3.2418691	2.664549922	6.539030	0.034363798

	koeficienty β	směrodatná odchylka	hodnota t	stupně volnosti	pravděpodobnost alternativní hyp.
S.kreatinin	-1.0298399	3.1864171	-0.323196842	6.948143	0.756055460
B.leukocyty	1.3401639	2.5917890	0.517080649	6.072126	0.623388122
I48	1.1774437	0.5043932	2.334376623	62.932775	0.022781215
O.E78	-1.1969985	0.4437995	-2.697160631	456.217585	0.007252314
I73	24.2072289	3127.7478688	0.007739508	463.999987	0.993828154
O.I27	22.4904111	3055.1132840	0.007361564	463.999942	0.994129539
vek	-0.8665293	1.2988153	-0.667169004	46.748401	0.507944173
K92	0.1754608	2.1248919	0.082573969	260.797168	0.934253641
O.I210	2.0831447	1.2175409	1.710944339	14.713859	0.108083943
I74	0.8435731	1.2306952	0.685444349	363.623078	0.493500307
I42	18.6880782	3580.0597075	0.005220047	463.999856	0.995837268
O.I10	-1.7197621	0.5011027	-3.431955378	32.644378	0.001645515
O.I211	-18.4366694	1142.1321492	-0.016142326	463.999889	0.987127785
I27	-0.3723272	2.1099515	-0.176462425	220.553439	0.860092594
K29	-0.6493484	1.1797607	-0.550406839	49.675659	0.584507085
K62	1.6111716	3.1727303	0.507818643	83.887081	0.612913195
K57	1.5036105	1.8285737	0.822285931	17.330469	0.422084093
I50	-0.2095659	0.5698730	-0.367741513	18.221241	0.717302894
O.I214	-0.2596627	1.1148068	-0.232921682	9.406510	0.820811800
K80	1.4525334	0.5681741	2.556493236	388.428873	0.010952816

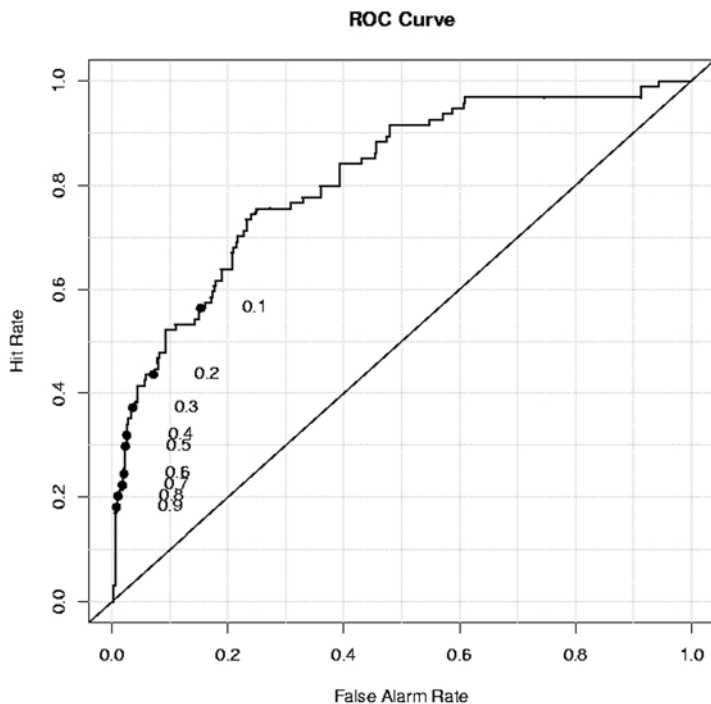
Tabulka 2 - Model logistické regrese.

Hodnoty koeficientů β se tedy dají zhruba interpretovat následovně. Čím je kladné číslo větší, tím větší je vliv odpovídajícího rizikového faktoru na pravděpodobnost úmrtí. Čím je záporné číslo nižší, tím větší je vliv odpovídajícího rizikového faktoru na pravděpodobnost přežití. Číslo v posledním sloupci nám říká, jak je tento vliv statisticky významný. Pro hodnoty vyšší než 0,05 (což je většina rizikových faktorů) se dá říci, že nebyl vliv na pravděpodobnost úmrtí na našem datovém souboru statisticky prokázán. To je hlavně důsledkem relativně malého počtu pacientů v našem datovém souboru.

6. Výsledky experimentů

Pro spolehlivé vyhodnocení kvality predikce naučeného modelu je třeba nezávislých dat, která nebyla použita k naučení modelu. K tomuto účelu jsme použili metodu K-násobné křížové validace (*angl. K-fold cross-validation*), kde K mělo hodnotu deset. Náš datový soubor jsme náhodně rozdělili do deseti skupin přibližně stejné velikosti. Pro každou z těchto deseti skupin jsme zopakovali následující postup. Zbývajících devět skupin bylo použito pro naučení modelu, který byl na vybrané skupině otestován. Níže uvedené konečné výsledky jsou vždy sumarizací všech deseti dílčích výsledků. Základem pro hodnocení je tzv. *confusion matrix*, která obsahuje:

- počet pacientů **tp** („true positives“), kteří byli správně klasifikováni, že zemřou
- počet pacientů **tn** („true negatives“), kteří byli správně klasifikováni, že nezemřou
- počet pacientů **fp** („false positives“), kteří byli nesprávně klasifikováni, že zemřou
- počet pacientů **fn** („false negatives“), kteří byli nesprávně klasifikováni, že nezemřou



Obrázek 1 - ROC křivka

Pro model uvedený v Tabulce 2 byly tyto hodnoty $tp=28$, $tn=383$, $fp=9$, $fn=66$. Z toho vychází, že:

- **úspěšnost** predikce (angl. *accuracy*) definovaná jako $(tp+tn)/(tp+tn+fp+fn)$ byla **0,85**,
- **přesnost** (angl. *precision, specificity*) definovaná jako $tp/(tp+fp)$ byla **0,76**,
- **úplnost** (angl. *recall, nebo hit rate*) definovaná jako $tp/(tp+fn)$ byla **0,30**,
- **specifická** (angl. *specificity nebo true negative rate*) definovaná jako $tn/(tn+fp)$ byla **0,98** a
- **falešná negativita** (angl. *false alarm rate*) definovaná jako $fp/(tn+fp)$ byla **0,02**.

Výstupem modelu logistické regrese není pouze odhad, zda pacient do 30 dní zemře či nikoliv, ale zároveň model poskytuje pravděpodobnost s jakou k tomu či onomu dojde. V souvislosti s tím je možné měnit práh (který je standardně nastaven na hodnotu 0,5) pro citlivost rozhodnutí, do které skupiny bude pacient klasifikován. Takto je možné například zlepšovat úplnost na úkor přesnosti a naopak. Celkové chování takového klasifikátoru nejlépe charakterizuje tzv. ROC křivka (angl. ROC Curve), viz Obrázek 1.

ROC křivka zobrazuje závislost hodnot úplnosti (hit rate) a falešné negativity (false alarm rate) na hodnotě prahu (v obrázku jsou hodnoty prahu uvedeny u bodů křivky). Čím je křivka umístěna výše, tím lepší výsledky model poskytuje. Dobrým měřítkem je velikost oblasti pod křivkou. Tato hodnota je v anglické literatuře obvykle nazývána ROC Area. Maximální hodnotou reprezentující ideální klasifikátor je 1,0. Naopak hodnoty 0,5 dosáhne i náhodný klasifikátor. Hodnota ROC Area našeho modelu byla 0,802.

7. Závěr

V této práci jsme se zabývali standardizací výsledkového ukazatele „Nemocniční mortalita při akutním infarktu myokardu“. Přestože jsme měli k dispozici relativně malý datový vzorek a ze záznamů pacienta jsme využívali pouze zaznamenané diagnózy a výsledky tří laboratorních testů, podařilo se na základě modelu naučeného na trénovacích datech relativně úspěšně predikovat pro pacienty v testovacích datech, zdali do 30 dní zemřou či nikoliv. Dosažená úspěšnost predikce byla 85% a velikost oblasti pod ROC křivkou byla 0,802. S ohledem na statistické vlastnosti predikčních modelů tohoto typu lze očekávat, že při použití dalších údajů z elektronického záznamu pacienta, jako jsou informace o EKG, lokalizace bolesti, krevní tlak (tyto údaje byly v našem případě zaznamenány pouze ve volném textu a tudíž pro automatické učení byly těžko využitelné), povede k ještě lepší predikci. Pro praktické využití tohoto výsledkového ukazatele je třeba, aby model byl naučen ze záznamů z co největšího počtu nemocnic. Pak také bude možné provést lékařsky odbornou interpretaci výstupů.

Dalším úkolem, kterým bychom se v budoucnu chtěli zabývat, je výzkum společného vlivu kombinací několika rizikových faktorů. Pro to ale bude nezbytné získat větší datový soubor, než jaký jsme měli k dispozici.

Poděkování

Tato práce je výsledkem spolupráce Fakulty managementu VŠE Praha a firmy STAPRO, s.r.o. v rámci projektu Zimolez číslo 2C06019 poskytnutého MŠMT ČR.

Literatura

- [1.] Harlan M. Krumholz, Sharon-Lise T. Normand, Deron H. Galusha, Jennifer A. Mattera, Amy S. Rich, Yongfei Wang, Yun Wang. *Risk-Adjustment Models for AMI and HF 30-Day Mortality, Methodology*. Harvard Medical School, Department of Health Care Policy, 2007
- [1.] D.B. Rubin. *Multiple Imputation for Nonresponse in Surveys*. New York: John Wiley and Sons, 1987.
- [2.] S. Van Buuren, J.P.L. Brand, C.G.M. Groothuis-Oudshoorn, D.B. Rubin. *Fully conditional specification in multivariate imputation*. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 76, 12, 1049–1064, 2006.
- [3.] R Development Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2010, ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org>
- [4.] J. Barnard and D.B. Rubin. *Small sample degrees of freedom with multiple imputation*. *Biometrika*, 86, 948-955, 1999.

Kontakt:

Václav Kratochvíl, Jiří Vomlel, Petr Somol

Ústav teorie informace a automatizace

AV ČR, v.v.i

Pod vodárenskou věží 4

182 08 Praha 8 – Libeň

a

Fakulta managementu

Vysoká škola ekonomická v Praze

Jarošovská 1117/II

377 01 Jindřichův Hradec

Hynek Kružík, Petr Tůma

Gnomon, s.r.o.

Faltysova 1500/18

15600 Praha 5 - Zbraslav

MEDSOFT 2011, sborník příspěvků

vydání první

formát A5

236 stránek

vydal Creative Connections s. r. o., Krasnojarská 14, 100 00 Praha 10

ve spolupráci s Ing. Zeithamlová Milena - Agentura Action M

actionm@action-m.com

<http://www.action-m.com>

zpracoval kolektiv autorů

grafická úprava, sazba

Veronika Sýkorová; Stanislava Karbušická, DiS.

bez jazykové a redakční úpravy

vytisklo Art D - Grafický ateliér Černý, s.r.o., Žirovnická 3124, 106 00 Praha 10

<http://www.art-d.com/cz/>

ISSN 1803-8115