

Masarykova univerzita

Filozofická fakulta

Využití umělé inteligence v lékařství

2014

Veronika Karšulínová

Obsah

1. Úvod	2
2. Historický přehled uplatnění počítačů v medicíně	2
2.1. 50. léta	2
2.2. 60. a 70. léta	2
2.3. 80. léta	3
2.4. 90. léta a 21. století	3
3. Informační systémy	3
4. Expertní systémy	4
4.1. Rozdělení systémů podle charakteru	4
4.2. Konkrétní příklady expertních systémů	5
4.2.1. GIDEON (Global Infectious Diseases Epidemiology Network)	5
4.2.2. HELP (Health Evaluation through Logical Processes)	5
4.2.3. PEPID (Portable Emergency Physician Information Database)	5
4.2.4. NEST	6
4.2.5. AtherEx	7
4.3. Další nástroje pro počítačovou podporu lékařské diagnostiky	8
5. Závěr	8
6. Použitá literatura	8

1. Úvod

Jedná se o proces zavádění a využívání výpočetní techniky v medicíně. Nejedná se však o zcela bezproblémovou záležitost. Je nutná interdisciplinární spolupráce, určitá úroveň znalostí, dostupnost jak hardware tak software a včetně nezbytného zabezpečení dat. Dále je třeba nalézt kompromis mezi teoretickými možnostmi a konkrétní aplikaci, která bude řešit daný problém. Tyto aplikace umělé inteligence by měly přinést uplatnění v nových diagnostikách a léčebných metodách, získat nové úplnější informace a poznatky, zefektivnit procesy dokumentace jednotlivých činností, zlepšit úroveň a řízení organizace práce. Také by měly zefektivnit opakující se rutinní činnost např. sledování pacienta během léčby a dalších administrativních činnostech. Zároveň by měly přinést zrychlení přenosu, vyhledávání a zpětné zobrazení informací ve snadno a rychle interpretovatelné podobě.

2. Historický přehled uplatnění počítačů v medicíně

2.1. 50. léta

Již v 50. letech 20. století byli předchůdci počítačů využívány v lékařském výzkumu a ve zpracování informací. Jednalo se o *Hollerithovy štítky*¹, které sloužily pro ukládání dat. Štítky splňovaly dva základní požadavky, jednak pracovaly s přesnými výsledky a tím eliminovaly lidské chyby a zároveň dokázaly šetřit čas.

Koncem 50. let vznikl obor lékařské kybernetiky. Kybernetika využívá metodu analogie – poznání struktury a chování sledovaného systému na základě poznatků o struktuře a chování podobných systémů. Dále metodu modelování – slouží k poznání struktury a chování na základě modelu, který napodobuje podstatné vlastnosti a metodu černé schránky² – heuristické působení na systém nejrůznějšími podněty, což umožňuje určit strukturu systému. Lékařská kybernetika využívá technických prostředků ke zkoumání lidského organismu za fyziologických i patofyziologických podmínek. Mimo jiné podporuje lékařské rozhodování při diagnostice a plánování terapie.

2.2. 60. a 70. léta

V 60. letech byly vytvořeny první diagnostické a rozhodovací modely (počítače dostatečně rychlé a výkonné), první úspěšné pokusy o zpracování informací pro potřeby organizace diagnostiky procesu a terapeutické péče, což vedlo k budoucímu vytvoření informačních systémů.

V 70. letech došlo k uvedení prvních velmi úspěšných projektů, které monitorovaly pacienty (komplexní zpracování EKG).

¹ Principem bylo vložení děrného štítku do stroje. Při každém čtení otvoru došlo ke spojení kontaktů obvodu, na což reagovalo elektromagnetické počítadlo přičtením jedničky. Poprvé byl Hollerithův štítek použit na sčítání lidí.

² Na základě odpovědi systému se usuzuje o jeho struktuře.

2.3. 80. léta

Ve zdravotnictví se začaly uplatňovat střední a malé počítače – vytvoření sítí (ke konci dekády došlo téměř ve všech oblastech medicíny k dramatickému nárůstu uplatnění výpočetní techniky). Začaly se rozvíjet kódovací systémy, registry pacientů, expertní systémy a jejich uplatnění v diagnostice.

2.4. 90. léta a 21. století

V 90. letech 20. století jsou mikroprocesory prakticky ve všech moderních lékařských diagnostických i terapeutických přístrojích. Došlo k zefektivnění přenosu informací jak v rámci daného nemocničního zařízení (systém PACS), tak v rámci propojení širšího okruhu odborníků (internet).

Jednou z nejnovějších metod je tzv. telemedicína. Jde o komplexní integraci monitorovacích, informačních a řídicích systémů. Dálkové monitorování slouží pro přesné měření patientských dat a jejich odesílání či vyhodnocování v reálném čase. Jako příklad lze uvést měření zdravotního stavu sportovce při vrcholném výkonu nebo diagnostiku a přenastavení implantovaného kardiostimulátoru odborníkem přes internet.

3. Informační systémy

Informační systém je soubor technických a programových prostředků. Tyto prostředky umožňují více uživatelům (mající vztah k činnosti organizace, zařízení či skupině lidí) současně sběr, zpracování a zobrazení informací. Uživatelem IS je osoba s pravomocí k přístupu ke všem informacím nebo jen jednotlivým částem. Může do IS zaznamenávat nebo měnit informace dle předem daných pravomocí.

Hlavním cílem IS ve zdravotnictví je *získávání, uchovávání, přenášení a zpracování* velkého množství informací.

Ústřední jednotkou nemocničního IS je lékařský záznam, který obsahuje veškeré informace týkající se zdravotního stavu nemocného získané během každé návštěvy lékaře či hospitalizace. Jeho nezbytnou součástí jsou krom administrativních dat, také informace o předchozím stavu/ nemocech (anamnéza), laboratorní a další výsledky prodělaných vyšetření a záznamy o podaných lécích. V České republice se snaha o vytvoření centrálního registru pacientů (tzv. IZIP portál³) zatím příliš neuchytila, v zahraničí se však těší větší oblibě a usnadňuje/zefektivňuje tak léčbu a snižuje náklady.

Informační systémy jednotlivých nemocnic a zdravotnických zařízení obsahují nepřehledné množství dat a mohou dále sloužit jako databáze pro výzkumné účely (hodnocení účinnosti léčby), předvídání možných komplikací u určitých diagnóz či prevence onemocnění u věkových skupin.

³ Společnost IZIP měla vytvořit pro Všeobecnou zdravotní pojišťovnu portál, přes který by pojišťovna komunikovala s lékaři, nemocnicemi i se svými klienty. V lednu 2014 však byla jednání zastavena.

4. Expertní systémy

Expertní systémy jsou programy, které pomáhají zlepšit práci počítačů v různých oborech. V medicíně mají za úkol poskytovat rady, pomáhat rozhodovat či doporučovat řešení v konkrétních situacích. Pomáhají v generování poplachů a upozornění, kontrolují a plánují terapie, vyhledávají informace, rozpoznávají a interpretují snímky. Označují se také jako DSS (z angl. decision support systems.) Cílem je přenos informací od expertů (počítačů) k uživatelům.

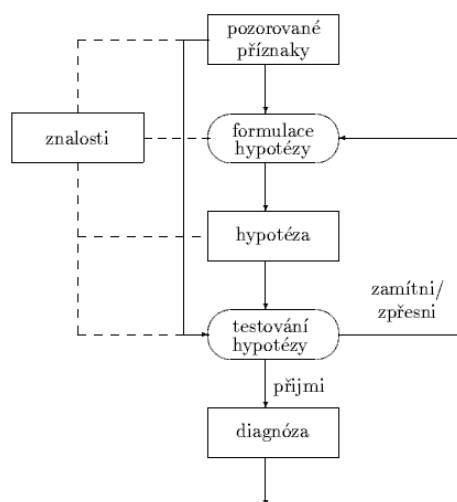
Expertní systémy patří do oblasti informačních systémů, vychází z výpočtů a návodů, tj. algoritmů. Skládají se ze dvou částí: *řídící mechanismus a báze znalostí*. Řídící mechanismus nebo také inferenční mechanismus je výkonná část systému, která přijme údaje od uživatele, zpracuje je a odvodí závěr. Báze znalostí zachycují praxi ověřené informace dané do širších souvislostí a ověřené expertem. V bázi znalostí je zapsáno velké množství údajů (od nejobecnějších ke konkrétním). Speciálními jsou soukromé znalosti – heuristiky. Jedná se o exaktně nedokázané znalosti, které expert získá v průběhu praxe a o nichž ví, že mu pomáhají v řešení určitých problémů. Sestavování báze znalostí je dlouhodobá záležitost kvůli tomu, jak jsou znalosti získávány a to: od experta, analýza již napsaných textů nebo získávání dat a jejich realizace

4.1. Rozdělení systémů podle charakteru

Z hlediska charakteru řešené úlohy, lze expertní systémy rozdělit na tři základní systémy: *diagnostické, plánovací a hybridní*.

Diagnostické systémy se specializují na zjištění, která z cílových hypotéz se nejvíce shoduje s konkrétní situací. Řešení konkrétního problému spočívá v postupných změnách jednotlivých závěrů. Vlastní struktura předpokladů, hypotéz a cílů je zadána expertem.

Příklad: uživatel zadává příznaky onemocnění pacienta a expertní systém určuje typ onemocnění.



Obrázek 1 – Diagnostické úlohy

Plánovací systémy jsou podobné diagnostickým. Rozdíl je však v tom, že u plánovacího systém nehledáme řešení, ale nejvhodnější cestu. Tyto systémy mají využití v snižování nákladů na léčbu, krizové plánování a také v předvídání možných komplikací.

Příklad: uživatel zná pacientovu diagnózu a chce ho vyléčit, proto hledá nejvhodnější cestu.

Hybridní expertní systémy částečně kombinují předchozí metody. Tento systém se využívá u počítačového modelování – umělé neuronové sítě⁴.

Výhody použití expertních systémů: reprodukovatelnost expertízy, snížené náklady na provedení expertízy a rychlá dostupnost.

Limity: chybějí přesné testující procedury a neefektivní techniky získávání znalostí.

4.2. Konkrétní příklady expertních systémů

4.2.1. GIDEON (Global Infectious Diseases Epidemiology Network)

Vznikl v roce 1995 jako celosvětová databáze infekčních nemocí. Dnes funguje jako online aplikace na internetu, která je pravidelně aktualizována. Je nápomocná v rozhodování ohledně tropických nemocí, infekčních, epidemiologických a mikrobiologických onemocnění a to v různých koutech světa. Pro lékaře je nápomocná v tom, že díky ní mohou diagnostikovat ojedinělá onemocnění a získávat informace o jejich léčbě.

4.2.2. HELP (Health Evaluation through Logical Processes)

Systém HELP se používá ke správné diagnostice a péči o pacienty. Odhaluje špatně předepsané léky, je schopen rozpoznat infekce získané až v nemocnici a dokáže doporučit léčbu, které bude nejen finančně nenákladná, ale i s co nejmenším rizikem

4.2.3. PEPID (Portable Emergency Physician Information Database)

PEPID nalezne diagnózy, způsoby léčby, databáze léků a jejich správné dávkování, ale také nežádoucí reakce i indikace a kontraindikace jejich podání.

Existují i expertní systémy, které jsou určeny pro ambulantní praxi a to např. PC doktor, Amicus, Medicus, Smart medix a další. Programy se soustředí na problematiku administrativy v lékařství – sledují náklady, ukládají výsledky vyšetření či vedou kartotéku pacientů. Vůbec se nezabývají diagnostikou či léčbou.

⁴ *Neuronové sítě – výpočetní model užívaný v umělé inteligenci. Odpovídá biologickým strukturám. Umělá neuronová síť je struktura pro distribuované paralelní zpracování dat. Skládá se z umělých neuronů. V lékařství slouží ke zkoumání nervových soustav živých organismů.*

4.2.4.NEST

Program NEST vytvořený v roce 2003 je prázdný expertní systém – systém bez bází znalostí. Až po vytvoření báze znalostí lze používat plnohodnotný systém. Program navazuje na systém SAK⁵ (Systém automatizovaných konzultací). Program je určen pro akademické účely, nikoliv pro komerční užití. Do programu lze nahrávat existující báze znalostí, vedení konzultace (způsob získávání dat od uživatele), vyhodnocení výroku a vysvětlení závěrů.

The screenshot shows a window titled "Dotaz - Cesky.xml". The main text asks: "Byla u Vás zjištěna hypertenze?". Below this, a text box explains: "Hypertenze = zvýšený krevní tlak. Za zvýšený krevní tlak se považují hodnoty vyšší než 140/90 mm rtuťového sloupce, pokud trpíte cukrovkou, pak hodnoty krevního tlaku vyšší než 130/85 (stačí, pokud je vyšší i jen jedna hodnota). Pozor! Pokud užíváte léky na snížení krevního tlaku, odpovězte "určitě ano" bez ohledu na současnou hodnotu krevního tlaku." At the bottom, there is a form with "Ano" and "Váha" labels, a text input field, and a range selector for "Zadejte váhu pro "Ano" v rozmezí" with values "-1" and "1". On the right side, there are several buttons: "Proč", "Průběžné výsledky", "Uložit odpovědi", "Jistě ano", "Irrelevantní", "Jistě ne", "Neznámý", "Odložit odpověď", and "Potvrdit odpověď" (with a green checkmark icon).

Obrázek 2 – NEST – příklad dotazu

The screenshot shows a window titled "Výsledky - Cesky.xml". It displays a table of results under the heading "Výroky". The table has columns: "Jméno", "Min váha <", "Max váha", "Stav", and "Druh". The data rows are:

Jméno	Min váha <	Max váha	Stav	Druh
Velmi riziková skupina	0,999	0,999	finální	cíl
Nizková skupina	-1,000	-1,000	finální	cíl
Mírně riziková skupina	-1,000	-1,000	finální	cíl
Středně riziková skupina	-1,000	-1,000	finální	cíl

Below the table, there are several controls: "Zobrazovat" with radio buttons for "Cíle" (selected), "Všechny výroky", "Zobrazovat" with radio buttons for "jen kladné", "jen záporné", and "vše" (selected). There are also buttons for "Úprava odpovědi", "Jak", "Export výsledků", "Uložit odpovědi", and "Zavřít". A "Komentář" section on the right contains a text area with the text: "Co nejdříve vyhledejte odborného lékaře a konzultujte s ním svůj zdravotní stav."

Obrázek 3 – NEST – výsledek konzultace

⁵ SAK byl vyvinut na VŠE v polovině 80. let.

4.2.5. AtherEx⁶

Tento expertní systém (vytvořený v roce 2004, novelizován 2008) slouží k určení rizika aterosklerózy na základě informací o způsobu života, rodinné anamnéze a osobní anamnéze. Není třeba žádné lékařské vyšetření. Výsledkem konzultace je zařazení konzultované osoby do jedné ze skupin neriziková, velmi riziková, mírně riziková a středně riziková skupina. Systém u skupin vypisuje číselný údaj, který značí, s jakou „jistotou“ se systém rozhodl (čím vyšší hodnota, tím větší jistota). Výsledné sdělení má pouze informativní charakter a je třeba jej zkonzultovat s lékařem.



The screenshot shows the AtherEx system interface. At the top, there is a blue header with the text "AtherEx Systém pro určování rizika výskytu aterosklerózy" and the EuroMISE logo. Below the header, the question "Byla u Vás zjištěna hypertenze?" is displayed. The text explains that hypertension is defined as a blood pressure higher than 140/90 mm Hg, or higher than 130/85 mm Hg if the patient has diabetes. It asks the user to answer "určitě ano", "určitě ne", "asi ano", "asi ne", or "Nevím".

Byla u Vás zjištěna hypertenze?

Hypertenze = zvýšený krevní tlak. Za zvýšený krevní tlak se považují hodnoty vyšší než 140/90 mm rtuťového sloupce, pokud trpíte cukrovkou, pak hodnoty krevního tlaku vyšší než 130/85 (stačí, pokud je vyšší i jen jedna hodnota). Pozor! Pokud užíváte léky na snížení krevního tlaku, odpovězte "určitě ano" bez ohledu na současnou hodnotu krevního tlaku.

Obrázek 4 – Práce se systémem AtherEx



The screenshot shows the AtherEx system interface displaying the results of a consultation. The header is the same as in the previous screenshot. Below the header, the text "Výsledky" is displayed. The results are shown in two columns: "Patříte do skupiny" and "Doporučení". The results are "Velmi riziková skupina" and "Co nejdříve vyhledejte odborného lékaře a konzultujte s ním svůj zdravotní stav." Below the results, there is a note explaining that the system cannot decide based on "Nevím" answers and that the user must refine their answers. At the bottom, there is a button "Ukončit konzultaci".

Výsledky

Patříte do skupiny	Doporučení
Velmi riziková skupina	Co nejdříve vyhledejte odborného lékaře a konzultujte s ním svůj zdravotní stav.

Pokud se Vám zobrazily všechny skupiny, znamená to, že jste příliš často odpovídali nejistě (odpověď „Nevím“) a systém tudíž nemůže na základě Vašich odpovědí rozhodnout. Abyste získali konkrétní skupinu, musíte Vaše odpovědi upřesnit.

Zde si můžete prohlédnout či pozněnit Vaše [odpovědi](#), které vedly systém k tomuto závěru.

Obrázek 5 – AtherEx – výsledek

⁶ Data byla shromažďována po několik let (1976–1999), studovaly se rizikové faktory vedoucí ke vzniku aterosklerózy u mužů středního věku. Jedná se o český expertní systém.

4.3. Další nástroje pro počítačovou podporu lékařské diagnostiky

Počítačem podpořená diagnostika je rozrůstající se odvětví medicíny zahrnující zejména moderní diagnostické metody jako jsou rentgen, počítačová tomografie (CT), zobrazování magnetickou rezonancí (MRI) a ultrazvuk. Obrovské množství dat klade velké nároky na personál při jejich zpracování, proto přichází vhod polo či plně-automatizované systémy pro vyhodnocení snímků a odhalení lézí, tumorů či dalších malignit. Typickým příkladem je uplatnění při screeningu rakoviny prsu (mamografie) a rakoviny plic. Při počítačovém zpracování obrazů jsou aplikovány nejmodernější algoritmy pro potlačení šumu, segmentaci a klasifikaci.

5. Závěr

Možnosti uplatnění výpočetní techniky ve zdravotnictví jsou neomezené, ne vždy jsou však dostatečně efektivní. Hledání kompromisu mezi teoretickými možnostmi a praktickými aplikacemi činí problém.

Digitalizace veškerých medicínských dat spolu s jejich relativně snadnou dostupností představují výzvu pro nově nastupující informační systémy využívající data-mining.

Medicínské databáze obsahují velké množství zatím nevyužitých dat, doufejme, že se je podaří v blízké budoucnosti využít pro zlepšení zdravotní péče.

6. Použitá literatura

- KASAL, P., SVAČINA Š. *Lékařská informatika*. Praha: Karolinum, 1998. ISBN 80-7184-594-9.
- MAŘÍK, V., ŠTĚPÁNKOVÁ O., LAŽANSKÝ, J. *Umělá inteligence 3*. Praha: ACADEMIA, 2001, ISBN 80-200-0472-6.
- BERKA, P. *Tvorba znalostních systémů*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 9788070796764.
- DVOŘÁK, M. *Přednášky předmětu Zdravotnické informační systémy*, Brno: FEKT VUT v Brně, 2010.
- FENTON J.J., Taplin S.H., Carney P.A., et al. *Influence of computer-aided detection on performance of screening mammography*. The New England Journal of Medicine, 2007. ISSN 356(14):1399-409.
- Diagnostické expertní systémy pracující s určitými informacemi. *Expertní systémy* [online]. 2006 [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://milost.wz.cz/umi/referat/diag1.html>
- Neuronová síť. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Neuronov%C3%A1_s%C3%AD%C5%A5
- Zdravotnictví, medicína. *EHealth a telemedicína: Expertní systémy v péči o zdraví* [online]. 23.9.2013 [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/mlada-fronta-zdravotnicke-noviny-zdn/ehealth-a-telemedicina-expertni-systemy-v-peci-o-zdravi-10-dil-472086>