proLékaře.cz | 19.11.2026

Přehledový článek
Review Article

Přehled expertních systémů v medicíně a ve stomatologii

(Přehledový článek)

Review of the Expert Systems in General Medicine and Dentistry

(Review Article)

PRAKTICKÉ ZUBNÍ LÉKAŘSTVÍ, ročník 65, 2017, 1, s. 3-7

Šedivá E., Hart L., Dostálová T.

Stomatologická klinika dětí a dospělých 2. LF UK a FNM, Praha

SOUHRN

Předmět sdělení: Vývoj expertních systémů (ES) trvá již přes čtyřicet pět let a za tu dobu se postupně vyvíjí, mění tvář a objevuje se jejich využití napříč celou naší společností. Expertní systém od sedmdesátých let postupně expandoval v první řadě do lékařské informatiky, která v posledních letech roste na významu, a to především pro vysokou strukturovanost lékařských znalostí. Cílem expertních systémů je řešit situace za fyzické nepřítomnosti experta – člověka. Lidský expert je avšak naprosto esenciální článek během jejich vývoje, neboť právě on definuje jejich znalostní bázi (knowledge base), bez které by nemohl expertní systém sám nic rozhodovat. Odtud plyne jejich další zařazení mezi tzv. programy na podporu lékařského rozhodování – „Decision support systems".
Mezi nejznámější expertní systémy všeobecné medicíny patří DENDRAL (vznikl jako první v počátečním vývoji a dodnes se užívá), dále MYCIN (byl určen k rychlému určení typu bakteriální infekce a navrhoval vhodnou léčbu antibiotiky), PUFF, ONCOCIN (byl určen k řízení léčby pacienta na jednotce onkologické péče), INTERNIST-1 (patří mezi jeden z vůbec nejrozsáhlejších expertních systémů v historii, jeho náplní bylo pokrýt znalostmi celou oblast vnitřního lékařství, jeho modifikace byla přejmenována na CADUCEUS). Část těchto expertních systémů se již v praxi nevyužívá, ale na základě jejich modifikace fungují nové ES.
Závěr: Využití expertního systému na poli stomatologie nemá bohužel takovou historii jako ve všeobecné medicíně a je na samotném začátku vývoje. Avšak nové systémy, které se začínají vytvářet nebo teprve budou vytvořeny, čerpají ze základů a modifikací starších expertních systémů. Vzhledem k vysokému technickému vývoji lidstva je nutná implantace těchto expertních systémů do klinického využití stomatologie.
Klíčová slova: ***expertní systém – báze znalostí – inferenční mechanismus – medicína založená na důkazech – DENDRAL – programy na podporu rozhodování***

SUMMARY

The aim of Study: Development of expert systems (ES) has been going on for over 45 years and in the course of time gradually evolving, changing the face and appears in its use across our company. Expert systems from the 70s gradually expanded primarily in medical informatics, which in recent years is growing in importance, especially for high structuring of medical knowledge. The aim of expert systems to solve the situation in the absence of an expert – a man. The human expert but is absolutely essential cell during development, since he defines their knowledge base (knowledge base), without which the ES could not decide alone. Hence their inclusion among the so-called next Programs to support medical decisions – „Decision Support Systems".
Among the most famous expert systems include general medicine DENDRAL (it was the first expert system in the initial development and today it is used), as well as MYCIN (was designed to quickly iden-

proLékaře.cz | 19.11.2026

PRAKTICKÉ ZUBNÍ LÉKAŘSTVÍ, ročník 65, 2017, 1, s. 3–7

tify the type of bacterial infection and suggest appropriate treatment with antibiotics), PUFF, ONCOCIN (was designed to manage patient treatment Cancer Care unit), INTERNIST-1 (is among one of the largest ever expert systems in history, his role was to cover the entire area of knowledge of internal medicine, a modification was renamed the CADUCEUS). Part of these expert systems are already in practice is not used, but their modification of the ES function in new ES.
Conclusion: The use of expert systems in the field of dentistry has, unfortunately, such as history in general medicine and is at the very beginning, but new systems that are beginning to produce or yet to be developed, drawing on the foundations of a modification of the older expert systems.
Keywords*: expert system – knowledge – based system – inference mechanism – evidence-based medicine – DENDRAL – decision support system*

Prakt. zub. lék., roč. 65, 2017, č. 1, s. 3-7

ÚVOD

Historie

Umělá inteligence (artificial inteligence) je poměrně mladá vědní disciplína, která zahrnuje postupy a algoritmy, jež ve svém důsledku vedou k určitému napodobení projevů inteligentního chování člověka [12]. Definice podle Minského zní: „Umělá inteligence je věda o vytváření strojů, nebo systémů, které budou při řešení určitého úkolu užívat takového postupu, který bychom považovali za projev jeho inteligence, kdyby ho používal člověk“ [15]. ,,Znalosti mohou mít charakter exaktní (fyzikální zákony, teorémy), nebo mohou být tvořeny heuristickými poznatky, které nejsou podloženy hlubší teorií, avšak velmi často přispívají k nalezení řešení“ [12].

V sedmdesátých letech se ukázalo, že univerzálnost systémů a schopnost odvozovat bez zvažování specifických problémů (typické pro většinu komunity umělé inteligence) je hlavní slabinou univerzálních systémů. Převládá všeobecná shoda, že obecné metody jsou příliš slabé pro řešení vysoce specializovaných úloh, které jsou však efektivně řešeny specialisty – experty [4].

Na přelomu sedmdesátých a osmdesátých let se začal používat pojem expertní systém. Expertní systémy mohly fungovat a dodnes fungují na kvalitě znalostí, které čerpají u experta v dané oblasti, v našem případě v medicíně. V průběhu vývoje expertního systému od počátku sedmdesátých let došlo ke změnám jeho pojetí a zpřesnění definice. Na počátku měli především odborníci až nereálná očekávání od této vědní disciplíny, která mohla negativně ovlivnit jejich vývoj. V celé škále oblastí se objevilo tisíce systémů, z nichž téměř polovina je zaměřena na medicínskou oblast. Možná proto, že medicína patří mezi oblasti, které se vyznačují vysokou strukturovaností. Pokus o zmapování a zhodnocení expertních systémů byl na trhu realizován již v roce 1986 [18].

Vývoj expertních systémů

Rozlišujeme doposud čtyři chronologické etapy

- Počáteční fáze (1965–1970) – DENDRAL, MACSYMA
- Etapa výzkumných prototypů (1970–1975) – MYCIN, PROSPECTOR, HEARSAY-II
- Etapa expertního nasazování (1997–1981) – PUFF, SACON, ONCOCIN, HEADMED, CLOT, AL/X, HASP, INTERNIST, CADUCEUS
- Etapa komerčně dostupných systémů (1981 až současnost) – XCON, XSEL, DIPMETER, ADVISOR

Struktura a charakteristické rysy expertních systémů

Na ES lze pohlížet jako na černou skříňku s určitými vstupy a výstupy. Vstupem jsou uživatelem zadaná fakta, výstupem pak expertiza v podobě rady či doporučení. Za přeměnou vstupů na výstupy stojí znalosti a mechanismus schopný s těmito znalostmi pracovat. Proces generování expertizy se označuje jako inference. Každý ES se skládá z báze znalostí a inferenčního mechanismu. **Báze znalostí** – je datová struktura obsahující veškeré znalosti experta potřebné k řešení daného problému. Její součástí mohou být nejen znalosti exaktně dokázané, ale rovněž i znalosti nejisté, označované jako tzv. heuristiky. **Inferenční mechanismus** – představuje programový modul, který udává strategii využívání znalostí z báze znalostí.

Mimo tyto složky ES obsahuje další komponenty – **vysvětlující modul** (komponenta umožňující zdůvodnit postup systému při odvozování) a **komunikační modul** (modul zabezpečující komunikaci systému s uživatelem a poskytující informace z báze znalostí, zdůvodnění či vysvětlení) [6].

Expertní systémy jsou počítačové programy, simulující rozhodovací činnosti experta při řešení

proLékaře.cz | 19.11.2026

PRAKTICKÉ ZUBNÍ LÉKAŘSTVÍ, ročník 65, 2017, 1, s. 3-7

složitých úloh a využívající vhodně zakódovaných, explicitně vyjádřených speciálních znalostí, převzatých od expertů, s cílem dosáhnout ve zvolené problémové oblasti kvality rozhodování na úrovni experta [5]. Podle Berky existují jisté rysy, kterými lze charakterizovat většinu ES. Oddělení báze znalostí od inferenčního mechanismu – díky tomuto rysu lze vytvářet problémově nezávislé (prázdné) ES, u nichž může jeden inferenční mechanismus pracovat s různými bázemi znalostí [2].

ES má i svá omezení při možnostech řešení zadané úlohy. Ve své podstatě modeluje způsob, jakým řeší danou úlohu právě expert. Opírá se o jeho znalosti dané oblasti a o heuristiky, které při řešení používá. Významným kritériem pro výběr způsobu řešení je složitost úlohy. Avšak stejně jako se může mýlit expert-člověk, tak se může mýlit expertní systém. Podle řešení úloh v medicíně dělíme ES na analytické, syntetizující a smíšené. Lze je rozdělit také podle řešení úloh na diagnostické, plánovací, hybridní.

Diagnostické systémy

Jsou určeny pro efektivní interpretaci dat s cílem určit, která z hypotéz (hypotézy jsou předem stanoveny) nejlépe koresponduje s aktuálními daty [13]. Nejtypičtější příklad je stanovení diagnózy pacienta na základě jeho subjektivních obtíží, čímž jsou dána možná řešení, a jedno z nich systém zvolí [10].

Plánovací expertní systémy

Plánovací ES jsou určeny pro řešení takových úloh, kdy je znám stav počátečního objektu a cíl řešení. Systém má, s využitím dat a zadání, nalézt posloupnost povolených kroků (operátorů), kterými lze cíle dosáhnout. Základním problémem umělé inteligence není odhalení velkého množství znalostí ve tvaru, který by dovoloval jejich efektivní využívání a interakci [7]. Klade větší důraz na znalosti než na mechanismus jejich využívání. Vznikají tak systémy, které jsou založeny na kvalitě, rozsahu a reprezentaci znalostí – expertní systémy. Pro termín expertní systém máme synonymum znalostní systém (knowledge-based system).

KLINICKÉ VYUŽITÍ ES V MEDICÍNĚ A STOMATOLOGII

Oblast lékařské informatiky a její důležitost v posledních letech významně pokročila, což je způsobeno rozvojem informačních technologií a rovněž novými programovacími jazyky, které se dané problematice věnují. Práce lékaře se mění ze zcela individuálního pojetí na pojetí týmové spolupráce, která se opírá o stále se zužující specializace. Cílem znalostního systému je pomocí lékaře řešit otázky spojené s poznáním a podílet se na určení diagnózy, terapie a prognózy.

Rozhodování v medicíně se dělí na dva základní typy znalostí:

1. Vědecké znalosti (poznání podstaty problémů a procesů biomedicínským výzkumem).
2. Empirické znalosti (zkušenosti lékaře, které získává při diagnostice a léčbě pacientů). Proces rozhodování za pomoci počítače je možné exaktně popsat, na rozdíl od činnosti lidského mozku.

Přehled expertních systémů v medicínské oblasti

DENDRAL – účelem tohoto systému je pomáhat identifikovat chemické sloučeniny na základě spektrografických dat. Tento systém byl vyvinut na Stanfordské univerzitě (USA) v letech 1965–1969 a dodnes se užívá [3].

MYCIN – byl vyvinut ve SRI (Stanford Research Institute, USA). Na základě jednoduše dostupných dat měl rychle určovat typy bakteriální infekce, kterými by mohl být postižen pacient. Navrhuje vhodnou léčbu antibiotiky tak, aby se stav pacienta stabilizoval do doby, než jsou dokončena laboratorní vyšetření, která jsou časově náročná. Význam tohoto systému není tak důležitý na poli medicínském jako na poli vývoje expertního systému. Modifikace tohoto systému se užívají dodnes u nových systémů.

PUFF – tento ES poskytuje konzultace, týkající se možných příčin obstruktivních potíží dýchacích cest. Systém byl realizován na základě využití kostry programu EMYCIN (prázdný expertní systém) [1].

ONCOCIN – je určen k řízení léčby pacienta na jednotce onkologické péče.

INTERNIST-1 – byl vyvíjen s cílem pokrýt znalostmi celou oblast vnitřního lékařství a je považován za jeden z vůbec nejrozsáhlejších expertních systémů v historii. V pozdějších letech byl modifikován a byl přejmenován na CADUCEUS. Tento systém by měl údajně obsáhnout až 85 procent veškerých znalostí z vnitřního lékařství [14].

Přehled expertních systémů ve stomatologii

V oboru stomatologie došlo k velkému rozvoji během posledních patnácti let; jednotlivé části se profilují a zároveň se od sebe vzdalují. Přesto existuje komplexní propojení mezi endodoncií, ortodoncií, maxilofaciální chirurgií, pedostomatologií, parodontologií a implantologií. Stomatologie stále

proLékaře.cz | 19.11.2026

PRAKTICKÉ ZUBNÍ LÉKAŘSTVÍ, ročník 65, 2017, 1, s. 3–7

častěji objevuje využití expertního systému, který je založen na znalostech specialistů a na počítačových softwarech, které umožní převedení znalostí experta do programu pomáhajícího v diagnostice, prevenci a plánování léčby; mohou tím vést ke zlepšení kvality života pacientů.

V roce 2001 byl ve Švédsku publikován Robertsonem a Norenem znalostní systém k strukturovanému vyšetření, diagnostice a navržení terapie u traumat zubů. Andreasen ve své studii z roku 1990 udává zvýšenou prevalenci traumat zubů v posledních deseti až dvaceti letech. Zranění v orální oblasti je druhá nejčastěji poraněná část celého těla u předškolních dětí a čtvrtá u osob ve věku sedm až třicet let. Tento systém byl navržen pro zlepšení kvality péče u úrazů zubů a měl výrazně snížit chyby při jejich léčbě. K programovému vývoji znalostního systému byl použit komerčně dostupný program XpertRule (Tatar, Londýn, Velká Británie). Mezi hlavní části a přednosti tohoto programu patří struktura v prohlížení náhledu, vlastnosti zobrazení, náhled do jednotlivých kazuistik a rozdělení do programového stromu. Zobrazení struktury programu umožňuje zasahovat jak do jednotlivých částí a jejich prověřování, tak i celku. Knowledge-based system se skládá z anamnestického modulu, kde lze podrobně sledovat osobní, rodinnou a alergickou anamnézu. Další části jsou moduly pro extraorální a intraorální vyšetření, které mají čtyři modifikace – stálý, dočasný, luxovaný a subluxovaný [16].

Elektronický systém pro záznam dat a automatické stanovení diagnóz u onemocnění temporomadibulárního kloubu byla vytvořena v aplikaci MUDR KB editor. Na těchto základech byla vytvořena relační databáze a samotná uživatelská záznamová aplikace v programech MUDR EHR a MUDR LITE. Bylo použito klasifikační diagnostické schéma Academy of Orofacial Pain (AAOP). Systém stanovil pravděpodobnou diagnózu onemocnění TMK na základě typických dat zaznamenaných do elektronického formuláře při vyšetření [9].

V roce 2013 popsal možnosti využití ES v diagnostice čelistních cyst Mahdian a kol., kde na základě pozorování klinických zkušeností byla stanovena diferenciální diagnostika ES. Bylo sledováno patnáct markerů (subjektivní obtíže, objektivní nález, rtg nálezy, vztah útvaru ke korunce a radixům zubů atd.). Návrhy diagnózy a terapie za pomoci ES byly porovnávány s výsledky histologického vyšetření. Systém formou návrhu diferenciální diagnostiky stoprocentně podchytil výskyt cyst s jednoznačným klinickým obrazem. Ostatní útvary, jako byla keratocysta, ameloblastom či obrovskobuněčný granulom, které byly potvrzeny histologicky, navrhl systém jen ve 33,3 % [11].

DISKUSE

Budoucnost expertních systémů

Vysoká univerzálnost a potenciálně široké aplikační možnosti jsou stimulujícím faktorem pro budování ES. Báze znalostí je stále častěji vnímána jako organizovaný soubor utříděných špičkových znalostí příslušné problémové oblasti, přičemž již samotný proces jejich tvorby přispívá k utřídění znalostí.

Nedostatky expertních systémů

Při komunikaci uživatele s expertním systémem je nezbytná přítomnost fundovaného technického pracovníka [13]. Podle Hayese-Rotha mezi nejzávažnější nedostatky ES patří – úzká oblast expertizy, nedostatek znalostí o vlastních možnostech a omezeních, využívání povrchních a málo strukturovaných znalostí, příliš jednoduchý řídicí mechanismus. Dále pak omezené jazykové prostředky pro vyjadřování faktů a znalostí a příliš stylizované prostředky komunikace. Nedostatkem jsou i omezené vysvětlovací schopnosti a neschopnost pomoci či rady při základním návrhu struktury báze znalostí [13]. Pokud se na tvorbě báze znalostí podílí větší počet expertů, je nezbytné, aby jeden z nich koordinoval znalosti získané od různých expertů, a zabezpečoval tak jejich konzistenci a dokonalý výsledek.

Přínos a význam expertních systémů

V praxi se ES využívá k počítačovému řešení úzce vymezených úloh. Technologie jednoduchých diagnostických expertních systémů, které využívají heuristické znalosti, je v podstatě zvládnuta. Vývoj ES staví pracovníky v oblasti umělé inteligence před nové teoretické problémy, jejichž řešení přináší podklady pro konstrukci nových generací ES. Existence ES přispívá k výchově budoucích uživatelů a tvůrců. Vývoj ES vede od poměrně jednoduchých systémů první generace, využívajících pouze jeden typ reprezentace znalostí a nepříliš komplikovaný řídicí mechanismus, k expertním systémům druhé a vyšší generace. Výrazně větší využívání hloubkových znalostí by přineslo kvalitativní skok v možnostech řídicího mechanismu i vysvětlovacího subsystému, a tudíž i v celkové efektivnosti ES. Na základě vlastních zkušeností vznikají systémy, které jsou schopny při konzultaci měnit strukturu znalostí. Bezprostřední propojování či integrace ES s vnějším prostředím je dalším

proLékaře.cz | 19.11.2026

PRAKTICKÉ ZUBNÍ LÉKAŘSTVÍ, ročník 65, 2017, 1, s. 3-7

přirozeným směrem vývoje v oblasti expertního systému [13].

Perspektiva expertních systémů

ES umožňují zvýšenou dostupnost expertizy. Provoz je možný na libovolném počítači, kde byl ES instalován. Pomocí něj jsou sníženy provozní finanční náklady; cena práce počítače je nižší než cena práce experta. Znalosti uložené v ES jsou použitelné trvale a mohou zahrnovat poznatky celého expertního týmu. Je zaručena objektivita expertizy a přesná dokumentace. Úplnost expertizy nepodléhá emocím, únavě či stresu. To vše se podílí na příslibu úspěšné budoucnosti ES [6].

ZÁVĚR

Medicína založená na důkazech (EBM) je vědomé, zřetelné a soudné používání nejlepších současných důkazů při rozhodování v péči o jednotlivé pacienty [17]. Budoucnost efektivnější medicíny shledáváme právě v zanesení těchto informací do expertního systému a systémů na podporu rozhodování. Jelikož na tvorbě EBM se podílí experti jednotlivých oborů, dochází tak k dokonalé kumulaci nejlepších postupů, pokud jde o vyšetření, návrhu terapie a samotné léčby.

LITERATURA

1. **Aikins, J. S., Kunz, J. C., Shortliffe, E. H. , Fallat R. J.:** An expert system for interpretation of pulmonary function data. Computers Biomedical Res., roč. 16, 1983, s.199–208.
2. **Berka, P.:** Expertní systémy. Praha, Vysoká škola ekonomická, 1998, 160 s. ISBN 80-7079-873-4.
3. **Feigenbaum, E. A., Buchanan, B. G., Ledeberg, J.:** On generality and problem solving: a case study Usány DENDRAL Program. In: Meltzer, B., Michle, D. (eds.), Machina Inteligence 6. Edinburgh University Press, Edinburgh, 1971, Edinburgh University Press, 1971. 165–190 s. ISBN10: 085224195X ISBN 13: 9780852241950.
4. **Feigenbaum, E. A.** The art of artificial intelligence: I. Themes and case studies of knowledge engineering, in Proc. IJCAI-77, Cambridge, 1977, s. 1014–1029.
5. **Feigenbaum, E. A., McCorduck, P., Penny Nii, H.:** The rise of the expert company: how visionary companies are using artificial intelligence to achieve higher productivity and profits. New York, Times Books, 1988, ISBN 10: 0812917316 ISBN 13: 9780812917314.
6. **Giarratano, J. C., Riley, G.:** Expert system – principles and programming. 3rd ed., PWS Publishing, Boston, MA, 1998, 288 s. ISBN-10: 0534384471.
7. **Goldstein, I. P., Pápery, S.:** Artificial inteligence, language and the study of knowledge. Cognitive Science, roč. 1, 1977, s. 1–21.
8. **Gates-Roth, F., Waterman, D. A., Lenat, D. B.:** Building Expert System. Reading, Massachusetts. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1983, s. 3–29. ISSN: 0950-7051.
9. **Hippmann, R., Dostálová, T., Zvárová, J., Nagy, M., Seydlova, M., Hanzlícek, P., Kriz, P., Smidl, L., Trmal, J.:** Voice supported health rekord for temporomanidular point disorders. Methods Inf. Med., roč. 49, 2010, č. 2, s. 168–172.
10. **Kasal, P., Svačina Š.:** Lékařská informatika. Praha, Karolinum, 1998.
11. **Mahdian, N., Dostalova, T., Feberová, J., Hubáček, M.:** Možnosti využití expertního systému v diagnostice čelistních cyst. Čes. Stomat., roč. 113, 2013, č. 4, s. 52–56.
12. **Mařík, V., Štěpánková, O., Lažanský, J.:** Umělá inteligence 1. 1. vyd. Praha, Academia, 1993. 264 s. ISBN 80-200-0496-3.
13. **Mařík, V., Štěpánková, O., Lažanský, J.:** Umělá inteligence 2. 1. vyd. Praha, Academia, 1997. 373 s. ISBN 80-200-0504-8.
14. **Miller, R. A., Pople, H. E., Meyers, J. D.:** INTERNIST-I, an experimental computer-based diagnostic consultant for general internal medicine. NEJM, roč. 307, 1982, č. 8, s. 468–476.
15. **Minsky, M.:** Computation, finite and infinite machines. Prentice-Hall, Engelwood Cliffs, 1967, s. 317. ISBN-13: 978-0131655638.
16. **Robertson, A., Noren, J. G.:** Knowledge-based systém for structured examination, diagnosis and therapy in treatment of traumatised teeth. Dent. Traumatol., roč. 17, 2001 č.1, s. 5–9.
17. **Sackett, W. M. C., Rosenberg, J. A. M., Gray, R. B., Haynes, W., Richardson, S.** Evidence based medicine: what it is and what it isn't. BMJ, roč. 312, 1996, č. 7023, s. 71–72.

Studie byla podporována projektem MZČR 00064203 (FN Motol).

Korespondující autorka
Prof. MUDr. Tatjana Dostálová, DrSc., MBA
Stomatologická klinika dětí a dospělých
2. LF UK a FN Motol
V Úvalu 84
150 06 Praha 5
e-mail: tatjana.dostalova@fnmotol.cz