

Realizace a hodnocení znalostních systémů

12. prosince 2023

Znalostní inženýrství

Problematikou tvorby znalostních systémů se zabývá *znalostní inženýrství (knowledge engineering)*.

Znalostní inženýrství má mnoho společných rysů se softwarovým inženýrstvím. Odlišnosti se týkají typu, povahy a množství reprezentovaných znalostí.

U softwarového inženýrství se jedná o dobře definované algoritmické znalosti. Povahu a množství těchto znalostí potřebných pro řešení daného problému lze předem dobře odhadnout.

U znalostního inženýrství se jedná o extenzivní, nepřesné a špatně definované znalosti, jejichž povahu a množství lze předem velmi špatně odhadnout. To způsobuje potíže v počátečních etapách vývoje ZS při odhadu potřebného úsilí a při tvorbě návrhu.

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Předpoklady pro vytvoření znalostního systému

- Existují ve firmě těžko nahraditelní specialisté – nositelé know-how, na kterých je závislá prosperita firmy ?
- Je specialistů, které firma potřebuje ke svému úspěšnému fungování, málo a ti, které firma zaměstnává, jsou ustavičně přetěžováni pracovními povinnostmi ?
- Je cena práce určitých specialistů neúnosně vysoká a firma jich potřebuje – řekněme vzhledem k charakteru provozu – velký počet ?
- Jsou v určitých provozech těžkosti s dodržováním technologické disciplíny i v případě zodpovědného přístupu příslušných pracovníků?
- Zdá se, že by firma mohla snížit spotřebu vstupů, resp. eliminovat vznik odpadu, pokud by se podařilo přesněji dodržovat provozní disciplínu ?
- Jsou ve firmě ekologicky nebo zdraví škodlivé či rizikové provozy? (3)

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Povaha znalostí z analyzovaného procesu

- Jsou zručnosti, které používají specialisti, znalostmi, anebo jde o určité vrozené nadání (jako např. u provazolezců), nebo o určité tradice, popř. rodinným prostředím zprostředkovaný vkus (např. u foukačů uměleckého skla, architektů apod.) ?
- Dokážou si specialisti ze své oblasti osvojovat nové poznatky, resp. zvyšovat úroveň používání existujících znalostí i mimo vlastní praktické činnosti ? Navštěvují školení a kurzy ? Sledují odbornou literaturu ?
- Existuje v oblasti, které se specialisti věnují, přiměřená odborná literatura ?
- Mají poznatky specialistů své místo v některé oblasti vědy a techniky ? (Takové místo zatím nemá proutkařství, lidové léčitelství, astrologie apod.)
- Dokážou specialisté vysvětlit svoje profesionální rozhodnutí (například v situacích, kdy jsou voláni k zodpovědnosti za nějaký nezdar) ? (2)

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Výhody používání znalostního systému

- Výhodnost či nevýhodnost nasazení znalostního systému vyplývá z komplexního posouzení celkové situace podniku.
- Expert je člověk. Firma ho nemůže koupit, může si jen pronajmout jeho práci. Jestliže ale expert přenese svoje znalosti do znalostního systému, stává se tento systém nehmotným majetkem podniku i se všemi výhodami, které z toho vyplývají.
- Znalostní systém nepodléhá náladám, neovlivňuje ho psychická a fyzická kondice, je stejně "soustředěný" na každý problém, nevynechá z nepozornosti žádný krok expertízy a navíc není nikdy nemocný.
- Umělý systém je možné používat současně na více místech a na různé účely, čímž se zvýší jeho produktivita, ovlivňující míru návratnosti takové investice.
- Přístupná část expertových znalostí může být poskytnuta i neexpertovi.
- Nesporným přínosem je i možnost využívat expertní systém jako "trenažér". Tím, že je schopen zdůvodňovat svoje kroky a výsledky, může sloužit jako školicí nástroj pro méně zkušené pracovníky a zvyšovat jejich kvalifikační úroveň.
- V případě, že v podniku pracuje více specialistů, není vyloučena možnost jejich vzájemných konfliktů. Ty vyplývají z různých názorů na způsob řešení problémů. Znalostní systém vždy poskytuje jen standardizované řešení.

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Nevýhody používání znalostního systému

- Počítače mají především omezené uvažování. Jejich myšlení není kreativní, uvažují pouze v tendencích zadaných člověkem. Zatímco člověk se poměrně snadno přizpůsobuje novým podmínkám, u stroje je adaptace většinou daleko větším problémem.
- Znalosti a dovednosti člověka se s časem a získanými zkušenostmi vyvíjejí. Expertní nebo znalostní systém bude bez lidského zásahu i za dvacet let navrhopvat stejné postupy.
- Člověk má k diagnostikování problémů více smyslů, a tím i více podnětů. I maličkosti mohou experta někdy vést ke správnému výsledku (lehce třesoucí se ruce pacienta s žaludečními problémy mohou například dovést doktora až k myšlence na psychickou poruchu).
- I když jde o "myslící stroj", postrádá obyčejný lidský rozum. Každý z nás totiž během let nasbírání milióny informací, zkušeností a znalostí. Není možné všechny tyto znalosti předat počítači. Svět není pořád stejný a experti se občas dostávají do situace, se kterou tvůrci systému nepočítali. Člověk je pak přece jen lépe schopen vzniklou situaci řešit, nebo alespoň použitím zdravého rozumu vyloučit nesmyslné výsledky.

Životní cyklus znalostního systému

Model životního cyklu ZS kombinuje rychlé prototypování a inkrementální vývoj a obsahuje tyto etapy:

1. analýza problému
2. specifikace požadavků
3. předběžný návrh
4. počáteční (rychlé) prototypování a vyhodnocování (úprava)
5. konečný návrh
6. implementace (získávání a reprezentace znalostí)
7. validace a verifikace (testování)
8. změny návrhu
9. údržba

Etapy 1 – 5, resp. 4 – 5, a 6 – 8 se iteračně opakují pro návrh a realizaci jednotlivých částí (subsystémů) znalostního systému.

Analýza problému

Cílem analýzy je posoudit vhodnost aplikace znalostních technik pro řešení daného problému.

Kritéria pro toto posouzení mohou být rozdělena do dvou skupin:

- **vhodnost aplikace** – představuje zejména strategické hodnoty, taktické důležitosti, očekávané přínosy, složitost implementace a realizace, vhodnost a rizika realizace apod.
- **dostupnost zdrojů** – představuje analýzu jak materiálních, tak také lidských zdrojů

Trvání této fáze – v menších podnicích 3 – 9 měsíců, ve velkých 10 až 15 měsíců

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Vhodnost aplikace

1. Problém skutečně existuje ?
2. Jsou pro něj vhodné znalostní techniky ?
 - mohou být replikovány lidské znalosti řešení problému ?
 - jsou tyto znalosti převážně heuristického charakteru ?
 - jsou tyto znalosti dobře chápány a akceptovány ?
 - mění se často expertízy (nejsou konstantní) ?
 - jsou vstupní data nekompletní nebo nepřesná ?
 - je znalostní přístup k řešení lepší než jiné prostředky ?

Odpovědi na tyto otázky mají různou váhu a nemusejí být všechny kladné. Musejí být posuzovány jako celek s ohledem na konkrétní podmínky).

3. Je znalostní přístup oprávněný z hlediska nákladů a přínosů ?

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Dostupnost zdrojů

1. Má projekt manažerskou podporu ?
 - je na něj dostatek času ?
 - jsou k dispozici potřebné prostředky a školení ?
 - jaká je dostupnost expertů ?
2. Je podpora ze strany expertů ?
3. Jsou experti kompetentní ?
4. Jsou experti komunikativní ?
5. Jsou experti fyzicky dostupní ?
6. Jsou k dispozici ještě jiné zdroje znalostí ?

Struktura specifikace požadavků

1. Úvodní fáze

Charakteristika problému, profil uživatelů, cíle projektu.

2. Funkce znalostního systému

Vstupy a výstupy systému, pomocné funkce, implementační priority.

3. Omezení

Hardwarová omezení, externí rozhraní, kompatibilita s předchozími produkty, rychlost, spolehlivost, udržitelnost, bezpečnost, identifikace chyb.

4. Závěrečné požadavky

Metody validace a verifikace, požadavky na dokumentaci, jiné požadavky.

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Předběžný návrh

1. Výběr paradigmatu reprezentace znalostí
 - pravidla nebo logika – vhodné pro „mělké“ znalosti
 - struktury (rámce, sémantické sítě, objekty apod.) – vhodné pro hluboké a strukturně provázané znalosti
 - hybridní systémy – tam, kde je zapotřebí propojit strukturní znalosti se schopností inference
2. Výběr metod usuzování (souvisí s volbou reprezentace)
3. Výběr nástrojů (komerční nebo zákaznický systém ?)
4. Výběr lidských zdrojů (znalostní inženýři, vedoucí týmu, experti)
5. Požadavky na vývojový tým (dány zejména složitostí a rozsahem systému)

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Kritéria pro výběr komerčního systému (shellu)

1. Paradigma reprezentace znalostí a usuzování
2. Flexibilita –
uživatelsky definované funkce, externí routiny, vestavěné funkce, podpora datových struktur
3. Speciální požadavky –
časové usuzování, operace v reálném čase, zpracování neurčitosti, přístup k externímu softwaru, grafika, okna
4. Pomocné funkce –
editor znalostní báze, trasování, vysvětlování, testovací a verifikační pomůcky, grafická prezentace znalostní báze
5. Výkon
6. Podpora výrobce –
dokumentace, on-line help, podpora horkou linkou, školení, konzultace
7. Náklady

Rychlé prototypování

Rychlé prototypování (rapid prototyping) využívá prostředky jako Lisp, Prolog a/nebo komerčně dostupné prázdné ZS (shells) s cílem rychle vytvořit fungující prototyp finálního systému.

Na základě vyhodnocení prototypu musejí být všechna předběžná rozhodnutí potvrzena nebo změněna.

Počáteční prototyp by měl mít dobré uživatelské rozhraní a rozumně robustní podmnožinu znalostí, aby zamýšlení uživatelé mohli posoudit jeho aplikovatelnost.

Prototyp může být sice po vyhodnocení dále modifikován, ale doporučuje se jeho opuštění a započítání implementace ZS na základě konečného návrhu od počátku.

Získávání znalostí

Získávání znalostí (*knowledge acquisition*) je klíčovou operací implementace ZS a představuje nejdelší a nejpracnější část vývoje ZS.

Akvizice znalostí je proces zjišťování (*elicitation*) znalostí ze zdrojů (expertů, textů, dat, obrázků, ...) a jejich reprezentace v bázi znalostí.

Proces naplňování báze znalostí probíhá inkrementálně (*incremental development*). Postupně jsou implementovány zvládnutelné a relativně ucelené části znalostí (subsystémy). Po implementaci každé části probíhá testování, na jehož základě mohou být provedeny případné změny v návrhu.

Způsoby získávání znalostí

1. Získávání znalostí od expertů formou spolupráce mezi znalostními inženýry a experty
 - 1 : 1 (nejčastější případ)
 - 1 : n
 - m : 1
 - m : n (pozor při realizaci !)
2. Automatizované získávání znalostí (strojové učení)
 - od expertů
 - z textů
 - z dat (data mining)

Proces získávání znalostí od expertů

Obvykle se proces dělí do tří fází:

1. seznámení se s problémem, získání základních znalostí (spolupráce nejen s expertem, ale také se zadavatelem a uživatelem)
2. získávání obecných znalostí
3. získávání specifických znalostí

Práce s jedním expertem:

- obvykle formou interview
- nebezpečí zavlečení chybné expertízy

Práce se skupinou expertů:

- panelová diskuse, brainstorming
- nižší riziko chybných expertíz
- náročnější na přípravu a průběh
- nebezpečí konfliktů mezi experty

Příprava interview

Optimalizace interview:

- pečlivé naplánování a efektivní řízení průběhu

Plánování interview:

- místo konání – v počáteční fázi na pracovišti experta, později (je-li to možné) na pracovišti znalostního inženýra
- doba trvání – kolem dvou hodin, rozhodně ne více než tři
- cíle interview – stanoveny na základě přehledu výsledků předchozího sezení

S plánem interview je třeba experta předem seznámit.

Techniky získávání znalostí od experta

- Nestrukturované interview (běžný rozhovor, vhodné pro počáteční fázi)
- Strukturované interview (kladení cílených dotazů, získání detailního pohledu)
- Myšlení nahlas (expert popisuje své myšlenkové pochody a chování při řešení problému)
- Pokus o řešení problému pod dohledem experta s cílem vcítit se do jeho myšlenkových pochodů
- Metoda repertoárové tabulky (repertory grid)
 - sloupce odpovídají objektům z dané oblasti,
 - řádky odpovídají konstruktům; každý konstrukt je tvořen dvěma mezními (nejlépe protikladnými) vlastnostmi objektů,
 - políčka tabulky obsahují číselná ohodnocení příslušnosti objektu k jednomu či druhému pólu

Problémy práce s experty

Paradox znalostního inženýrství:

Čím více se experti stávají kompetentními, tím méně jsou schopni popsat znalost, kterou používají při řešení problémů.

Typy problémových expertů:

- expert obávající se ztráty postavení po zavedení ES
- cynický expert
- velekněz oboru
- paternalistický expert
- nekomunikativní expert
- lhostejný expert
- pseudovzdělanec v umělé inteligenci

Ověřování a hodnocení znalostního systému

Ověřování je proces, ve kterém se určuje, jestli produkt určité fáze vývoje softwaru splňuje požadavky stanovené v předcházející fázi. Týká se inferenčního modulu, uživatelského rozhraní a znalostí. Tvůrce sleduje syntaktické vlastnosti jako úplnost, korektnost, stabilitu a chování systému jako softwaru i jako experta.

Hodnocení je proces, ve kterém se zjišťuje stupeň splnění specifikovaných požadavků na software na konci vývojového procesu. Provádí ho zákazník a zaměřuje se především na otázky typu "Splňuje předložený systém požadavky uživatele? Řeší skutečně problémy, které řešit má?" Zákazníka tedy zajímá použitelnost, kompetence, chování a spolehlivost systému.

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Ověřováním se zkoumá, je-li vytvořený systém správný v tom smyslu, že splňuje specifikace, požadavky a ohraničení stanovené v předchozích stádiích vývojového procesu. Chyby, které je možné při ověřování identifikovat, mohou být rozděleny do dvou skupin:

1. První třídu tvoří **strukturní nebo interní** chyby. V jejich rámci rozlišujeme syntaktické chyby (např. dvě identická pravidla v bázi znalostí) a chyby, k jejichž odhalení potřebujeme poznat způsob inference (např. pravidlo, které nemůže být nikdy použito).
2. Druhou třídu tvoří **funkční (externí)** chyby, které zahrnují situace jako cykličnost, redundance a nekonzistentnost.

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Redundance

Na problém redundantnosti se můžeme podívat ze dvou pohledů:

1. Bázi znalostí můžeme chápat jako funkci, která dává jisté výstupy pro vhodně specifikované vstupy. Lze zjednodušit bázi znalostí odstraněním některých pravidel tak, aby funkce zůstala stejná?
2. Necht' K je báze znalostí ve stavu, v jakém ji ve skutečnosti máme, a necht' L je báze znalostí, kterou požadujeme. Můžeme zjednodušit K tak, že po tomto zjednodušení bude "blíže" k L ?

Typickým příkladem redundance je báze znalostí, která obsahuje pravidla například podle následujícího schématu:

jestliže A a B tak C
jestliže A tak C
jestliže B tak C

Nekonzistentnost

Termín nekonzistentnosti je interpretovatelný několika způsoby:

1. Pro jistou množinu vstupních dat znalostní systém odvodí závěry, které si odporují, jako v případě s následující bází znalostí:

jestliže A tak C
jestliže A tak not(C)

2. Nekonzistentnost může znamenat, že báze znalostí není korektní, např. jsou porušena integritní omezení.
3. Nekonzistentnost může vyjadřovat paradoxnost reálného světa – oba závěry přicházejí do úvahy a báze znalostí je v pořádku.

Hodnocení

Vzhledem na celkovou složitost problematiky hodnocení znalostních systémů bylo vyvinuto množství metod, které tento proces systematizují:

1. **Testování na reálných datech** je způsob testování s daty, s jakými bude systém pravděpodobně pracovat i po tom, jak bude uveden do provozu. Hodnotitel tak může přímo sledovat chování systému v (simulovaných) reálných situacích.
2. **Testování na speciálních datech** je způsob, jak odhalit slabá místa v systému, zpravidla na extrémních nebo nečekaných, málo obvyklých datech. Nalezení speciálního testovacího souboru si většinou vyžádá nemalé úsilí. Takto vznikla myšlenka využití inteligentních systémů na tvorbu speciálních testovacích dat.

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

3. **Přímé zkoumání báze znalostí** je dalším nástrojem, který může být využit v procesu hodnocení. Využívá ho expert v případě, že znalosti jsou v bázi znalostí uloženy v čitelné podobě. Jestliže analogickou aktivitu vyvine znalostní inženýr, není tato forma postačující kvůli nedostatečné znalosti problematiky.
4. **Paralelní používání** je další metodou hodnocení znalostních systémů, při kterém se systém používá a ve stejném čase řeší stejný problém i expert, případně uživatel, který není expertem v dané oblasti (právě jeho řešení může být podnětné a inspirativní).
5. **Statistické metody** mohou být také použity jako nástroje na hodnocení znalostních systémů.

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Hodnocení znalostního systému vykonává buď ten expert, jehož znalosti jsou v systému uloženy, nebo jiný, nezávislý expert, znalostní inženýr, koncový uživatel nebo nezávislý hodnotitel. Jestliže systém hodnotí expert, jehož znalosti obsahuje báze znalostí, má to své výhody i nevýhody. Výhodou je, že expert zná systém a umí se v něm orientovat, také už byl předtím přinucen systematizovat si své znalosti uložené v systému. Na druhou stranu však tento expert může lehce přehlédnout případnou nekonzistentnost nebo neúplnost. Nezávislý expert přináší nový pohled na problém, což může být velkým přínosem. Tím ale vzniká nebezpečí, že takový expert se nebude umět dostatečně pružně orientovat v prostředí znalostního systému, jestliže nemá sám zkušenosti s vývojem takových systémů.

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů

Problémy, se kterými se střetávají hodnotitelé při hodnocení znalostních systémů, jsou:

- určení, jestli je báze znalostí úplná,
- určení, jestli je báze znalostí korektní,
- systém neposkytuje uživateli všechny potenciální možnosti,
- systém se těžko používá,
- výsledky systému jsou těžko interpretovatelné,
- systém poskytuje uživateli nekorektní možnosti,
- systém nesprávně řetězí pravidla
- a řada dalších specifických ...

12. Realizace a hodnocení znalostních systémů
