

11. Struktury znalostních systémů

Struktury a návrh znalostních systémů

5. prosince 2023

11. Struktury znalostních systémů

Opakování definice a vlastností znalostních systémů

Definice ZS (Feigenbaum): Znalostní (původně expertní) systémy jsou počítačové programy simulující rozhodovací činnost experta či poradce při řešení složitých úloh a využívající vhodně zakódovaných, explicitně vyjádřených znalostí, převzatých od experta či poradce, s cílem dosáhnout ve zvolené problémové oblasti kvality rozhodování na úrovni experta/poradce.

Charakteristické rysy ZS:

- oddělení znalostí a postupu (algoritmu) jejich využívání
- rozhodování za neurčitosti
- schopnost vysvětlování

11. Struktury znalostních systémů

Znalostní systémy (*knowledge-based systems*) jsou definovány jako specializované počítačové programy, které používají pro řešení nějakého problému lidských znalostí. Obecně mohou mít charakter programových modulů, které jsou inicializovány v případě, že je třeba navrhnout a provést regulační zásah nebo adaptaci systému, který vyžaduje navrhnout a provést úpravu struktury nebo velikosti parametrů v případě ztráty své adekvátnosti. Velmi rozšířenými a speciálními znalostními systémy jsou **fuzzy regulátory**, které využívají pro stanovení velikosti svého akčního zásahu v regulačním zpětnovazebním obvodu jazykových znalostních pravidel. Znalostní systémy mohou přitom být koncipovány jak pro off-line tak pro on-line pracovní režim (typicky fuzzy regulátory).

11. Struktury znalostních systémů

Expertní systémy pak chápeme jako zvláštní typ (resp. podtyp nebo podtřídu) znalostních systémů, který se vyznačuje používáním znalostí získaných výlučně od experta a některými dalšími rysy, jako je např. speciálně orientovaný vysvětlovací postup. Funkčně jde o počítačové programy, které simulují rozhodovací činnost expertů při řešení velmi složitých, úzce problémově zaměřených úloh. Je nesporné, že jejich funkce je s lidskou i umělou inteligencí velmi úzce spjata.

Expertní systémy jsou obvykle koncipovány pro off-line režim. Principy skladby i funkce znalostních i expertních systémů jsou přitom totožné a nebudeme proto mezi nimi dělat rozdíl. V poslední době dochází ke stírání rozdílů mezi těmito pojmy, resp. původně koncipované (výlučně) expertní systémy jsou koncipovány již jako obecnější znalostní systémy.

11. Struktury znalostních systémů

Znalostní versus expertní systémy

Pojem expertní systém se poprvé začal používat na přelomu sedmdesátých a osmdesátých let. Podnětem bylo poznání, že kvalita systémů s umělou inteligencí závisí daleko více na kvalitě znalostí, nežli na kvalitě postupu pro jejich využívání. Na počátku byly znalostní systémy vnímány jako systémy, které se opírají o špičkové znalosti převzaté od těch nejlepších odborníků – expertů, čili se nazývaly expertní systémy.

Pozn: Stejně jako v ostatních oborech i v oblasti znalostních systémů dochází ke změně vize a očekávání s tím, jak plyne čas (viz dále).

11. Struktury znalostních systémů

Zatímco v prvních létech se očekávalo vytvoření několika široce a opakovatelně využitelných, problémově nezávislých expertních systémů, pro něž byl charakteristický silný stupeň standardizace, dnes má většina současných expertních systémů spíše charakter speciálních, problémově orientovaných subsystémů v rámci rozsáhlejších programových celků pracujících s obecnějšími informacemi a znalostmi. V minulosti byly preferovány expertní systémy jako samostatné a samonosné (stand-alone) systémy, dnes se jedná o vnořené (embedded) aplikace do obecnějších znalostních systémů.

Obecně jsou znalostní systémy definovány jako **systémy zpracovávající symboly**.

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.

11. Struktury znalostních systémů

Znalost je (v počítačové terminologii) považována za nejvyšší formu organizace strukturovaných dat – je definována:

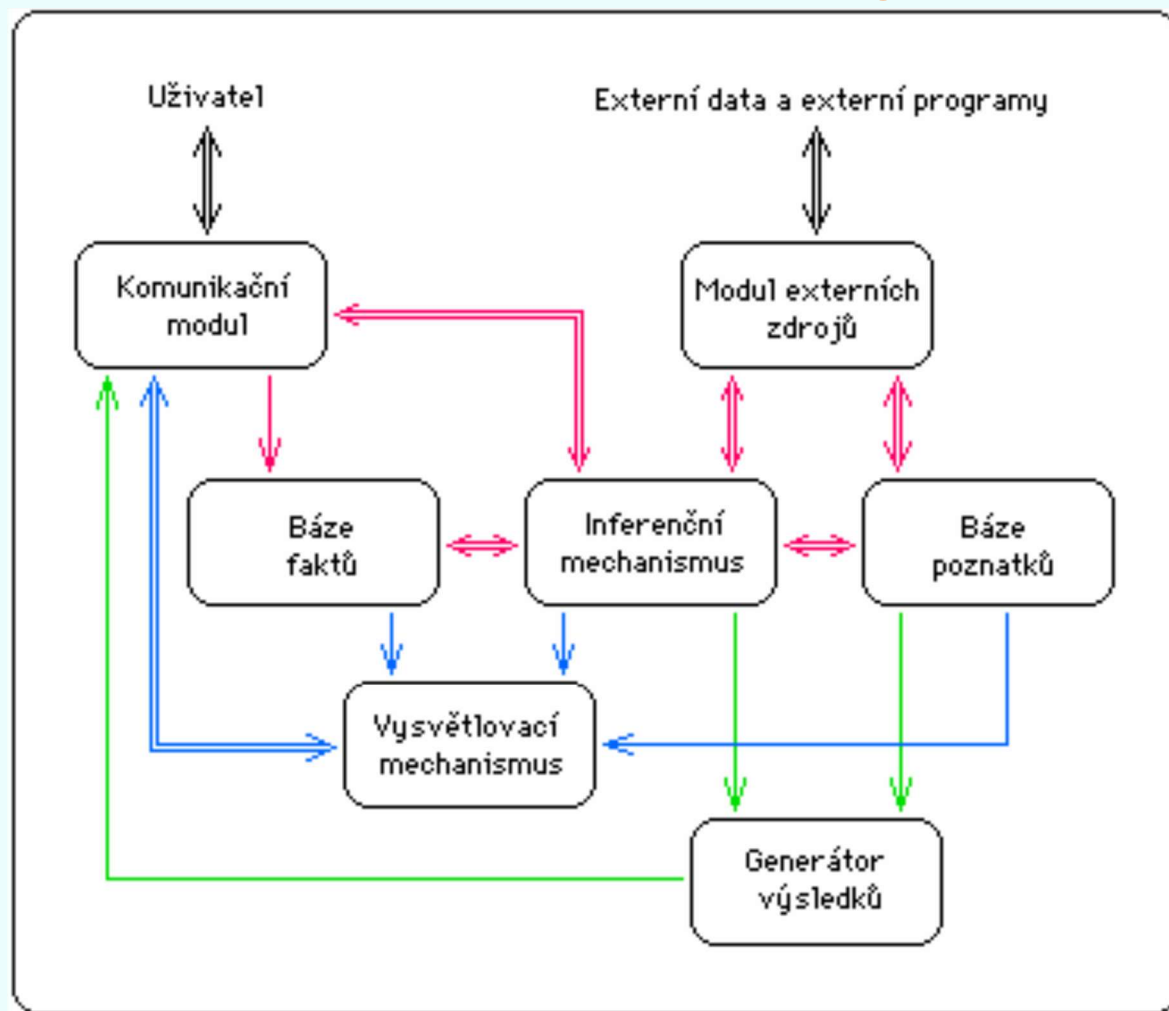
- ▶ prvky dat (resp. jejich reprezentanty)
- ▶ vlastnostmi prvků dat
- ▶ relacemi mezi prvky dat
- ▶ operacemi (akcemi) nad prvky dat

Základ: reprezentace znalostí, resp. poznatků

11. Struktury znalostních systémů

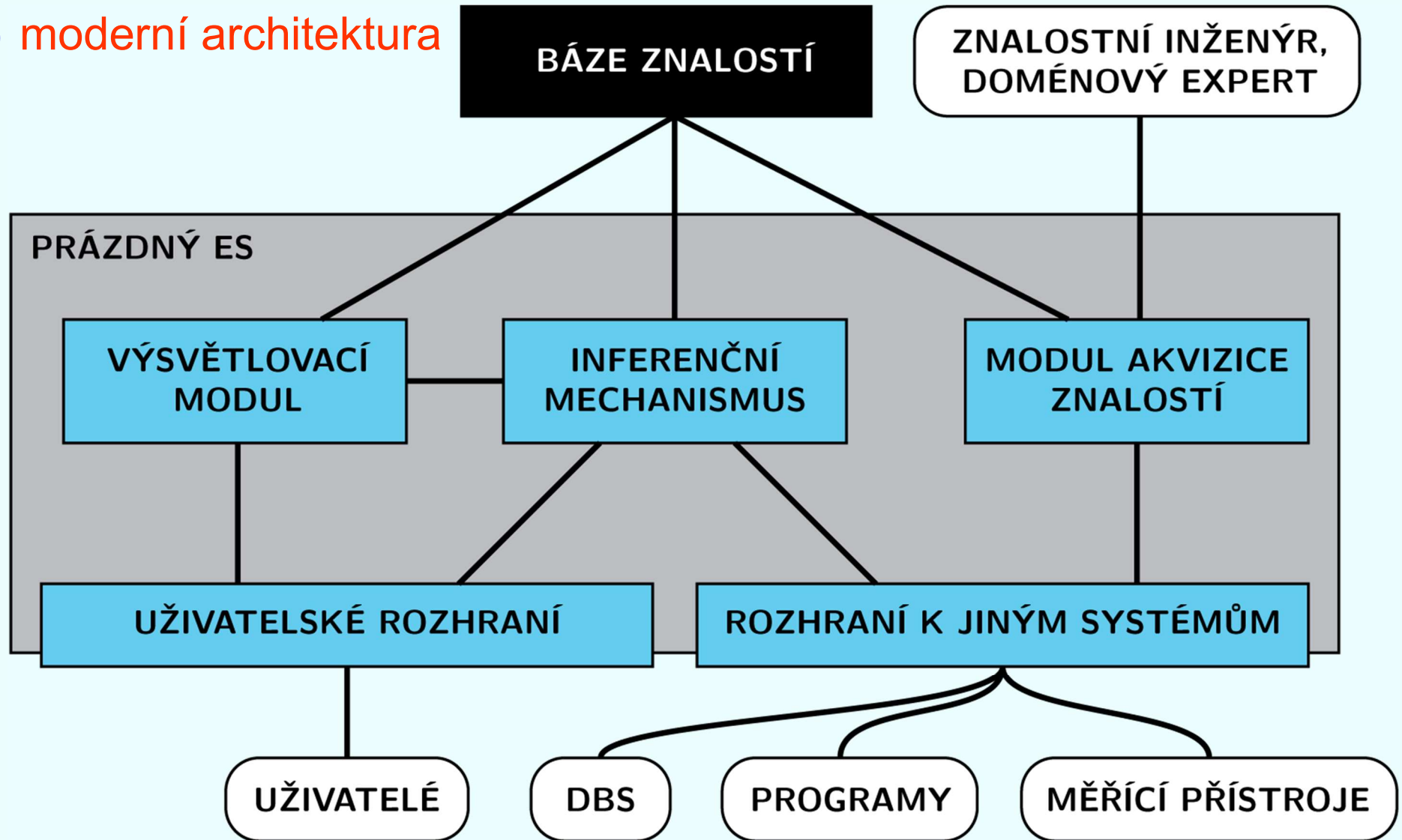
Obecná architektura znalostního systému:

a)



11. Struktury znalostních systémů

b) moderní architektura



Základní složky znalostního systému

- báze znalostí (poznatků)
- inferenční modul (inferenční mechanismus)
- I/O rozhraní (uživatelské, vývojové, vazby na jiné systémy)
- vysvětlovací modul
- komunikační modul (pro komunikaci s uživatelem)
- modul pro akvizici znalostí
- modul externích zdrojů informací/znalostí
- báze dat (faktů) – je vytvářena až při aplikaci ZS na konkrétní případ/úlohu

11. Struktury znalostních systémů

Charakteristické rysy znalostních systémů

Třemi základními částmi znalostních systémů jsou **báze znalostí**, **inferenční modul (řídící mechanismus)** a **báze dat (faktů)**.

Báze znalostí

Veškeré znalosti odborníka či experta, které jsou potřebné k řešení daného problému, jsou soustředěny v **bázi znalostí** koncepčně podobné databázi. Je v ní zapsáno velké množství různých znalostí – od nejobecnějších k velice odborným. Specialitou jsou **soukromé znalosti** (též označovány jako heuristiky či nejisté znalosti). Jde o exaktně nedokázané znalosti, které odborník či expert získává postupně v průběhu praxe a o nichž ví, že mu pomáhají při řešení určitých problémů. Tyto nejisté znalosti však nezaručují nalezení správného řešení. Heuristiky odlišují znalosti odborníka/experta od znalostí průměrného pracovníka (resp. laika).

11. Struktury znalostních systémů

Vedle své hlavní úlohy (obecný systém pravidel pro řešení problému) může být báze znalostí využita k výuce nebo také k získávání či předávání informací (znalostí) z oboru, na který je báze znalostí orientována.

Nejnovější znalostní systémy nepracují jen s jednou bází znalostí, ale k řešení využívají současně větší počet samostatnýchází znalostí – tzv. **zdroje znalostí**. Každá z těchtoází znalostí zapisuje své závěry na jakousi **tabuli**, což je sdílená datová struktura, která je přístupná všem zdrojům znalostí. Informace zapsané na tabuli jsou důležité pro činnost zbývajících zdrojů. Tato činnost je založena na reálné představě, kdy skupina odborníků/expertů různých specializací řeší určitou úlohu před tabulí, na kterou zapisují nejrůznější poznatky o řešeném problému. Každý z odborníků si na tabuli vybírá údaje, které odpovídají jeho specializaci, zpracuje je a výsledky opět zapíše na tabuli.

11. Struktury znalostních systémů

Požadavky na bázi znalostí

Vzhledem k tomu, že se znalosti odborníků či expertů stále (a rychle) vyvíjejí a rozrůstají, je nezbytné, aby báze znalostí byla **vysoce modulární**, tj. aby bylo možné poznatky v bázi znalostí **kdykoliv doplnit** anebo **aktualizovat** tak, aby báze stále odpovídala úrovni nejnovějších poznatků v dané oblasti.

Znalostní systém musí být též schopen **využívat soukromé (nejisté) znalosti**, stejně jako člověk-expert. Existence těchto nepodložených, zkreslených či neúplných informací v bázi znalostí je označována jako **nejistota (neurčitost) v bázi znalostí**. Každému jednotlivému nejistému elementu reprezentace znalostí jsou přiřazovány **numerické parametry** (váhy, míry, stupně důvěry apod.), které vyjadřují míru jejich nejistoty, resp. neurčitosti.

11. Struktury znalostních systémů

Každý člověk při řešení všech problémů vychází ze svých zkušeností, což jsou tzv. hloubkové znalosti. Také znalostní systém musí být schopen **využívat hloubkové znalosti** ("používat zdravý rozum"). Každý znalostní systém musí být zkonstruován tak, aby dokázal předvídat následky všech svých činností (navržených řešení).

Např.: Robotu, který má vařit špagety na plynovém vařiči, by nemělo zůstat utajeno, že vařící voda má tendenci z přikrytého hrnce utíkat. Měl by 'vědět' to, že přetékající kapalina může uhasit plamen vařiče, aniž by ovlivnila funkci přívodu plynu do hořáku. Bylo by víc než nešťastné, kdyby v takovém případě uvažovaný robot nebyl vybaven schopností předvídat vzrůst koncentrace plynu v místnosti a následný vztah k druhým ohrožení, jaké nás zkušenost učí spojovat s uvažovaným scénářem, např. nebezpečí exploze (v případě přítomnosti otevřeného ohně) či udušení každé živé bytosti v místnosti.

11. Struktury znalostních systémů

Dále znalostní systém musí být schopen **vysvětlit a zdůvodnit závěry** a **položít vhodný doplňující dotaz**.

Pozn.: V současnosti jsou běžnou součástí znalostních systémů elektronické slovníky, encyklopedie, katalogy apod., které může uživatel využívat k získávání informací o určitých faktech, s nimiž se při práci (v dialogu) se znalostním systémem setká.

Báze dat (faktů)

K řešení určitého konkrétního problému je třeba poskytnout systému data o daném případě. Tato data se ukládají do **báze dat, resp. faktů** (množina údajů k danému případu), a takto se "dosadí" do obecně formulovaných znalostí z báze znalostí. Konkrétní data poskytuje uživatel, a to v **dialogovém režimu** s počítačem. Tento dialog evokuje dialog nezkušeného odborníka s expertem. Úlohou znalostního systému v tomto dialogu je **dotazovat se co nejlépe na informace k dané problematice, analyzovat odpovědi uživatele a na jejich základě (a na základě obecných znalostí uložených v bázi znalostí) zkonstruovat závěr, příp. navrhnout řešení**.

11. Struktury znalostních systémů

Komunikační modul

Velmi důležitým a rozsáhlým modulem, který je součástí znalostních systémů, je **komunikační modul**, který má obecně za úkol zabezpečovat uživateli "přátelské" (user-friendly) chování systému ve všech fázích a režimech činnosti. Konkrétně vykonává následující funkce:

- zabezpečuje plynulý dialog s uživatelem
- poskytuje relevantní informaci o průběhu konzultace (např. zobrazuje jméno právě využívané báze znalostí, tiskne výsledky)
- poskytuje informace z báze znalostí
- poskytuje vysvětlení a zdůvodnění (např. co je právě zkoumáno, proč byl položen daný dotaz)
- vysvětlovací část komunikačního modulu zprostředkovává on-line interakci s hypertextovým či hypermediálním systémem (ten obsahuje hierarchicky uspořádaná fakta a znalosti z předmětné oblasti, a to nejen v textové podobě)

11. Struktury znalostních systémů

- komunikuje v přirozeném jazyce
- zabezpečuje porozumění pokynům uživatele

Pozn.: Dialog s uživatelem se někdy nahrazuje přímým měřením údajů na reálných objektech či jejich vyhledáváním v bankách dat.

Inferenční (řídící) modul

Inferenční modul (často nazývaný inferenční nebo řídící mechanismus) je programový modul, který předem udává strategii využívání znalostí z báze znalostí a zprostředkovává komunikaci mezi bází znalostí a bází dat, resp. bází znalostí a uživatelem znalostního systému.

Je „mozkem“ znalostního systému, který v zásadě řídí komunikaci systému s uživatelem, zabezpečuje efektivní hledání/vytváření požadovaného řešení a zajišťuje (řídí) poskytování veškerých získaných informací uživateli ve srozumitelné podobě.

Typologie znalostních systémů

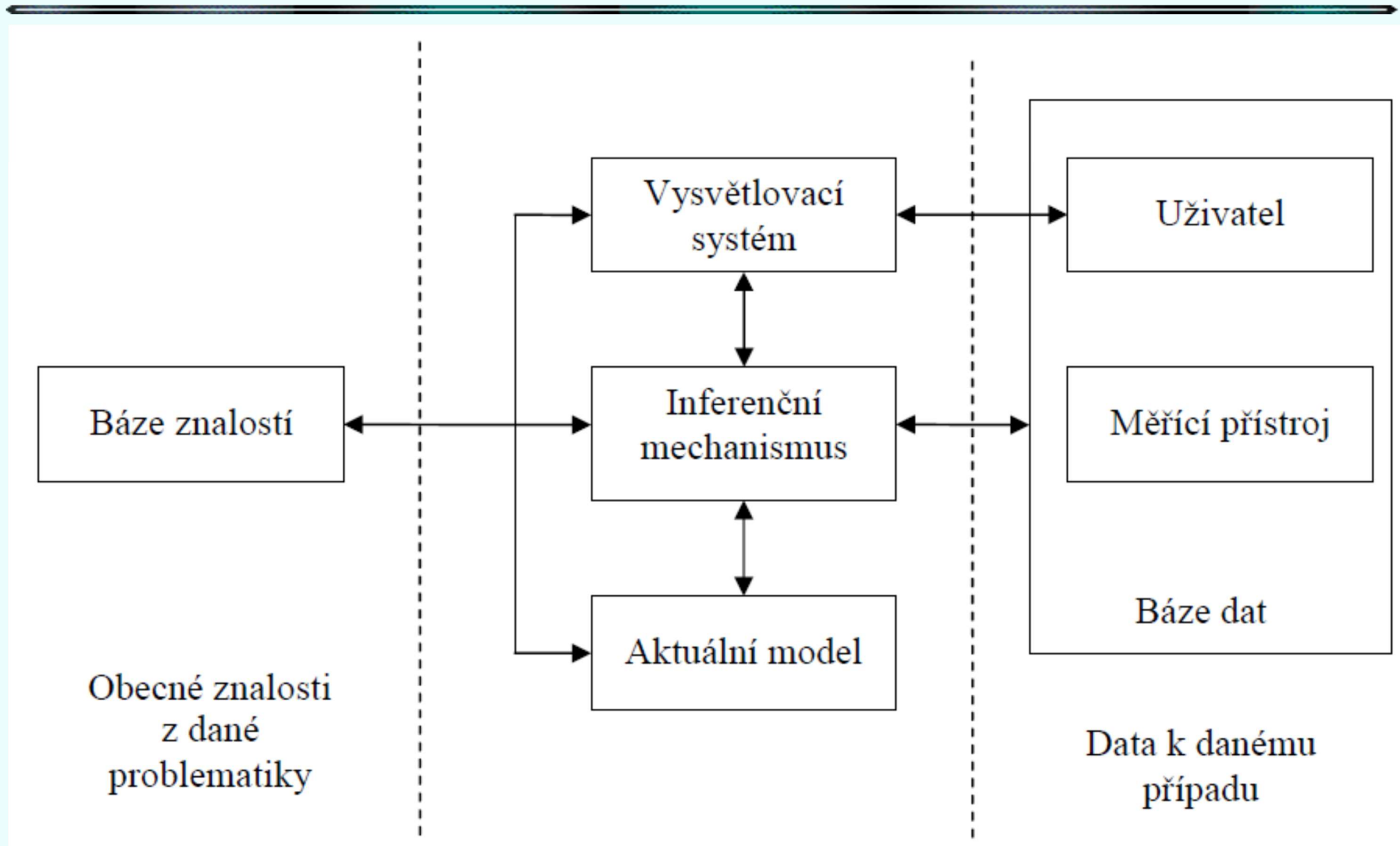
I. Členění znalostních systémů z hlediska charakteru řešených úloh

1. Diagnostický znalostní systém (znalostní systém klasifikačního charakteru)

Úkolem těchto systémů je porovnávat a vyhodnocovat předem stanovené hypotézy. Cílem je určit, která z těchto hypotéz nejlépe odpovídá reálným datům. Inferenční (řídící) modul vybírá nejvhodnější dotazy a průběžně upřesňuje aktuální model konzultovaného případu.

Příklady diagnostických znalostních systémů: PROSPECTOR, AL/X, FEL-EXPERT, EQUANT

11. Struktury znalostních systémů



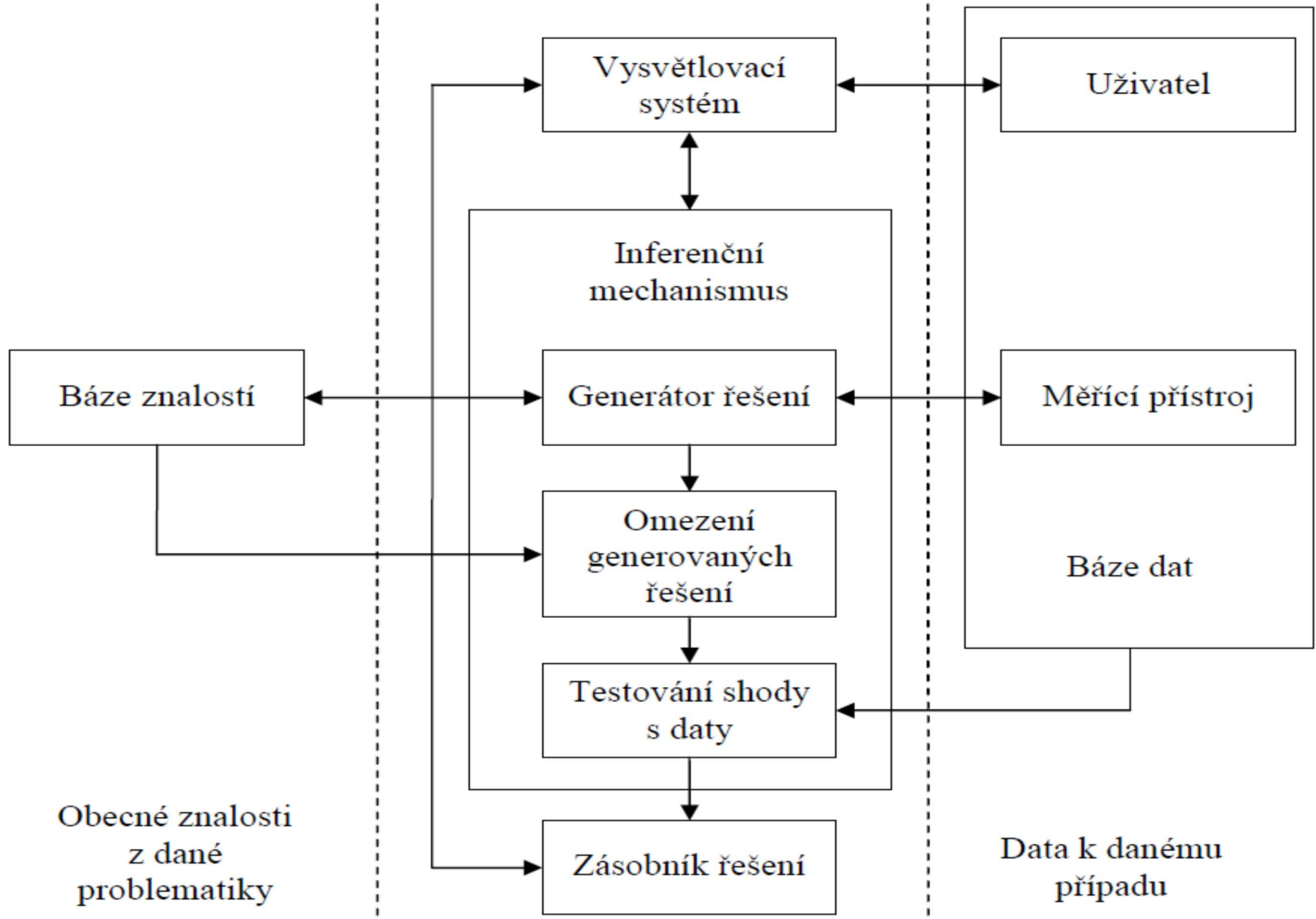
11. Struktury znalostních systémů

2. Plánovací znalostní systém (též generativní znalostní systém)

Při řešení úloh v plánovacím znalostním systému je znám cíl řešení a počáteční stav. Úkolem systému je s využitím dat o daném případě nalézt optimální posloupnost kroků (operátorů), kterými lze dosáhnout stanoveného cíle.

Výsledkem je seznam navrhovaných řešení, která jsou ohodnocena jistou mírou optimality. Důležitou částí systému je generátor možných řešení, který automaticky generuje, kombinuje a testuje přípustná řešení. Vybraná řešení jsou testována na datech z báze dat. V souvislosti s kombinováním řešení při vytváření posloupnosti kroků se hovoří o "kombinatorické explozi". Tuto explozi ale omezují znalosti odborníka/experta a data o daném případě.

11. Struktury znalostních systémů



11. Struktury znalostních systémů

Inferenční (řídící) modul ovlivňuje výběr přípustných operátorů, řídí testování shody vygenerovaných řešení s daty z báze dat, a tak vytváří zásobník potenciálních řešení.

Příklad plánovacího znalostního (expert.) systému: DENDRAL

Pozn.: Oba výše uvedené typy znalostních systémů jsou dnes označovány pojmem „explicitní“ znalostní systémy a ty jsou snáze formalizovatelné a dokumentovatelné (explicitní dimenze představují ty části znalostí, které můžeme vyjádřit jazykem, písmem, obrázky, matematickými formulemi, notami nebo digitálním záznamem).

11. Struktury znalostních systémů

3. Tacitní znalostní systém pracuje s tacitními znalostmi, které chápeme jako soubor dovedností, zkušeností, intuice, pravidel, principů, mentálních modelů a osobních představ konkrétního člověka nebo skupiny lidí. Tyto znalosti vždy propojujeme s činnostmi, postupy, rutinami, idejemi, nápady, hodnotami a emocemi jedince či skupiny. Vyjádřit je podobným způsobem jako znalosti explicitní, čili je tzv. externalizovat, *de facto* nelze. Jsou natolik svázány s osobností svého nositele a činnostmi, které provádí, že bychom je při pokusu o externalizaci obvykle zničili. Tacitní znalosti mají značně osobní charakter, množství jich je podvědomých a je velmi těžké je napodobit. Bohužel jsou to právě tacitní znalosti, jejich speciální charakter a schopnost sdílet je, je to, co předurčuje úspěch či neúspěch funkce znalostního systému.

11. Struktury znalostních systémů

4. Hybridní znalostní systémy

Kombinací architektur výše zmíněných znalostních systémů vznikají hybridní znalostní systémy. Těmito typy systémů jsou například současné inteligentní výukové systémy nebo monitorovací systémy. Mají kombinovanou architekturu, zčásti využívají principů diagnostických, zčásti principů plánovacích a zpravidla též využívají funkce tacitních systémů. Např. u inteligentních výukových systémů se střídá diagnostika znalostí studenta s plánováním odpovídajícího dalšího výukového procesu, u systémů monitorovacích je cyklicky spouštěn diagnostický systém a v okamžiku poruchy je nahrazen systémem pro plánování zásahu k jejímu odstranění.

11. Struktury znalostních systémů

II. Členění znalostních systémů z hlediska obecnosti

1. Prázdný znalostní systém

Znalostní systém bez problémově závislých částí (tj. bez báze znalostí a báze dat). Tento typ znalostních systémů se podařilo vyvinout pouze pro řešení diagnostických úloh (diagnostické expertní systémy). Plánovací a hybridní expertní systémy mají totiž výrazně problémově závislou bázi znalostí.

2. Problémově orientovaný znalostní systém (dedikovaný znalostní systém)

Prázdný znalostní systém doplněný o bázi znalostí. Je použitelný k řešení úloh pouze v určité problémové oblasti (architektura, typ reprezentace znalostí a řídicí mechanismus jsou těsně spojeny s danou oblastí).

11. Struktury znalostních systémů

3. Znalostní systém řešící konkrétní případ (úlohu)

Znalostní systém obsahující všechny důležité složky – bázi znalostí, inferenční (řídící) modul a bázi dat. Takový systém je určen k řešení zcela konkrétního problému.

Alternativní pojmy – dedikovaný znalostní systém orientovaný na konkrétní datovou oblast, resp. datově (případně daty) dedikovaný znalostní systém.

III. Členění znalostních systémů z hlediska způsobu reprezentace znalostí

1. Znalostní systémy založené na pravidlech

Báze znalostí je tvořena množinou produkčních pravidel typu situace \rightarrow akce (IF – THEN), tj. nastala-li v bázi dat nebo v modelu řešeného případu jistá situace, proved' pravidlem předepsanou akci, kterou se pozměňuje model řešeného případu.

Bázi znalostí lze v tomto případě vyjádřit v podobě jednoduché inferenční sítě reprezentované orientovaným grafem (každému tvrzení přiřadíme uzel grafu, každému pravidlu orientovanou hranu). Inferenční síť je jednoznačně dána návazností pravidel a následně pak pevná struktura odvozovacího procesu.

11. Struktury znalostních systémů

2. Znalostní systémy založené na rámcích a scénářích

Rámce = datové struktury sdružující komplexní informace (pravidla) o objektech, třídách objektů, stereotypních situacích apod.

Scénáře = obecnější struktury spojující popis jistého budoucího stavu objektů se současnou reálnou situací v dané oblasti; způsob uspořádání mnoha tvrzení o budoucnosti, která se za určitých podmínek může stát reálnou.

3. Znalostní systémy založené na logickém programování

Znalosti jsou vyjádřeny ve formě logických formulí. Dokazuje se pravdivost systému takových formulí. Takový typ systémů **není vhodný** k reprezentaci a využívání **neurčitých** znalostí, jelikož **neurčitost** není pro logiku typická.

11. Struktury znalostních systémů

Typy znalostních systémů v historickém vývoji

Historii znalostních systémů lze rozdělit do pěti etap:

1. počáteční etapa (1965-1970) – systémy DENDRAL, MACSYMA
2. etapa výzkumných prototypů (1970-1975) – systémy MYCIN, PROSPECTOR, HEARSAY-II
3. etapa experimentálního nasazování (1975-1981) – systémy PUFF, SACON, ONCOCIN, HEADMED, CLOT, AL/X, HASP, INTERNIST, CADUCEUS
4. etapa komerčně dostupných systémů (od r. 1981) – systémy XCON, XSEL, DIPMETER, ADVISOR
5. moderní komerčně dostupné systémy (od r. 2011) – systémy TMYCIN, JESS, GBBopen, EXSYS, HUGIN, G2, FLEX aj.

11. Struktury znalostních systémů

Zároveň se z historického hlediska hovoří o znalostních (expertních) systémech první generace (všechny systémy asi až do roku 1990), znalostních systémech druhé generace (systémy současné) a vyšších generací (systémy budoucnosti ??).

Každý z typů je charakterizován následujícími vlastnostmi:

Znalostní (expertní) systémy první generace

- jednoduché systémy,
- obvykle jen jeden typ reprezentace znalostí (tj. úzká oblast expertízy),
- příliš jednoduchý inferenční (řídící) modul
- malá schopnost využívat zdravý rozum
- omezené jazykové prostředky
- omezené vysvětlovací schopnosti

11. Struktury znalostních systémů

Znalostní systémy druhé generace

- využívání různorodých zdrojů znalostí
- využívání komplikovaných řídicích mechanismů
- větší využívání hloubkových znalostí
- uvažování na základě analogií
- schopnost uvažovat o čase učení z vlastních zkušeností
- integrace s vnějším prostředím

Znalostní systémy vyšších generací

??

11. Struktury znalostních systémů

Získávání znalostí a tvorba báze znalostí

Úspěšnost činnosti znalostního systému je dána především kvalitou a rozsahem báze znalostí. Proto je třeba věnovat tvorbě báze znalostí velkou pozornost a také velké množství času.

Znalostní inženýrství se obecně zabývá tvorbou znalostních systémů, jejich aplikací, údržbou a integrací s jinými softwarovými produkty. Nejvýznamnější činnosti souvisejí s naplňováním systémů znalostmi (metody a techniky získávání znalostí, jejich formalizace, kódování, uchovávání, testování a udržování). Kromě vlastní práce se znalostmi se znalostní inženýrství zabývá tříděním a katalogizací dostupných metod a technik reprezentace znalostí, inferenčních a vysvětlovacích metod, prostředků počítačové podpory návrhu znalostních systémů a tvorbou relevantních metodologií.

11. Struktury znalostních systémů

Znalostní inženýr musí být seznámen kromě problematiky umělé inteligence, znalostních a expertních systémů s technickými možnostmi reprezentace znalostí a s dostupnými inferenčními metodami. Kromě toho se musí před tvorbou znalostního systému (resp. báze znalostí) podrobně seznámit s terminologií a základy problémové oblasti, získávat od odborníků/expertů znalosti v průběhu celého procesu tvorby báze znalostí, formulovat tyto znalosti způsobem vhodným pro počítačovou reprezentaci a kódovat je do tvaru vhodného pro daný znalostní/expertní systém.

11. Struktury znalostních systémů

Aby mohl znalostní inženýr vykonávat kvalitně všechny činnosti, kterými se jeho obor zabývá, měl by být vybaven následujícími schopnostmi:

- kognitivní schopnosti
- usuzovací schopnosti
- sociální vědění
- kreativita
- analytické schopnosti
- schopnosti procedurálního chování

Tvorba báze znalostí

Procesu tvorby báze znalostí se především účastní

- expert ve zvolené problémové oblasti
- znalostní inženýr
- koncový uživatel

Tvorba báze znalostí je cyklický šestibodový postup (zadání úlohy, identifikace problému, návrh koncepce báze znalostí, formalizace znalostí, realizace, resp. implementace, báze znalostí a testování a ladění báze znalostí), který vyžaduje mnoho času a různých úprav zadání.

11. Struktury znalostních systémů

Fáze procesu tvorby báze znalostí

1. **zadání úlohy** – původní zadání vzniklé z bezprostřední potřeby uživatele (většinou vágní a jednostranně orientované)
2. **identifikace problému** – analýza požadavků (zadání), nalezení klíčových pojmů v oboru, specifikace vztahů mezi nimi, sestavení schematického modelu reálného objektu
3. **návrh koncepce báze znalostí**
 - získání představy o možném rozkladu úlohy na podúlohy
 - zvolení základních principů pro bázi znalostí, tj. co budeme považovat za uzly, jaké vztahy mezi nimi budeme respektovat)
 - stanovení cílů a funkcí systému
 - přesné vymezení okruhu potenciálních uživatelů
 - identifikace zdrojů znalostí

11. Struktury znalostních systémů

Výsledkem návrhové fáze je základní konceptuální model organizace relevantních znalostí.

4. **formalizace znalostí** – volba vhodné reprezentace znalostí – jak získané znalosti formálně zapsat, aby odpovídaly požadavkům znalostního systému – např. jak zvolit zápis znalostí dle pravidla IF...THEN, zaplnit připravené rámce apod.
5. **realizace (implementace) báze znalostí** – vlastní tvorba prvotního prototypu báze znalostí jako celku
6. **testování a ladění báze znalostí** – řešení trénovacích příkladů, pokusný provoz znalostního systému

11. Struktury znalostních systémů

Získávání znalostí pro bázi znalostí je možno provádět několika technikami, resp. jejich kombinací:

1. **studium literatury** – znalostní inženýr si předem shromáždí a utřídí všechny běžně dostupné informace, na jejichž základě si osvojí základní znalosti, zejména terminologii
2. **přímé získávání znalostí od špičkového odborníka/experta** – jedná se o dialog znalostního inženýra s expertem. Až do konce 80. let byl toto základní a v podstatě jediný způsob získávání znalostí. K přímému získávání znalostí od experta dochází obecně ve dvou krocích:
 - úvodní výklad experta k dané problematice
 - případová diskuse – expert na vybraných případech demonsturuje svůj přístup k jejich řešení

11. Struktury znalostních systémů

K tomu se využívá několika metod:

- **rozhovor, brainstorming** – tyto dvě metody slouží hlavně k uvedení do problému, k charakteristice hlavních cílů, úkolů a funkcí navrhovaného systému
- **karetní metoda (card sort)** – expert navrhuje různá seřazení objektů/případů uvedených na jednotlivých „kartách“; metoda je určena k primární strukturalizaci znalostí
- **metoda repertoárové tabulky** – metoda založená na "konstruktivní psychologické teorii" G. Kellyho; psychologický prostor je budován na dvou druzích pojmů:
 - a) **objekty**, které člověk používá k definování daného tématu
 - b) **konstrukty** = vlastnosti/atributy objektů

11. Struktury znalostních systémů

Každý konstrukt je tvořen dvěma protikladnými vlastnostmi, které tvoří jeho mezní hodnoty, a tím je charakterizován daný objekt.

Přesněji: Objekty jsou uvedeny ve sloupcích a slouží k definování daného tématu. V řádcích uvedené konstrukty vyjadřují jejich vlastnosti. Každý konstrukt je tvořen dvěma mezními (nejlépe protikladnými) vlastnostmi objektů. Políčka tabulky obsahují číselná ohodnocení příslušnosti objektu k jednomu či druhému pólu. Při získávání znalostí se postupuje tak, že expert zadá seznam všech možných objektů a za pomoci systému vytvoří pro každý objekt jeho konstrukt (dvojici opačných pólů). Tím vznikne repertoárová tabulka, která je podkladem pro tvorbu pravidel a následné testování a ladění.

11. Struktury znalostních systémů

3. interaktivní získávání znalostí od experta – technika je založena na metodě repertoárové tabulky (viz výše)

Při získávání znalostí se postupuje následovně:

- a) expert zadává seznam všech možných objektů
- b) expert vytváří za pomoci systému pro každý objekt jeho konstrukt (dvojici opačných pólů) → vznik repertoárové tabulky
- c) generování pravidel
- d) testování a doladování báze znalostí expertem

11. Struktury znalostních systémů

4. automatizované získávání znalostí (z příkladů a souborů dat)
 - tvůrce báze znalostí si stanoví, jak má vypadat cílová znalost:
 - a) deklarativní charakter cílové znalosti – úkolem je nalézt vztahy mezi sledovanými atributy, které by vhodně popisovaly pozorované objekty; potenciálně užitečné informace se extrahují z rozsáhlých datových souborů, které obsahují informace ze studované oblasti → objevování znalostí v databázích, dolování dat (data-mining)
 - b) procedurální charakter cílové znalosti – znalosti se hledají ve formě postupů, které povedou ke klasifikaci nových objektů nebo k efektivnějšímu využití dostupných informací

11. Struktury znalostních systémů

Poté následuje **odvozování nových znalostí**:

- a) **metodou indukce** – vzniká nová speciálnější teorie, obecný návod jak postupovat v dosud neznámých situacích
- b) **metodou dedukce** – z apriorní znalosti se odvozují její další důsledky, zpravidla formou pravidel