

# VYUŽITÍ JEDNODUCHÉ TEORIE TYPŮ PŘI VÝSTAVBĚ DATOVÉHO MODELU ASŘ

FENDRYCH Miroslav

**Abstrakt:** Výstavba datového schématu je záležitost značně komplikovaná a pracná. Článek se dotýká metodiky výstavby datového schématu, založené na jednoduché teorii typů. Po zavedení základních pojmů se autor věnuje některým vlastnostem pseudoatributu a uvádí postup pro získání tak zv. jádra schématu. Důležitým přínosem je stanovení pravidel pro zjištění odvoditelnosti a rozložitelnosti pseudoatributu. Pomocí těchto pravidel lze získat relativně neredundantní schéma a tím zjednodušit celkový pohled na zájmovou realitu v předprojektovém stadiu budování ASŘ.

## 1. Úvod

Cestu, která ukazuje postupný vznik datového modelu HIT a současný stav výzkumu v této oblasti můžeme nejlépe popsat serií seminářů SOFSEM. V roce 1978 ukazuje referát [1] vztah mezi logikou a databázovými jazyky. V roce 1979 přednesl kolektiv autorů přednášku na téma "Databáze a teorie typů" [2]; která u skupiny odborníků z této oblasti vzbudila značný zájem. V roce 1980 právě na tomto semináři byly skupinou účastníků navrženy základy nového datového modelu HIT (datový model homogenní, integrovaný, založený na teorii typů). Od této doby se výzkum datového modelu HIT ubírá třemi hlavními směry - využití teorie typů při konstrukci databázového jazyka; realizace databázového systému založeného na teorii typů a vývoj metodiky, která zabezpečuje výstavbu datového schématu s využitím teorie typů jako teoretického základu. V dalším se budeme zabývat právě posledním z těchto směrů. Některé dosažené výsledky byly prezentovány na semináři SOFSEM'81 [3] a DATASEM'81 [4] a s rozvojem svědčí celá řada dalších publikovaných prací a zájem o semináře o této tematice.

I když vychází další text z uvedených prací, budeme se z důvodů snazšího porozumění opírat o pojmy zavedené v teorii množin. Předpokládáme v tomto směru znalost pojmů jako např.

kartézský součin, vzor, obraz, zobrazení, obecné (víceznačné) zobrazení a pod.

## 2. Definice pseudoatributu

Sestavení datového schématu se zakládá na kvalitním popisu zájmové reality. Tento popis zahrnuje mimo jiné určení typů objektů výseku reálného světa, který nás zajímá, a dále určení typů hodnot, pomocí kterých chceme objekty popisovat.

Rozlišujeme tedy dva základní pojmy a to:

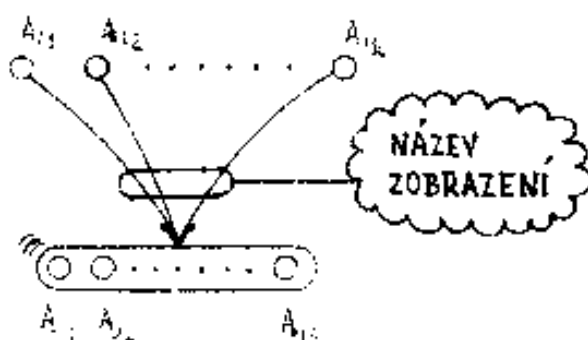
- typy objektů (t.j. množiny prvků = objektů, které chceme popisovat) a
- typy hodnot (t.j. množiny prvků = hodnot, pomocí kterých objekty popisujeme).

Množiny objektů a množiny hodnot, mezi které také zahrneme pravdivostní množinu {TRUE, FALSE} budeme nazývat úplnou bází. Prvky úplné báze nazveme typy. V tomto smyslu byl již pojem typ použit.

Necht  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  ( $n \geq 1$ ) tvoří úplnou bází. Potom obecné zobrazení kartézského součinu  $A_{i_1} \times A_{i_2} \times \dots \times A_{i_k}$  ( $k \geq 1, A_{i_m} \in A$  pro  $m \in \langle 1, k \rangle$ ) do kartézského součinu  $A_{j_1} \times A_{j_2} \times \dots \times A_{j_s}$  ( $s \geq 1, A_{j_m} \in A$  pro  $m \in \langle 1, s \rangle$ ) nazveme pseudoatributem.

Množinu  $\{A_{i_1} \times A_{i_2} \times \dots \times A_{i_k}\}$  nazveme definičním oborem pseudoatributu a její prvky vzory. Množinu  $\{A_{j_1} \times A_{j_2} \times \dots \times A_{j_s}\}$  nazveme oborem hodnot a její prvky obrazy. Číslo  $(k + s) \geq 2$  nazveme řádem pseudoatributu.

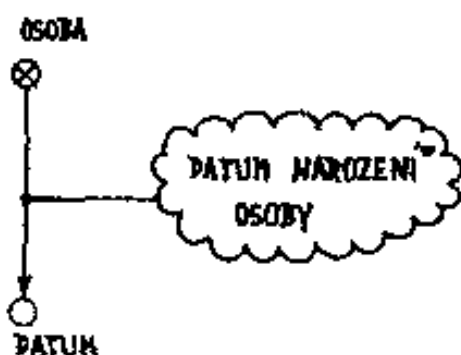
Pro grafické znázornění pseudoatributů zvolíme následující schéma:



Pozn. : Symbol ((( (t.zv. "fear") je použit v případě, že zobrazení je víceznačné, jestliže se jedná o zobrazení jednoznačné, "fear" se vynechává.

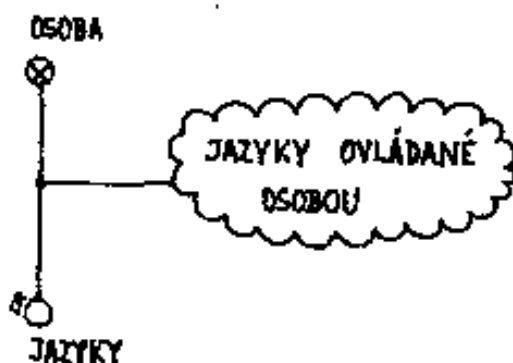
Při výstavbě schématu budeme vyžadovat, aby veškeré vztahy mezi typy byly znázorněny právě pomocí pseudoatributů. Projektant má tak k dispozici 6 druhů pseudoatributů, vycházejících z výše uvedeného tvaru. Uveďme si na příkladech těchto 6 možností a tím, že budeme rozlišovat graficky typ hodnot , typ objekt .

Př.1)



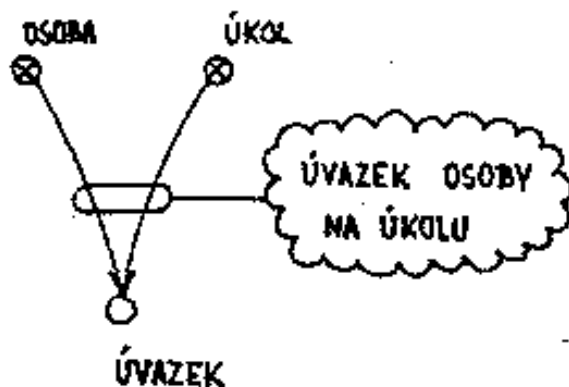
Osoba má právě jedno datum narození

Př.2)



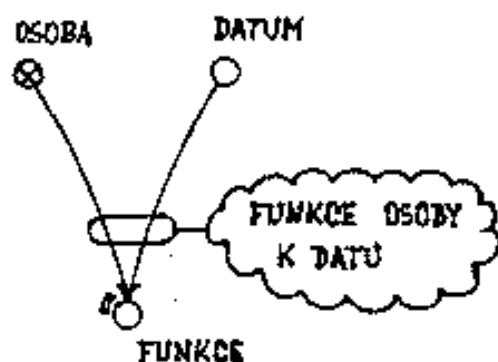
Osoba může ovládat více jazyků

Př.3)



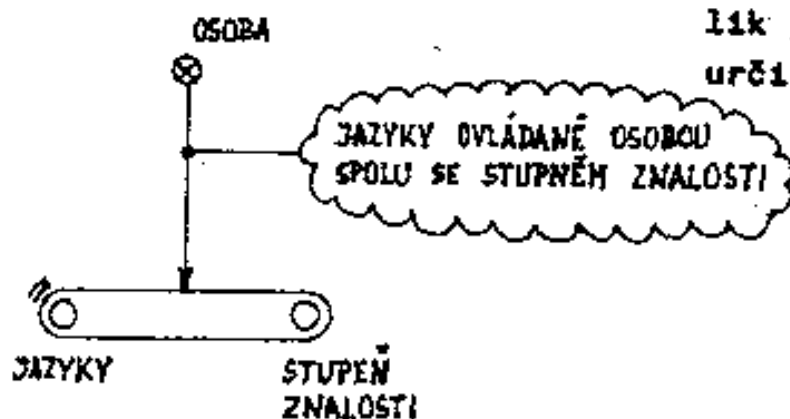
Na jednom úkolu má osoba jeden úvazek

Př. 4)



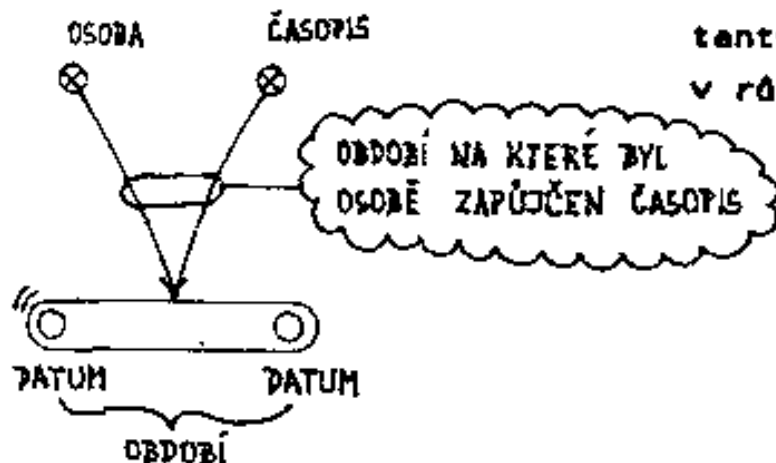
Osoba může k danému datu  
vykonávat více funkcí

Př. 5)



Osoba může ovládat něko-  
lik jazyků a každý z nich  
určitým stupněm znalosti

Př. 6)



Osoba může mít zapůjčen  
tentýž časopis vícekrát  
v různých obdobích

### 3. Poměr hodnot pseudoatributu

Mezi prvky definičního oboru a oboru hodnot pseudoatributu platí řada závislostí. Při výstavbě schématu nás budou zajímat následující poměry hodnot:

- dolní poměr hodnot pseudoatributu  $p : q$  ( $p, q \in \langle 0, 1 \rangle$ ) a
- horní poměr hodnot pseudoatributu  $u : v$  ( $u \in \{1, n, m\}$ ,  $v \in \{1, n\}$ )

Další poměr nás bude informovat o tom, zda je příslušné obecné zobrazení definováno pro všechny vzory a zda je definováno inverzní obecné zobrazení pro všechny obrazy. Horní poměr bude zachycovat informaci, zda se jedná o zobrazení víceznačné (obecné) nebo jednoznačné a také o tom, zda inverzní zobrazení je víceznačné nebo jednoznačné.

Zápis  $p; u : q;$  v nazýváme potom poměrem hodnot pseudoatributu. Pro  $p; q; u;$  v platí následující úsilva:

- $q = 0;$  jestliže ex.vzar, pro který neexistuje obraz, jinak  $q = 1$
- $p = 0;$  jestliže existuje obraz, pro který neexistuje vzor, jinak  $p = 1$
- $v = n;$  jestliže existuje vzor, který má více obrazů než 1, jinak  $v = 1$
- $u = 1;$  jestliže ke každému obrazu existuje nejvýše 1 vzor, jinak, jestliže  $v = n;$  potom  $u = a;$  jinak  $u = n$

Ukažme si na našich příkladech pseudoatributů, jaké budou mít poměry hodnot (první z nich rozebereme podrobně):

ad př.1) Jelikož každá osoba má datum narození, je  $q = 1;$  jelikož osoba nemůže mít více jak jedno datum narození, je  $v = 1;$  může existovat datum které nelze přiřadit žádné osobě jako datum narození (v naší zájmové oblasti); proto  $p = 0;$  a dále se mohou (v naší zájmové oblasti) vyskytnout osoby, které mají datum narození totožné, proto  $u \neq 1$  a protože  $v = 1;$  bude  $u = n.$  Poměr hodnot pseudoatributu "datum narození osoby" bude tedy  $0; n : 1; 1.$

ad př.2) Jestliže do typu "jazyky" zahrneme také mateřský jazyk, potom bude poměr hodnot tohoto pseudoatributu  $0; a : 1; n$

ad př.3)  $0; n : 0; 1$

ad př.4)  $1; 1 : 0; n$  (za předpokladu, že funkce musí být "obsazena" a to právě jednou osobou)

ad př.5)  $0; n : 0; n$

ad př.6)  $O; m : O; u$

Z příkladu 2 a 4 je patrné, že při určování poměru hodnot pseudoatributu jsme nevystačili pouze se základní informací, kterou nám podávalo schéma, ale museli jsme doplnit další informace. Určování poměrů hodnot pseudoatributů není tedy záležitostí mechanickou, ale je nutno vycházet ze znalosti situace v zájmové oblasti.

Poměr hodnot pseudoatributu představuje základní integritní omezení, které můžeme kontrolovat v počítači pomocí obecného algoritmu.

#### 4. Odvoditelné a rozložitelné pseudoatributy

V praxi se setkáváme s případy, kdy jeden pseudoatribut je významově ekvivalentní s druhým. Tak na příklad inverzní pseudoatribut je ekvivalentní s původním. Podobně přemístění typu z definičního oboru do oboru hodnot (nebo naopak), získáme nový pseudoatribut popisující tutéž realitu. Jedná se tedy o pseudoatributy, které budeme nazývat odvoditelné navzájem a mluvíme proto o ekvivalentních pseudoatributech.

Jestliže se důkladněji podíváme na příklady 2 a 5, je zřejmé, že informace pseudoatributu "jazyky ovládané osobou", je také obsažena v pseudoatributu "jazyky ovládané osobou spolu se stupněm jejich znalosti". V tomto případě mluvíme o odvoditelnosti jednostranné, neboť informaci, kterou lze získat z pseudoatributu ad př.2) lze odvodit z pseudoatributu příkladu 5), nikoliv naopak.

Z uvedeného textu je zřejmé, že ke každému pseudoatributu řádu  $t \geq 2$  lze vytvořit nejméně jeden pseudoatribut ekvivalentní a ke každému pseudoatributu řádu  $t \geq 3$  více pseudoatributů jednostranně odvoditelných.

Mějme pseudoatribut  $P$  řádu  $t \geq 3$ . Jestliže existuje několik z něj odvoditelných pseudoatributů řádu  $m < t$ , z nichž je odvoditelný původní pseudoatribut, potom říkáme, že  $P$  je rozložitelný bez ztráty informace, nebo stručně, že je  $P$  rozložitelný.

Uvedme si nyní alespoň jedno pravidlo, které nám představuje nutnou podmínku pro posouzení zda mohou být pseudoatributy odvoditelné a dále dvě pravidla, které jsou postačující k tomu, aby byl pseudoatribut rozležitelný.

Pravidlo 1; Nutnou podmínkou pro to, aby byl pseudoatribut A odvoditelný z pseudoatributu B je, aby množina typů z kterých je vytvořen pseudoatribut B, byla podmnožinou typů z kterých je vytvořen pseudoatribut A.

Že se jedná pouze o nutnou podmínku zjistíme lehce např. na pseudoatributech vyjadřujících vztahy "datum narození osoby" a "datum nástupu do zaměstnání osoby". V tomto případě je sice podmínka z pravidla 1 splněna a přitom se jedná evidentně o neodvoditelné pseudoatributy.

V praxi tedy postupujeme tak, že získáme-li dvojici pseudoatributů splňujících předpoklady pravidla 1, musíme na základě rozboru zjistit, zda se jedná, nebo nejedná o pseudoatributy neodvoditelné. Odvoditelné pseudoatributy představují pro projektanta nežádoucí redundanci informací v předprojektovém stadiu, proto se je bude snažit v této fázi snažit odstranit, naopak pro sestavení komunikačního schématu (t.j. na úrovni styku s DBS) bude někdy redundance, např. z důvodů efektivnosti, užitečná a v řadě případů, např. z důvodů požadované krátké doby odezvy, nutná.

Pravidlo 2; Jestliže horní poměr pseudoatributu je  $1 : n$ , resp.  $n : 1$ , a současně počet typů definičního oboru resp. počet typů oboru hodnot je větší jak 1, potom je pseudoatribut rozležitelný bez ztráty informace.

Poznamenáme, že tento rozklad lze uskutečnit podle následujícího principu; Nechť počet typů definičního oboru je  $k \geq 2$  a současně horní poměr pseudoatributu nechť je  $1 : n$ . Potom z původního pseudoatributu odvodíme  $k$  pseudoatributů řádu  $(1+n)$ , kde  $e$  je počet typů oboru hodnot, tak, že obor hodnot původního pseudoatributu ponecháme a v jednotlivých odvozených pseudoatributech vystřídáme v definičním oboru po jedné všechny typy definičního oboru původního pseudoatributu. Horní poměr takto odvozených pseudoatributů bude  $1 : n$ . Podobný postup lze reali-

zavat 1 pro případ, kdy horní poměr pseudoatributu je  $n : 1$  a  $n > 2$  a tím, že definiční obor zaměním za obor hodnot a naopak.

Pravidlo 3: Jestliže lze z pseudoatributu odvodit pseudoatribut nižšího řádu s horním poměrem  $1 : n$ , nebo  $n : 1$ , potom je původní pseudoatribut rozložitelný bez ztráty informace.

Z pravidla 3 a poznámky o horním poměru odvozených pseudoatributů podle pravidla 2 je zřejmé, že pravidlo 2 je zvláštním případem pravidla 3. Přesto je vhodné pravidlo 2 uvádět, neboť lze z horního poměru pseudoatributu získat v řadě případů popud k rozkladu bez dalšího rozboru vlastností odvozených pseudoatributů.

Poznamenáváme, že lze opět stanovit algoritmus pro rozklad pseudoatributu splňujícího předpoklady pravidla 3. V tomto případě vzniká rozkladem dvojice pseudoatributů. Jeden z nich (označme jej A) je právě ten, který zabezpečuje rozložitelnost. Druhý vznikne z původního buď vynecháním typů, které tvoří definiční obor pseudoatributu A a to v případě horního poměru hodnot pseudoatributu A  $1 : n$ , nebo vynecháním typů, které tvoří obor hodnot pseudoatributu A a to v případě, že horní poměr hodnot pseudoatributu A je  $n : 1$ .

## 5. Elementární pseudoatributy a jádro schématu

Pseudoatributy, které nejsou rozložitelné bez ztráty informace nazýváme elementární pseudoatributy. Je zřejmé, že každý pseudoatribut řádu 2 je elementární. V ostatních případech musí projektant provést rozbor pseudoatributu. Zbývá ještě otázka, zda pravidla 2 a 3 jsou dostačující. Dá se ukázat, že tomu tak není a že existují případy, kdy lze pseudoatribut rozložit i podle dalších pravidel. Složitost těchto dalších pravidel je v praxi neúměrná záruce, který dosáhneme. V praxi, kdy schéma tvoříme na základě subjektivních znalostí reality, nelze očekávat vytvoření datového modelu s absolutní přesností. Projektant musí být připraven na to, že získané schéma se bude i nadále vyvíjet a tedy i měnit podle potřeby reality a na základě růstu znalostí o ní.

Jestliže projektant zhrmáždí všechny elementární pseudo-



atributy popisující zájmovou realitu, zbývá mu ještě jeden úkol, a to odstranit z této množiny všechny pseudoatributy odvoditelné. Množinu elementárních pseudoatributů neobsahující odvoditelné pseudoatributy nazveme jádrem schématu. Je zřejmé, že tímto postupem lze získat přehled o všech informacích, které pro informační systém potřebujeme a o jejich vzájemných vazbách.

## 6. Podtypy

Uvažujme objektový typ na př. "osoba" spolu se zájmovou oblastí, kterou vymezíme pojmem "informační systém vysoké školy". Každému čtenáři je zřejmé, že na vysoké škole jsou osoby dvojího zařazení, jednak zaměstnanci, jednak posluchači. Nemůžeme ani vyloučit případ, kdy zaměstnanec je současně studentem. Dále víme, že pro všechny osoby budeme sledovat na př. jméno, datum narození, trvalé bydliště. U posluchačů budeme mimo to evidovat ročník studia, číslo kroužku, ve kterém je posluchač zařazen, předměty z kterých skládá zkoušky a pod. Tyto informace nepotřebujeme evidovat u zaměstnanců, kde naopak budeme sledovat datum nástupu do zaměstnání, funkční zařazení, základní plat atd. Pokud rozdělíme zájmovou oblast do dvou izolovaných složek - evidence zaměstnanců a evidence posluchačů, bude vše v pořádku, ale cílem projektanta je vytvořit integrovaný systém, který by řešil i vztahy mezi posluchači a zaměstnanci (na př. učiteli). Vidíme tedy, že typ "osoba" zahrnuje dva podtypy (nikoliv disjunktí) a to "posluchač" a "zaměstnanec".

Jestliže se vrátíme k již zavedeným pojmům je zřejmé, že pseudoatributy obsahující typ "osoba" můžeme rozdělit do tří skupin. Jedna bude obsahovat ty pseudoatributy, které jsou definovány pro všechny osoby zájmové oblasti - t.j. bez ohledu na to, zda se jedná o zaměstnance nebo posluchače. Druhá bude skupina obsahující pseudoatributy definované výhradně pro zaměstnance a do třetí skupiny zahrneme pseudoatributy popisující posluchače. Při tomto postupu zřejmě přijdeme na další role, které "osoba" na vysoké škole zastává (učitel, neučitel, důchodce, externista atd.), ale to se jedná stále o podobné případy, takže je nebudeme v dalším rozebírat.

V každé takto vytvořené skupině pseudoatributů se snažíme nalézt pseudoatribut, který je definován pro všechny objekty příslušného podtypu. Tento pseudoatribut označíme jako reprezentanta skupiny pseudoatributů. Na př. u zaměstnance může být reprezentantem "datum přijetí do pracovního poměru", u posluchače "datum zápisu do studia" a u osoby "datum narození osoby".

Pokud bude u pseudoatributů označeno, ke kterému reprezentantu přináleží, je možné upřesnit dolní poměr těchto pseudoatributů vůči podtypu pro který byl reprezentant definován. Tímto způsobem je možné upřesnit dolní poměr hodnot pseudoatributů všech skupin.

Zavedením pojmu podtyp se podařilo zúžit množinu prvků definičního oboru pseudoatributů a získat tak jedno z kritérií, které můžeme uplatnit při převodu jádra schématu do souborů potřebných pro sestavování datových schémat souborů nebo databázových systémů.

## 7. Závěr

V prostoru, který byl vymezen pro tento článek, nebylo možné rozbrat problematiku výstavby datového schématu v plné šíři. Tak na př. zde chybí vymezení pseudoatributů zabezpečujících integritu datové základny při aktualizacích, metodika vedení dialogu mezi projektantem a uživatelem, v 6. kapitole je jen zmínka o ustavování schémat na komunikační úrovni, t. j. na úrovni pro styk s konkrétním databázovým systémem, úplně chybí formalizace zápisu typů a pseudoatributů do formulářů a řada dalších problémových okruhů, které jsou v současné době rozpracovány do té míry, že se staly reálným prostředkem při práci projektantů ASŘ.

Závěrem mohu na závěr doporučit, aby se seznámili s uvedenou literaturou, případně aby se zúčastnili semináře DATA-SEM '82, kde budou prezentovány další výsledky.

## LITERATURA

- [1] Pokorný J., Benešovský M., Krejčí F., "Logika a dotazovací jazyky", Sborník referátů SOFSEM '78, 201 - 236, 1978
- [2] Materna P., Pokorný J., Krejčí F., "Databáze a teorie typů", Sborník referátů SOFSEM '79, 43 - 78, 1979
- [3] Materna P., Krejčí F., Zlatuška J., Pokorný J., Felix O., "HIT - databázový model", Sborník referátů SOFSEM '81, 195 - 226, 1981
- [4] Krejčí F., Fendrych M., "Metodika projektování databázových schémat", DATASEM '81, září 1981
- [5] Materna P., Pokorný J., Applying Simple Theory of Types to Data Bases. Vychází v Information Systems.
- [6] Codd E.F., Data models in database management, SIGMOL, 11.2.1980
- [7] DBTG CODASYL Programming Language Committee, Report, 1979
- [8] Codd E.F., Extending the Database Relational Model, TUDS 5, 4, 1979
- [9] Codd E.F., A Data Base Sublanguage Founded on the Relational Calculus. Proc. SIGFIDET, 1971
- [10] Pokorný J., Přehled databázových modelů, DATASEM '81, Kutná Hora, září 1981
- [11] Krejčí F., Metodika datové analýzy pro vytvoření databázového jádra vycházející z databázového modelu HIT. Vyjde v MAA.
- [12] Krejčí F., Metodika projektování databázových struktur vycházející z HIT DM. Věnováno projektantům. Výzk. zpráva LPS VUT Brno, březen 1981.