# Úvod do databázových systémov

**http://www.dcs.fmph.uniba.sk/~plachetk**

**/TEACHING/DB1**

Tomáš Plachetka

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky,
Univerzita Komenského, Bratislava

Zima 2024–2025

# Organizácia kurzu: prednáška, konzultácie

**Prednáška:** doc. Dr. T. Plachetka
Pondelok 11:30–14:00, F1.328

**Tento kurz je dvojsemestrálny**, na tento predmet nadväzuje predmet **Databázy**

**Konzultácie:**
M.262, Katedra informatiky
Čas odporúčam dohodnúť osobne (keď komunikujete cez email, navrhnite konkrétny čas aj nejakú alternatívu)
V skúškovom období konzultácie nie sú

# Organizácia kurzu: cvičenia

**Cvičenia:** doc. RNDr. J. Mazák PhD.

C1 Utorok 14:00, F1.328

C2 Štvrtok 11:30, M.V

Cvičenia začínajú krátkou hodnotenou "rozcvičkou" (ca. 5 minútovým písomným testom)

Na web stránke prednášky http://www.dcs.fmph.uniba.sk/~plachetk/TEACHING/DB1 nájdete link na systém organizácie cvičení. Platí rozvrh v tomto systéme. Nájdite svoje zaradenie do skupiny a ak treba, zmeňte ho

# Organizácia kurzu: cvičenia

## Úvod do databázových systémov cvičenia

**Login**

Študent Odhlásiť

- **Zmeniť e-mail**
- **Zmeniť heslo**

**Menu**

- **Hlavná stránka**
- **Rozvrh podľa mena**
- **Rozvrh podľa skupín**
- **Zmeny rozvrhu, obsadenosť skupín**

**Obsadenie skupín podľa predmetov**

**DB cvicenie**

| Názov | Čas | Miestnosť | Voľných/Celkom /Fronta | Stav | Zmenit stav? |
|---|---|---|---|---|---|
| C1 | Stv 12:20 | F1.108 | 1/23/0 | Sem nechcem | Zmenit |
| C2 | Stv 14:00 | F1.108 | 4/23/0 | Tu som | |

**Praktikum z DB**

| Názov | Čas | Miestnosť | Voľných/Celkom /Fronta | Stav | Zmenit stav? |
|---|---|---|---|---|---|
| P1 | Uto 12:20 | M.217 | 3/22/0 | Tu som | |
| P2 | Str 18:10 | M.217 | 0/22/0 | Sem nechcem | Zmenit |

**Tip: Zmenu robte len v nutnom prípade, inak môžete prísť o miesto v pôvodnej skupine**

# Organizácia kurzu: praktikum

**Databázové praktikum**:
RNDr. M. Rjaško PhD.
Štvrtok 8:10, M.217

**Výberový predmet ponúkaný a silne odporúčaný študentom kurzu Úvod do databázových systémov.**

**Cieľ**: získať **praktické zručnosti** pre prácu s databázovými systémami a súvisiacimi technológiami

# Organizácia kurzu: hodnotenie

**Cvičenia**

Hodnotia sa **"rozcvičky"** (možno pribudne niekoľko domácich úloh),

**každé jednotlivé hodnotenie je z {0, 2, 5, 6}**

C = max (

Σ najlepších 10 hodnotení rozcvičiek;

Σ najlepších 9 hodnotení rozcvičiek a 1 najlepšieho hodnotenia z domácich úloh

)

Nutná podmienka postupu: C **>= 45%, t.j. aspoň 27 bodov zo 60**

**Písomný test v skúškovom období**

Nutná podmienka postupu: P **>= 45%, t.j. aspoň 27 bodov zo 60**

**Ústna skúška v skúškovom období**

# Organizácia: ročníkové projekty

Pondelok 30.9. o 16:30, F1

Jednorázové stretnutie venované organizácii ročníkových projektov (pripomienku dostanete cez AIS email)

Dovtedy odporúčam pozrieť si projekty z uplynulých rokov na http://www.dcs.fmph.uniba.sk/~plachetk/TEACHING/RP/

a premyslieť si, či máte sami nápad hodný ročného úsilia (a neskôr bakalárskej práce)

# Čo je databáza (a čo je databázový systém)

Databáza je kolekcia nejakých dát (údajov). Napríklad databáza kníh (alebo hudobných CD, študentov na študijnom oddelení, ...)

Dáta majú štruktúru. Aj dve veľmi rôzne knihy majú **spoločné atribúty** (autor, názov, vydavateľ, rok vydania, ISBN atď.), **líšia sa len v hodnotách atribútov**

Idea: Vyrobiť **univerzálny systém**, ktorý vie **pracovať s ľubovoľnou databázou** (pevnou štruktúrou)

**Databázové systémy (DBMS) implementujú to, čo je v rôznych databázových aplikáciách spoločné**

# Príklady použitia databázových aplikácií

- Banky, poisťovne
- Akciové a iné burzy (eBay)
- Knižnice
- Rezervačné systémy (letecké spoločnosti, železnice, hotely, cestovné kancelárie, požičovne áut, ...)
- Supermarkety
- Firemná agenda (účtovníctvo, sklady, adresáre, ...)
- Fyzika (astronómia, meteorológia, geológia, geografia, ...)
- Štatistika
- ...

# Spoločné charakteristiky DB aplikácií

- Dáta majú štruktúru, ktorá sa zriedka mení
- Objem dát je veľký
- Dáta nie sú uložené na užívateľovom počítači, sú prístupné cez počítačovú sieť (klient-server)
- Vyžaduje sa vysoký stupeň bezpečnosti
- Dotazy sú zložité („Koľko televízorov, ktoré našej firme dodávajú iba európski dodávatelia, sme predali vlani v Terchovej?”)
- Množstvo užívateľov pristupuje k dátam súčasne. Niektorí dáta nielen čítajú, ale aj menia
- Vyžaduje sa vysoká odolnosť voči poruchám (aj v prípade akejkoľvek havárie na strane klienta či servera musí databáza ostať v konzistentnom stave)
- Prístup koncových užívateľov k dátam musí byť jednoduchý (API, GUI)

# „Definícia“ databázového systému (DBMS)

DBMS (Database Management System):

**Systém, ktorý poskytuje pohodlné, bezpečné, mnohoužívateľské prostredie pre efektívnu manipuláciu s veľkým objemom perzistentných dát (aj v prípade neočakávaných porúch)**

Cieľ: dosiahnuť **nezávislosť aplikačných programov od dát**

Napríklad, výber programovacieho jazyka pre tvorbu aplikácie nemá závisieť od internej reprezentácie dát

# História databázových systémov v svetovom merítku

**?–1960**

- Jednoúčelové, navzájom nekompatibilné aplikácie (banky, knižnice, letecké spoločnosti, byrokracia veľkých firiem)
- **Práca s dátami „zadrôtovaná“ do štruktúr zvoleného programovacieho jazyka**, množstvo formátov súborov, súborových systémov, počítačov, pamäťových médií, operačných systémov, ...

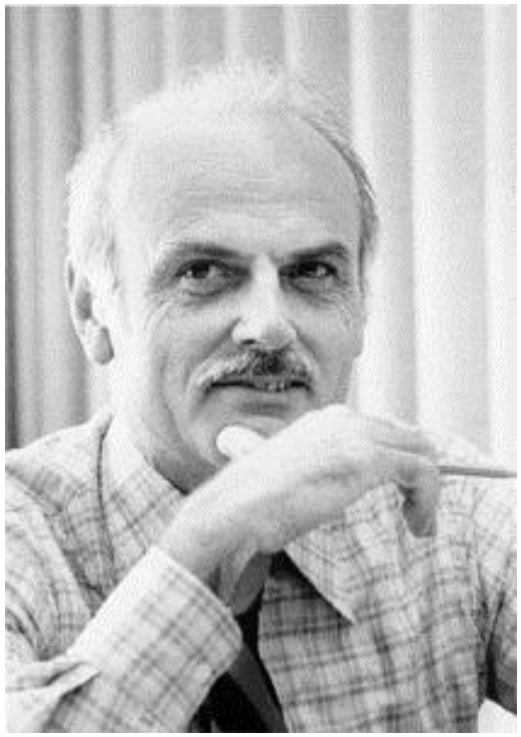
**1960–1970**

- Návrhy **jednotných DBMS** (Database Management Systems):
  - hierarchický (stromový) dátový model, *à la* albumy-pesničky
  - sieťový (grafový) dátový model → štandard **CODASYL**, Committee on Data Systems and Languages
- Problém s CODASYL: ako automaticky prechádzať (prehľadávať) veľký graf? → potreba „programovacieho jazyka vyššej úrovne“

# História databázových systémov v svetovom merítku

**1970–dnes**

• Edgar F. Codd: A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks (IBM, 1970). Idea 1: každá dátová štruktúra sa dá reprezentovať **reláciou** (tabuľkou). Idea 2: s malou, vhodne zvolenou množinou **tabuľkových operácií** sa dá „**urobiť všetko**“. Toto sa dá presne formalizovať a matematicky dokázať → **SQL**



**Edgar F. „Ted“ Codd**, 1923–2003, British Computer Scientist, born in Portland, Dorset
• Studied maths and chemistry at Oxford
• Was a pilot in the Royal Air Force during WWII
• Joined IBM in New York as a mathematical programmer in 1948
• Earned a doctorate in CS from the University of Michigan in Ann Arbor, then joined IBM research in San Jose

# História databázových systémov v svetovom merítku

**1986–dnes**

- SQL, Standard Query Language, ISO a ANSI štandard od 1986, niekoľkokrát aktualizovaný (rozšírený). Významná aktualizácia bola v 1999
  - **relačný dátový model**
  - príkazy na vytvorenie typov atribútov, vytvorenie relácií atď. (DDL, Data Definition Language)
  - kľúčový príkaz DML (Data Manipulation Language) je **SELECT**, ktorým sa formulujú dotazy
  - transakčné príkazy (BEGIN / COMMIT / ROLLBACK)
  - ...

*Praktické systémy nedržia tempo s "teoretickým" výskumom, ani so špecifikáciou SQL. Napr. rekurzia v SQL sa začala implementovať len nedávno*

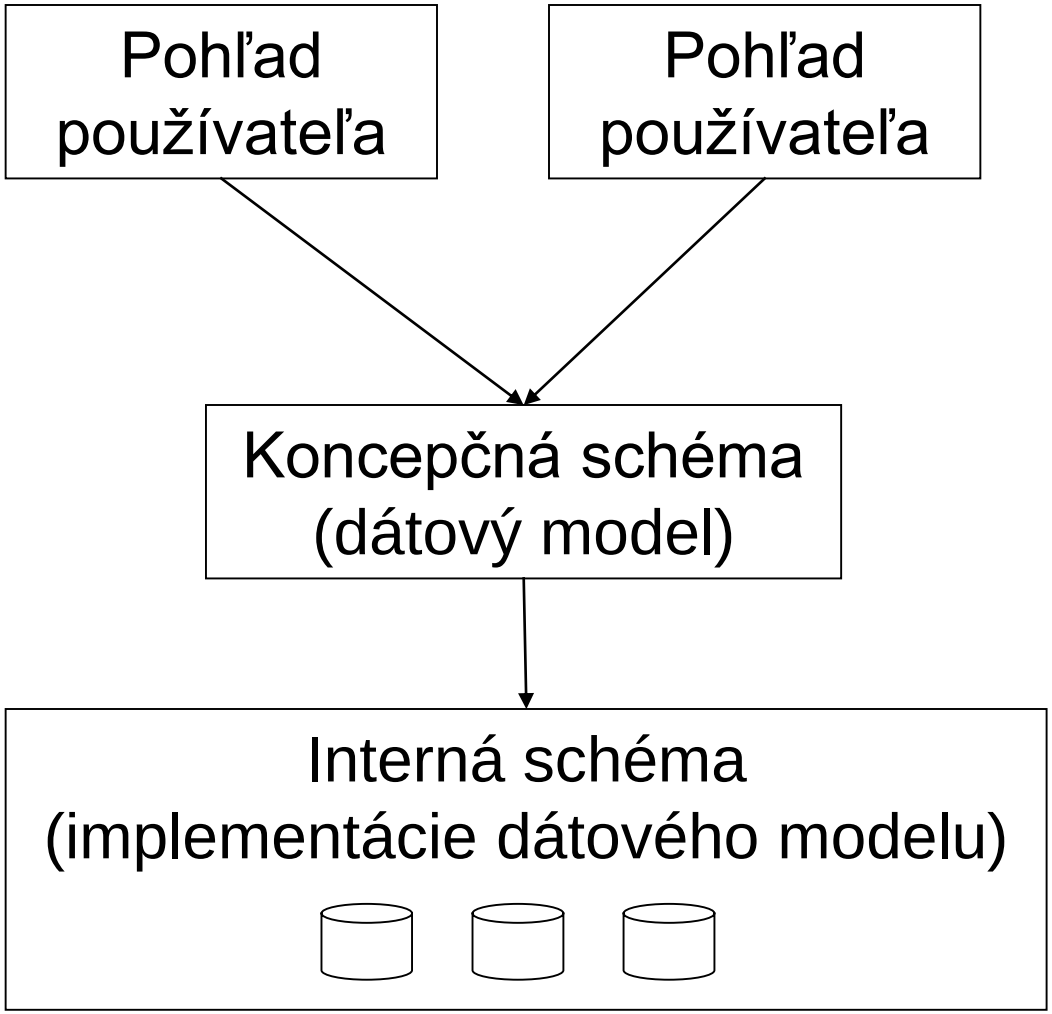
# Trojstupňová architektúra DBMS (ANSI/SPARC)

**Cieľ: nezávislosť aplikácií od internej reprezentácie dát**

Tvorba a používanie konkrétnych aplikácií v rôznych programovacích jazykoch, prístup k častiam dát, bezpečnosť, ...)

Dátový model (napr. relačný)

Rôzne implementácie dátového modelu, uloženie dát na perzistentných médiách, ...



# Dátové modely

**Dátový model je matematická notácia dát a manipulácie s dátami (algebra)**

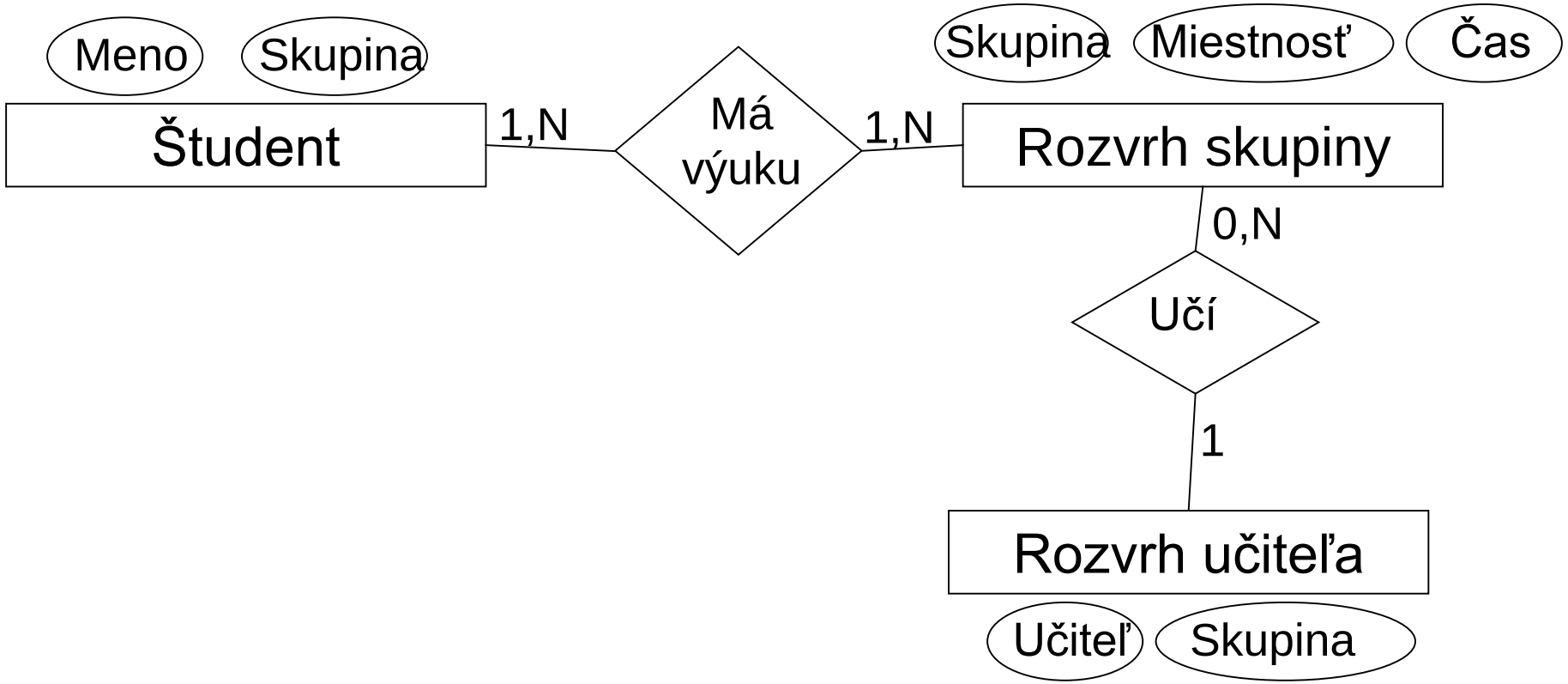
Používané dátové modely:

- **relačný**
- entitno-relačný
- navigačný (XML)
- objektový

# Entitno-relačný dátový model

Entitno relačný model popisuje entity, atribúty entít a vzťahy medzi entitami. **Nemá však žiadne operácie** (je to len formálne presná notácia)

Príklad ER diagramu:



# Navigačný dátový model (XML)

XML sa používa na popis štruktúrovaných textov. **Základnými konceptami sú strom (linearizovaný do textu správnym uzátvorkovaním tagov) a odkaz (link).** DTD (Document Type Definition) je jazyk, v ktorom sa popisuje gramatika tagov (t.j. syntakticky správne vnorenia tagov) pre daný typ dokumentu

XPath je jednoduchý jazyk na koncepčnej úrovni, jadrom sú operácie pre "manuálne" traverzovanie stromu:

- home
- up, down
- first_sibling, next_sibling, prev_sibling
- first_down, next_down, prev_down

XQuery je vyšší dotazovací jazyk na aplikačnej úrovni, ktorý používa XPath výrazy ako základ: FLWOR+HTML
(FLWOR je skratka pre *for*, *let*, *where*, *order by*, *return*)

# Relačný dátový model

Jediným konceptom je **relácia** (tabuľka). Toto vymyslel Codd zhruba v 1970

Relačné operácie:

- zjednotenie, prienik, rozdiel
- kartézsky súčin
- selekcia
- projekcia
- ...

DBMS ako napr. Oracle, MySQL, MS SQL Server, IBM DB2, Postgres, Sybase/SAP atď. používajú relačný dátový model, preto sa im hovorí relačné DBMS

# História databázových systémov (na Zemi)

**1990–dnes**

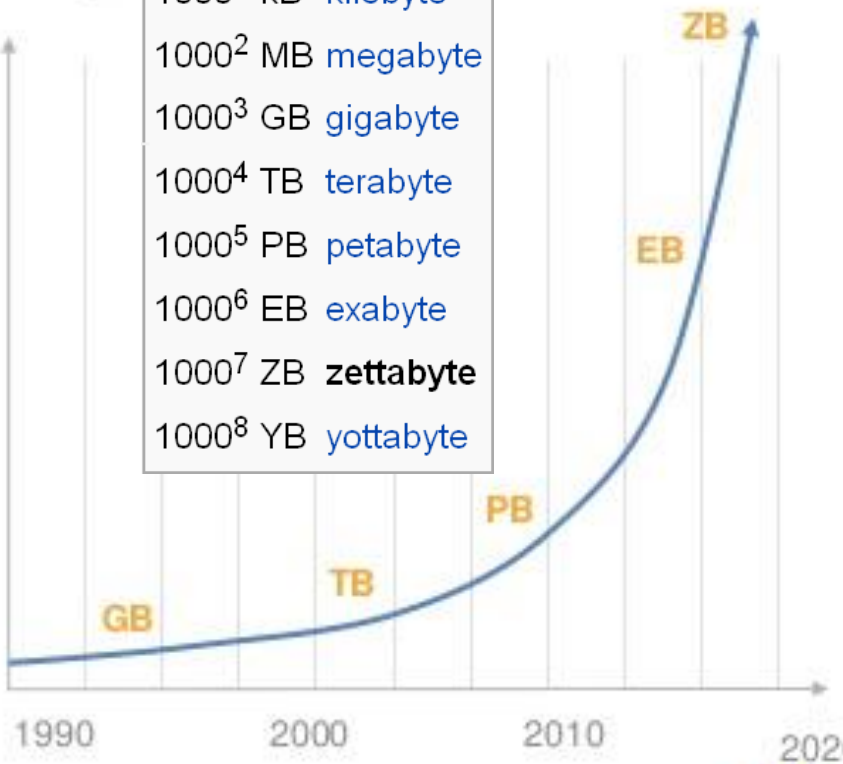
CORBA
CGI
DB2
C++
V$ Tables
JDBI
PHP
ABAP
XML
z/OS
C#
SQL
ZPARMs
Ruby
Derby
XML
COBOL
EJB
Sybase
ONDB
Oracle
Linux
Unix
SQL server
ODBC
JSON
Informix
VTAM
JDBC
DBeaver
db4o
DNS
JODB
Perl
VB
DB2 connect
Windows
Java
HTTP
PostgreSQL
MQ
MongoDB
Python
HTML
ASP
Mckoi
Scala
PHP
TCP/IP
JDAL
NoSQL
Java Applet
Firebird
.NET
MySQL
DBPool

# Nárast celkového objemu dát (na Zemi)

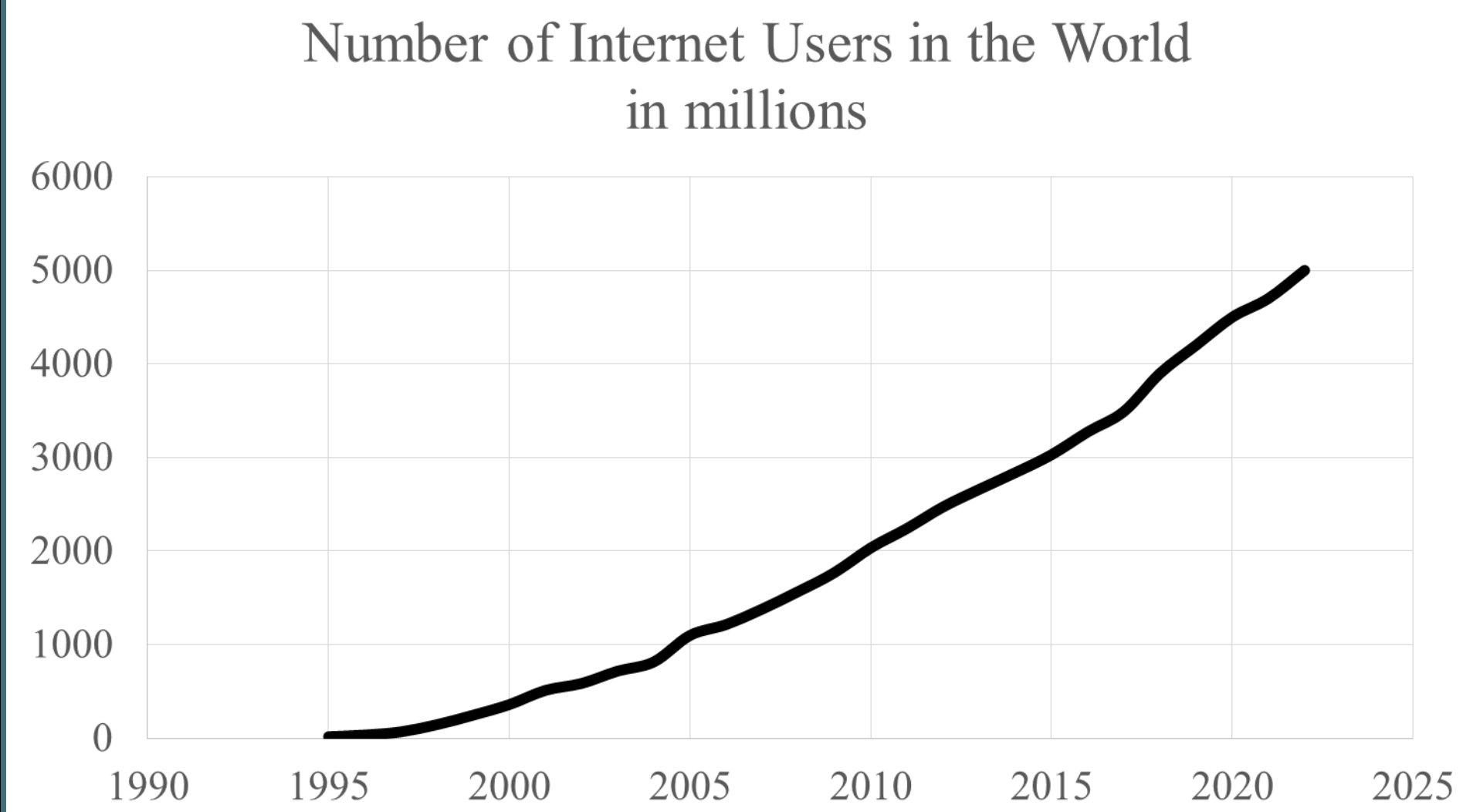
## Data Volume, Velocity, & Variety

- 4.4 zettabytes (ZB) of data exists in the digital universe today
  - 1 ZB = 1 billion terabytes
- 450 billion transaction per day by 2020
- More unstructured data than structured data

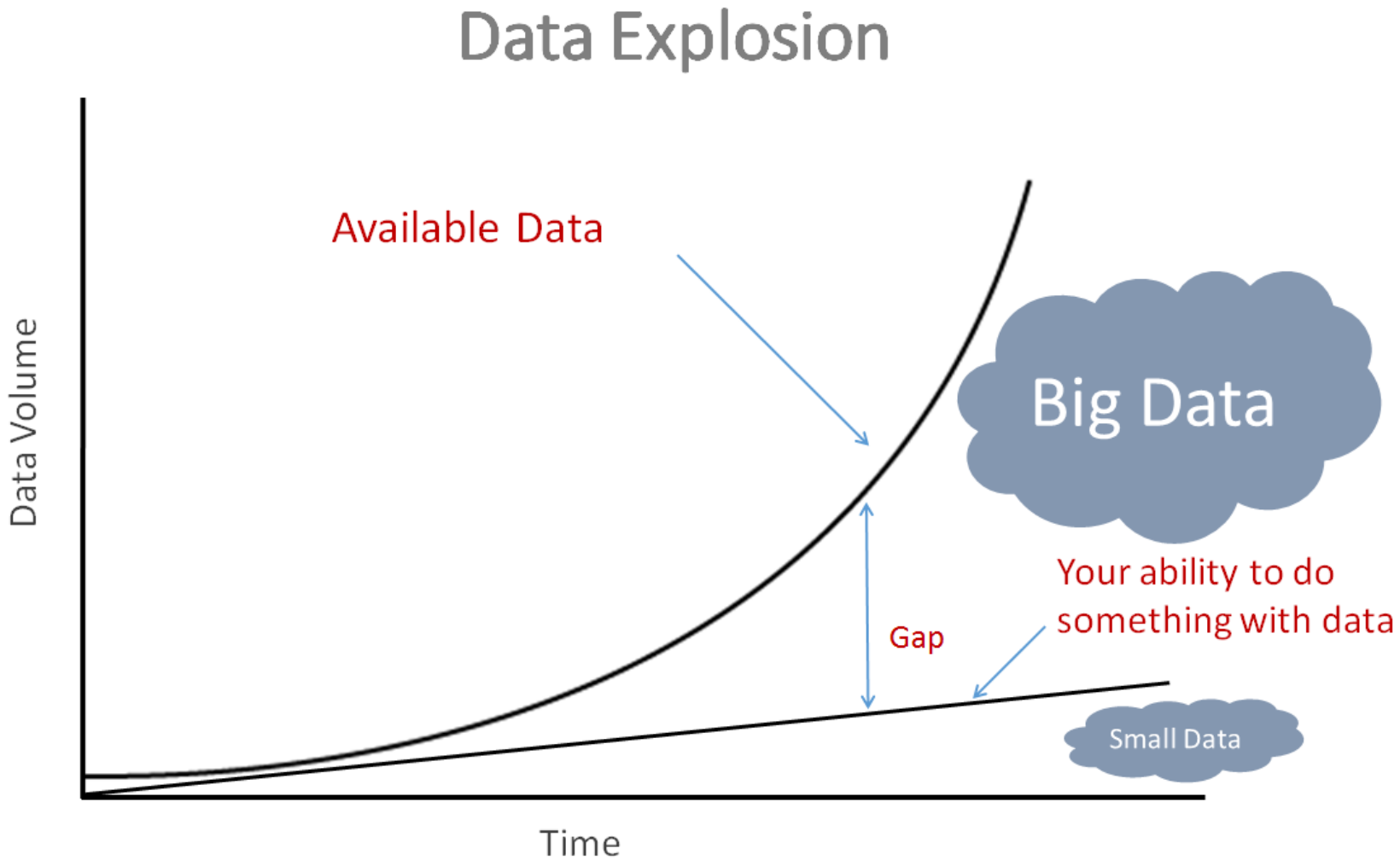
| Decimal | | |
|---|---|---|
| Value | Metric | |
| 1000 | kB | kilobyte |
| $1000^2$ | MB | megabyte |
| $1000^3$ | GB | gigabyte |
| $1000^4$ | TB | terabyte |
| $1000^5$ | PB | petabyte |
| $1000^6$ | EB | exabyte |
| $1000^7$ | ZB | **zettabyte** |
| $1000^8$ | YB | yottabyte |



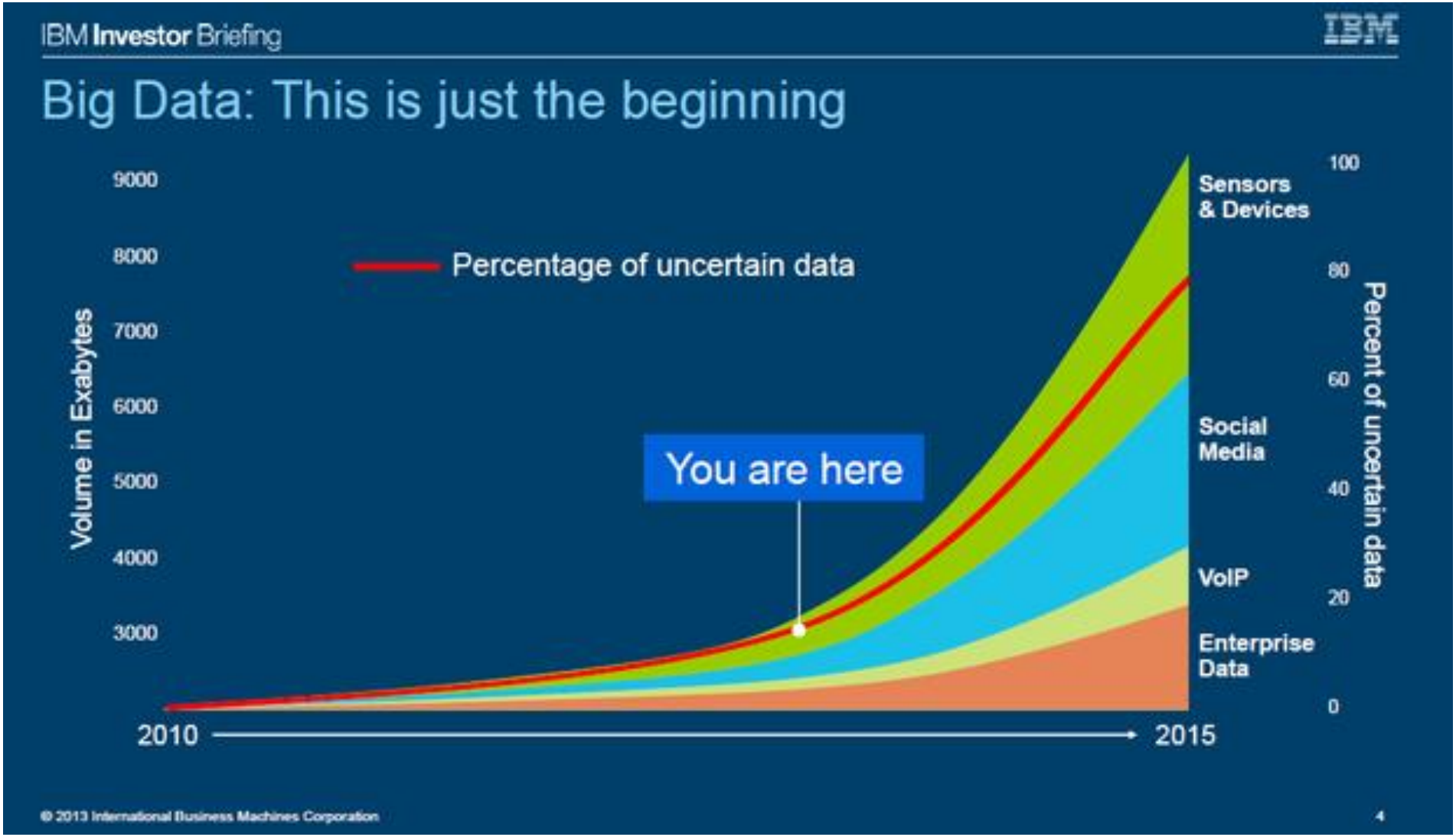
# Nárast počtu používateľov Internetu (na Zemi)



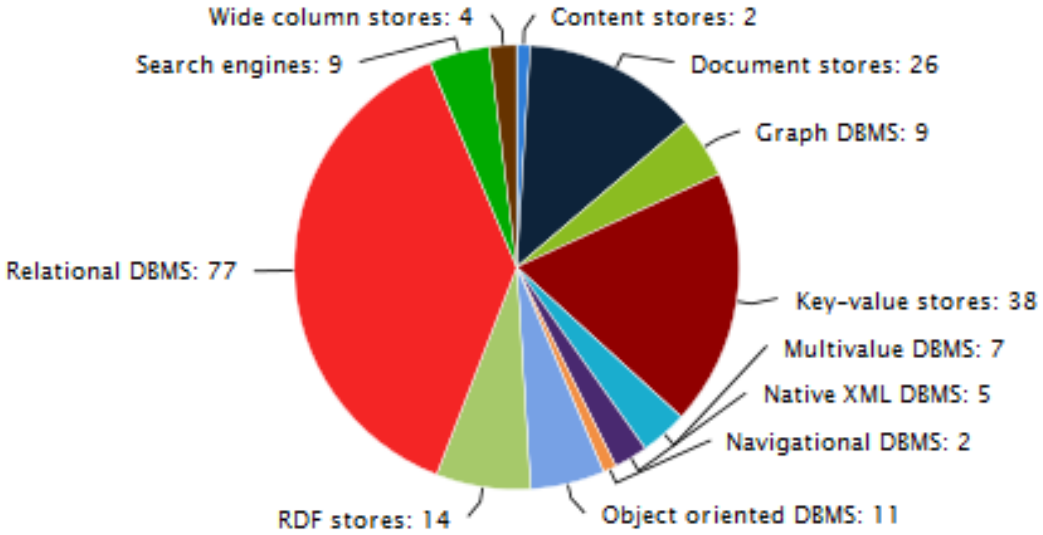
# Viacej dát než výpočtovej sily?



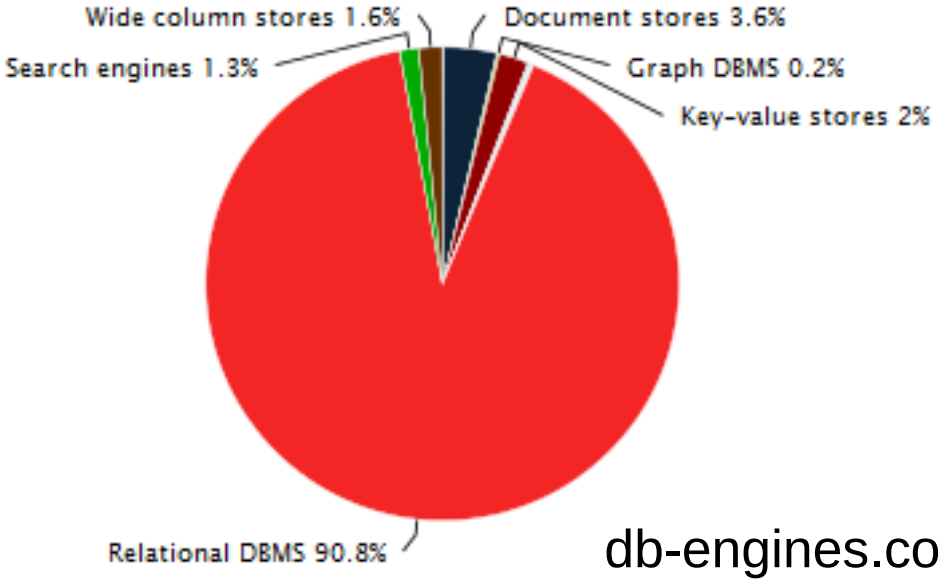
# Distribúcia dát (na Zemi)



# Podiel systémov na organizáciu dát (na Zemi)



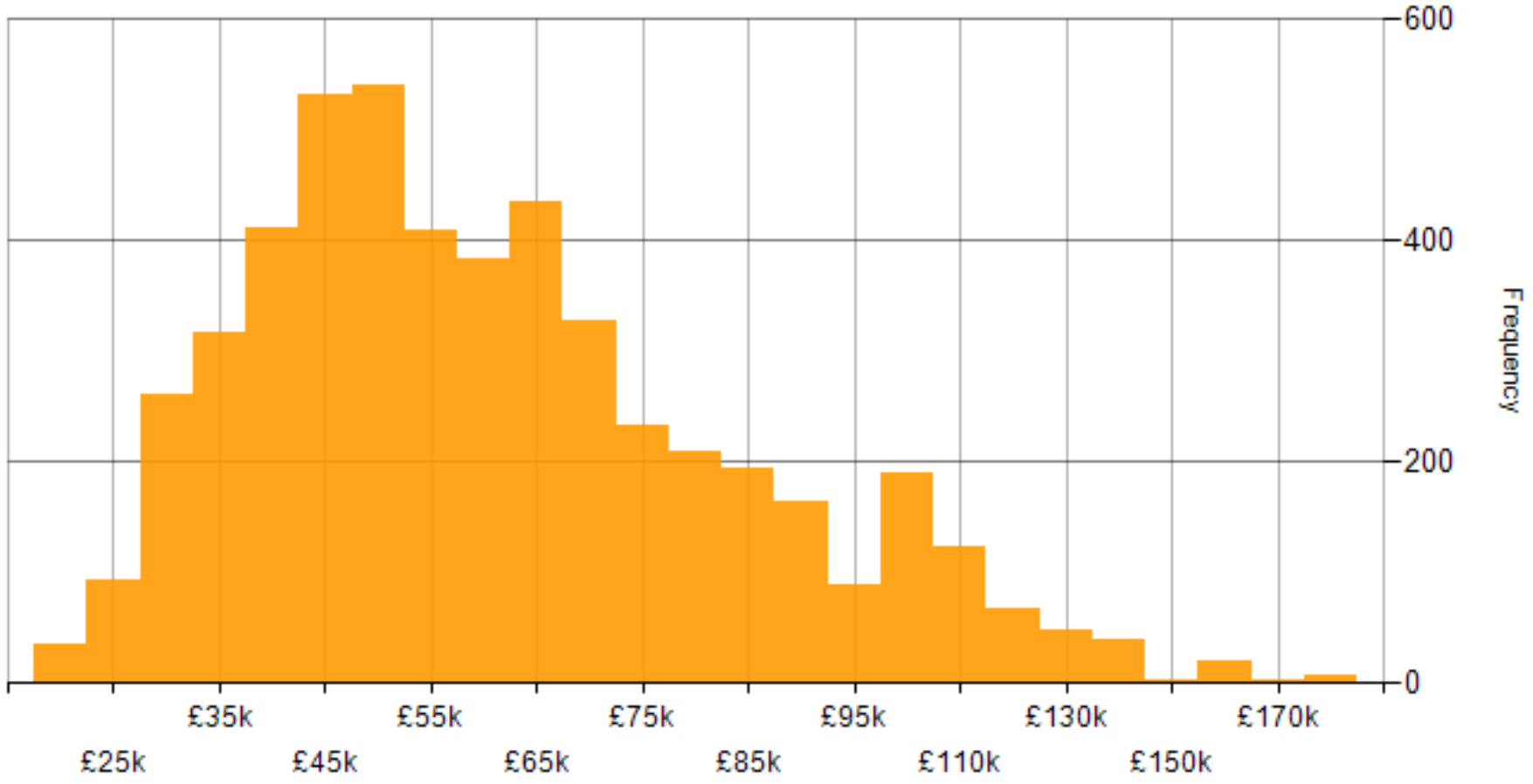

počet implementácií
(počet rôznych systémov)




popularita

db-engines.com

# Platy v IT, SQL (v UK)




**www.itjobswatch.co.uk**

# Relačný kalkul (logika 1. rádu)

| | **Relačný kalkul** |
|---|---|
| Konštanta | a, b, jozo, ..., 1, 2, 3, ... |
| Premenná | X, Y, Z, ... |
| Zložený term (funkčný symbol) | $f(t_1, t_2, ..., t_n)$ |
| Atomická formula (predikát) | $p(t_1, t_2, ..., t_n)$ |
| Konjunkcia | $p(...) \wedge q(...)$ |
| Disjunkcia | $p(...) \vee q(...)$ |
| Implikácia | $p(...) \Rightarrow q(...)$ |
| Negácia | $\neg p(...)$ |
| Existenčný kvantifikátor | $\exists X\ p(..., X, ...)$ |
| Všeobecný kvantifikátor | $\forall X\ p(..., X, ...)$ |
| Zátvorky | (, ) |

# Dotazy v relačnom kalkule

Čo hovorí táto formula (v prirodzenom jazyku)?

$\forall X\ (\text{osoba}(X) \Rightarrow (\exists Y\ \exists Z\ \text{rodic}(X, Y) \wedge \text{rodic}(X, Z)))$

„Každá osoba má aspoň jedného rodiča“

A čo hovorí táto formula (v prirodzenom jazyku)?

$\neg\ (\exists X\ \text{osoba}(X) \wedge \neg\ (\exists Y\ \text{rodic}(X, Y)))$

„Každá osoba má aspoň jedného rodiča“

Tentokrát sa podarilo ukázať (snáď), že tieto dve formuly „vyjadrujú to isté“ (sú ekvivalentné)

Dá sa pre **ľubovoľné** dve formuly rozhodnúť či „vyjadrujú to isté“?

# Dotazy v relačnom kalkule

$\forall X\ (osoba(X) \Rightarrow (\exists Y\ rodic(X, Y)))$

„Každá osoba má aspoň jedného rodiča“

osoba(.) a rodic(., .) sú predikáty. Pre konkrétne argumenty vrátia TRUE resp. FALSE. Všetky hodnoty, pre ktoré vracajú TRUE, uložíme do tabuliek (relácií)

Príklad naplnenia tabuliek:

| osoba |
|---|
| adam |
| alica |
| eva |

| rodic | |
|---|---|
| alica | eva |
| alica | adam |
| adam | jozef |

Čo je výsledkom horeuvedenej formuly pre túto databázu?

# Dotazy v relačnom kalkule

{X: osoba(X) ∧ ∃Y rodic(X, Y))}
„Osoby, ktoré majú aspoň jedného rodiča“

Obvykle nás zaujíma nie to, či nejaká formula platí, ale **pre ktoré hodnoty** voľných premenných platí

| osoba |
|---|
| adam<br>alica<br>eva |

| rodic | |
|---|---|
| alica<br>alica<br>adam | eva<br>adam<br>jozef |

Čo je výsledkom horeuvedenej formuly pre túto databázu?

# Dotazy: ČO a AKO vypočítať

| assets | | | |
|---|---|---|---|
| **Description** | **Producer** | **Model** | **Value** |
| Microcomputer, 64kB RAM | Amstrad | CPC464 | 199 |
| Microcomputer, 128kB RAM | Amstrad | CPC6128 | 299 |
| Disk interface | Amstrad | DDI | 149 |
| Printer | Amstrad | DMP2000 | 159 |
| Executive briefcase | Antler | AT0109 | 42 |
| Wire paper clip | British Steel | BWC | 1 |
| Answering machine | British Telecom | BT2836 | 185 |
| Photocopier | Canon | PC10 | 650 |
| Dictation machine | Philips | DM510 | 190 |
| Coffee maker | Philips | HD5349 | 30 |

assets(Description, Producer, Model, Value)

**Ktoré výrobky od Amstrad sú lacnejšie než £200?**

# Dotazy: ČO a AKO vypočítať

assets(Description, Producer, Model, Value)

Ktoré výrobky od Amstrad sú lacnejšie než £200?

**V Pascale** či **v C** vyjadrujeme **ako vypočítať** výsledok. Ak 1 až N sú čísla riadkov tabuľky (poľa) *assets*, tak výsledkom je množina riadkov, ktoré vypíše tento program:

```
for i = 1 to N
if assets[i].Producer = 'Amstrad' and assets[i].Value < 200 then
      print(assets[i].Model, assets[i].Description)
```

Ešte pred napísaním tohto programu nám muselo byť jasné, **čo chceme vypočítať**. Napríklad, museli sme si vyjasniť, že „výrobok" znamená dvojicu [Model, Description]. A museli sme pochopiť, že dotaz znamená „Vyber usporiadané dvojice [Model, Description] z takých riadkov tabuľky *assets*, v ktorých Producer = 'Amstrad' a zároveň Value < 200."

# Dotazy: ČO a AKO vypočítať

assets(Description, Producer, Model, Value)

Ktoré výrobky od Amstrad sú lacnejšie než £200?

**Relačný kalkul** umožňuje vyjadriť **čo treba vypočítať**: {[Model, Description]:

∃Value assets(Description, ‘Amstrad’, Model, Value) ∧ Value < 200}

**Datalog** je programovací jazyk, ktorý je "rozumným" zúžením relačného kalkulu. Aj v Datalogu vyjadrujeme (iba) **čo treba vypočítať**:

answer(Model, Description) ←

assets(Description, ‘Amstrad’, Model, Value), Value < 200.

Syntax Datalogu je veľmi jednoduchá (ešte jednoduchšia než syntax relačného kalkulu), vyjadrovacia sila veľká

# Dotazy: ČO a AKO vypočítať

assets(Description, Producer, Model, Value)

Ktoré výrobky od Amstrad sú lacnejšie než £200?

Aj v **SQL** vyjadrujeme (iba) **čo treba vypočítať**:

```
select Model, Description
from assets
where Producer = ‘Amstrad’ and Value < 200;
```

Výsledkom dotazu (akéhokoľvek) je opäť relácia (tabuľka)

Syntax SQL je bohatá, čo možno spohodlňuje prácu programátorom.
Komplikuje však prácu tvorcom kompilátorov a optimalizačných algoritmov
(a komplikuje porozumenie dotazom)

# Dotazy: ČO a AKO vypočítať

assets(Description, Producer, Model, Value)

Ktoré výrobky od Amstrad sú lacnejšie než £200?

K „baroknej” syntaxi SQL. Nasledujúce dotazy vyjadrujú to isté (malichernosti zanedbáme):

```
select Model, Description from assets
where Producer = ‘Amstrad’ and Value < 200;

select Model, Description from assets where Producer = ‘Amstrad’
intersect
select Model, Description from assets where Value < 200;

select Model, Description from assets
where Producer = ‘Amstrad’ and [Model, Description] in
(select Model, Description from assets where Value < 200);
```

**Ktorý z horeuvedených spôsobov je výpočtovo najefektívnejší?**

# Dotazy: ČO a AKO vypočítať

assets(Description, Producer, Model, Value)

Ktoré výrobky od Amstrad sú lacnejšie než £200?

V **relačnej algebre** vyjadrujeme (iba) **ako vypočítať** výslednú reláciu:

answer = $\pi_{\text{Model, Description}} (\sigma_{\text{Producer = 'Amstrad'} \wedge \text{Value < 200}} (\text{assets}))$

Relačná algebra má niekoľko (málo) operátorov, ktoré zo vstupnej tabuľky resp. tabuliek vypočítajú výslednú tabuľku, napr.

**π** je **projekcia**. $\pi_{\text{Description, Model}}$ (assets) z relácie *assets* vyberie stĺpce Description a Model

**σ** je **selekcia**. $\sigma_{\text{Producer = 'Amstrad'} \wedge \text{Value < 200}}$ (assets) z relácie *assets* vyberie riadky, ktoré spĺňajú uvedenú podmienku

× je **kartézsky súčin** dvoch relácií

∩, ∪, - sú **množinové operácie** (relácie musia byť „kompatibilné“)

S týmto sa dá „urobiť všetko”. (Takmer.)

# Dotazy: ČO a AKO vypočítať

assets(Description, Producer, Model, Value)

Ktoré výrobky od Amstrad sú lacnejšie než £200?

Pozor, **rôzne „ekvivalentné zápisy dotazu“ v relačnej algebre** znamenajú **rôzne výpočty**!

Napríklad,

$\pi_{\text{Description, Model}} (\sigma_{\text{Producer = 'Amstrad'} \wedge \text{Value < 200}} (\text{assets}))$

môže byť výpočtovo **oveľa efektívnejšie** než

$\pi_{\text{Description, Model}} (\sigma_{\text{Producer = 'Amstrad'}} (\text{assets})) \cap \pi_{\text{Description, Model}} (\sigma_{\text{Value < 200}} (\text{assets}))$

Oba tieto dotazy počítajú rovnaký výsledok (pre akékoľvek naplnenie relácie assets), ale iným spôsobom. Keď operátory π, σ, ∩ implementujete trebárs ako funkcie v C, tak si uvedomíte rozdiel medzi tými dvomi výpočtami

# Dotazy: ČO a AKO vypočítať

| assets | | | |
|---|---|---|---|
| **Description** | **Producer** | **Model** | **Value** |
| Microcomputer, 64kB RAM | Amstrad | CPC464 | 199 |
| Microcomputer, 128kB RAM | Amstrad | CPC6128 | 299 |
| Disk interface | Amstrad | DDI | 149 |
| Printer | Amstrad | DMP2000 | 159 |
| Executive briefcase | Antler | AT0109 | 42 |
| Wire paper clip | British Steel | BWC | 1 |
| Answering machine | British Telecom | BT2836 | 185 |
| Photocopier | Canon | PC10 | 650 |
| Dictation machine | Philips | DM510 | 190 |
| Coffee maker | Philips | HD5349 | 30 |

assets(Description, Producer, Model, Value)

**Ktorí výrobcovia dodávajú <u>každý</u> svoj výrobok za menej než £200?**

# Dotazy: ČO a AKO vypočítať

assets(Description, Producer, Model, Value)

Ktorí výrobcovia dodávajú každý svoj výrobok za menej než £200?

**Relačný kalkul:**

{P: $\forall$D $\forall$M $\forall$V (assets(D, P, M, V) $\Rightarrow$ V < 200)}

Vyjadruje táto formula to, čo treba?

Nie. Ak za P dosadíme takmer čokoľvek (napr. $\pi$), tak tá formula bude splnená

Správne je:

{P: **($\exists$D $\exists$M $\exists$V assets(D, P, M, V)) $\wedge$**

($\forall$D2 $\forall$M2 $\forall$V2 (assets(D2, P, M2, V2) $\Rightarrow$ V2 < 200))}

Alebo, ekvivalentne:

**{P: ($\exists$D $\exists$M $\exists$V assets(D, P, M, V)) $\wedge$**

**$\neg$ ($\exists$D2 $\exists$M2 $\exists$V2 assets(D2, P, M2, V2) $\wedge$ V2 >= 200)}**

# Dotazy: ČO a AKO vypočítať

assets(Description, Producer, Model, Value)

Ktorí výrobcovia dodávajú každý svoj výrobok za menej než £200?

{P: (∃D ∃M ∃V assets(D, P, M, V)) ∧

¬ (∃D2 ∃M2 ∃V2 assets(D2, P, M2, V2) ∧ V2 >= 200)}

**Datalog**:

delivers_some_expensive_product(P) ← assets(_, P, _, V), V >= 200.

answer(P) ← assets(_, P, _, _), ¬ delivers_some_expensive_product(P).

**SQL**:

```
select a.Producer
from assets a
where not exists
(select * from assets a2
where a.Producer = a2.Producer and a2.Value >= 200);
```

# Dotazy: ČO a AKO vypočítať

assets(Description, Producer, Model, Value)

Ktorí výrobcovia dodávajú každý svoj výrobok za menej než £200?

{P: (∃D ∃M ∃V assets(D, P, M, V)) Λ

¬ (∃D2 ∃M2 ∃V2 assets(D2, P, M2, V2) Λ V2 >= 200)}

**Relačná algebra**:

delivers_some_expensive_product = $\pi_{Producer}$ ($\sigma_{Value >= 200}$ (assets))

answer = $\pi_{Producer}$ (assets) - delivers_some_expensive_product

# Dotazy (queries): zhrnutie

Ľubovoľný „rozumný“ dotaz sa dá vyjadriť v jazyku matematickej logiky. Avšak matematická logika (1. rádu) umožňuje vyjadrovať aj dotazy, ktoré sa nedajú vypočítať–a už vôbec nie jednotným spôsobom

**Datalog je zúžením logiky 1. rádu.** Pre tzv. bezpečné Datalogové programy je garantované, že výsledok ľubovoľného dotazu sa dá vypočítať jednotným spôsobom; t.j. dá sa implementovať stroj, ktorý to robí (prekladá programy z Datalogu do relačnej algebry)

Ľubovoľný bezpečný Datalogový dotaz sa dá automaticky preložiť do SQL.
Použitie tohto algoritmu nevyžaduje žiadnu znalosť SQL

**SQL dotazy v takejto forme sú vhodné pre optimalizáciu** implementovanú v praktických systémoch

# Literatúra


- **H. Garcia-Molina, J.D. Ullman, J. Widom**: Database Systems, The Complete Book, Prentice Hall 2003
- **M. Kifer, P.A. Bernstein, P.M. Lewis**: Database Systems: An Application-Oriented Approach, Addison-Wesley 2006
- **R. Elmasri, S.B. Navathe**: Fundamentals of Database Systems, Addison-Wesley 2006 (online)
- **S. Abiteboul, R. Hull, V. Vianu:** Foundations of Databases (online)
- **J.D. Ullman, J. Widom**: A First Course in Database Systems, Prentice Hall 1997; **http://www-db.stanford.edu/~ullman/fcdb.html**

- C.J. Date: An Introduction to Database Systems, Addison-Wesley 2003
- ...

# Literatúra

Stále aktuálna kniha o transakciách:

**P.A. Bernstein, V. Hadzilacos, N. Goodman**: Concurrency Control and Recovery in Database Systems, Addison-Wesley 1987, http://research.microsoft.com/pubs/ccontrol

Online materiály zo Stanford University:

https://lagunita.stanford.edu/courses/DB/2014/SelfPaced/about

Videozáznamy krátkych prednášok:

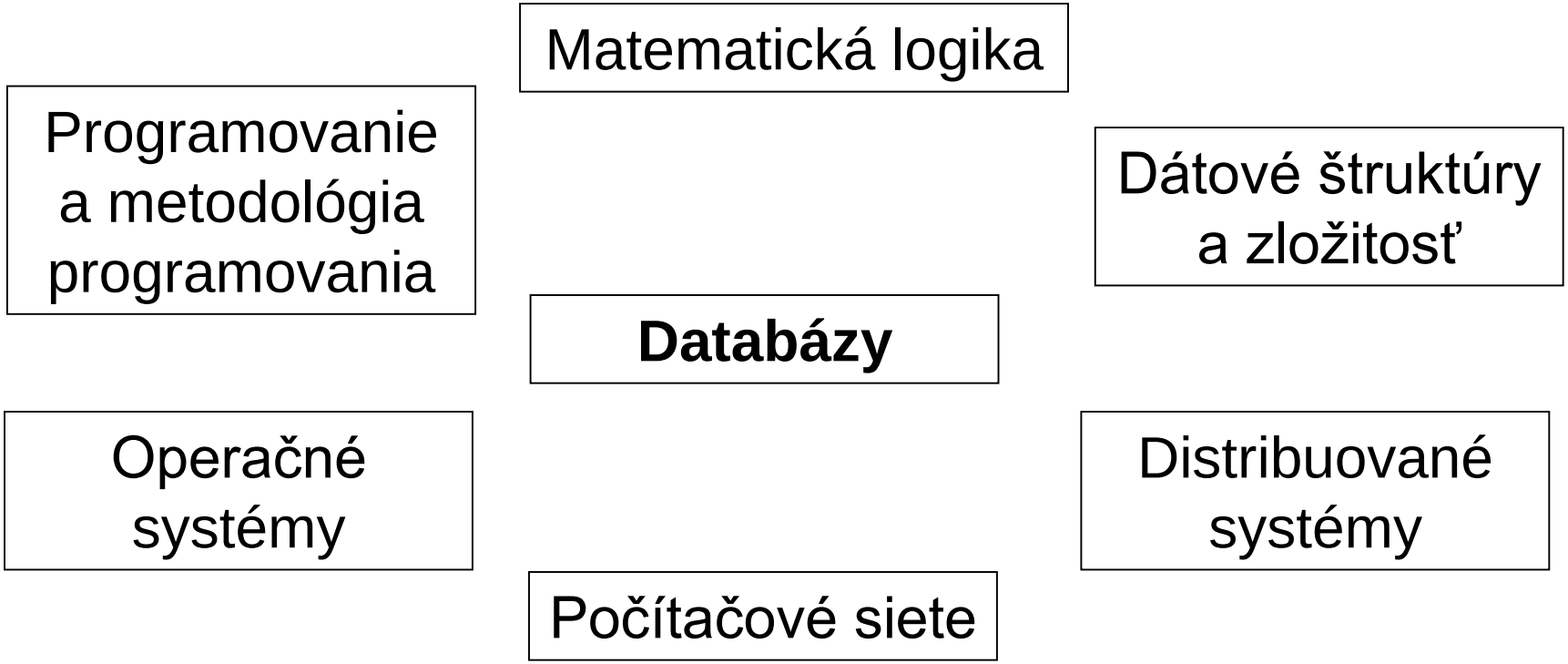
www.youtube.com (**J. Widom: Database Management**)

Československí autori: **J. Pokorný**, **A. Scheber, T. Delikát**

# Časopisy, konferencie

- **Časopisy**:
  - ACM TODS (Transactions on Database Systems)
  - ACM SIGMOD (Management of Data)
- **Konferencie**:
  - PODS: Principles of Database Systems
  - VLDB: International Conference on Very Large Data Bases
  - EDBT: International Conference on Extended Database Technology
  - FODO: International Conference on Foundations of Data Organization
  - SIAM Data Mining Conference
  - Datakon, Datasem

# Centrálne postavenie databáz v informatike




Vývoj a aplikácie databázových systémov súvisia s mnohými oblasťami informatiky a matematiky

„Some of today's most beautiful theoretical results in mathematical logic are in *finite model theory*, an area derived directly from database theory"

(T. Griffin, University of Cambridge, UK)

# Obsah tohto predmetu

- Matematické základy relačného modelu (relácie, domény, atribúty, ...)
- Dotazovacie jazyky (relačný kalkul, Datalog, SQL, relačná algebra)
- Fyzická organizácia dát (realizácia výpočtu dotazov, indexy, ...)
- Modelovanie reality (návrh databáz)
- Teória návrhu relačných databáz (funkčné závislosti, kľúče, normálne formy, ...)
- Transakcie (operácie, rozvrhy, obnoviteľnosť, sériovateľnosť, ...)

Letný semester (predmet Databázy): sémantika dotazov, optimalizácia dotazov, distribuované databázy, ...

Cvičenia sa venujú modro označeným témam