

Databázové systémy a R v datové vědě

Veronika Eclerová

eclerova@math.muni.cz

Přírodovědecká fakulta, Masarykova Universita

8. května 2022

Úvod do databázových systémů

- Úvod do datové vědy

- Entity-relationship model

- Relační databáze

Úvod do jazyka SQL

- Základní příkazy jazyka SQL

- DML - pohledy, uložené funkce

- DDL - vytváření tabulek, mazání tabulek, úprava tabulek

- Programování v SQL (T-SQL)

- Systémové databáze a jejich funkce

Návrh datových skladů

- Základní pojmy

- Dimensionální databáze

Databáze a R

- Balíček DBI a odbc

- Balíček dbplyr

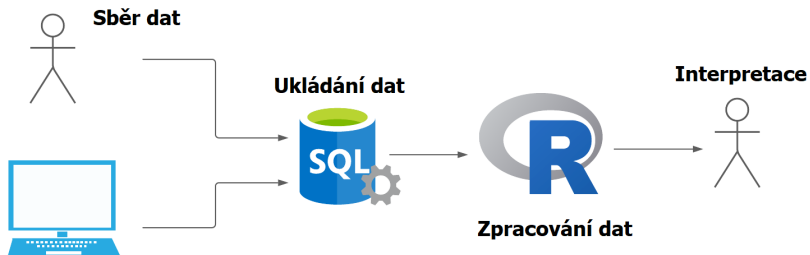
- Modelování v R

Datová věda *Data Science*

- metody pro sběr dat
- zpracování dat
- interpretace dat

Věda založená na datech *Data intensive science*

- astronomie, molekulární biologie, epidemiologie ...
- objev jsou podpořeny nasbíranými a zpracovanými daty



Johan Gregor Mendel¹

1822-1884



- je považován za otce genetiky
- 1866 publikoval *Pokusy s rostlinnými hybridy*

¹mendelmuseum.muni.cz/o-muzeu/gregor-johann-mendel

Postup při návrhu databáze

- analýza
- tvorba datového modelu
- návrh designu databáze
- implementace

Cíle

1. uklání dat
2. změna dat
3. vyhodnocení dat

Tvorba datového modelu

Entity-relationship model = E-R model I

- entita = konkrétní věc, kterou chce uživatel sledovat (například konkrétní územní celky: okres Benešov, Středočeský kraj)
- třída entit = soubor všech entit (např. všech okresů, krajů)
- atribut = charakteristika dané entity

Speciálními atributy jsou identifikátory.

Jedná se například o atributy příjmení, název, kód (např. CZNUTS). Kód CZNUTS je jednoznačný identifikátor. Naopak příjmení obecně není jednoznačný identifikátor. Jméno a příjmení je složený identifikátor.

Tvorba datového modelu

Entity-relationship model = E-R model II

- vztah (relationship) = vazba entity na jinou entitu

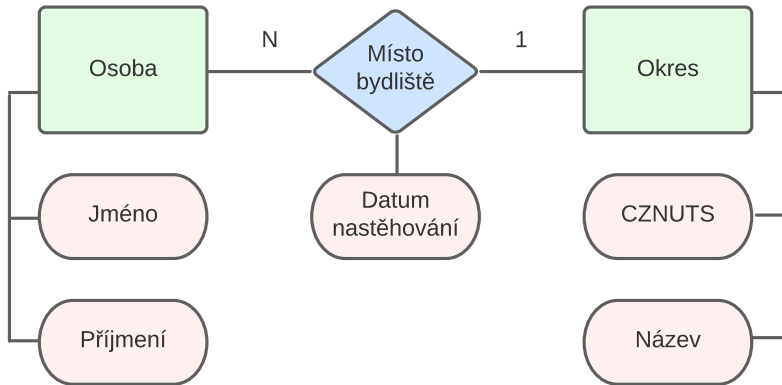
Binární vztah

Vztah mezi dvěma třídami entit. Existuje několik typů binárních vztahů

- 1:1 - one-to-one
- 1:N - one-to-many
- N:M - many-to-many

Speciálním typem vztahů jsou rekurzivní vztahy, které mohou sloužit například k definování stromových struktur.

- ke grafické reprezentaci E-R modelu slouží entity-relationship (E-R) diagramy



Relační databáze

- základním stavebním blokem jsou **datové tabulky** neboli **relace**
- v datové tabulce jsou uložena data týkající se jedné oblasti
- **řádky** datové tabulky = **záznamy**: obsahují data týkající se konkrétního případu/výskytu = **instance**
- **sloupce** datové tabulky = **pole**: obsahují konkrétní charakteristiku sledovanou pro všechny řádky
- pokud pro některé záznam není uvedena hodnota některého pole, je v databázi reprezentována **NULL** hodnotou
- záznamy v datové tabulce je možné jednoznačně identifikovat pomocí pole tzv. **primárního klíče**
- **kandidátní klíč** je atribut (skupina atributů), kterým jsou jednoznačně určeny řádky v tabulce

Primární klíč

Často je realizován pomocí sloupce ID - sloupec nenes žádný význam, ale zajišťuje jednoznačnou identifikaci.

Příklad - datová tabulka okres

sloupce

řádky

ok_kod	ok_nazev_kratky	ok_nazev_dlouhy	ok_cznuts	ok_rozloha	ok_pocet_obci	kr_kod
1	Benešov	Benešov	CZ0201	1474.69	114	2
2	Beroun	Beroun	CZ0202	661.91	85	2
3	Blansko	Blansko	CZ0641	862.65	116	11
4	Bmo-město	Bmo-město	CZ0642	230.22	1	11
5	Bmo-venkov	Bmo-venkov	CZ0643	1498.95	187	11
6	Bruntál	Bruntál	CZ0801	1536.06	67	14
7	Břeclav	Břeclav	CZ0644	1048.91	63	11
8	Česká Lípa	Česká Lípa	CZ0511	1072.91	57	7
9	Č. Budějovice	České Budějovice	CZ0311	1638.30	109	3
10	Český Krumlov	Český Krumlov	CZ0312	1615.03	46	3
11	Děčín	Děčín	CZ0421	908.58	52	6
12	Domažlice	Domažlice	CZ0321	1123.46	85	4
13	Frydek-Místek	Frydek-Místek	CZ0802	1208.49	72	14
14	Havlíčkův Brod	Havlíčkův Brod	CZ0631	1264.95	120	10
15	Hodonín	Hodonín	CZ0645	1099.13	82	11
16	Hradec Králové	Hradec Králové	CZ0521	891.62	104	8
17	Cheb	Cheb	CZ0411	1045.94	40	5
18	Chomutov	Chomutov	CZ0422	935.30	44	6
19	Chrudim	Chrudim	CZ0531	992.62	108	9

- vztahy mezi tabulkami jsou realizovány prostřednictvím primárního klíče
- primární klíč jedné tabulky je uložen jako pole druhé tabulky, toto pole se nazývá **cizí klíč**

Primární a cizí klíč

Tabulka *okres* obsahuje pole *kr_kod*, které je cizím klíčem do tabulky *kraj*.

kr_kod	kr_nazev	kr_cznuts	ob_kod
1	Hlavní město Praha	CZ010	1
2	Středočeský kraj	CZ020	2
3	Jihočeský kraj	CZ031	3
4	Plzeňský kraj	CZ032	3
5	Karlovarský kraj	CZ041	4
6	Ústecký kraj	CZ042	4
7	Liberecký kraj	CZ051	5
8	Královéhradecký kraj	CZ052	5
9	Pardubický kraj	CZ053	5
10	Kraj Vysočina	CZ063	6
11	Jihomoravský kraj	CZ064	6
12	Olomoucký kraj	CZ071	7
13	Zlínský kraj	CZ072	7
14	Moravskoslezský kraj	CZ080	8

Základní charakteristiky relačního modelu

1. Řádky obsahují informace o entitách
2. Sloupce obsahují hodnoty atributů vztahující se k dané entitě
3. Každé pole tabulky obsahuje jedinou hodnotu
4. Všechny údaje v jednom sloupci mají stejný typ (domain integrity constraint)
5. Každý sloupec má v rámci tabulky jednoznačné jméno
6. Na pořadí řádků nezáleží
7. Na pořadí sloupců nezáleží
8. Žádné dva řádky neobsahují shodná data

Tabulka nesplňující relační schéma

Kód	Jméno	Příjmení	Oddělení	Email	Komentář
1	Jan	Novák	Kancelář ředitele	novak@spolecnost.cz	Ředitel společnosti. Převzal řízení v roce 1998.
2	Petr	Nový	Lidské zdroje	novy@spolecnost.cz	Zaměstnanec měsíce.
3	Alena	Zelená	Právní oddělení	zelena@spolecnost.cz zelena@soukromy_email.cz	Vedoucí oddělení.
4	Petra	Světlá	Lidské zdroje	svetla@spolecnost.cz	Vedoucí oddělení.

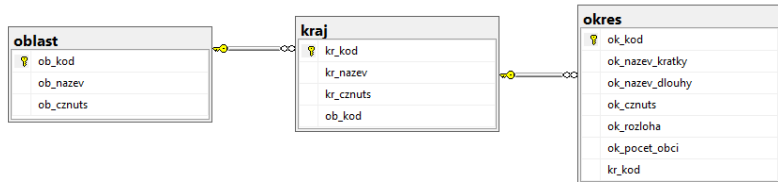
Tabulka nesplňující relační schéma

Kód	Jméno	Příjmení	Oddělení	Email	Komentář
1	Jan	Novák	Kancelář ředitele	novak@spolecnost.cz	Ředitel společnosti. Převzal řízení v roce 1998.
2	Petr	Nový	Lidské zdroje	novy@spolecnost.cz	Zaměstnanec měsíce.
3	Alena	Zelená	Právní oddělení	zelena@spolecnost.cz zelena@soukromy_email.cz	Vedoucí oddělení.
4	Petra	Světlá	Lidské zdroje	svetla@spolecnost.cz	Vedoucí oddělení.

- komentář v řádku s kódem 1 obsahuje více než jednu informaci
- u paní Zelené v řádku 3 jsou uvedeny dva emaily.

Databázový diagram

Grafická reprezentace databáze, která obsahuje názvy jednotlivých datových tabulek a jejich polí. Označuje primární klíče datových tabulek a znázorňuje relace mezi datovými tabulkami.



Příklad - reprezentace binárních vztahů

Uvažujte následující tři situace a rozhodněte, která nejlépe odpovídá binárnímu one-to-one, one-to-many, many-to-many:

- Uvažujte skupinu vysokoškolských studentů, kteří si zapisují různé předměty. U studentů sledujeme atributy: jméno, příjmení, ročník, typ studia. U předmětů sledujeme atributy: název, vyučující, rozvrhovaný čas začátku a konce.
- Uvažujte skupinu tanečnic a tanečnicků. U tanečnic sledujeme: jméno, příjmení, tělesné míry a výšku. U tanečnicků sledujeme: jméno, příjmení, výšku a váhu. Dále sledujeme informaci o vytvořených tanečních párech.
- Uvažujte skupinu zaměstnanců, kteří jsou zaměstnání na různých odděleních dané firmy. U zaměstnanců sledujeme: jméno, příjmení, pracovní pozici. U oddělení sledujeme: název, jméno ředitele, adresu sídla.

Navrhněte různé způsoby ukládání těchto dat.

Příklad - uložení dat o organizačním členění v České republice

Uvažujme data, která obsahují různé organizační celky v České republice (okresy, kraje, oblasti). U každého s těchto celků známe

- zkrácený název
- název
- kód CZNUTS.

V případě okresu víme, do kterého patří kraje. V případě kraje víme, do které patří oblasti. U okresu známe jeho počet obcí a rozlohu. Navrhněte různé způsoby ukládání těchto dat.

Příklad - uložení dat o hlášených případech COVID 19

Uvažujme data, která obsahují různé hlášení o událostech (úmrtí, vyléčení, uzdravení) v souvislosti s nemocí COVID 19 v České republice. U každé události známe

- datum, kdy nastala
- věk osoby, u které nastala
- pohlaví osoby, u které nastala
- okres, ve kterém nastala.

Navrhněte různé způsoby ukládání těchto dat.

Příklad - uložení dat o historii bydliště

Uvažujme data, která obsahují pro různé osoby informace o jejich bydlišti. Chcete ukládat nejen aktuální data, ale i všechna předešlá bydliště dané osoby, konkrétně:

- jméno a příjmení osoby
- rok, kdy osoba začala bydlet na daném místě
- okres, ve kterém osoba bydlí/bydlela
- zpřesňující informace k adrese (přesná adresa, město ...).

Navrhněte různé způsoby ukládání těchto dat.

Princip návrhu relačních databází, normalizace

- **kandidátní klíč** je atribut (skupina atributů), který jednoznačně identifikuje řádek relace (tabulky)
- **funkční závislost** je vztah mezi dvěma atributy v rámci jedné tabulky
- Atribut Y je funkčně závislý na atributu X, pokud každá platná hodnota X určuje Y jednoznačně. X se nazývá určující atribut (determinant), Y se nazývá závislý atribut (dependent).

Funkční závislost

Atributy jméno, příjmení, věk, pohlaví jsou funkčně závislé na atributu rodné číslo.

Princip návrhu relačních databází

1. Relace (tabulka) se nazývá správně vytvořená (well-formed), jestli je každý její určující atribut zároveň kandidátním klíčem.
 2. Každá relace, která není správně vytvořená, by měla být rozdělena na jednu nebo více dobře vytvořených relací.
- **normalizace** proces zkoumání a přetváření relací tak, aby byly správně vytvořeny (dle principu návrhu relačních databází)
 - **normální formy** jsou sady pravidel, jejichž splnění vyžadujeme v relačním databázovém návrhu

Proces normalizace

1. Identifikujte všechny kandidátní klíče.
2. Identifikujte všechny funkční závislosti.
3. Zjistěte určující atributy všech funkčních závislostí a ověřte, že jsou kandidátními klíči. Pokud nejsou:
 - 3.1 Vytvořte novou relaci (tabulku), do které umístěte všechny určující i závislé atributy problematické funkční závislosti.
 - 3.2 Jako primární klíč nové relace zvolte určující atribut/y sledované funkční závislosti.
 - 3.3 Ponechte kopii určujícího/ch atributu/ů v původní relaci a označte je jako cizí klíč.
4. Opakujte krok 3.

Příklad - uložení dat o ubytování studentů na kolejích

Uvažujme data o studentech a kolejích, na kterých jsou ubytováni. Příklad takto získaných dat je vidět na obrázku:

Student							Koleje/Privát					
Jméno	Příjmení	Věk	Adresa	Okres	Kraj	Ročník	Spolubydílci	Název	Adresa	Okres	Kraj	Cena za pokoj za měsíc
Petr	Novák	21	Nová ulice 1, Opava	Opava	Moravskoslezský	2	Martin Starý	Koleje Kounicova	Kounicova 507/50	Brno	Jihomoravský kraj	15 000
Matin	Starý	22	Moje ulice 2, Zlín	Zlín	Zlínský kraj	3	Petr Novák	Koleje Kounicova	Kounicova 507/50	Brno	Jihomoravský kraj	15 000
Alena	Bílá	23	Domov 1, Plzeň	Plzeň-město	Plzeňský	3	Sandra Studená	Koleje Komárov	Bří Žurků 591/5, Brno	Brno	Jihomoravský kraj	12 000
Sandra	Studená	23	Hlavní ulice 3, Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	Ústecký	3	Alena Bílá	Koleje Komárov	Bří Žurků 591/5, Brno	Brno	Jihomoravský kraj	12 000
Pavel	Nový	21	Hlavní ulice 5, Ostrava	Ostrava	Moravskoslezský	1		Koleje Kounicova	Kounicova 507/50	Brno	Jihomoravský kraj	15 000
Alexandra	Novotná	21	Vedlejší ulice 12, Karlovy Vary	Karlovy Vary	Karlovarský	1		Koleje Kounicova	Kounicova 507/50	Brno	Jihomoravský kraj	15 000
Pavčina	Nová	23	Novobranská 2, Pardubice	Pardubice	Pardubický	3	Petra Levá, Alena Pravá	Koleje Komárov	Bří Žurků 591/5, Brno	Brno	Jihomoravský kraj	12 000
Petra	Levá	23	Hlavní ulice 3, Hodonín	Hodonín	Jihomoravský	3	Pavčina Nová, Alena Pravá	Koleje Komárov	Bří Žurků 591/5, Brno	Brno	Jihomoravský kraj	12 000
Alena	Pravá	23	Domov 1, České Budějovice	České Budějovice	Jihočeský	3	Pavčina Nová, Petra Levá	Koleje Komárov	Bří Žurků 591/5, Brno	Brno	Jihomoravský kraj	12 000

Upravte uložení dat tak, aby respektovalo principy návrhu relačních databází.

Hodnocení studentů

Uvažujme data o známkách studentů získaných v jednotlivých předmětech. Příklad takto získaných dat je vidět na obrázku:

Jméno studenta	Příjmení studenta	Předmět	Známka	Datum hodnocení	Jméno vyučujícího	Příjmení vyučujícího
Petr	Novák	Lineární algebra	A	05.05.2021	Petr	Herman
Matín	Starý	Lineární algebra	B	15.05.2021	Petr	Herman
Alena	Bílá	Lineární algebra	B	05.05.2021	Petr	Herman
Sandra	Studená	Lineární algebra	C	15.05.2021	Petr	Herman
Pavel	Nový	Lineární algebra	A	05.05.2021	Petr	Herman
Alexandra	Novotná	Lineární algebra	C	15.05.2021	Petr	Herman
Pavčina	Nová	Lineární algebra	D	05.05.2021	Petr	Herman
Petra	Levá	Lineární algebra	E	15.05.2021	Petr	Herman
Alena	Pravá	Lineární algebra	FE	15.05.2021	Petr	Herman
Petr	Novák	Matematický analýza	B	02.05.2021	Alžběta	Poslední
Matín	Starý	Matematický analýza	B	02.05.2021	Alžběta	Poslední
Alena	Bílá	Matematický analýza	FC	02.05.2021	Alžběta	Poslední
Sandra	Studená	Matematický analýza	C	14.05.2021	Alžběta	Poslední
Pavel	Nový	Matematický analýza	B	02.05.2021	Alžběta	Poslední
Alexandra	Novotná	Matematický analýza	C	02.05.2021	Alžběta	Poslední
Pavčina	Nová	Matematický analýza	D	02.05.2021	Alžběta	Poslední
Petra	Levá	Matematický analýza	D	02.05.2021	Alžběta	Poslední
Alena	Pravá	Matematický analýza	FFC	20.05.2021	Alžběta	Poslední
Petr	Novák	Statistika	A	01.06.2021	Alexandr	Trojan
Matín	Starý	Statistika	B	01.06.2021	Alexandr	Trojan
Alena	Bílá	Statistika	C	01.06.2021	Alexandr	Trojan
Sandra	Studená	Statistika	C	01.06.2021	Alexandr	Trojan
Pavel	Nový	Statistika	D	01.06.2021	Alexandr	Trojan
Alexandra	Novotná	Statistika	C	01.06.2021	Alexandr	Trojan
Pavčina	Nová	Statistika	D	01.06.2021	Alexandr	Trojan
Petra	Levá	Statistika	C	01.06.2021	Alexandr	Trojan
Alena	Pravá	Statistika	E	01.06.2021	Alexandr	Trojan

Upravte uložení dat tak, aby respektovalo principy návrhu relačních databází.

Integritní omezení

Pravidla/systemy pravidel, která zaručují integritu databáze.

Příklady

- unikátnost zadaných hodnot v rámci datových tabulek
- daný datový typ nebo rozsah hodnot v tabulkách
- primární a cizí klíče

Hodnocení studentů

Uvažujme data o známkách studentů získaných v jednotlivých předmětech (viz předchozí příklad). Vymyslete vhodná integritní omezení pro tato data.

Základy jazyka SQL

SQL = Structured Query Language

Základní součásti jazyka SQL:

- **Data definition language (DDL):** vytváření tabulek, vztahů a dalších struktur datbáze
- **Data manipulation language (DML):** pohledy na data, ukládání, změna a mazání dat
- **SQL/Persistent stored modules (SQL/PSM):** příkazy, které umožňují procedurální programování v SQL
- **Transaction control language (TCL):** příkazy, které umožňují definování transakcí a jejich řízení
- **Data control language (DCL):** příkazy umožňují zprávu přístupu k databázi

DML - pohledy na data

Základní syntaxe

select	výběr polí tabulky
from	výběr tabulky
where	podmínky na zobrazované záznamy

DATOVÉ TYPY

- řetězec: char, varchar
- číslo: int, numeric, float
- datum: datetime
- identifikátory: uniqueidentifier

Klíčové slovo **AS** slouží k přejmenování sloupců tabulky/celých tabulek v rámci dotazů. Je vhodné při použití klausule SELECT a při spojování tabulek.

Příklad - výpis dat z tabulky okresů

Vypište dlouhý název a CZNUTS okresů za následujících podmínek:

- všech okresů ČR
- pouze okresů v Jihomoravském kraji
- pouze okresů v Jihomoravském kraji nebo Zlínském kraji
- pouze okresů, které nejsou v Jihomoravském kraji ani Zlínském kraji
- okresů, kde počet obcí převyšuje 100
- okresů, jejichž rozloha je mezi 700 a 800 km²

Výpis opakujte, ale tentokrát zobrazte všechny sloupce tabulky.

ORDER BY slouží k seřazení záznamů ve výpisu dat, zapisuje se za klausuli „where“

klíčová slova **ASC** a **DESC** slouží k určení vzestupného resp. sestupného pořadí záznamů (vzestupné řazení je výchozí)

Příklad - výpis dat z tabulky okresů

Vypište dlouhý název a CZNUTS okresů za následujících podmínek:

- všech okresů ČR seřazených abecedně podle dlouhého názvu
- pouze okresů v Jihomoravském kraji seřazených abecedně podle dlouhého názvu
- všech okresů ČR seřazených vzestupně/sestupně podle počtu obcí
- všech okresů ČR seřazených nejdříve podle počtu obcí vzestupně a v případě stejného počtu obcí podle rozlohy sestupně

Rozšířená syntaxe

select	výběr polí tabulky
from	výběr tabulky
where	podmínky aplikované na tabulku před agregací
group by	seznam sloupců, podle kterých se agreguje
having	podmínky na zobrazené záznamy
order by	sloupce, podle kterých se provádí řazení

Příklady agregačních funkcí

MAX, MIN, COUNT, COUNT + DISTINCT, SUM, AVG, VAR
další agregační funkce lze najít na tomto odkazu

Příklad - výpis dat z tabulky o případech nákazy COVID-19

- Vypište celkový počet nově nakažených, uzdravených a vyléčených v celé tabulce.
- Kolik řádků v tabulce nemá vyplněný okres?
- Vypište celkový počet nově nakažených, uzdravených a vyléčených po jednotlivých dnech v dubnu a květnu 2020. Data vhodně seřadte.
- Vypište celkový počet nově nakažených, uzdravených a vyléčených po jednotlivých měsících. Data vhodně seřadte.
- Vypište průměrný, maximální a minimální počet nově nakažených mužů za den. Jakou má výpis limitaci?
- Vypište průměrný počet nově nakažených mužů za den po měsících.
- Vypište měsíc, ve kterém byl nejvyšší počet nově nakažených a jejich počet.

Spojování tabulek

- cross join: jedná se o operaci, která zprostředkovává kartézský součin tabulek; syntaxe v jazyce SQL je oddělení jednotlivých tabulek čárkou
- (inner) **JOIN**: je podmnožinou kartézského součinu tabulek; podmnožina je definována logickým výrazem uvedeným za klíčovým slovem **ON**
- **LEFT JOIN**: výsledná tabulka obsahuje (i) všechny záznamy „levé“ tabulky, (ii) podmnožinu kartézského součinu, která je definována logickým výrazem uvedeným za klíčovým slovem **ON**; pokud záznam z „levé“ tabulky nesplňuje podmínky na přiřazení žádného záznamu „pravé“ tabulky je řádek doplněn hodnotami **NULL**
- **RIGHT JOIN**: lze jej definovat podobně jako **LEFT JOIN**
- **FULL JOIN**: lze jej definovat podobně jako **LEFT JOIN** nebo **RIGHT JOIN**; výsledná tabulka obsahuje (i) všechny záznamy „levé“ i „pravé“ tabulky

Příklad - výpis dat z tabulky okresů a krajů

- Vypište tabulku obsahující všechny okresy společně s příslušnými kraji a oblastmi. Užijte různé varianty datových návrhů.
- Vypište všechny okresy v oblasti Severozápad, které mají více než 100 obcí.
- Vypište průměrný počet obcí v okrese pro všechny okresy v oblasti Severozápad.
- Vypište celkovou rozlohu jednotlivých oblastí ČR.

Příklad - výpis dat z tabulky o případech nákazy COVID-19

- Vypište celkový počet nově nakažených mužů po dnech v Jihomoravském kraji.
- Vypište průměrný počet nově nakažených mužů za den po měsících a krajích.
- Vypište dny, kdy nebyl žádný nově nakažený od počátku března 2020 do konce roku 2020.

Pořadí prováděných operací a vliv na rychlost dotazů

U komplikovanějších dotazů je vhodné dotazy optimalizovat za účelem zvýšení rychlosti nebo snížení užitých zdrojů. Jeden z nástrojů, který se dá využít jsou tzv. „execution plans“, více informací **zde**.

Nástroje používané ke zvýšení rychlosti

- indexy - struktura uložená na disku, která umožňuje rychlé vyhledávání v tabulkách a spojování tabulek. Automaticky se vytváří pro primární klíče.
- dočasné tabulky - umožňují dočasně uložit část dat (například agregovaných) potřebných pro běh dotazu.

Příklad - execution plans, indexy

V obou následujících případech užití příkazy:

```
set statistics time on na začátku skriptu
```

```
set statistics time off na konci skriptu.
```

Zkorodujte si SQL Server Execution Times na záložce Messages.

- Z tabulky nakaza vypište celkový počet případů nálezů zaznamenaných v Jihomoravském kraji. Dotaz proveďte (i) s použitím příkazu `join`, (ii) s použitím vnořeného dotazu. Zobrazte v obou případech předpokládaný a reálný execution plan. Vytvořte vhodný index na tabulce nakaza. Výpis opakujte.
- Viz slide 30: Vypište měsíc, ve kterém byl nejvyšší počet nově nakažených a jejich počet. Výpis proveďte bez použití dočasné tabulky a s použitím dočasné tabulky.

Pohledy, uložené funkce

Pohled na data

```
CREATE VIEW název tabulky AS  
SELECT název sloupce 1, název sloupce 2, ...  
FROM název tabulky (tabulka nebo spojení několika tabulek)  
WHERE podmínky
```

Funkce vracející tabulku

```
CREATE FUNCTION název funkce  
(  
název parametru 1 a datový typ,  
název parametru 2 a datový typ,  
... ) RETURNS TABLE AS  
RETURN  
(  
SELECT ...  
)
```

Pohledy, uložené funkce

Funkce vracející jednu hodnotu

CREATE FUNCTION *název funkce*

```
(  
název parametru 1 a datový typ,  
název parametru 2 a datový typ,  
... ) RETURNS datový typ výsledku AS  
BEGIN  
DECLARE názvy lokálních proměnných a datový typ  
SELECT ...  
RETURN ...  
END
```

Příklad - uložené funkce se skalárním výstupem

- Vytvořte funkci, která pro zadané datum mezi lety 2010 a 2030 vrátí den v týdnu, který v zadaný den byl/bude.
- Vytvořte funkci, která pro dané rozmezí věků a rok vrátí počet úmrtí na COVID-19.
- Vytvořte funkci, která pro zadaný CZNUTS (okresu, kraje nebo oblasti) vrátí název.

Příklad - pohledy na data

- Vytvořte pohled, který vytvoří tabulku obsahující ve sloupcích název oblasti, kraje, okresu. Užijte různé datové návrhy.
- Vytvořte pohled, který vytvoří tabulku obsahující ve sloupcích název oblasti, kraje, rozlohu kraje a počet obcí v kraji. Užijte různé datové návrhy.
- Viz slide 30: Vypište měsíc, ve kterém byl nejvyšší počet nově nakažených a jejich počet. Výpis provedte s použitím pohledu. Porovnejte s užitím dočasné tabulky z pohledu (i) rychlosti, (ii) využití diskové kapacity.
- Vytvořte pohled, který vrátí počet pracovních a nepracovních dní v každém měsíci po letech za roky 2022-2024.

Příklad - uložené funkce

- Vytvořte pohled, který vrátí počet pracovních a nepracovních dní pro všechny měsíce zvoleného roku.
- Vytvořte funkci, která pro zvolenou organizační jednotku dle CZNUTS (pro libovolnou úroveň klasifikace) vrátí název této jednotky a všech podřízených.

Ukládání dat

INSERT INTO *název tabulky*(*název sloupce 1, název sloupce 2, ...*)
VALUES (*hodnota 1, hodnota 2...*)

INSERT INTO *název tabulky*(*název sloupce 1, název sloupce 2, ...*)
SELECT ...

SELECT *hodnota 1, hodnota 2...*
INTO *název tabulky* (*nová tabulka*)
FROM *název tabulky* (*tabulka nebo spojení několika tabulek*)
WHERE *podmínky*

Změna dat a mazání dat

UPDATE *název tabulky*

SET *název sloupce 1=hodnota 1, název sloupce 2=hodnota 2*

WHERE *podmínky*

DELETE FROM *název tabulky (tabulka nebo spojení několika tabulek)*

WHERE *podmínky*

Vytváření tabulek, mazání tabulek, úprava tabulek

Vytváření tabulky:

```
CREATE TABLE název tabulky (název sloupce 1, název sloupce 2, ...)
```

Přidání sloupce:

```
ALTER TABLE název tabulky ADD název sloupce [datový typ](délka datového typu);
```

Smazání všech záznamů z tabulky:

```
TRUNCATE TABLE název tabulky
```

Smazání tabulky:

```
DROP TABLE název tabulky
```

Příklad - data o onemocnění COVID-19

- Vytvořte novou tabulku, do které vložte agregovaná data obsahující celkový počet nově nakažených osob pro každý den od začátku pandemie do posledního data uvedeného v tabulce.
- Na webu najděte údaje pro 5.5.2021 a vložte je ručně do tabulky.
- Záznamy v tabulce aktualizujte. Vypočtěte rozlohu ČR a data přepočtete na km².
- Smažte z tabulky všechny záznamy, které se netýkají roku 2020.
- Přidejte do tabulky nový sloupec určující den v týdnu.
- Naplňte korektně sloupec „den v týdnu“.
- Smažte z tabulky všechny záznamy.
- Vložte do tabulky záznamy, ale nyní data mají obsahovat pouze celkový počet nově nakažených žen nemocí COVID-19 pro každý den. Nevyplňujte sloupec „den v týdnu“.
- Odstraňte celou tabulku.

Programování v SQL (T-SQL)

Větvení:

IF *logický výraz*

BEGIN *Sekvence příkazů* END

ELSE

BEGIN *Sekvence příkazů* END

CASE *vstupní výraz*

WHEN *výraz k porovnání* THEN *výstupní výraz*

[ELSE *výstupní výraz*]

END

CASE

WHEN *logický výraz* THEN *výstupní výraz*

[ELSE *výstupní výraz*]

END

Cykly:

WHILE *logický výraz*

BEGIN

Sekvence příkazů

END

BREAK a CONTINUE - umožňují v kombinaci s příkazem IF předčasně ukončit cyklus WHILE

Kursor - umožňuje spouštět cyklus přes výsledek příkazu SELECT

```
DECLARE název proměnné datový typ  
DECLARE název kurzoru CURSOR FOR  
Příkaz select  
OPEN název kurzoru  
FETCH NEXT FROM název kurzoru INTO název proměnné  
WHILE @@FETCH_STATUS = 0  
    BEGIN  
        Sekvence příkazů  
        FETCH NEXT FROM název kurzoru INTO název proměnné  
    END  
CLOSE název kurzoru  
DEALLOCATE název kurzoru
```

Uložená procedura:

SET NOCOUNT ON - umožňuje pozastavit výpis počtu provedených operací v SQL, je doporučeno ho použít u uložených procedur

```
CREATE PROCEDURE název uložené procedury
```

```
(název proměnné datový typ)
```

```
AS
```

```
BEGIN
```

```
SET NOCOUNT ON
```

```
Sekvence příkazů
```

```
END
```


Příklad - programování v SQL

- Užijte příkaz CASE k získání celkového počet nákaz, úmrtí a vyléčení pro každý den zvoleného měsíce z tabulky nakaza. Dotaz proveďte bez použití vnořeného příkazu SELECT a příkazu JOIN.
- Vytvořte kursor přes všechny měsíce roku 2020. Pro každý s těchto měsíců proveďte příkaz z předchozího bodu.
- Vytvořte novou prázdnou tabulku o čtyřech sloupcích (datum, počet nákaz, úmrtí a vyléčení). Vytvořte uloženou proceduru, která tuto funkci naplní pro zvolený měsíc pomocí dotazu z prvního bodu v této úloze.
- Užijte data z tabulky vytvořené v předchozím bodu a vypočtete kumulativní počet nákaz, úmrtí a uzdravení pro všechny dny v březnu 2021. Užijte příkaz JOIN.

Příklad - programování v SQL

- *Nepovinné:* Vytvořte uloženou funkci, která bude pro zvolený časový úsek (vstupem je datum od a datum do) vypisovat (i) celkový počet nových nákaz, úmrtí a vyléčení, které nastaly před vybraným měsícem (1 řádek); (ii) celkový počet nových nákaz, úmrtí a vyléčení pro každý den zvoleného měsíce; (iii) celkový počet aktivních případů nákazy pro každý den zvoleného měsíce. Data organizujte do jedné datové tabulky. Užijte příkaz UNION.

Trigger

Trigger je databázový objekt, který zahajuje svoji činnost ve chvíli, kdy se v databázi stane nějaká událost.

Triggery dělíme na

- DDL Trigger - spouští se po zavolání příkazu CREATE, DROP nebo ALTER
- DML Trigger spouští se po zavolání (AFTER/FOR Triggery) nebo místo (INSTEAD Of Triggery) příkazu INSERT, UPDATE, DELETE

Systémové databáze a jejich funkce

Katalog objektů systémové databáze

Příklad

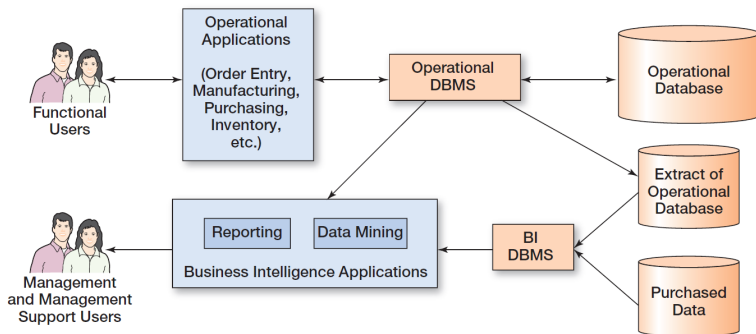
Vypište všechny tabulky a sloupce tabulek, které byly vytvořeny v březnu.

```
select o.name,c.name
from sys.columns c join
     sys.objects o on o.object_id=c.object_id
where o.type_desc='USER_TABLE' and month(o.create_date)=3
order by o.object_id, c.column_id
```

Návrh datových skladů

- **Business intelligence (BI) systémy:** slouží ke zhodnocení aktuálních a minulých aktivit, umožňují predikci budoucích aktivit, jsou podporou v pro rozhodování.
- **Operační systémy:** někdy nazývány online transaction processing (OLTP) slouží k získávání, změně a ukládání dat (typicky prostřednictvím relační databáze).
- **Reportovací systémy:** jako například online analytical processing (OLAP) umožňují rychlé filtrování a agregování dat.
- **Data-miningové systémy:** umožňují provádět komplexní analýzy nad daty.
- **Datové sklady = Data warehouses:** je speciální typ databázového systému, který obsahuje řídicí údaje (data, programy, osobní údaje) potřebné k tvorbě a správě systému BI.
- **Data marts:** je seskupení dvou a více datových skladů.

The Relationship Between Operational and BI Applications



ZDROJ: Database concepts. KROENKE, David M., et al. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010.

Extract, transform, and load (ETL) systém

Automatický systém definovaný v rámci datového skladu, který umožňuje tvorbu konzistentní datové sady.

- čištění dat, řešení chybějících hodnot (např. nesmyslné údaje o věku, pohlaví)
- nekonzistence dat (např. telefonní čísla s předvolbou a bez ní)
- kombinování více datových zdrojů
- změna formátu dat
- nahrazování zkratk celými názvy a další transformace dat

Specifikace pro provádění těchto operací jsou v **data warehouse metadata databázi**.

Dimensionální databáze

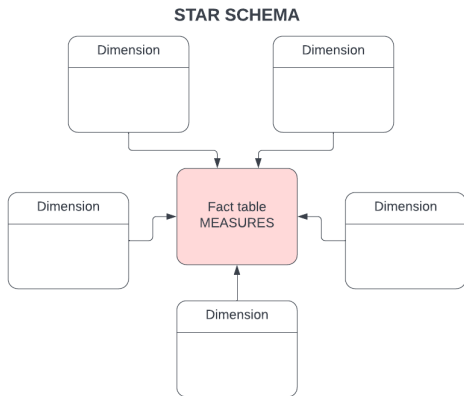
Databázový návrh užívaný pro datové sklady.

Cíle

- efektivní tvorba dotazů a analýz
- historické srovnání dat

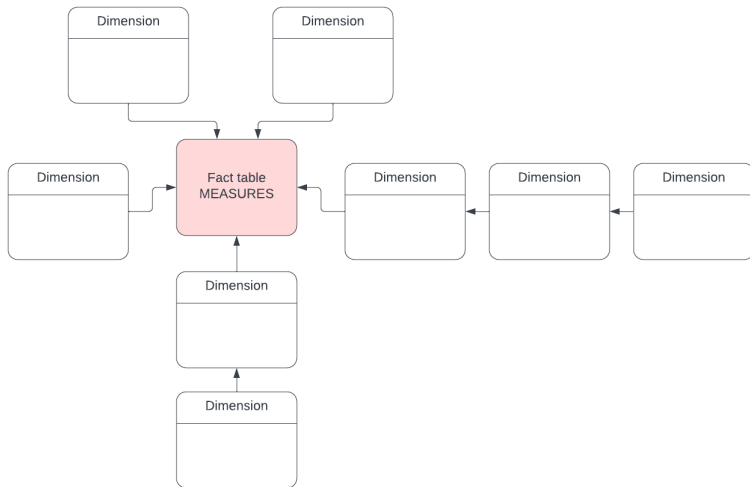
- **dimenze**: sloupec nebo sada sloupců, který popisují jednu společnou oblast
- **časová nebo datová dimenze**: umožňuje pohled na historická data
- **tabulka faktů**: slouží k uložení měřitelných hodnot (obvykle číselných), které lze v rámci dimenzionální databáze agregovat

Datový návrh dimenzionální databáze

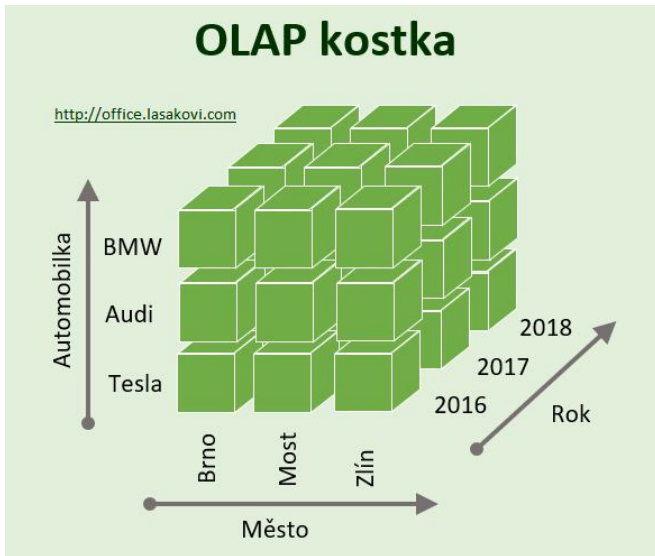


Datový návrh dimensionální databáze

SNOW-FLAKE SCHEMA



Dimensionální databáze - vizualizace



Příklad - dimenzionální databáze

Uvažujte data o nákaze COVID-19 (uložené v tabulce nakaza). Jaké všechny dimenze je možné u těchto dat sledovat? Jaká data může obsahovat tabulka faktů? Načrtněte schéma dimenzionální databáze.

Načtěte data o nákaze COVID-19 za rok 2020 společně se všemi identifikovanými dimenzemi do aplikace MS-Excel jako aktivní datové připojení. Vytvořte nad daty vhodnou kontingenční tabulku.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a pivot table summarizing COVID-19 cases by gender and region. The pivot table is structured as follows:

Součet z počet	Popisky sloupců					
	V Celkem		N Celkem		U Celkem	
	Cela ČR		Cela ČR		Cela ČR	
III	125	125	3 305	3 305	35	35
IV	4 887	4 887	4 357	4 357	207	207
V	2 780	2 780	1 594	1 594	76	76
VI	1 499	1 499	2 530	2 530	29	29
VII	3 659	3 659	4 469	4 469	35	35
VIII	6 366	6 366	7 972	7 972	45	45
IX	27 057	27 057	45 990	45 990	248	248
X	165 970	165 970	263 847	263 847	2 929	2 929
XI	264 404	264 404	187 990	187 990	5 005	5 005
XII	147 916	147 916	209 149	209 149	3 407	3 407
Celkový součet	624 663	624 663	731 203	731 203	12 016	12 016

The PivotTable task pane on the right is configured with the following settings:

- Field list:**
 - nak_datum_hlasi
 - nak_vek
 - nak_pohlavi
 - typ_hlasi
 - ob_nazev
 - kr_nazev
 - ok_nazev_kratky
 - stat
 - pocet
 - ...
- Filters:**
 - nak_pohlavi
 - nak_vek
- Columns:**
 - typ_hlasi
 - stat
 - ob_nazev
- Rows:**
 - Měsíce
 - nak_datum_hlasi
- Values:**
 - Součet z počet

Příklad - dimenzionální databáze

Databáze SQL Serveru

Server

Databáze

⬆️ Upravit možnosti

Časový limit příkazu v minutách (volitelné)

Příkaz SQL (nepovinný, vyžaduje databázi)

```
select nak_datum_hlaseni, nak_vek, nak_pohlavi, typ_hlaseni, ob_nazev, kr_nazev, ok_nazev_kratky
from nakaza n join okresy_strom os on n.ok_kod-os.ok_kod
where year(nak_datum_hlaseni)=2020
group by nak_datum_hlaseni, nak_vek, nak_pohlavi, typ_hlaseni, ob_nazev, kr_nazev, ok_nazev_kratky
```

 Zahnout sloupce relací Navigovat pomocí celé hierarchie Povolit pro SQL Server podporu převzetí služeb při selhání

OK

Zrušit

A2														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
1	nak_datum_hlaseni	nak_vek	nak_pohlavi	typ_hlaseni	ob_nazev	kr_nazev	ok_nazev_kratky	pocet						
2	14.10.2020	28	Z	N	Střední Čechy	Středočeský kraj	Nymburk	1						
3	25.10.2020	14	M	N	Severovýchod	Liberecký kraj	Liberec	1						
4	06.10.2020	13	M	V	Severovýchod	Pardubický kraj	Pardubice	1						
5	25.11.2020	59	M	V	Jihozápad	Jihočeský kraj	Jind. Hradec	1						
6	03.11.2020	58	M	V	Jihozápad	Přízeňský kraj	Domalčice	1						
7	20.10.2020	31	Z	N	Severozápad	Ústecký kraj	Litoměřice	1						
8	10.11.2020	52	Z	N	Jihovýchod	Jihomoravský kraj	Blansko	2						

Dotazy a připojení

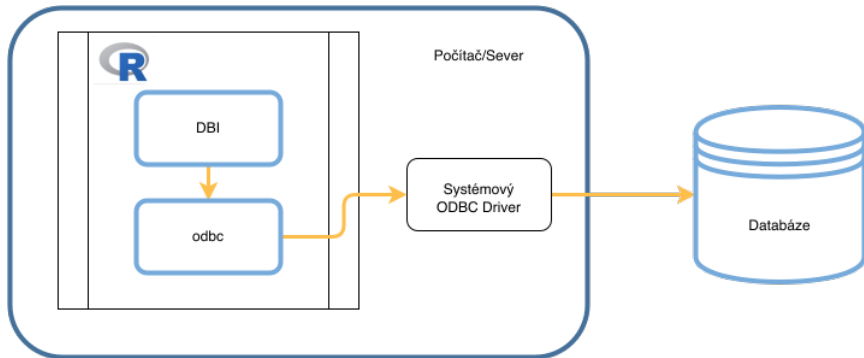
Dotazy | Připojení

Dotazů: 1

Dotaz1

Počet načtených řádků: 878 550

Balíček DBI a odbc



Užitečné odkazy:

db.rstudio.com/r-packages/odbc/

<https://db.rstudio.com/r-packages/dbi/>

Zdroj: <https://db.rstudio.com/best-practices/drivers/>

ODBC drivery

- Pro připojení externí aplikace k databázi slouží tzv. **ODBC drivery**
- v našem případě například *ODBC Driver 17 for SQL Server*
- Nastavení připojení se provádí pomocí tzv. **připojovacího řetězce**
neboli connection string
(viz www.connectionstrings.com/sql-server)

Příklad syntaxe v knihovně odbc v R

```
library(odbc)
con <- dbConnect(odbc(),
  Driver = "ODBC Driver 17 for SQL Server",
  Server = "REX\\SQLEXPRESS",
  Database = "VYUKA_DATABAZE",
  Trusted_Connection="yes",
  encoding = "CP1250")
```

Načtení okresů do RStudio

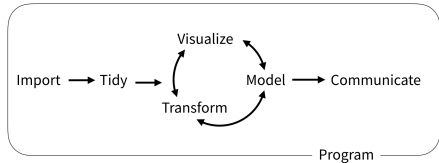
- Načtěte tabulku okres do R studia.
- Vykreslete bodový graf jednotlivých okresů v závislosti na rozloze a počtu obcí.
- Škálujte data o rozloze a počtu obcí. Škálovaná data vložte do tabulky okres.
- Vytvořte clusterly okresů v závislosti na rozloze a počtu obcí. Užijte proceduru kmeans pro 3 clusterly (<https://cs.wikipedia.org/wiki/K-means>). Clusterly vizualizujte v bodovém grafu.
- Přidejte údaj do získaném clusteru do tabulky okresů.
- Zapište novou tabulku okresů do databáze.
- Vytvořte report v Rmarkdown obsahující získané výsledky.

Načtení dat o nákaze COVID-19 do RStudio

- Využijte uloženou funkci `nakaza_po_dnech` vytvořenou v rámci slidu 49, která umožňuje zobrazovat počet nákaz, vyléčení a úmrtí na COVID-19 za sledované období po dnech. Data sledujte od začátku srpna 2020 do konce března 2021. Data vhodně časově seřadte.
- Data načtěte jako datovou tabulku do R.
- Tabulku doplňte o počet aktivních případů v jednotlivých dnech (pracujte v programu R). Porovnejte se skriptem `nakaza_po_dnech_active_cases` (vytvořený v rámci slidu 49), který dělá tu samou věc. Vykresle graf počtu aktivních případů v závislosti na čase.
- Uvažujte pouze data od 1.srpna do 1.listopadu 2020. Dá se říct, že počet aktivních případů exponenciálně roste? Ověřte prostřednictvím lineární regrese.
- Vytvořte report v Rmarkdown obsahující získané výsledky.

Balíček dbplyr

- využívá se v situaci, kdy potřebujete zpracovávat příliš mnoho dat naráz a potřebujete využít externí paměť
- načítá se v rámci balíčku `dpLyr` automaticky
- využívá balíčky `DBI` a `odbc`
- `dbplyr` generuje příkazy `SELECT` a posílá je na SQL server (příkazy SQL se přímo nepišou, ale `dbplyr` má vlastní syntaxi)
- balíček je vhodné kombinovat s knihovnou `ggplot2`²



3

²<https://datacarpentry.org/R-ecology-lesson/04-visualization-ggplot2.html>

³rstudio-education.github.io/tidyverse-cookbook/how-to-use-this-book.html

Základní příkazy⁴

Načtení jedné datové tabulky (data se nenačítají přímo do R, ale vytvoří se na ni odkaz):

```
data<-tbl(con, "nakaza")
```

`select(název_sloupce_1,název_sloupce_2, ...)` - ekvivalent SELECT (bez možnosti dopočtených sloupců)

`mutate(název_nového_sloupce=vzorec, ...)` - dopočtené sloupce

`filter(podmínka_1,podmínka_2, ...)` - ekvivalent příkazu WHERE

`summarise(název_nového_sloupce=agregační_funkce, ...)` - ekvivalent agregačních funkcí

`group_by(název_sloupce_1,název_sloupce_2, ...)` - ekvivalent GROUP BY

`arrange(název_sloupce_1,název_sloupce_2, ...)` - ekvivalent ORDER BY

`inner_join(název_tabulky_1, název_tabulky_2)` - ekvivalent JOIN

Příklad syntaxe: `data %>% select(nak_datum_hlaseni) as.data.frame` - převede výsledek na datový typ „data frame“

⁴<https://dplyr.tidyverse.org/>

Nalíček ggplot2, příkaz ggplot

Základní syntaxe:

```
ggplot(data=<DATA>)+  
<GEOM_FUNCTION>(mapping=aes(<MAPPINGS>))
```

DATA pro použití v kombinaci s dbplyr lze použít „data=.“ pro práci s aktuálním zdrojem dat

MAPPINGS specifikuje použití sloupců z dat pro výstup na osách x, y.

GEOM_FUNCTION specifikuje typ grafu

Příklady: geom_point(), geom_line(), geom_histogram(),
geom_boxplot(), geom_smooth(), geom_bar(),

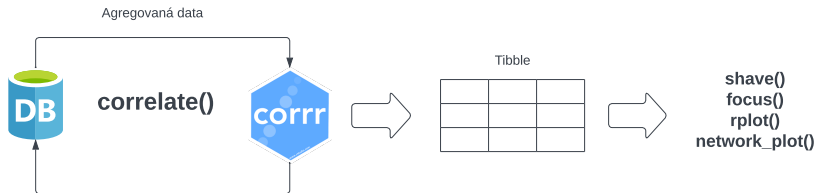
Práce s knihovnou dbplyr

- Pracujte s tabulkou `nakaza` v knihovně `dbplyr`. Data načtěte.
- Vypište celkový počet nově nakažených pro jednotlivé dny v datech. Data seřadte. Výsledek vykreslete do grafu.
- Zobrazte si SQL dotaz, který používá balíček `dbplyr`.
- Přidejte do graf křivku, která umožní data vyhladit.
- Pracujte s tabulkou `okres` v knihovně `dbplyr`. Data načtěte.
- Vypište celkový počet nově nakažených pro jednotlivé dny v datech v Praze (okresu Praha). Data seřadte. Výsledek vykreslete do grafu.
- Jaký byl maximální počet nově nakažených za den ve sledovaném období v Praze?
- Nakreslete histogram pro počet nově nakažených za den v Praze (pro jednoduchost neuvažujte dny, kdy nebyl žádný nově nakažený).

Práce s knihovnou dbplyr

- Pracujte s tabulkou kraj v knihovně dbplyr. Data načtěte.
- Nakreslete sloupcový graf pro počet okresů v kraji. Graf obarvěte podle počtu obcí v okresu. Okresy vhodně rozdělte do tří kategorií podle počtu obcí.
- Nakreslete boxplot pro počet nově nakažených za den ve Středočeském kraji po okresech (pro jednoduchost neuvažujte dny, kdy nebyl žádný nově nakažený).

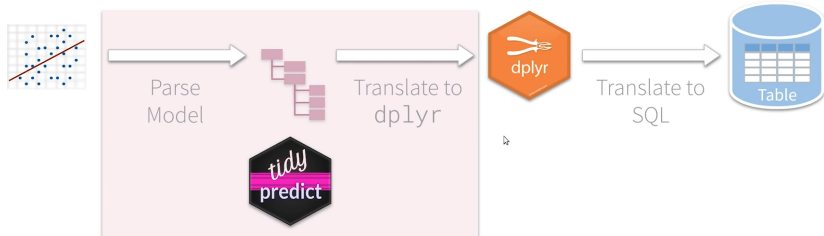
Balíček corrr



<https://www.rstudio.com/resources/webinars/modeling-in-databases-with-r/>

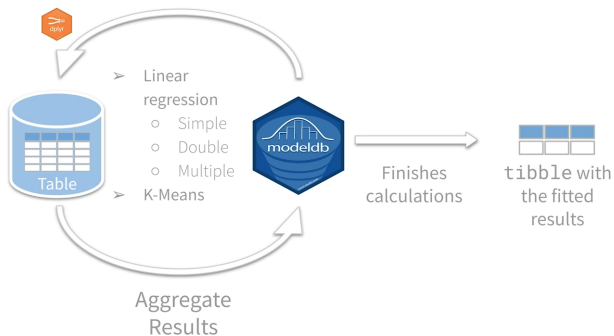
<https://corrr.tidymodels.org/index.html>

Balíček tidypredict



<https://www.rstudio.com/resources/webinars/modeling-in-databases-with-r/>

Balíček modeldb



<https://www.rstudio.com/resources/webinars/modeling-in-databases-with-r/>

Modelování v R

- Tabulka `sectors` obsahuje informace o podílu osob pracujících v jednotlivých sektorech ekonomiky v Evropě (pozor, tabulka obsahuje i sumární řádky). Nalezněte korelační matici pro proměnné specifikované v tabulce `sectors`. Vhodně korelačním matici vizualizujte.
- Tabulka `Computers` obsahuje ceně počítačů v 90.letech a parametry, které cenu ovlivňovaly. Z tabulky vyberte náhodně 25 % dat a sestavte nad nimi vhodný lineární regresní model. Pro každý z náhodně vybraných počítačů určete cenu, kterou jim přisoudil model a porovnejte ji s opravdovou cenu, vypočtete residua. Vykreslete graf závislosti residuí na modelované ceně. Vypočtete R^2 .
- Pro všechny počítače v tabulce `Computers` predikujte cenu pomocí modelu vytvořeného v předchozím bodu. Zhodnoťte kvalitu modelu.

**MASARYKOVA
UNIVERZITA**