

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Modelování a simulace - 6. Počítačové služby

Porovnávání SQL a JAVA přístupů do databáze

31. ledna 2018

Vojtěch Meluzín - xmeluz04
Matěj Mlejnek - xmlejn04

Obsah

1	Úvod	1
2	Zdroje faktů	1
2.1	Průběh sběru dat	1
2.1.1	Přesnost vyhledávání	2
2.1.2	RAM pamět	3
2.1.3	Vygenerování databáze	3
2.1.4	Automatizace pomocí BASH	3
2.1.5	Naměření hodnot JAVA	3
2.2	Zpracování naměřených hodnot	4
3	Koncepce modelu	6
3.1	Komunikace JAVA a databáze	6
3.2	Simulace experimentu	7
3.3	Architektura sim modelu	7
3.4	Konceptuálního modelu na simulační	7
3.4.1	Mapování konceptuálního modelu na simulační	7
3.5	Zpracování požadavku	8
3.6	Petriho síť	8
4	Simlib	10
5	Experimenty	10
5.1	Podstata simulačních experimentů a jejich průběh	10
5.2	Příklady	10
5.2.1	SELECT FIRST MEMORY	10
5.2.2	Příklad ze života	12
5.2.3	Další:	12
5.3	Výsledky/Grafy	12
6	Závěr	13

1 Úvod

V této práci je řešen projekt do předmětu **IMS - Modelování a simulace** [1] vyučovaném na Fakultě informačních technologií Vysokého učení technického v Brně [2]. Konkrétně se jedná o zadání **6. Počítačové služby** [3].

Tato práce se věnuje problematice doby vyhledávání v databázi. Zaměříme se na porovnávání přístupu do databáze výhradně přes SQL dotazy a přístupu do databáze spojeného s cacheováním (jednotlivých řádků vyhledávané tabulky) na počítači klienta.

V našich experimentech se zaměřujeme zjištění za jakých podmínek je efektivnější pro vyhledávání použít spíše databázový server a nebo ve veškerých datech vyhledávat až na straně klienta. Vzhledem k tomu, že na tyto časy hraje roli několik faktorů výběr nemusí být na první pohled hned jasný. V kapitole Experimenty (viz. Experimenty) jsou sepsány jednotlivé krajní i více obecné (realističtější) případy při práci s databází.

2 Zdroje faktů

Jako model jsme si vybrali databázi Postgresql ve verzi 9.5.10 [7]. Pro přístup do této databáze jsme zvolili naprogramování aplikace v jazyce JAVA [8] ve verzi JDK-1.8.0_151 [9], ve které jsme si naprogramovali komunikaci se serverem. Programy pro sběr dat z této komunikace běželi na virtuálním stroji Ubuntu 16.04.3 LTS [10] a samotné posílání jednotlivých dotazů bylo zautomatizované pomocí scriptu psaném v GNU Bash version 4.3.48(1)-release (x86_64-pc-linux-gnu) [11].

2.1 Průběh sběru dat

Pro přístup k datům z databáze a měření doby přístupu k datům, jsme se rozhodli, že bude vhodné, aby se vyhledávací dotazy vytvářeli na virtuální počítači odděleného od virtuálního počítače s databázovým serverem. Vytvořili jsme tedy 2 virtuální počítače s těmito parametry:

VM1SERVER	
CPU	2 jádra - 4,2 GHz
RAM	2048 MB
HDD	25 GB
OS	Ubuntu - 16.04.3

VM2CLIENT	
CPU	2 jádra - 4,2 GHz
RAM	8192 MB
HDD	25 GB
OS	Ubuntu - 16.04.3

Parametry byli vybrány, tak aby splňovali minimální systémové požadavky a zároveň bylo co nejvíce místa pro nacachování prohledávaných tabulek.

Tyto parametry jsme zvolili, tak aby splňovali požadavky operačního systému Ubuntu [13], databázového serveru Postgresql [14] a zároveň aby se na straně klienta spustila JAVA s námi vybranými velikostmi RAM pro měření.

OS parametry Operační systém ubuntu [10] jsme si vybrali z důvodu jednoduché instalace jednotlivých aplikací potřebných pro tento sběr dat, nízké náročnosti na hardwarové požadavky a jednoduchou obsluhu. Jako databázový systém nám posloužil PostgreSQL [7]. Tento systém jsme zvolili z důvodu jednoduché instalace, nízkých nároků na hardware a The PostgreSQL Licence(mírně modifikované

Open Source licence) [15]. Při výběru s jakou databází budeme pracovat jsme si nezvolili Oracle [16] z důvodu, že již není volně k dispozici pro komerční použití a naše výsledky by nebyli dostatečně využitelné.

Na prvním virtuálním počítači běžel server (dále jen VM1SERVER) s databází PostgreSQL a měl za úkol zpracovávat přijaté SQL dotazy a odpovídat na ně. Druhý virtuální počítač znázorňující klienta (dále jen VM2CLIENT) se postupně připojoval na databázový server a posílal dotazy.

Na VM2CLIENT tedy běžel BASH [11] script *functions.sh*, který automaticky spouštěl námi naprogramované Javové dotazy z */dist/testApp.jar*.

V rámci automatických testů se také před každým měřením musel zaslat požadavek pro vymazání cache paměti v databázi na straně serveru, toto je vyřešeno připojením přes OpenSSH rozhraní (OpenSSH_7.2p2 Ubuntu-4ubuntu2.4, OpenSSL 1.0.2g 1 Mar 2016) [12] *sshclear.sh* připojením se na VM1SERVER a odtud zavoláním scriptu *clearcache.sh*.

2.1.1 Přesnost vyhledávání

Jako sloupec pro vyhledávání jsme si zvolili index jednotlivých tabulek "seq", který pro jednotlivé řádky tabulky nabýval hodnot od 1 do počtu řádků. Rozhodli jsme se filtraci provádět podle začátku řetězce jeho hodnoty. Tato filtrace byla zvolena z toho důvodu, že se nejvíce podobá přístupu do databáze k vyhledání určité položky, aneb jak s databází pracuje normální uživatel. Při práci s databází byla tato filtrace prováděna příkazem LIKE 'prefix%' [20] a v JAVA *startsWith(String prefix)* [19] (dále se na obě funkce budeme zároveň odkazovat jako na pseudofunkci LIKEE(prefix)).

Příklady LIKEE() nad řetězci:

$$LIKEE("AH") > ("AHOJ") \Rightarrow True$$

$$LIKEE("1") > ("10") \Rightarrow True$$

$$LIKEE("0") > ("10") \Rightarrow False$$

$$LIKEE("1") > ("1") \Rightarrow True$$

Jelikož v našem projektu pracujeme s indexovanými tabulkami, tak můžeme vyhledávat počet výskytů indexů se stejným začátkem:

$$LIKEE("1") > TABLE(100) \Rightarrow 12$$

$$LIKEE("1") > TABLE(1000) \Rightarrow 111$$

$$LIKEE("10") > TABLE(1000) \Rightarrow 2$$

$$LIKEE("10") > TABLE(500) \Rightarrow 11$$

$$LIKEE("100") > TABLE(100) \Rightarrow 1$$

$$LIKEE("100") > TABLE(30000) \Rightarrow 111$$

$$LIKEE("1000") > TABLE(500) \Rightarrow 0$$

LIKEE V našich experimentech jsme pracovali s LIKEE(0), LIKEE(1), LIKEE(10), LIKEE(100), LIKEE(1000). Kde **LIKEE(0)** znamená výběr všech hodnot z tabulky.

2.1.2 RAM paměť

Pro výběr s jakými hodnoty RAM paměti budeme pracovat jsme byli limitováni fyzickým hardwarem, proto jsme na VM1SERVER usoudili, že nebude potřeba větší než minimální Systémem a Databází požadovaná viz: **OS parametry** 2.1. Pro VM2CLIENT jsme měli 8GB paměti. Nyní stačilo vyhledat pro jaké RAM paměti nám JAVA běžící na VM2CLIENT dovolí s maximální velikostí tabulek. Zjistili jsme, že pro JAVA při paměti 512MB dokáže nad našimi tabulkami (ve formátu viz: 2.1.3) pracovat s maximálně 150 000 tabulkami. Na konec jsme zvolili RAM 1024, 2048 a 4096. Tyto RAM paměti bez problému pojmu i naši největší zvolenou tabulku (250 000).

2.1.3 Vygenerování databáze

Pro generaci potřebných dat jsme si vybrali csv generátor [17] jednotlivé řádky jsme se rozhodli selectovat pomocí indexu("seq"), bylo ovšem zapotřebí, aby se tabulka podobala tabulkám se kterými se pracuje v reálném životě, proto jsme si zvolili, že každý řádek bude obsahovat hodnoty pro tyto sloupce:

*"seq, first, last, age, street, city, state, zip,
dollar, pick, date, email, digid, latitude, longitude,
pick2, string, domain, float, ccnumber, bool, yn"*

Například:

*1, Jesse, Watts, 51, HusfoTerrace, Livemil, HI, 75091, \$2932.33,
YELLOW, 7/13/1993, sajuvubug@uj.net,
147889110758, 12.63144, -166.12131, UP, W4P9nY0yubdKsQu)sxI,
boto.co.uk, -275370638258.9952, 6304284025402256, true, N*

Velikost jednotlivých řádků tabulek by neměla ovlivnit poměr časů vyhledávání, ale slouží k tomu, aby jsme vygenerovali vstupní data k simulaci ve kterých uvidíme větší hodnoty s menší pravděpodobností vzniklých nepřesností.

Tyto data jsme umístili na VM1SERVER, tak že jsme na něm spustili databázi a připojili jsme se na ní pomocí PG ADMIN 3 [18] a nahráli zde tabulky ze kterých jsme plánovali získávat data.

Tabulky Původně jsme plánovali pracovat s tabulkami velkými až 10 000 000, to jsme ovšem velice rychle zavrhlí z důvodu velké časové náročnosti výpočtů. Nakonec jsme pracovali s tabulkami do velikosti 250 000.

2.1.4 Automatizace pomocí BASH

Z bash scriptu byl volán JAVA program [link] postupně po jednom tak aby byla provedena kombinace všech vstupních parametrů z předchozí sekce (RAM, TABLES, LIKEE). Naměřené hodnoty jsme ukládali do formátu csv. Při

2.1.5 Naměření hodnot JAVA

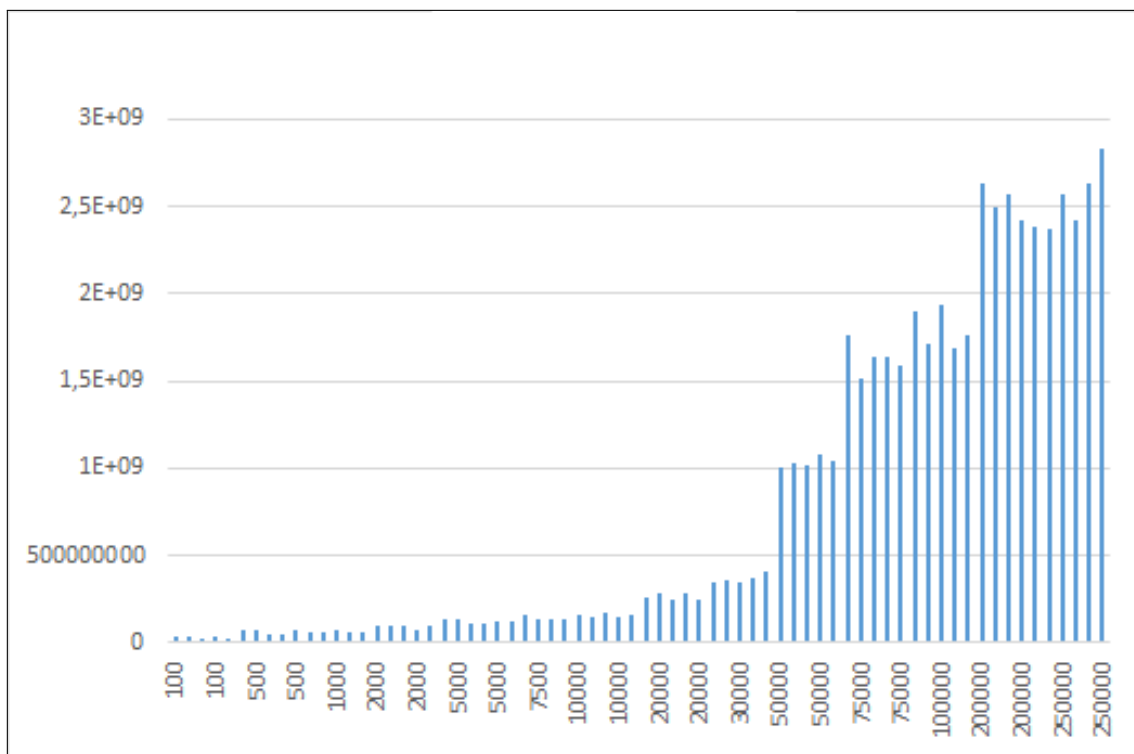
Pro získávání dat jsme vytvořili program v jazyce JAVA (viz./dist/testApp.jar). V tomto programu spuštěném na VM2CLIENT se připojujeme na databázový server Postgresql běžícím na VM1SERVER. Naměřili jsme si tyto hodnoty:

- Doba selectu z db bez cache
- Doba selectu z db s cache

- Doba selectu z db bez cache a s filtrací
- Doba selectu z db s cache a s filtrací
- Doba vytvoření objektů v JAVA
- Doba filtrace v JAVA

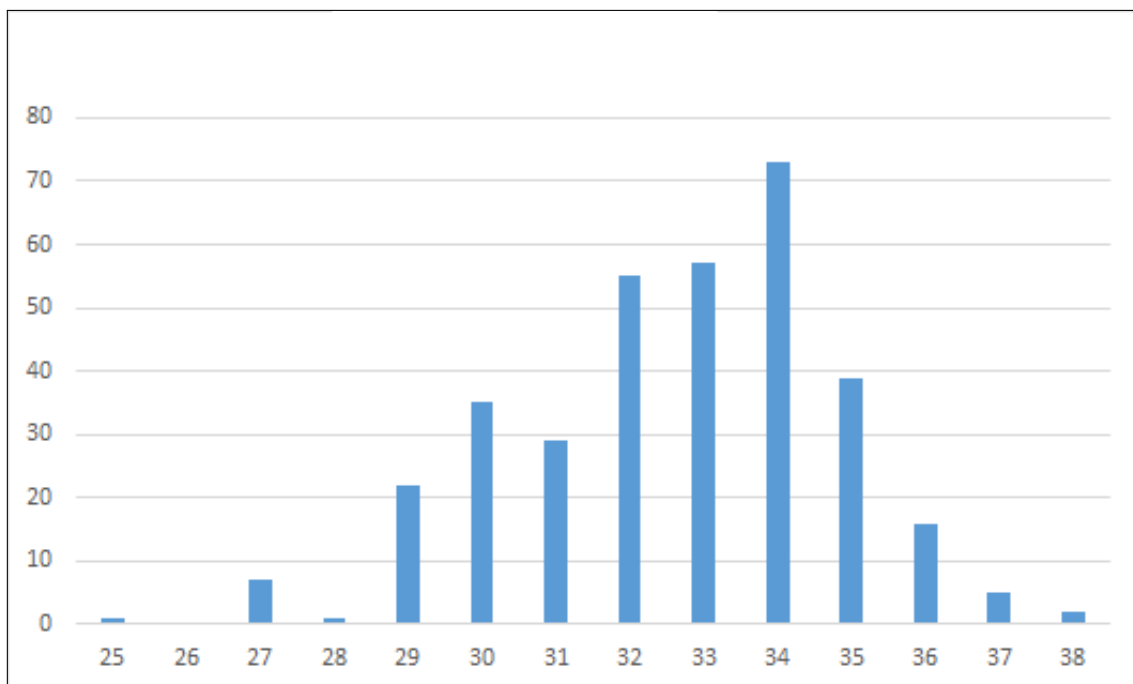
2.2 Zpracování naměřených hodnot

Výstupní *csv* soubory jsme si převedli do tabulkového formátu *xlsx* pomocí aplikace Microsoft Excel [23], kde jsme nad jednotlivými časy vytvářeli grafy. Na obrázku číslo 1 můžete vidět dobu vytváření objektů všech prvků z tabulky na základě její velikosti. Z grafu je jasné vidět, jak se jednotlivé časy mění při změně velikosti tabulky.

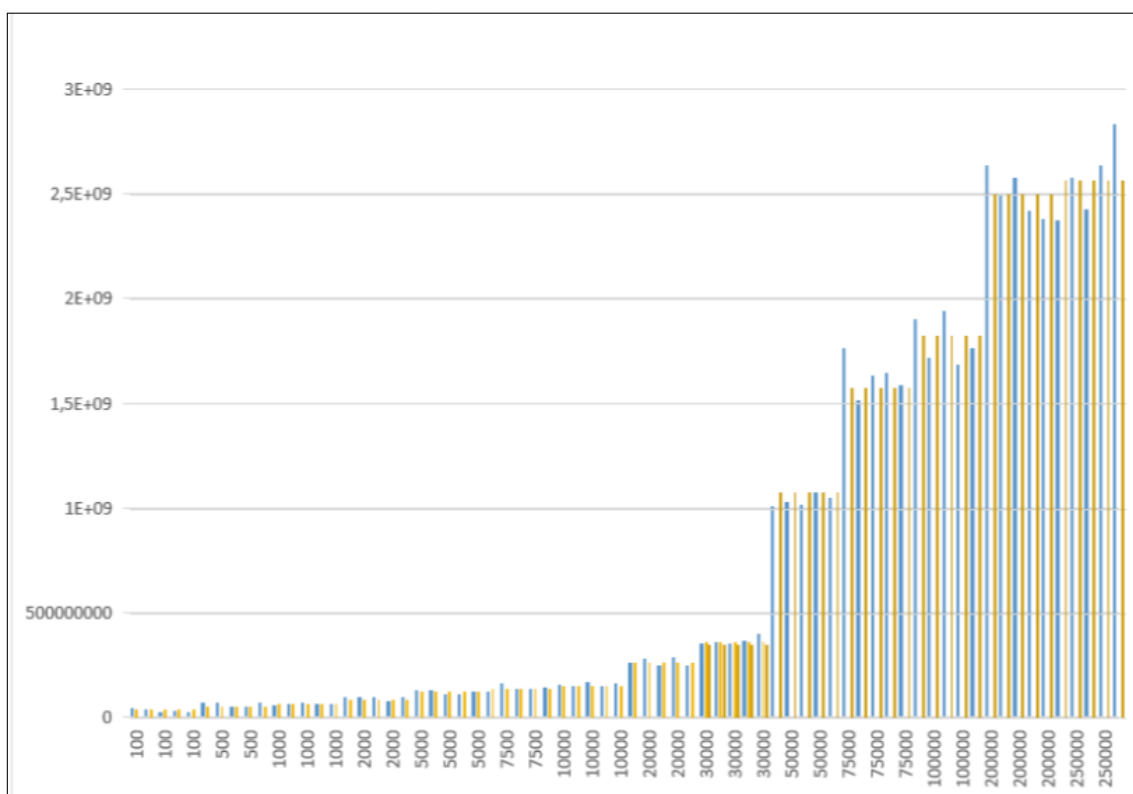


Obrázek 1: LIKEE-1-CREATE-ALL - 5x měřená hodnota pro každou velikost tabulky - Vertikální osa čas 10^{-9} sekund a horizontální značí velikosti tabulek.

Normální rozložení Potřebovali jsme na základě těchto hodnot vytvořit funkce podle kterých, by jsme mohli určit přibližnou hodnotu různě velkých tabulek, pro které nemáme hodnoty naměřené. Na základě měření jsme rozhodli, že veškeré měřené hodnoty mají normálního rozložení (například tabulka o velikosti 100, nad kterou byl volán Select všech řádků (viz. obrázek číslo 2). U každého jednotlivého grafu znázorňující naměřené hodnoty (viz. obrázek1) bylo zapotřebí zvážit zda není vhodné ho rozdělit na více intervalů, kde by vytvořená funkce počítala přesněji. Z hodnot ze zvoleného intervalu jsme přes online nástroj pro vytváření polynomu viz. [21] vždy získali dány polynom většinou čtvrtého řádu, do kterého jsme potom dosadili původní velikosti tabulek. Původní graf hodnot a hodnoty z nových funkcí jsme si dali dohromady do grafu na porovnání. Na obrázku číslo 3 můžeme vidět jak žlutá barva znázorňuje body spočítané z nově vytvořených funkcí.



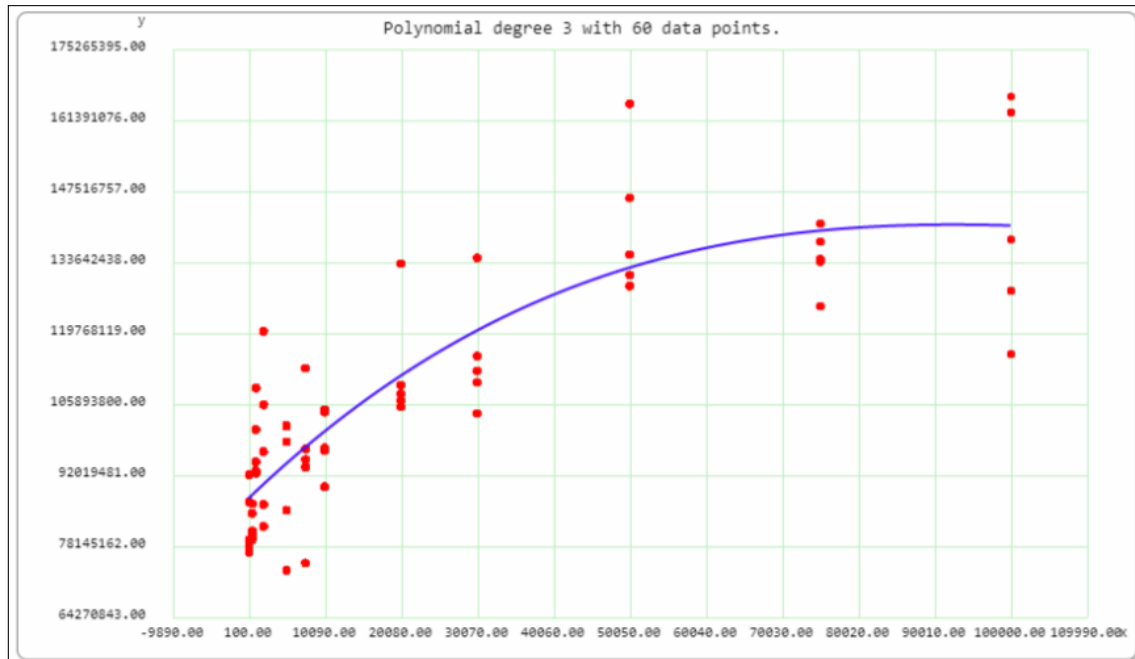
Obrázek 2: 100-TABLE-SELECT-ALL - rozložení při 342 měřeních - vertikální osa značí počet výskytů a horizontální značí 10^{-2} sekund zaokrouhleno na celá čísla



Obrázek 3: LIKEE-1-CREATE-ALL-FUNCTIONS - 5x měřená hodnota pro každou velikost tabulky - Vertikální osa čas 10^{-3} sekund a horizontální značí velikosti tabulek.

DX - odchylka Pro jednotlivé intervaly jsme si u každého bodu co jsme měli naměřenou hodnotu spočítali hodnotu funkce, porovnali s naměřenou hodnotou, a tím zjistili chybu v jednotlivých bodech. Tyto chyby stačilo zprůměrovat a získali jsme hodnotu odchylky.

EX - Střední hodnota Střední hodnotu jsme zjistili z funkcí aproximovaných z naměřených hodnot (obrázek číslo 4). Tato funkce nám potom vypočítávala pro danou velikost tabulky její střední hodnotu.

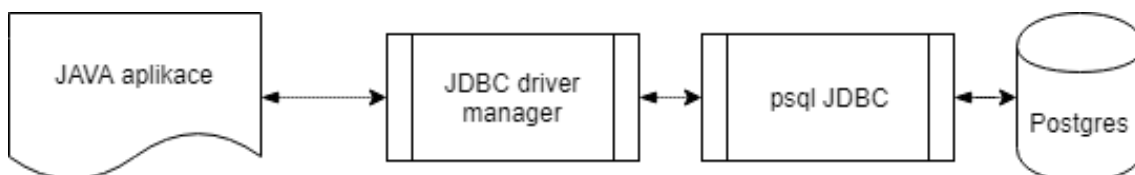


Obrázek 4: Příklad proložení naměřených hodnot krivkou zapoužití online nástroje *arachnoid* [22] při vytváření polynomů

3 Koncepce modelu

3.1 Komunikace JAVA a databáze

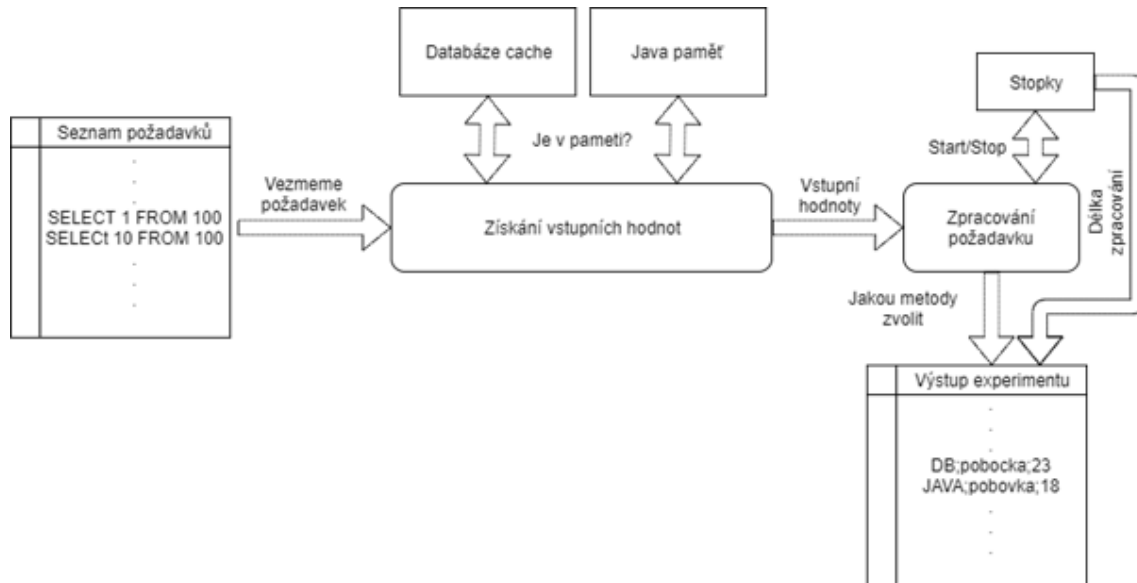
Na obrázcích č. 5 je znázorněna komunikace mezi JAVou a databázovým serverem za pomoci JDBC - API pro programovací jazyk Java, který definuje jednotné rozhraní pro přístup k relačním databázím [24]. Pro přístup ke konkrétnímu databázovému serveru je potřeba JDBC driver (ovladač), který poskytuje tvůrce databázového serveru. Pro naši PostgreSQL databázi dostupný na oficiálních stránkách [25].



Obrázek 5: Komunikace JAVA-DB

3.2 Simulace experimentu

Simulace experimentu je popsána na obrázku č. 6. Jednotlivé experimenty (viz. kapitola **Experimenty 5**) nám představují seznam požadavků (viz. kapitola **Experimenty vysvětlení požadavků 5**). Bereme postupně požadavky a získáváme informace o velikosti tabulky a přesnosti filtrování viz. **LIKEE 2.1.1**. Na základě těchto informací se zeptáme jestli je tato tabulka v cache databáze a jestli je v paměti JAVY. Tyto čtyři hodnoty pak pošleme do procesu na zpracování jednoho požadavku. Stopujeme si čas jak dlouho trvá pro JAVU a Databázi zpracování požadavku. Jednotlivé doby trvání zpracování požadavku dáváme do výstupního souboru pro daný experimentu.



Obrázek 6: Schéma JAVA-DB - zpracování všech požadavků

3.3 Architektura sim modelu

Simulační model byl napsán v jazyce C++[26] za pomoci simulační knihovny Simlib[4, 6]. Dále popsáno v kapitole **Simlib 4**.

3.4 Konceptuálního modelu na simulační

Simulační model je vytvořen na základě modelu přístupu do databázového serveru běžně používaném v reálném světě. V našem projektu jsme pracovali pouze s daty z virtuální verze, ve které jsme se snažili co nejpřesněji reálný systém imitovat.

3.4.1 Mapování konceptuálního modelu na simulační

Konceptuální model	Procedúra
Databáze	DB_* procedury (...)
Vytváření objektů	Proces_create_objects
Select radku z DB First	Proces_select_for_first_time
Select radku z DB N	Proces_select_N
Filtrace v Javě	Proces_filter_objects

3.5 Zpracování požadavku

Zpracování jednoho požadavku máme znázorněné na Petriho síti (viz. IMS - Modelování a simulace - strana 123. [5]) (**Petriho síť Obr. č. 7**). Toto zpracování nám pouze určuje jakou metodu filtrace dat (výběr mezi JAVA a Databází), bychom měli zvolit pro vstupní hodnoty.

Význam vstupních hodnot:

- Přesnost filtrace: jaký LIKEE je daný požadavek
- Velikost tabulky: počet řádků vstupní tabulky
- Tabulka je v ram. JAVA: říká nám jestli je tabulka nacacheovaná v paměti JAVy
- Tabulka je v ram. Databáze: určuje jestli je tabulka nacacheovaná v paměti databáze

3.6 Petriho síť

Naše petriho síť (Obr. č. 7) je pouhým zjednodušeným modelem simulace. Při tvorbě skutečné simulace jsme sice vycházeli z toho to návrhu, ale trošku se nám liší (viz. kapitola **Simlib 4**).

V obrázku Petriho sítě (Obr. č. 7) máme zakresleno, že nám vstupní hodnoty Přesnost filtrace a Velikost tabulky vstupují do přechodu s názvem Výběr z DB / Vytváření objektů / Filtrace v JAVě. Znamená to, že tyto vstupní hodnoty použijeme při zjišťování doby konání těchto přechodů.

Pokud máme hodnoty Tabulka je v pam. JAVě a Tabulka je v pam. databáze zadané, tak se nám vygenerují dva procesy.

Procesy Start/Stop stopky pro Javu a Databázi nám určují místo kdy se začne měřit čas potřebný pro zpracování požadavku, pro danou metodu.

Na začátku petriho sítě (Obr. č. 7) nám vznikne jeden proces v **Požadavek**. Ten se rozdělí na dva procesy, jeden bude představovat zpracování Javou a druhý zpracování databází. Na základě vstupních požadavků jsou vykonány pro JAVU a databázi rozdílné přechody. Na příklad pokud máme na vstupu dáno, že je tabulka v paměti databáze, tak se vykoná proces SELECT (N). Jakmile se proces pro JAVU a databázi dokončí, zastaví stopky a pokud skončil jako první, tak přejde do stavu Zvolit. Stav Zvolit máme dva, jeden pro každou metodu. Jde zvolit vždy jen jeden z těchto dvou stavů. Dozvíme se tak, kterou z těchto dvou metod máme zvolit. Jednotlivé přechody a jejich významy jsou vysvětleny v kapitole **Simlib 4**.

Filtrování Filtrování **JAVA** se skládá ze tří částí:

- SELECT (first) - případ, kdy databáze ještě nemá tabulku v paměti cache (nevyužívá přesnosti)
- SELECT (N) - databáze již má tabulku v paměti (nevyužívá přesnosti)
- SELECT (N) - databáze již má tabulku v paměti (využívá přesnosti)

Filtrování **Databáze** (SQL dotazy) je složena ze dvou částí:

- SELECT (first) (přesnost) - je stejná jako u filtrace v Javě, je s rozdílem, že využívá přesnosti
- SELECT (N) (přesnost) - také ještě navíc využívá přesnosti

4 Simlib

Program v simlibu [4, 6] zpracovává jednotlivé experimenty podle definice z **Příklady 5.2**. Na začátku programu se ze vstupních dat načtou vstupní parametry experimentu a průběh experimentu (seznam požadavků). Potom si nageneryjeme procesy (jeden proces představuje jeden požadavek od klienta) pro JAVU a Databázi, kdy jednotlivé procesy pomocí obslužné linky (každá možnost filtrování má jednu svou linku) o velikosti 1 čekají než se zpracuje předešlý proces. Docílíme tak postupného zpracování požadavků. Podle definice vstupních parametrů vkládáme do výstupního souboru časy zpracování jednotlivých požadavků a konečný celkový čas.

5 Experimenty

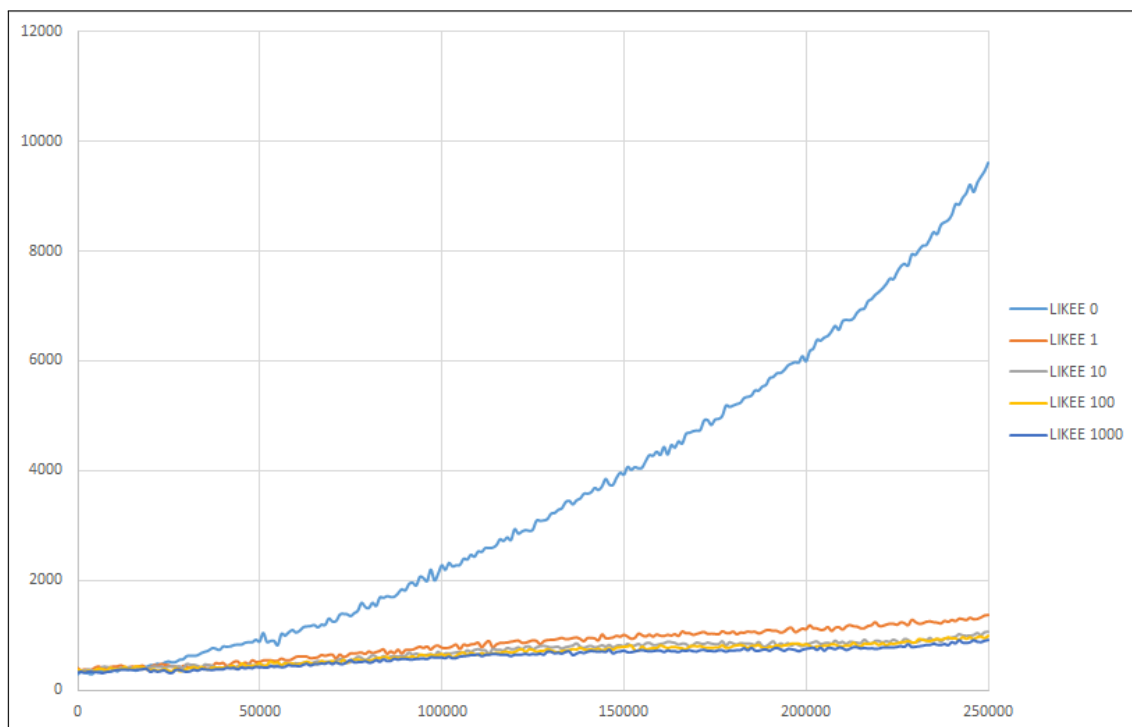
5.1 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Vytvořili jsme několik experimentů. Chceme na nich ukázat, při jakých parametrech se vyplatí filtrovat data v databázi a kdy se nám vyplatí si načíst celou tabulku a data si pak filtrovat v javě.

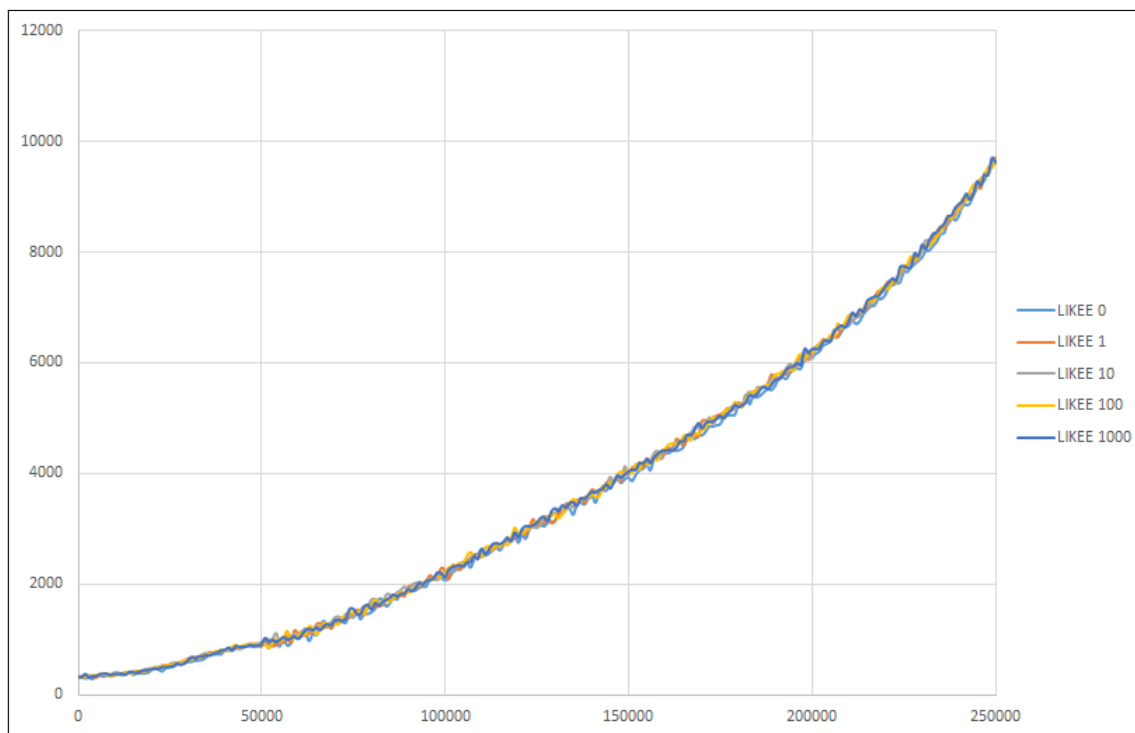
5.2 Příklady

5.2.1 SELECT FIRST MEMORY

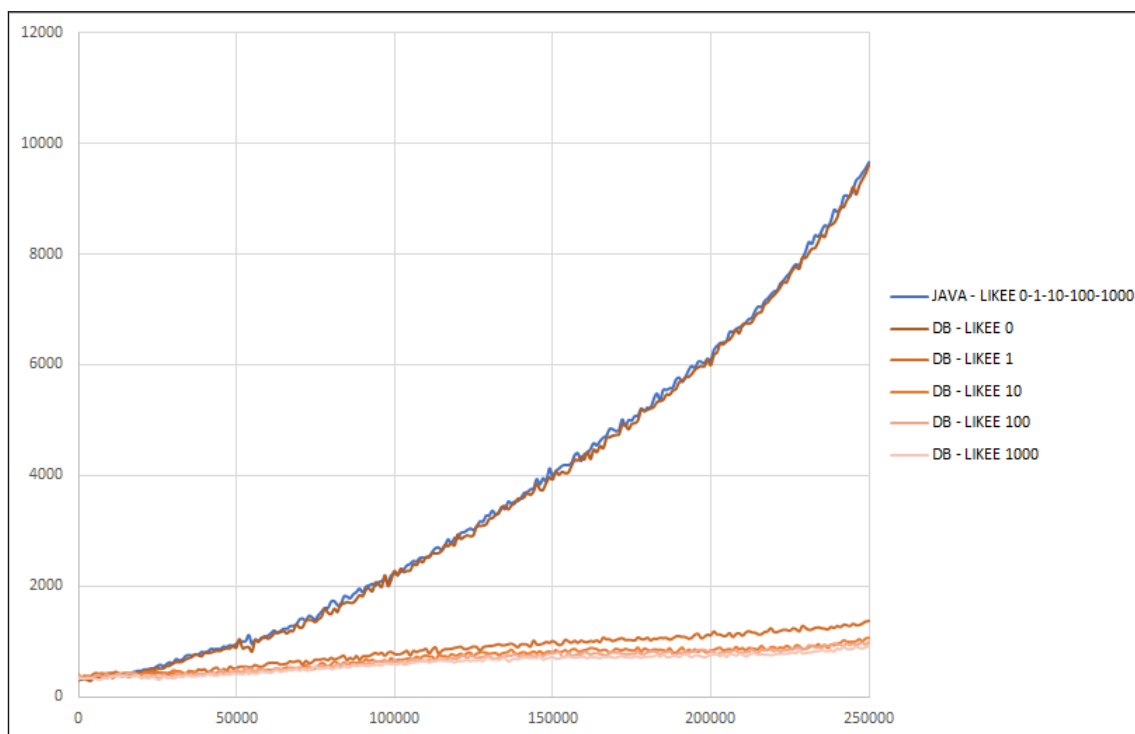
Na obrázcích 8, 9, 10 jsou znázorněny průběhy dob vyhledávání v JAVA oproti Databázi. Jedná se o experiment s nenacachovanými hodnotami (FIRST). Na obrázcích můžeme vidět jak se jednotlivé selecty chovají. JAVA jelikož není nacachovaná bude pro filtraci s jakoukoliv přesností mít velice podobný průběh. Databáze ovšem jasně znázorňuje, že čas za který, při přesnějším vyhledávání, proběhne je mnohem menší.



Obrázek 8: FIRST - DB - LIKEE 0-1-10-100-1000 - Vertikální osa čas 10^{-3} sekund a horizontální značí velikosti tabulek.



Obrázek 9: FIRST - JAVA - LIKEE 0-1-10-100-1000 - Vertikální osa čas 10^{-3} sekund a horizontální značí velikosti tabulek.



Obrázek 10: FIRST - DB AND JAVA - LIKEE 0-1-10-100-1000 TABLE 0-40000 - Vertikální osa čas 10^{-3} sekund a horizontální značí velikosti tabulek.

5.2.2 Příklad ze života

Tento experiment jsme vytvářeli jako příklad z nějakého většího systému. Předpokládáme, že máme nějakou firmu, která má spousty zaměstnanců a my potřebujeme vyhledat informace o jednom zaměstnanci. Víme, kde pracuje a jakou má pozici.

Na začátku si zobrazíme všechny pobočky. Potom si pomoci filtrace najdeme určitou pobočku, zobrazíme si informace o pobočce. Vybereme si jednoho zaměstnance. Zobrazíme si opět všechny pobočky. V kódu experimentu to pak bude vypadat následovně:

Vypsání všech poboček:

- 39000, 0, //LIKEE(0) = SELECT všech řádků tabulky

Vybrání jedné pobočky:

- 39000, 1000,

Zobrazení informací o pobočce

- 100, 100, // dohledání názvu prodejny
- 500, 10, // dohledání zaměstnance na prodejne
- 451, 10, // dohledání dalších informací
- 452, 10, // dohledání dalších informací
- 453, 10, // dohledání dalších informací

Vypsání opět všech poboček:

- 39000, 0, //LIKEE(0) = SELECT všech řádků tabulky

5.2.3 Další:

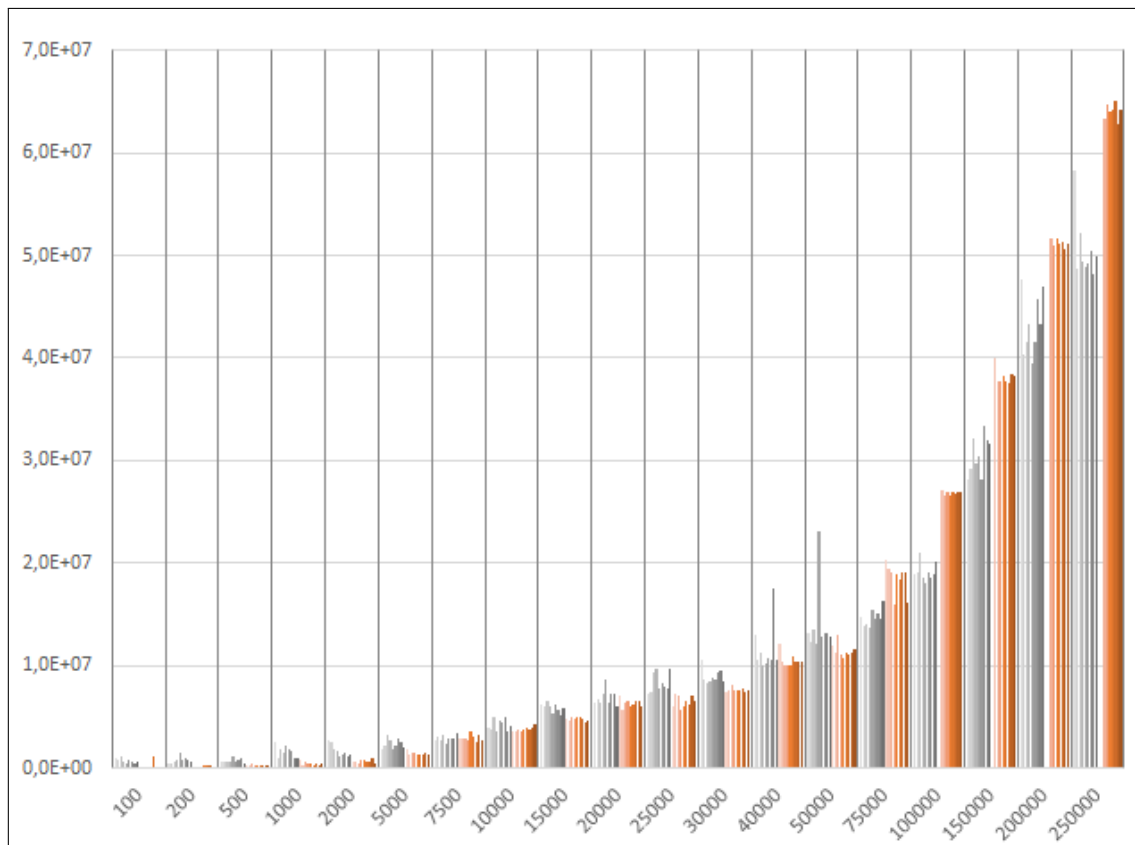
- Obecný - Máme velkou tabulku a z ní si pak filtrujeme
- Pouze jedna opravdu velkou
- filtrace velké tabulky - ale z nich jen malá data
- Smíšený
- Zátěžový - spoustu velký tabulek
- Spoustu nejpřesnějších informací

5.3 Výsledky/Grafy

Vzhledem k tomu, že jsme zjistili chybu ve sběru dat, musíme s lítostí přeskočit prezentaci výsledků a grafů, jelikož by vyvozovali závěry neodpovídající reálnému systému.

6 Závěr

Na základě výsledků z předběžných měření jsme očekávali, že filtrování pomocí databáze se má vyplatit u tabulek větších než 70 000 řádků. Tuto hodnotu jsme odhadovali na základě **Obr. č. 11**, kterou jsme naměřili při prvotním měření dat v systému s jinými parametry. Považujeme ji za správnou, jelikož logicky Databázové SQL SELECTY musí filtrovat být při větším počtu řádků v tabulce mnohem efektivněji, protože nemusí se přenášet veškerá data jako JAVA.



Obrázek 11: JAVA - oranžová, DB - šedá — Vertikální osa čas 10^{-6} sekund a horizontální značí velikosti tabulek.

Po provedení našich simulací, se nám toto tvrzení nepodařilo prokázat. Následně jsme zjistili, že je to zapříčiněno chybou v měření. Chybu jsme zpětně našli ve špatném postupu měření dob. Chyba byla způsobena rychlostí disku. Virtuální počítače, na kterých probíhal sběr dat, se navzájem přetahovali o přístup do disku.

Předpokládáme, to že kdybychom našemu simulačnímu programu dali přesnější vstupní data, tak by jsme dosáhli výsledků odpovídajícím hodnotám reálného systému.

Literatura

- [1] IMS - Modelování a simulace: [online]. [vid. 2017-12-06].
URL <<http://www.fit.vutbr.cz/study/course-1.php.cs?id=12167>>
- [2] Fakulta informačních technologií Vysokého učení technického v Brně: [online]. [vid. 2017-12-06].
URL <<http://www.fit.vutbr.cz/>>
- [3] Zadání č.6: [online]. [vid. 2017-12-06].
URL <<http://perchta.fit.vutbr.cz:8000/vyuka-ims/42>>
- [4] Simlib: [online]. [vid. 2017-12-06].
URL <<http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>>
- [5] Modelovani a simulace - Petr Peringer - peringer AT fit.vutbr.cz, Martin Hruby - hrubym AT fit.vutbr.cz: [online]. [vid. 2017-12-06].
URL <<http://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>>
- [6] Simlib-3.04-20171004.tar.gz: [online]. [vid. 2017-12-06].
URL <<http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/source/>>
- [7] PostgreSQL: [online]. [vid. 2017-12-06].
URL <<https://www.postgresql.org/?&>>
- [8] Java: [online]. [vid. 2017-12-06].
URL <<https://java.com/en/download/>>
- [9] JDK-1.8.0_151: [online]. [vid. 2017-12-06].
URL <<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/8u151-relnotes-3850493.html>>
- [10] Ubuntu 16.04.3 LTS: [online]. [vid. 2017-12-06].
URL <<http://fridge.ubuntu.com/2017/08/05/ubuntu-16-04-3-lts-released/>>
- [11] GNU Bash: [online]. [vid. 2017-12-06].
URL <<https://www.gnu.org/software/bash/>>
- [12] OpenSSH: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <<https://man.openbsd.org/ssh.1>>
- [13] Ubuntu system requirements: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <<https://help.ubuntu.com/community/Installation/SystemRequirements>>
- [14] PostgreSQL system requirements: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <https://www.commandprompt.com/blog/postgresql_minimum_requirements/>
- [15] The PostgreSQL Licence: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <<https://opensource.org/licenses/postgresql>>
- [16] Oracle Database Server: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <<https://www.oracle.com/database/index.html>>
- [17] Csv generator: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <<http://www.convertcsv.com/generate-test-data.htm>>
- [18] PG Admin 3 v. 1.22.2: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <<https://www.postgresql.org/ftp/pgadmin/pgadmin3/v1.22.2/win32/>>

- [19] JAVA funkce Startswith(): [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <https://www.tutorialspoint.com/java/java_string_startswith.htm>
- [20] SQL dotaz LIKE: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <https://www.w3schools.com/sql/sql_like.asp>
- [21] Online Polynomial Regression - Xuru: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <<http://www.xuru.org/rt/PR.asp#CopyPaste>>
- [22] Online Polynomial Regression - Arachnoid: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <<https://arachnoid.com/polysolve/>>
- [23] Microsoft Excel: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <<https://support.office.com/cs-cz/excel>>
- [24] Java Database Connectivity: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <https://cs.wikipedia.org/wiki/Java_Database_Connectivity>
- [25] PostgreSQL JDBC: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <<https://jdbc.postgresql.org/>>
- [26] C++: [online]. [vid. 2018-01-05].
URL <<https://cs.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>>