

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

KOMPILÁTOR DATALOGU S FUNKČNÝMI
SYMBOLMI DO RELAČNEJ ALGEBRY
BAKALÁRSKA PRÁCA

2026
MATÚŠ DUCHYŇA

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

KOMPILÁTOR DATALOGU S FUNKČNÝMI
SYMBOLMI DO RELAČNEJ ALGEBRY

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: Informatika
Študijný odbor: Informatika
Školiace pracovisko: Katedra informatiky
Školiteľ: doc. Mgr. Tomáš Plachetka, Dr.

Bratislava, 2026
Matúš Duchyňa



92123197

Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Matúš Duchyňa

Študijný program: informatika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)

Študijný odbor: informatika

Typ záverečnej práce: bakalárska

Jazyk záverečnej práce: slovenský

Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Kompilátor Datalogu s funkčnými symbolmi do relačnej algebry
Compiler of Datalog with function symbols to relational algebra

Anotácia: Definovať rozšírenie Datalogu o funkčné symboly. Skonštruovať vhodnú formálnu gramatiku v syntaxi ANTLR. Implementovať kompilátor do relačnej algebry. Integrovať s kompilátorom relačnej algebry. Overiť funkčnosť na vhodných vstupoch.

Vedúci: doc. Mgr. Tomáš Plachetka, Dr.

Katedra: FMFI.KI - Katedra informatiky

Vedúci katedry: prof. RNDr. Martin Škoviera, PhD.

Spôsob sprístupnenia elektronickej verzie práce:

archív

Dátum zadania: 21.10.2025

Dátum schválenia: 27.10.2025

doc. RNDr. Dana Pardubská, CSc.
garant študijného programu

.....
študent

.....
vedúci práce

Čestné vyhlásenie: Čestne vyhlasujem, že celú bakalársku prácu na tému „Kompilátor Datalogu s funkčnými symbolmi do relačnej algebry“, vrátane všetkých jej príloh a obrázkov, som vypracoval/vypracovala samostatne, a to s použitím literatúry uvedenej v priloženom zozname.

Poděkovanie: TODO

Abstrakt

Slovenský abstrakt v rozsahu 100-500 slov, jeden odstavec. Abstrakt stručne sumarizuje výsledky práce. Mal by byť pochopiteľný pre bežného informatika. Nemal by teda využívať skratky, termíny alebo označenie zavedené v práci, okrem tých, ktoré sú všeobecne známe.

Kľúčové slová: datalog, relačná algebra, kompilátor, databázový systém

Abstract

Abstract in the English language (translation of the abstract in the Slovak language).

Keywords:

Obsah

Úvod	1
1 Datalog	3
1.1 Datalog ako jazyk logiky	3
1.2 Rozšírenie datalogu o funkčné symboly	3
1.3 Syntax rozšíreného datalogu	3
2 Relačná algebra	5
2.1 Definície	5
2.2 Rozšírenie algebry o funkčné symboly	5
3 Kompilátor	7
3.1 ANTLR	7
3.2 Gramatika datalogu pre ANTLR	7
3.3 Algoritmus prekladu	7
Záver	7
Literatúra	11

Zoznam obrázkov

Zoznam tabuliek

Úvod

Táto bakalárská práca je jednou zo série prác pod vedením docenta Plachetku, ktoré sa zaoberajú experimentálnym databázovým systémom.

Klasické moderné databázové systémy poskytujú používateľom na vytváranie dotazov zväčša deklaratívne jazyky, ako napríklad SQL. Výhodou deklaratívneho jazyka, akým je SQL, je to, že používateľ sa nemusí zaoberať samotným algoritmom materializácie dotazu. Súčasťou klasických databázových modelov je tzv. *optimalizér*. Tento komponent za pomocí rôznych metadát o tabuľkách a samotného SQL dotazu vytvorí *vykonávací plán*, ktorý konkrétnie popisuje postup databázového systému pri materializácii dotazu. Aj napriek snahe vývojárov jednotlivých systémov však optimalizér nie vždy vytvorí *optimálny* vykonávací plán. Prinútiť databázový systém používať konkrétny vykonávací plán nie je väčšinou jednoduché. Preto existujú experti, ktorí sa zaoberajú výlučne touto problematikou. Klasické postupy optimalizácie zahŕňajú používanie *hintov*, prepisovanie dotazu na iný ekvivalentný dotaz alebo explicitné nariadenie použitia konkrétneho plánu. Vykonávacie plány však väčšinou používajú veľké množstvo komplikovaných operácií s množstvom parametrov a bez kvalitnej dokumentácie. Kvôli tomu je písanie konkrétneho plánu neprekwické a neefektívne.

Náš databázový systém¹ používa ako dotazovací jazyk relačnú algebru. Konkrétnie ide o relačnú algebru s piatimi operátormi a podporou funkčných symbolov. Viac o nej je uvedené v kapitole 2. Relačná algebra nám priamo umožňuje špecifikovať algoritmus materializácie dotazu. Pri jej návrhu sme sa zamerali na jednoduchosť, čo sa však odrazilo na veľkosti dotazov. *Loader*² z relačnej algebry do programovacieho jazyka Java a implementáciu jednotlivých funkcií v jazyku Java vytvorili kolegovia Biriukova [1] a Magát [2].

Cieľom mojej bakalárskej práce je pridať datalog s funkčnými symbolmi ako ďalší dotazovací jazyk do nášho systému. Konkrétnie ide o vytvorenie kompilátora z datalogu do relačnej algebry tak, aby bol použiteľný aj samostatne, bez väzby na konkrétny databázový systém.

Datalog je deklaratívny logický jazyk, ktorý umožňuje efektívne špecifikovať dotazy

¹Pod *naším* databázovým systémom myslím experimentálny systém, na ktorom pracuje alebo pracovali môj školiteľ a kolegovia pod jeho vedením

²Kompilátor

vrátane rekurzívnych. Na rozdiel od relačnej algebry alebo SQL sú dotazy v datalogu často stručné, čitateľné a intuitívne.

Práca je rozdelená na tri časti. V kapitole 1 bližšie popisujeme datalog ako jazyk logiky a definujeme jeho rozšírenie o funkčné symboly. Pri snahe osamostatniť náš kompi-látor od nášho databázového systému sme identifikovali požiadavky na relačnú algebru. Tieto zmeny zároveň viedli k ďalším požiadavkám, pretože bolo potrebné upraviť loader. Taktiež chceme umožniť relatívne jednoduché pridávanie vlastných vstavaných funkcií v budúcnosti, čo generuje ďalšie požiadavky. Všetky zmeny³ a ich odôvodnenia sú popísané v kapitole 2. V záverečnej kapitole 3 popisujeme samotný kompilátor, jeho jednotlivé časti vrátane gramatiky nášho datalogu a algoritmu prekladu.

³Oproti relačnej algebре definovanej v [1]

Kapitola 1

Datalog

1.1 Datalog ako jazyk logiky

Ako prvé definujeme datalog ako jazyk logiky a popíšeme *well-founded model* [3].

1.2 Rozšírenie datalogu o funkčné symboly

V tejto kapitole rozšírime datalog z predchádzajúcej časti o funkčné symboly.

1.3 Syntax rozšíreného datalogu

Datalog používa skrátený zápis skorej popísaných logických výrazov. V tejto časti si ich priblížime.

Kapitola 2

Relačná algebra

2.1 Definície

Ako bolo spomenuté v úvode, v tejto časti predefinujeme relačnú algebru z [1] aby splňala nové požiadavky.

2.2 Rozšírenie algebry o funkčné symboly

Kedže sme rozšírili datalog o funkčné symboly, musíme rozšíriť o funkčné symboly aj relačnú algebru.

Kapitola 3

Kompilátor

3.1 ANTLR

Náš kompilátor používa generátor *parserov* **ANother Tool for Language Recognition**. V tejto časti si priblížime ako *ANTLR* funguje a čo motivovalo zmeny v relačnej algebre.

3.2 Gramatika datalogu pre ANTLR

Program ANTLR potrebuje na vygenerovanie parseru gramatiku parsovaného jazyka.

3.3 Algoritmus prekladu

Po vygenerovaní stromu odvodenia prichádza na rad preklad do relačnej algebry.

Záver

Literatúra

- [1] Diana Biriukova. Compiler of relational algebra expressions, 2025.
- [2] Tomáš Magát. Todo, 2026.
- [3] Allen Van Gelder, Kenneth A. Ross, and John S. Schlipf. The well-founded semantics for general logic programs. *Journal of the ACM*, 38(3):620–650, July 1991.