انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها جهت استخراج داده‌ها در حالت دیتالوگ در سامانهٔ پایگاه دادهٔ استنتاجی DES

مهدی رنجبرحسنی محمودآبادی[۱] و احمد فراهی*[۲]

[۱] گروه مهندسی کامپیوتر، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

[۲] گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

سامانه‌های پایگاه داده استنتاجی بر اساس یک مدل داده منطقی طراحی می‌شوند. داده‌ها در یک سامانه پایگاه داده استنتاجی (برخلاف سامانهٔ پایگاه داده‌های رابطه‌ای که داده‌ها به‌صورت جداول ذخیره می‌شوند) به‌صورت حقایق ذخیره می‌شوند. سامانهٔ آموزشی دیتالوگ (DES) یک سامانهٔ پایگاه داده استنتاجی است که حالت دیتالوگ، حالت پیش‌فرض آن است. در حالت دیتالوگ برای استفاده از فراپیوندها با سه زبان پرس‌وجو (دیتالوگ، SQL و RA) داده‌ها را می‌توان استخراج کرد. در پژوهش‌های قبلی انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها جهت استخراج داده‌ها در حالت دیتالوگ در سامانهٔ DES بررسی نشده است. در این پژوهش با درنظرگرفتن دو مشخصهٔ (هزینه نوشتن پرس‌وجو و حافظه مصرفی پرس‌وجو) انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها جهت استخراج داده‌ها در حالت دیتالوگ در DES بررسی می‌شود. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که برای همه پرس‌وجوها استفاده از یک‌زبان می‌تواند مناسب نباشد و لذا برای پرس‌وجوهای مختلف مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها باید انتخاب شود. در پژوهش جاری، مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو زبانی است که کاربر نسبت به دو زبان دیگر جهت پیاده‌سازی پرس‌وجو به کلید کمتری از صفحه‌کلید نیاز داشته باشد. کاهش تعداد کلیدهایی که توسط کاربر فشار داده می‌شود، موجب کاهش زمان در پیاده‌سازی پرس‌وجو توسط کاربر و در نتیجه منجر به افزایش سرعت دسترسی کاربر به داده‌ها خواهد شد.

واژگان کلیدی: پایگاه داده استنتاجی، DES، حالت دیتالوگ، فراپیوندها، استخراج داده‌ها.

Choosing the most appropriate query language to use Outer Joins for data extraction in Datalog mode in the Deductive Database System DES

Mahdi Ranjbar Hassani Mahmood Abadi[1*] & Ahmad Faraahi[2]

[1]Department of Computer Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran.

[2]Assistant Professor, Department of Computer Engineering and Information Technology, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Abstract

Deductive Database systems are designed based on a logical data model. Data (as opposed to Relational Databases Management System (RDBMS) in which data stored in tables) are saved as facts in a Deductive

* نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات

* Corresponding author

Database system. Datalog Educational System (DES) is a Deductive Database system that Datalog mode is the default mode in this system. It can extract data to use outer joins with three query languages (Datalog, SQL and RA) in default mode. In 2004, system DES was designed and implemented by Fernando S´aenz-P´erez from Department of Artificial Intelligence and Software Engineering, Complutense University, Madrid, Spain. In a paper, this researcher introduced outer joins of system DES in 2012. The most important objective of present research is to complement and extend the paper authored by mentioned researcher. Therefore, in prior research, choosing the most appropriate query language has not been investigated to use outer joins for data extraction in Datalog mode in DES system. In this study, by considering two parameters (cost of writing a query and memory usage of a query) choosing the most appropriate query language has been investigated to use outer joins for data extraction in Datalog mode in Deductive system DES. Cost of writing a query parameter is considered in this study to decrease the query typing time, but other parameters are related to the query processing are not considered. If the processing time of the three query languages is assumed identical, after entering the query in the system DES, the idea of the present study (reduction of the typing time) can lead to the reduction of the response time. Also, there are two hypotheses in this study as follows: 1) it is assumed that the user is fluent in all three query languages and wants to access the given data quickly through the most appropriate query language. 2) In the present study, the simplicity or difficulty of a query language is not considered. The results of the research show that one language cannot be appropriate for all queries; therefore, for every different query the most appropriate query language must be chose to use outer joints. In the current research, the most appropriate query language is the one in which, in comparison with other two query languages, the user will need to use less buttons of the keyboard to press in order to fulfill the query. The decrease in the number of buttons pressed by the user will decrease the time consumed to fulfill the query and, therefore, it will lead to a faster access to data.

Keywords: **Deductive Database, DES, Datalog mode, Outer Joins, Data extraction.**

۱- مقدمه

سامانه‌های پایگاه داده استنتاجی سامانه‌های مدیریت پایگاه داده‌ای هستند که زبان پرس‌وجو و ساختار ذخیره‌سازی آن‌ها در ارتباط با یک مدل داده منطقی طراحی می‌شوند. به‌آسانی سامانه‌های پایگاه داده استنتاجی را به‌عنوان یک شکل پیشرفته‌ای از سامانه‌های رابطه‌ای می‌توان در نظر گرفت [1].

وجه اشتراک پایگاه داده‌های رابطه‌ای، منطق و هوش مصنوعی تشکیل‌دهنده پایگاه داده‌های استنتاجی[1] است [2]. یک پایگاه داده استنتاجی به‌عنوان یک سامانهٔ پایگاه داده خبره، سامانهٔ پایگاه دانش یا پایگاه داده مبتنی بر منطق نامیده می‌شود که یک تئوری از مرتبه نخست است. این سامانه از چهار جزء تشکیل شده است: حقایق، قوانین، قیدهای جامعیت[2] و پرس‌وجوها. قوانین پایگاه داده استنتاجی، پایگاه داده مفهومی[3] (IDB) و حقایق، پایگاه داده الحاقی[4] (EDB) نامیده می‌شوند [3]. در طی زمان چندین سامانهٔ پایگاه داده استنتاجی در نتیجهٔ پژوهش‌ها و بررسی‌های دانشگاهی بروز پیدا کرده‌اند از این‌ها به مواردی مثل DLV[4]، XSB[5]، bddbddb[6]، LDL++[7]، DES[8]، ConceptBase[8] و QL[9] می‌توان اشاره کرد [10]. یکی از به‌روزترین سامانهٔ پایگاه داده استنتاجی، DES است. سامانهٔ DES دارای چهار حالت دیتالوگ، SQL، RA و پرولوگ است. حالت دیتالوگ پیش‌فرض است و تنها حالتی است که از پرس‌وجوهای سه زبان (دیتالوگ، SQL و RA) پشتیبانی می‌کند. سایر حالت‌ها از یک زبان پشتیبانی می‌کنند. هدف از ارائه این پژوهش انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها[6] جهت استخراج داده‌ها در حالت دیتالوگ در سامانهٔ پایگاه داده استنتاجی DES است. در پژوهش‌های [2,10] فراپیوندهای زبان پرس‌وجو دیتالوگ در DES بررسی شده‌اند؛ ولی فراپیوندهای زبان‌های پرس‌وجو SQL و RA[7] در حالت دیتالوگ در سامانهٔ DES بررسی نشده‌اند و همچنین در این پژوهش‌ها بیان نشده در حالت دیتالوگ برای استفاده از فراپیوندها از سه زبان پرس‌وجو می‌توان استفاده کرد و همچنین با توجه به اینکه در [11] گفته‌شده محاسبات موتور

[1] Deductive Databases

[2] Integrity Constraints

[3] Intensional Database

[4] Extensional Database

[5] Datalog Educational System

[6] Outer Joins

[7] Relational Algebra

استنتاجی و پایگاه داده‌های خارجی را می‌توان ترکیب کرد؛ اما گفته نشده انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها در موقع ترکیب محاسبات موتور استنتاجی و پایگاه داده‌های خارجی به چه صورت است. در پژوهش جاری بیان خواهد شد که در حالت دیتالوگ برای استفاده از فراپیوندها از سه زبان پرس‌وجو می‌توان استفاده کرد و همچنین هدف اصلی این پژوهش انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده ازفراپیوندها جهت استخراج داده‌ها در حالت دیتالوگ در سامانهٔ DES است. انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها در این پژوهش بدین‌صورت است که در ابتدا روال نوشتن فراپیوندهای هر یک از سه زبان پرس‌وجو (دیتالوگ، SQL و RA) با ماشین‌های حالت متناهی مشخص می‌شوند. کاربر باید هزینه نوشتن پرس‌وجوی موردنظر خود را با استفاده از پیمایش یال‌های ماشین‌های حالت متناهی محاسبه کند. دلیل استفاده از ماشین‌های حالت متناهی در این پژوهش تسهیل در محاسبه هزینه نوشتن پرس‌وجو برای انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو است. در این پژوهش پارامتر هزینه نوشتن پرس‌وجو برای کاهش زمان تایپ‌کردن پرس‌وجو در نظر گرفته‌شده‌است. سایر مشخصه‌هایی‌که مربوط به پردازش پرس‌وجو هستند در این پژوهش مدنظر نیستند. با فرض یکسان‌بودن زمان پردازش سه زبان پرس‌وجو در سامانهٔ DES کاهش هزینه نوشتن پرس‌وجو می‌تواند منجر به کاهش زمان پاسخ شود. سازمان‌دهی این مقاله به‌صورت زیر است:

در بخش ۲ DES، حالت‌ها و زبان‌های پرس‌وجوی این سامانه بیان می‌شوند. در بخش ۳ فراپیوندها و انواع آن‌ها برای سه زبان پرس‌وجو (دیتالوگ، SQL و RA) معرفی می‌شوند. در بخش ۴ انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها جهت استخراج داده‌ها در حالت دیتالوگ در سامانهٔ DES بررسی می‌شود. در بخش ۵ نتایج پژوهش که شامل ارزیابی و بحث در مورد یافته‌ها است، بیان و درنهایت در بخش ۶ نتیجه‌گیری و کارهای آینده بیان می‌شود.

۲- DES، حالت‌ها و زبان‌های پرس‌وجو

در این بخش سامانهٔ DES، حالت‌ها و زبان‌های پرس‌وجوی آن شرح داده می‌شوند.

۲-۱- DES

DES نوعی پیاده‌سازی مبتنی بر پرولوگ، قابل‌انتقال، چند پلت فرمی، تعاملی، منبع آزاد و یک سامانهٔ پایگاه داده استنتاجی است. ارزیابی آن کامل و مداوم با جدول‌بندی، منفی‌سازی طبقه‌بندی‌شده آن‌گونه که در [12] با کنترل ایمنی [12,13] تشریح شده، ارتباطات ODBC[1] دارد. این یک سامانهٔ فعال است و دانلودهای زیادی از آن رخ می‌دهد و هم برای آموزش و هم برای پژوهش در سراسر دنیا استفاده می‌شود. تعامل با DES هم از طریق لایهٔ فرمان و هم از طریق نرم‌افزارهای GUI مثل IDE ACIDE مبتنی بر جاوا و نرم‌افزارهای دیگر امکان‌پذیر است. وقتی‌که دیتالوگ به‌وسیلهٔ DES پشتیبانی می‌شود، اغلب از استاندارد [14] پرولوگ تبعیت می‌کند؛ درحالی‌که SQL از استاندارد [15] تبعیت می‌کند و RA از [16] استفاده می‌کند [17]. DES 4.1[18] پیاده‌سازی کنونی آن است که از زبان‌های پرس‌وجوی دیتالوگ، SQL و RA استفاده می‌کند.

۲-۲- حالت‌ها

سامانهٔ DES، چهار حالت دارد که استفاده از مفسر پرس‌وجوی خاص برای دیتالوگ، SQL، RA و پرولوگ را امکان‌پذیر می‌سازد. نخستین حالت، حالت پیش‌فرض است. هر حالت به‌ترتیب از طریق فرمان‌های datalog/، sql/، ra/ و prolog/ می‌تواند شروع شود. توجه کنید که فرمان‌ها همیشه با یک اسلاش (/) شروع و به پردازش‌گر فرمان فرستاده می‌شوند. اگر در حالت دیتالوگ باشید، به‌طور مستقیم هر دو پرس‌وجوی SQL و RA را می‌توانید عرضه کنید؛ اما یک پرس‌وجوی پرولوگ فقط از حالت پرولوگ یا بافرمان prolog/ می‌تواند ارائه شود [19].

۲-۲-۱- حالت دیتالوگ

در این حالت، یک پرس‌وجو به پردازش‌گر دیتالوگ فرستاده می‌شود. اگر این فرمان مطابق با قواعد ساختاری دیتالوگ نباشد، ابتدا به پردازش‌گر SQL فرستاده و سپس به پردازش‌گر RA فرستاده می‌شود. حالت دیتالوگ پیش‌فرض است و از طریق فرمان datalog/ فعال می‌شود [19].

۲-۲-۲- حالت SQL

در این حالت، پرس‌وجوها به پردازش‌گر SQL فرستاده می‌شوند. حالت SQL از طریق فرمان sql/ فعال می‌شود.

[1] Outer Database Connection

پرس‌وجوهای دیتالوگ و RA را با این حالت نمی‌توان کنترل کرد [19].

۳-۲-۲- حالت RA

در این حالت، پرس‌وجوها به پردازش‌گر RA(جبر رابطه‌ای) فرستاده می‌شوند. حالت RA از طریق فرمان ra/ فعال می‌شود. پرس‌وجوهای دیتالوگ و SQL را به‌وسیلهٔ این حالت نمی‌توان کنترل کرد [19].

۴-۲-۲- حالت پرولوگ

این حالت از طریق فرمان prolog/ و اهدافی که به پردازش‌گر پرولوگ فرستاده می‌شوند، فعال می‌شود. این تنها حالت زبانی است که در آن ورودی‌های پرولوگ را می‌توان پردازش کرد [19].

۳-۲- زبان‌های پرس‌وجو

DES از یک مفسر دیتالوگ بسیار ساده استفاده می‌کند و تکیه بر یک موتور پایگاه داده استنتاجی دارد که آن را از زبان‌های دیتالوگ، SQL یا RA می‌توان پرس‌وجو کرد. علاوه‌براین، یک رابط پرولوگ نیز برای DES فراهم می‌شود تا تفاوت‌های بین سامانه‌های دیتالوگ و پرولوگ مشخص شود. سامانهٔ DES ویژگی‌های زیادی دارد که آن را به‌عنوان یک ابزار آموزشی، کاربردی می‌سازد [19].

۱-۳-۲- دیتالوگ

ازآنجاکه منشأ دیتالوگ زبان پرولوگ است، برای نوشتن برنامه‌های دیتالوگ در DES به‌طورتقریبی از همهٔ اصول ساختاری پرولوگ استفاده شده است [19].

۲-۳-۲- SQL

ساختار تشخیص داده‌شده به‌وسیلهٔ مفسر، بر اساس استاندارد SQL است. زبان SQL به‌وسیلهٔ DES پشتیبانی می‌شود که شامل ویژگی‌هایی است که در این استاندارد نیستند [19].

۳-۳-۲- RA

برای ساختار متنی RA در DES از [20] استفاده شده‌است که در آن شناسه‌های توابع بین پرانتزها قرار می‌گیرند (مثل رابطه‌ها) و زیرنویس‌ها و بالانویس‌ها بین فاصله‌ها محدود می‌شوند. شناسه‌ها در عمل‌گرهای میان‌وند بین دو فاصله قرار نمی‌گیرند. هم‌چنین پرانتزها را برای بهبود و خواندن می‌توان استفاده کرد [19].

۴-۳-۲- پرولوگ

ساختار دستوری برنامه‌ها و اهداف پرولوگ همانند ساختار دیتالوگ و شامل همهٔ عمل‌گرها و علاوه‌بر آن توابع مرکب است [19]. بنابراین استخراج داده‌ها در حالت دیتالوگ در DES با استفاده از دستور select زبان SQL یا با پرس‌وجوی دیتالوگ یا با یک پرس‌وجوی RA انجام می‌شود.

۳- فراپیوندها

فراپیوندها عملیات جبری رابطه‌ای توسعه‌یافته‌ای هستند که برای سروکار داشتن با اطلاعات مجهول هیچ مقدارها استفاده می‌شوند. سه عملگر فراپیوند وجود دارد: فراپیوند چپ، راست و کامل [10]. در ادامه، تعریف فراپیوندها و انواع آن‌ها بر اساس سه زبان پرس‌وجوی (دیتالوگ، SQL و RA) بیان می‌شوند.

۱-۳- فراپیوندهای زبان پرس‌وجو دیتالوگ

در یک فراپیوند ردیف‌ها در یکی از دو رابطهٔ نخست که معادلی در رابطهٔ دیگر ندارند در نتیجه لحاظ می‌شوند. اگر این امر برای رابطهٔ A در حاصل‌ضرب A*B صدق کند A فراپیوند چپ خواهد بود. اگر برای B صدق کند B فراپیوند راست خواهد بود. اگر برای هر دو صدق کند، فراپیوند کامل را داریم. در DES فراپیوند چپ، فراپیوند راست و فراپیوند کامل زبان پرس‌وجوی دیتالوگ به‌ترتیب مربوط به ساختار *lj*(A,B,C)، *rj*(A,B,C) و *fj*(A,B,C) است که دو رابطهٔ A، B و شرط C را شامل می‌شود [10].

۲-۳- فراپیوندهای زبان پرس‌وجو SQL و زبان پرس‌وجو RA

در فراپیوندها سطرهایی از جدول اصلی که سطر متناظرشان در جدول دیگر وجود ندارد، در خروجی می‌آیند.

فراپیوند چپ: تمام سطرهای جدول اولی (جدولی که در سمت چپ Join قرارگرفته است) در خروجی ظاهر می‌شوند؛ ولی سطرهایی از جدول دوم که متناظری در جدول نخست ندارند در خروجی نمی‌آیند. فراپیوند چپ به‌صورت زیر به‌ترتیب بر اساس زبان SQL و زبان RA نوشته می‌شود:

- *select* * from Relation1 *left join* Relation2 *on* Condiction

- Relation1 *ljoin* Condiction Relation2

فراپیوند راست: تمام سطرهای جدول دومی (جدولی که در سمت راست Join قرارگرفته است) در خروجی ظاهر می‌شوند. فراپیوند راست به‌صورت زیر به‌ترتیب بر اساس زبان SQL و زبان RA نوشته می‌شود:

- *select* * from Relation1 *right join* Relation2 *on* Condiction
- Relation1 *rjoin* Condiction Relation2

فراپیوند کامل: تمام سطرهای هر دو جدول در خروجی می‌آیند چه در جدول دیگر متناظر داشته باشند چه نداشته باشند. فراپیوند کامل به‌صورت زیر به‌ترتیب بر اساس زبان SQL و زبان RA نوشته می‌شود:

- *select* * from Relation1 *full join* Relation2 *on* Condiction
- Relation1 *fjoin* Condiction Relation2

۴- انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها

در این بخش انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها در حالت دیتالوگ در DES با درنظرگرفتن دو پارامتر (هزینه نوشتن پرس‌وجو و حافظه مصرفی پرس‌وجو) بررسی و بیان می‌شود.

در این پژوهش منظور از هزینه نوشتن پرس‌وجو، تعداد کلیدهایی است که توسط کاربر برای پیاده‌سازی یک پرس‌وجو باید از صفحه‌کلید فشار داده شوند. درضمن هرگاه زبان‌های پرس‌وجو از لحاظ کمترین هزینه نوشتن پرس‌وجو برابر باشند، باید زبان‌های پرس‌وجو از لحاظ حافظه مصرفی پرس‌وجو مقایسه شوند و زبان پرس‌وجوی مناسب‌تری است که حافظه مصرفی پرس‌وجوی کمتری داشته باشد. همچنین منظور از حافظه مصرفی پرس‌وجو، مقدار حافظه مصرفی پرس‌وجو بعد از پیاده‌سازی است.

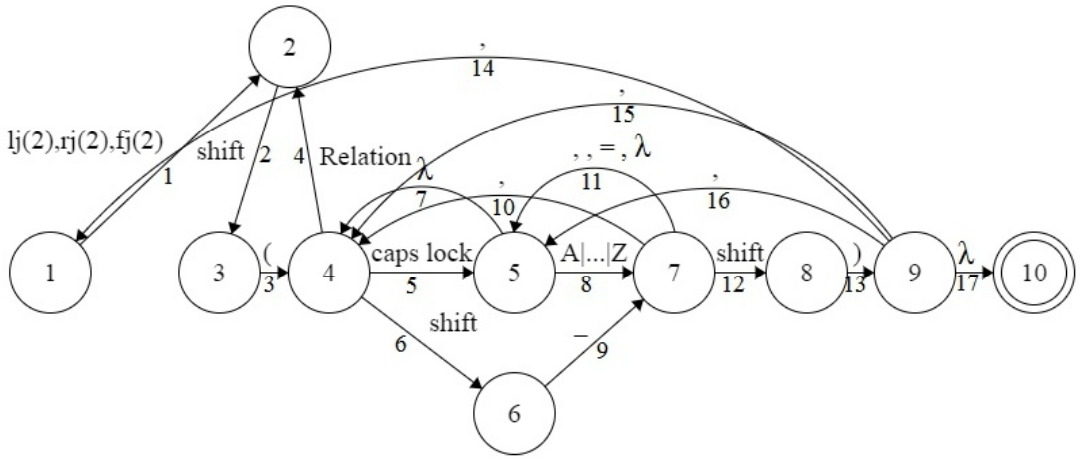
در ادامهٔ این بخش روال نوشتن فراپیوندهای هر یک از سه زبان پرس‌وجو (دیتالوگ، SQL و RA) جهت انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو با ماشین‌های حالت متناهی مشخص می‌شوند.

جهت انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها کاربر باید هزینه نوشتن پرس‌وجوی موردنظر خود را با استفاده از پیمایش یال‌های ماشین‌های حالت متناهی محاسبه کند. قبل از معرفی روال پیشنهادی، به تعدادی تعریف نیاز هست که در زیر بیان می‌شود:

تعریف ۱: برای هر پرس‌وجو، هزینه نوشتن پرس‌وجوی زبان پرس‌وجوی دیتالوگ با پیمایش یال‌های ماشین حالت متناهی شکل (۱) به‌دست می‌آید. از متغیر $C_{DATALOG}$ برای نگهداری هزینه نوشتن پرس‌وجوی این زبان پرس‌وجو استفاده می‌شود.

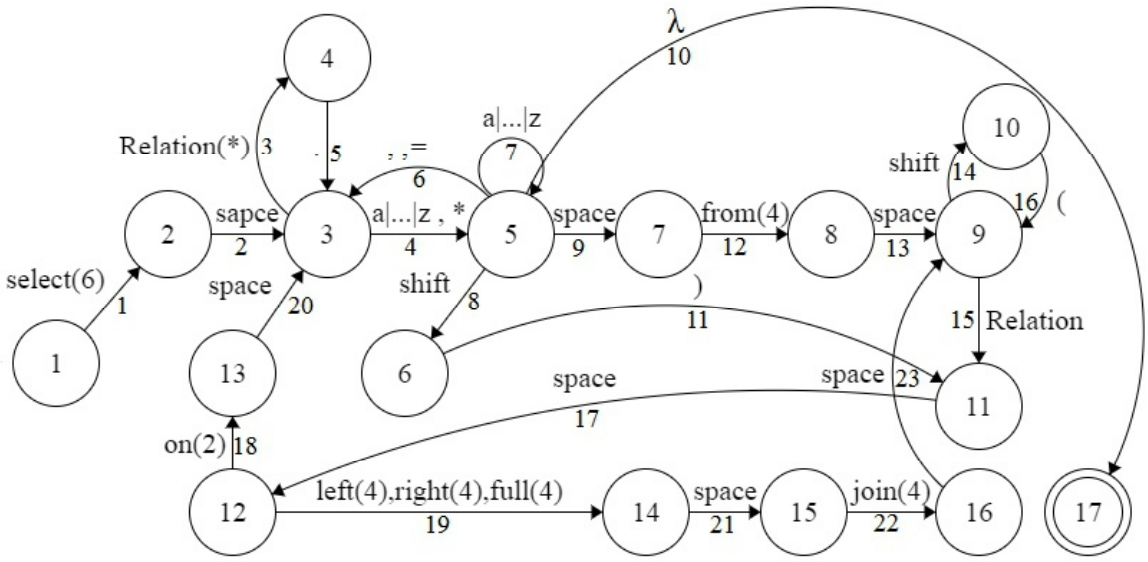
تعریف ۲: برای هر پرس‌وجو، هزینه نوشتن پرس‌وجوی زبان پرس‌وجوی SQL با پیمایش یال‌های ماشین حالت متناهی شکل (۲) به‌دست می‌آید. از متغیر C_{SQL} برای نگهداری هزینه نوشتن پرس‌وجوی این زبان پرس‌وجو استفاده می‌شود.

تعریف ۳: برای هر پرس‌وجو، هزینه نوشتن پرس‌وجوی زبان پرس‌وجوی RA با پیمایش یال‌های ماشین حالت متناهی شکل (۳) به‌دست می‌آید. از متغیر C_{RA} برای نگهداری هزینه نوشتن پرس‌وجوی این زبان پرس‌وجو استفاده می‌شود.



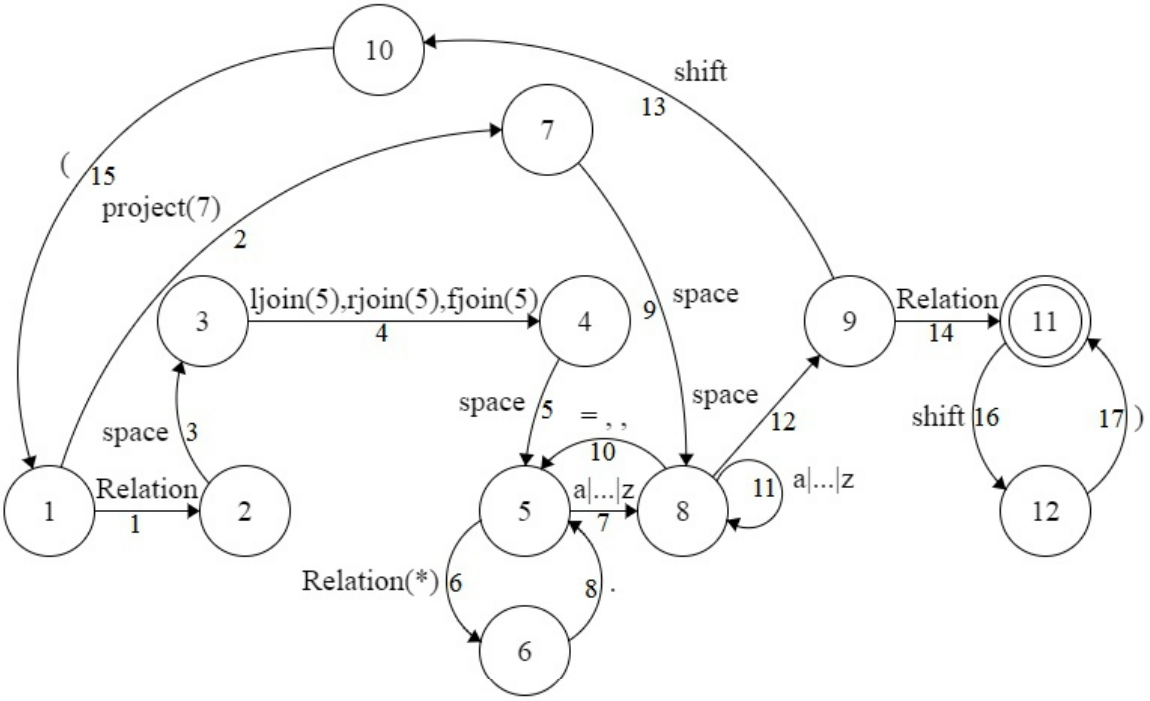
(شکل-۱): روال نوشتن فراپیوندها در زبان پرس‌وجوی دیتالوگ.

(Figure-1): The process of writing Outer Joins in Datalog query language.



(شکل-۲): روال نوشتن فراپیوندها در زبان پرس‌وجوی SQL.

(Figure-2): The process of writing Outer Joins in SQL query language.



(شکل-۳): روال نوشتن فراپیوندها در زبان پرس‌وجوی RA.

(Figure-3): The process of writing Outer Joins in RA query language.

ترتیب نوشتن فراپیوند هر زبان پرس‌وجو در هرکدام از سه شکل بر روی یال‌ها آورده شده است؛ بنابراین هر یال یک مقدار دارد که این مقدار بخشی از روال نوشتن پرس‌وجوی یک‌زبان پرس‌وجو است و هر یال یک شناسه دارد که این شناسه در زیر یال نوشته‌شده‌است.

در موقع استفاده از هرکدام از سه شکل بالا برای به‌دست‌آوردن هزینهٔ نوشتن پرس‌وجو، شناسه یال موردنظر و تعداد تکرار آن را به‌صورت شناسه یال (تعداد تکرار) نشان داده می‌شود و درنهایت هزینهٔ نوشتن پرس‌وجو یک‌زبان پرس‌وجو با جمع مقادیر داخل پرانتزها (جمع تعداد تکرارها) به‌دست می‌آید. همچنین پیمایش یال‌ها در هر سه شکل بر اساس پرس‌وجوی موردنظر کاربر صورت می‌گیرد و همچنین تعداد پیمایش و تکرار هر یال به‌صورت یکجا نوشته می‌شود.

با هر بار پیمایش هر یال باید مقداری به متغیر اضافه

شود. اگر بر روی یال و در کنار ترتیب نوشتن پرس‌وجو هر زبان پرس‌وجو، هزینه نوشتن آن داخل پرانتز نوشته‌شده باشد، باید با هر بار پیمایش آن یال، مقدار داخل پرانتز روی یال به متغیر اضافه و در غیر این صورت با هر بار پیمایش هر یال، باید مقدار یک به متغیر اضافه شود. منظور از متغیر یعنی متغیر $C_{DATALOG}$ یا متغیر C_{SQL} یا متغیر C_{RA} است.

به‌دلیل اینکه نام جدول‌ها (Relation) در هر سه زبان پرس‌وجو یکسان باید نوشته شوند. کلیدهایی (هزینه_نوشتن) که برای این مقادیر باید فشرده شوند، در نظر گرفته نمی‌شوند؛ بنابراین یال‌هایی که بر روی آن‌ها به‌تنهایی فقط Relation نوشته‌شده در سه شکل شمارش نمی‌شوند. همچنین در موقع پیمایش یال‌هایی که بر روی آن‌ها لاندا وجود دارد، نباید مقداری به متغیر اضافه شود.

دستورهای زیر نحوه انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو هنگام استفاده از فراپیوندها را برای هر یک از سه زبان پرس‌وجوی (دیتالوگ، SQL و RA) با ماشین‌های حالت متناهی را مشخص می‌کند.

* **اگر** $C_{DATALOG}$ کمتر یا مساوی با C_{SQL} و کمتر یا مساوی با C_{RA} باشد مناسب‌تر است که برای استفاده از فراپیوندها از زبان پرس‌وجوی دیتالوگ استفاده شود.
* **در غیر این صورت اگر** C_{SQL} کمتر از C_{RA} باشد مناسب‌تر است که برای استفاده از فراپیوندها از زبان پرس‌وجوی SQL استفاده شود.
* **در غیر این صورت** مناسب‌تر است که برای استفاده از فراپیوندها از زبان پرس‌وجوی RA استفاده شود.

۵- نتایج و بحث

در این بخش برای بیان نتایج پژوهش به ارزیابی و بحث در مورد یافته‌ها پرداخته می‌شود. در بخش ارزیابی ابتدا پرس‌وجوی یک از [10] بیان می‌شود. با این پرس‌وجو نقاط ضعف تحقیقات قبلی مشخص می‌شود. در ادامه پرس‌وجوی دو برای تکمیل نتایج روش پیشنهادی پیاده‌سازی و پرس‌وجوی سه برای اهمیت استفاده از پارامتر دوم در این پژوهش بیان می‌شود. ارزیابی این پژوهش با استفاده از این سه پرس‌وجو انجام می‌گیرد. در بخش ۲-۵ دستاوردهای مهم این پژوهش شرح داده خواهد شد.

۵-۱- ارزیابی

برای ارزیابی این پژوهش ابتدا پرس‌وجوی یک که در [10] معرفی‌شده، بیان می‌شود. در پژوهش جاری قصد داریم که کارهای معرفی‌شده در [10] را تکمیل و توسعه دهیم. برای روشن‌ترشدن نتایج این پژوهش پرس‌وجوی دو پیاده‌سازی و همچنین پرس‌وجوی سه برای اهمیت استفاده از مشخصهٔ دوم پیاده‌سازی می‌شود. ارزیابی پژوهش جاری بر اساس این سه پرس‌وجو است. در پژوهش‌های مربوط به [21] در مقایسه زبان‌های پرس‌وجو جهت انتخاب زبان پرس‌وجو مناسب از زمان پرس‌وجو به‌عنوان معیار انتخاب استفاده‌شده است؛ اما در پژوهش جاری برای انتخاب زبان پرس‌وجو ازمشخصه‌های هزینه نوشتن و حافظه مصرفی پرس‌وجو به‌عنوان معیار انتخاب استفاده شده است. برای هر سه پرس‌وجوی قبل از پیاده‌سازی آن، هزینهٔ نوشتن پرس‌وجوی هر سه زبان (مقداردهی سه متغیر ($C_{DATALOG}$، C_{SQL} و C_{RA})) بر اساس روش مطرح‌شده در بخش چهار محاسبه می‌شود. بعد از محاسبه هزینه نوشتن پرس‌وجو سه زبان، مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها انتخاب می‌شود. همچنین هر پرس‌وجو با سه زبان پیاده‌سازی شده و با استفاده از نمودارهای آماری باهم مقایسه می‌شوند.

با فرض داشتن دو جدول t_1 و t_2 که x و y به‌ترتیب ستون‌های آن‌ها هستند، پرس‌وجوی یک به‌صورت زیر بیان می‌شود:

پرس‌وجوی یک: داده‌های دو جدول t_1 و t_2 را بر اساس فراپیوند چپ استخراج کنید؟

همان‌طورکه پیش از این گفته شد، ابتدا باید یک‌سری محاسبات بر اساس بخش ۴ برای مقداردهی سه متغیر ($C_{DATALOG}$، C_{SQL} و C_{RA}) انجام شود تا بتوان بر اساس نتایج این محاسبات مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها انتخاب شود؛ بنابراین به‌صورت زیر این سه متغیر محاسبه می‌شوند:

$C_{DATALOG}$: 1(2) + 2(3) + 3(3) + 5(3) + 8(4) + 12(3) + 13(3) + 15(1) + 16(1) + 11(1) = 24

C_{SQL}: 1(6) + 2(1) + 4(3) + 9(1) + 12(4) + 13(1) + 17(2) + 19(4) + 21(1) + 22(4) + 23(1) + 18(2) + 20(1) + 6(1) = 32

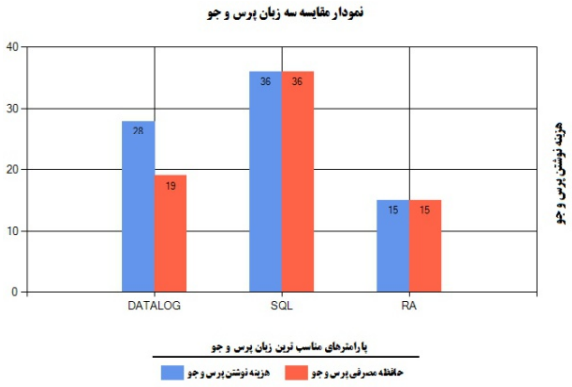
C_{RA}: 3(1) + 4(5) + 5(1) + 7(2) + 10(1) + 12(1) = 11

همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقدار متغیر C_{RA} کمتر از مقدار متغیرهای $C_{DATALOG}$ و C_{SQL} است؛ بنابراین برای پیاده‌سازی پرس‌وجوی یک زبان RA به‌عنوان مناسب‌ترین زبان انتخاب می‌شود. با این انتخاب پیاده‌سازی پرس‌وجوی

یک سریع‌تر انجام می‌شود و دلیل آن این است که نسبت به دو زبان دیگر تعداد کلید کمتری استفاده می‌شود. دستورهای زیر به‌ترتیب پیاده‌سازی پرس‌وجوی یک را برای سه زبان دیتالوگ، SQL و RA بیان می‌کند:

1) *lj* (t_1(X),t_2(Y),X=Y)
2) *select* * *from* t_1 *left join* t_2 *on* x=y
3) t_1 *ljoin* x=y t_2

در شکل (۴) این سه زبان برای پیاده‌سازی پرس‌وجوی یک باهم مقایسه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که هزینه نوشتن پرس‌وجوی زبان RA از هزینهٔ نوشتن پرس‌وجوی دو زبان دیگر کمتر است؛ بنابراین RA به‌عنوان مناسب‌ترین زبان برای استفاده از فراپیوندها انتخاب می‌شود.



(شکل-۴): مقایسه سه زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها (پرس‌وجو مقاله فرناندو سائنز پرز [10]).

(Figure-4): A comparison made among three query languages in using Outer Joins (queries in Fernando S´aenz-P´erez paper [10]).

مقدار هزینه نوشتن زبان‌های پرس‌وجو در شکل (۴) بیشتر از محاسبات انجام‌شده است به این دلیل که در موقع انجام محاسبات، نام جداول محاسبه نمی‌شوند؛ به این علت که باید مقدار یکسانی به سه متغیر ($C_{DATALOG}$، C_{SQL} و C_{RA}) اضافه شود و این کار بیهوده است و در انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو هیچ تأثیری ندارد.

برای آگاهی از صحت و درستی محاسبات انجام‌شده مقدار محاسبات انجام‌شده را با شکل (۴) می‌توان مقایسه کرد. به این صورت که در محاسبات انجام‌شده مقدار هزینه نوشتن پرس‌وجوی زبان دیتالوگ که ۲۴ و مقدار هزینه نوشتن پرس‌وجوی زبان RA که یازده به‌دست آمد و میزان تفاوت آن‌ها مقدار سیزده است. همان‌طور در شکل (۴) هم مشاهده می‌شود، مقدار هزینه نوشتن پرس‌وجوی زبان دیتالوگ ۲۸ و مقدار هزینه نوشتن پرس‌وجو زبان RA پانزده به‌دست آمده و میزان تفاوت هزینه نوشتن پرس‌وجوی این دو زبان در شکل هم همان مقدار سیزده است؛ بنابراین از یکسان‌بودن میزان تفاوت هزینه نوشتن پرس‌وجوی دو زبان در محاسبات و شکل صحت و درستی محاسبات انجام‌شده را می‌توان نتیجه گرفت.

اگر مجموع کل کلیدهای فشار داده شده از صفحه‌کلید برای پیاده‌سازی پرس‌وجوی یک با هر سه زبان صد درصد باشد. بر اساس شکل (۵) زبان RA نسبت به دو زبان دیگر درصد کلید کمتری برای پیاده‌سازی این پرس‌وجو نیاز دارد؛ بنابراین در زمان کمتری پرس‌وجوی یک با زبان RA نسبت به دو زبان دیگر پیاده‌سازی می‌شود؛ لذا کاربر سریع‌تر به داده‌ها دسترسی پیدا می‌کند که این در پژوهش‌های قبلی مورد بررسی قرار نگرفته است؛ اما لازم است تا پرس‌وجوی دیگری بیان شود؛ برای اینکه مشخص شود که آیا در موقع استفاده از فراپیوندها همیشه زبان پرس‌وجوی RA مناسب‌تر از دو زبان دیگر است؛ بنابراین با فرض داشتن دو جدول: ۱) جدول دانشجویان[1] دارای ستون‌های (شماره دانشجویی، نام، فامیلی، شماره شناسنامه، کد ملی، کد رشته) و ۲) جدول انتخاب واحد[2] دارای ستون‌های (شماره دانشجویی، شناسه درس و نمره درس) برای روشن‌ترشدن نتایج این پژوهش پرس‌وجوی دو به‌صورت زیر بیان می‌شود:

پرس‌وجوی ۲: نام و فامیلی همه دانشجویان و شناسه درس و نمره درسی دانشجویانی را که انتخاب واحد کرده‌اند، استخراج کنید؟

همان‌طور که درقبل گفته شد برای پیاده‌سازی هر پرس‌وجو با مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو، ابتدا باید یکسری محاسبات بر اساس بخش ۴ صورت گیرد؛ بنابراین در اینجا ابتدا محاسبات بخش ۴ برای این پرس‌وجو به‌صورت زیر انجام می‌شود:

$C_{DATALOG}$: 1(2) + 2(3) + 3(3) + 5(3) + 6(7) + 9(7) + 8(8) + 11(5) + 10(3) + 12(3) + 13(3) +16(2)= 49

C_{SQL}: 1(6) + 2(1) + 4(6) + 7(19) + 6(4) + 9(1) + 12(4) + 13(1) + 17(2) + 19(4) + 21(1) + 22(4) + 23(1) + 18(2) + 20(1) + 3(17) + 5(2) = 77

C_{RA}: 2(7) + 9(1) + 11(21) + 10(4) + 7(5) + 12(2) + 13(1) + 15(1) + 3(1) + 4(5) + 5(1) + 6(17) + 8(2) + 16(1) + 17(1) = 70

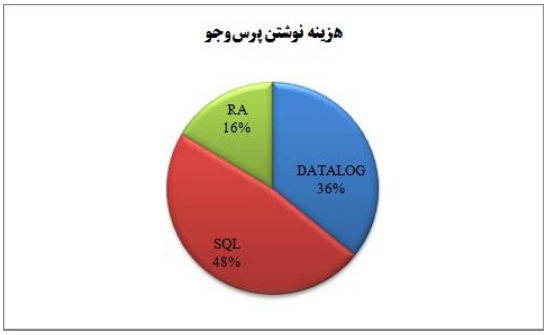
بر اساس محاسبات انجام‌شده مقدار $C_{DATALOG}$ کمتر از مقادیر C_{SQL} و C_{RA} است. این نشان می‌دهد که برای پیاده‌سازی پرس‌وجوی دو زبان دیتالوگ مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو است. علت آن این است که پیاده‌سازی پرس‌وجوی

[1] Students

[2] Selection

دو با زبان دیتالوگ نیاز به فشاردادن کلید کمتری دارد و این باعث می‌شود تا کاربر سریع‌تر به داده‌های موردنظر خود دسترسی پیدا کند. دستورهای زیر به‌ترتیب پیاده‌سازی پرس‌وجوی دو را برای سه زبان دیتالوگ، SQL و RA بیان می‌کند:

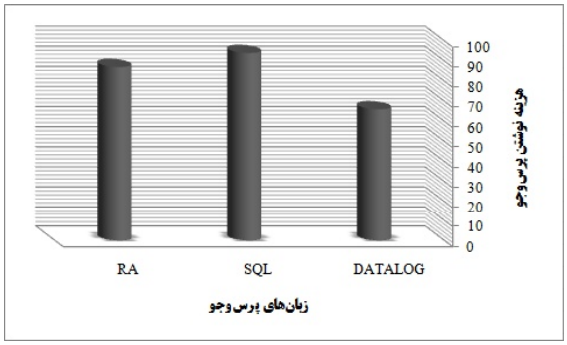
1) *lj*(students(_S,N,F,_,_,_), selection(_T,M,N),_S=_T)
2) *select* name, family, id, nomreh *from* students *left join* selection *on* students.stno=selection.stno
3) *project* name, family, id, nomreh (students *ljoin* students.stno=selection.stno selection)



(شکل-۵): مقایسه میزان کلید فشار داده شده از صفحه‌کلید بر اساس سه زبان پرس‌وجو برای پیاده‌سازی پرس‌وجوی یک.

(Figure-5): Comparison of rates of pressed keys of keyboard based on three query languages in order to implement query 1.

در شکل (۶) این سه زبان پرس‌وجو برای پیاده‌سازی پرس‌وجوی دو باهم مقایسه شده‌اند. شکل نشان می‌دهد که هزینه نوشتن پرس‌وجوی زبان دیتالوگ از هزینهٔ نوشتن پرس‌وجوی دو زبان دیگر کمتر است؛ بنابراین در اینجا باید زبان دیتالوگ به‌عنوان مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها انتخاب شود.



(شکل-۶): مقایسه سه زبان پرس‌وجو برای پیاده‌سازی پرس‌وجوی دو.

(Figure-6): Comparison of three query languages in order to implement query 2.

بنابراین با پیاده‌سازی پرس‌وجوی دو می‌توان نتیجه گرفت که برای استفاده از فراپیوندها همیشه یک زبان پرس‌وجو مناسب نیست.

برای اینکه اهمیت بیان مشخصهٔ دوم یعنی حافظه مصرفی پرس‌وجو در این پژوهش مشخص شود، باید پرس‌وجوی دیگری در این پژوهش بیان شود؛ لذا با بیان پرس‌وجوی سه می‌توان مشخص کرد که چرا در این پژوهش از حافظه مصرفی پرس‌وجو به‌عنوان مشخصهٔ دوم استفاده شده است؛ بنابراین با فرض داشتن جدول دروس ارائه‌شده[1]، که این جدول دارای ستون‌های (شناسه درس، کد درس، کد استاد، نام درس، ظرفیت، تاریخ امتحان و ساعت - روز کلاس) است و جدول انتخاب واحد که ستون‌های آن برای بیان پرس‌وجوی دو ارائه شدند؛ پرس‌وجوی سه به‌صورت زیر بیان می‌شود:

پرس‌وجو ۳: شناسه درس تمام دروس ارائه‌شده را با شماره دانشجویی، دانشجویانی که انتخاب واحد کرده‌اند، استخراج کنید؟

محاسبات مربوط به بخش ۴ به‌صورت زیر انجام می‌شوند:

$C_{DATALOG}$: 1(2) + 2(3) + 3(3) + 5(3) + 8(5) + 10(8) + 6(9) + 9(9) + 12(3) + 13(3) + 15(1) + 16(1) + 11(1) = 51

C_{SQL}: 1(6) + 2(1) + 4(4) + 7(6) + 6(2) + 9(1) + 12(4) + 13(1) + 17(2) + 19(4) + 21(1) + 22(4) + 23(1) + 18(2) + 20(1) + 3(16) + 5(2) = 58

C_{RA}: 2(7) + 9(1) + 11(7) + 10(2) + 7(3) + 12(2) + 13(1) + 15(1) + 3(1) + 4(5) + 5(1) + 6(16) + 8(2) + 16(1) + 17(1) = 51

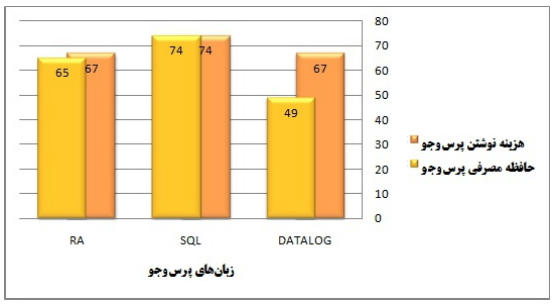
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از محاسبات انجام‌شده و بر طبق دستورهای انتهای بخش ۴ (بر اساس دستور نخست این بخش به‌دلیل اینکه مقدار $C_{DATALOG}$ از مقدار C_{RA} کمتر نیست، اما مقدار $C_{DATALOG}$ مساوی با مقدار C_{RA} است) باید زبان دیتالوگ به‌عنوان مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو انتخاب شود. چراکه پیاده‌سازی پرس‌وجوی سه با زبان دیتالوگ به حافظه مصرفی پرس‌وجو کمتری نیاز دارد.

پیاده‌سازی پرس‌وجوی سه با سه زبان پرس‌وجو به‌ترتیب دیتالوگ، SQL و RA به‌صورت زیر است:

1) *lj*(perdars(I,_,_,_,_,_),selection(S,_D,_),I=_D)
2) *select* id,stno *from* perdars *left join* selection *on* perdars.id=selection.id
3) *project* id,stno (perdars *ljoin* perdars.id=selection.id selection)

[1] Perdars

شکل (۷) مقایسه سه زبان پرس‌وجو را نشان می‌دهد. نتایج بیان می‌کند که هزینه نوشتن پرس‌وجوی زبان دیتالوگ و RA برابر است. این بدان معنی است که پیاده‌سازی پرس‌وجوی سه با این دو زبان به تعداد کلید یک‌سانی از صفحه‌کلید نیاز دارد. بر اساس مقدار مشخصهٔ دوم در شکل، حافظه مصرفی پرس‌وجو زبان دیتالوگ ۴۹ و حافظه مصرفی پرس‌وجوی زبان RA ۶۵ است؛ بنابراین حافظه مصرفی زبان دیتالوگ کمتر است؛ لذا وقتی برای پرس‌وجویی هزینه نوشتن زبان‌های پرس‌وجو برابر بود از حافظه مصرفی به‌عنوان معیار انتخاب زبان مناسب می‌توان استفاده کرد. انجام این کار موجب کاهش حافظه در زمان پیاده‌سازی پرس‌وجو می‌شود.



(شکل-۷): مقایسه سه زبان پرس‌وجو برای پیاده‌سازی پرس‌وجوی سه.

(Figure-7): Comparison of three query languages in order to implement query 3.

۲-۵- بحث در مورد یافته‌ها

در ابتدای بخش ۱-۵ جهت روشن‌شدن نتایج این پژوهش پرس‌وجوی یک از [10] بیان شد. برای پیاده‌سازی پرس‌وجوی یک بر اساس ایده پژوهش جاری و بعد از یکسری محاسبات، زبان RA به‌عنوان مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو انتخاب شد. با بیان پرس‌وجوی یک در [10] فقط فراپیوندهای زبان دیتالوگ در مقابل فراپیوندهای زبان SQL شرح داده شده است و فراپیوندهای زبان RA و انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو شرح داده نشده است. در بخش ۲-۳ مقاله جاری فراپیوندهای زبان RA شرح داده شده و انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو در بخش ۴ توضیح داده شده است. در بخش ۱-۵ برای روشن‌ترشدن نتایج پژوهش جاری پرس‌وجوی دو بیان شد. برای پیاده‌سازی این پرس‌وجو زبان دیتالوگ به‌عنوان مناسب‌ترین زبان انتخاب شد. با ارائه این پرس‌وجو مشخص شد که برای همه پرس‌وجوها یک‌زبان مناسب نیست و برای هر پرس‌وجو مناسب‌ترین زبان برای استفاده از فراپیوندها باید انتخاب شود؛ درنتیجه مهم‌ترین هدف تحقیق جاری، تکمیل و توسعه مقاله [10] است. در ادامه بخش۱-۵ پرس‌وجوی سه بیان شد. با بیان این پرس‌وجو اهمیت استفاده از حافظه مصرفی پرس‌وجو به‌عنوان مشخصهٔ دوم پژوهش جاری مشخص شد. نکته دیگر این است که چرا در این پژوهش از زمان پاسخ به‌جای هزینه نوشتن پرس‌وجو برای ارزیابی استفاده نشده است. دلیل آن این است که زمان پاسخ در DES قابل‌محاسبه نیست. علت آن این است که در این سامانه (برخلاف سامانهٔ رابطه‌ای SQL که امکان پیاده‌سازی پرس‌وجو در چند خط به‌صورت گسسته وجود دارد و می‌توان کد مربوط به برگرداندن زمان قبل و بعد از اجرای پرس‌وجو را برای محاسبه زمان پاسخ ارائه کرد) فقط امکان پیاده‌سازی پرس‌وجو در یک خط به‌صورت پیوسته وجود دارد و لذا نمی‌توان کد مربوط به برگرداندن زمان قبل و بعد از اجرای پرس‌وجو را برای محاسبه زمان پاسخ ارائه کرد؛ بنابراین از یک مشخصهٔ جدید در این پژوهش با عنوان هزینه نوشتن پرس‌وجو استفاده شده است. روش محاسبه این مشخصه در بخش ۴ با ماشین‌های حالت متناهی شرح داده شده است؛ و ارزیابی آن در بخش ۱-۵ انجام شده است.

۶- نتیجه‌گیری و کار آینده

در این پژوهش سامانهٔ پایگاه داده استنتاجی DES، حالت‌ها و زبان‌های پرس‌وجوی آن بیان و همچنین در ادامه، تعریف و الگوی استفاده از فراپیوندهای زبان‌های پرس‌وجو دیتالوگ، SQL و RA بیان شدند. در بخش ۴ این گزارش به انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها پرداخته شده است. با درنظرگرفتن دو مشخصهٔ (هزینه نوشتن پرس‌وجو و حافظه مصرفی پرس‌وجو) این پژوهش توانست پژوهش‌های قبلی را که بر روی فراپیوندهای سامانهٔ DES انجام شده‌اند، تکمیل‌تر کند. در بخش ۵ نتایج این پژوهش با پیاده‌سازی سه پرس‌وجو ارائه شد. نتایج نشان می‌دهد که ایده این پژوهش موجب کاهش زمان در پیاده‌سازی پرس‌وجو موردنظر کاربر خواهد شد که این خود منجر به افزایش سرعت دسترسی کاربر به داده‌های موردنظر خواهد شد. همچنین در این پژوهش بیان شد که در مواقعی که مقدار دست‌کم دو زبان پرس‌وجو از لحاظ کمترین هزینه نوشتن پرس‌وجو یکسان باشد از حافظه مصرفی پرس‌وجو (مشخصهٔ دوم) به‌عنوان معیاری جهت انتخاب مناسب‌ترین زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها استفاده خواهد شد. این معیار باعث کاهش حافظه در موقع پیاده‌سازی پرس‌وجو می‌شود. در پژوهش جاری روال نوشتن فراپیوندهای سه زبان پرس‌وجو با

ماشین‌های حالت متناهی برای بررسی تأثیر نوع زبان پرس‌وجو برای استفاده از فراپیوندها در سرعت دست‌یابی به داده‌ها مشخص شد. با توجه به اینکه هزینه نوشتن زبان‌های پرس‌وجو برای هر عمل‌گر متغیر است و هر زبان از نظر سرعت دست‌یابی به داده‌ها می‌تواند مناسب عمل‌گری خاص باشد، به‌عنوان کار آینده روال نوشتن سایر عمل‌گرهای سامانهٔ DES را با ماشین‌های حالت متناهی می‌توان مشخص کرد. با انجام این کار تأثیر نوع زبان پرس‌وجو بر عمل‌گر موردنظر در سرعت دست‌یابی به داده‌ها را می‌توان بررسی کرد.

۷- مراجع 7-References

[1] R. Ramakrishnan, and J. D. Ullman, "A Survey of Deductive Database Systems," *The Journal of Logic Programming*, vol. 23, pp. 125–149, 1995.

[2] F. S´aenz-P´erez, "DES: A Deductive Database System," *Electronic Notes on Theoretical Computer Science*, vol. 271, pp. 63–78, 2011.

[3] A. Faraahi, "A Query Optimistion for Deductive Database," Ph.D thesis, Department of Computing, University Bradford, U.K, 1996.

[4] N. Leone, G. Pfeifer, W. Faber, T. Eiter, G. Gottlob, S. Perri, and F. Scarcello, "The DLV system for knowledge representation and reasoning," *ACM Tran. on Computational Logic*, vol. 7, pp. 499–562, 2006.

[5] K. Sagonas, T. Swift, and D. S. Warren, "XSB as an efficient Deductive Database engine," *In SIGMOD'94: Proceedings of the 1994 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pp. 442–453, 1994.

[6] M. S. Lam, J. Whaley, V. B. Livshits, M. C. Martin, D. Avots, M. Carbin, and C. Unkel, "Context-sensitive program analysis as database queries," *In Chen Li, editor, Proceedings of the Twenty-fourth ACM SIGACT-SIGMODSIGART Symposium on Principles of Database Systems (PODS)*, pp. 1–12, 2005.

[7] F. Arni, K. Ong, S. Tsur, H. Wang, and C. Zaniolo, "The Deductive Database System LDL++," *Theory and Practice of Logic Programming*, vol. 3, pp. 61–94, 2003.

[8] M. Jarke, M. A. Jeusfeld, and C. Quix, "ConceptBase V7.1 User Manual," *Technical report, RWTH Aachen*, 2008.

[9] G. Ramalingam, and E. Visser, editors, "Proceedings of the Workshop on Partial Evaluation and Semantics-based Program Manipulation," *ACM*, 2007.

[10] F. S´aenz-P´erez, "Outer Joins in a Deductive Database System," *Electronic Notes on Theoretical Computer Science*, vol. 282, pp. 73–88, 2012.

[11] F. S´aenz-P´erez, "Improving the Deductive System DES with Persistence by Using SQL DBMS's," *S. Escobar (Ed.): XIV Jornadas sobre Programaci´on y Lenguajes*, pp. 100–114, 2015.

[12] J. D. Ullman, "Database and Knowledge-Base Systems," *Vols. I (Classical Database Systems) and II (The New Technologies), Computer Science Press*, 1988.

[13] C. Zaniolo, S. Ceri, C. Faloutsos, R. T. Snodgrass, V. S. Subrahmanian, R. Zicari, "Advanced Database Systems," *Morgan Kau-fmann*, 1997.

[14] ISO/IEC. ISO/IEC 132111-2: Prolog Standard, 2000.

[15] ISO/IEC. SQL:2008 ISO/IEC 9075(1-4,9-11,13,14):2008 Standard, 2008.

[16] E. Codd, "Relational Completeness of Data Base Sublanguages," *In Rustin (ed.), Database Systems. Courant Computer Science Symposia Series 6. Englewood Cliffs, N.J.Prentice-Hall*, pp. 1-38, 1972.

[17] F. S´aenz-P´erez, "Towards Bridging the Expressiveness Gap Between Relational and Deductive Databases," *Prometidos-CM (S2009TIC-1465) and GPD (UCM-BSCH-GR35/10-A-910502)*, pp. 1-15, 2013.

[18] F. S´aenz-P´erez, "Datalog Educational System 4.1," Available: http://des.sourceforge.net/, [Accessed: April. 2016].

[19] F. S´aenz-P´erez, "Datalog Educational System V4.1 User's Manual," Available: http://des.sourceforge.net/, pp. 1-274, [Accessed: April. 2016].

[20] S. W. Dietrich, "Understanding Relational Database Query Languages," *Prentice Hall*, 2001.

[21] S. Ludwiy, "Comparison of a Deductive Database with a Semantic Web reasoning engine," *Knowledge-Based Systems*, vol. 23, pp. 634-642, 2010.

مهـــدی رنجبرحسنـــی محمودآبادی

کارشناسی خود را در رشتهٔ مهندسی کامپیوتر (گرایش نرم‌افزار) از دانشگاه آزاد اسلامی واحد رفسنجان با رتبهٔ یک در سال ۱۳۹۲ به پایان رساند. او مدرک کارشناسی ارشد خود را در رشتهٔ مهندسی کامپیوتر (گرایش نرم‌افزار) از دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان در سال ۱۳۹۵ اخذ کرد. وی اکنون به‌عنوان دانشجوی دکترا در رشتهٔ مهندسی کامپیوتر

(گرایش نرم‌افزار) در دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان مشغول به تحصیل است. زمینهٔ پژوهشی مورد علاقه ایشان پایگاه داده استنتاجی، برنامه‌نویسی منطقی، سامانه‌های خبره، برنامه‌نویسی با CUDA و داده‌کاوی است.
نشانی رایانامهٔ ایشان عبارت است از:
mranjbar@iauk.ac.ir

احمد فراهی دکترای مهندسی کامپیوتر (گرایش بانک‌های اطلاعاتی هوشمند) را از دانشگاه برادفورد انگلستان در سال ۱۳۷۷، مدرک کارشناسی ارشد را در رشته علوم کامپیوتر از دانشگاه داندی انگلستان در سال ۱۳۶۹ و کارشناسی را در رشته ریاضی کاربردی (گرایش کامپیوتر) از دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۶۴ اخذ کرده است. وی اکنون عضو هیئت‌علمی گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه پیام نور است. زمینهٔ پژوهشی مورد علاقه ایشان بانک‌های اطلاعاتی، متن‌کاوی، داده‌کاوی، سامانه‌هـای خبره و نرم‌افزار است.
نشانی رایانامهٔ ایشان عبارت است:
afaraahi@pnu.ac.ir