

# ADSS: شبیه‌ساز سیستم پایگاه داده پویا برای مقایسه تطبیقی

## روش‌های زمان‌بندی قواعد

عباس رسول‌زادگان و احمد عبدالله‌زاده

آزمایشگاه سیستم‌های هوشمند (<http://ce.aut.ac.ir/islab>)

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

{Rasoolzade, Ahmad}@ce.aut.ac.ir

چکیده- شبیه‌سازی یک سیستم، روشی برای پیش‌بینی، تجزیه و تحلیل رفتارهای پیچیده آن سیستم است که در نهایت به شناخت صحیح و دقیق سیستم منجر می‌گردد. در این مقاله ابزاری جهت بررسی عملیاتی سیستم پایگاه داده پویا<sup>۱</sup> با متدولوژی مشخص و تعریف شده ارائه می‌نماییم. هدف از این کار ارزیابی عملکرد روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد<sup>۲</sup> و مقایسه تطبیقی آنها با یکدیگر است. برای این منظور لازم است روش‌های زمان‌بندی موجود را طراحی و پیاده‌سازی نماییم و این خود مستلزم وجود محیطی است که بتواند عملکرد یک سیستم پایگاه داده پویا را شبیه‌سازی نماید. به همین منظور یک محیط آزمایشگاهی را مبتنی بر معماری سه بخشی<sup>۳</sup> طراحی و پیاده‌سازی نموده و آن را شبیه‌ساز سیستم پایگاه داده پویا<sup>۴</sup> (ADSS) نامیده‌ایم. برای مقایسه و ارزیابی روش‌های زمان‌بندی، پارامترهای ارزیابی مرتبط را شناسایی و از بین آنها پنج پارامتر برتر را انتخاب و به صورت فرمال تعریف کرده‌ایم که عبارتند از: میانگین زمان پاسخگویی<sup>۵</sup>، انحراف معیار زمان پاسخگویی<sup>۶</sup>، توان عملیاتی<sup>۷</sup>، میزان سربار محاسباتی به ازاء هر تراکنش<sup>۸</sup> و بهره‌پردازشگر<sup>۹</sup>. در نهایت بر اساس نتایج آزمایشات، روش‌های زمان‌بندی قواعد را در هر یک از پارامترهای ارزیابی رتبه‌بندی می‌نماییم.

کلید واژه- پارامترهای ارزیابی، زمان‌بندی قواعد، سیستم مدیریت پایگاه داده پویا، شبیه‌سازی.

### ۱- مقدمه

بخش به نام‌های رویداد، شرط و عمل هستند[۱].

در یک سیستم پایگاه داده پویا، در ابتدای امر، برنامه کاربردی در حال اجراست. تا زمانی که هیچ رویداد از پیش تعریف شده‌ای در سیستم رخ نداده است اجرای برنامه کاربردی ادامه پیدا می‌کند. به محض اینکه رویدادی در سیستم رخ دهد، مجموعه‌ای از قواعد که با این رویداد، مرتبط هستند فعال شده و وارد لیست قواعد فعال می‌شوند. حال با توجه به روش زمان‌بندی مورد استفاده، یکی از قواعد فعال موجود در لیست، انتخاب و بخش شرط آن ارزیابی می‌شود. در صورت درست بودن شرط، دستورات بخش عمل قاعده اجرا می‌شوند. اگر اجرای این دستورات موجب رخ دادن رویدادهای دیگری در سیستم شود، قواعد مرتبط نیز به لیست قواعد فعال اضافه می‌شوند. ارزیابی و اجرای قواعد تا زمانی که لیست قواعد فعال خالی شود، ادامه پیدا می‌کند. پس از آن کنترل اجرا به برنامه کاربردی باز می‌گردد. به مجموعه عملیات فوق، چرخه پردازش قواعد گویند[۲،۳].

در این مقاله هدف، شبیه‌سازی رفتار سیستم پایگاه داده پویا به منظور بررسی عملکرد روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد

شبیه‌سازی یک سیستم، روشی برای پیش‌بینی، تجزیه و تحلیل رفتارهای پیچیده آن سیستم است که در نهایت به شناخت صحیح و دقیق سیستم منجر می‌گردد. با شبیه‌سازی یک سیستم می‌توان راه‌حل‌های مختلفی را که برای پیاده‌سازی قسمت‌های مختلف سیستم وجود دارد، آزمایش کرد و به نقاط ضعف و قوت آنها پی‌برد و در نهایت با مقایسه راه‌حل‌های آزمایش شده بر اساس مجموعه‌ای از پارامترهای ارزیابی از پیش تعریف شده، مناسب‌ترین راه‌حل برای هر کاربرد را تعیین نمود و با تحلیل نقاط ضعف و قوت راه‌حل‌های آزمایش شده، آنها را بهبود داد و یا حتی راه‌حل‌های جدیدی ارائه نمود.

سیستم مدیریت پایگاه داده پویا سیستمی است که امکان تعریف مجموعه‌ای از رویدادها و واکنش‌های متناظر آنها را فراهم می‌کند تا در صورت وقوع رویداد خاصی بتواند به طور خودکار، واکنش مقتضی را انجام دهد. رفتار واکنشی سیستم پایگاه داده پویا به وسیله مجموعه‌ای از قواعد پویا سازماندهی می‌شود. در حالت کلی، این قواعد شامل سه

و مقایسه تطبیقی آنها با یکدیگر می‌باشد. روش مورد استفاده برای زمان‌بندی قواعد به طور مستقیم در فاکتورهایی مانند زمان پاسخگویی سیستم به تراکنش‌ها، زمان بازگشت تراکنش‌ها، توان عملیاتی سیستم و بطور کلی در کارایی سیستم پایگاه داده پویا، بسیار مؤثر است.

این مقاله در پنج بخش تنظیم شده است، در بخش دوم به معرفی اجمالی روش‌های موجود برای زمان‌بندی قواعد می‌پردازیم. در بخش سوم پارامترهای ارزیابی مورد استفاده برای مقایسه روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد را به صورت فرمال تعریف می‌نماییم. سپس در بخش چهارم معماری ADSS و نحوه عملکرد آن را شرح می‌دهیم. پس از آماده‌سازی بستر آزمایشات به بررسی عملکرد هر یک از روش‌های زمان‌بندی قواعد در ADSS و ارائه نتایج آزمایشات می‌پردازیم. سرانجام در بخش پنجم مطالب مطرح شده در مقاله را جمع‌بندی می‌نماییم.

## ۲- معرفی روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد

در یک سیستم مدیریت پایگاه داده پویا به فرایند تخصیص اولویت به قواعد فعال به منظور ارزیابی بخش شرط و اجرای بخش عمل در صورت درستی شرط، زمان‌بندی قواعد گویند. در ادامه، روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد را به طور اجمالی معرفی می‌نماییم.

### ۲-۱- روش اتفاقی<sup>۱۰</sup>

در این روش هرگاه که در چرخه پردازش قواعد نیاز به انتخاب قاعده جدیدی برای اجرا باشد، از بین قواعد فعال درسیستم به صورت اتفاقی یکی برای اجرا انتخاب می‌شود [۲].

### ۲-۲- روش اولویت ایستا<sup>۱۱</sup>

در این روش به هر یک از قواعد یک عدد صحیح به عنوان اولویت نسبت داده می‌شود. سپس در هنگام انتخاب قواعد برای اجرا، قاعده‌ای که در بین قواعد فعال موجود دارای کوچکترین اولویت باشد، برای اجرا انتخاب می‌شود [۱].

### ۲-۳- روش مبتنی بر برچسب زمانی<sup>۱۲</sup>

در این روش به هر قاعده که در حالت فعال قرار بگیرد یک برچسب زمانی که مشخص‌کننده زمان فعال شدن آن قاعده است، تخصیص می‌یابد. در هنگام انتخاب، قاعده‌ای که دارای

کوچکترین برچسب زمانی باشد، برای اجرا انتخاب خواهد شد [۱].

## ۴-۲- روش مبتنی بر الگوریتم نزدیکترین ضرب-العجل (EDF)<sup>۱۳</sup>

این روش یکی از کامل‌ترین روش‌هایی است که تاکنون برای زمان‌بندی قواعد در سیستم‌های پایگاه داده پویای بلادرنگ ارائه شده است. در این روش، هنگام انتخاب، قاعده‌ای که دارای نزدیکترین ضرب‌العجل باشد، برای اجرا انتخاب می‌شود. براساس نحوه محاسبه اولویت قواعد (که مبتنی بر ضرب‌العجل قواعد است)، سه نسخه مختلف از روش مبتنی بر EDF طراحی شده است. اولی در حقیقت همان الگوریتم EDF صرف است. در دومی یک تغییر کوچک در الگوریتم EDF داده شده است به این ترتیب که اولویت قاعده پدر وقتی یک قاعده فرزند تولید می‌شود، تغییر می‌کند. در سومی اولویت قاعده پدر در هر لحظه براساس سه پارامتر تخمین زمان اجرای قاعده، تعداد قواعد فرزند فعلی و تخمین تعداد قواعد فرزند که در آینده تولید خواهد شد، محاسبه می‌شود. این سه نسخه به ترتیب  $EDF_{DIV}$ ،  $EDF_{PD}$  و  $EDF_{SL}$  نامیده می‌شوند [۱،۲].

## ۵-۲- روش زمان‌بندی $Ex-SJF$ <sup>۱۴</sup>

در این روش هرگاه که نیاز به انتخاب یکی از تراکنش‌های فعال در سیستم باشد، از بین آنها تراکنشی که دارای کمترین زمان اجراست، انتخاب می‌شود. در روش  $Ex-SJF$  به دلیل تولید پویای تراکنش‌ها، زمان اجرای واقعی یک تراکنش، علاوه بر زمان اجرای خودش، شامل زمان اجرای تراکنش‌های فوری و تعویقی که به صورت بالقوه توسط این قاعده تولید و اجرا خواهند شد، نیز می‌باشد. محاسبه زمان واقعی اجرای قواعد در زمان اجرا امکان‌پذیر است. اما انجام آن به دلیل در پی داشتن سربار محاسباتی زیاد، منجر به یک روش زمان‌بندی ناکارا خواهد شد. لذا تمام نسخه‌های روش  $Ex-SJF$  زمان اجرای قواعد را به روش فوق، اما پیش از اجرا محاسبه می‌نمایند.

محاسبه زمان واقعی اجرای یک قاعده پیش از زمان اجرا مستلزم تخمین احتمال اجرای قواعدی است که در دل آن قاعده در زمان اجرا به صورت پویا فعال می‌شوند. اجرای یک قاعده منوط به درستی بخش شرط آن است. به عبارت دیگر

است. این سه بخش عبارتند از: واحد مدیریت اشیاء داده، واحد مدیریت قواعد و واحد مدیریت تراکنش‌ها. در ادامه هر یک از بخش‌های ADSS را به تفصیل شرح می‌دهیم. شکل ۱ معماری ADSS را نشان می‌دهد.

#### ۴-۱- واحد مدیریت اشیاء داده

این واحد، رفتار سیستم مدیریت پایگاه داده ایستا را شبیه-سازی می‌کند. داده‌ها در سیستم شبیه‌ساز ADSS به صورت مجموعه‌ای از اشیاء تعریف می‌شوند. هر شیء داده دارای تعدادی رویه از پیش تعریف شده است که فقط از طریق همین رویه‌ها قابل دسترسی است. این رویه‌ها که در حقیقت دستورات تشکیل دهنده تراکنش‌ها هستند توسط آنها فراخوانی می‌شوند. علاوه بر این، واحد مدیریت اشیاء داده مسوول کنترل همزمانی تراکنش‌ها نیز می‌باشد. همچنین این واحد در صورت وقوع رویدادهایی که اشیاء داده تولید کننده آنها هستند، واحد مدیریت قواعد را از وقوع آنها آگاه می‌سازد. دو نوع رویداد مبتنی بر اشیاء داده که در ADSS پشتیبانی می‌شود عبارتند از: رویداد خواندن از و رویداد نوشتن در اشیاء داده [۵].

#### ۴-۲- واحد مدیریت قواعد

این واحد مسوول حفاظت، نگهداری، فعال‌سازی و کنترل بخش شرط قواعد و در نهایت ساخت تراکنش از روی بخش عمل قواعد است. واحد مدیریت قواعد در صورتیکه پیامی از واحدهای مدیریت اشیاء داده و مدیریت تراکنش‌ها مبنی بر وقوع یک رویداد دریافت نماید، پایگاه قاعده را ارزیابی نموده که آیا براساس رویداد مذکور، قاعده‌ای (هایی) فعال می‌شود (می‌شوند) یا خیر. علاوه بر این، واحد مدیریت قواعد عمل کنترل شرط قواعد فعال شده را نیز انجام می‌دهد و در صورتیکه شرط هر یک از قواعد فعال شده دارای ارزش درست باشد بر اساس بخش عمل آن قاعده، تراکنشی را تولید می‌نماید. واحد مدیریت قواعد در ADSS شامل سه بخش داخلی است: بخش پایگاه قاعده، بخش میانگیری قواعد<sup>۱۵</sup> و بخش تولید تراکنش.

#### ۴-۲-۱- بخش پایگاه قاعده

این بخش وظیفه حفظ، نگهداری و فعال‌سازی قواعد را بر عهده دارد. در ADSS دو نوع قاعده وجود دارد: « قواعد حساس به زمان» و « قواعد غیر حساس به زمان».

احتمال اجرای یک قاعده، همان احتمال درستی شرط آن قاعده است. احتمال درستی یک عبارت شرطی غالباً قبل از اجرای آن به صورت قطعی وجود ندارد، هر سه نسخه روش EX-SJF یعنی EX-SJF<sub>PRO</sub>، EX-SJF<sub>EXA</sub> و EX-SJF<sub>PRO</sub> به منظور پیش‌بینی قواعد فرزند یک قاعده به تشکیل درخت اجرای قواعد می‌پردازند [۴، ۱]. وجه تمایز این نسخه‌ها در نحوه تخمین احتمال اجرای قواعد فرزند می‌باشد. در مرجع [۱] نحوه عملکرد نسخه‌های مختلف EX-SJF شرح داده شده است.

#### ۳- پارامترهای ارزیابی

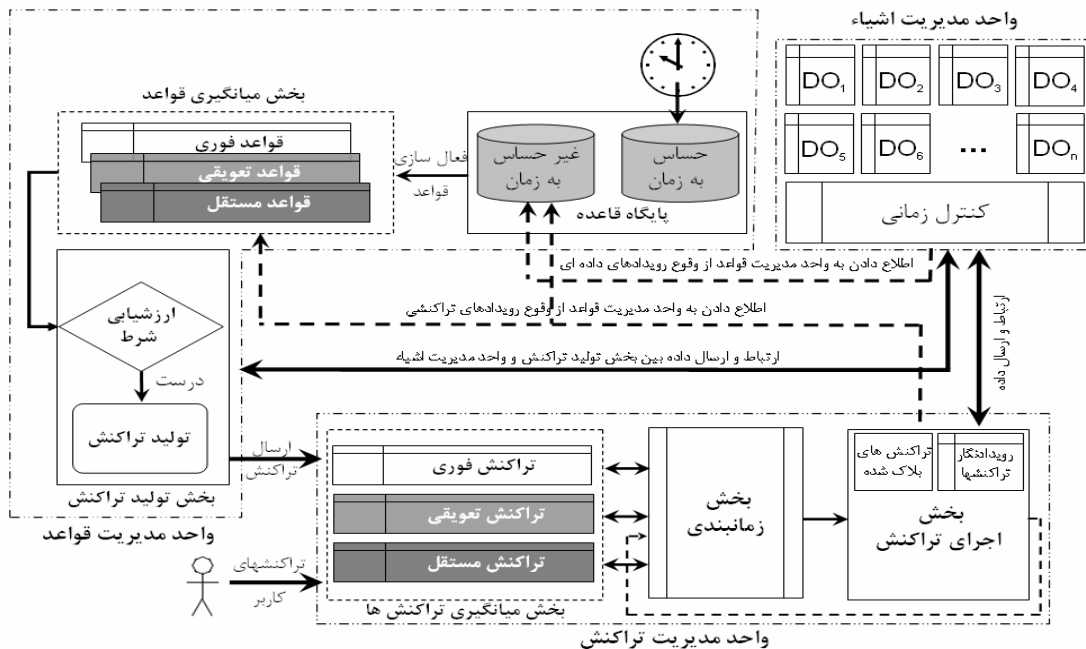
پارامترهای ارزیابی مورد استفاده برای مقایسه روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد عبارتند از: میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی، توان عملیاتی، میزان سربار محاسباتی به ازاء هر تراکنش و بهره پردازشگر. جدول ۱ تعریف پارامترهای ارزیابی فوق را به صورت فرمال نشان می‌دهد.

جدول ۱: تعریف فرمال پارامترهای ارزیابی [۱]

N = Number of Executed Rules ART = Average Response Time RTSV = Response Time Standard Variance U <sub>CPU</sub> = CPU Utilization TOPT = Time Overhead Per Transaction	
$T_1^i = \text{Activation Time of } i^{\text{th}} \text{ Rule}$ $T_2^i = \text{Start of Execution Time of } i^{\text{th}} \text{ Rule}$ $T = (T_2^N + \text{Execution Time of } N^{\text{th}} \text{ Rule}) - T_1^1$ $T^* = \sum_{i=1}^N \text{Real Execution Time of } i^{\text{th}} \text{ Rule}$	
$U_{\text{CPU}} = \frac{T^*}{T} * 100$	$RTSV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N ((T_2^i - T_1^i) - ART)^2}{N}}$
$ART = \frac{\sum_{i=1}^N (T_2^i - T_1^i)}{N}$	$\text{Throughput} = \frac{N}{T}$ $TOPT = \frac{T - T^*}{N}$

#### ۴- معماری شبیه‌ساز سیستم پایگاه داده پویا

برای پیاده‌سازی روش‌های زمان‌بندی قواعد و بررسی عملکرد آنها نیاز به محیطی است که بتواند رفتار یک سیستم پایگاه داده پویا را شبیه‌سازی کند. برای این منظور در آزمایشگاه سیستم‌های هوشمند، یک محیط آزمایشگاهی به نام شبیه‌ساز سیستم پایگاه داده پویا (ADSS) طراحی و پیاده‌سازی کرده‌ایم. ADSS دارای معماری سه بخشی



شکل ۱: معماری سیستم شبیه‌ساز پایگاه داده پویا (ADSS)

شوند. پس از اینکه کار میانگیری قواعد پایان یافت، نوبت به ارزیابی شرط قواعد می‌رسد. اما مساله‌ای که وجود دارد این است که نوع پیوستگی رویداد-شرط، زمان انجام ارزشیابی شرط قواعد را مشخص می‌کنند. به همین دلیل قواعد موجود در میانگیر قواعد فوری برای ارزشیابی شرط انتخاب شده و به بخش تولید تراکنش ارسال می‌شوند. به دلیل نوع پیوستگی رویداد-شرط قواعد موجود در میانگیرهای تعویقی و مستقل ارزشیابی بخش شرط قواعد موجود در آنها در این زمان انجام نمی‌شود بلکه این قواعد در میانگیر باقی خواهند ماند تا زمانیکه اجرای تراکنش جاری به پایان برسد. قبل از اینکه تراکنش جاری عمل اتمام را انجام دهد بخش میانگیری قواعد با پیامی که از واحد مدیریت تراکنشها دریافت می‌کند قواعد موجود در میانگیر قواعد تعویقی که وابسته به تراکنش اجرا شده بودند را برای ارزشیابی شرط به بخش تولید تراکنش ارسال می‌نماید. اما عمل ارسال قواعد موجود در میانگیر قواعد مستقل پس از اتمام کامل اجرای تراکنش جاری انجام می‌شود.

#### ۴-۲-۳- بخش تولید تراکنش

قواعدی که به این بخش وارد می‌شوند ابتدا شرطشان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در صورتیکه شرط آنها دارای ارزش درست باشد از بخش عمل این قواعد یک تراکنش تولید

حساس به زمان قواعدی هستند که فقط در اثر گذر زمان فعال می‌شوند. اما منبع وقوع رویدادهای قواعد غیر حساس به زمان واحد مدیریت اشیاء داده و واحد مدیریت تراکنشها می‌باشد. وقوع رویدادهایی که منشاء تولیدشان هر یک از این دو واحد می‌باشد (در صورت رخ دادن) به پایگاه قاعده اطلاع داده می‌شود. بخش پایگاه قواعد پس از اطلاع از وقوع رویدادها، قاعده‌هایی که بخش رویداد آنها به وقوع پیوسته است را شناسایی نموده و آنها را به بخش میانگیری قواعد ارسال می‌کند.

#### ۴-۲-۲- بخش میانگیری قواعد

پس از اینکه بخش پایگاه قاعده یکسری قواعد را فعال نمود و آنها را به بخش میانگیری ارسال کرد، در این بخش از روی قواعد نمونه‌هایی ساخته می‌شود که حاوی اطلاعات قاعده از قبیل نوع پیوستگی رویداد-شرط<sup>۱۶</sup>، نوع پیوستگی شرط-عمل<sup>۱۷</sup>، بخش شرط، بخش عمل، زمان فعال شدن و شناسه تراکنش فعال کننده قاعده می‌باشد. در بخش میانگیری قواعد، سه میانگیر موقتی به نامهای میانگیر قواعد فوری، تعویقی و مستقل وجود دارد که با توجه به اینکه نوع پیوستگی رویداد-شرط قاعده فعال شده چه باشد در یکی از این میانگیرهای موقتی قرار داده می‌شود. قواعد فعال شده به ترتیب زمان فعال شدنشان در این میانگیرها مرتب می-

زمان‌بندی تراکنش‌ها نیز قابلیت استفاده از هر یک از روش‌های زمان‌بندی موجود وجود دارد. وظیفه اصلی این بخش ایجاد یک ترتیب منطقی بین تراکنش‌های موجود در سیستم براساس معیارهایی که برای زمان‌بندی برگزیده می‌شوند است. نهایتاً براساس روش زمان‌بندی مورد استفاده در این بخش یکی از تراکنش‌های موجود در میانگیرها انتخاب شده و به بخش اجرای تراکنش ارسال می‌شود.

#### ۴-۳-۳- بخش اجرای تراکنش

این بخش مسوول اجرای تراکنشی است که از زمان‌بند دریافت می‌کند. بدین ترتیب که دستورات تراکنش جاری را یکی یکی اجرا می‌نماید و در صورت وقوع هر یک از رویدادهای تراکنشی که ADSS از آنها پشتیبانی می‌کند واحد مدیریت قواعد را آگاه می‌سازد. هنگامی که وقوع یکسری رویداد به واحد مدیریت قواعد اطلاع داده می‌شود کنترل اجرا از واحد مدیریت تراکنش خارج شده و به واحد مدیریت قواعد منتقل می‌شود. در واحد مدیریت قواعد پس از انجام عملیات شناسایی، قواعد مرتبط با آن رویدادها فعال شده، در صورت لزوم، تراکنش‌های متناظر قواعد فوری، تولید شده و در بخش میانگیر قواعد فوری قرار می‌گیرند. در این لحظه اگر تراکنشی در میانگیر فوری وجود داشته باشد تراکنش جاری (که پدر تراکنش‌های تولید شده است) بلاک شده و به بخش تراکنش‌های بلاک شده منتقل می‌شود. حال براساس روش زمان‌بندی مورد استفاده یکی از تراکنش‌های فوری انتخاب و اجرا می‌شود. پس از اجرای کلیه تراکنش‌های فوری باید تراکنش پدر آنها که بلاک شده بود دوباره فعال شده و به اجرا درآید. پس از پایان اجرای تراکنش پدر و قبل از اتمام آن، وقوع رویداد «قبل از اتمام» تراکنش پدر به واحد مدیریت قواعد اطلاع داده می‌شود. اکنون قواعد تعویقی که توسط تراکنش پدر در زمان اجرائش فعال شده بودند، در صورت امکان به بخش تولید تراکنش ارسال می‌شوند. در این مرحله نوبت اجرای تراکنش‌های فوری و تعویقی است که بر اساس روش زمان‌بندی مورد استفاده انتخاب شده و اجرا گردند. پس از اتمام اجرای تراکنش‌های فرزند، عمل اتمام تراکنش پدر انجام می‌شود و متعاقب آن رویداد اتمام تراکنش پدر به واحد مدیریت قواعد ارسال می‌شود و پس از آن میانگیر قواعد مستقل برای تولید تراکنش بررسی می‌شود. چرخه بالا به صورت پویا در ADSS انجام می‌شود.

می‌شود و به واحد مدیریت تراکنش‌ها ارسال می‌شود. علاوه بر دستوراتی که آن تراکنش را تشکیل می‌دهند، اطلاعاتی که در یک تراکنش قرار می‌گیرد عبارتند از: شناسه قاعده تولیدکننده تراکنش، زمان تولید تراکنش، نوع پیوستگی شرط-عمل قاعده تولیدکننده تراکنش و شناسه تراکنش فعال کننده قاعده مذکور.

#### ۴-۳-۴- واحد مدیریت تراکنش‌ها

پس از اینکه در بخش تولید تراکنش، بخش عمل قواعد فعال شده تبدیل به یکسری تراکنش شد، این تراکنش‌ها به واحد مدیریت تراکنش وارد می‌شوند. علاوه بر تراکنش‌هایی که از واحد مدیریت قواعد به واحد مدیریت تراکنش‌ها وارد می‌شوند، ADSS قابلیت مدیریت تراکنش‌هایی را که مستقیماً از سوی کاربر تولید می‌شوند نیز دارد. این نوع تراکنش‌ها در سیستم از نوع پیوستگی مستقل در نظر گرفته شده و همراه با سایر تراکنش‌ها به این واحد وارد می‌شوند. واحد مدیریت تراکنش‌ها مسوول زمان‌بندی و اجرای کلیه تراکنش‌های موجود در سیستم است. این واحد شامل سه بخش داخلی است: بخش میانگیری تراکنش‌ها، بخش زمان‌بندی و بخش اجرای تراکنش.

#### ۴-۳-۱- بخش میانگیری تراکنش‌ها

تراکنش‌ها پس از وارد شدن به واحد مدیریت تراکنش به بخش میانگیری تراکنش‌ها ارسال می‌شوند. در این بخش سه میانگیر به نام‌های میانگیر تراکنش‌های فوری، تعویقی و مستقل وجود دارد که هر تراکنش با توجه به نوع پیوستگی شرط-عمل قاعده تولیدکننده‌اش در یکی از این میانگیرها قرار داده می‌شود. اولویت اجرای تراکنش‌های میانگیر فوری از دو میانگیر دیگر بیشتر بوده و پس از آن تراکنش‌های میانگیر تعویقی قرار دارد و میانگیر تراکنش‌های مستقل از این نظر در رتبه آخر قرار می‌گیرد.

#### ۴-۳-۲- بخش زمان‌بندی تراکنش‌ها

روشی که برای زمان‌بندی اجرای تراکنش‌ها در سیستم پایگاه داده پویا استفاده می‌شود در این بخش قرار می‌گیرد. یکی از ویژگی‌های بسیار مهم ADSS این است که بخش‌های مختلف سیستم به گونه‌ای طراحی شده‌اند که کمترین ارتباط را با یکدیگر دارند و تغییرات هر بخش کمترین اثر را بر روی سایر بخش‌ها به دنبال خواهد داشت. در بخش

SJF است، هرچه زمان اجرای قواعد با دقت بیشتری محاسبه شود، کارایی زمان‌بند بهتر می‌شود.

## مراجع

- [1] Rasoolzadegan, A., Alesheykh, R., Abdollahzadeh, A., "A new approach for Event Triggering Probability Estimation in Active Database Systems to Rule Scheduling Improvement", 2nd IEEE International Conference on Information & Communication Technologies: From Theory to Applications, Damascus, Syria, and April 24 - 28, 2006.
- [2] Rasoolzadegan, A., Alesheykh, R., Abdollahzadeh, A., "Measuring Evaluation Parameters in Benchmarking Rule Scheduling Methods in Active Database Systems", The IEEE International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE'06), Kuala Lumpur, Malaysia, May 9-11, 2006.
- [3] Vadua, A., "Rule Development for active database", PhD Thesis, CS Department, University of Zurich, 1999.
- [4] Alesheykh, R., Abdollahzadeh, A., "Evaluation of Shortest Job First Approach for Rule Scheduling in Active Database Systems", in Proceedings of the 9th IASTED International Conference on Artificial Intelligence & Soft Computing (ASC'05), Benidorm, Spain, September 2005.
- [5] Geppert, A., Gatzju, S., Dittrich, K. R., Fritschi, H., Vaduva, A., "Architecture and implementation of the active object-oriented database management system SAMOS", Technical Report 95.29, CS Department, University of Zurich, 1995.

## آخر نویس‌ها

- <sup>1</sup> Active Database System
- <sup>2</sup> Rule Scheduling
- <sup>3</sup> Three Tier Architecture
- <sup>4</sup> Active Database System Simulator
- <sup>5</sup> Average Response Time
- <sup>6</sup> Response Time Variance
- <sup>7</sup> Throughput
- <sup>8</sup> Time Overhead per Transaction
- <sup>9</sup> CPU Utilization
- <sup>10</sup> Random Scheduling Approach
- <sup>11</sup> Total Order (Static Priority)
- <sup>12</sup> First Come First Serve
- <sup>13</sup> Earliest Deadline First
- <sup>14</sup> Extended Shortest Job First
- <sup>15</sup> Buffering Rules Unit
- <sup>16</sup> Event\_Condition Coupling
- <sup>17</sup> Condition\_Action Coupling

پس از طراحی و پیاده‌سازی بستر آزمایشگاهی مناسب، روش‌های زمان‌بندی موجود را پیاده‌سازی و عملکرد آنها را بررسی نمودیم و در نهایت به مقایسه و ارزیابی عملکرد آنها بر اساس پارامترهای ارزیابی تعریف شده در بخش سوم پرداختیم. جدول ۲ نتایج آزمایشات را نشان می‌دهد. عددی که مقابل هر روش زمان‌بندی و پارامتر ارزیابی در هر خانه نوشته شده است، نشان دهنده رتبه آن روش زمان‌بندی در بین کلیه روش‌های مورد ارزیابی از نقطه نظر آن پارامتر ارزیابی است.

جدول ۲: نتایج ارزیابی روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد

پارامترهای ارزیابی روش‌ها	میانگین زمان پاسخگویی	انحراف معیار زمان پاسخگویی	توان عملیاتی	سربرار به ازاء هر تراکنش	بهره پردازشگر
اتفاقی	۳	۴	۵	۱	۳
اولویت ایستا	۳	۴	۴	۱	۳
برجسب زمانی	۳	۳	۳	۱	۳
EDF <sub>PD</sub>	۳	۶	۲	۱	۳
EDF <sub>DIV</sub>	۳	۳	۲	۱	۳
EDF <sub>SL</sub>	۳	۵	۳	۱	۱
E <sub>x</sub> -SJF <sub>EXA</sub>	۲	۵	۲	۱	۲
E <sub>x</sub> -SJF <sub>PRO</sub>	۲	۲	۲	۲	۱
E <sub>x</sub> -SJF <sub>PRO</sub> -V.1.8	۱	۱	۱	۲	۱

نتایج آزمایشات حاکی از آن است که در مجموع روش E<sub>x</sub>-SJF<sub>PRO</sub>-V.1.8 از سایر روش‌ها کارتر است. در مرجع [۲] نتایج مقایسه و ارزیابی روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد به تفصیل تحلیل و ارائه شده است.

## ۵- جمع‌بندی

در این مقاله، ابتدا ابزاری جهت بررسی عملیاتی سیستم پایگاه داده پویا ارائه شد. هدف از این کار ارزیابی عملکرد روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد بر اساس مجموعه‌ای از پارامترهای ارزیابی بود. برای این منظور یک محیط آزمایشگاهی به نام شبیه‌ساز سیستم پایگاه داده پویا (ADSS)، طراحی و پیاده‌سازی نمودیم. پارامترهای ارزیابی بکار گرفته شده برای مقایسه روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد عبارتند از: میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی، توان عملیاتی، میزان زمان سربرار محاسباتی به ازای هر تراکنش و بهره پردازشگر.

نتایج آزمایشات نشان داد، در بین روش‌های زمان‌بندی موجود، روش E<sub>x</sub>-SJF<sub>PRO</sub>-V.1.8 از کارایی بهتری برخوردار است. به طور کلی در روش E<sub>x</sub>-SJF که مبتنی بر الگوریتم