

# Ex-SJF<sub>PRO</sub>-V.2.8: روش جدید زمان بندی قواعد بر مبنای تخمین احتمال اجرای

## قواعد در پایگاه داده پویا

عباس رسولزادگان و احمد عبدالله زاده

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- سیستم مدیریت پایگاه داده پویا<sup>۱</sup>، سیستمی است که امکان تعریف مجموعه‌ای از رویدادها و واکنش‌های متناظر آن‌ها را میسر می‌سازد تا در صورت وقوع رویداد خاصی، بتواند بطور خودکار، واکنش مقتضی را انجام دهد. رفتار واکنشی سیستم پایگاه داده پویا به- وسیله مجموعه‌ای از قواعد پویا<sup>۲</sup> سازماندهی می‌شود. روش زمان بندی قواعد<sup>۳</sup>، تأثیر بسزایی در کارایی سیستم پایگاه داده پویا دارد. تاکنون روش‌های متعددی برای زمان بندی قواعد در سیستم‌های پایگاه داده پویا ارائه شده است. پیش از این روشی برای زمان بندی قواعد بر مبنای الگوریتم SJF<sup>۴</sup> ارائه کرده‌ایم و آن را با روش‌های زمان بندی موجود مقایسه نموده‌ایم. در این مقاله، با هدف بهبود روش ارائه شده پیشین روش زمان بندی جدیدی معرفی می‌نماییم. این روش بر مبنای تخمین احتمال اجرای قواعدی که در دل یک قاعده (قاعده پدر) به صورت پویا تولید می‌شوند (قواعد فرزند)، طراحی و پیاده‌سازی شده است. در ادامه روش‌هایی را که تاکنون بر مبنای الگوریتم SJF ارائه شده‌اند، براساس پنج پارامتر ارزیابی، مقایسه می‌نماییم. پارامترهای ارزیابی مورد استفاده عبارتند از: میانگین زمان پاسخگویی<sup>۵</sup>، انحراف معیار زمان پاسخگویی<sup>۶</sup>، توان عملیاتی<sup>۷</sup>، میزان سربرای محاسباتی<sup>۸</sup> و بهره پردازشگر<sup>۹</sup>. آزمایشات انجام شده نشان می‌دهد که تکنیک جدید ارائه شده برای زمان بندی قواعد در مجموع از سایر روش‌های مورد ارزیابی، کارا تر است.

کلید واژه- الگوریتم SJF، پایگاه داده پویا، تخمین احتمال اجرای قواعد، زمان بندی قواعد، سیستم‌های مبتنی بر قاعده، قاعده پویا.

### ۱- مقدمه

از قواعد پویا سازماندهی می‌شود. این قواعد، وضعیت‌های مختلف پایگاه داده را که باید تحت کنترل قرار گرفته و واکنش لازم نسبت به آنها انجام شود، تعیین می‌کنند. در حالت کلی، این قواعد شامل سه بخش به نام‌های رویداد، شرط و عمل هستند. به همین دلیل به آنها قواعد رویداد- شرط-عمل یا به اختصار ECA<sup>۱</sup> گفته می‌شود [۲،۳].

در یک سیستم پایگاه داده پویا، در ابتدای امر، برنامه کاربردی در حال اجراست. تا زمانیکه 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 زمان بندی 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

پایگاه‌های داده متداول دارای ماهیت ایستا هستند، یعنی اعمال پرس و جو، بهنگام سازی، درج، حذف، گزارش گیری و غیره هر زمان که توسط کاربر درخواست شوند، انجام می- پذیرند و سیستم مدیریت پایگاه داده هیچ ابتکار عملی در هنگام رخ دادن شرایط خاص در سیستم ندارد. بسیاری از برنامه‌های کاربردی مانند برنامه‌های انبارداری، اتوماسیون کارخانه‌جات و سیستم‌های دارای محاسبات پیچیده مالی (مانند بازار سهام) نیاز به نظارت خودکار دارند تا در صورت وقوع رویداد خاصی، سیستم مدیریت پایگاه داده واکنش مقتضی را انجام دهد [۱]. برای این منظور باید سیستم پایگاه داده‌ای طراحی شود که امکان تعریف رویدادهای مورد نظر و واکنش‌های متناظر آن‌ها در آن گنجانده شود، به چنین سیستمی، سیستم پایگاه داده پویا گفته می‌شود [۱].

رفتار واکنشی سیستم پایگاه داده پویا به وسیله مجموعه‌ای

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 [۴،۳].

برای پشتیبانی از قواعد پویا، یک سیستم مدیریت پایگاه داده پویا علاوه بر بخش‌هایی که یک سیستم مدیریت پایگاه داده ایستا دارد، حداقل باید شامل دو بخش: (۱) تولید و مدیریت قواعد و (۲) پردازش قواعد باشد. فرآیند تولید قواعد خود، شامل پنج مرحله: (۱) استخراج قواعد، (۲) توصیف قواعد، (۳) پیاده‌سازی قواعد، (۴) بررسی و اعتبارسنجی قواعد و (۵) نگهداری قواعد می‌باشد. فرآیند پردازش قواعد نیز شامل پنج مرحله: (۱) تشخیص رویداد، (۲) فعال‌سازی قواعد، (۳) انتخاب قاعده، (۴) کنترل شرط و (۵) اجرا می‌باشد [۶،۵]. 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 [۷،۱].

این مقاله در پنج بخش تنظیم شده است، در بخش دوم به معرفی روش‌های زمان‌بندی قواعد در پایگاه داده پویا که بر مبنای الگوریتم SJF عمل می‌نمایند، می‌پردازیم. در بخش سوم با هدف بهبود فرآیند زمان‌بندی قواعد، روشی جدید بر مبنای الگوریتم SJF و بر اساس تخمین احتمال اجرای قواعد معرفی می‌نامیم. در بخش چهارم در یک محیط آزمایشگاهی با شبیه‌سازی رفتار سیستم پایگاه داده پویا و پیاده‌سازی روش‌های مختلف زمان‌بندی مبتنی بر الگوریتم SJF به بررسی عملکرد این روش‌ها می‌پردازیم و آنها را بر اساس پارامترهای ارزیابی متعدد با یکدیگر مقایسه می‌نماییم. سپس بر اساس نتایج آزمایشات نشان می‌دهیم که روش جدید ارائه شده از سایر روش‌های مورد ارزیابی کارا تر است. سرانجام در بخش پنجم مطالب مطرح شده در مقاله را جمع بندی می‌نماییم.

## ۲- معرفی روش‌های زمان‌بندی مبتنی بر SJF

در سیستم مدیریت پایگاه داده پویا به تخصیص اولویت به قواعد فعال به منظور: ۱- ارزیابی بخش شرط قواعد و ۲- اجرای آنها در صورت درست بودن بخش شرط، زمان‌بندی

قواعد گویند. تاکنون روش‌های متعددی برای زمان‌بندی قواعد ارائه شده است که عبارتند از: روش اتفاقی<sup>۱۱</sup>، اولویت ایستا<sup>۱۲</sup>، روش مبتنی بر برجسب زمانی<sup>۱۳</sup>، روش مبتنی بر الگوریتم نزدیکترین ضرب العجل<sup>۱۴</sup> و روش مبتنی بر الگوریتم ابتدا کوچکترین کار (E<sub>X</sub>-SJF)<sup>۱۵</sup>. نتایج ارزیابی روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد در مجموع حاکی از کارا تر بودن نسخه‌های مختلف روش E<sub>X</sub>-SJF نسبت به سایر روش‌ها است [۲]. هدف ما نیز در این مقاله بهبود روش E<sub>X</sub>-SJF می‌باشد، اما پیش از ارائه روش جدید، به معرفی نسخه‌های موجود روش E<sub>X</sub>-SJF می‌پردازیم.

روش E<sub>X</sub>-SJF مبتنی بر روش SJF است که یکی از روش‌های کلاسیک زمان‌بندی است که بر اصل ساده "هر تراکنشی که دارای زمان اجرای کوتاه‌تری است، زودتر باید اجرا شود"، استوار است. استفاده از روش زمان‌بندی SJF در سیستم‌های متداول پردازش تراکنش موجب کاهش میانگین زمان پاسخگویی و کاهش میانگین زمان بازگشت خواهد شد. اما این روش کلاسیک به همین صورت قابل استفاده در سیستم‌هایی که دارای خاصیت تولید تراکنش پویا هستند، (مانند سیستم‌های پایگاه داده پویا) نیست و استفاده از آن موجب بهبود زمان‌بندی نخواهد شد [۷]. شایان ذکر است که مجموعه دستورات بخش عمل یک قاعده در قالب یک تراکنش اجرا می‌شوند.

در روش E<sub>X</sub>-SJF [۲] هرگاه که نیاز به انتخاب یکی از تراکنش‌های فعال در سیستم باشد، از بین آنها تراکنشی که دارای کمترین زمان اجراست، انتخاب می‌شود. تفاوت بین روش SJF و E<sub>X</sub>-SJF در نحوه محاسبه زمان اجرای تراکنش‌ها است. در روش E<sub>X</sub>-SJF به دلیل تولید پویای تراکنش‌ها، نمی‌توان فاکتور انتخاب تراکنش‌ها را فقط زمان اجرای خود تراکنش قرار داد. زیرا هر تراکنشی که در یک سیستم پایگاه داده پویا اجرا می‌شود به صورت بالقوه مجموعه‌ای از قواعد پویا را در سیستم فعال می‌کند. تراکنش‌های حاصل از این قواعد نیز در صورت اجراء، مجموعه‌ای دیگر از قواعد را به صورت بالقوه فعال خواهند کرد و این عمل تا چند سطح ممکن است انجام پذیرد. لذا زمان اجرای واقعی یک تراکنش، علاوه بر زمان اجرای خودش، شامل زمان اجرای تراکنش‌های فوری<sup>۱۶</sup> و تعویقی<sup>۱۷</sup> که به صورت بالقوه توسط این قاعده تولید و اجرا خواهند

محاسبه می‌شود.

$$X(R) = L(R) + \sum_{i=1}^{n^{imm}(R)} X^{imm}(R) + \sum_{j=1}^{n^{def}(R)} X^{def}(R) \quad (2)$$

$X^{imm}(R)$	R زمان اجرای دقیق تراکنش فوری حاصل از
$X^{def}(R)$	R زمان اجرای دقیق تراکنش تعویقی حاصل از
$L(R)$	R تعداد دستورات بخش عمل قاعده
$n^{def}(R)$	R تعداد قواعد تعویقی تولیدی توسط
$n^{imm}(R)$	R تعداد قواعد فوری تولیدی توسط
$X(R)$	R زمان واقعی اجرای بخش عمل قاعده

در رابطه ۲ فرض شده است که اجرای هر دستور در بخش عمل قواعد، ۱ واحد زمانی به طول می‌انجامد. لذا زمان اجرای هر قاعده به تنهایی،  $L(R)$  خواهد شد.

### ۲-۱-۲-۲ روش زمان بندی $E_X-SJF_{PRO}$

در این روش احتمال درستی هر یک از عبارات شرطی موجود در بخش شرط یک قاعده به صورت یکسان  $1/2$  در نظر گرفته شده است. بنابراین احتمال درستی شرط قاعده R که در بخش پیشین بیان شد، طبق رابطه ۱ خواهد شد:

$$P[(A \cap B) \cup (C \cap D)] = \frac{1}{2} * \frac{1}{2} + \frac{1}{2} * \frac{1}{2} - \frac{1}{2} * \frac{1}{2} * \frac{1}{2} * \frac{1}{2} = \frac{7}{16}$$

بدیهی است که در این روش هر چه عبارات شرطی به کار رفته در بدنه شرط، کمتر و ساده‌تر باشد، احتمال وقوع آن شرط بیشتر بوده و تأثیر زمان اجرای قاعده متبوع آن شرط بر زمان اجرای قاعده پدرش، بیشتر خواهد بود [۲]. با توجه به مطالب فوق، زمان اجرای هر قاعده در این روش از رابطه ۳ قابل محاسبه است.

$$X(R) = L(R) + \sum_{i=1}^{n^{imm}(R)} P(R) * X^{imm}(R) + \sum_{j=1}^{n^{def}(R)} P(R) * X^{def}(R) \quad (3)$$

$P(R)$  احتمال درستی شرط قاعده فوری یا تعویقی حاصل از R

### ۲-۱-۳-۲ روش زمان بندی $E_X-SJF_{PRO-V.1.8}$

این روش یک پیمانانه تخمین به روش  $E_X-SJF_{PRO}$  اضافه کرده است. بدین ترتیب که در ابتدا زمان اجرای هر قاعده، به روش  $E_X-SJF_{PRO}$  محاسبه می‌شود. سپس هر بار که یک قاعده فعال (R) با توجه به مکانیزم زمان بندی مورد استفاده، از لیست قواعد فعال انتخاب می‌شود تا بخش شرط آن مورد ارزیابی قرار گیرد، احتمال درستی هر یک از عبارات منطقی  $(LS_i)$  موجود در بخش شرط آن قاعده یعنی  $(P(R, LS_i))$  طبق رابطه ۴ محاسبه و ذخیره می‌شود.

$$P(R, LS_i) = \frac{\text{تعداد دفعاتی که } LS_i \text{ تاکنون ارزیابی شده و درست بوده است}}{\text{تعداد دفعاتی که } R \text{ تاکنون فعال شده است}} \quad (4)$$

شد، نیز می‌باشد. محاسبه زمان واقعی اجرای قواعد در زمان اجرا به روش فوق امکان پذیر است. اما انجام آن به دلیل در پی داشتن سربار محاسباتی و زمانی زیاد، منجر به یک روش زمان بندی ناکارا خواهد شد. لذا تمام نسخه‌های روش  $E_X-SJF$  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. هرچه این تخمین دقیق تر باشد، مقدار محاسبه شده به عنوان زمان اجرای قاعده به واقعیت نزدیکتر است.

### ۲-۱-۲-۱-۲ تخمین احتمال اجرای قواعد در نسخه‌های

#### مختلف روش $E_X-SJF$

همانطور که در قسمت پیشین بیان شد، اجرای یک قاعده منوط به درستی بخش شرط آن است. به عبارت دیگر احتمال اجرای یک قاعده، همان احتمال درستی شرط آن قاعده است. بخش شرط موجود در بدنه قواعد از عبارات شرطی، عبارات پرس و جوی پایگاه داده، فراخوانی رویه‌ها و توابع و ترکیب منطقی آنها تشکیل شده است. فرض کنید قاعده R وجود دارد به طوریکه بخش شرط آن به صورت  $[(A \cap B) \cup (C \cap D)]$  بیان شده است. A، B، C و D عبارات منطقی هستند. در نتیجه:

$$P[(A \cap B) \cup (C \cap D)] = P(A \cap B) + P(C \cap D) - P(A \cap B \cap C \cap D)$$

با فرض مستقل بودن عبارات A، B، C و D از هم داریم:

$$P[(A \cap B) \cup (C \cap D)] = P(A) * P(B) + P(C) * P(D) - P(A) * P(B) * P(C) * P(D) \quad (1)$$

اگر احتمال درست بودن عبارات شرطی A، B، C و D به صورت قطعی وجود داشته باشد، می‌توان با جانشین کردن مقادیر آنها در رابطه ۱، احتمال درست بودن شرط قاعده R را به دقت محاسبه نمود. ولی احتمال درستی یک عبارت شرطی غالباً قبل از اجرای آن به صورت قطعی وجود ندارد، هر سه نسخه روش  $E_X-SJF$  یعنی  $E_X-SJF_{EXA}$ ،  $E_X-SJF_{PRO}$  و  $E_X-SJF_{PRO-V.1.8}$  به منظور پیش‌بینی قواعد فرزند یک قاعده به تشکیل درخت اجرای قواعد می‌پردازند [۲، ۱]. اما وجه تمایز این نسخه‌ها در نحوه تخمین احتمال اجرای قواعد فرزند می‌باشد.

### ۲-۱-۱-۲ روش زمان بندی $E_X-SJF_{EXA}$

در این روش احتمال درستی بخش شرط قواعد، ۱ در نظر گرفته می‌شود [۲]. در نتیجه زمان اجرای قواعد از رابطه ۲

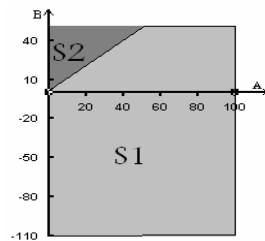
یکنواختی توزیع احتمال متغیرهای شرطی و مستقل بودن عبارات منطقی از هم، می‌توان احتمال درستی هر یک از عبارات منطقی را به طور دقیق و به صورت ریاضی محاسبه نمود. فرض یکنواختی توزیع احتمال یک متغیر شرطی به این معناست که احتمال وقوع تمامی مقادیر موجود در دامنه آن متغیر یکسان است.

در اینجا قصد داریم به عنوان نمونه احتمال درستی شرط قاعده  $R_1$  را با فرضیات و معلومات فوق محاسبه نماییم. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده در هر نقطه داخل دوزنقه  $S_1$  قلم داده A از قلم داده B بزرگتر است و در هر نقطه داخل مثلث  $S_2$  قلم داده A از قلم داده B کوچکتر است. لذا احتمال اینکه شرط  $DI_A > DI_B$  درست باشد، با فرض اینکه مساحت دوزنقه  $S_1$  برابر  $S_{S1}$  و مساحت مثلث  $S_2$  برابر  $S_{S2}$  باشد، طبق رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

$$P(R_1) = \frac{S_{S1}}{S_{S1} + S_{S2}} \quad (5)$$

که با مقدارگذاری در رابطه ۵ خواهیم داشت:

$$P(R_1) = \frac{(110 \cdot 100) + ((100 + 50) \cdot 25)}{100 \cdot 160} = \frac{14750}{16000} = 0.92$$



شکل ۱: محاسبه احتمال درستی شرط قاعده  $R_1$

به همین ترتیب احتمال درستی شرط کلیه قواعد (احتمال اجرای بخش عمل قواعد) پیش از اجرا قابل محاسبه است. پس از محاسبه احتمال اجرای بخش عمل قواعد، زمان اجرای قواعد را طبق رابطه ۳ محاسبه می‌نماییم. حال با در اختیار داشتن زمان اجرای قواعد، سیستم می‌تواند کار خود را آغاز کند و زمان بند نیز در هر لحظه از بین قواعد فعال، قاعده‌های را که زمان اجرای کمتری دارد، برای ارزیابی بخش شرط و انجام سایر اقدامات لازم انتخاب نماید. اما همانطور که پیش از این بیان کردیم. در محاسبه زمان اجرای قواعد به روش فوق، توزیع احتمال متغیرهای شرطی به صورت یکنواخت فرض شده است. این در حالی است که در سیستم‌های واقعی ممکن است توزیع احتمال متغیری

این کار برای هر عبارت منطقی در بخش شرط یک قاعده تا زمانی تکرار می‌شود که آهنگ تغییرات احتمال درستی آن عبارت منطقی به حد مطلوب برسد (مثلاً ۰/۰۰۱ و در حالت کلی  $\epsilon$ )، در این هنگام مقدار جدید، جایگزین مقدار پیش - فرض اولیه ( $1/2$ ) می‌شود. بدیهی است هرچه مقدار  $\epsilon$  کوچک‌تر در نظر گرفته شود،  $P(R, LS_i)$  دقیق‌تر محاسبه می‌گردد. زمانیکه احتمال درستی همه عبارات منطقی یک شرط بهنگام شد، احتمال درستی آن شرط نیز بهنگام می‌شود. و در نهایت زمان اجرای واقعی قاعده  $R$  زمانی بهنگام می‌شود که احتمال درستی شرط قاعده  $R$  و زمان اجرای واقعی همه فرزندانش بهنگام شده باشند. بدین ترتیب بعد از مدتی که از اجرای سیستم بگذرد (که البته این مدت نسبت به کل زمانی که قرار است سیستم کار کند بسیار ناچیز است)، زمان اجرای واقعی همه قواعد، با دقت قابل قبولی محاسبه می‌شود [۱].

### ۳- روش جدید زمان بندی $E_X-SJF_{PRO-V.2.8}$

این روش نیز مانند روش  $E_X-SJF_{PRO-V.1.8}$  بر مبنای تخمین احتمال اجرای قواعد طراحی و پیاده‌سازی شده است. تفاوت این دو روش در نحوه تخمین احتمال اجرای قواعد می‌باشد. در این قسمت نحوه عملکرد روش جدید را با ذکر یک مثال شرح می‌دهیم.

همانطور که پیش از این بیان شد، بخش شرط هر قاعده ترکیبی از عبارات منطقی است. جدول ۱ بخش شرط چند قاعده و جدول ۲ دامنه متغیرهای شرطی بخش شرط این قواعد را نشان می‌دهد. به عنوان مثال بخش شرط قاعده  $R_1$  در صورتی درست است که قلم داده A ( $DI_A$ ) بزرگتر از قلم داده B ( $DI_B$ ) باشد.

جدول ۱: چند مثال برای بخش شرط قواعد

نام قاعده	بخش شرط قاعده
$R_1$	$DI_A > DI_B$
$R_2$	{سیمان OR مس OR فولاد}
$R_3$	$DI_B = 20 \text{ AND } DI_D \leq DO_A$
$R_4$	{برنج}

جدول ۲: دامنه متغیرهای شرطی قواعد جدول ۱

$0 < DI_A < 100$	$-110 < DI_B < 50$	$-2000 < DI_D < 50$
$DI_C = \{ \text{فولاد، مس، سیمان، برنج، طلا، برنز، فرش، نقره، پرتقال، کفش} \}$		

با توجه به اینکه پیش از زمان اجرا هم بخش شرط کلیه قواعد مشخص است و هم دامنه مقادیر مجاز برای کلیه متغیرهای شرطی موجود در بخش شرط قواعد و با فرض

را نیز طراحی و پیاده‌سازی نمودیم و عملکرد آنرا بررسی و با عملکرد نسخه‌های دیگر Ex-SJF مقایسه کردیم.

جدول ۳: تعریف پارامترهای ارزیابی [۲]

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	
$T_1^i = \text{Activation Time of } i^{\text{th}} \text{ Rule}$ $T_2^i = \text{Start of Execution Time of } i^{\text{th}} \text{ Rule}$ $T = (T_2^N + \text{Execution Time of } N^{\text{th}} \text{ Rule}) - T_1^1$ $T^* = \sum_{i=1}^N \text{Real Execution Time of } i^{\text{th}} \text{ Rule}$	
$U_{\text{CPU}} = \frac{T^*}{T} * 100$	$RTSV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N ((T_2^i - T_1^i) - ART)^2}{N}}$
$ART = \frac{\sum_{i=1}^N (T_2^i - T_1^i)}{N}$	$\text{Throughput} = \frac{N}{T}$ $TOPT = \frac{T - T^*}{N}$

آزمایشات در سه حالت مختلف انجام شده است: حالت تعویقی، حالت فوری و حالت ترکیبی. در حالت تعویقی از پایگاه داده‌ای استفاده شده است که تراکنش‌های تولیدی در آن فقط از نوع تعویقی هستند. در حالت فوری، پایگاه داده استفاده شده فقط تراکنش‌های نوع فوری را پشتیبانی می‌کند و در حالت ترکیبی، هم تراکنش‌های فوری و هم تراکنش‌های تعویقی پشتیبانی می‌شود [۲]. نتایج حاصل از مقایسه نسخه‌های مختلف روش Ex-SJF، در حالت‌های تعویقی، فوری و ترکیبی به ترتیب در جداول ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است. 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 ۴: نتایج ارزیابی نسخه‌های مختلف Ex-SJF در حالت تعویقی

پارامترهای ارزیابی روش‌ها	میانگین زمان پاسخگویی	انحراف معیار زمان پاسخگویی	توان عملیاتی	سربار به ازاء هر تراکنش	بهره پردازشگر
Ex-SJF <sub>EXA</sub>	۳	۴	۳	۲	۲
Ex-SJF <sub>PRO</sub>	۳	۳	۳	۲	۲
Ex-SJF <sub>PRO-V.1.8</sub>	۲	۲	۲	۱	۱
Ex-SJF <sub>PRO-V.2.8</sub>	۱	۱	۱	۱	۱

جدول ۵: نتایج ارزیابی نسخه‌های مختلف Ex-SJF در حالت فوری

پارامترهای ارزیابی روش‌ها	میانگین زمان پاسخگویی	انحراف معیار زمان پاسخگویی	توان عملیاتی	سربار به ازاء هر تراکنش	بهره پردازشگر
Ex-SJF <sub>EXA</sub>	۴	۴	۳	۳	۲
Ex-SJF <sub>PRO</sub>	۳	۳	۴	۲	۱
Ex-SJF <sub>PRO-V.1.8</sub>	۲	۲	۲	۱	۱
Ex-SJF <sub>PRO-V.2.8</sub>	۱	۱	۱	۲	۱

یکنواخت نباشد. لذا برای حذف فرض فوق و محاسبه هرچه دقیق‌تر زمان اجرای قواعد به روش زیر عمل می‌نماییم.

پس از شروع کار سیستم، در بازه‌های زمانی مشخص ( $\delta t_i$ )، برای هر یک از متغیرهای شرطی بخش شرط قواعد، تمامی مقادیری که اخذ شده، به همراه مدت زمان اخذ آنها ثبت می‌گردد. در پایان هر  $\delta t$  بر اساس اطلاعات بدست آمده توزیع احتمال متغیرها اصلاح و زمان اجرای قواعد مجدداً محاسبه و بهنگام می‌شوند. بدین ترتیب که به احتمال وقوع مقادیری از دامنه یک متغیر که در  $\delta t$  گذشته توسط آن متغیر اخذ شده‌اند به اندازه ضریبی از مدت زمان اخذ، اضافه می‌نماییم. محاسبات و بهنگام‌سازی‌ها را در زمان بیکاری سیستم انجام می‌دهیم بعبارت دیگر اندازه  $\delta t$  را طوری تعیین می‌کنیم که پایان آن با زمان بیکاری سیستم مصادف شود. بدیهی است هرچه از شروع کار سیستم بیشتر بگذرد، توزیع‌های احتمالی که برای متغیرها بدست می‌آیند به واقعیت نزدیکتر شده و در نتیجه زمان اجرای قواعد دقیق‌تر محاسبه می‌شوند. اصلاح توزیع‌های احتمال متغیرها را تا زمانی تکرار می‌کنیم، که آهنگ تغییرات زمان اجرای قواعد به حد مطلوب برسد (ε). بدیهی است هرچه محاسبه دقیق زمان اجرای قواعد برای سیستم بحرانی‌تر و مهم‌تر باشد، اندازه ε باید کوچک‌تر در نظر گرفته شود.

#### ۴- ارزیابی روش‌های زمان‌بندی مبتنی بر SJF

در مرجع [۲] چارچوبی به منظور مقایسه روش‌های زمان‌بندی قواعد ارائه شده است. این چارچوب شامل پنج پارامتر ارزیابی نظیر میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی، توان عملیاتی، میزان زمان سربار محاسباتی به ازاء هر تراکنش و بهره پردازشگر می‌باشد. جدول ۳ تعریف پارامترهای ارزیابی فوق را به صورت فرمال نشان می‌دهد.

به منظور شبیه‌سازی رفتار سیستم پایگاه داده پویا یک محیط آزمایشگاهی طراحی و پیاده‌سازی شده است [۲] که با پیاده‌سازی روش‌های زمان‌بندی مختلف در آن می‌توان عملکرد آنها را مورد بررسی قرار داد. یکی از ویژگی‌های مهم این محیط آزمایشگاهی که شبیه‌ساز سیستم پایگاه داده پویا نام دارد، انعطاف‌پذیر بودن آن است. به این معنی که هر روش زمان‌بندی را می‌توان در آن پیاده‌سازی کرد، بدون آنکه نیاز به تغییر سایر بخش‌ها باشد. لذا روش جدید

جدول ۶: نتایج ارزیابی نسخه‌های مختلف EX-SJF در حالت ترکیبی

پارامترهای ارزیابی روش‌ها	میانگین زمان پاسخگویی	انحراف معیار زمان پاسخگویی	توان عملیاتی	سربار به ازاء هر پردازشگر	بهره
EX-SJF <sub>EXA</sub>	۳	۳	۳	۲	۲
EX-SJF <sub>PRO</sub>	۳	۳	۳	۱	۱
EX-SJF <sub>PRO-V.1.8</sub>	۲	۲	۲	۱	۱
EX-SJF <sub>PRO-V.2.8</sub>	۱	۱	۱	۱	۱

نتایج آزمایشات حاکی از آن است که در مجموع روش EX-SJF<sub>PRO-V.2.8</sub> از سایر روش‌های مورد ارزیابی کارا تر است. جدول ۷ درصد کارا تر بودن روش EX-SJF<sub>PRO-V.2.8</sub> را نسبت به روش EX-SJF<sub>PRO-V.1.8</sub> در سه حالت تعویقی، فوری و ترکیبی بر اساس سه پارامتر ارزیابی میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی و توان عملیاتی نشان می‌دهد.

جدول ۷: درصد بهبود EX-SJF<sub>PRO-V.1.8</sub> با ارائه روش جدید

پارامتر ارزیابی حالت مقایسه	میانگین زمان پاسخگویی	انحراف معیار زمان پاسخگویی	توان عملیاتی
فوری	٪۹	٪۱۳/۶	٪۱۱
تعویقی	٪۱۵/۸	٪۳۱/۹	٪۱۵/۸
ترکیبی	٪۱۷/۶	٪۱۶/۴	٪۲۶

همانطور که مشاهده می‌شود با بهبود تکنیک تخمین احتمال اجرای قواعد در نسخه جدید (۲/۸) نسبت به نسخه ارائه شده پیشین (۱/۸) زمان اجرای قواعد با دقت بیشتری محاسبه می‌شود که این امر منجر به بهبود زمانبندی قواعد از نظر میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی و توان عملیاتی می‌شود. فرآیند تخمین احتمال وقوع قواعد در هر دو روش اخیر به گونه‌ای است که سربار محاسباتی بر سیستم تحمیل نمی‌کند.

## آخر نویس‌ها

آزمایشات انجام شده، بهبود فرآیند زمانبندی قواعد را در نسخه EX-SJF<sub>PRO-V.2.8</sub> از نظر میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی و توان عملیاتی نشان داد.

## 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, 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, Kuala Lumpur, Malaysia, 2006.
- [3] Dittrich, K., Gatzju, S., Geppert, A., eds. (The ACT-NET Consortium), "The active database management system manifesto: a rule base of ADBMS features", Sigmod Record, 1996.
- [4] Vadua, A., "Rule Development for active database", PhD Thesis, CS Department, University of Zurich, 1999.
- [5] Potaminsto, S., Stonebraker, M., "The POSTGRES Rule System", in Active Database Systems: Triggers and Rules for Advanced Systems, Morgann Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 1996.
- [6] Sivasankaran, R. M., Stankovic, J. A., Towsley, D., Purimetla, B., Ramamritham, K., "Priority Assignment in Real-Time Active Databases", The International Journal on Very Large Data Bases, Vol. 5, No. 1, January 1996.
- [7] Ceri, S., Gennaro, C., Paraboschi, S., Serazzi, G., "Effective Scheduling of Detached Rules in Active Database", IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering, Vol. 15, No.1, 2003.

## ۵- جمع بندی

در این مقاله ابتدا به معرفی نسخه‌های مختلف روش EX-SJF پرداختیم. سپس با هدف بهبود زمانبندی قواعد روشی جدید برای زمانبندی قواعد ارائه نمودیم و آنرا EX-SJF<sub>PRO-V.2.8</sub> نامیدیم. این روش بر مبنای تخمین احتمال اجرای قواعد طراحی و پیاده‌سازی شده است. سپس در محیط آزمایشگاهی که پیش از این طراحی و پیاده سازی کرده بودیم، به بررسی عملکرد نسخه‌های مختلف روش EX-SJF پرداختیم. در ادامه روش‌های مذکور را بر اساس تعدادی پارامتر ارزیابی نظیر میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی، توان عملیاتی، میزان سربار محاسباتی و بهره پردازشگر با یکدیگر مقایسه نمودیم.

<sup>1</sup> Active Database Management System

<sup>2</sup> Active Rules

<sup>3</sup> Rule Scheduling Approach

<sup>4</sup> Shortest Job First

<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> Event-Condition-Action

<sup>11</sup> Random Scheduling Approach

<sup>12</sup> Total Order (Static Priority)

<sup>13</sup> First Come First Serve (FCFS)

<sup>14</sup> Earliest Deadline First

<sup>15</sup> Extended Shortest Job First

<sup>16</sup> تراکنش فوری (Immediate) تراکنشی است که به محض تولید، اجرای تراکنش جاری را متوقف می‌کند و خود اجرا می‌شود.

<sup>17</sup> تراکنش تعویقی (Deferred) پس از تولید تا زمان کامل شدن تراکنش جاری منتظر خواهد ماند و سپس به اجرا در خواهد آمد.