



زمانبندی قواعد در پایگاه داده پویا به کمک اتوماتای یادگیر

محمد رضا میبدی

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

mmeybodi@aut.ac.ir

عباس رسولزادگان

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

rasoolzadegan@aut.ac.ir

طراحی شود که در آن امکان تعریف رویدادهای مورد نظر و واکنش‌های متناظر آنها گنجانده شود، به چنین سیستمی، سیستم پایگاه داده پویا گویند [۱]، [۳]، [۴]، [۵].

رفتار واکنشی سیستم پایگاه داده پویا در قالب مجموعه‌ای از قواعد پویا سازماندهی می‌شود. در حالت کلی، این قواعد شامل سه بخش به نام-های رویداد، شرط و عمل هستند. به همین دلیل به آنها قواعد رویداد-شرط-عمل یا به اختصار ECA^۱ گفته می‌شود [۱]، [۲]، [۴]، [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. بهبود زمانبندی قواعد در سیستم مدیریت پایگاه داده پویا یکی از موضوعات تحقیقاتی مهم است [۴]، [۵].

این مقاله در پنج بخش تنظیم شده است، در بخش دوم به معرفی روش‌های موجود برای زمانبندی قواعد در پایگاه داده پویا می‌پردازیم. در بخش سوم با هدف بهبود زمانبندی قواعد بر مبنای بهبود فرایند تخمین احتمال اجرای قواعد به کمک اتوماتای یادگیر، روشی جدید معرفی می‌نماییم. در بخش چهارم به بررسی عملکرد روش پیشنهادی جدید در مقایسه با روش‌های زمانبندی موجود بر اساس تعدادی پارامتر ارزیابی بر مبنای نتایج حاصل از انجام آزمایشات متعدد و متنوع در یک محیط آزمایشگاهی مبتنی بر معماری سه بخشی می‌پردازیم. سرانجام در بخش پنجم مطالب مطرح شده در مقاله را جمع بندی می‌نماییم.

۲- معرفی روش‌های مختلف زمانبندی قواعد

در سیستم مدیریت پایگاه داده پویا به فرایند تخصیص اولویت به قواعد فعال جهت ارزیابی بخش شرط و نیز به قواعد آماده‌ی اجرا جهت اجرای دستورات بخش عمل زمانبندی قواعد گویند. همانطور که پیش از این نیز بیان شد، قواعدی آماده‌ی اجرا هستند که اولاً در اثر وقوع رویداد متناظر شان در سیستم، فعال شده باشند و ثانیاً بخش شرط‌شان در لحظه‌ی ارزیابی درست باشد. در این قسمت مهمترین روش‌های مختلف زمانبندی قواعد را به طور اجمالی معرفی می‌نماییم [۱]، [۲]، [۴]. مطالبی که در ادامه در مورد زمانبندی قواعد آماده‌ی اجرا بیان می‌شود، در مورد زمانبندی قواعد فعال نیز صادق است و بالعکس.

چکیده: سیستم مدیریت پایگاه داده پویا^۱ یکی از موضوعات تحقیقاتی مهمی است که در سال‌های اخیر از جهات مختلف مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. یکی از مؤلفه‌های مهم سیستم پایگاه داده پویا که تأثیر بسزایی در کارایی آن دارد، زمان‌بند قواعد است که موظف به زمانبندی قواعد فعال و آماده‌ی اجرا در چرخه‌ی پردازش قواعد پویا می‌باشد. پیش از این روش‌هایی را که تاکنون برای زمانبندی قواعد ارائه شده است، در یک محیط آزمایشگاهی مبتنی بر معماری سه بخشی^۲ براساس پنج پارامتر ارزیابی با یکدیگر مقایسه نموده و پس از تحلیل نتایج آزمایشات و بررسی نقاط قوت و ضعف هریک، روش کاراتر را معرفی کرده‌ایم. نحوه ارزیابی روش‌های زمانبندی قواعد براساس پارامترهای پیش گفته به صورت فرمال تعریف شده است در این مقاله، با هدف بهبود زمانبندی قواعد برمبنای بهبود فرایند تخمین احتمال اجرای آنها به کمک اتوماتای یادگیر^۳ روش زمانبندی جدیدی ارائه می‌نماییم. سپس آنرا با کاراترین روش ارائه شدهی موجود در چارچوب مذکور مقایسه و ارزیابی می‌نماییم. همچنین به منظور پوشش کلیه‌ی مفاهیم سیستم مدیریت پایگاه داده پویا و شبیه‌سازی کامل‌تر و دقیق‌تر رفتار آن، مازول‌هایی را نظیر کامپایلر ارزیابی شروط و اجرای دستورات عمل‌های قواعد پویا به محیط آزمایشگاهی پیش گفته افزوده‌ایم. نتایج آزمایشات حاکی از بهبود فرایند زمانبندی قواعد توسط روش جدید می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تخمین احتمال اجرای قواعد، سیستم مدیریت پایگاه داده پویا، زمانبندی قواعد، یادگیری، اتوماتای یادگیر.

۱- مقدمه

پایگاه‌های داده متداول دارای ماهیت ایستا هستند، یعنی اعمال پرس و جو، بهنگام سازی، درج، حذف، گزارش‌گیری و غیره فقط زمانی که توسط کاربر درخواست شوند، انجام می‌پذیرند و سیستم مدیریت پایگاه داده ابتکار عملی در هنگام رخ دادن شرایط خاص در سیستم ندارد. بسیاری از برنامه‌های کاربردی مانند برنامه‌های انجمن‌داری، اتوماسیون کارخانه‌ها و سیستم‌های دارای محاسبات پیچیده مالی (مانند بازار سهام) نیاز به نظارت خود کار دارند تا در صورت وقوع رویداد خاصی، واکنش مقتضی انجام شود. برای این منظور باید سیستم پایگاه داده‌ای



کارایی فرایند زمانبندی قواعد از بُعد پارامترهای ارزیابی تعریف شده، برآمده ایم. همانطور که پیش از این نیز بیان شد، فرایند پردازش قواعد پویا، مشتمل بر دو زمانبندی است که عبارتند از: ۱- زمانبندی قواعد فعال جهت انتخاب یکی از قواعد فعال به منظور ارزیابی بخش شرط آنها و ۲- زمانبندی قواعد آماده اجرا جهت انتخاب یکی از قواعد آماده اجرا به منظور اجرای دستورات بخش عمل آنها. روش هایی که تاکنون ارائه شده اند، همگی دارای مکانیزم یکسانی برای هر دو زمانبندی مذکور می باشند. بعنوان مثال در روش $Ex-SJF_{PRO}-V.2.8$ هر دو زمانبند قواعد فعال و آماده اجرا بر مبنای زمان اجرای قواعد عمل می کنند. بدین ترتیب که ملاک انتخاب یک قاعده فعال یا آماده اجرا در هر لحظه، زمان اجرای آن قاعده است و لذا قاعدهای انتخاب می شود که کمترین زمان اجرا را داشته باشد. در روش پیشنهادی جدید مکانیزم زمانبندی قواعد فعال و قواعد آماده اجرا با هم متفاوتند. بدین ترتیب که برای زمانبندی قواعد آماده اجرا همانند روش $Ex-SJF_{PRO}-V.2.8$ عمل می نماید. اما برای زمانبندی قواعد فعال، دارای مکانیزم زمانبندی متفاوتی بر مبنای اتماتای یادگیر است. بعبارت دیگر در روش جدید، ملاک زمانبندی قواعد فعال، بر خلاف روش $Ex-SJF_{PRO}-V.2.8$ زمان اجرای قواعد نیست. بلکه احتمال درستی بخش شرط آنهاست و اتماتای یادگیر نیز در این راستا به تخمین احتمال درستی بخش شرط قواعد، در حین اجرای سیستم می پردازد.

در روش جدید به کمک یک اتماتای یادگیر با ساختار متغیر و الگوریتم یادگیری L_{RI} به زمانبندی قواعد فعال بر مبنای احتمال درستی شرط آنها می پردازیم. وظیفه این اتماتای یادگیر این است که با توجه به پاسخ های دریافتی از محیط، استراتژی زمانبند قواعد را برای انتخاب اقدام مناسب بهنگام نماید تا نهایتاً به افزایش کارایی فرایند زمانبندی قواعد پویا از بُعد پارامترهای ارزیابی تعریف شده، منجر گردد. محیطی که اتماتای یادگیر مذکور در آن واقع است، از نوع مدل P است، یعنی پاسخی که از طرف محیط به اقدام LA داده می شود، دودویی است (در صورتیکه شرط قاعده فعال انتخاب شده، درست باشد، پاسخ محیط ۱ و در صورتیکه نادرست باشد، پاسخ محیط ۰ خواهد بود). اقدام اتماتای مذکور در هر لحظه، انتخاب یکی از قواعد فعال برای ارزیابی بخش شرط آن است. با توجه به متغیر بودن تعداد قواعد فعال در هر لحظه، تعداد اقدامات اتماتا متغیر خواهد بود [۱]. لذا لازم است در هر بار تغییر تعداد قواعد فعال، پردازش هایی در رابطه با احتمال انتخاب اقدام های اتماتا صورت پذیرد که در ادامه به شرح آن خواهیم پرداخت. اگر تعداد قواعد n باشد، مجموعه اقدام های اتماتا در حالت کلی، $\{\alpha_1, \dots, \alpha_n\} = \{\alpha_1, \dots, \alpha_v\}$ خواهد بود. یعنی بازی هر قاعده، یک اقدام تعریف می شود. لذا با توجه به مطالب پیش گفته، بدیهی است که در هر لحظه مجموعه اقدام های اتماتا زیر مجموعه ای از مجموعه فوق خواهد بود. V نشانده نامن زیرمجموعه اقدام هاست بطوریکه $V \subseteq \{V_i\}_{i=1}^{2^n}$. $V(k)$ نشانده زیرمجموعه ای از V است

۱-۲- روش مبتنی بر الگوریتم نزدیکترین ضرب العجل^۵

این روش یکی از کامل ترین روش هایی است که تاکنون برای زمانبندی قواعد در سیستم های پایگاه داده پویای بلاذرنگ ارایه شده است و به اختصار EDF نامیده می شود. در این روش، هنگام انتخاب، قاعده ای که دارای نزدیکترین ضرب العجل باشد، برای اجرا انتخاب می شود. براساس نحوه محاسبه اولویت قواعد که مبتنی بر ضرب العجل قواعد است، سه نسخه مختلف از روش EDF طراحی شده است که عبارتند از: EDF_{PD} ، EDF_{SL} و EDF_{DIV} ، [۱]، [۲].

۲-۲- روش مبتنی بر الگوریتم ابتدا کوچکترین کار

این روش که مبتنی بر الگوریتم ابتدا کوچکترین کار (SJF) است، به اختصار $Ex-SJF$ نامیده می شود. در روش $Ex-SJF$ هرگاه که نیاز به انتخاب یکی از تراکنش های فعال در سیستم باشد، تراکنشی که دارای کمترین زمان اجراست، انتخاب می شود. تفاوت دو روش $Ex-SJF$ و SJF در نحوه محاسبه زمان اجرای تراکنش ها است. در روش $Ex-SJF$ به دلیل تولید پویای تراکنش ها، نمی توان فاکتور انتخاب آنها را فقط زمان اجرای خود تراکنش ها قرار داد. زیرا هر تراکنشی (پدر) که در یک سیستم پایگاه داده پویا اجرا می شود به صورت بالقوه مجموعه ای از قواعد پویا (فرزنдан) را در سیستم فعال می کند. تراکنش های حاصل از این قواعد نیز در صورت اجرا، مجموعه ای دیگر از قواعد را به صورت بالقوه فعال خواهند کرد و این عمل تا چند سطح ممکن است انجام پذیرد. لذا زمان واقعی اجرای یک تراکنش، علاوه بر زمان اجرای خودش، شامل زمان اجرای تراکنش های فوری و تعویقی که به صورت بالقوه در اثر اجرای آن تراکنش تولید و اجرا خواهد شد، نیز می باشد. محاسبه زمان واقعی اجرای قواعد در زمان اجرا امکان پذیر است. اما انجام آن به دلیل در پی داشتن سربار زمانی زیاد، منجر به یک روش زمانبندی ناکارا خواهد شد. لذا تمام نسخه های روش $Ex-SJF$ زمان اجرای قواعد را پیش از اجرا محاسبه می نمایند. اما 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 می شوند. هرچه این تخمین دقیقتر باشد، مقدار محاسبه شده برای زمان اجرای قاعده به واقعیت نزدیکتر است [۱]، [۲]. هر چهار نسخه ای $Ex-SJF_{PRO}$ ، $Ex-SJF_{EXA}$ ، $Ex-SJF_{PRO}-V.1.8$ و $Ex-SJF_{EXA}-V.2.8$ به منظور پیش بینی قواعد فرزند یک قاعده به تشکیل درخت اجرای قواعد می پردازند [۱]. اما وجه تمايز این نسخه ها در نحوه تخمین احتمال اجرای قواعد فرزند می باشد [۲]، [۳].

۳- معرفی روش جدید زمانبندی $Ex-SJF_{ESTLA}$

این روش نیز مانند روش های $Ex-SJF_{PRO}-V.1.8$ و $Ex-SJF_{PRO}-V.2.8$ بر مبنای تخمین احتمال اجرای قواعد طراحی شده است. بعبارت دیگر در روش جدید با اضافه کردن یک اتماتای یادگیر به کاراترین روش موجود [۱]، $Ex-SJF_{PRO}-V.2.8$ در صدد افزایش



$$p_{R_i,2}(\sigma_k)$$

$$\phi(t) = \text{Min}(k', 1) \quad \Rightarrow \quad k' \geq 25$$

احتمال انتخاب اقدام نام (قاعده R_i) در پایان σ_k توسط اتوماتی یادگیر و در

آغاز σ_{k+1}

$$p_{R_i}(\sigma_{k+1}) = \frac{\phi(t)^* p_{R_i,2}(\sigma_k) + p_{R_i,1}(\sigma_k)}{\phi(t) + 1} \quad (6)$$

۴- مقایسه و ارزیابی روش‌های زمان‌بندی قواعد

در مرجع [۲] چارچوبی به منظور مقایسه روش‌های زمان‌بندی قواعد ارائه شده است. این چارچوب شامل پنج پارامتر ارزیابی شامل میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی، توان عملیاتی، میزان زمان سربار محاسباتی به ازای هر تراکنش و بهره پردازشگر می‌باشد. نشان می‌دهد. در بخش طراحی و پیاده‌سازی شبیه‌ساز سیستم پایگاه داده پویا، سعی شد با افزودن ویژگی‌هایی به ADSS موجود، رفتار سیستم مدیریت پایگاه داده پویا را به طور کاملتری شبیه‌سازی و متعاقباً عملکرد روش‌های زمان‌بندی موجود را با دقت بیشتری مقایسه و ارزیابی نماییم. از جمله‌ای این ویژگیها عبارتند از افزودن کامپایلرهای شرط و دستور به سیستم موجود، بقسمی که به کمک آنها می‌توانیم هنگام تولید قواعد پویا از عبارات شرطی و دستورات واقعی در بخش شرط و عمل قواعد استفاده کنیم و در زمان اجرا نیز با کامپایل عبارات شرطی بخش شرط قواعد فعال و دستورات بخش عمل قواعد در حال اجرا، محیط شبیه‌سازی را تا حد امکان به محیط‌های واقعی نزدیک‌تر نماییم. در تولید تصادفی قواعد پویا، پارامترهای مورد نیاز جهت پوشش کلیه‌ی حالات و ویژگی‌های قواعد پویا در سیستم‌های واقعی در نظر گرفته شده‌اند.

آزمایشات در سه حالت مختلف انجام شده است: حالت فوری، حالت تعویقی و حالت ترکیبی. نتایج آزمایشات و تحلیل‌های مربوطه حاکی از آن است که در مجموع روش $E_{\text{X}}\text{-SJF}_{\text{ESTLA}}$ از سایر روش‌های مورد ارزیابی کارتر است. زمان‌بندی قواعد فعال بر مبنای احتمال درستی شرط آنها و نه بر مبنای زمان اجرای آنها به کمک اتوماتی یادگیر، منجر به بهبود روش زمان‌بندی $E_{\text{X}}\text{-SJF}$ از نظر میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی و توان عملیاتی می‌شود. فرایند تغیین احتمال وقوع قواعد در $E_{\text{X}}\text{-SJF}_{\text{ESTLA}}$ به گونه‌ای است که سربار محاسباتی بر سیستم تحمیل نمی‌کند. لذا نسخه‌ی $E_{\text{X}}\text{-SJF}_{\text{ESTLA}}$ با سایر نسخه‌های مبتنی بر الگوریتم SJF از نظر میزان سربار محاسباتی به ازای هر تراکنش و بهره پردازشگر برابر می‌کند. جدول (۱) درصد کارتر بودن روش $E_{\text{X}}\text{-SJF}_{\text{ESTLA}}$ را نسبت به روش $E_{\text{X}}\text{-SJF}_{\text{PRO-V.2.8}}$ (کارترین روش زمان‌بندی موجود) در سه حالت تعویقی، فوری و ترکیبی براساس سه پارامتر ارزیابی میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی و توان عملیاتی نشان می‌دهد.

که در لحظه K فعال است.

شایان ذکر است که احتمال انتخاب هریک از اقدامها در لحظه k متناسب است با احتمال درستی بخش شرط قاعده‌ی متناظر آن اقدام در لحظه k

$$p_i(k) = \text{prob}[\alpha(k) = \alpha_i] \approx$$

Correctness probability of rule R_i 's condition at instant k

همانطور که پیش از این بیان شد، در این روش احتمال درستی شرط قواعد در آغاز، بر مبنای تکنیک ارائه شده در روش $E_{\text{X}}\text{-SJF}_{\text{PRO-V.2.8}}$ محاسبه می‌شود، لذا با فرض اینکه $K(0)$ نشان‌دهنده مجموع احتمالات درستی شرط قواعد در آغاز باشد، احتمال انتخاب هر اقدام در آغاز در

مقایس ۱ طبق رابطه (۱) محاسبه می‌گردد:

$$p_i(0) = (\text{Correctness probability of rule } R_i \text{'s condition at instant } 0) / K(0) \quad (1)$$

در لحظه k با فرض اینکه اقدامات متعلق به $V(k)$ ، فعال باشند،

احتمال انتخاب اقدامها به روش زیر بهنگام می‌شوند:

$$K(k) = \sum_{\substack{q \\ \alpha_q \in v(k)}} p_q(k) \quad (2)$$

الف- پاسخ مطلوب از محیط در جواب اعمال اقدام $\alpha_q \in v(k)$ بر

محیط (رابطه (۳))

$$p_q(k+1) = p_q(k) - ap_q(k) + ak(k) \quad \alpha_q \in v(k) \\ p_j(k+1) = p_j(k) - ap_j(k) \quad \forall j, \quad j \neq q, \quad \alpha_j \in v(k)$$

ب- پاسخ نامطلوب از محیط در جواب اعمال اقدام $\alpha_q \in v(k)$ بر

محیط

$$p_q(k+1) = p_q(k) \\ p_j(k+1) = p_j(k) \quad \forall j, \quad j \neq q \quad (4)$$

ج- برای هر $\alpha_i \notin v(k)$

$$p_i(k+1) = p_i(k) \quad (5)$$

پس از شروع کار سیستم، در بازه‌های زمانی مشخص (σ_i) احتمال درستی بخش شرط (احتمال اجرای) قواعد، براساس اطلاعات بدست آمده اخیر به همان روش $E_{\text{X}}\text{-SJF}_{\text{PRO-V.2.8}}$ [۱] بهنگام می‌شوند. بهنگام سازی احتمال درستی شرط هر قاعده تا زمانی تکرار می‌شود که آهنگ تغییرات آن کمتر از ϵ گردد. متعاقباً زمان اجرای یک قاعده زمانی بهنگام می‌شود که احتمال درستی شرط آن، نهایی و نیز زمان اجرای کلیه‌ی فرزندهای آن بهنگام شده باشند. در آغاز هر بازه‌ی زمانی (σ_{i+1}) از اجرای سیستم، احتمال انتخاب اقدامات اتوماتی یادگیر متناسب با احتمال بهنگام شده‌ی درستی شرط قواعد و احتمال انتخاب اقدامات اتوماتی یادگیر در انتهای بازه‌ی زمانی قبلی (σ_i)، طبق (۶) بهنگام می‌شوند.

احتمال انتخاب اقدام نام (قاعده R_i) محاسبه شده به روش $E_{\text{X}}\text{-SJF}_{\text{PRO-V.2.8}}$ در

پایان σ_k در مقایس ۱

$$p_{R_i,1}(\sigma_k)$$

احتمال انتخاب اقدام نام (قاعده R_i) محاسبه شده توسط اتوماتی یادگیر در

پایان σ_k



زمان پاسخگویی و توان عملیاتی نشان می‌دهد.

مراجع

- [1] Rasoolzadegan, A., "A New Rule Scheduling Approach based on Estimation of Rule Execution Probability in Active Database System", MSc Thesis, Amirkabir University of Technology (Tehran PolyTechnic), 2007.
- [2] Alesheykh, R., "An Effective Rule Selection Approach in Active Database Systems", MSc Thesis, Amirkabir University of Technology (Tehran PolyTechnic), 2005.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Vadua, A.; Rule Development for active database, PhD Thesis, CS Department, University of Zurich, 1999.
- [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.
- [8] Narendra, K. S.; Thathachar, L.; "Learning Automata: An Introduction", Prentice Hall, 1989.
- [9] Thathachar, M. A. L.; Sastry, P. S.; "Varieties of Learning Automata: An Overview", IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics-Part B: Cybernetics, Vol. 32, No. 6, pp. 711-722, 2002.
- [10] Thathachar, M. A. L.; Harita, B. R.; "Learning Automata with Changing Number of Actions", IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-17, NO. 6, pp. 1095-1100, 1987.

آخرنوبیس‌ها

¹ Active Database Management System

² Three Tier Architecture

³ Learning Automaton

⁴ Event - Condition - Action

⁵ Earliest Deadline First

⁶ Extended-Shortest Job First-(based on)-Estimation-(using)-Learning Automata

جدول (۱) درصد کارآتر بودن روش $Ex-SJF_{ESTLA}$ نسبت به روش $SJF_{PRO-V.2.8}$

حالات مقایسه	پارامترهای ارزیابی	میانگین زمان پاسخگویی	انحراف معیار زمان پاسخگویی	توان عملیاتی
فوری		٪۸۱۶	٪۶۱۴	٪۷
تعویقی		٪۷۹۸	٪۱۱۹	٪۶۷
ترکیبی		٪۷۱۸	٪۶۹	٪۱۲۳

از نظر منطقی نیز انتظار می‌رود که چنین بهبودی حاصل شود. همانطور که پیش از این نیز بیان شد، از بین قواعد فعال فقط آنهای اجرا می‌شوند که شرط‌شان در لحظه‌ی ارزیابی درست باشد و سایر قواعد فعال از گردونه‌ی پردازش خارج می‌شوند. اما زمانی که صرف انتخاب این دسته از قواعد فعال و نیز ارزیابی آنها می‌شود از جمله زمان‌های غیر مفید کارکرد سیستم محاسبه می‌شود که مستقیماً در توان عملیاتی (تعداد قواعد اجرا شده در واحد زمان)، میانگین زمان پاسخگویی (میانگین زمان انتظار قواعد برای اجرا) و به طور غیر مستقیم در انحراف معیار زمان پاسخگویی (میانگین فاصله‌ی زمان پاسخگویی هر قاعده از میانگین زمان پاسخگویی) تأثیرگذار است. بدیهی است هرچه اولویت پردازش قواعد فعالی که بدون اجرا شدن از گردونه‌ی پردازش، خارج می‌شوند کمتر باشد، کارایی سیستم از بعده پارامترهای ارزیابی پیش‌گفته بهتر می‌شود. لذا اگر فرایند زمانبندی قواعد فعال، مبتنی بر احتمال درستی شرط قواعد باشد، دستیابی به این هدف را ممکن می‌سازد. علاوه بر آن اگر مکانیزمی وجود داشته باشد که به تخمین دقیق‌تر احتمال درستی شرط قواعد در حین اجرای سیستم پردازد، امکان نیل به این هدف را بیشتر می‌سازد. کاری که در روش جدید به کمک اتوماتای یادگیر امکان‌پذیر شده است. سربار محاسباتی فرایند زمانبندی قواعد در روش اخیر نسبت به روش $Ex-SJF_{PRO-V.2.8}$ فقط در حد بهنگام سازی احتمال درستی شرط برخی از قواعد فعال، طبق (۳) است که بسیار ناچیز و قابل اغماض می‌باشد.

۵- نتیجه

در این مقاله ابتدا پایگاه داده پویا و چرخه‌ی پردازش قواعد را تعریف کردیم. سپس جایگاه و اهمیت فرایند زمانبندی قواعد را در چرخه‌ی پردازش قواعد بیان نمودیم. در ادامه به معرفی روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد پرداختیم. سپس به منظور بهبود فرایند زمانبندی قواعد فعال موجود ($Ex-SJF_{PRO-V.2.8}$) درصد بهبود فرایند زمانبندی قواعد فعال به کمک اتوماتای یادگیر برآمدیم. بر همین اساس روش جدیدی ارائه کردیم و آن را $Ex-SJF_{ESTLA}$ نامیدیم. در نهایت به بررسی عملکرد روش پیشنهادی جدید در مقایسه با روش‌های زمانبندی موجود بر اساس تعدادی پارامتر ارزیابی بر مبنای نتایج حاصل از انجام آزمایشات متعدد و متنوع در یک محیط آزمایشگاهی مبتنی بر معماری سه بخشی (ADSS) پرداختیم. نتایج آزمایشات بهبود فرایند زمانبندی قواعد را در نسخه‌ی $Ex-SJF_{ESTLA}$ از نظر میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار