

زمانبندی قواعد در پایگاه داده کمک اتوماتای یادگیر

محمد رضا میدبی

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^{*} گفته می‌شود [۱]، [۲]. در 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. در ادامه با توجه به روش زمانبندی مورد استفاده، یکی از قواعد فعال انتخاب و بخش شرط آن ارزیابی می‌شود و در صورت درست بودن، به لیست قواعد آمده‌ی اجرا اضافه می‌شود. از بین مجموعه قواعد آمده اجرا نیز با توجه به روش زمانبندی مورد استفاده، یکی انتخاب و دستورات بخش عمل آن اجرا - می‌شود. اگر اجرای این دستورات موجب رخ دادن رویدادهای دیگری در سیستم شود، قواعد مرتبط (قواعد فرزند) نیز به لیست قواعد فعال اضافه می‌شوند. ارزیابی و اجرای قواعد تا زمانی که لیست قواعد فعال و آمده-ی اجرا خالی شوند، ادامه پیدا می‌کند. پس از آن کنترل اجرا به برنامه کاربردی باز می‌گردد. به مجموعه عملیات فوق، چرخه‌ی پردازش قواعد گویند [۱]، [۲]، [۴]، [۵].

دو فاکتور بسیار مؤثر در نحوه اجرای چرخه‌ی پردازش قواعد، پیوستگی رویداد-شرط و پیوستگی شرط-عمل قواعد است. این دو پیوستگی دارای سه حالت مختلف‌اند: (۱) فوری، (۲) تعویقی و (۳) مستقل. اگر پیوستگی رویداد-شرط یک قاعده از نوع فوری باشد، شرط آن قاعده بلافصله پس از رخداد رویداد متناظرش و فعال شدن قاعده ارزیابی می‌شود. به همین ترتیب اگر پیوستگی شرط-عمل یک قاعده از نوع فوری باشد، پس از فعال شدن آن قاعده و ارزیابی شرط مربوطه، در صورت مثبت بودن نتیجه‌ی ارزیابی، دستورات بخش عمل آن قاعده فوراً اجرا می‌شوند. اگر پیوستگی رویداد-شرط (شرط-عمل) یک قاعده از نوع تعویقی باشد، ارزیابی شرط (اجرا عمل) آن قاعده تا زمان اتمام

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، زمان‌بندی قواعد است که موظف به زمانبندی قواعد فعال و آمده‌ی 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 نماییم. سپس آنرا با کاراترین روش ارائه شده موجود در چارچوب مذکور مقایسه و ارزیابی می‌نماییم. همچنین به منظور پوشش کلیه‌ی مفاهیم سیستم مدیریت پایگاه داده پویا و شبیه‌سازی کامل تر و دقیق‌تر رفتار آن، مازول‌هایی را نظری 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.

مقدمه

پایگاه‌های داده متداول دارای ماهیت ایستا هستند، یعنی اعمال پرس و جو، بهنگام سازی، درج، حذف، گزارش گیری 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 انبارداری، 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

روش اتفاقی

در این روش هرگاه که در چرخه‌ی پردازش قواعد نیاز به انتخاب قاعده جدیدی برای اجرا باشد، از بین قواعد آماده‌ی اجرا به صورت اتفاقی یکی برای اجرا انتخاب می‌شود [۱]، [۲]، [۴].

روش اولویت ایستا^۶

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 آماده‌ی اجرا کوچکترین اولویت را دارد، انتخاب می‌شود [۴]، [۶].

روش مبتنی بر برچسب زمانی

در این روش به هر قاعده که در حالت فعال قرار بگیرد یک برچسب زمانی که مشخص کننده زمان فعال شدن آن قاعده است، تخصیص می‌یابد. در هنگام انتخاب، قاعده‌ای که دارای کوچکترین برچسب زمانی باشد، برای اجرا انتخاب خواهد شد [۱]، [۲]، [۴].

روش مبتنی بر الگوریتم نزدیکترین ضرب العجل^۷

این روش یکی از کامل‌ترین روش‌هایی است که تاکنون برای زمان‌بندی قواعد در سیستم‌های پایگاه داده پویای بلادرنگ ارایه شده است و به اختصار EDF نامیده می‌شود. در این روش، هنگام انتخاب، قاعده‌ای که دارای نزدیکترین ضرب العجل باشد، برای اجرا انتخاب می‌شود. براساس نحوه محاسبه اولویت قواعد که مبتنی بر ضرب العجل قواعد است، سه نسخه‌ی مختلف از روش EDF طراحی شده است که عبارتند از: EDF_{PD}، EDF_{DIV} و EDF_{SL}. اولی در حقیقت همان الگوریتم EDF صرف است. در دومی یک تغییر کوچک در الگوریتم EDF داده شده است به این ترتیب که اولویت قاعده‌ی پدر وقتی یک قاعده‌ی فرزند تولید می‌شود، تغییر می‌کند. در سومی اولویت قاعده‌ی 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 [۱]، [۲].

روش مبتنی بر الگوریتم ابتدا کوچکترین کار

این روش که مبتنی بر الگوریتم ابتدا کوچکترین کار (SJF) است، به اختصار Ex-SJF نامیده می‌شود. با توجه به اینکه روش جدیدی که در بخش سوم ارائه خواهد شد، بهبودی بر روش Ex-SJF می‌باشد، در این قسمت نحوه عملکرد روش Ex-SJF را نسبت به سایر روش‌های موجود با تفصیل بیشتری شرح می‌دهیم. در روش Ex-SJF هرگاه که نیاز به انتخاب یکی از تراکنش‌های فعال در سیستم باشد، تراکنشی که دارای کمترین زمان اجراست، انتخاب می‌شود. تفاوت دو روش SJF و Ex-SJF در نحوه محاسبه زمان اجرای تراکنش‌ها است. در روش Ex-SJF به دلیل تولید پویای تراکنش‌ها، نمی‌توان فاکتور انتخاب آنها را فقط زمان اجرای خود تراکنش‌ها قرار داد. زیرا هر تراکنشی (پدر) که در

تراکنش جاری به تأخیر می‌افتد. در برخی موارد ارزیابی شرط (اجرای عمل) تا رخ دادن رویداد خاصی به تأخیر خواهد افتاد. در حالت مستقل، ارزیابی شرط (اجرای عمل) قاعده در قالب یک تراکنش مستقل و پس از اتمام تراکنش جاری انجام می‌شود [۱].

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]. تاکنون چندین روش برای زمان‌بندی قواعد ارائه شده است [۱]، [۳]، [۵]. پیش از این روش‌های زمان‌بندی موجود را در یک محیط آزمایشگاهی مبتنی بر معماری سه بخشی (شبیه‌ساز پایگاه داده پویا) برآساس تعدادی پارامتر ارزیابی با یکدیگر مقایسه نموده و روش کارتر (Ex-SJF_{PRO}) را معرفی کرده‌ایم [۱]. در این مقاله با اضافه کردن اتموماتی یادگیر به روش Ex-SJF_{PRO}-V.2.8، در صدد بهبود فرایند تخمین احتمال اجرای قواعد و متعاقباً ارائه یک روش زمان‌بندی کارتر از بعده پارامترهای ارزیابی تعریف شده، برآمده‌ایم. همچنین با افودن ویژگی‌هایی به شبیه‌ساز پایگاه داده پویا، سعی کرده‌ایم تا حد امکان به شبیه‌سازی و ارزیابی دقیق‌تر رفتار پایگاه داده پویا و عملکرد روش‌های زمان‌بندی پردازیم.

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 اتموماتی 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.

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 منتظرشان در سیستم، فعال شده باشند و ثانیاً بخش شرط‌شان در لحظه‌ی ارزیابی درست باشد. در این قسمت 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.

روش زمان‌بندی EX-SJF_{PRO}

در این روش احتمال درستی هر یک از عبارات شرطی موجود در بخش شرط یک قاعده به صورت یکسان $\frac{1}{2}$ در نظر گرفته شده است. با توجه به مطالب فوق، زمان اجرای هر قاعده در این روش نیز از (۱) قابل محاسبه است [۲، ۳].

روش زمان‌بندی EX-SJF_{PRO}-V.1.8

در این روش که پیش از این توسط خودمان ارائه شده است، یک پیمانه تخمین به روش EX-SJF_{PRO} اضافه کردایم [۱]. بدین ترتیب که در ابتدا زمان اجرای هر قاعده، همانند روش EX-SJF_{PRO} محاسبه می‌شود. سپس با شروع کار سیستم هر بار که بخش شرط یکی از قواعد فعال 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 (۲) محاسبه و ذخیره می‌شود.

$$(2) \quad P(R, LS_i) = \frac{\text{تعداد دفعاتی که نتیجه ارزیابی } LS_i \text{ درست بوده است}}{\text{تعداد دفعاتی که بخش شرط } R \text{ تاکنون ارزیابی شده است}}$$

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 (در حالت کلی)، در این هنگام مقدار جدید، جایگزین مقدار پیش فرض اولیه $\frac{1}{2}$ می‌شود. زمانیکه احتمال درستی همه عبارات منطقی یک شرط بهنگام شد، احتمال درستی آن شرط (احتمال اجرای قاعده) صاحب آن شرط نیز بهنگام می‌شود. و در نهایت زمان اجرای قاعده R زمانی طبق (۱) بهنگام می‌شود که زمان اجرای 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 ناجیز است)، زمان اجرای قواعد با دقت بیشتری نسبت به زمان شروع اجرای سیستم، محاسبه می‌شود [۱].

روش زمان‌بندی EX-SJF_{PRO}-V.2.8

این روش نیز مانند روش EX-SJF_{PRO}-V.1.8 بر مبنای تخمین احتمال اجرای قواعد طراحی و پیاده‌سازی شده است [۱، ۳]. تفاوت این دو روش در نحوه تخمین احتمال اجرای قواعد می‌باشد. 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 یکنواختی توزیع احتمال متغیرهای شرطی و مستقل بودن عبارات منطقی از هم، می‌توان احتمال درستی هر یک از عبارات منطقی را پیش از زمان اجرا، به صورت ریاضی محاسبه نمود. پس از محاسبه احتمال اجرای بخش عمل قواعد، زمان اجرای قواعد را طبق (۱) محاسبه می‌نماییم. اما به منظور حذف فرض یکنواختی توزیع احتمال متغیرهای شرطی جهت نزدیکی به شرایط سیستم‌های واقعی به روش زیر عمل می‌نماییم.

پس از شروع کار سیستم، در بازه‌های زمانی مشخص (δt_i ، برای هر یک

یک سیستم پایگاه داده پویا اجرا می‌شود به صورت بالقوه مجموعه‌ای از قواعد پویا (فرزنдан) را در سیستم فعال می‌کند. تراکنش‌های حاصل از این قواعد نیز در صورت اجرا، مجموعه‌ای 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 تراکنش‌های فوری و تعویقی که به صورت بالقوه در اثر اجرای آن تراکنش 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 زمانی زیاد، منجر به یک روش زمان‌بندی ناکارا خواهد شد. لذا تمام نسخه‌های روش EX-SJF زمان اجرای قواعد را پیش از اجرا محاسبه می‌نمایند. 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 می‌شوند. هرچه این تخمین دقیقتر باشد، مقدار محاسبه شده برای زمان اجرای قاعده به واقعیت نزدیکتر است [۱، ۲].

همانطور که پیش از این نیز بیان شد، اجرای یک قاعده‌ی فعال منوط به درستی بخش شرط آن در لحظه‌ی ارزیابی است. به عبارت دیگر احتمال اجرای یک قاعده با احتمال درستی بخش شرط آن یکسان 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. اگر احتمال درستی این عبارات شرطی به صورت قطعی وجود داشته باشد، می‌توان احتمال درست بودن شرط قواعد را به دقت محاسبه نمود. ولی احتمال درستی یک عبارت شرطی غالباً قبل از اجرای آن به صورت قطعی وجود ندارد، هر چهار نسخه EX-SJF یعنی EX-SJF_{PRO}-V.2.8، EX-SJF_{PRO}-V.1.8، EX-SJF_{EXA} به منظور پیش‌بینی قواعد فرزند یک قاعده به تشکیل درخت اجرای قواعد می‌پردازند [۱]. اما وجه تمایز این نسخه‌ها در نحوه تخمین احتمال اجرای قواعد فرزند می‌باشد.

روش زمان‌بندی EX-SJF_{EXA}

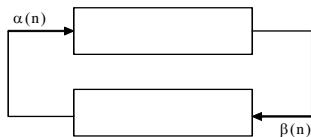
در این روش احتمال درستی بخش شرط قواعد (احتمال اجرای قواعد)، در نظر گرفته می‌شود [۲]. در نتیجه زمان اجرای قواعد با فرض $P(R) = 1$ طبق رابطه‌ای (۱) که در ادامه می‌آید، محاسبه می‌شود:

$$X^{imm}(R_i) \quad \text{زمان اجرای ۱ امین تراکنش فوری حاصل از } R \\ X^{def}(R_j) \quad \text{زمان اجرای ۲ امین تراکنش تعویقی حاصل از } R \\ L(R) \quad \text{تعداد دستورات بخش عمل } R \\ n^{def}(R) \quad \text{تعداد قواعد تعویقی تولیدی توسط قاعده } R \\ n^{imm}(R) \quad \text{تعداد قواعد فوری تولیدی توسط قاعده } R \\ X(R) \quad \text{زمان اجرای بخش عمل قاعده } R \\ P(R_i) \quad \text{احتمال درستی شرط ۱ امین قاعده فوری حاصل از } R \\ P(R_j) \quad \text{احتمال درستی شرط ۲ امین قاعده تعویقی حاصل از } R \\ X(R) = L(R) + \sum_{i=1}^{n^{imm}(R)} P(R_i) * X^{imm}(R_i) + \sum_{j=1}^{n^{def}(R)} P(R_j) * X^{def}(R_j)$$

تخمین احتمال درستی بخش شرط قواعد، در حین اجرای سیستم می-پردازد. اما در ادامه پیش از تشریح جایگاه و عملکرد اتوماتای یادگیر در زمانبندی قواعد فعال، به تعریف اتوماتای یادگیر و مفاهیم مرتبط می-پردازیم.

اتوماتای یادگیر

اتوماتای یادگیر [۸]، [۹]، ماشینی است که می‌تواند تعدادی متنهای عمل را انجام دهد. هر عمل انتخاب شده توسط یک محیط احتمالی ارزیابی می‌شود و نتیجه ارزیابی در قالب پاسخی مثبت یا منفی به اتوماتا داده می‌شود و اتوماتا از این پاسخ در انتخاب عمل بعدی تاثیر می‌گیرد. هدف نهایی این است که اتوماتا یاد بگیرد تا از بین اعمال خود بهترین عمل را انتخاب کند. بهترین عمل، عملی است که احتمال دریافت پاداش از محیط را به حداقل برساند. کارکرد اتوماتای یادگیر در تعامل با محیط، در شکل (۱) مشاهده می‌شود.



شکل (۱): ارتباط بین محیط و اتوماتای یادگیر

محیط را می‌توان توسط سه تایی $E = \{v, \beta, c\}$ نشان داد که در آن $\{v, \beta, c\} = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, c_1, c_2, \dots, c_r\}$ مجموعه ورودی‌ها، $v = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r\}$ مجموعه احتمال‌های جریمه می‌باشد. هرگاه β مجموعه دو عضوی باشد، محیط از نوع P می‌باشد. در چنین محیطی $\beta_1 = \beta_2 = 0$ به عنوان جریمه و $c = 1$ به عنوان پاداش در نظر گرفته می‌شود. در محیط از نوع Q ، $\beta = \beta(n)$ می‌تواند به طور گستته یک مقدار از مقادیر محدود در فاصله $[0, 1]$ و در محیط از نوع S $\beta = \beta(n)$ مقدار از مقادیر محدود در فاصله $[0, 1]$ است. احتمال این است که عمل α_i متغیر تصادفی در فاصله $[0, 1]$ باشد. در محیط ایستا مقادیر β بدون تغییر می‌مانند، حال آنکه در محیط غیرایستا این مقادیر در طی زمان تغییر می‌کنند.

اتوماتای یادگیر با ساختار ثابت توسط پنج تایی $\{v, \beta, F, G, \phi\}$ نشان داده می‌شود که در آن $v = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r\}$ مجموعه عمل‌های اتوماتا، $\beta = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ مجموعه ورودی‌های اتوماتا، F, G تابع تولید وضعیت جدید اتوماتا و ϕ → ϕ : تابع خروجی می‌باشد که وضعیت کنونی اتوماتا را به خروجی بعدی می‌نگارد. اتوماتای یادگیر با ساختار متغیر را می‌توان توسط چهارتایی $\{v, \beta, p, T\}$ نشان داد که $v = \{\alpha_1, \dots, \alpha_r\}$ مجموعه عمل‌های اتوماتا، $\beta = \{\beta_1, \dots, \beta_m\}$ مجموعه ورودی‌های اتوماتا، $p = \{p_1, \dots, p_r\}$ بردار احتمال انتخاب هریک از عمل‌ها و $T[v(n), \beta(n), p(n)] = p(n+1)$ الگوریتم یادگیری می‌باشد. بردار احتمال انتخاب هریک از عمل‌ها در لحظه n بصورت زیر است:

از متغیرهای شرطی بخش شرط قواعد، تمامی مقادیری که اخذ شده، به همراه مدت زمان اخذ آنها ثبت می‌گردد. در پایان هر ۸ بر اساس اطلاعات بدست آمده توزیع احتمال متغیرها اصلاح و در نتیجه احتمال و زمان اجرای قواعد مجدد محاسبه و بهنگام می‌شوند. بدین ترتیب که مقادیر فعلی احتمال وقوع مقادیر دامنه متغیرها را براساس مقادیری که در ۸ گذشته توسط آن متغیرها اخذ شده و همچنین با توجه به مدت زمان اخذ هر مقدار توسط هر متغیر، بهنگام و سپس زمان اجرای قواعد را براساس احتمالات بهنگام شده، مجدداً، طبق (۱) محاسبه می-نماییم. محاسبات و بهنگام سازی‌ها را در زمان بیکاری سیستم انجام می‌دهیم. به عبارت دیگر اندازه‌ی ۸ را طوری تعیین می‌کنیم که پایان آن با زمان بیکاری سیستم مصادف شود. بدینهی است هرچه از شروع کار سیستم بیشتر بگذرد، توزیع‌های احتمالی که برای متغیرها بدست می‌آیند به واقعیت نزدیکتر شده و درنتیجه 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 (۸). بدینهی است که تعیین اندازه‌ی ۸ به میزان اهمیت دقت زمان اجرای قواعد در سیستم بستگی دارد.

معرفی روش جدید زمانبندی ${}^8E_{X-SJF_{ESTLA}}$

این روش نیز مانند روش‌های $E_{X-SJF_{PRO}-V.1.8}$ و $E_{X-SJF_{PRO}-V.2.8}$ بر مبنای تخمین احتمال اجرای قواعد طراحی شده است. عبارت دیگر در روش جدید با اضافه کردن یک اتوماتای یادگیر به کاربردی روش موجود [۱]، $E_{X-SJF_{PRO}-V.2.8}$ در صدد افزایش کارایی فرایند زمانبندی قواعد از بُعد پارامترهای ارزیابی تعریف شده، برآمده‌ایم. 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 آماده‌ی اجرا جهت انتخاب یکی از قواعد آماده‌ی اجرا به منظور اجرای دستورات بخش عمل آنها. روش‌هایی که تاکنون ارائه شده‌اند، همگی دارای مکانیزم یکسانی برای هر دو زمانبندی مذکور می‌باشند. بعنوان مثال در روش $E_{X-SJF_{PRO}-V.2.8}$ ، هر دو زمانبند قواعد فعال و آماده‌ی اجرا بر مبنای زمان اجرای قواعد عمل می‌کنند. بدین ترتیب که ملاک انتخاب یک قاعده فعال یا آماده‌ی اجرا در هر لحظه، زمان اجرای آن قاعده است و لذا قاعده‌ای انتخاب می‌شود که کمترین زمان اجرا را داشته باشد.

در روش پیشنهادی جدید مکانیزم زمانبندی قواعد فعال و قواعد آماده-ی اجرا با هم متفاوتند. بدین ترتیب که برای زمانبندی قواعد آماده‌ی اجرا همانند روش $E_{X-SJF_{PRO}-V.2.8}$ عمل می‌نماید. اما برای زمانبندی قواعد فعال، دارای مکانیزم زمانبندی متفاوتی بر مبنای اتوماتای یادگیر است. عبارت دیگر در روش جدید، ملاک زمانبندی قواعد فعال، بر خلاف روش $E_{X-SJF_{PRO}-V.2.8}$ ، زمان اجرای قواعد نیست. بلکه احتمال درستی بخش شرط آنهاست و اتوماتای یادگیر نیز در این راستا به

محیط • خواهد بود). اقدام اتوماتای 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 اتوماتا متغیر خواهد بود [۱۰]. لذا لازم است در هر بار تغییر تعداد قواعد فعال، پردازش‌هایی در رابطه با احتمال انتخاب اقدام‌های اتوماتا صورت پذیرد که در ادامه به سرچ آن خواهیم پرداخت. اگر تعداد قواعد، n باشد، مجموعه اقدام‌های اتوماتا در حالت کلی، $\{\alpha_1, \dots, \alpha_n\}$ خواهد بود. یعنی بازای هر قاعده، یک اقدام تعریف می‌شود. لذا با توجه به مطلب پیش‌گفته، بدیهی است که در هر لحظه مجموعه اقدام‌های اتوماتا زیر مجموعه‌ای از مجموعه‌ی فوق خواهد بود. V_i نشانده‌نده α_i زیرمجموعه اقدام‌های V است بطوریکه $1 \leq i \leq 2^n$. $V(k)$ نشانده‌نده زیرمجموعه‌ای از V است که در لحظه K فعال است.

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

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

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 EX-SJF_{PRO}-V.2.8 محاسبه می‌شود، لذا با فرض اینکه $K(0)$ نشانده‌نده مجموع احتمالات درستی شرط قواعد در آغاز باشد. با توجه به رابطه (۳) احتمال انتخاب هر اقدام در آغاز در مقیاس ۱ طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

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

در لحظه k با فرض اینکه اقدامات متعلق به $V(k)$ ، فعال باشند، احتمال انتخاب اقدامها به روش زیر بهنگام می‌شوند:

$$K(k) = \sum_{\substack{q \\ \alpha_q \in V(k)}} p_q(k) \quad (6)$$

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

$$\begin{aligned} p_q(k+1) &= p_q(k) - ap_q(k) + ak(k) & \alpha_q \in V(k) \\ p_j(k+1) &= p_j(k) - ap_j(k) & \forall j, j \neq q, \alpha_j \in V(k) \end{aligned} \quad (7)$$

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

$$\begin{aligned} p_q(k+1) &= p_q(k) \\ p_j(k+1) &= p_j(k) & \forall j, j \neq q \end{aligned} \quad (8)$$

ج- برای هر $\alpha_i \notin V(k)$

$$p_i(k+1) = p_i(k)$$

پس از شروع کار سیستم، در بازه‌های زمانی مشخص (Δt_i) احتمال درستی بخش شرط (احتمال اجرای) قواعد، براساس اطلاعات بدست آمده اخیر به همان روش بیان شده در بخش ۲-۴، بهنگام می‌شوند. بهنگام سازی احتمال درستی شرط هر قاعده تا زمانی تکرار می‌شود که

$$P(n) \equiv \{p_1(n), p_2(n), \dots, p_r(n)\}$$

بطوریکه

$$\sum_{i=1}^r p_i(n) = 1, \quad \forall n, \quad p_i(n) = \text{Prob}[\alpha(n) = \alpha_i] \quad ()$$

در آغاز فعالیت اتوماتا، احتمال اقدام‌های آن با هم برابر و مساوی $\frac{1}{r}$ می‌باشد (که r تعداد اقدام‌های اتوماتا می‌باشد). اگر اتوماتای یادگیر در تکرار n ، یک اقدام خود مانند α_i را انتخاب کند و یک پاسخ مطلوب از محیط دریافت نماید، $p_i(n)$ (احتمال اقدام α_i افزایش و احتمال سایر اقدامها کاهش می‌یابد. بالعکس در صورت نامطلوب بودن پاسخ دریافتی از محیط، احتمال اقدام α_i کاهش و احتمال سایر اقدام‌های اتوماتا افزایش می‌یابد. در هر حال، تغییرات به گونه‌ای صورت می‌گیرد تا حاصل جمع $p_i(n)$ ها همواره ثابت و مساوی یک باقی بماند. تغییر احتمال اقدامها بصورت زیر می‌باشد. اگر پارامتر a پارامتر پاداش و پارامتر b جریمه می‌باشدند. آنگاه شکل عمومی الگوریتم یادگیری تقویتی خطی (در اتوماتایی با چند اقدام) بصورت زیر است. اگر در گام n اقدام α_i انتخاب شده باشد، سپس در گام $n+1$ خواهیم داشت :

الف- پاسخ مطلوب از محیط

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= p_i(n) + a[1 - p_i(n)] \\ p_j(n+1) &= (1 - a)p_j(n) \end{aligned} \quad \forall j, j \neq i \quad ()$$

ب- پاسخ نامطلوب از محیط

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= (1 - b)p_i(n) \\ p_j(n+1) &= \frac{b}{r-1} + (1 - b)p_j(n) \end{aligned} \quad \forall j, j \neq i \quad ()$$

با توجه به مقادیر a و b در روابط فوق، سه حالت را می‌توان در نظر گرفت. اگر مقادیر a و b برابر باشند، اتوماتای یادگیر L_{RP} نامیده می‌شود. زمانیکه b مساوی با صفر باشد اتوماتای یادگیر L_{RI} نامیده می‌شود. اگر $b < a$ باشد، اتوماتای یادگیر $L_{R\&P}$ نامیده می‌شود.

نحوه‌ی بکارگیری اتوماتای یادگیر در فرایند تخمین

احتمال اجرای قواعد

در روش جدید به کمک یک اتوماتای یادگیر با ساختار متغیر و الگوریتم یادگیری L_R به زمانبندی قواعد فعال بر مبنای احتمال درستی شرط آنها می‌پردازیم. وظیفه این اتوماتای یادگیر این است که با توجه به پاسخ‌های دریافتی از محیط، استراتژی زمانبند قواعد را برای انتخاب اقدام مناسب بهنگام نماید تا نهایتاً افزایش کارایی فرایند زمانبندی قواعد پویا از بعد پارامترهای ارزیابی تعریف شده، منجر گردد. جایگاه اتوماتای یادگیر مذکور در معماری سیستم پایگاه داده پویا در شکل (۳) نشان داده شده است. محیطی که اتوماتای یادگیر مذکور در آن واقع است، از نوع مدل P است، یعنی پاسخی که از طرف محیط به اقدام LA داده می‌شود، دودویی است (در صورتیکه شرط قاعده‌ی فعال انتخاب شده، درست باشد، پاسخ محیط ۱ و در صورتیکه نادرست باشد، پاسخ

تراکنش‌ها مسؤول نگهداری، مدیریت، زمان‌بندی و اجرای تراکنش‌های تولید شده توسط واحد مدیریت قواعد و کاربر می‌باشد. 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 جمله‌ی 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. در حالت فوری از پایگاه قاعده‌ای استفاده شده است که در آن پیوستگی رویداد-شرط و شرط-عمل قواعد فقط از نوع تعویقی می‌باشد و سرانجام در حالت ترکیبی از پایگاه قاعده‌ای استفاده شده است که در آن پیوستگی رویداد-شرط و شرط-عمل فوری است. در حالت تعویقی نیز پیوستگی رویداد-شرط و شرط-عمل قواعد فقط از نوع تعویقی می‌باشد و سرانجام در حالت ترکیبی از پایگاه قاعده‌ای استفاده شده است که در آن پیوستگی رویداد-شرط و شرط-عمل قواعد از هر سه نوع فوری، تعویقی و مستقل می‌تواند باشد [۲]. نتایج حاصل از مقایسه‌ی روش‌های زمان‌بندی مختلف در حالت‌های تعویقی، فوری و ترکیبی به ترتیب در جداول (۱)، (۲) و (۳) 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. رتبه‌بندی نهایی روش‌ها بر طبق (۱۰) محاسبه می‌شود. شایان ذکر است که رتبه نهایی روشی بهتر خواهد بود، که مقدار $S(k)$ متناظرش کمتر باشد.

جدول (۱): نتایج ارزیابی روش‌های زمان‌بندی در حالت تعویقی

روش‌ها						پارامترهای ارزیابی
						اتفاقی
						اوپریوت استا
						برحسب زمانی
۳	۱	۳	۶	۵		EDFPD
۳	۱	۴	۸	۵		EDFDIV
۱	۱	۵	۷	۵		EDFSL
۲	۱	۴	۷	۴		E _x -SJF _{EXA}
۲	۱	۴	۴	۴		E _x -SJF _{PRO}
۲	۱	۳	۳	۳		E _x -SJF _{PRO} -V.1.8
۲	۱	۲	۲	۲		E _x -SJF _{PRO} -V.2.8
۲	۱	۱	۱	۱		E _x -SJF _{ESTLA}

آهنگ تغییرات آن کمتر از ۴ 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 اتوماتیک یادگیر متناسب با احتمال بهنگام شده‌ی درستی شرط قواعد و احتمال انتخاب اقدامات اتوماتیک یادگیر در انتهای بازه‌ی زمانی قبلی (σ_i)، طبق (۹) بهنگام می‌شوند.

احتمال انتخاب اقدام نام (قاعده R_i) محاسبه شده به روش E_x-SJF_{PRO}-V.2.8 در پایان k در مقیاس ۱

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

احتمال انتخاب اقدام نام (قاعده R_i) محاسبه شده توسط اتوماتیک یادگیر در پایان k

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

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

احتمال انتخاب اقدام نام (قاعده R_i) در پایان k توسط اتوماتیک یادگیر و در آغاز $k+1$

$$p_{R_i}(\sigma_{k+1}) = \frac{\phi(t) * p_{R_i,2}(\sigma_k) + p_{R_i,1}(\sigma_k)}{\phi(t) + 1} \quad (9)$$

مقایسه و ارزیابی روش‌های زمان‌بندی قواعد

در مرجع [۲] چارچوبی به منظور مقایسه روش‌های زمان‌بندی قواعد رائمه شده است. این چارچوب شامل پنج پارامتر ارزیابی شامل میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی، توان عملیاتی، میزان زمان سریار محاسباتی به ازای هر تراکنش و بهره پردازشگر می‌باشد. اولویت این پارامترها (W_i در رابطه (۱۰)) به ترتیب معروفی آنها در عبارت پیشین می‌باشد.

در این چارچوب به منظور شبیه‌سازی رفتار سیستم پایگاه داده پویا یک محیط آزمایشگاهی به نام شبیه‌ساز سیستم پایگاه داده پویا (ADSS) طراحی و پیاده‌سازی شده است که با پیاده‌سازی روش‌های زمان‌بندی مختلف در آن می‌توان عملکرد آنها را مورد ارزیابی قرار داد. معماری، نحوه‌ی طراحی و پیاده‌سازی ADSS و روش‌های مختلف زمان‌بندی قواعد به طور مفصل در مرجع [۱] شرح داده شده است. ADSS دارای معماری سه بخشی است: (۱) واحد مدیریت اشیای داده، (۲) واحد مدیریت قواعد و (۳) واحد مدیریت تراکنش‌ها. واحد مدیریت اشیای داده که در حقیقت بخش پایگاه داده یک سیستم پایگاه داده پویا را شبیه‌سازی می‌کند، مدیریت کلیه‌ی امور مربوط به اقلام داده را برعهده دارد. واحد مدیریت قواعد که خود شامل چند بخش کوچکتر دیگر است کلیه امور مربوط به حفظ، نگهداری، بهنگام‌سازی، فعل سازی قواعد و تولید تراکنش براساس بخش عمل آنها را بر عهده دارد. واحد مدیریت

جدول (۳): نتایج ارزیابی روش‌های زمان‌بندی در حالت ترکیبی

						پارامترهای ارزیابی	روش‌ها
جهت زمان‌بندی	هر زمان‌بندی	جهت محاسباتی	هر محاسباتی	جهت معزز	هر معزز		
۱	۱	۲	۵	۷	۷	اتفاقی	
۱	۲	۴	۴	۶	۶	اولویت ایستا	
۱	۲	۴	۴	۶	۶	برچسب زمانی	
۱	۲	۵	۳	۵	۵	EDF _{PD}	
۱	۲	۵	۳	۵	۵	EDF _{DIV}	
۱	۲	۶	۶	۵	۵	EDF _{SL}	
۱	۲	۳	۳	۴	۴	E _x -SJF _{EXA}	
۱	۲	۳	۳	۴	۴	E _x -SJF _{PRO}	
۱	۲	۲	۲	۳	۳	E _x -SJF _{PRO-V.1.8}	
۱	۲	۱	۱	۲	۲	E _x -SJF _{PRO-V.2.8}	
۱	۲	۱	۱	۱	۱	E _X -SJF _{ESTLA}	

جدول (۲): نتایج ارزیابی روش‌های زمان‌بندی در حالت فوری

						پارامترهای ارزیابی	روش‌ها
جهت زمان‌بندی	هر زمان‌بندی	جهت محاسباتی	هر محاسباتی	جهت معزز	هر معزز		
۳	۳	۲	۵	۵	۵	اتفاقی	
۳	۳	۲	۵	۵	۵	اولویت ایستا	
۱	۱	۲	۵	۵	۵	برچسب زمانی	
۲	۱	۱	۴	۴	۴	EDF _{PD}	
۲	۱	۱	۴	۴	۴	EDF _{DIV}	
۲	۲	۴	۳	۳	۳	EDF _{SL}	
۲	۳	۵	۴	۴	۴	E _x -SJF _{EXA}	
۲	۲	۴	۳	۳	۳	E _x -SJF _{PRO}	
۲	۳	۳	۲	۲	۲	E _x -SJF _{PRO-V.1.8}	
۲	۲	۳	۱	۲	۲	E _x -SJF _{PRO-V.2.8}	
۲	۲	۲	۱	۱	۱	E _X -SJF _{ESTLA}	

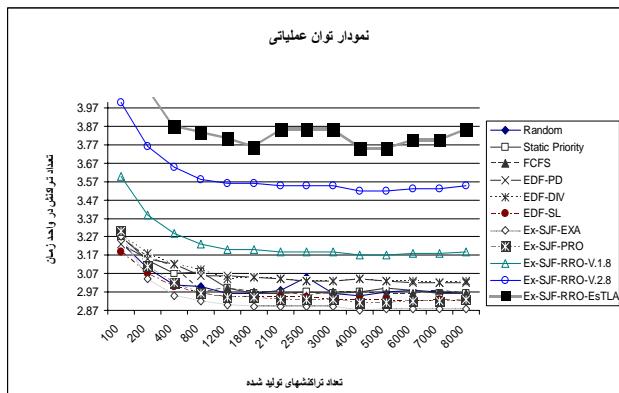
$k \in \text{Rule Scheduling Approaches Set}$

W_i is the weight of i th evaluation metric

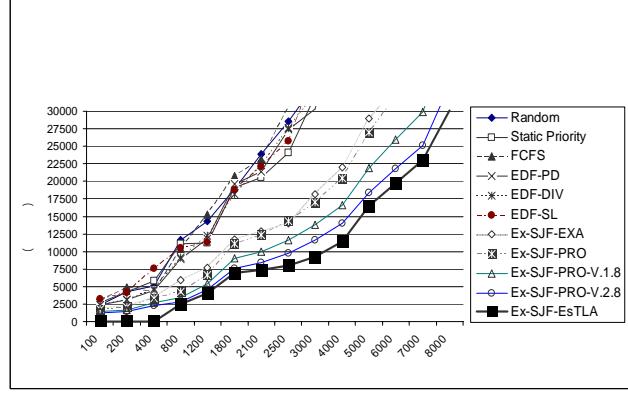
$$S(k) = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^5 W_i * Rnk_{i,j}(k) \quad j=1, 2 \text{ and } 3 \text{ indicates deferred, immediate and composite state, respectively} \quad (10)$$

$Rnk_{i,j}(k)$ is the rank of approach k in j th state based on i th evaluation metric

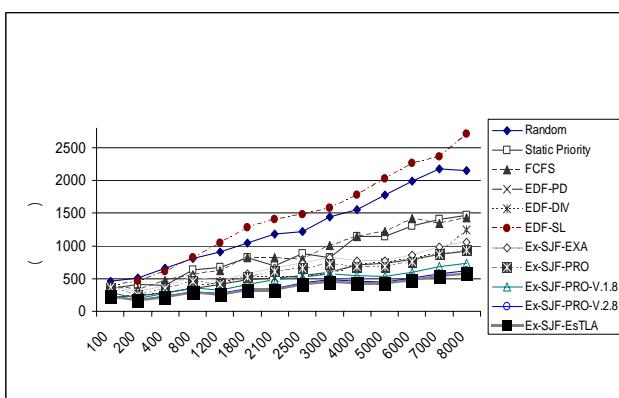
$S(k)$ is the total score of approach k among all approaches



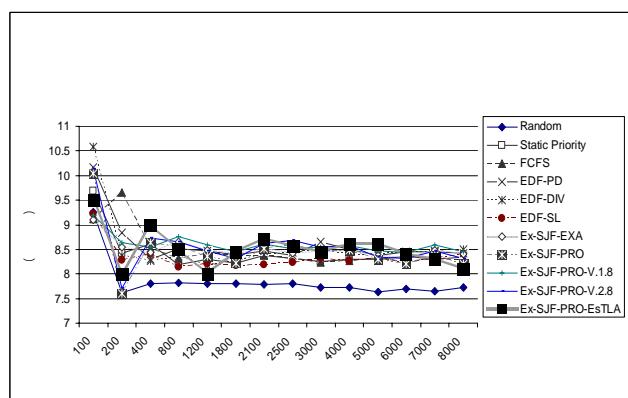
شکل (۳): نمودار توان عملیاتی روش‌های زمان‌بندی در حالت فوری



شکل (۴): نمودار میانگین زمان پاسخگویی روش‌های زمان‌بندی در حالت تعویقی



شکل (۵): نمودار انحراف معیار زمان پاسخگویی روش‌های زمان‌بندی در حالت ترکیبی



شکل (۶): نمودار میانگین زمان سربار محاسباتی به ازای هر تراکنش روش‌های زمان‌بندی در حالت ترکیبی

V.2.8 دارای کمترین انحراف معیار زمان پاسخگویی هستند. روش E_x - SJF_{ESTLA} موجب کاهش ۶/۹ درصدی انحراف معیار زمان پاسخگویی روش E_x - SJF_{PRO} -V.2.8 شده است. روش E_x - SJF_{PRO} -V.2.8 نیز به نوبهٔ خود موجب کاهش ۱۶/۴ درصدی انحراف معیار زمان پاسخگویی E_x - SJF_{PRO} -V.1.8 شده است. بعد از این سه روش، نسخه‌های E_x - SJF_{EXA} و SJF_{PRO} به همراه دو روش EDF_{PD} و SJF_{PRO} به ترتیب دارای کمترین انحراف معیار زمان پاسخگویی هستند. روش E_x - SJF_{PRO} -V.1.8 نیز موجب کاهش ۲۱/۴ درصدی انحراف معیار زمان پاسخگویی روش E_x - SJF_{PRO} شده است و پس از آنها دو روش «اولویت ایستا» و FCFS دارای کمترین انحراف معیار زمان پاسخگویی هستند. نمودار شکل (۵) همچنین نشان می‌دهد دو روش EDF_{SL} و «انتخاب اتفاقی» به ترتیب دارای بیشترین انحراف معیار زمان پاسخگویی هستند. نکته‌ی دیگری که از این شکل مشخص می‌شود شبیهٔ تند نمودار برای روش‌های EDF_{SL} و «انتخاب اتفاقی» است که نشان می‌دهد در این روشها در صورت افزایش تعداد تراکنش‌های تولید شده، تجمع زمان‌های پاسخگویی تراکنش‌ها حول نقطه‌ی میانگین به شدت کاهش خواهد یافت. شبیه نمودار برای روش‌های E_x - SJF_{ESTLA} ، E_x - SJF_{PRO} -V.2.8 و SJF_{PRO} -V.1.8 از همه کمتر بوده و نشان می‌دهد سرعت رشد انحراف معیار زمان پاسخگویی در این چهار روش از بقیهٔ سیار کمتر است.

نتایج آزمایشات و تحلیل‌های مربوطه حاکی از آن است که در مجموع روش E_x - SJF_{ESTLA} از سایر روش‌های مورد ارزیابی کاراتر است. همانطور که ملاحظه می‌شود زمانبندی قواعد فعل بر مبنای احتمال درستی شرط آنها و نه بر مبنای زمان اجرای آنها به کمک اتوماتای یادگیر منجر به بهبود روش زمانبندی E_x - SJF از نظر میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی و توان عملیاتی می‌شود. فرایند تخمین احتمال وقوع قواعد در E_x - SJF_{ESTLA} به گونه‌ای است که سربار محاسباتی بر سیستم تحمیل نمی‌کند. لذا نسخهٔ E_x - SJF_{ESTLA} با سایر نسخه‌های مبتنی بر الگوریتم SJF از نظر میزان سربار محاسباتی به ازای هر تراکنش و بهرهٔ پردازشگر برابر می‌کند. جدول (۴) درصد کاراتر بودن روش E_x - SJF_{ESTLA} را نسبت به روش E_x - SJF_{PRO} -V.2.8 (کاراترین 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.

جدول (۴) درصد کاراتر بودن روش E_x - SJF_{ESTLA} نسبت به روش E_x - SJF_{PRO} -V.2.8

توان عملیاتی	انحراف معیار زمان پاسخگویی	میانگین زمان پاسخگویی	پارامترهای ارزیابی	حالات مقایسه
%۷	%۶/۴	%۸/۶	فوري	
%۶/۷	%۱۱/۹	%۹/۸	تعویقی	
%۱۲/۳	%۶/۹	%۷/۸	ترکیبی	

شکل‌های (۲) و (۵) چند نمونه از نمودارهای ارزیابی روش‌های زمانبندی اجرای قواعد در حالات مختلف را نشان می‌دهند. همانگونه که در شکل (۲) ملاحظه می‌شود، دو روش E_x - SJF_{ESTLA} و E_x - SJF_{PRO} -V.2.8 دارای کمترین میانگین زمان پاسخگویی بین کلیهٔ روش‌ها در حالت تعویقی هستند. روش‌های E_x - SJF_{PRO} -V.1.8 و E_x - SJF_{EXA} از نظر میانگین زمان پاسخگویی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. سایر روش‌ها از این حیث دارای رفتار مشابهی هستند. با توجه به نمودار شکل (۲) به این نتیجه می‌رسیم که استفاده از روش E_x - SJF_{ESTLA} موجب کاهش ۹/۸ درصدی میانگین زمان پاسخگویی نسبت به روش E_x - SJF_{PRO} -V.2.8 و استفاده از روش E_x - SJF_{PRO} -V.1.8 درصدی میانگین زمان پاسخگویی نسبت به روش E_x - SJF_{PRO} -V.۱۵/۸ و استفاده از روش E_x - SJF_{PRO} -V.۱۸/۸ درصدی میانگین زمان پاسخگویی نسبت به روش E_x - SJF_{PRO} -V.۱۸/۸ درصدی میانگین زمان پاسخگویی نسبت به روش E_x - SJF_{EXA} می‌شود (عملکرد دو نسخهٔ روش E_x - SJF در زمینهٔ میانگین زمان پاسخگویی در حالت تعویقی بسیار نزدیک به هم بوده ولی روش E_x - SJF_{PRO} اندکی بهتر از روش E_x - SJF_{EXA} عمل می‌کند). این در حالیست که دو روش اخیر (E_x - SJF_{EXA} و E_x - SJF_{PRO}) نیز به نوبهٔ خود موجب کاهش ۴۳ درصدی میانگین زمان پاسخگویی نسبت به سایر روش‌ها در حالت تعویقی خواهند شد. نکته‌ی دیگری که از این شکل مشخص است، شبیه نمودار است که برای روش‌های E_x - SJF_{ESTLA} از E_x - SJF_{PRO} -V.2.8، E_x - SJF_{PRO} -V.1.8، E_x - SJF_{EXA} از بقیهٔ روش‌ها کمتر بوده که نشان می‌دهد سرعت رشد میانگین زمان پاسخگویی در این سه روش از بقیهٔ روش‌ها بسیار کمتر است.

شکل (۳) رفتار روش‌های زمانبندی در حالت فوری از نقطهٔ نظر توان عملیاتی را نشان می‌دهد. روش E_x - SJF_{EXA} دارای کمترین توان عملیاتی است. دو روش EDF_{SL} و E_x - SJF_{PRO} دارای توان عملیاتی بیشتری نسبت به E_x - SJF_{EXA} هستند. روش‌های E_x - SJF_{PRO} -V.2.8 و E_x - SJF_{PRO} -V.1.8 از این حیث در رتبه‌های بهتری نسبت به سه روش پیش قرار دارند به طوریکه روش E_x - SJF_{PRO} -V.1.8 موجب افزایش ۹ درصدی توان عملیاتی روش E_x - SJF_{PRO} می‌شود و روش E_x - SJF_{PRO} -V.2.8 نیز موجب افزایش ۱۱ درصدی توان عملیاتی روش E_x - SJF_{PRO} -V.1.8 می‌شود. اما این روش‌ها نیز خود از نظر این معیار ارزیابی بعد از چهار روش E_x - SJF_{ESTLA} ، «اولویت ایستا»، FCFS و «انتخاب اتفاقی» قرار می‌گیرند. به طوریکه توان عملیاتی روش E_x - SJF_{ESTLA} درصد بهتر از توان عملیاتی روش E_x - SJF_{PRO} -V.2.8 است. همانگونه که در شکل (۳) نشان داده شده است دو روش EDF_{PD} و E_x - SJF_{PRO} -V.2.8 بیشترین توان عملیاتی در این حالت هستند.

همانگونه که در شکل (۴) ملاحظه می‌شود روش «انتخاب اتفاقی» دارای کمترین «سربار محاسباتی به ازای هر تراکنش» در حالت ترکیبی است در حالیکه رفتار بقیهٔ روش‌ها در رابطه با این معیار تقریباً یکسان است. شکل (۵) نشان می‌دهد که دو روش E_x - SJF_{PRO} و E_x - SJF_{ESTLA}

- [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.; Purimeta, 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.

آخرنویس‌ها

-
- ¹ Active Database Management System
² Three Tier Architecture
³ Learning Automaton
⁴ Event - Condition - Action
⁵ Active Database System Simulator
⁶ Total Order (Static Priority)
⁷ Earliest Deadline First
⁸ Extended-Shortest Job First-(based on)-Estimation-(using)-Learning Automata

همانطور که مشاهده می‌شود با بهبود فرایند زمانبندی قواعد فعل در نسخه جدید ($E_{X-SJF_{ESTLA}}$) نسبت به نسخه‌های ارائه شده پیشین، کارایی فرایند زمانبندی قواعد از نظر میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی و توان عملیاتی افزایش یافته است. از نظر منطقی نیز انتظار می‌رود که چنین بهبودی حاصل شود. همانطور که پیش از این نیز بیان شد، از بین قواعد فعل فقط آنهایی اجرا می‌شوند که شرط‌شان در لحظه‌ی ارزیابی درست باشد و سایر قواعد فعل از گردونه‌ی پردازش خارج می‌شوند. اما زمانی که صرف انتخاب این دسته از قواعد فعل 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 فاصله زمان پاسخگویی هر قاعده از میانگین زمان پاسخگویی) تأثیرگذار است. بدیهی است هرچه اولویت پردازش قواعد فعلی که بدون اجرا شدن از گردونه پردازش، خارج می‌شوند کمتر باشد، کارایی سیستم از بُعد پارامترهای ارزیابی پیش‌گفته بهتر می‌شود. لذا اگر فرایند زمانبندی قواعد فعل، 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 دقیقت احتمال درستی شرط قواعد در حین اجرای سیستم بپردازد، 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 $E_{X-SJF_{PRO-V.2.8}}$ فقط در حد بهنگام سازی احتمال درستی شرط برخی از قواعد فعل، طبق (۷) است که بسیار ناچیز و قابل اغماض می‌باشد.

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 زمان-بندی قواعد پرداختیم. سپس به منظور بهبود کارترین روش زمانبندی موجود ($E_{X-SJF_{PRO-V.2.8}}$) درصد بهبود فرایند زمانبندی قواعد فعل به کمک اتوماتای یادگیر برآمدیم. بر همین اساس روش جدیدی ارائه کردیم و آن را $E_{X-SJF_{ESTLA}}$ 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 $E_{X-SJF_{ESTLA}}$ از نظر میانگین زمان پاسخگویی، انحراف معیار زمان پاسخگویی و توان عملیاتی نشان می‌دهد.