دانشگاه تبریز

دانشکده علـوم ریاضی

گروه ریاضی کاربردی

رساله

برای دریافت درجه دکتری در رشته‌ی

ریاضی کاربردی، گرایش سیستم‌های کامپیوتری

عنوان

یادگیری هوشمند قوانین ECA در محیط‌های پویای رویدادی

استاد راهنما

پروفسور آیاز عیسی‌زاده

استاد مشاور

دکتر لیلی محمدخانلی

پژوهشگر

فرناز ماهان

۱۳۹۳

بسم الله الرّحمن الرّحیم

سپاس خدایی را که سخنوران در ستودن او بمانند و شمارگران شمردن نعمتهای او ندانند، و کوشندگان، حقّ او را گزاردن نتوانند. خدایی که پای اندیشهٔ تیزگام در راه شناسایی او لنگ است، و سرِ فکرت ژرف رو به دریای معرفتش برسنگ. صفتهای او تعریف ناشدنی است و به وصف درنیامدنی، و در وقت ناگنجیدنی، و به زمانی مخصوص نابودنی. به قدرتش خلایق را بیافرید، و به رحمتش بادها را سپر افکند، و با خرسنگها لرزهٔ زمین را در مهار کشید.

گواهی می‌دهم که خدا یکتاست، انبازی ندارد و بی‌همتاست. گواهیی از روی اعتقاد و ایمان، بی‌آمیغ برآمده از امتحان؛ و گواهی می‌دهم که محمّد (ص) بندهٔ او و پیامبر اوست. او را بفرستاد با دینی آشکار، و با نشانه‌هایی پدیدار، و قرآنی نبشته در علم پروردگار. که نوری است رخشان، و چراغی است فروزان، و دستورهایش روشن و عیان. تا گرد دودلی از دلها بزداید، و با حجّت و دلیل ملزم فرماید.

پاک خدایا! چه بزرگ است آنچه می‌بینم از خلقت تو؛ و چه خرد است، بزرگی آن در کنار قدرت تو؛ و چه با عظمت است آنچه می‌بینم از ملکوت تو، و چه ناچیز است برابر آنچه برمانهان است از سلطنت تو، و چه فراگیر است نعمت تو در این جهان؛ و چه اندک است در کنار نعمتهای آن جهان.

خدایا! اگر در پرسش خود درمانم یا راه پرسیدن را ندانم، صلاح کارم را به من نما و دلم را بدانچه رستگاری من در آن است متوجه فرما! که چنین کار از راهنمایی‌های تو ناشناخته نیست و از کفایتهای تو نه.

از فرمایشات حضرت علی (ع)

تقدیم به:

پدر مهربانم، مادر دلسوزم
و برادران عزیزم

بنام خدا

و من لَمْ یَشْکُرُ الْمَخلوق لَمْ یَشْکُرُ الْخالِقْ.

سپاس و ستایش پروردگار متعال را که به اینجانب توفیق تلاش در راه کسب علم و دانش را عطا فرمود. امیدوارم بتوانم آموخته‌هایم را در راه پیشرفت علمی وطن خویش مورد استفاده قرار دهم.

در آغاز وظیفه‌ی خود می‌دانم از زحمات بی دریغ استاد راهنمای ارجمند خود، جناب آقای پروفسور **آیاز عیسی‌زاده** ، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم که قطعاً بدون راهنمایی های ارزنده‌ی ایشان این مجموعه به انجام نمی‌رسید. همچنین از راهنمایی‌های ارزنده پروفسور **Witold Pedrycz** عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه آلبرتا کشور کانادا، در غنی‌تر شدن رساله کمال امتنان را دارم.
از جناب آقایان پروفسور علی موقر، پروفسور سهراب خان‌محمدی و دکتر جعفر رزم‌آرا که زحمت داوری این رساله را متقبل فرمودند، بسیار تشکر می‌نمایم.
ازکلیه اساتید گرامی گروه علوم کامپیوتر، همچنین از آقای دکتر غلامرضا حجتی ریاست دانشکده علوم ریاضی، دکتر جعفرصادق عیوضلو معاونت پژوهشی دانشکده علوم ریاضی، دکتر حسین خیری مدیرگروه ریاضی کاربردی، همچنین از آقای دکتر حسین امامعلی‌پور ریاست محترم سابق، دکتر شهریار لطفی مدیرگروه علوم کامپیوتر که در مدت تحصیل اینجانب زحمات فراوانی را متحمل شده‌اند، سپاسگزاری می‌نمایم. همچنین از تمام دوستان دوران تحصیلم، کمال تشکر و قدردانی را دارم.
در پایان، بوسه می‌زنم بر دستان پدر و مادر عزیزم و بعد از خدا، ستایش می‌کنم وجود مقدس‌شان را و تشکر می‌کنم از برادران عزیزم به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان، که در این سردترین روزگاران، بهترین پشتیبان من بودند.

فرناز ماهان
۱۳۹۳

نام خانوادگی دانشجو: ماهان نام: فرناز

عنوان: یادگیری هوشمند قوانین ECA در محیط‌های پویای رویدادی

استاد راهنما : پروفسور آیاز عیسی‌زاده

استاد مشاور : دکتر لیلی محمدخانلی

مقطع تحصیلی: دکتری رشته: ریاضی کاربردی گرایش: سیستم‌های کامپیوتری دانشگاه تبریز

دانشکده علوم ریاضی تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۹۳ تعداد صفحات: ۱۶۰

کلید واژه‌ها: یادگیری قوانین، قوانین ECA ، درخت انعطاف‌پذیر چندبخشی MFlexDT ، داده‌های جریانی، کلاسه‌بندی، محیط‌های پویا.

چکیده

با پیشرفت سیستم‌های هوشمند مدیریتی و کنترلی، استفاده از داده‌های دریافتی مربوط و منسجم‌سازی آنها جهت تصمیم‌گیری‌های سودمند، حائز اهمیت است. امروزه از این سیستم‌ها در محیط‌های پویا برای سرعت عمل و دقت بیشتر استفاده می‌گردد. چهارچوب تصمیم‌گیری‌ها در برخی از این سیستم‌ها براساس قوانین سیستم است و یکی از انواع قوانین مورد استفاده در محیط‌های پویا، قوانین «رویداد، شرایط، عملکرد (Event Condition Action)ECA» است. گذر زمان و تغییر شرایط محیطی، از جمله عامل‌هایی هستند که موجب کاهش سودمندی این قوانین می‌گردند؛ زیرا در هر برهه زمانی درخواست‌ها و نیازهای کاربران از سیستم تغییر می‌یابد. همچنین به دلیل پویایی محیط و عدم اطلاع از نرخ رخ دادن شرایط جدید و ناشناخته مرتبط، نرخ تغییرات در قوانین مشخص نیست و می‌تواند کم یا زیاد باشد. از این‌رو جهت حفظ کارآیی مورد نظر سیستم، یک سیستم هوشمند یادگیری قوانین مورد نیاز است. در این رساله، برای اولین

بار یادگیری هوشمند قوانین ECA بررسی شده است و روشی نوین با اتکا به توسعه روش درخت فازی انعطاف‌پذیر MFlexDT با شبکه‌های عصبی برای به کارگیری در محیط‌های پویا ارائه می‌شود که علاوه بر در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت، از بی‌توجهی و از بین رفتن داده‌ها (به دلیل عدم امکان ذخیره تمامی آن‌ها) در مراحل مختلف نیز جلوگیری می‌نماید. همچنین به دلیل حساسیت زمان، سرعت عمل و وجود داده‌های جریانی در محیط‌های پویا، یک مدل یادگیری سلسله مراتبی نیز ارائهمی‌شود. در این رساله با در نظر گرفتن تجارت الکترونیک و مدیریت منابع در گرید به عنوان مسائل مورد مطالعه، کارآیی روش پیشنهادی با شبیه‌سازی مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفته است.

فهرست مطالب

۱ مقدمه **۷**

۱.۱ اصطلاحات ۹

۲.۱ بیان مساله ۹

۳.۱ اهداف رساله ۱۲

۴.۱ نظریه ۱۳

۵.۱ سازمان رساله ۱۵

۲ پیشینه پژوهش و مفاهیم مقدماتی **۱۷**

۱.۲ یادگیری قوانین ۱۸

۲.۲ کارهای انجام شده ۲۲

۱.۲.۲ الگوریتم‌های یادگیری قوانین مبتنی بر الگوریتم‌های پوششی ۲۵

۲.۲.۲ الگوریتم‌های یادگیری قوانین مبتنی بر نظریه مجموعه‌های ناهموار . . ۲۹

۳.۲.۲ الگوریتم‌های یادگیری مبتنی بر قوانین انجمنی ۳۱

۴.۲.۲ الگوریتم‌های یادگیری قوانین مبتنی بر درخت تصمیم ۳۴

۵.۲.۲ الگوریتم‌های یادگیری قوانین مبتنی بر درخت تصمیم فازی ۴۱

۶.۲.۲ الگوریتم‌های یادگیری قوانین مبتنی بر شبکه‌های عصبی ۴۳

۷.۲.۲ الگوریتم‌های یادگیری قوانین مبتنی بر الگوریتم ژنتیک ۴۵

۸.۲.۲ الگوریتم‌های دیگر یادگیری قوانین ۴۷

۹.۲.۲ سیستم‌های مطرح در بازیابی دانش برای قوانین ۴۸

۱۰.۲.۲ مقایسه ۵۰

۳.۲ طبقه‌بندی جریان داده‌ها ۵۴

۱.۳.۲ مدل CVFDT ۵۴
۲.۳.۲ مدل SEA ۵۶
۳.۳.۲ مدل WCE ۵۷
۴.۳.۲ مدل CDC ۵۸
۵.۳.۲ مدل Stream Miner ۶۰
۶.۳.۲ مدل UFFT ۶۱
۷.۳.۲ مدل DCS ۶۲
۴.۲ محیط‌های پویا ۶۴
۱.۴.۲ قوانین ECA ۶۸
۲.۴.۲ مدیریت منابع در گرید محاسباتی ۷۰
۳.۴.۲ تجارت الکترونیک هوشمند ۷۱
۵.۲ نتیجه‌گیری ۷۳

۳ ارائه درخت فازی انعطاف‌پذیر چندبخشی ۷۴
۱.۳ درخت تصمیم فازی ۷۵
۲.۳ درخت فازی انعطاف‌پذیر ۷۹
۱.۲.۳ مفاهیم پایه درخت انعطاف‌پذیر ۸۱
۱.۲.۱.۳ تقسیم‌بندی فازی صفات ۸۱
۱.۲.۲.۳ رشد درخت ۸۳
۱.۲.۳.۳ تغییر مفهوم ۸۵
۲.۲.۳ توسعه درخت فازی انعطاف‌پذیر ۸۶
۲.۲.۱.۳ مدیریت اغتشاش و مقادیر مفقود ۹۳
۲.۲.۲.۳ جلوگیری از فرابرازش داده‌ها ۹۳
۳.۳ ارزیابی راه‌کار پیشنهادی MFlexDT ۹۴
۱.۳.۳ مجموعه داده‌های جریانی برای ارزیابی ۹۹
۱.۳.۱.۳ مجموعه داده‌های جریانی مصنوعی ۹۹
۱.۳.۲.۳ مجموعه داده‌های جریانی واقعی ۱۰۲
۲.۳.۳ ارزیابی بر روی مجموعه داده‌ها ۱۰۲
۴.۳ نتیجه‌گیری ۱۱۱

۴ ارائه راه‌کار پیشنهادی یادگیری قوانین ECA در محیط‌های پویا ۱۱۳
۱.۴ راه‌حل پیشنهادی ۱۱۴
۱.۱.۴ فاز ۱: یادگیری بازه مقادیر ویژگی‌ها ۱۱۷
۲.۱.۴ فاز ۲: یادگیری ویژگی جدید ۱۲۲
۳.۱.۴ فاز ۳: یادگیری قانون جدید ۱۲۴
۲.۴ مجموعه داده‌های واقعی برای ارزیابی ۱۳۰
۳.۴ ارزیابی ۱۳۴

۵ نتیجه‌گیری و کارهای آتی ۱۴۱
۱.۵ در اثبات نظریه ۱۴۲
۲.۵ تحقق اهداف رساله ۱۴۵
۳.۵ کارهای مرتبط و مقایسه ۱۴۵
۴.۵ دستاوردهای رساله ۱۴۶
۵.۵ کارهای آتی ۱۴۷

مراجع ۱۴۸

فهرست اشکال

۱.۲ نمودار میزان کارهای انجام شده و کاربردی بودن یادگیری قوانین ۱۹
۲.۲ الگوریتم CVFDT ۵۵
۳.۲ الگوریتم SEA ۵۷
۴.۲ الگوریتم CDC ۵۹
۵.۲ فرآیند عملکرد قوانین ECA ۶۹
۶.۲ نمودار میزان کارهای انجام شده و کاربردی بودن قوانین ECA ۷۰

۱.۳ یک ساختار ساده از درخت تصمیم فازی [۲۷] ۷۹
۲.۳ تقسیم‌بندی فازی دودویی در FlexDT [۲۷] ۸۲
۳.۳ درخت تصمیم انعطاف‌پذیر MFlexDT ۹۱
۴.۳ محیط نرم‌افزار MOA ۹۶
۵.۳ مقایسه نتایج روش‌های مختلف کلاسه‌بندی برای مجموعه داده Waveform . ۱۰۴
۶.۳ مقایسه نتایج روش‌های مختلف کلاسه‌بندی برای مجموعه داده Waveform Drift ۱۰۵
۷.۳ مقایسه نتایج روش‌های مختلف کلاسه‌بندی برای مجموعه داده LED ۱۰۶
۸.۳ مقایسه نتایج روش‌های مختلف کلاسه‌بندی برای مجموعه داده LED Drift ۱۰۷
۹.۳ مقایسه نتایج روش‌های مختلف کلاسه‌بندی برای مجموعه داده SEA ۱۰۸
۱۰.۳ مقایسه نتایج روش‌های مختلف کلاسه‌بندی برای مجموعه داده Random Tree ۱۰۹
۱۱.۳ مقایسه نتایج روش‌های مختلف کلاسه‌بندی برای مجموعه داده Electricity . ۱۱۰
۱۲.۳ مقایسه نتایج روش‌های مختلف کلاسه‌بندی برای مجموعه داده Airline . . ۱۱۱

۱.۴ مراحل موجود در روش پیشنهادی ۱۱۵

۲.۴ فلوچارت یادگیری قوانین پیشنهادی ۱۱۸
۳.۴ روند حرکت در جهت توسعه درخت ۱۲۰
۴.۴ درخت تصمیم انعطاف‌پذیر MFlexDT ۱۲۱
۵.۴ ارتباط سلسله مراتبی در روش پیشنهادی ۱۲۷
۶.۴ درخت MFlexDT برای قانون مثال ۱۲۸
۷.۴ درخت MFlexDT برای قانون مثال ۱۳۰
۸.۴ قوانین مربوط به Grid-JQA [۴۱] ۱۳۲
۹.۴ ادامه قوانین مربوط به Grid-JQA [۴۱] ۱۳۳
۱۰.۴ مثالی از قوانین مربوط به B2B[۱۸] ۱۳۵
۱۱.۴ مقایسه کارایی در Grid-JQA مابین روش‌های FID3 ، FlexDT و MFlexDT
۱۳۷
۱۲.۴ مقایسه تعداد قوانین در Grid-JQA ما بین روش‌های FID3 ، FlexDT و
MFlexDT ۱۳۷
۱۳.۴ مقایسه کارایی در تجارت الکترونیک مابین روش‌های FID3 ، FlexDT و
MFlexDT ۱۳۸
۱۴.۴ مقایسه تعداد قوانین در تجارت الکترونیک ۱۳۸

فهرست جداول

۱.۲ ارزیابی پیچیدگی در روشهای مختلف یادگیری قوانین ۴۷
۲.۲ برخی ویژگی‌های سیستم‌های بازیابی دانش ۵۰
۳.۲ مقایسه روش‌های مختلف یادگیری قوانین بر اساس برخی خصوصیات . . . ۵۱
۴.۲ ادامه مقایسه روش‌های مختلف یادگیری قوانین بر اساس برخی خصوصیات . ۵۲
۵.۲ ادامه مقایسه روش‌های مختلف یادگیری قوانین بر اساس برخی خصوصیات . ۵۳
۶.۲ مقایسه روش‌های مختلف طبقه‌بندی داده‌های جریانی بر اساس برخی خصوصیات ۶۳

۱.۴ وزن‌های مابین لایه ورودی و لایه مخفی ۱۲۳
۲.۴ فاصله Euclidean محاسبه شده مابین هر زوج ویژگی ۱۲۴
۳.۴ داده‌های دریافتی در مثال ۱۲۷
۴.۴ درجه عضویت نمونه در لبه‌ها از ریشه به برگ ۱۲۹
۵.۴ درجه عضویت نمونه در لبه‌ها از ریشه به برگ ۱۲۹
۶.۴ مقادیر حاصل برای تغییرات در مقدار α ، σ_L، σ_R برای نمونه‌ها ۱۳۱
۷.۴ مقادیر حاصل برای تغییرات در مقدار α'_{ji} ، σ'_{jiL} و σ'_{jiR} ۱۳۱
۸.۴ مقادیر حاصل برای β ۱۳۴
۹.۴ مقادیر حاصل برای β' ۱۳۴

فصل ۱

مقدمه

پیشرفت‌های گسترده فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در همه زمینه‌ها باعث شده است تا سیستم‌های مدیریتی امروز با انبوهی از اطلاعات باارزش و غیرقابل چشم‌پوشی مواجه گردند. امروزه بحث تصمیم‌گیری در اغلب سیستم‌های مدیریتی و کنترلی از اهمیت بارزی برخوردار است به طوری‌که باید بتوان برای تصمیم‌گیری‌های موثر و مفید از داده‌های موجود و دریافتی بهره جست. هر سیستم تصمیم‌گیر بسته به شرایط محیطی و نیازمندی‌ها و تقاضاهای موجود، دارای پارامترهای کلیدی و لحظه‌های بحرانی برای تصمیم‌گیری است که موجب عدم قطعیت و کاهش بهره‌وری در تصمیم‌گیری‌های مربوط می‌گردد. تعیین این پارامترها و هدایت آنها نیز خود به عنوان یک امر تصمیم‌گیری مطرح است. امروزه در اکثر محیط‌ها به دلیل وجود خصوصیات پویایی و عدم قطعیت جهت افزایش کیفیت تصمیم‌گیری، نیاز به سیستم‌های تصمیم‌گیر پویا و انعطاف‌پذیر اهمیت یافته است. گاهی این تصمیم‌گیری‌ها به وسیله قوانین موجود در سیستم تصمیم‌گیر با توجه به داده‌های دریافتی از محیط انجام می‌پذیرند. قوانین یکی از مهم‌ترین ساختارهای بیان روابط و وابستگی‌های متقابل بین مجموعه بزرگی از اقلام داده‌ای هستند. قوانین ECA یکی از ساختارها برای نمایش دانش رویدادی در محیط‌های پویا هستند که آنها را قوانین فعال نیز می‌نامند. گذر زمان و تغییر شرایط محیطی، از جمله عامل‌هایی هستند که موجب کاهش سودمندی این قوانین می‌گردند؛ زیرا در هر برهه زمانی درخواست‌ها و نیازهای کاربران از سیستم تغییر می‌یابد. همچنین به دلیل پویایی محیط و عدم اطلاع از نرخ رخ دادن شرایط جدید و ناشناخته مرتبط، نرخ تغییرات در قوانین مشخص نیست و می‌تواند کم یا زیاد باشد. از این‌رو جهت حفظ کارآیی مورد نظر سیستم، یک سیستم هوشمند یادگیری قوانین مورد نیاز است. در این رساله، برای اولین بار یادگیری هوشمند قوانین ECA بررسی می‌شود و روشی نوین با اتکا به توسعه روش درخت فازی انعطاف‌پذیر MFlexDT با شبکه‌های عصبی برای به کارگیری در محیط‌های پویا ارائه خواهد شد.

۱.۱ اصطلاحات

یادگیری قوانین عبارت است از یادگیری اضافه کردن قانون، توسعه قانون و ایجاد تطبیق‌پذیری در قانون از روی داده‌ها دریافتی [۳۸، ۴۸، ۵۷]. یادگیری قوانین در محیط‌های پویا به دلایل عدم قطعیت، وجود داده‌های جریانی و حساسیت زمان با پیچیدگی بالایی مواجه می‌باشد.

قوانین **ECA** ، یکی از ساختارها برای نمایش دانش رویدادی هستند که آنها را قوانین فعال نیز می‌نامند. قوانین ECA به ازای هر قانون ، شامل سه قسمت اصلی رویداد، شرایط و عملکرد هستند [۴۲]:

$$DEFINE\ RULE\ rule\ name$$

$$ON\ event$$

$$IF\ condition$$

$$DO\ action$$

جریان داده [۱] ، در واقع یک توالی از داده‌هایی بشکل $\{x_1, ..., x_n\}$ می‌باشد، که هر کدام از x_i ها یک خصوصیت دارای مقدار می‌باشد. در واقع یک جریان داده را می‌توان بصورت $..., x_i, x_{i+1}, ...$ نیز نشان داد. جریان داده‌ها، به صورت دنباله‌های سریع، نامتناهی، متغیر در بازه زمان و با تواترهای غیرقابل پیش‌بینی دریافت می‌شوند.

۲.۱ بیان مساله

با توسعه سریع و توزیع وسیعی از داده‌های الکترونیکی و به دلیل وجود خصوصیات پویایی، پیچیدگی و عدم قطعیت در اکثر محیط‌ها، استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیر پویا و انعطاف‌پذیر

[۱] Data Stream

ضروری است [۱۹]. منظور از پویایی محیط‌ها، تغییر در شرایط و پارامترها براساس تقاضاها با گذر زمان است. یکی از مسائل مطرح در سیستم‌های پویا، تصمیم‌گیری درست لحظه‌ای و سریع در شرایط مختلف محیطی است. گاهی این تصمیم‌گیری‌ها به وسیله قوانین موجود در سیستم تصمیم‌گیر با توجه به داده‌های دریافتی از محیط انجام می‌پذیرند. یافتن قوانین موثر و کارآ می‌تواند در حوزه‌های مختلف مورد توجه و کاربردهای متفاوتی داشته باشد؛ به عنوان مثال می‌توان به کشف روابط بین حجم عظیم تراکنش‌های تجارت الکترونیک به دلیل متغیر بودن تعداد کاربران و درخواست‌های آن‌ها اشاره کرد. اما قوانین موجود با گذشت زمان و تغییرات محیطی، به دلیل پویایی محیط، کارآیی خود را در پاسخ‌دهی به همه داده‌های دریافتی (این داده‌ها معمولا از نوع داده‌های جریانی[۲] هستند) از دست می‌دهند. برای حل این مشکل و حفظ تطبیق‌پذیری لازم در سیستمهای تصمیم‌گیر، لازم است این قوانین به‌روز شوند که مستلزم ایجاد قوانین جدید و تصحیح قوانین موجود خواهد بود [۶۰]. لذا برای دستیابی به اهداف بالا جهت حفظ قوانین موثر و مفید در سیستم، وجود یک سیستم یادگیری قوانین ضروری است. برای ایجاد انعطاف‌پذیری و تطبیق‌پذیری مورد نظر و همچنین سرعت و دقت بالا در سیستم‌های یادگیری قوانین، می‌توان از روش‌های هوشمند بهره جست. در این رساله، مساله یافتن یک راه‌کار هوشمند یادگیری قوانین ECA در سیستم‌های پویای تصمیم‌گیر است تا هوشمندی و انعطاف‌پذیری بالا را برای تصمیم‌گیری و پاسخ به درخواست‌ها ایجاد کند. قوانین ECA یکی از ساختارها برای نمایش دانش رویدادی هستند که آنها را قوانین فعال نیز می‌نامند. این قوانین می‌توانند نسبت به رویدادهای محیط، برحسب شرایط و در بازه عمل‌های تعریف شده در سیستم، به طور خودکار عکس‌العمل نشان دهند [۵، ۱۷، ۴۱]. رویدادهای موجود در این محیط‌ها می‌توانند به صورت گسسته و یا پیوسته باشند. یکی از مشکلاتی که در این سیستم‌ها وجود دارد قوانین اولیه‌ای است که به علت ماهیت پویایی دانش و نیازمندی

[۲] stream data

به قوانین جدید، همواره قابل استفاده و سودمند نیستند [۳۹]. چون قوانین تصمیم‌گیر در سیستم باید برای تمام شرایط رخ داده شده قابل قبول در محیط پاسخ‌گو باشد، به دلایل زیر نمی‌توان از قوانین اولیه به طور مداوم استفاده نمود:

۱. تغییر بازه مقادیر ویژگی‌ها و همچنین مقادیر بحرانی در برخی از آنها
۲. متغیر بودن تعداد و موجودیت ویژگی‌ها و پارامترهای موجود در قسمت شرایط قوانین
۳. تغییر در قسمت رویداد قوانین

گذر زمان، تغییر شرایط محیطی و تقاضاهای مربوط، از جمله عواملی هستند که موجب کاهش سودمندی این قوانین می‌گردند. این مشکل می‌تواند یا به صورت بازسازی کل قوانین و یا با اصلاح دوره‌ای، در زمان مناسب حل شود. از این‌رو جهت حفظ کارآیی مورد نظر سیستم، به سیستم هوشمند یادگیری قوانین نیاز است تا به صورت خودکار و بدون نیاز به عامل انسانی بتواند تغییرات لازم در قوانین تصمیم‌گیری را براساس داده‌ها و شرایط دریافتی ایجاد نماید تا کارآیی و پاسخ‌دهی سیستم به صورت قابل قبول حفظ شود و از طرفی باعث بهبود عملکرد و افزایش کیفیت و سرعت پاسخ‌دهی آن گردد و به عبارتی وظیفه به روزرسانی قوانین را برعهده داشته باشد.

به طور خلاصه برای ایجاد روشی برای یادگیری قوانین ECA در محیط‌های پویای رویدادی با داده‌های جریانی جهت تصمیم‌گیری، مساله‌های زیر مطرح هستند:

۱. مدیریت داده‌های جریانی برای یادگیری برخط
۲. تعیین بازه موثر و کارا برای ویژگی‌های موجود در قسمت شرایط قوانین جهت ایجاد انعطاف‌پذیری لازم برای پاسخ‌دهی به رویدادهای مربوط.
۳. استخراج ویژگی‌های جدید موثر از روی داده‌های دریافتی و تولید قوانین جدید براساس وابستگی درست بین ویژگی‌ها.

۴. ایجاد قوانین جدید براساس رویدادهای مرتبط جدید.

چون رویدادها بدون وقفه رخ می‌دهند، استخراج متغیرها و ویژگی‌ها برای یادگیری قوانین به دلیل حجم بالای داده‌های دریافتی با پیچیدگی مواجه است. از طرفی، عدم قطعیت ناشی از وجود و یا عدم وجود ویژگی‌ها در نمونه‌های دریافتی، از مشکلات اصلی است. یکی دیگر از این چالش‌ها، مقداردهی به ویژگی‌ها یا به عبارتی تعیین بازه مربوط است که وجود مقادیر پیوسته در بعضی از ویژگی‌ها، تعیین بازه مقادیر را با چالش همراه می‌سازد. از طرفی برخی از این ویژگی‌ها به عنوان ویژگی‌های بحرانی تلقی می‌گردند که تعیین صحیح و دقیق مقادیر در آنها بسیار مهم است. از طرفی ابهامات محیطی سبب تشدید پیچیدگی در راه‌کار یادگیری قوانین است چون بسیاری از متغیرهای تاثیرگذار ناشناخته است و روابط میان آن‌ها نیز غیرخطی و پیچیده است.

۳.۱ اهداف رساله

در این رساله هدف یادگیری قوانین در محیط‌های پویای رویدادی است، برای مثال می‌توان به محیط‌های پویای مدیریت منابع[۳] در گرید محاسباتی[۴]، رایانش ابری[۵] و تجارت الکترونیک اشاره کرد. در چنین محیط‌های پویا، رویدادها همانند داده‌های جریانی به صورت انتها-باز و بدون وقفه رخ می‌هند که همراه خود، داده‌هایی را جهت تصمیم‌گیری‌ها و عکس‌العمل سیستم نیز دربر دارند. با وجود مشکلات ذکر شده در قسمت بیان مسئله، از سیستم یادگیری قوانین در محیط‌های پویا، هوشمندی و انعطاف‌پذیری بالایی انتظار می‌رود که ایجاد چنین سیستمی را با پیچیدگی بالایی مواجه می‌سازد، بنابراین در این راستا استفاده از روش‌های هوشمند موثر خواهد بود. برای حل و

[۳] resource management

[۴] grid computing

[۵] cloud computing

برخورد با مشکلات گفته شده، طراحی یک سیستم هوشمند یادگیری قوانین ECA پیشنهاد می‌شود. در این رساله، محیط‌های پویای تجارت الکترونیک هوشمند و مدیریت منابع در گرید محاسباتی برای ارزیابی روش پیشنهادی انتخاب شده است. اهداف این رساله، ارائه یک راه‌کار یادگیری قوانین ECA در سیستم‌های تصمیم‌گیر هوشمند در محیط‌های پویا می‌باشد که خصوصیات زیر را ایجاد نماید:

۱. پاسخ‌دهی به شرایط مختلف متعلق به دامنه پاسخ‌دهی سیستم پویا
۲. پاسخ‌دهی سریع و افزایش دقت آن نسبت به سیستم بدون راه‌کار یادگیری
۳. داشتن کارآیی و انعطاف‌پذیری بالا نسبت به سیستم بدون راه‌کار یادگیری

۴.۱ نظریه

برای یادگیری قوانین ECA در محیط‌های پویای رویدادی جهت تصمیم‌گیری کارهای زیر را انجام می‌دهیم:

الف- به کمک توسعه درخت تصمیم انعطاف‌پذیر بازه مقادیر ویژگی‌ها بر اساس داده‌های جریانی دریافتی تعیین خواهد شد. از جمله مزایای استفاده از MFlexDT در قوانین را می‌توان به صورت زیر شمرد:

۱. قانون اولیه موجود در درخت همیشه حفظ می‌گردد و قانون‌های جدید در شاخه‌های جدید ایجاد می‌شود و باعث کامل شدن مجموعه قوانین می‌گردد.
۲. شاخه‌های موقت سبب ایجاد قوانین موقت می‌گردد و ساختار قوانین اولیه حفظ می‌شود.

۳. اجازه می‌دهد تا بتوان قوانین مختلف در بازه‌های مختلف در محیط‌های بلادرنگ را آموزش داد.

ب- وابستگی مابین ویژگی‌ها را برای درج ویژگی جدید در قوانین به دست خواهیم آورد. به تمام ویژگی‌های جدید نمی‌توان اجازه ورود به قوانین داده شود زیرا، ۱: ساختار قوانین باید حفظ گردد. ۲: محیط پویا است و بعضی از ویژگی‌ها به صورت اطلاعات غیرمفید و اغتشاش هستند. بنابراین در این رساله استفاده از شبکه عصبی برای یافتن وابستگی مابین ویژگی‌ها مدنظر است. این امر کمک می‌کند تا ویژگی‌های واقعی در قوانین ظاهر شوند که دارای مفهوم جدید و مهم است.

ج- بر اساس یادگیری سلسله مراتبی برای رویدادهای جدید، قوانین جدید ایجاد خواهیم نمود. با توجه به خصوصیات بر خطی، سرعت و داده‌های جریانی در محیط‌های پویا، یک مدل یادگیری سلسله مراتبی بسیار کارا است زیرا به فازها بر اساس نیاز رجوع می‌شود.

در بررسی‌های انجام شده، از هیچ روش مشابه ساختار پیشنهادی در طراحی سیستم‌های یادگیری قوانین استفاده نشده است و همچنین تاکنون هیچ روشی برای یادگیری قوانین ECA معرفی و طراحی نشده است. دلیل آن این است که در سالهای اخیر قوانین ECA از لحاظ کاربردی رشد نمودند و با پیشرفت تمام سیستم‌ها نیاز به ایجاد یادگیری در آن‌ها نیز احساس می‌شود. در این رساله برای ارزیابی کارآیی روش جدید، محیط‌های پویای تجارت الکترونیک هوشمند و مدیریت منابع در گرید محاسباتی به عنوان زمینه‌های کاری انتخاب شده‌اند.

نوآوری‌های این رساله را می‌توان موارد زیر نام برد: