واحد بین الملل

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کامپیوتر (هوش مصنوعی)

ارائه ساختار نوینی برای کنش پیوسته در سامانه های طبقه بند یادگیر (XCS)

توسط:

سعید گودرزیان

استاد راهنما:

دکترعلی حمزه

دکتر ستار هاشمی

شهریور ماه ۱۳۹۰

به نام خدا

ارائه ساختار نوینی برای کنش پیوسته در سامانه های طبقه بند یادگیر (XCS)

به وسیله‌ی:

سعید گودرزیان

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی

از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته:

مهندسی کامپیوتر - هوش مصنوعی

از واحد بین الملل دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر علی حمزه، استادیار بخش مهندسی و علوم کامپیوتر (رئیس کمیته) .....

دکتر ستار هاشمی، استادیار بخش مهندسی و علوم کامپیوتر .....

دکتر اقبال منصوری، استادیار بخش مهندسی و علوم کامپیوتر .....

دکتر شهرام جعفری، استادیار بخش مهندسی و علوم کامپیوتر .....

شهریور ماه ۱۳۹۰

تقــدیم به پــدر و مــادر عـــــزیزم

و

همســـــر مهـــــربانم

که همیشه و همه جا پشتیبان و همراه من هستند

سپاسگزاری

سپاس خداوند متعال که سلامتی و بهروزی عطا فرمود تا این مقطع از زندگی را سپری کنم.

اساتید راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر علی حمزه و جناب آقای دکتر ستار هاشمی به پاس تلاش های بی دریغشان در پیشبرد گام هایم در تهیه این رساله شایسته تقدیر و سپاس هستند.

سپاس از دوستانم، آینده داران این خطه از دانش، اساتید و متخصصان امروز و فردای این آب و خاک.

چکیده

ارائه ساختار نوینی برای کنش پیوسته در سامانه های طبقه بند یادگیر (XCS)

به وسیله‌ی:

سعید گودرزیان

سامانه های طبقه بند یادگیر و یکی از معروف ترین آنها یعنیXCS، ازانواع سامانه های بر خط مبتنی بر قانون هستند که یک مکانیزم کلی برای تولید قوانین به صورت موازی دارند و به صورت تطبیقی، قوانین جدیدی را که کاراتر از قوانین موجود باشند، تولید می کنند. این سامانه ها حاصل ترکیب دو رهیافت مهم در حوزه یادگیری ماشین به نام های روش های یادگیری تقویتی و پردازش های تکاملی می باشند. سامانه های طبقه بند یادگیر قادرند، هر سه دسته کلی مسائل حوزه یادگیری ماشین یعنی مسائل بهینه سازی، کلاسه بندی و یادگیری تقویتی را حل کنند. سامانه های طبقه بند یادگیر از سه مؤلفه اصلی عملکرد، تقویت وکشف تشکیل شده اند. مؤلفه عملکرد متناسب با یک ورودی جدید، کنش مناسب را انتخاب و بر محیط مسئله اعمال می کند. مؤلفه تقویت با توجه به نتیجه حاصل از عملکرد کنش، قوانین درگیر را به روز رسانی می کند و مؤلفه کشف نیز هر از چند گاهی قوانین جدیدی را تولید و به مجموعه قوانین موجود اضافه می کند.

با توجه خاص به این نکته که سامانه طبقه بند یادگیر درصدد تولید قوانینی است که بتوانند در شرایط مختلف و با ورودی های مختلف بهترین کنش را انجام دهند، در خواهیم یافت که در مقایسه دو قانون با شرایط یکسان، قانونی که بتواند در تمام نقاط حوزه ی فعالیت خود کنش های بهتری را بر محیط مسئله اعمال کند، قانون قوی تری است و مجموعه قوانین قوی تر می توانند مسئله را به طور قابل توجهی بهتر حل کنند و یا مسائلی را حل کنند که پیش از این قابل حل نبوده اند.

یکی از چالش های پیش روی سامانه های طبقه بند یادگیر، افزایش بی رویه تعداد قوانین است، که این مسئله می تواند منجر به کاهش کارایی و دقت این سامانه گردد. با دقت به این نکته که هر قانون تنها در یک زیر مجموعه از فضای مسئله فعالیت می کند، کنش قوی تر برای قوانین می تواند حوزه فعالیت قوانین را گسترده تر و در نتیجه باعث کاهش چشمگیر تعداد قوانین گردد.

محوریت این رساله بر ارائه روش نوینی برای تولید کنش های پیوسته در سامانه های طبقه بند یادگیر استوار است به طوری که کنش های پیوسته را به طور مستقیم از مقدار ورودی و با استفاده از فرمول چند جمله ای تولید می کند. دو ویژگی مهم مدل ارائه شده عبارت است از: ۱) تولید کنش های پیوسته با استفاده از چند جمله ای باعث افزایش کارایی سامانه طبقه بند یادگیر و افزایش قدرت قوانین می گردد. ۲) اندازه جمعیت به رغم استفاده از توابع چند جمله ای در محاسبه کنش هابه دلیل تولید نمودار منحنی شکل برای کنش ها، کاهش پیدا می کند.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول:

مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- تعریف مسئله ۳

۱-۳- مشارکت پایان نامه ۵

۱-۴- نگاهی به فصول این پایان نامه ۸

فصل دوم:

سیستم‌های طبقه‌بند یادگیر XCS ۱۰

۲-۱- مقدمه ۱۱

۲-۲- سیستم طبقه بند یادگیر XCS ۱۲

۲-۲-۱- نمایش دانش ۱۲

۲-۲-۲- فعل و انفعالات یادگیری ۱۴

۲-۲-۳- سامانه یادگیری ۱۶

۲-۲-۴- سامانه کشف طبقه‌بندها ۱۸

۲-۲-۵- عملگر پوشش ۱۹

۲-۲-۶-حذف پوششی ۲۰

۲-۲-۷- رفتار متقابل کاوش و بهره‌وری ۲۰

۲-۳- مقدمه ای بر اثبات بهینگی XCS ۲۱

۲-۳-۱- فشار مجموعه ۲۱

۲-۳-۲- فشار جهش ۲۱

۲-۳-۳- فشار حذف ۲۲

۲-۳-۴- فشار حذف پوششی ۲۲

۲-۳-۵- فشار برازندگی ۲۳

فصل سوم:

پیشینه تحقیق ۲۵

۳-۱ مقدمه ۲۶

۳-۲ مروری بر مدل های مبتنی بر کنش گسسته ۲۸

عنوان | صفحه

۳-۲-۱ XCS سنتی ۲۸
۳-۲-۲ XCSF سامانه طبقه بند یادگیر برای تخمین توابع ۲۹
۳-۲-۲-۱ ساختار قوانین در XCSF ۳۰
۳-۲-۲-۲ مولفه عملکرد در XCSF ۳۱
۳-۲-۲-۳ مولفه یادگیری در XCSF ۳۱
۳-۲-۲-۴ مولفه کشف در XCSF ۳۲
۳-۲-۳ XCSCA سامانه طبقه بند یادگیر که نگاشتی از کنش محاسبه می کند ۳۲
۳-۳ مروری بر مدل های مبتنی بر کنش پیوسته ۳۴
۳-۳-۱ GCS سامانه طبقه بند یادگیر تعمیم یافته ۳۴
۳-۳-۱-۱ قوانین در GCS ۳۵
۳-۳-۱-۲ مولفه عملکرد در GCS ۳۶
۳-۳-۲ XCSFCA سامانه طبقه بند یادگیر که کنش های پیوسته تولید می کند ۳۸

فصل چهارم:

تولید کنش های پیوسته با استفاده از توابع چند جمله ای ۴۲
۴-۱ مقدمه ۴۳
۴-۲ تعاریف کاربردی ۴۴
۴-۲-۱ نمودار بهترین کنش های مطلوب ۴۴
۴-۲-۲ مسئله قورباغه ۴۵
۴-۳ بررسی ایرادهای سامانه های با کنش پیوسته موجود ۵۱
۴-۳-۱ بررسی GCS ۵۱
۴-۳-۲ بررسی XCSFCA ۵۴
۴-۳-۳ تولید کنش های پیوسته با استفاده از چند جمله ای XCSFCA-P ۵۷
۴-۳-۴ تولید کنش های پیوسته با استفاده از چند جمله ای با درجه انطباق پذیر XCSFCA-AP ۶۵
۴-۳-۴-۱ مسئله قورباغه۴ ..... ۶۶
۴-۳-۴-۲ ساختار قوانین در XCSFCA-AP ۶۹
۴-۳-۴-۳ عملگر پوشش در XCSFCA-AP ۶۸
۴-۳-۴-۴ مولفه کشف در XCSFCA-AP ۷۰
۴-۳-۴-۵ مولفه جدید ادغام قوانین جهت تولید قوانین با درجه پایین تر ۷۴

عنوان صفحه

فصل پنجم:

آزمایش ها و نتایج ۷۶

۵-۱ تنظیمات پیاده سازی ۷۷

۵-۲ نتایج پیاده سازی XCSFCA-P ۷۸

۵-۲-۱ نتایج اجرا برای مسئله قورباغه۱ ..... ۷۸

۵-۲-۲ نتایج اجرا برای مسئله قورباغه۲ ..... ۸۵

۵-۲-۳ نتایج اجرا برای مسئله قورباغه۳ ..... ۹۱

۵-۲-۴ نتیجه گیری ۹۹

۵-۳ نتایج پیاده سازی XCSFCA-AP ۱۰۰

۵-۳-۱ نتایج اجرا برای مسئله قورباغه۴ ..... ۱۰۰

۵-۳-۲ نتیجه گیری ۱۱۲

فصل ششم:

نتیجه گیری و کارهای آینده ۱۱۳

فهرست منابع ۱۱۸

فهرست جداول

عنوان و شماره	صفحه
شکل۲-۱) روند کارکرد سیستم *XCS* بصورت شماتیک	۱۵
شکل۲-۲) تعامل موجود مابین پنج فشاری که در **XCS** است باعث موفقیت آن در تولید مجموعه قوانین حداکثر تعمیم یافته و دقیق می‌شود	۲۳
شکل(۳-۱): نمایش شرط قوانین در سامانه **GCS**	۳۵
شکل۴-۱: نمونه نمودار بهترین کنش های مطلوب	۴۴
شکل۴-۲: نمایش گرافیکی مسئله قورباغه	۴۶
شکل۴-۳: نمودار بهترین کنش ها برای مسئله قورباغه۱	۴۷
شکل۴-۴: نمودار بهترین کنش ها برای مسئله قورباغه۲	۴۸
شکل۴-۵: نمودار بهترین کنش های مطلوب مسئله قورباغه۳	۵۰
شکل ۴-۶: نمودار ۳بعدی نمایش مقادیر پاداش به ازای مقادیر مختلف ورودی و کنش	۵۰
شکل(۴-۷): نمایش شرط قوانین در سامانه **GCS**	۵۱
شکل۴-۸: مقایسه نحوه انتخاب کنش پیوسته به سبک **GCS** برای سامانه های با شروط مستطیلی و شروط بیضوی شکل	۵۲
شکل ۴-۹: نمایش قوانین تراز شده با شرط بیضوی بر نمودار بهترین کنش های مطلوب یک مسئله پیوسته	۵۳
شکل ۴-۱۰: نمایش شرط فعلی و شرط مطلوب برای یک قانون	۵۳
شکل ۴-۱۱: نمایش فعالیت یک قانون در سامانه **XCSFCA**	۵۵
شکل۴-۱۲: فعالیت قوانینی از سامانه **XCSFCA** در رویارویی با مسئله قورباغه۳	۵۶
شکل۴-۱۳: نمای نزدیک ازفعالیت قوانینی از سامانه **XCSFCA** در رویارویی با مسئله قورباغه۳	۵۶
شکل (۴-۱۴) نمونه نمودار معادلات چند جمله ای	۶۰
شکل (۴-۱۵) نمونه نمودار معادلات چند جمله ای	۶۰
شکل (۴-۱۶) مقایسه فعالیت ۲ قانون که روش محاسبه کنش یکی از آنها معادله خطی و	۶۱

روش محاسبه کنش دیگری معادله چند جمله ایست.....
شکل۴-۱۷: نمودار بهترین کنش های مطلوب در مسئله قورباغه۴ ..... ۶۷
شکل ۴-۱۸: نمودار ۳بعدی نمایش مقادیر پاداش به ازای مقادیر مختلف ورودی و کنش در مسئله قورباغه۴..... ۶۷
شکل۴-۱۹: نمایش نمودار کنش قوانین والدین و فرزند مربوط به مثال۱..... ۷۲
شکل۴-۲۰: نمایش نمودار کنش قوانین والدین و فرزند مربوط به مثال۲..... ۷۳
شکل۴-۲۱: نمایش نمودار کنش قوانین والدین و فرزند مربوط به مثال۳..... ۷۳
شکل۴-۲۲: نمایش نمودار کنش قوانین والدین و فرزند مربوط به مثال۴..... ۷۴
شکل ۵-۱: نمودار بهترین کنش های انتخابی حاصل از اجرای سامانه XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۱..... ۷۹
شکل ۵-۲: نمودار بهترین کنش های انتخابی حاصل از اجرای سامانه GCS بر روی مسئله قورباغه۱..... ۸۰
شکل ۵-۳: نمودار بهترین کنش های انتخابی حاصل از اجرای سامانه XCSFCA بر روی مسئله قورباغه۱..... ۸۰
شکل ۵-۴: نمودار کارایی سامانه XCSFCA-P در اجرا بر روی مسئله قورباغه۱ ..... ۸۲
شکل ۵-۵: نمودار کارایی سامانه XCSFCA بر روی مسئله قورباغه۱..... ۸۲
شکل ۵-۶: نمودار کارایی سامانه GCS بر روی مسئله قورباغه۱ پیاده سازی شده توسط ویلسون..... ۸۳
شکل ۵-۷: نمودار فعالیت قوانین فعال برگرفته از جمعیت نهایی حاصل از اجرای XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۱ ..... ۸۵
شکل ۵-۸: نمودار بهترین کنش های انتخابی حاصل از اجرای سامانه XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۲ ..... ۸۶
شکل ۵-۹: نمودار بهترین کنش های انتخابی حاصل از اجرای سامانه XCSFCA بر روی مسئله قورباغه ۲ پیاده سازی شده توسط ترن ۸۶
شکل ۵-۱۰: نمودار کارایی سامانه XCSFCA-P در اجرا بر روی مسئله قورباغه۲ ..... ۸۷
شکل ۵-۱۱: نمودار کارایی سامانه XCSFCA بر روی مسئله قورباغه ۲ پیاده سازی شده توسط ترن ۸۸
شکل ۵-۱۲: مقایسه عملکرد ۲ قانون با شرط برابر که یکی کنش را بر اساس روش خطی و دیگری بر اساس روش چند جمله ای محاسبه می کند بر روی نمودار بهترین کنش های مطلوب مسئله قورباغه۲ ..... ۸۹

شکل ۵-۱۳: نمودار فعالیت قوانین فعال برگرفته از جمعیت نهایی حاصل از اجرای XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۲ ..... ۹۱
شکل ۵-۱۴: نمودار بهترین کنش های انتخابی حاصل از اجرای سامانه XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۳ ..... ۹۲
شکل ۵-۱۵: نمودار بهترین کنش های انتخابی حاصل از اجرای سامانه XCSFCA بر روی مسئله قورباغه ۳ ..... ۹۲
شکل ۵-۱۶: نمودار کارایی سامانه XCSFCA-P در اجرا بر روی مسئله قورباغه۳ ..... ۹۴
شکل ۵-۱۷: نمودار کارایی سامانه XCSFCA بر روی مسئله قورباغه ۹۴
شکل ۵-۱۸: نمودار کنش های تولیدی یک قانون در سامانه XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۳ ..... ۹۵
شکل ۵-۱۹: نمودار فعالیت قوانین فعال برگرفته از جمعیت نهایی حاصل از اجرای XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۳ ..... ۹۷
شکل ۵-۲۰: نمودار فعالیت قوانین فعال برگرفته از جمعیت نهایی حاصل از اجرای XCSFCA بر روی مسئله قورباغه۳..... ۹۹
شکل ۵-۲۱: نمودار بهترین کنش های انتخابی حاصل از اجرای XCSFCA-AP بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۰۱
شکل ۵-۲۲: نمودار بهترین کنش های انتخابی حاصل از اجرای XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۰۱
شکل ۵-۲۳: نمودار بهترین کنش های انتخابی حاصل از اجرای XCSFCA بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۰۲
شکل ۵-۲۴: نمودار کارایی XCSFCA-AP بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۰۳
شکل ۵-۲۵: نمودار کارایی XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۰۴
شکل ۵-۲۶: نمودار کارایی XCSFCA بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۰۴
شکل ۵-۲۷: نمودار فعالیت قوانین فعال برگرفته از جمعیت نهایی حاصل از اجرای XCSFCA-AP بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۰۶
شکل ۵-۲۸: نمودار فعالیت قوانین فعال برگرفته از جمعیت نهایی حاصل از اجرای XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۰۸
شکل ۵-۲۹: نمودار فعالیت قوانین فعال برگرفته از جمعیت نهایی حاصل از اجرای XCSFCA بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۱۰

فهرست الگوریتم ها

عنوان و شماره	صفحه
الگوریتم ۳-۱ به روز رسانی بردار وزنی کنش ها بوسیله استراتژی تکاملی **XCSFCA**	۴۱
الگوریتم ۴-۱ به روز رسانی بردار وزنی کنش ها بوسیله استراتژی تکاملی **XCSFCA-P**	۶۴

فهرست جداول

عنوان و شماره **صفحه**

جدول ۵-۱: مقادیر پارامترهای سامانه طبقه بند یادگیر در پیاده سازی های انجام شده..... ۷۷

جدول ۵-۲ تعدادی از قوانین فعال از جمعیت نهایی حاصل از یک بار اجرای XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۱..... ۸۳

جدول ۵-۳ تعدادی از قوانین فعال از جمعیت نهایی حاصل از یک بار اجرای XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۲ ..... ۸۹

جدول ۵-۴ تعدادی از قوانین فعال از جمعیت نهایی حاصل از یک بار اجرای XCSFCA-P بر روی مسئله قورباغه۳ ..... ۹۶

جدول ۵-۵ تعدادی از قوانین فعال از جمعیت نهایی حاصل از یک بار اجرای XCSFCA بر روی مسئله قورباغه۳ ..... ۹۷

جدول ۵-۶ تعدادی از قوانین فعال از جمعیت نهایی حاصل از یک بار اجرای AP–XCSFCA بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۰۶

جدول ۵-۷ تعدادی از قوانین فعال از جمعیت نهایی حاصل از یک بار اجرای P–XCSFCA بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۰۸

جدول ۵-۸ تعدادی از قوانین فعال از جمعیت نهایی حاصل از یک بار اجرایXCSFCA بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۱۰

جدول۵-۱: مقایسه نتایج اجرای سامانه ها بر روی مسئله قورباغه۱ ..... ۱۱۶

جدول۵-۲: مقایسه نتایج اجرای سامانه ها بر روی مسئله قورباغه۲ ..... ۱۱۷

جدول۵-۳: مقایسه نتایج اجرای سامانه ها بر روی مسئله قورباغه۳ ..... ۱۱۷

جدول۵-۴: مقایسه نتایج اجرای سامانه ها بر روی مسئله قورباغه۴ ..... ۱۱۷

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

۱-۱- مقدمه

ایده سامانه طبقه بند یادگیر[1](*LCS*) در سال ۱۹۷۶ توسط هلند ارائه شد [۱و۲]. در ساخت چنین سامانه‌ای، از اصول تکاملی نظریه داروین(الگوریتم ژنتیک) و یادگیری شناختی[2] الهام گرفته شده بود و ادعا شده بود که این گونه سامانه‌ها توانایی شبیه سازی روند یادگیری حیوانات را دارند. به طور کلی، می‌توان گفت سامانه‌های طبقه بند یادگیر سامانه‌های مبتنی بر قوانین هستند که قابلیت ساخت و به‌کارگیری قوانین مورد نیاز برای حل مسائل را دارند.

این سامانه‌ها از سه مولفه اصلی: بازنمایی دانش[3] (KR)، یادگیری تقویتی[4] (RL) و تکامل قوانین[5] (RE) تشکیل شده‌اند. بسته به تکنیک‌های متفاوتی که برای این سه مولفه تعریف می‌شود، سامانه‌های طبقه‌بند یادگیر متفاوتی به‌وجود آمده‌اند. اما از یک دیدگاه کلی‌تر می‌توان سامانه‌های طبقه‌بند یادگیر را به دو خانواده بزرگ به نام‌های پیتسبرگ[6] و میشیگان[7] تقسیم نمود.

در خانواده پیتسبرگ، هر عضو از جمعیت شامل مجموعه قوانینی است که پایگاه دانش راه حل مسئله را بوجود می‌آورد و از روش‌های تکاملی، مانند الگوریتم ژنتیک،[۳۴] هم به‌منظور تکامل مجموعه قوانین (مولفه RE) و هم سیاست یادگیری (مولفه RL)[۳۵] استفاده می‌شود. اما در خانواده میشیگان، هر عضو از جمعیت، نماینده یک قانون است و تمامی جمعیت به‌عنوان مجموعه قوانین نقش پایگاه دانش سامانه را ایفا می‌کنند. از این رو، دو مولفه‌ی دیگر این سامانه، سعی در تولید قوانین جدید و بهبود آن‌ها را دارند، به طوری که در نهایت مجموعه قوانین موجود در جمعیت سامانه، قادر به حل مسئله مورد نظر باشند.

---

[1] Learning Classifier Systems
[2] Cognitive Learning
[3] Knowledge Representation
[4] Reinforcement Learning
[5] Rule Evolution
[6] Pittsburgh-style
[7] Michigan-style

معروف‌ترین و قوی‌ترین سامانه خانواده میشیگان XCS نام دارد که در سال ۱۹۹۵ توسط ویلسون ارائه شد [۳]. در XCS، برای مولفه RL از تکنیک یادگیری Q[۸] و برای مولفه RE از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. مزیت عمده‌ی این سامانه نسبت به سامانه‌های پیشین، این است که قوانین موجود در سامانه بر اساس دقتی که دارند شانس بقاء و تکامل پیدا می‌کنند نه بر اساس مقدار پاداشی که از محیط می‌گیرند [۴]. از طرفی، الگوریتم ژنتیک آن بر اساس متدهای گوشه‌بندی[۹] کار می‌کند که این خود، در حل مسائل توسط الگوریتم‌های تکاملی حایز اهمیت است. زیرا این امکان را به سامانه مذکور می‌دهد تا تمامی گوشه‌های متفاوت محیط را ارزیابی کند و نیز بصورت ذاتی توانایی تولید قوانین جامع‌تر را داشته باشد [۵ و۶]. این تغییرات عمده، و به تبع آن اصلاحات دیگری که در این سامانه صورت گرفته، باعث تمایز و برتری خاص XCS نسبت به سایر سامانه‌های دیگر شده است. به طوری که امروزه سامانه‌های طبقه‌بند یادگیر را با نام XCS هم می‌شناسند. در سال ۲۰۰۱، ویلسون سامانه‌ای به‌نام XCSF ارائه کرد که در آن XCS نقش یک تخمین زننده تابع را ایفا می‌کند[۷و ۸].

۱-۲- تعریف مسئله

سامانه‌ی XCS، توانایی حل سه دسته کلی از مسائل را دارد: مسائل بهینه‌سازی[۱۰] ، مسائل طبقه‌بندی و مسائل یادگیری تقویتی.

مسائل بهینه سازی به مسائلی گفته می‌شود که در آن هدف، بهینه کردن یک ساختار خاص می‌باشد. بنابراین، می‌توان گفت هدف پیدا کردن جواب بهینه از بین مجموعه جواب‌های ممکن است.

در مسائل طبقه‌بندی، فضای مسئله از مجموعه نمونه‌ها تشکیل شده است که هر کدام از آن‌ها به یک کلاس خاص تعلق دارند و هدف پیدا کردن کلاس هر نمونه دلخواه از فضای

[8] Q-Learning
[9] Niching
[10] Optimization Problem

مسئله است. به طور کلی، می‌توان گفت هدف سامانه‌های طبقه‌بند در این نوع مسائل، یادگیری نگاشت مابین نمونه‌ها و برچسب کلاس‌ها است.

اکثر مسائل دنیای واقعی جز مسائل یادگیری تقویتی هستند. حل این مسائل در مقابل دو دسته مسائل قبلی، بسیار دشوارتر است زیرا در این‌گونه مسائل یک بازخورد آنی از محیط نداریم. بازخوردی که از محیط وجود دارد بیانگر کیفیت کنش انجام شده است. از این رو، موفقیت یک نمونه ممکن است بر روی نمونه‌های دیگر نیز اثر داشته باشد.

در هر سه دسته از مسائل بیان شده، اولین و مهمترین نکته ای که حایز اهمیت است شناخت و درک درست از محیط مسئله است. به طوری که سامانه به‌منظور رسیدن به جواب، بتواند تمام فضای مسئله و خصوصیات آن را ببیند و سپس براساس مشاهدات خود بهترین تصمیم را بگیرد. از این رو، بازنمایی دانش، یا به بیان دیگر نحوه نمایش قوانین، نقش به سزایی درکارایی و دقت سامانه دارد.

در سامانه های مبتنی بر دانش از جمله سیستم های طبقه بند یادگیر ،هر قانون یک ناحیه ازفضای مسئله راپوشش داده و برای آن ناحیه، براساس تجربه ای که کسب نموده تصمیم گیری می‌کند. بنابراین، می‌توان گفت هر قانون سعی در مدل کردن و تصمیم گیری صحیح در یک ناحیه از فضای مسئله را دارد. ازاین رو، مجموعه قوانین موجود در سامانه، بایستی بتواند کل فضای مسئله را پوشش دهد و به طور مناسب، تمام خصوصیات و پیچیدگی های آن را مدل کند و در رویارویی با شرایط مختلف در فضای مسئله قوانین باید قادر به تولید کنش های مناسب و توانمند باشند. به عنوان مثال؛ در مسائل یادگیری تقویتی با توجه به اینکه میزان پاداش بستگی مستقیم به کیفیت کنش دارد، قوانین باید قادر به ارائه بهترین کنش ها در ازای شرایط مختلف پیش روی سامانه باشند که بیشترین میزان پاداش را دشت کنند. با اطمینان می توان گفت که در مسائل مختلف شکل کنش ها، تعداد و جنس آنها با یکدیگر متفاوت است به عنوان مثال در مسائل مسیر یابی کنش می تواند انتخاب یکی از جهت های جغرافیایی باشد که در نهایت تعداد آنها می تواند محدود و مشخص باشد در حالی که در مسائل کنترلی مانند کنترل یک ربات کنش می تواند یک عدد صحیح از بازه ای پیوسته باشد که به عنوان زاویه چرخش یک بازو یا فرمان مورد استفاده قرار بگیرد.

۱-۳- مشارکت پایان نامه

همانطور که پیشتر ذکر شد، خانواده سامانه‌های طبقه‌بند یادگیر مبتنی بر XCS، تکنیک‌های قدرتمندی در حوزه یادگیری ماشین هستند که بر پایه دو روش الگوریتم‌های تکاملی[۱۱] و یادگیری تقویتی بنا گذاشته شده‌اند. برتری عمده XCS، نسبت به سایر روش‌های یادگیری ماشین، این است که ساختار آن به‌گونه‌ای طراحی شده که علاوه بر اینکه توانایی حل مسائل داده کاوی[۱۲] از جمله خوشه‌بندی[۱۳]و طبقه‌بندی[۱۴] را دارد [۶، ۹ و ۱۰]، قادر است مسائل یادگیری تقویتی مانند کنترل ربات، سامانه‌های شناختی[۱۵][۱۱، ۱۲ و ۱۳] و مسائل مشابه را نیز حل کند.

اغلب مدل‌های متفاوت سامانه‌های طبقه‌بند یادگیر،فقط محدود به حل مسائل به‌صورت دودویی است. اخیرا تلاشهای زیادی صورت گرفته تا مقادیر صحیح و پیوسته نیز در این سامانه‌ها، بخصوص XCS، قابل پذیرش باشد. به طوری که بتوان این سامانه‌ها را در محیط‌های پیوسته هم اعمال کرده و نتایج مطلوبی کسب نمود. خاصیت پیوسته یا گسسته بودن محیط به حالت‌های محیط (اینکه چطور در طول زمان اداره می‌شوند) و به ادراک و اعمال عامل هوشمند بستگی دارد. بدین صورت که اگر تعداد محدودی حالت‌های مجزا و ثابت در محیط به وضوح تعریف شده باشد، محیط گسسته و در غیر این صورت محیط پیوسته است.

همان‌طور که گفته شد، سامانه طبقه‌بند یادگیر شامل سه مولفه اصلی بوده و کارکرد سامانه با تعریف این سه مولفه و تعاملی که مابین آن‌ها وجود دارد، تعیین می‌شود. یکی از این مولفه‌ها، مجموعه قوانین موجود در سامانه می‌باشد که به بازنمایی دانش معروف است. تغییر نحوه نمایش قوانین، به طور مستقیم روی این مولفه تاثیر دارد و سایر مولفه‌ها که با آن در تعامل هستند نیز به طور غیر مستقیم تاثیر می‌پذیرند.

[11] Evolutionary Algorithm
[12]DataMining
[13]Clustering
[14]Classification
[15]Cognitive Systems

به واقع یکی از مهم ترین قسمت های یک قانون در سامانه های طبقه بند یادگیر کنش یک قانون است، که در ازای یک وضعیت ورودی بر مسئله اعمال می شود. این مولفه در کنار مولفه اصلی دیگری به نام شرط قانون نقش بسیار مهمی در حوزه و نحوه عملکرد یک قانون دارد. به عنوان مثال می توان یک مسئله را به یک زمین فوتبال تشبیه کرد که هر یک از قوانین یکی از بازیکن ها هستند و با توجه به پارامترهای مختلف در یکی از پست های بازی فوتبال عملکرد بهتری دارند و در پست دیگر عملکرد مناسبی نخواهند داشت. منطقه بازی یک بازیکن فوتبال که در واقع حوزه فعالیت و عملکرد مناسب آن بازیکن است مشابه شرط یک قانون در سامانه های طبقه بند یادگیر است و رفتارها و حرکت های بازیکن فوتبال مشابه کنش قانون در سامانه های طبقه بند یادگیر است. بنابر این کنش یک قانون به شدت به حوزه فعالیت آن قانون وابسته است و ممکن است یک قانون که در حوزه ای از فضای مسئله عملکرد مناسبی داشته است در مکان دیگر کارایی چندانی نداشته باشد.

به طور کلی، در سامانه‌های مبتنی بر قوانین، می‌توان ادعا نمود که نحوه نمایش قوانین نقش به‌سزایی در کاربرد و کارایی سامانه دارد و توسط محققین مختلف مورد تحقیق و توسعه قرار گرفته است[۲۳، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹ و ۴۴]. چرا که قدرت این گونه سامانه‌ها در ساختار قوانین تولیدی و چگونگی تولید آن‌ها است. هر چقدر این قوانین توانایی بیشتری در تقسیم بندی بهتر محیط و اعمال کنش های مناسب برای کاربرد های خاص و نمایش نواحی و پیچیدگی‌های مختلف محیط داشته باشد، سامانه تولیدی کاراتر خواهد بود.

بنابراین، اولین و مهم‌ترین قدم در تعریف یک روش برای بازنمایی دانش، شناخت صحیح و کامل از صورت مسئله و فضایی که قوانین بایستی آن را پوشش دهند، می‌باشد. بدین صورت که، نحوه نمایش انتخابی باید به‌گونه‌ای باشد که علاوه بر این‌که قادر به پوشش تمامی فضای مسئله است، توانایی تشخیص ویژگی‌ها و پیچیدگی‌های محیط را نیز، جهت مدل کردن آن برای تصمیم‌گیری صحیح، داشته باشد.

پس از انتخاب روش مناسب برای تقسیم بندی فضای مسئله و توزیع مناسب و درست آن بین قوانین سامانه طبقه بند یادگیر، گام بعدی انتخاب روش مناسب برای تولید کنش های کارا و موثر است. در سامانه های طبقه بند اولیه کنش قوانین یک عدد ثابت است، در واقع هر قانون در حوزه فعالیت خود تنها قادر است یک مقدار را برای کنش پیشنهاد کند. از آنجا که حوزه ی