بسم الله الرحمن الرحیم
الحمد لله رب العالمین الرحمن الرحیم مالک یوم الدین
اهدنا الصراط المستقیم صراط الذین
انعمت علیهم غیر المغضوب علیهم
ولا الضالین

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در گرایش نرم افزار

هماهنگ‌سازی سیستم‌های چند عامله
با استفاده از اتوماتاهای یادگیر

نگارش :

زهرا جباری

استاد راهنما :

دکتر محمدرضا میبدی

شهریور ۱۳۸۶

بسمه تعالی

تاریخ:
شماره:

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

فرم اطلاعات پایان‌نامه
کارشناسی- ارشد و دکترا

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: زهرا جباری — دانشجوی آزاد ● — بورسیه ○ — معادل ○

شماره دانشجوئی : ۸۳۱۳۱۱۹۵ — دانشکده : مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات — رشته تحصیلی : نرم افزار

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی : دکتر محمدرضا میبدی — درجه و رتبه : استاد

نام و نام خانوادگی : — درجه و رتبه :

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: — درجه و رتبه:

نام و نام خانوادگی: — درجه و رتبه:

عنوان پایان‌نامه به فارسی : هماهنگ‌سازی سیستم‌های چندعامله با استفاده از اتوماتاهای یادگیر

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی: Multi Agent Coordination by Learning Automata

نوع پروژه: کارشناسی ○ — ارشد ● — دکترا ○

کاربردی ○ — بنیادی ○ — توسعه‌ای ○ — نظری ●

تاریخ شروع : ۸۵/۲/۱ — تاریخ خاتمه : ۸۶/۵/۳۰ — تعداد واحد : ۶ — سازمان تأمین کننده اعتبار :

واژه‌های کلیدی به فارسی: سیستم‌های چند عامله،یادگیری تقویتی، هماهنگی، اتوماتای یادگیر، شبکه‌های موردی، توزیع یکنواخت ، اتصال

واژه‌های کلیدی به انگلیسی : Multi-agent System, Reinforcement Learning, Coordination, Learning Automata,Ad-Hoc Network, Uniform Distribution, Connectivity

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات ۱۲۶	تصویر ●	جدول ●	نمودار ●	نقشه ○	واژه‌نامه ○	تعداد مراجع ۵۱	تعداد صفحات ضمائم ۳۰	
زبان متن	فارسی ●		انگلیسی ○		چکیده		فارسی ●		انگلیسی ●
یادداشت									

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد:

دانشجو:

جهت رشد سریع‌تر صنعت کشور ایجاد ارتباط تنگاتنگ بین دانشگاه و صنعت امری اجتناب ناپذیر است. همچنین لزوم توجه بیشتر به فعالیت‌های پژوهشی و درنظرگرفتن بودجهٔ بیشتر بدین منظور، ضروری به نظر می‌رسد.

امضاء استاد راهنما: — **تاریخ:**

سپاسگزاری

بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی‌ام را نسبت به استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر میبدی، برای تمام زحمات و راهنمایی‌های بی دریغشان ابراز می‌دارم. همچنین از دوستان ارجمندم جناب آقای اثنی‌عشری و خانم ها جابری، عمرانی، عزیزی، اخوی، مهدیه و سایر عزیزانی که مرا در این راه یاری نموده‌اند سپاسگزارم.

تقدیم به

پدرم که با حمایت عاشقانه‌اش همواره به بلندترین قله‌ها رهنمونم بـوده و مـادرم کـه ذره ذره‌ی وجـودم سرشـار از عـشق و محبت بی دریغش است.

چکیده

در این پایان نامه به حل دو مسأله با استفاده از راهکارهای غیر متمرکز و مبتنی یادگیری تقویتی پرداخته شده است. در مسأله‌ی نخست، کاربرد اتوماتاهای یادگیر در ایجاد هماهنگی در یک سیستم چندعامله مورد بررسی قرار گرفته است. در مسأله‌ی فوق از اتوماتاهای یادگیر در فضایی سلولی برای هماهنگ سازی و یا به عبارت بهتر گردآوری و خوشه‌بندی عوامل همسان استفاده شده است. مسأله‌ی دوم در حوزه‌ی شبکه‌های موردی مطرح شده است که به عنوان نمونه‌ای دیگر از سیستم‌های چندعامله هستند. در این مسأله با فرض وجود نقاط ناامنی در محیط شبکه که مکان آنها مدام در حال تغییر است، هدف حرکت دادن گره ها به گونه‌ای است که با حداقل هزینه از این نقاط ناامن فاصله بگیرند در حالی که اتصال شبکه و یکنواختی توزیع گره ها در محیط حفظ شود. به منظور نیل به اهداف ذکر شده، هر گره در شبکه به تعدادی اتوماتای یادگیر مجهز می‌شود. اتوماتاهای یادگیر هر گره با همکاری اتوماتاهای یادگیر گره های همسایه به مرور زمان الگوی حرکتی مناسب برای آن گره را فرا می‌گیرند.

کلمات کلیدی : سیستم‌های چند عامله،یادگیری تقویتی، هماهنگی، اتوماتای یادگیر، شبکه‌های موردی، توزیع یکنواخت ، اتصال.

فهرست مطالب

۱. مقدمه ۱۰

۱-۱. مسأله‌ی دسته بندی عوامل پراکنده ؛ هماهنگ سازی سیستم های چند عامله ۱۰
۱-۲. مسأله‌ی حفظ اتصال در شبکه‌های موردی ۱۱
۱-۳. ساختار پایان نامه ۱۲

۲. عامل و سیستم های چندعامله ۱۴

۲-۱. سیستم های چندعامله ۱۴
۲-۲. طبقه بندی سیستم های چندعامله از حیث همکاری ۱۵
۲-۳. هماهنگ سازی سیستم های چندعامله ۱۵
۲-۳-۱. داده کاوی با استفاده از سیستم‌های چند عامله ۱۷
۲-۳-۲. روباتهای فوتبالیست ۱۸
۲-۳-۳. هماهنگی در سیستم های چند عامله با استفاده از رفتار حشرات اجتماعی ۱۹
۲-۳-۴. هماهنگ سازی سیستمهای چندعاملی با استفاده از اتوماتای سلولی تصادفی ۲۱
۲-۴. شبکه‌های موردی ۲۵
۲-۴-۱. مسأله‌ی مسیریابی ۲۷
۲-۴-۲. مصرف انرژی در شبکه‌های موردی ۲۷
۲-۴-۳. مسأله‌ی امنیت ۲۸
۲-۴-۴. متحرک بودن گره ها ۲۹
۲-۴-۵. مدل حرکت تصادفی ۳۰
۲-۴-۶. حفظ اتصال در شبکه‌های موردی ۳۱

۳. اتوماتای یادگیر ۳۷

۳-۱. تعریف اتوماتای یادگیر ۳۷
۳-۲. اتوماتای یادگیر سلولی ۳۸
۳-۳. اتوماتای یادگیر سلولی ناهمگن ۴۰
۳-۴. اتوماتای یادگیر سلولی با شعاع همسایگی متغیر ۴۱

۴. کاربرد اتوماتای یادگیر در سیستم های چند عامله ۴۳

۴-۱. هماهنگ سازی سیستم های چند عامله با استفاده از اتوماتاهای یادگیر ۴۳
۴-۱-۱. تعریف محیط مسأله ۴۴
۴-۱-۲. تعریف عامل ۴۴
۴-۱-۳. تعریف هماهنگی ۴۵
۴-۱-۴. پیاده سازی ۴۵

۴-۱-۵. هماهنگ سازی با استفاده از اتوماتای سلولی تصادفی ۴۶
۴-۱-۶. هماهنگ سازی با استفاده از اتوماتاهای یادگیر ۴۷
۴-۱-۷. الگوریتم یادگیری ۴۹
۴-۱-۸. ارزیابی روشهای هماهنگ سازی با استفاده از اتوماتای یادگیر ۵۱
۴-۱-۹. هماهنگ سازی مبتنی بر بردار احتمال پویا ۵۳
۴-۱-۱۰. خوشه بندی عوامل با استفاده از اتوماتاهای یادگیر ۵۸
۴-۱-۱۱.خوشه بندی عوامل مبتنی بر شناسایی مرکز تجمع با استفاده از اتوماتای یادگیر ۵۹
۴-۱-۱۲.الگوریتم یادگیری ۶۰
۴-۲. حفظ اتصال شبکه‌های موردی در محیط‌های متغیر ۶۲
۴-۲-۱. محیط پیاده سازی ۶۴
۴-۲-۲. محیط متغیر ۶۶
۴-۲-۳. تعریف مسأله ۶۸
۴-۲-۴. مدل حرکت تصادفی RWP اصلاح شده ۶۹
۴-۲-۵. مسأله‌ی حفظ اتصال و یکنواختی توزیع گره های شبکه با مدل حرکت RWP اصلاح شده ۷۰
۴-۲-۶. مدل حرکت تصادفی RWP اصلاح شده در پراکندگی یکنواخت پایداری ۷۱
۴-۲-۷. مدل حرکت تصادفی RWP اصلاح شده در پراکندگی ناهمگن ناپایداری ۷۲
۴-۲-۸. مدل حرکتی مبتنی بر بردار احتمال پویا ۷۲
۴-۲-۹. مدل حرکتی مبتنی بر بردار احتمال پویا در پراکندگی یکنواخت ناپایداری ۷۳
۴-۲-۱۰. مدل حرکتی مبتنی بر بردار احتمال پویا در پراکندگی ناهمگن ناپایداری ۷۵
۴-۲-۱۱. مدل حرکتی مبتنی بر اتوماتاهای یادگیر ۷۶
۴-۲-۱۲. حفظ اتصال گره ها با مدل حرکتی مبتنی بر اتوماتای یادگیر ۷۷
۴-۲-۱۳. مدل حرکتی مبتنی بر اتوماتای یادگیر در پراکندگی یکنواخت ناپایداری ۷۷
۴-۲-۱۴. مدل حرکتی مبتنی بر اتوماتای یادگیر در پراکندگی ناهگن ناپایداری ۷۸
۴-۲-۱۵. ارزیابی ۸۰

۵. نتیجه گیری و تحقیقات آینده ۸۶

۵-۱. مسأله‌ی دسته بندی عوامل پراکنده در محیط ۸۶
۵-۲. مسأله‌ی حفظ اتصال گرهها در شبکه‌های موردی ۸۷

۶. مراجع ۹۰

۷. ضمایم ۹۵

۷-۱. واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۹۵
۷-۲. واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۹۸
۷-۳. راهنمای کاربر برنامه‌ی شبیه ساز هماهنگی سیستم های چند عامله ۱۰۲
۷-۴. راهنمای کد برنامه‌ی شبیه ساز هماهنگی سیستم های چند عامله ۱۰۴
۷-۵. راهنمای برنامه‌ی شبیه ساز حفظ اتصال و یکنواختی توزیع در شبکه‌های موردی ۱۱۳

فهرست اشکال

شکل(۲-۱) :چهارچوب طراحی سیستمهای چندعامله ۱۶
شکل(۲-۲) تغییرات رفتار اتوماتای سلولی در مقادیر مختلف λ ۲۴
شکل (۲-۳) تعداد کلاستر ها برای مقادیر مختلف λ ۲۵
شکل (۲-۴) مثالی از کاربرد شبکه‌های سیار موردی ۲۶
شکل(۳-۱) ارتباط بین اتوماتای یادگیر و محیط ۳۷
شکل(۳-۲) همسایگی ون نیومن ، مور ، اسمیت و کول ۳۹
شکل (۴-۱) پراکندگی اولیه‌ی عوامل ۴۶
شکل(۴-۲) پراکندگی عوامل هماهنگ سازی شده با اتوماتاهای سلولی تصادفی در گامهای مختلف اجرا ۴۷
شکل(۴-۳) الگوریتم هماهنگ سازی با استفاده از اتوماتای یادگیر ۴۹
شکل(۴-۴)پراکندگی عوامل هماهنگ سازی شده با اتوماتاهای یادگیر در گامهای مختلف اجرا ۵۰
شکل(۴-۵) نمودار مقایسه‌ی تعداد عوامل هماهنگ شده با بیش از ۶ همسایه‌ی همسان در دو روش مختلف ۵۱
شکل(۴-۶) پراکندگی دو گروه از عوامل هماهنگ سازی شده با روش مبتنی بر اتوماتاهای یادگیر ۵۲
شکل(۴-۷) نمودار مقایسه‌ی تعداد عوامل هماهنگ شده با بیش از ۶ همسایه‌ی همسان در پنج هماهنگ سازی متوالی۵۳
شکل(۴-۸) محاسبه‌ی میانگین چگالی عوامل همسان در چهار جهت ۵۴
شکل(۴-۹) الگوریتم هماهنگ سازی مبتنی بر بردار احتمال پویا ۵۶
شکل(۴-۱۰) پراکندگی عوامل هماهنگ سازی شده با روش ترکیبی در گامهای مختلف اجرا ۵۶
شکل(۴-۱۱) نمودار مقایسه‌ی تعداد عوامل هماهنگ شده با بیش از ۶ همسایه‌ی همسان در هر سه روش هماهنگ سازی ۵۷
شکل(۴-۱۲) نمودار مقایسه‌ی تعداد جابجایی عوامل در هر گام با استفاده از سه روش هماهنگ سازی ۵۸
شکل(۴-۱۳) روند اجرای خوشه بندی عوامل مبتنی بر تشخیص مرکز تجمع با استفاده از اتوماتاهای یادگیر ۶۱
شکل(۴-۱۴) خوشه بندی عوامل با استفاده از روش هماهنگ سازی مبتنی بر اتوماتاهای یادگیر و مراکز تجمع از پیش تعیین شده در گامهای مختلف اجرا ۶۲
شکل(۴-۱۵) پراکندگی اولیه‌ی گره های موبایل به صورت یکنواخت ۶۵
شکل(۴-۱۶) پراکندگی یکنواخت ناپایداری ۶۷
شکل(۴-۱۷) پراکندگی ناهمگن ناپایداری ۶۸
شکل(۴-۱۸) الگوریتم یافتن الگوی حرکت در هر گام زمانی با استفاده از روش RWP اصلاح شده ۷۲
شکل(۴-۱۹) الگوریتم یافتن الگوی حرکت پویا برای هر گره ۷۴
شکل(۴-۲۰) الگرویتم یافتن الگوی حرکت هر گره با استفاده از اتوماتای یادگیر ۷۸
شکل(۴-۲۱) پراکندگی گره ها با الگوی حرکتی مبتنی بر اتوماتای یادگیر پس از ۲۰۰۰ گام زمانی ۷۹
شکل(۴-۲۲) میانگین سطح باتری گره ها در طول ۱۰۰۰ گام شبیه سازی ۸۰
شکل(۴-۲۳) نمودار درصد حفظ اتصال شبکه طی ۲۰۰۰ گام اجرا ۸۱
شکل(۴-۲۴) تعداد گره های متحرک در محیط متغیر یکنواخت ۸۲
شکل(۴-۲۵)تعداد گره های موجود در مناطق نا امن ۸۳
شکل(۴-۲۶) تعداد گره های متحرک در یک محیط ناپایدار ناهمگن ۸۴
شکل (۷-۱) شمای ظاهری برنامه‌ی شبیه‌ساز هماهنگی سیستم های چند عامله ۱۰۲
شکل(۷-۲) نمای محیط پس از پراکنده سازی اولیه‌ی عوامل در محیط ۱۰۳

شکل (۷-۳) پراکندگی اولیه گره های شبکه در محیط..... ۱۱۳
شکل (۷-۴) پراکندگی ناهمگن ناپایداری..... ۱۱۴
شکل (۷-۵) پراکندگی یکنواخت ناپایداری..... ۱۱۵

فصل اول

مقدمه

۱. مقدمه

محاسبات توزیع‌شده امروزه به عنوان ابزارهای قدرتمندی برای حل مسائل پیچیده به شمار می‌آیند. در برخورد با یک مسأله‌ی پیچیده، راه حل‌های متمرکز عموماً دارای اشکالات فراوانی هستند. این اشکالات شامل طولانی بودن زمان پاسخ، حجم بالای پردازش اطلاعات، و وجود نقاط گلوگاه[۱] در سیستم می‌باشند. به علاوه در بسیاری مسائل از جمله مدیریت تعاملات بین چندین واحد مستقل از یک سیستم عظیم، عملاً یافتن یک راه حل متمرکز ممکن نیست[۱].

روشهای توزیع شده با تفکیک یک مسأله‌ی بزرگ به زیر مسأله‌های کوچک و حل هر زیر مسأله توسط یک بخش مختلف سیستم، علاوه بر حذف مشکلات روشهای متمرکز، در برخی زمینه‌ها مانند شبیه‌سازی پدیده‌های طبیعی، قادر به ارائه‌ی پاسخهای دقیق‌تری نسبت به روشهای متمرکز هستند[۲][۳][۴].

از جمله سیستم‌های مبتنی بر محاسبات توزیع شده، سیستم‌های چند عامله را می‌توان نام برد. در این سیستم‌ها که به عنوان یکی از زمینه‌های نو ظهور در حوزه‌ی دانش هوش مصنوعی تعریف شده‌اند، هدف اصلی این است که با استفاده از زیرساختارهای ساده یا **عوامل**، ساختارهای پیچیده ایجاد کرد [۱]. سیستم‌های چندعاملی این امکان را بوجود می‌آورند که زیر مسأله‌های ایجادشده از یک مسأله‌ی پیچیده به چندین عامل حل کننده‌ی جداگانه با اهداف و ویژگی‌های مختص خود واگذار شود. در تحقیقاتی که طی سالهای اخیر صورت گرفته‌است سعی بر این بوده که سیستم‌های پیچیده‌ی تک‌عامله را با سیستم‌های چندعامله جایگزین کنند که یکی از اصلی‌ترین دلایل آن از بین بردن یک نقطه‌ی خرابی(گلوگاه) و نیز کاهش هزینه‌ی کلی سیستم است[۲][۳].

همچنین به دلیل پیچیدگی رفتار سیستم‌های چندعامله، گرایش زیادی نسبت به تکنیک‌های یادگیری ماشین برای برخورد با این پیچیدگی‌ها وجود دارد [۲][۵][۶]. استفاده از راهکارهای یادگیری تقویتی در حوزه‌ی سیستم‌های چندعامله پیچیدگی‌های موجود در این سیستمها راکاهش می‌دهد.

در ادامه‌ی این بخش به بیان دو مسأله مطرح در حوزه‌ی محاسبات توزیع‌شده و سیستم‌های چند عاملی که در این پایان نامه مورد بررسی قرار گرفته‌است، خواهیم پرداخت.

۱-۱. مسأله‌ی دسته بندی عوامل پراکنده ؛ هماهنگ سازی سیستم‌های چند عامله

برای ایجاد یک رفتار سراسری و هماهنگ در سیستم‌های متشکل از چندین عامل مستقل، راهکارهای متنوعی با استفاده از روشهای متمرکز وجود دارد که در تمامی آنها تصمیمات نهایی و کنترل سراسری سیستم همگی توسط یک واحد انجام می‌شود[۷][۱].

در کلیه‌ی این راهکارها که مبتنی بر یک زیربنای متمرکز هستند، عوامل برای تصمیم‌گیری به یک واحد هماهنگ-کننده مراجعه می‌کنند. این وابستگی علاوه بر این که سرعت تصمیم‌گیری در کل سیستم را بسیار کاهش می‌دهد استقلال عوامل را نیز تحت تاثیر قرار خواهد داد.

به علاوه، در راه حل‌های متمرکز برای حل یک مسأله‌ی پیچیده و بزرگ، نیاز به واحدی با توان پردازشی بسیار بالا است که بتواند با در نظر گرفتن تمامی زوایای مسأله، آن را حل کند. معمولا الگوریتم‌ها و متدهایی که برای سیستم‌های

۱- Bottleneck

متمرکز ارائه می‌شوند پیچیدگی بسیار بالایی دارند. با وجود این که با استفاده از روشهای توزیعی، تضمینی برای رفع کامل پیچیدگی وجود ندارد لیکن در این روشها بار محاسباتی به میزان بسیار قابل توجهی کاهش می‌یابد[۸]. لذا ایجاد سیستمی که بتواند تنها با تکیه بر تصمیم‌گیری عوامل و به‌صورت غیر متمرکز به هماهنگی دست یابد اهمیت بسیار زیادی در حل مسائل پیچیده دارد.

به منظور ساده سازی هماهنگی میان عوامل و رفع ایراد روش‌های متمرکز، بررسی‌های مختلفی برای اعمال روش-های توزیعی ارائه شده‌است. در این بررسی‌ها روشهای گوناگونی برای ایجاد هماهنگی در سیستم‌های چند عامله تعریف شده‌است که هر یک با توجه به نوع سیستم چندعاملی و با توجه به نوع هماهنگی، راه‌حلی ارائه کرده‌اند. در فصل دوم این پایان نامه، به ارائه‌ی چند مسأله‌ی کاربردی در حوزه‌ی سیستم‌های چند عامله پرداخته و مسأله‌ی هماهنگ‌سازی در هر یک تعریف و بررسی شده‌است.

۱-۲. مسأله‌ی حفظ اتصال در شبکه‌های موردی

شبکه‌های بی‌سیم[۲] امروزه به عنوان یکی از ابزارهای ارتباطی پر کاربرد در زمینه‌ی ارتباطات سیار[۳] مطرح شده-اند[۹]. در این شبکه‌ها ارتباط میان گره های شبکه بر اساس ارتباطات رادیویی بوده و گره های شبکه قابلیت تحرک دارند[۱۰]. در یک دسته‌بندی کلی شبکه‌های سیار بی‌سیم به شبکه‌های سیار دارای زیرساخت[۴] و شبکه‌های سیار بدون ساختار تقسیم بندی می‌شوند.

در این پایان نامه شبکه‌های موردی که یکی از انواع شبکه‌های بیسیم بدون ساختار است، به عنوان یک سیستم چند عامله مورد توجه قرار گرفته‌است. به‌طور کلی یک شبکه‌ی موردی از تعدادی گره مستقل و متحرک با قابلیت دریافت و ارسال پیام به صورت بی‌سیم تشکیل شده است که بدون نیاز به یک کنترل متمرکز و تجهیزات زیرساخت با همکاری هم اقدام به تشکیل یک شبکه می‌کنند[۱۰]. به دلیل متغیر بودن ساختار شبکه‌های موردی، بسیاری از فعالیت‌های شبکه وابسته به مکان گره ها در هر لحظه و همچنین سرعت حرکت و نحوه‌ی جابجایی آنها در محیط است. با توجه به اهمیت حفظ انرژی در گره ها، برای تبادل اطلاعات میان گره های دور از هم، بجای بالابردن شعاع انتشار دو گره، از گره های میانی در مسیر برای تبادل چند گامی[۵] اطلاعات استفاده می‌شود[۱۱]. قراردادها و روشهای متنوعی برای مسیریابی و کشف ساختار اتصالات شبکه وجود دارد[۱۲]. در صورتی می‌توان از تبادل چندگامی برای ارسال داده میان هر دو گره دلخواه از شبکه استفاده کرد که گره های یک شبکه متصل باشند. به عبارتی همواره بتوان میان هر دو گره دلخواه از شبکه یک مسیر یافت. روشهای بسیاری وجود دارد که با تغییر پویای شعاع انتشار هر گره و کنترل حرکت گره ها، حفظ اتصال شبکه و در دسترس بودن تمامی گره ها بررسی شده‌است[۱۳].

۲- Wireless Network

۳- Mobile Communication

۴- Infrastructure

۵- Multi Hop

۱-۳. ساختار پایان نامه

ساختار این پایان نامه به این ترتیب است که در فصل دوم ابتدا به تعریف مختصری از عامل و بیان ویژگی‌های اصلی آن پرداخته شده‌است. سپس با پرداختن به سیستم‌های چند عامله، مسأله‌ی ایجاد هماهنگی در این سیستم‌ها از دیدگاه کلی مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه‌ی این فصل، چند نمونه‌ی کاربردی مختلف از سیستمهای چند عامله ارائه شده است که در آنها هدف از ایجاد هماهنگی میان عوامل، حل مسائل مختلفی در حوزه‌ی دسته بندی داده های پراکنده در محیط است. در هر یک از این کاربردها، حل مسأله‌ی هماهنگی و راهکارهای ارائه شده برای رسیدن به هماهنگی به اختصار بیان شده است.

در ادامه فصل دوم، تعریفی از شبکه‌های بی‌سیم و شبکه های بیسیم موردی ارائه شده است. شبکه‌های موردی به عنوان نمونه‌ی کاربردی از سیستم‌های چندعامله در حوزه‌ی شبکه‌های بیسیم تعریف شده و برخی ویژگی‌های مطرح این نوع شبکه‌ها در این فصل ذکر شده است. در ادامه به مسأله‌ی حفظ اتصال گره ها در یک شبکه‌ی موردی و تاثیر حرکت گره های شبکه در حفظ اتصال این شبکه‌ها به عنوان یکی از چالشهای مهم در این نوع شبکه پرداخته‌ایم.

فصل سوم ابزاری تحت عنوان اتوماتای یادگیر را معرفی و قابلیت‌های این ابزار در حل مسائل توزیعی به اختصار بیان کرده‌ایم. سپس از اتوماتاهای یادگیر در این پایان نامه به عنوان ابزاری ساده و قدرتمند برای حل دو مسأله یاد شده در فصل بعد استفاده شده است.

در فصل چهارم این پایان نامه به حل دو مسأله با استفاده از ابزار اتوماتای یادگیر پرداخته‌ایم. مسأله‌ی نخست که در ابتدای فصل چهارم به آن پرداخته شده‌است، مسأله‌ی هماهنگ‌سازی یک سیستم چند عامله و دسته بندی عوامل پراکنده در محیط با استفاده از اتوماتاهای یادگیر است. عوامل در یک فضای سلولی دو بعدی پراکنده شده‌اند. با استفاده از قابلیت یادگیری اتوماتای یادگیر، مسأله‌ی ایجاد هماهنگی و همگرا کردن سیستم به سمت یک حالت پایدار که در آن عوامل پراکنده در محیط در نهایت در کنار دسته‌ی عوامل همسان خود قرار گیرند مورد بررسی قرار گرفته است.

در ادامه فصل چهارم، مسأله‌ی حفظ اتصال گره های یک شبکه‌ی موردی و یکنواختی توزیع گره ها در سطح شبکه، مطرح شده‌است. در این مسأله فرض شده است گره ها در یک محیط متغیر پراکنده شده‌اند. تغییرات محیط به صورت آسیب‌هایی است که در طول اجرا بر محیط وارد شده و این تغییرات روی کارایی گره ها تاثیر منفی دارد. در این بخش به ارائه روشی خواهیم پرداخت که علاوه بر پراکنده ساختن گره ها از مکانهای آسیب دیده و یافتن مکان امن، اتصال شبکه و یکنواختی پراکندگی گره ها را در نظر گرفته و شبکه را متصل نگاه میدارد.

در نهایت در فصل پنجم، به بررسی نتایج بدست آمده از به‌کار گیری اتوماتای یادگیر به عنوان ابزار قدرتمندی جهت حل هر دومسأله پرداخته‌ایم.

در انتهای پایان نامه نیز ضمایم، حاوی فهرست واژگان فارسی و انگلیسی و همچنین راهنمای اجرای نرم افزار شبیه‌سازی برای هر دو مسأله‌ی حل شده در این پایان نامه ارائه شده است.

فصل دوم

سیستم‌های چند عامله

۲. عامل و سیستم‌های چندعامله

عامل یک موجودیت مستقل و هدف‌مند می‌باشد که قادر به تشخیص دنیای اطراف خود و انجام عمل مبتنی بر درک از محیط است. بطور کلی هر عامل با استفاده از اطلاعات دریافتی توسط حسگرهای خود یک مدل از دنیای اطراف خود ایجاد می‌کند. پس از دریافت اطلاعات محیط، اقدام به تحلیل و پردازش اطلاعات دریافتی کرده و بر این اساس اقدام به ایجاد طرحی برای رسیدن به هدف خود خواهد کرد. سپس این طرح، به وسیله یک رشته اعمال توسط عمل کننده[۶] های عامل روی محیط، اجرا می‌شوند. عوامل دارای خصوصیاتی چون خود مختاری[۷]، هدف‌مندی، همکاری، انعطاف پذیری، استقلال، قابلیت تحرک و هوشمندی هستند[۱].

۲-۱. سیستم‌های چندعامله

یک سیستم چندعامله، سیستمی متشکل از مجموعه‌ای از عوامل است که در یک محیط مشترک قرار گرفته و هر یک برای برآورده ساختن اهداف خود با محیط و یا سایر عوامل در تعامل‌اند. هر عامل در این سیستم در جهت رسیدن به اهداف خود و یا هدف کل سیستم تلاش می‌کند[۲]. سیستم‌های چند عامله به دلیل ماهیت توزیع شده‌ای که دارند، در حل مسائل بزرگ و پیچیده کارآمد هستند. در بسیاری مسائل مانند مدیریت چندین واحد مستقل از یک سیستم گسترده، شبیه‌سازی برخی از پدیده‌های طبیعی و بطور کلی‌تر مسائلی که مبتنی بر اطلاعات و محاسبات توزیع شده هستند، استفاده از یک سیستم متمرکز بسیار پر هزینه و در مواردی غیر ممکن است[۴].

در سیستم‌هایی که امکان استفاده از چندین عامل وجود دارد، می‌توان با ایجاد شرایطی برای محاسبات موازی، سرعت عملیات سیستم را بهبود بخشید. سیستمی که به راحتی قابل شکسته‌شدن به اجزای مستقل است می‌تواند به هر قسمت، توسط عوامل متفاوتی رسیدگی کند. موازی‌سازی پردازشها در یک مسأله می‌تواند با محدودیت‌های موجود در سیستم‌هایی که برای زمان پاسخ خود محدودیت دارند برخورد کند[۶]. به عبارتی، با اجرای همروند بخشهای مستقل از یک مسأله، قادر به اجرای چندین زیر مسأله به صورت همزمان هستیم. این امر در کاهش مدت زمان مورد نیاز برای حل کل مسأله موثر است. علاوه بر این، با داشتن عوامل تکراری در سیستم می‌توان مجموعه‌ای قوی در برابر بروز خطاها یا خرابی‌های احتمالی داشت. در صورتی که چندین عامل برای انجام یک فعالیت یکسان در نظر گرفته شده باشند، در صورت از بین رفتن یکی از عوامل می‌توان براحتی عامل دیگری را جایگزین کرده و به این ترتیب سیستم را در برابر چند خرابی مقاوم کرد.

از طرفی، در مسائل عظیم و پیچیده مسأله‌ی کاهش بار محاسبات و پردازش‌های موجود در سیستم اهمیت بسیار زیادی دارد. یک سیستم چند عامله به راحتی قادر به تقسیم وظایف میان عوامل مستقل بوده و قادر به کاهش بار محاسباتی از مرکز پردازشی سیستم خواهیم بود. در صورتی که یک موجودیت به تنهایی بخواهد کل سیستم را کنترل کند، این بخش به صورت یک گلوگاه در سیستم عمل می‌کند و در صورت خرابی آن، کل سیستم از کار خواهد افتاد. بنابراین استفاده از یک سیستم چند عامله به جای یک سیستم متمرکز برای حل مسائل پیچیده به منظور رفع نقاط گلوگاهی سیستم بسیار مفید است.

۶- Effector

۷- Autonomous

۲-۲. طبقه‌بندی سیستم‌های چندعامله از حیث همکاری

به طور کلی سیستم‌های چند عامله را با توجه به تنوع و گستردگی‌شان در حوزه‌های کاربردی مختلف، از چندین حیث می‌توان دسته بندی کرد. لیکن در این بخش منظور از تقسیم بندی سیستم چند عامله، ارائه‌ی یک تقسیم‌بندی بر اساس نوع همکاری عوامل موجود در سیستم است.

دسته‌ی اول، عواملی هستند که دارای یک هدف نهایی مشترک هستند. این دسته از عوامل به عنوان عوامل همکار شناخته می‌شوند. در این دسته، عوامل همگی برای حصول یک هدف مشترک تلاش می‌کنند و منفعت شخصی یک عامل به عنوان هدف اصلی مطرح نیست. به عبارتی در این دسته از عوامل تضادی میان اهداف عوامل وجود ندارد.

دسته‌ی دوم، عوامی هستند که اهداف متضادی داشته باشند و یا برای بدست آوردن یک منفعت با یکدیگر در رقابت باشند. به این دسته از عوامل عوامل رقیب گفته می‌شود. در این نوع سیستم چند عامله ممکن است هدف یک یا گروهی از عوامل به ضرر سایر عوامل باشد.

در بسیاری از سیستم‌های چند عامله هر دو دسته عوامل ممکن است در سیستم موجود و با یکدیگر در تعامل باشند. عواملی که دارای هدف یکسان بوده و یا برای حصول یک هدف سراسری مشترک با یکدیگر در تعامل باشند برای همکاری[۸] با هم نیاز به **هماهنگی** دارند. بنابراین مسأله‌ی هماهنگی میان عوامل در اصل تعامل موجودیت‌های سیستم در جهت پیشبرد هدف سراسری این دسته از عوامل است.

در صورتی که اهداف دو عامل متضاد باشند، هر یک برای رسیدن به هدف خود با دیگری رقابت می‌کند. به تعاملی که میان عوامل رقیب برقرار می‌شود به اصطلاح مذاکره[۹] می‌گویند. به عنوان مثال، در مسأله‌ی روباتهای فوتبالیست، سیستم چندعامله‌ای با هر دو نوع عامل مشاهده می‌شود. بطوریکه عوامل هم تیمی با یکدیگر در همکاری بوده و در عین حال با عوامل تیم مقابل در رقابت هستند.

در این پایان نامه فرض شده است که تمامی عوامل با یکدیگر در همکاری هستند. به عبارت دیگر فرض شده‌است هدف نهایی تمامی عوامل سیستم، رسیدن به یک شرایط مطلوب سراسری برای تمامی عوامل است.

با توجه به این که در این پایان نامه تمرکز بر روی مسأله‌ی هماهنگ‌سازی سیستم‌های چندعامله است، در ادامه با ذکر جزئیات بیشتری به مسأله‌ی هماهنگ‌سازی و مکانیسم‌های آن می‌پردازیم.

۲-۳. هماهنگ‌سازی سیستم‌های چندعامله

عوامل موجود در یک سیستم چندعامله با هدف سراسری مشترک، برای رسیدن به اهداف خود با یکدیگر همکاری می‌کنند. با توجه به امکانات و توانایی‌های سیستم‌های چندعاملی، کاربردهای متنوعی از این سیستم‌ها ارائه شده‌است و مسأله‌ی هماهنگی در آنها از جنبه‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است.

در مرجع[۱۴]، به ارائه‌ی دیدگاهی کلی از یک سیستم چند عامله به عنوان ابزاری برای حل یک مسأله‌ی بسیار بزرگ و پیچیده پرداخته شده است. به این ترتیب فرض شده‌است که یک مسأله‌ی بزرگ، مجموعه‌ای از زیر مسأله‌های وابسته به هم است که می‌باید توسط گروهی از عوامل خودمختار و مستقل حل شود. در بررسی انجام شده در این

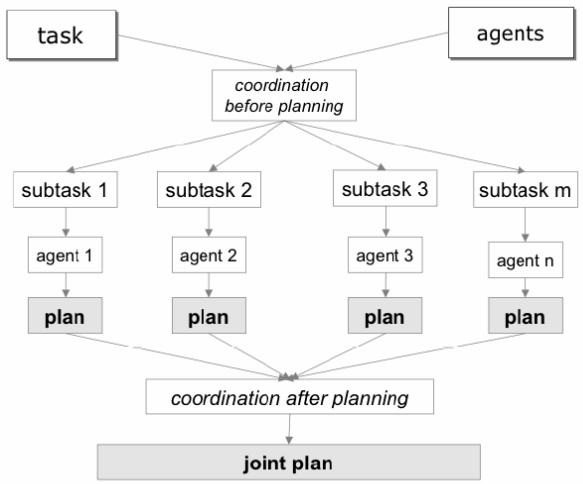
۸- Cooperation

۹- Negotiation

مرجع سعی بر این است که کلیات حل یک مسأله‌ی پیچیده توسط سیستم‌های چندعامله و بر اساس روشهای توزیع-شده بیان شود.

در برخورد با مسأله‌ی هماهنگی یک سیستم چند عامله در مرجع فوق، مسأله‌ی همکاری عوامل و خودمختاری هر عامل به عنوان دو مسأله‌ی متفاوت مطرح شده‌است که در دو سطح اصلی قابل بررسی است. اولین سطح به عنوان "هماهنگی پیش از حل مسأله"[۱۰] شناخته‌شده است. هدف از این نوع هماهنگی، تقسیم زیر مسأله ها میان عوامل و در نتیجه ایجاد همسویی میان فعالیت‌های عوامل مستقل است. در اصل، در این سطح از هماهنگی هدف این است که با در نظر گرفتن استقلال عوامل فعالیت کلی سیستم به شکل مناسبی توزیع شده و به عهده‌ی عوامل واگذار شود.

سطح دوم، به عنوان " هماهنگی پس از حل مسأله"[۱۱] مطرح می‌شود. این سطح هماهنگی با این مسأله سر و کار دارد که چگونه عوامل خود مختاری که هر یک اهداف، منابع و طرح‌های خود را دارند می‌توانند طرح‌های خود را به‌منظور کاهش هزینه‌ی اجرا، بدون از دست دادن خودمختاری و یا به عبارتی عدم از دست دادن جزئیات خصوصی کار خود، با هم هماهنگ کنند.



شکل(۲-۱) چهارچوب طراحی سیستم‌های چندعامله

در بررسی انجام شده در [۱۴] برای هر دو سطح هماهنگی ذکر شده، الگوریتم‌هایی ارائه شده‌است. شکل (۲-۱) نشان دهنده‌ی این دو مرحله‌ی هماهنگی است. در مرحله اول، هر یک از زیرمسأله های اولیه‌ی مسأله بر عهده‌ی عوامل مختلف قرار داده می‌شود. عوامل با استفاده از مجموعه‌ای از طرح‌ها برای نگاشت مسأله، زیرمسأله‌ها را توزیع کرده و برای انجام کار نگاشت شده به خود آماده می‌شوند. نکته‌ای که باید مورد توجه قرار گیرد این است که رعایت ترتیب اجرای زیر مسأله‌ها بسیار ضروری است. به عبارتی در صورتی که یک زیر مسأله برای اجرای طرح خود نیاز به اطلاعات محاسبه شده توسط یک بخش دیگر داشته باشد باید ترتیب اجرا حتما رعایت شود.

بنابراین از میان تمامی ترکیب‌های قابل اجرا توسط عوامل مستقل، تنها طرح‌هایی قابل قبول هستند که ترتیب اجرای زیر مسأله‌ها به درستی لحاظ شده باشد. مشاهده می‌شود که با داشتن تعداد زیادی عامل برای حل یک مسأله،

۱۰- Coordination before planning
۱۱- Coordination after planning

هماهنگی بین آنها برای دستیابی به یک ترکیب قابل اجرا از طرح‌هایی که آنها به صورت خودمختار ایجاد کرده‌اند، مشکل پیچیده‌ای است.

لذا به راهکاری برای هماهنگی نیاز است که تضمین کند طرحی که برای انجام وظایف یک عامل معین ارائه شده است، بتواند در یک طرح هماهنگ شده برای ارضاء اهداف مسأله‌ی کلی (اهداف سراسری) مشارکت کرده و باعث نقض طرحهای سایر عوامل نشود. همچنین لازم است این راهکار کمترین اثر روی زیرمسأله‌ی اصلی داده شده به عامل را داشته باشد. با در نظرگرفتن همه‌ی ابعاد و پارامترهای دخیل در این مرحله، ثابت شده است که یافتن راه‌حل صحیح برای این قسمت از هماهنگی یک مسأله‌ی NP کامل است. با استفاده از یک الگوریتم تخمینی روشی برای حل این مسأله پیشنهاد شده‌است که پیچیدگی این مرحله را تا $O(Log(n) \times Log(Log(n)))$ کاهش داده‌است.

پس از انجام هماهنگ‌سازی پیش از طراحی و تقسیم مسأله، نوبت به فاز دوم یا هماهنگ‌سازی پس از طراحی می‌رسد. این مسأله در حقیقت نحوه‌ی ایجاد یک تلفیق از نتایج اخذ شده از عامل‌های خود مختار است که هر یک زیر مسأله‌ی خود را مستقل از همدیگر حل کرده و تمایل به ایجاد سازگاری میان نتایج حاصله دارند. برای این مرحله نیز الگوریتم جداگانه‌ای بر اساس تلفیق طرح‌ها ارائه شده‌است و بر اساس مزایده[۱۲] و انتخاب هزینه‌ی کمینه بصورت حریصانه[۱۳] است. نتایجی که در این بررسی بدست آمده الگوی مناسبی برای تقسیم کار میان عوامل یک سیستم و در نهایت جمع‌بندی و تلفیق ماحصل نتایج است.

با توجه به این که واژه‌ی هماهنگی یک مفهوم بسیار کلی را در بر می‌گیرد، لذا برای هر نوع سیستم چندعامله، بسته به نوع کاربرد آن به‌طور جداگانه تعریف می‌گردد. با ذکر این مقدمه در ارتباط با مسأله‌ی هماهنگی در سیستم-های چند عامله، در ادامه این فصل به بیان چند مثال کاربردی در حوزه‌ی کار این سیستم‌ها پرداخته و در هر مورد، پس از تعیین هدف سراسری، روش هماهنگ‌سازی عوامل برای رسیدن به این هدف ارائه شده است.

۲-۳-۱. داده‌کاوی با استفاده از سیستم‌های چند عامله

داده کاوی یکی از تکنیکهای قدرتمند بررسی داده‌ها است که از روشهای یادگیری ماشین[۱۴] برای استخراج دانش از داده‌های خام استفاده می‌کند. روشها و متدهای بسیاری بر اساس الگوریتم‌های گوناگون یادگیری به منظور استخراج دانش وجود دارد. برخی از این روشها بر اساس روشهای محاسبات توزیع شده و سیستم‌های چندعامله هستند. در بررسی انجام شده در مرجع [۱۵] یکی از کاربردهای سیستم‌های چندعامله که در زمینه‌ی داده کاوی و یادگیری مبتنی بر دانش اشتراکی است ارائه شده است.

با استفاده از محیطی توزیع شده و بر پایه‌ی دانش اشتراکی، روشی برای بهبود طبقه‌بندی[۱۵] اطلاعات ارائه شده است. در روش ارائه شده از ترکیب واسطه‌ها[۱۶] در یک سیستم متشکل از عوامل خودمختار، راهکاری برای ارتقاء داده-کاوی بیان شده است. به این منظور هر عامل طی دو مرحله یادگیری یکبار به صورت انفرادی و بار دیگر به صورت

۱۲- Auction
۱۳- Greedy
۱۴- Machine Learning
۱۵- Classification
۱۶- Inductor

مشارکتی داده‌ها را بررسی می‌کند. با توجه به این که هر یک از عوامل این سیستم دارای یک **واسط** متفاوت با سایر عوامل است، در گام نخست هر عامل به طور جداگانه اقدام به بررسی و تحلیل اطلاعات می‌کند.

این مسأله منجر به کشف و استخراج اطلاعات توسط هر عامل به‌طور مجزا می‌شود. در نتیجه بررسی اطلاعات از چند دیدگاه با واسط‌های متنوع صورت می‌گیرد. در مرحله‌ی بعد، با استفاده از نتایج بدست آمده از هر عامل و با در نظر گرفتن هدف سراسری سیستم، نتایج عوامل با یکدیگر ترکیب می‌شود. بنابراین در فاز **هماهنگی** اطلاعات بدست آمده از تک تک عوامل با هم تلفیق شده و نتیجه‌ی سراسری حاصل می‌شود. از مزایای این روش این است که با در نظر گرفتن چندین واسط مختلف، داده از دیدگاه‌های متفاوتی بررسی شده و با ترکیب توامندی‌های روشهای گوناگون توسط عوامل مستقل، سیستم قدرتمندی برای اکتشاف دانش ارائه کرده است.

۲-۳-۲. روباتهای فوتبالیست

مسأله‌ی روباتهای فوتبالیست به عنوان یک نمونه از سیستم‌های چندعامله مطرح است و در مطالعات بسیاری مورد بررسی قرار گرفته‌است[۱۷][۱۶]. قوانین، ساختارها و مدل اولیه دنیا برای روباتها شناخته شده‌است و می‌توان درآن انواع راهکارها را با انجام یک رقابت بین روباتها مقایسه کرد. اطلاعات تعیین موقعیت فعلی برای روباتها فراهم است. روباتها با انتشار نوعی پیام در سطح محیط، با همدیگر در ارتباط هستند و موقعیت نسبی توپ و سایر روباتها برای هر روبات محسوس است.

با وجود این که مسأله‌ی رقابت برای روباتهای فوتبالیست به خوبی تعریف شده‌است با این حال مدیریت یک تیم کار ساده‌ای نیست. تدابیر مختلفی با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای فعالیت‌های فردی هر روبات، مانند شوت کردن، استراتژی حرکت و دفاع‌کردن و یا پیشگیری از ایجاد موانع برای سایر روباتها اندیشیده شده‌است، با این وجود این قابلیت‌ها برای هماهنگ سازی تیمی کافی نیست. به عبارت دیگر با استفاده از مهارتهای فردی، روبات به تنهایی قادر به تخصیص نقش‌ها نبوده و تعیین استراتژی مناسب تیمی تنها با استفاده از آن تواناییها عملی به نظر نمی‌رسد.

پس از طراحی عملیات ابتدایی برای یک بازی موفق برای بازی فردی هر بازیکن، باید به مسأله‌ی هماهنگی بین اعضای تیم پرداخت. هدف از ایجاد هماهنگی در حقیقت یافتن راهکاری برای تخصیص پویای نقش به بازیکنان است. روشی که در[۱۶] ارائه شده است مبتنی بر یادگیری تقویتی[۱۷] با روش یادگیری Q [۱۸]است. یادگیری $Q(\lambda)$ نمونه‌ای از یادگیری تقویتی است که به عنوان یک توسعه روی یادگیری Q مطرح شده است. به طور خلاصه در یادگیری با این روش نیازی به داشتن مدل محیط نیست و می‌توان بدون داشتن اطلاعات پیش فرض در هر لحظه، از این روش یادگیری استفاده کرد.

در [۱۸]، پس از ارائه‌ی روش جدید هماهنگی میان روباتهای هم تیمی، برای مقایسه‌ی نتایج با سایر روشهای پیشین مسابقاتی بین یک سیستم پیاده‌سازی شده با روش فوق و سایر روشهای ارائه شده انجام گرفته‌است. در مسابقاتی که بین تیم روباتهایی که از تکنیک فوق استفاده کرده اند و چهار تیم دیگر که با تکنیک‌های متفاوتی ارائه شده‌بودند، مشاهده شده‌است که در تعداد زیادی بازی با هر یک از تیم ها تعداد بردها و مساوی‌ها بسیار بالا و تعداد باخت‌ها ناچیز است.

۱۷- Reinforcement Learning

۱۸- Q_ Learning