

بهبودتصمیم گیری عامل های آتش نشان در محیط شبیه سازی امداد و

نجات با استفاده از اتوماتای یادگیر

^۱ معصومی، بهروز^۲ کنگاوری، کسری^۳ میبدی، محمدرضا

چکیده:

پروژه شبیه ساز امداد و نجات به عنوان یکی از شاخه های رباتیک سعی در هوشمند کردن رباتهای امدادگر دارد. در این سیستم، وقوع یک حادثه مخرب مانند زلزله شبیه سازی می شود که در آن عامل های مختلفی نظیر پلیس، آمبولانس و آتش نشان وظیفه باز کردن خیابان ها، امداد و نجات شهروندان و خاموش کردن آتش را بر عهده دارند. یکی از مباحث مهم در شبیه سازی امداد و نجات تصمیم گیری عامل های آتش نشان است که نقش مهمی در جلوگیری از گسترش آتش سوزی و نجات جان شهروندان دارند. عامل آتش نشان باید بتواند با توجه به شرایطی که در اطرافش قرار دارد به گونه ای عملیات نجات را انجام دهد تا کمترین خسارت به ساختمان های در حال سوختن وارد شود. در نتیجه این عمل مصدومین از آتش در امان می مانند و هدف اصلی سیستم شبیه ساز امداد و نجات به وقوع می پیوندد. عامل های آتش نشان برای رسیدن به کارایی مناسب نیاز به یک استراتژی مناسب دارند تا بر اساس آن اهداف خود را اولویت بندی کنند. در این مقاله روشی مبتنی بر ساختار اتوماتای یادگیر ارائه شده است تا تصمیم گیری عامل آتش نشان به منظور اطفای حریق در محیط شبیه سازی امداد و نجات را بهبود بخشد. برای بررسی میزان کارایی روش پیشنهادی مقایسه های مختلفی با الگوریتم های ارائه شده توسط عامل های هوشمند دیگر موجود در لیگ شبیه سازی امداد و نجات از مسابقات سالانه رباتیک صورت گرفته است. آزمایشات انجام شده ناشی از شبیه سازی های مختلف بر روی نقشه های متفاوت نشان می دهند که روش پیشنهادی شده علاوه بر سادگی، از کارایی بالاتری در مقایسه با روش های موجود برخوردار است.

واژه های کلیدی: سیستم های چند عامله، رباتیک، اتوماتای یادگیر و شبیه سازی امداد و نجات

^۱ استاد یار دانشکده مهندسی کامپیوتر و فن آوری اطلاعات دانشگاه آزاد اسلامی قزوین، masoumi@qiau.ac.ir

^۲ کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی قزوین، kasra.kng@qiau.ac.ir

^۳ استاد دانشکده مهندسی کامپیوتر و فن آوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران mmeybodi@aut.ac.ir

۱ مقدمه

روبوکاپ تلاشی برای ساخت روباتهای هوشمند است به طوریکه بتوانند بدون کنترل انسان از عهده وظایفی که برای آنان تعیین شده است برآیند [۱]. فعالیت‌های عمومی انسان‌ها بسیار متنوع است و آن‌ها را در صورت‌های مختلف و متنوع می‌توان دسته‌بندی و معرفی کرد. هدف کلی که برای مجموعه روبوکاپ ترسیم شده است در دو قسمت اصلی بیان می‌شود: طراحی و ساخت روبات‌هایی که قادر باشند عملیات امداد و نجات مصدومین در سوانح طبیعی را انجام دهند [۱، ۲] و ساخت روبات‌هایی که بتوانند فعالیت‌های خاص مانند بازی فوتبال را انجام دهند. پروژه شبیه ساز امداد به عنوان یکی از شاخه‌های روبوکاپ سعی در هوشمند کردن روباتهای امدادگر دارد. در سیستم شبیه ساز امداد، وقوع یک حادثه مخرب مانند زلزله شبیه سازی می‌شود. عامل‌های پلیس، آمبولانس و آتش نشان وظیفه باز کردن خیابان‌ها، امداد و نجات شهروندان و خاموش کردن آتش را بر عهده دارند. محیط شبیه‌سازی امداد و نجات، یک سیستم چندعامله است که سعی در کنترل و مدیریت بحران در شرایط اضطراری مانند سیل و زلزله را دارد [۱]. شبیه‌سازی به‌گونه‌ای پیش می‌رود که به با گذشت زمان شهروندان بر زیر آوار جان خود را از دست می‌دهند و ساختمان‌های آتش گرفته شده، آتش خود را گسترش می‌دهند. این محیط شبیه سازی با استفاده از اطلاعات نقشه‌ای موجود از شهرهای زلزله‌خیز دنیا و مدل‌سازی بسیار دقیق به صورت واضح و کاربردی اتفاقات بعد از وقوع زلزله را پیش‌بینی می‌کند. پس از پایان شبیه سازی، عملکرد عامل‌های فعال در محیط در قالب امتیاز ارزیابی می‌شود. امتیازی که به عملکرد عامل‌ها داده می‌شود بر اساس این است که چند درصد از ساختمان‌ها از صدمه آتش دور مانده‌اند، چه تعداد از شهروندان زنده مانده‌اند و وضعیت سلامت شهروندان بازمانده به چه صورت است. ملاحظه می‌شود که موارد دخیل در کسب امتیاز، مستقیماً با وظایف عامل‌های آتش نشان و آمبولانس در ارتباط است. عامل‌های آتش‌نشان وظیفه مهار و کنترل آتش را بر عهده دارند. این عامل‌های توانایی‌هایی از قبیل حرکت به سوی ساختمان‌های در حال آتش، مهار آتش، پر کردن ذخیره آب موجود در تانکر و جستجوی مصدومین در سطح شهر را دارند. این دسته از عامل‌ها اگر در زمان مناسب موفق شوند که شهر را از آتش‌های به وجود آمده به دلیل زلزله نجات دهند می‌توانند به دنبال مصدومین آوارزده بشتابند و کارایی کنترل و مدیریت بحران را بالا ببرند [۱].

آتش نشان نقش مهمی در جلوگیری از گسترش آتش سوزی و نجات جان شهروندان دارند. میتوان نقش آتش نشان‌ها را به دو بخش اساسی تقسیم کرد:

- شناسایی آتش و جلوگیری از گسترش آن با خاموش کردن آتش
- جستجو برای شهروندان صدمه دیده

تا زمانیکه آتشی در محیط وجود داشته باشد وظیفه آتش نشان‌ها این است که آن را خاموش کنند. به منظور مقابله کارآمدتر با آتش سوزی، آتش نشانها باید به گروه‌های مختلف تقسیم شوند. در بسیاری از موارد تعداد آتش نشان‌ها در مقایسه با تعداد ساختمانهای آتش گرفته اندک است. از طرفی این مشکل به دلیل محدودیت آب آتش نشان‌ها حادثه نیز می‌شود. هر آتش نشان باید زمانی را برابر با زمان خاموش سازی آتش به منظور پر کردن مخزن آب خود مصرف کند. به همین دلیل به هنگام مقابله با آتش با مشکلاتی نظیر برآورد تعداد آتش نشان‌هایی است که باید مامور خاموش کردن یک آتش شوند و چگونگی اولویت در تقسیم بندی گروه‌های آتش نشانی در برخورد با آتش سوزی‌های مختلف روبرو خواهد شد. تصمیم‌گیری عامل آتش‌نشان، به پارامترهای مختلفی در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات به منظور انتخاب یک ساختمان نظیر درجه سوختگی ساختمان، مساحت ساختمان، دمای ساختمان، فاصله از مرکز شهروندان، وجود ساختمان در ناحیه آتش قبلی انتخاب شده توسط عامل، فاصله از محدوده امن نقشه، فاصله از محدود در حال سوختن نقشه و نوع ساختمان بستگی دارد. عامل آتش‌نشان باید همواره اولویت این پارامترها را به گونه‌ای تعیین کند که در محیط تاثیر بهتری را داشته باشند. اگر ضریب یک پارامتر به اشتباه عدد بسیار بالایی در نظر گرفته شود، باقی پارامترها دیگر تاثیری در روند تصمیم‌گیری آتش‌نشان نخواهند داشت. در مقابل نیز اگر یک پارامتر دارای ضریب کمی باشد تاثیری در روند تصمیم‌گیری نخواهد داشت.

تعیین ضرایب پارامترهای بالا به گونه‌ای که عامل همواره و در تمامی شرایط بهترین تصمیم را بگیرد بسیار مشکل است. روش‌های بسیار زیادی برای حل این مسئله مطرح شده‌اند و در شرایط مختلف نیز نتایج خوبی بدست آورده‌اند. اما اصلی‌ترین مشکلی که در تمامی روش‌ها بوجود می‌آید شرایط بسیار گوناگون محیط است. در واقع تمامی روش‌های قبلی ارائه شده فقط در شرایط خاص تعیین شده در آن به خوبی کار می‌کنند و این قابلیت را ندارند که در تمامی سناریوهای موجود در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات به صورت بهینه کار کنند. این روش‌ها را

می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد: دسته اول، روش‌هایی که به صورت مکاشفه‌ای و آزمون و خطا به وجود آمده‌اند. این روش‌ها به این دلیل که نمی‌توان تمامی شرایط گوناگون را در آن جای داد در همه شرایط نتیجه مطلوبی نمی‌دهند. دسته دوم از روش‌های تعیین ضرایب، روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی هستند. این روش‌ها معمولاً از تکنیک‌هایی همچون الگوریتم‌های ژنتیک، الگوریتم‌های یادگیری تقویتی و با الگوریتم‌های جامع‌سازی مانند منطق فازی استفاده می‌کنند [۳-۶]. این روش‌ها دارای دو مشکل اصلی هستند. اول این که محیط شبیه‌سازی امداد و نجات بسیار بزرگ است و روش‌هایی در آن به خوبی جواب می‌دهند که پاسخ را سریع دریافت کنند. تمامی الگوریتم‌هایی که در بالا به آن‌ها اشاره شد نیازمند تعداد بسیار زیادی اجرا در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات هستند و این تعداد با توجه به سناریوهای مختلفی که در این سیستم موجود است بسیار بیشتر نیز خواهد شد. علاوه بر این الگوریتم‌ها و روش‌های مطرح شده در بالا همگی دارای ساختارهایی بسیار پیچیده هستند و به کندی کار می‌کنند و همچنین نیازمند توابع ارزیابی بسیار دقیق هستند. عملاً توابع ارزیابی دقیقی که دقیقاً ارزیابی از ضرایب پارامترهای را برگرداند وجود ندارد. بنابراین روش‌هایی که بسیار وابسته به این توابه ارزیابی هستند مانند الگوریتم‌های ژنتیک، منطق فازی و یا الگوریتم‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی نمی‌توانند بسیار مفید واقع شوند.

در این مقاله روشی مبتنی بر ساختارهای اتوماتای یادگیر ارائه شده است تا تصمیم‌گیری عامل آتش‌نشان به منظور اطفای حریق در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات را بهبود بخشد. برای این منظور برای اولویت دهی اهداف عامل‌های آتش‌نشان از اتوماتای یادگیر با ساختار ثابت استفاده شده است. در ادامه ساختار مقاله به صورت زیر سازمان دهی شده است. در بخش ۲ عملکرد عامل آتش‌نشان در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات توضیح داده شده است. در بخش ۳ مفهوم اتوماتای یادگیر مطرح شده و در بخش ۴ روش پیشنهادی ارائه گردیده است. در بخش ۵ نتایج شبیه‌سازی نشان داده شده اند و بخش ۶ نتیجه‌گیری را بیان می‌کند.

۲ عملکرد عامل آتش‌نشان در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات

عامل آتش‌نشان باید بتواند با توجه به شرایطی که در اطرافش قرار دارد به گونه‌ای عملیات نجات را انجام دهد تا کمترین خسارت به ساختمان‌های در حال سوختن وارد شود. در نتیجه این عمل مصدومین از آتش در امان می‌مانند و هدف اصلی سیستم شبیه‌سازی امداد و نجات به وقوع می‌پیوندد. در مسیر انجام چنین عملی پارامترهای بسیار زیادی دخیل هستند. همان‌طور که در بحث چگونگی گسترش آتش در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات اشاره گردید پارامترهایی از قبیل درجه سوختگی، مساحت، دما و جنس ساختمان عواملی تعیین کننده برای گسترش آتش می‌باشند. اما سوال اصلی در اینجا است که آیا در نظر گرفتن این پارامترها برای موفقیت عامل آتش‌نشان در محیط کافی است؟ عاملی که فقط به پارامترهای بالا اکتفا کند در بسیاری از سناریوهای موجود در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات نتیجه مطلوبی کسب نمی‌کند. دلایل اصلی این عدم نتیجه‌گیری را می‌توان به صورت زیر برشمرد. میزان کارایی تیم امداد و نجات بر اساس تعداد مصدومین است که از زیر آوار نجات داده شده‌اند. اگرچه گسترش هرچه بیشتر آتش میزان کارایی تیم را کاهش می‌دهد اما نجات جان مصدومین بسیار باارزش‌تر است. بر اساس همین تعریف سناریوهای بسیاری از محیط شبیه‌سازی امداد و نجات وجود دارند که آتش‌هایی با درجه سوختگی بالا و دمای بسیار بالا در قسمت‌هایی از نقشه قرار می‌گیرند که شهروندی در آن‌جا قرار ندارد و در برابر آتش‌های کوچکتری در مرکز شهروندان قرار داده می‌شوند. در این وضعیت عامل‌های امداد اگر قصد اطفای حریق به نظر بااهمیت‌تر در شهر را بکنند نتیجه مطلوبی نخواهند گرفت. زیرا تعداد شهروندان بیشتری در آتش‌های کوچک‌تر موجود در شهر خواهند سوخت.

پارامترهای اصلی برای تصمیم‌گیری عامل آتش‌نشان در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات به منظور انتخاب یک ساختمان عبارتند از:

- درجه سوختگی ساختمان
- مساحت ساختمان
- دمای ساختمان
- فاصله از مرکز شهروندان
- وجود ساختمان در ناحیه آتش قبلی انتخاب شده توسط عامل
- فاصله از محدوده امن نقشه
- فاصله از محدود در حال سوختن نقشه
- نوع ساختمان

روند کلی کار عامل آتش نشان باید اینگونه باشد که برای هر پارامتر مطرح شده در لیست بالا اولویتی تعیین کرده و این اعداد اولویت را به نحوی با هم ترکیب کرده و میزان اولویت برای هر ساختمان را تعیین کند. بعد از این که یک عامل برای تمامی ساختمان های موجود در جهان واقع، این عمل را انجام داد آن گاه می تواند ساختمانی که دارای بیشترین اولویت بوده را انتخاب کرده و اقدام به خاموش کردن آتش در آن بکند. در ادامه پارامترهای تصمیم گیری را به تفکیک مورد بررسی قرار می دهیم.

- **درجه سوختگی:** درجه سوختگی دارای ۸ درجه می باشد. عملاً ساختمان هایی که فاقد درجه سوختگی ۱، ۲ یا ۳ باشند از لیست ساختمان های احتمالی برای خاموش شدن خارج می شوند. درجه های سوختگی ۱، ۲ و ۳ دارای اهمیت در انتخاب یک ساختمان به عنوان هدف اصلی هستند.
 - **مساحت ساختمان:** مساحت ساختمان تاثیر مستقیمی در میزان انتقال آتش دارد. هرچه ساختمان بزرگتر باشد انتقال آتش در آن سریعتر بوده و خاموش کردن آن مشکل تر است. مساحت ساختمان های موجود در سیستم شبیه سازی امداد و نجات تا ۱۰۰۰۰۰ مترمربع می باشد.
 - **دمای ساختمان:** هرچه دمای یک ساختمان بیشتر باشد میزان انتقال آتش در آن سریعتر است. دمای ساختمان از صفر تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد قابل تغییر می باشد. عامل باید بتواند با توجه به دمای فعلی ساختمان ضربی مناسب برای آن تعیین کند.
 - **فاصله از مرکز شهروندان:** بیشترین فاصله در شهر برابر ۱۰۰۰۰ متر می باشد. بنابراین این پارامتر بزرگترین میزان تغییرات را در بین باقی پارامترها دارد. عامل باید بتواند با تعیین ضربی مناسب برای این پارامتر عمل بهینه در محیط را انجام دهد.
 - **فاصله از محدوده امن و فاصله از محدوده در حال سوختن:** هرچه یک ساختمان به محل سوختگی نقشه نزدیک تر باشد احتمال این که سریعتر آتش بگیرد نیز بیشتر است. در مقابل هرچه ساختمان به منطقه امن نقشه نزدیک باشد در صورت آتش گرفتن نیز مشکلی برای کل شهر بوجود نمی آورد. میزان تغییرات این پارامتر نیز برابر میزان فاصله در نقشه است و بیشترین مقدار آن ۱۰۰۰۰ متر می باشد.
 - **جنس ساختمان:** ساختمان هایی که از نوع چوبی و یا فلزی باشند دارای میزان انتقال بالایی هستند و آتش خود را سریعاً به ساختمان های مجاور انتقال می دهند. در مقابل ساختمان هایی که دارای جنس سخت هستند آتش را با نرخ کمتری از خود انتقال می دهند. عامل باید بتواند ضرب این پارامتر را نیز به صورت بهینه انتخاب کند.
- عامل آتش نشان باید همواره ضرایب را به گونه ای تعیین کند که تمامی پارامترها در محیط تاثیر خود را داشته باشند [۱]. اگر ضریب یک پارامتر به اشتباه عدد بسیار بالایی در نظر گرفته شود، باقی پارامترها دیگر تاثیری در روند تصمیم گیری آتش نشان نخواهند داشت. در مقابل نیز اگر یک پارامتر دارای ضریب کمی باشد تاثیری در روند تصمیم گیری نخواهد داشت.

۳ اتوماتای یادگیر

اتوماتای یادگیر یک ماشین با حالات محدود است که می تواند تعداد محدودی عمل را انجام دهد. هر عمل انتخاب شده توسط محیطی احتمالی ارزیابی می گردد و پاسخی به اتوماتای یادگیر داده می شود. اتوماتای یادگیر از این پاسخ استفاده می نماید و عمل خود را برای مرحله بعد انتخاب می کند [۷]. در طی این فرایند، اتوماتای یادگیر یاد می گیرد که چگونه بهترین عمل را انتخاب نماید. شکل (۱) ارتباط بین اتوماتای یادگیر و محیط را نشان می دهد. محیط را می توان توسط سه تایی $E \equiv \{\alpha, \beta, c\}$ نشان داد که در آن $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_r\}$ مجموعه ورودیها، $\beta = \{\beta_1, \dots, \beta_m\}$ مجموعه خروجیها و $c = \{c_1, \dots, c_r\}$ مجموعه احتمالهای جریمه می باشد. هرگاه β مجموعه دو عضوی باشد محیط از نوع P می باشد. در چنین محیطی $\beta_1 = 1$ به عنوان جریمه و $\beta_2 = 0$ به عنوان پاداش در نظر گرفته می شود. در محیط Q ، $\beta(n)$ می تواند به طور گسسته یک مقدار از مقادیر محدود در فاصله $[0, 1]$ و در محیط از نوع S، $\beta(n)$ هر مقدار در فاصله $[0, 1]$ را اختیار کند. c_i احتمال اینکه عمل α_i نتیجه نا مطلوب داشته باشد، می باشد. در محیط ایستای مقادیر c_i بدون تغییر می مانند، حال آنکه در محیط غیر ایستای مقادیر در طی زمان تغییر می کنند.



شکل ۱- ارتباط بین اتوماتای یادگیر و محیط

اتوماتای یادگیر با ساختار متغیر توسط ۴ تایی $\{\alpha, \beta, p, T\}$ نشان داده می شود که در آن $\alpha \equiv \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r\}$ مجموعه عمل های اتوماتا، $\beta \equiv \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ مجموعه ورودیهای اتوماتا، $p \equiv \{p_1, p_2, \dots, p_r\}$ بردار احتمال انتخاب هر یک از عملها، و $p(n+1) = T[\alpha(n), \beta(n), p(n)]$ الگوریتم یادگیری می باشد. در این نوع از اتوماتاها، اگر عمل α_i در مرحله n انتخاب شود و پاسخ مطلوب از محیط دریافت نماید، احتمال $p_i(n)$ افزایش یافته و سایر احتمالات کاهش می یابند. و برای پاسخ نامطلوب احتمال $p_i(n)$ کاهش یافته و سایر احتمالات افزایش می یابند. در هر حال، تغییرات به گونه ای صورت می گیرد تا حاصل جمع $p_i(n)$ ها همواره ثابت و مساوی یک باقی بماند. الگوریتم زیر یک نمونه از الگوریتمهای یادگیری خطی برای اتوماتای یادگیر با ساختار متغیر است.

الف- پاسخ مطلوب

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

ب- پاسخ نامطلوب

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= (1-b)p_i(n) \\ \forall j \quad p_j(n+1) &= \frac{b}{r-1} + (1-b)p_j(n) \end{aligned} \quad (2)$$

$j \neq i$

در روابط فوق، a پارامتر پاداش و b پارامتر جریمه می باشد. با توجه به مقادیر a و b سه حالت را می توان در نظر گرفت. زمانی که a و b با هم برابر باشند، الگوریتم را LRP^1 می نامیم. زمانی که b از a خیلی کوچکتر باشد، الگوریتم را LRP^2 می نامیم. زمانی که b مساوی صفر باشد، الگوریتم را LRP^3 می نامیم. برای اطلاعات بیشتر در باره اتوماتاهای یادگیر با ساختار متغیر و اتوماتاهای یادگیر با ساختار ثابت می توان به [۸] مراجعه کرد.

۴ مدل پیشنهادی مبتنی بر اتوماتای یادگیر

برای تعیین اولویت بندی اهداف عامل های آتش نشان در محیط شبیه ساز امداد با توجه به پارامترهای مطرح شده در بخش ۲ از یک اتوماتای یادگیر با ۸ حالت استفاده شده است که عبارتند از:

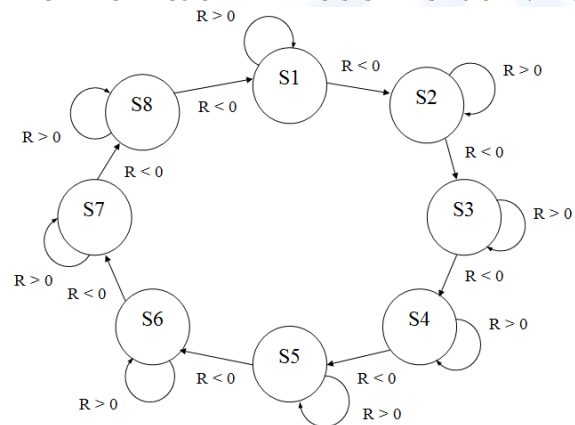
- حالت ۱: افزایش ضریب درجه سوختگی ساختمان
- حالت ۲: افزایش ضریب مساحت ساختمان
- حالت ۳: افزایش ضریب دمای ساختمان
- حالت ۴: افزایش ضریب فاصله از مرکز شهروندان
- حالت ۵: افزایش ضریب وجود ساختمان در ناحیه آتش قبلی انتخاب شده
- حالت ۶: افزایش ضریب مربوط به فاصله از محدوده امن نقشه

حالت ۷: افزایش ضریب مربوط به فاصله از محدوده در حال سوختن نقشه

حالت ۸: افزایش ضریب جنس ساختمان

در واقع اتوماتای یادگیر با قرارگیری در هر یک حالات محیط، اقدام به افزایش ضریب مرتبط با آن پارامتر می‌کند. روند کلی کار اتوماتا این-گونه است که سیستم ابتدا از حالت ۱ (افزایش ضریب پارامتر مربوط به درجه سوختگی ساختمان) شروع به کار می‌کند. بعد از هر بار افزایش ضریب پارامتر مربوطه، آزمایش مجدد با ضرایب جدید بر روی محیط انجام می‌شود. خروجی سرویس دهنده شبیه‌ساز بعد از اتمام شبیه‌سازی به عنوان نتیجه عمل انجام شده در حالت‌های اتوماتا مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورتی که جواب بدست آمده به نسبت جواب قبلی کارا تر باشد، اتوماتا به این نتیجه می‌رسد که عمل انجام شده توسط آن مفید بوده و اقدام به تکرار آن عمل می‌کند. این پاداش اتوماتا را در حالت فعلی نگه داشته و برای بار بعد نیز ضریب پارامتر مربوطه بیشتر می‌شود. با افزایش مجدد ضریب مربوطه آزمایش مجدد بر روی سیستم انجام می‌شود و نتیجه با نتیجه مرحله قبل مقایسه می‌شود. تا زمانی که نتیجه حالت بعدی از حلات قبلی بهتر شود اتوماتا به این روند ادامه می‌دهد و ضریب پارامتر مربوطه را افزایش می‌دهد.

در اولین نقطه‌ای که جواب بدست آمده از محیط از جواب قبلی بدتر می‌شود و امتیاز نهایی عامل‌ها کاهش پیدا کرده سیستم متوجه می‌شود که میزان ضریب پارامتر موجود در حالت فعلی با توجه به باقی ضرایب موجود در محیط در حال حاضر نباید افزایش داشته باشد. در این زمان سیستم مقدار ضریب پارامتر فعلی را جریمه کرده و مقدار آن را برابر نیمی از مقدار فعلی‌اش قرار می‌دهد. با این عمل ضریب پارامتر مقدار کمتری پیدا می‌کند و حالت فعلی به حالت بعدی اتوماتا (افزایش ضریب مساحت ساختمان) تغییر پیدا می‌کند. همانطور که در بخش ۳ عنوان شد سیستم اتوماتای یادگیر دارای فرمولی جهت انتخاب حالت بعدی می‌باشد. احتمال انتخاب حالت‌های مختلف بعد از هر عمل بروزرسانی می‌شوند و برای انتخاب حالت بعدی از این احتمال‌ها استفاده می‌شود. احتمال انتخاب تمامی حالت‌ها در ابتدا مقدار پیش‌فرض ۰/۱ را دارد و ضرایب پاداش و جریمه نیز برابر ۰/۲ است. فرمول تغییر احتمال‌های انتخاب با توجه به رابطه‌های ۱ و ۲ تعیین می‌شوند.



شکل ۲: ساختار اتوماتای استفاده شده برای تنظیم ضرایب

همچنین این نکته در انتخاب حالت بعدی وجود دارد که به هیچ وجه حالتی که در حال حاضر حالت فعلی است و تنبیهی دریافت می‌کند نباید به عنوان حالت بعدی نیز انتخاب شود. این شرط باعث می‌شود تا انتخاب‌های سیستم بین حالت‌های گوناگون انجام شود و در نهایت سیستم به ضرایب بهینه‌ای برسد.

S1: افزایش ضریب درجه سوختگی ساختمان

S2: افزایش ضریب مساحت ساختمان

S3: افزایش ضریب دمای ساختمان

S4: افزایش ضریب فاصله از مرکز شهزوندان

S5: افزایش ضریب وجود ساختمان در ناحیه آتش قبلی انتخاب شده توسط عامل

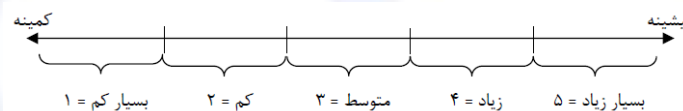
S6: افزایش ضریب فاصله از محدوده امن نقشه

S7: افزایش ضریب فاصله از محدوده در حال سوختن نقشه

S8: افزایش ضریب جنس ساختمان

تغییر ضرایب پارامترها بدین گونه است که با هر بار دریافت پاداش مقدار پارامتر ۲ برابر می شود. این عمل تا زمانی که حالت جریمه به وجود بیاید برای حالت جاری اتفاق می افتد. در زمان اولین جریمه مقدار پارامتر جاری نصف می شود و بعد از آن در صورتی که دوباره حالت جاری به آن برسد و پاداش دریافت کند به میزان یک واحد افزایش پیدا می کند. این افزایش یک واحدی تا زمانی ادامه پیدا می کند تا مقدار ضریب به مقدار قبلی که در آن تنبیه رخ داده بود برسد. در صورتی که مقدار جدید باز هم به مقدار جریمه رسید و پاداش دریافت کرد مقدارش مانند حالت پیش فرض دوبرابر می شود. این شیوه تغییر مقدار ضرایب پارامترها باعث می شود تا به صورت دقیق میزان ضرایب تعیین شود. هر بار که حالت جریمه می شود بدین معنی است که مقدارش یا در نزدیکی جواب است و یا به صورت نامتعادل افزایش پیدا کرده است. بنابراین مقدار آن پس از جریمه نصف می شود. بعد از این که مقدار ضریب یک حالت نصف می شود بدین معنی است که احتمالاً جواب بهینه باید در بازه ضریب فعلی تا دوبرابر آن قرار داشته باشد. بنابراین با هر بار پاداش ضریب یک واحد افزایش پیدا می کند. در صورتی که مقدار ضریب به مقدار قبلی برسد و هنوز به دنبال جواب بهتر باشیم به مانند حالت پیش فرض اقدام به پاداش و جریمه می کنیم.

الگوریتم تصمیم گیری بدین گونه عمل می کند که پارامترهای مطرح شده برای تصمیم گیری عامل آتش نشان در عدد اولویت آن ها که توسط سیستم اتوماتای یادگیر به دست می آید ضرب می شود. به منظور جلوگیری از افزایش و کاهش ناگهانی مقادیر، هر پارامتر را با توجه به مقدارش نسبت به باقی ساختمان های موجود در محیط در یک محدوده مشخص قرار می دهیم. شکل ۳ چگونگی قرار گیری یک ساختمان در محدوده مشخص را بر اساس پارامتر مربوطه نشان می دهد:



شکل ۳. محدوده تعریف شده برای ساختمان در بین باقی ساختمان های محیط

با توجه به شکل بالا پنج محدوده برای هر پارامتر تعریف شده است. تعداد محدوده ها بر اساس تجربیات موجود در سیستم شبیه سازی امداد و نجات و مدل نقشه های موجود در این محیط به دست آمده است. با توجه به پارامترهای انتخاب شده در تصمیم گیری های عامل آتش نشان نتایج زیر بدست خواهند آمد:

۴-۱- ایجاد گروه های کاری هماهنگ با استفاده از اتوماتای یادگیر

در چرخه اتوماتای یادگیر هر آتش نشان پارامتری جهت انتخاب نزدیک ترین ساختمان و انتخاب ساختمانی که در ناحیه آتش فعلی قرار دارد وجود دارد. با تعیین دقیق شرایط مربوط به این پارامتر در ابتدای شبیه سازی آتش نشان هایی که همگی در نزدیکی یک آتش قرار دارند با هم همکاری کرده و آتش را خاموش می کنند و با گذر زمان شبیه سازی نیز آتش نشان ها به تدریج و به صورت گروه های پویا^۴ در شهر پخش می شوند و اقدام به خاموش کردن آتش ها به صورت گروهی می کنند.

۴-۲. انتخاب مناسب ترین ساختمان جهت خاموش کردن

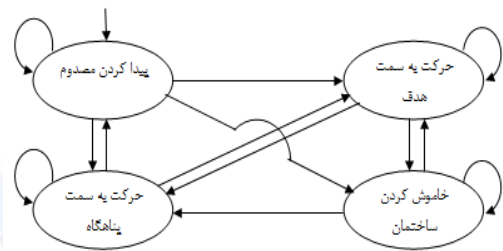
مجموع تمامی پارامترهای موجود در اتوماتای یادگیر بعد از یادگیری و تعیین ضرایب منجر به تشخیص مناسب ترین ساختمان جهت خاموش کردن می شوند. در واقع اصلی ترین هدف اتوماتای یادگیر انتخاب بهینه و مناسب ساختمان ها می باشد.

۴-۳. تشخیص سرعت گسترش آتش در جهت های مختلف و مهار آتش از مناسب ترین جهت

سرعت و جهت گسترش آتش در برنامه شبیه ساز امداد و نجات متاثر از جنس ساختمان ها، درجه سوختگی ساختمان و دمای ساختمان می باشد. اتوماتای یادگیر هر ۳ پارامتر عنوان شده را در مجموعه عمل های خود قرار داده و اقدام به تعیین ضریب برای آن ها می کند و در نهایت موفق می شود با انتخاب مناسب ترین ضرایب آتش ها را از جهتی که سرعت بیشتری برای گسترش دارد مهار کند. محیط شبیه سازی امداد و نجات یک محیط بسیار بزرگ، پویا و تصادفی است. عامل های مختلف که در این محیط قرار می گیرند دارای توانایی های مختلف و گوناگون

هستند. به عنوان مثال، عامل‌های آتش‌نشان علاوه بر قابلیت خاموش کردن یک آتش می‌توانند در بعضی از زمان‌های شبیه سازی به دنبال مصدومین در خیابانها بگردند و یا به سمت پناهگاه‌ها حرکت کنند. توانایی‌های مختلف باعث می‌شوند که ترتیب اجرای عمل‌های یک عامل در محیط منجر به نتایج مختلف شود. به معنای دقیق‌تر فقط تعیین ضرایب برای انتخاب بهترین ساختمان جهت خاموش کردن نمی‌تواند تضمین کننده بهترین نتیجه در کار عامل آتش‌نشان باشد. در بعضی از حالات ممکن است اگر تعدادی از آتش‌نشان‌ها به دنبال مصدومین بگردند و آن‌ها را به عامل‌های آمبولانس گزارش کنند نتیجه بهتری حاصل شود. همچنین عامل‌های آتش‌نشان زمانی که در نزدیکی ساختمان‌های آتش گرفته قرار می‌گیرند به تدریج از میزان توانایی آنها کاسته می‌شود و مصدوم می‌شوند. این عامل‌ها اگر سریعاً خود را به پناهگاه‌ها نرسانند جان خود را از دست می‌دهند و امتیاز منفی برای کل تیم ثبت می‌شود. بنابراین، عامل‌های آتش‌نشان علاوه بر انتخاب بهترین ساختمان جهت خاموش کردن، باید دارای تعدادی حالت تصمیم‌گیری و شروطی جهت انتقال از هر حالت به حالت دیگر باشند. به همین منظور و جهت بهینه‌سازی کامل کار عامل‌های آتش‌نشان حالت‌های عمل زیر برای یک عامل در پیاده‌سازی لحاظ شده‌اند:

پیاده‌سازی عامل‌ها بدین گونه است که عامل‌ها از ابتدا وارد اتوماتای سطح بالا می‌شوند و در حالت پیدا کردن مصدوم قرار می‌گیرند. سپس با گذر زمان و برقراری شروط موجود بر روی یال‌های اتوماتای سطح بالا، به حالت‌های مختلف می‌روند. زمانی که یک عامل در حالت پیدا کردن مصدوم می‌باشد هربار لیست ساختمان‌های در حال آتش خود را چک می‌کند و اگر ساختمان‌هایی در این لیست وجود داشتند با استفاده از ضرایب به دست آمده از اتوماتای یادگیر بهدر مرحله آموزش لحاظ شده‌اند بهترین ساختمان را انتخاب کرده و به سوی آن حرکت می‌کند (حالت حرکت به سمت هدف).

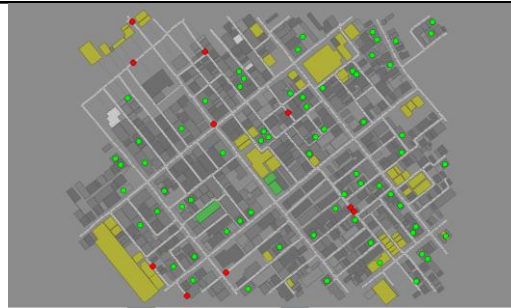


شکل ۴: مدل کلی و سطح بالای عامل آتش‌نشان

۵ پیاده‌سازی و ارزیابی الگوریتم پیشنهادی

۵-۱- بررسی با توجه به نقشه های مختلف

در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات سناریوهای بسیار متعددی مطرح هستند به طوریکه امکان تست الگوریتم پیاده‌سازی شده در تمامی سناریوها وجود ندارد. البته تست الگوریتم در شرایط محدود و مشخص نیز عملاً پیشرفتی در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات به وجود نمی‌آورد. بنابراین و به منظور حل این مشکل در این بخش سعی می‌شود تا ساختار نقشه‌ای طراحی شود که تمامی عوامل لازم و موثر در گسترش آتش را دارا باشد و همچنین عوامل مختلفی که وابسته به عمل باقی عامل‌های هوشمند از قبیل پلیس-ها و نیروهای آمبولانس است را دارا نباشد تا بدین صورت فقط و فقط میزان کارایی عامل‌های آتش‌نشان در محیط سنجیده شود. نقشه شهرهای مختلفی در سیستم شبیه‌سازی امداد و نجات شبیه‌سازی شده‌اند. ما در این بخش برای انتخاب نقشه استاندارد از اولین شهری که به عنوان یک شهر واقعی در سیستم شبیه‌سازی امداد و نجات پیاده‌سازی شده است استفاده می‌کنیم. نقشه انتخابی ما قسمتی از نقشه شهر کوبه ۵ در کشور ژاپن است. در این نقشه سعی شده است تا تمامی پارامترهای تصمیم‌گیری موجود برای عامل آتش‌نشان در نظر گرفته شوند و به نوعی یک نقشه جامع تهیه شود. نقشه استاندارد مورد نظر در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵: نقشه شهر کوبه در شبیه‌ساز امداد و نجات

در نقشه مذکور فقط عامل‌های آتش‌نشان قرار داده شده‌اند. این کار بدین دلیل است که امتیاز نهایی کسب شده در محیط فقط باید نتیجه الگوریتم اجرا شده توسط عامل آتش‌نشان باشد و کارایی باقی عامل‌ها نباید در آن تاثیرگذار باشد. این عمل باعث شده است تا امتیازهای کسب شده به نسبت امتیازهای نرمالی که در مسابقات واقعی بدست می‌آیند بسیار کمتر باشد اما معیار مقایسه کارایی در این پژوهش صرفاً میزان گسترش آتش بوده است. مشخص و واضح است که در صورت اتصال باقی عامل‌ها به محیط و استفاده از سیستم اتوماتای یادگیر پیاده‌سازی شده در محیط امتیاز نهایی کسب شده به مراتب بالاتر از امتیازهای نرمال کسب شده در مسابقات روبوکاپ است. با توجه به شکل می‌بینیم که نقشه دارای ۶ ناحیه آتش است:

- **ناحیه اول.** این ناحیه که اصلی‌ترین ناحیه به شمار می‌آید در مرکز شهر قرار دارد (شکل ۶) و در صورتی که توسط عامل‌های آتش‌نشان مهار نشود باعث بروز صدمه جدی به شهر و مرگ تعداد زیادی شهروند که در کنار آن قرار دارند می‌شود. در واقع این ناحیه آتش به این دلیل قرار داده شده است تا معیار مناسبی برای پارامترهای مرتبط با فاصله از منطقه امن و منطقه در حال سوختن باشد.



شکل ۶: نقشه ناحیه آتش اول

- **ناحیه دوم.** این ناحیه در سمت شمال شرقی نقشه واقع شده است و دارای یک ساختمان با مساحت بسیار بزرگ است (شکل ۷) (سمت راست). تعدادی ساختمان کوچکتر نیز در کنار این ساختمان بزرگ قرار داده شده‌اند. این ناحیه آتش به دلیل تست ضرایب موجود برای مساحت ساختمان‌های انتخاب شده برای مهار آتش در نقشه قرار داده شده است. اگر عامل‌های آتش‌نشان دقت بسیار زیادی به پارامتر مساحت ساختمان داشته باشند این ناحیه آتش را به عنوان اولین ناحیه آتش انتخاب می‌کنند. این نوع ناحیه آتش الگوریتم انتخاب ساختمان توسط عامل را از دید مساحت ساختمان تست می‌کند.



شکل ۷: نقشه ناحیه آتش دوم (سمت راست) و ناحیه آتش سوم (سمت چپ)

- **ناحیه سوم.** این ناحیه در قسمت جنوب شرقی نقشه قرار داده شده است و ویژگی‌هایی شبیه ناحیه دوم دارد و تنها تفاوت آن در این است که یک ساختمان بزرگ در آن وجود ندارد بلکه مساحت مجموع ساختمان‌های انتخاب شده مقدار قابل توجهی است (شکل ۷ سمت چپ).
- **ناحیه چهارم.** این ناحیه در قسمت جنوبی نقشه قرار داده شده است و فاصله بسیار نزدیک تا چندین شهروند خاص در نقشه را دارد. این ناحیه همچنین از نظر مساحت نرمال به حساب می‌آید. از معیارهای اصلی برای قرار دادن این ناحیه آتش در نقشه تست الگوریتم تصمیم‌گیری آتش‌نشان‌ها برای این که هدف درست را انتخاب کنند است. اگر آتش‌نشان‌ها این ناحیه را به عنوان اولین ناحیه آتش انتخاب کنند دچار اشتباه شده و کارایی لازم را در محیط از خود نشان نمی‌دهند (شکل ۸).

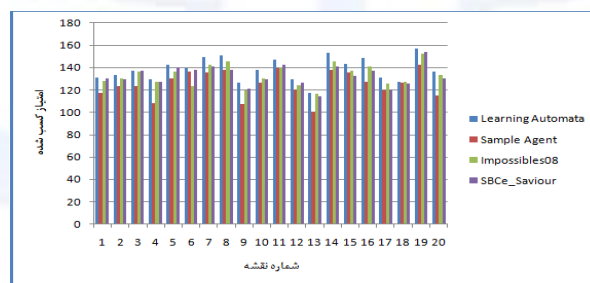


شکل ۸: نقشه ناحیه آتش چهارم

- **ناحیه پنجم و ششم.** ناحیه‌های پنجم و ششم به ترتیب در شمال و غرب نقشه قرار داده شده‌اند (شکل ۹). ناحیه شمالی از نظر مساحت کوچک انتخاب شده و همچنین فاصله بسیار زیادی تا مرکز شهروندان موجود در نقشه دارد. بنابراین دارای اهمیت بسیار پایینی است. همچنین با توجه به جنس ساختمان‌های قسمت شمالی که از نوع مقاوم هستند امکان انتقال آتش از آن‌ها به نسبت باقی ناحیه‌ها کمتر است. ناحیه ششم نیز دارای ویژگی‌هایی مانند ناحیه پنجم است با این تفاوت که یک ساختمان بسیار بزرگ در آن آتش گرفته است. این ساختمان بسیار بزرگ که در حال سوختن است دمای شهر در آن نقطه از شهر را به صورت واضحی افزایش می‌دهد و باعث می‌شود تا الگوریتم تصمیم‌گیری عامل‌ها از منظر دمای شهر نیز تست شود. این ناحیه نیز به مرکز شهروندان موجود در نقشه به اندازه کافی دور است.



شکل ۹: نقشه ناحیه آتش پنجم (سمت راست) و ششم (سمت چپ)



۱. دقت شود که در تصویری که نشان داده شده است مساحت طبقه اول ساختمان‌ها نشان داده شده است در صورتی که ساختمان‌ها دارای طبقات مختلف هستند و مساحت کل آنها برابر ضرب مساحت طبقه اول در تعداد طبقات آن‌ها است. علی‌رغم این که ساختمان‌های موجود در ناحیه سوم دارای تعداد کم و مساحت زیربنای کمی هستند اما با توجه به تعداد زیاد طبقات آن‌ها مساحت قابل توجهی به نسبت باقی ناحیه‌ها دارند.

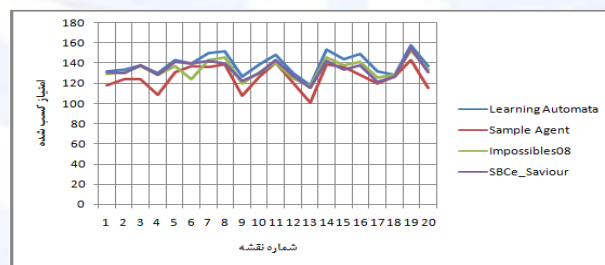
در نقشه طراحی شده تعداد ۱۱۰ شهروند به صورت پراکنده و با چگالی‌های مختلف در هر منطقه قرار داده شده‌اند. این تقسیم‌بندی و پخش به گونه‌ای بوده است تا مرکز شهروندان به آتش در ناحیه اول نزدیک باشد. تعداد شهروندان نیز به گونه‌ای است که اگر عامل‌های آتش- نشان به درستی کار خود را انجام دهند و همچنین عامل‌های آمبولانس با کارکرد نسبتاً خوب به سیستم متصل شوند موفق خواهند شد تا درصد قابل توجهی از شهروندان را از مرگ نجات دهند. با توجه به توضیحاتی که در مورد جامع بودن نقشه و تست الگوریتم آتش‌نشان‌ها عنوان شد در این نقشه هیچ مسیری به دلیل وجود آوار بسته نشده است. این تغییر پیکربندی در سیستم شبیه‌سازی امداد و نجات به این دلیل انجام شده است تا روش کار عامل‌های پلیس بر روی کارایی عامل‌های آتش‌نشان تأثیر نگذارد و فقط و فقط کارایی عامل‌های آتش‌نشان سنجیده شود.

در مجموع تعداد ساختمان‌هایی که در نقشه وجود دارند نزدیک به ۹۰۰ عدد بوده و در صورتی که عامل‌ها هیچ عملی در محیط انجام ندهند قریب به ۷۰۰ ساختمان به صورت کامل در آتش خواهند سوخت. همچنین تعداد سیکل‌های شبیه‌سازی برای این نقشه ۳۰۰ سیکل فرض شده است. با توجه به توضیحاتی که در بالا آورده شد نقشه طراحی شده در این قسمت دارای ویژگی‌هایی است که به درستی پارامترهای موجود برای تصمیم‌گیری عامل آتش‌نشان را تست می‌کند. اگرچه نقشه‌های بسیار متنوعی می‌توان برای محیط شبیه‌سازی امداد و نجات به وجود آورد اما از منظر کارایی عامل‌های آتش‌نشان تمامی نقشه‌های موجود زیرمجموعه‌ای از این نقشه استاندارد می‌باشند.

۵-۲- نتایج به دست آمده از شبیه سازی

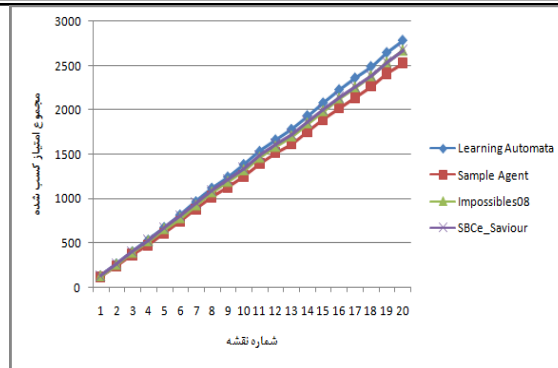
برای ارزیابی روش پیشنهادی نتایج بدست آمده از ۲۰ بار اجرای عامل‌های مختلف در ۲۰ نقشه موجود در مقایسه با الگوریتم‌های موجود (۱) الگوریتم پایه (۲) الگوریتم دانشگاه صنعتی شریف تحت نام Impossible08 بر پایه [۸] (۳) الگوریتم دانشگاه شهید بهشتی [۶] تحت نام SBC_Savior مورد بررسی قرار گرفته اند. شکل ۱۰ و ۱۱ نشان‌دهنده نتایج بدست آمده توسط ۴ نوع عامل مختلف در ۲۰ نقشه طراحی شده را نشان می‌دهد.

شکل ۱۰: نمودار کارایی عامل‌ها در ۲۰ نقشه

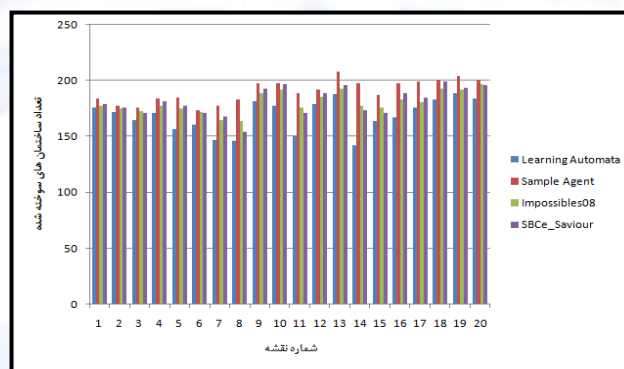


شکل ۱۱: نمودار دوم از کارایی عامل‌ها در ۲۰ نقشه

همانطور که در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ مشخص است عامل‌های هوشمند در تمامی نقشه‌ها کارایی بهتری نسبت به باقی عامل‌ها داشته‌اند. شکل ۱۲ نشان‌دهنده امتیازات تجمعی کسب شده توسط هر نوع عامل است. در این نمودار نیز مشخص است که در مجموع ۲۰ نقشه، عامل‌های مجهز به اتوماتای یادگیر کارایی بهتری داشته‌اند. با توجه به نمودار ۱۲ عامل استاندارد در شبیه‌سازی امداد و نجات دارای بدترین کارایی در مجموع ۲۰ نقشه بوده است. این درحالی است که عامل‌های Impossible و SBCe_Saviour بسیار نزدیک به هم کار کرده‌اند و عامل‌های مجهز به اتوماتای یادگیر به نسبت قابل توجهی بهتر کار کرده است. همانطور که انتظار می‌رفت پیاده‌سازی عامل‌های مجهز به اتوماتای یادگیر تصادفی پیشرفت قابل توجهی را در میزان کارایی این نوع عامل در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات به وجود آورده است.



شکل ۱۲: نمودار تجمعی امتیازات کسب شده عامل

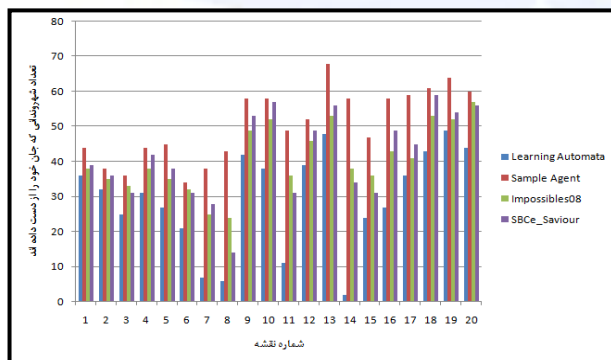


شکل ۱۳: نمودار تغییرات تعداد ساختمان های سوخته شده برحسب نقشه

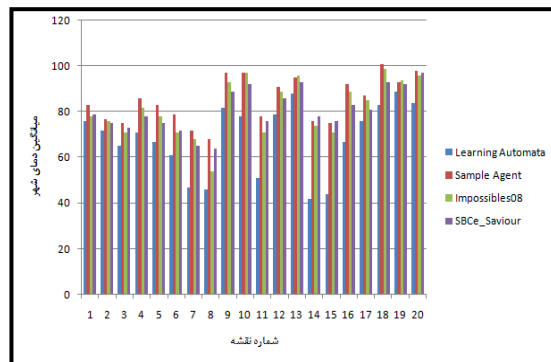
تا به اینجا تمامی مقایسه‌های انجام شده بر اساس معیار استاندارد ارزیابی که در محیط شبیه‌سازی امداد و نجات قرار دارد انجام شد. در ادامه سعی می‌شود تا اطلاعات و نمودارهایی که میزان بهبود را در پارامترهای مختلف موثر بر روی امتیاز نهایی نشان دهند ارائه شوند. برای این منظور وضعیت ساختمان‌های سوخته شده به صورت کامل، تعداد شهروندان کشته شده و میانگین دمای شهر مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. شکل‌های ۱۳، ۱۴ و ۱۵ به ترتیب نمودار وضعیت ساختمان‌های سوخته شده به صورت کامل، تعداد شهروندان کشته شده و میانگین دمای شهر را بیان می‌کنند. همان‌طور که در شکل ۱۳ دیده می‌شود، مشخص است که عامل‌های استاندارد پیاده شده در بسته شبیه‌سازی امداد و نجات همواره پایین‌ترین کیفیت را داشته‌اند. در مقابل عامل‌های هوشمند که از اتوماتای یادگیر استفاده می‌کرده‌اند دارای کیفیت بهتری نسبت به باقی عامل‌ها بوده‌اند. عامل‌های تیم‌های SBCE_Saviour و Impossible08 نیز همواره با اختلاف مشخصی از عامل‌های هوشمند ضعیف‌تر بوده و بسیار نزدیک به هم کار کرده‌اند. شکل ۱۴ نشان‌دهنده تغییرات در تعداد شهروندانی است که در هر نقشه جان خود را از دست داده‌اند.

شکل ۱۴: نمودار تعداد شهروندانی که جان خود را از دست داده -

اند در هر نقشه



شکل ۱۵: نمودار تغییرات میانگین دمای شهر در هر نقشه



شکل ۱۵ نشان دهنده تغییرات در میانگین کل دمای شهر را بر اساس هر نقشه نشان می دهد. در این تصویر نیز منطق بر این است که الگوریتمی که دارای کارایی بهتری است در مجموع دمای شهر را در اعداد پایین تری به نسبت باقی روش ها نگه دارد. این به این دلیل است که در صورتی که ساختمان های بیشتری اطافای حریق شوند و این عمل با سرعت و سریع انجام شود میانگین دمای شهر نیز پایین خواهد ماند. همانطور که در تصاویر ۱۴ و ۱۵ مشخص است و همانطور که انتظار می رفت عامل های هوشمند همواره دارای کارایی بهتری بوده اند.

۶ نتیجه گیری

یکی از مباحث مهم در شبیه سازی امداد و نجات تصمیم گیری عامل های آتش نشان است که نقش مهمی در جلوگیری از گسترش آتش سوزی و نجات جان شهروندان دارند. عامل آتش نشان باید بتواند با توجه به شرایطی که در اطرافش قرار دارد به گونه ای عملیات نجات را انجام دهد تا کمترین خسارت به ساختمان های در حال سوختن وارد شود. در این مقاله روشی مبتنی بر اتوماتاهای یادگیر برای تصمیم گیری عامل های آتش نشان در محیط شبیه ساز امداد و نجات برای اولویت دهی اهداف ارائه گردید. برای بررسی میزان کارایی روش پیشنهادی، با الگوریتم های ارائه شده توسط عامل های هوشمند دیگر موجود در لیگ شبیه سازی امداد و نجات از مسابقات سالانه روبوکاپ مقایسه صورت گرفته است. آزمایشات انجام شده ناشی از شبیه سازی های مختلف بر روی نقشه های متفاوت نشان می دهند که روش پیشنهادی شده علاوه بر سادگی، از کارایی بالاتری در مقایسه با روش های موجود بر خوردار است.

مراجع

- [1] Kitano H., Tadokoro S., Noda I., Takashi H., Shinjou A., Shirmada S.; "RoboCup-Rescue: Search and Rescue in Large Scale Disasters as a Domain for Autonomous Agents Research", IEEE Conference on Man, Systems, and Cybernetics, 1999.
- [2] Morimoto T.; "How to Develop a RoboCup Rescue Agent"; RoboCup Rescue Simulation Technical Committee, 2002.
- [3] S. Luke and L. Spector, Evolving teamwork and coordination with genetic programming," in Proceedings of the First Annual Conference on Genetic Programming. MIT Press, pp.150-156.1996.
- [4] J. K. Raphael Crawford-Marks, Lee Spector, Virtual witches and warlocks: A quidditch simulator and quidditch-playing teams coevolved via genetic programming," in Late Breaking Papers of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO-2004), 2004.
- [5] Aghazadeh O., Sharbafi M. A. and Haghighat A.T, Implementing Parametric Reinforcement Learning in Robocup Rescue Simulation, Lecture Notes in Computer Science, 2008, Volume 5001/2008, pp. 409-416.
- [6] Radmand, A., Nazemi, E., Goodarzi, M.: Integrated Genetic Algorithmic and Fuzzy Logic Approach for Decision Making of Police Force Agents in Rescue Simulation Environment. In RoboCup, pp. 288-295, 2009.
- [7] Narendra, K. S. and Thathachar, M. A. L., "Learning Automata: An Introduction", Prentice Hall, Inc., 1989.
- [8] M. A. L. Thathachar and Sastry, "Varieties of Learning Automata: An Overview", IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics, vol. 32, no. 6, 711-722, 2002.
- [8] H. R. Vaezi Joze, K. Mokhtarian, N. Asadi, A. Kamali, H. Bokharaie, "Impossibles RoboCup 4-Legged Soccer Team Description Paper", International RoboCup 2007, Atlanta, USA, June 2007.

-
- 1 Reward-Penalty
 - 2 Reward-epsilon Penalty
 - 3 Reward-Inaction
 - 4 Dynamic Grouping
 - 5 Kobe