

پیاده سازی مأمور و مرکز آتش نشان در محیط چند مأموره امداد

توسط

البرز گرامی فرد و پیمان نیری

رساله ارائه شده به عنوان بخشی از ملزومات برای دریافت درجه

کارشناسی نرم افزار کامپیوتر

زیر نظر

دکتر جعفر حبیبی

خرداد ۸۲

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی شریف

تهران

قدردانی

در اینجا لازم است که از آقای دکتر حبیبی به خاطر زحمات بی دریغشان در تعریف و پیشبرد پروژه و راهنمایی‌های ایشان در طول انجام آن سپاسگذاری کنیم. بی شک بدون حمایت‌های همه جانبه ایشان این پروژه به مرحله بهره‌برداری در مسابقات روبوکاپ^۱ ۲۰۰۳ نمی‌رسید.

همچنین در اینجا باید از تمامی اساتید دوره کارشناسی دانشکده کامپیوتر به خاطر تلاشهای بی‌وقفه‌شان قدردانی به عمل آورد.

لازم است که از تمامی دوستانمان در تیم آریان به خاطر تلاشهایشان در به ثمر رساندن این پروژه و کسب مقام قهرمانی در مسابقات روبوکاپ^۱ ۲۰۰۳ سپاسگذاری کنیم.

پیاده سازی مأمور و مرکز آتش نشان در محیط چند مأموره امداد

چکیده

مسابقات روبوکاپ به منظور تمرکز محققین هوش مصنوعی بر روی یک مساله مشخص و یکسان برگزار می شود که در سالهای اخیر این مسابقات از توجه خاصی در سطح جهان برخوردار شده است و هر ساله تیمهای گوناگونی از کشورهای مختلف در این مسابقات شرکت می کنند. یکی از لیگ های این مسابقات لیگ شبیه سازی امداد^۲ می باشد، که با حذف محدودیت های فیزیکی توجه خود را بیشتر معطوف به بخشهای الگوریتمی مساله کرده است. در این مسابقه یک شهر شبیه سازی شده دچار زلزله و آتش سوزی می شود و هر تیم با در دست داشتن نیروهای پلیس، آتش نشان و امدادگر باید سعی در کنترل بحران داشته باشد. با توجه به اینکه کنترل بحران نیازمند هماهنگی های دقیق بین نیروهای مختلف می باشد و شرایط مساله تا حد زیادی از قوانین طبیعی پیروی می کند و لذا عدم قطعیت در اطلاعات موجود می باشد، این مساله می تواند به عنوان یک محیط مناسب برای بررسی و تحلیل الگوریتمهایی نظیر مسیریابی، زمان بندی، پیش بینی و تخمین، مکان یابی و تصمیم گیری در محیط های چند مأموره^۳ مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: روبوکاپ، شبیه سازی، محیط چند مأموره، مسیریابی، تخمین.

فهرست مندرجات

۱۰	۱ مقدمه
۱۲	۲ مروری بر شبیه‌سازی امداد
۱۲	۱-۲ تاریخچه
۱۲	۲-۲ اهداف
۱۲	۳-۲ اجزاء سیستم شبیه‌سازی امداد
۱۳	۴-۲ هسته مرکزی
۱۳	۵-۲ سیستم اطلاعات جغرافیایی
۱۴	۶-۲ شبیه‌سازها

۱۵	شبییه‌ساز آتش	۱-۶-۲
۱۵	شبییه‌ساز خرابی ساختمانها	۲-۶-۲
۱۵	شبییه‌ساز خرابی جاده‌ها	۳-۶-۲
۱۵	شبییه‌ساز حرکت	۴-۶-۲
۱۵	شبییه‌ساز جانبی	۵-۶-۲
۱۶	نمایشگر	۷-۲
۱۶	مأمورها	۸-۲
۱۶	مأمور و مرکز آتش‌نشان	۱-۸-۲
۱۷	مأمور و مرکز پلیس	۲-۸-۲
۱۷	مأمور و مرکز امداد	۳-۸-۲
۱۷	شهروند	۴-۸-۲
۱۸	قوانین تصویب شده در آخرین دوره مسابقات شبیه‌سازی امداد	۹-۲

۳ مأمور آتش‌نشان

۱۹	تواناییها	۱-۳
۲۰	حرکت	۱-۱-۳
۲۰	صحبت کردن	۲-۱-۳
۲۱	شنیدن	۳-۱-۳
۲۱	ریختن آب بر روی یک ساختمان	۴-۱-۳

۲۱	نسخهٔ اولیه	۲-۲
۲۲	ایده اولیه	۱-۲-۳
۲۲	مشکلات	۲-۲-۳
۲۲	بهینه سازی	۳-۲-۳
۲۳	مسیریابی	۳-۳
۲۴	مأمور ویژه	۴-۳
۲۸	نحوهٔ انتخاب ساختمان هدف در مأمور ویژه	۱-۴-۳
۲۹	گردش کاری	۲-۴-۳
۳۰	نسخهٔ نهایی	۵-۳
۳۰	گردش کاری	۱-۵-۳
۳۱	یافتن شهروندان زیر آوار	۲-۵-۳

۴ مرکز آتش نشان

۳۳

۳۳	چرا به مرکز آتش نشان نیاز داریم؟	۱-۴
۳۴	تعاریف	۲-۴
۳۵	چرا سایت آتش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؟	۳-۴

۳۵	کارهای مرکز آتش نشان	۴-۴
۳۶	بررسی شبیه سازی آتش	۱-۴-۴
۳۷	پیش بینی کننده آتش	۲-۴-۴
۳۹	جمع آوری اطلاعات	۳-۴-۴
۴۰	رسیدگی به نیازهای مأموران	۴-۴-۴
۴۰	به اشتراک گذاری اطلاعات	۵-۴-۴
۴۱	روند کاری مرکز آتش نشان	۵-۴
۴۱	بررسی پیامهای ارسالی	۱-۵-۴
۴۱	محاسبه تعداد مأموران فعال	۲-۵-۴
۴۲	تحلیل بازخوردهای رسیده	۳-۵-۴
۴۲	به روز رسانی پیش بینی کننده آتش با توجه به وضعیت فعلی شهر	۴-۵-۴
۴۲	تصمیم گیری در مورد حالت بعدی - حالت گردش یا حالت مأموریتی	۵-۵-۴
۴۲	بررسی سایتهای آتش موجود در شهر و انتخاب سایت هدف	۶-۵-۴
۴۵	شناسایی مأموران آزاد	۷-۵-۴
۴۶	انتخاب ساختمانهای هدف	۸-۵-۴
۴۸	ایجاد مأموریتها	۹-۵-۴
۴۹	ایجاد مأموریتهای ویژه جهت جمع آوری اطلاعات	۱۰-۵-۴
۵۰	هماهنگی با مرکز پلیس جهت نجات مأموران و باز کردن راههای حساس	۱۱-۵-۴

- ۱-۵ پیامهای مرکز آتش نشان به مأمور آتش نشان ۵۱
- ۱-۱-۵ دستور خاموش کردن یک ساختمان مشخص ۵۲
- ۲-۱-۵ دستور حرکت به یک مکان خاص ۵۲
- ۳-۱-۵ دستور رفتن به حالت گردش ۵۲
- ۴-۱-۵ اطلاعات مربوط به خیابانهای مسدود شهر ۵۲
- ۵-۱-۵ اطلاعات مربوط به خیابانهای باز شده شهر ۵۳
- ۶-۱-۵ اطلاعات مربوط به ساختمانهای مشاهده شده شهر ۵۳
- ۷-۱-۵ اطلاعات مربوط به وضعیت ساختمانهای آتش گرفته شهر ۵۳
- ۲-۵ پیامهای مرکز آتش نشان به سایر مراکز ۵۴
- ۱-۲-۵ درخواست کمک از مرکز پلیس ۵۴
- ۲-۲-۵ درخواست رسیدگی به سایت آتش از مرکز پلیس ۵۴
- ۳-۲-۵ درخواست کمک از مرکز آمبولانس ۵۵
- ۳-۵ پیامهای مأمور آتش نشان به مرکز آتش نشان ۵۵
- ۱-۳-۵ اعلام وضعیت مأمور ۵۵
- ۲-۳-۵ اعلام رفتن به پناهگاه ۵۵
- ۳-۳-۵ اعلام پر بودن مخزن آب ۵۶
- ۴-۳-۵ اعلام آمادگی برای انجام کار ۵۶
- ۵-۳-۵ اعلام بی کار بودن مأمور ۵۶
- ۶-۳-۵ اعلام موقعیت شهروند و یا مأمور زیر آوار مانده ۵۶

۵۷	۷-۳-۵ اعلام موقعیت خیابانهای خراب در شهر
۵۷	۸-۳-۵ اعلام ساختمان‌های مشاهده شده در شهر
۵۷	۹-۳-۵ اعلام گیرافتادن در یک خیابان
۵۷	۱۰-۳-۵ اعلام ساختمان‌های مشتعل
۵۸	۱۱-۳-۵ اعلام ساختمان‌های مشتعل اولیه
۵۸	۱۲-۳-۵ اعلام محل شروع کار
۵۸	۱۳-۳-۵ اعلام ریختن آب بر روی یک ساختمان
۵۸	۱۴-۳-۵ اعلام وضعیت آتش ساختمان هدف پس از آب ریختن
۵۹	۱۵-۳-۵ اعلام خاموش بودن ساختمان هدف قبل از آب ریختن
۵۹	۴-۵ پیامهای سایر مراکز به مرکز آتش نشان
۵۹	۱-۴-۵ لیست راه‌های باز
۵۹	۲-۴-۵ لیست ساختمان‌های مشتعل اولیه
۵۹	۵-۵ پیامهای شهروندان به مأمورین

لیست اشکال

- ۱-۲ نمایی از شهر: A. ساختمانهای مشتعل B. مرکز اولیه آتش C. ساختمانهای خاموش . ۱۴
- ۱-۳ بهینه سازی ترافیک: راهکار ۱ ۲۵
- ۲-۳ بهینه سازی ترافیک: راهکار ۲ ۲۵
- ۳-۳ بهینه سازی ترافیک: راهکار ۳ ۲۵
- ۴-۳ بهینه سازی ترافیک: راهکار ۴ ۲۶
- ۵-۳ بهینه سازی ترافیک: راهکار ۵ ۲۶
- ۶-۳ مقایسه نحوه توزیع مأموران آتش نشان: قبل از اعمال راهکارها ۲۷
- ۷-۳ مقایسه نحوه توزیع مأموران آتش نشان: بعد از اعمال راهکارها ۲۷

۱-۴ سایت آتش ۳۴

۲-۴ ارزشیابی (HV): A. پوش محدب B. ساختمان کاندید C. نقطه برخورد D. حاشیه . . . ۴۷

لیست جداول

۱-۶ نتایج دور اول مسابقات مقدماتی شبیه‌سازی امداد ۶۱

۲-۶ نتایج دور چهارم مسابقات نیمه نهایی شبیه‌سازی امداد ۶۱

۳-۶ نتایج مسابقه فینال شبیه‌سازی امداد ۶۱

فصل ۱

مقدمه

در ساعت ۵:۴۷ صبح روز ۱۷ ژانویه سال ۱۹۹۵ زلزله شدیدی در شهر کوبه^۱ ژاپن اتفاق افتاد که بر اثر آن ۶۴۳۲ نفر از مردم بلافاصله جان خود را از دست دادند و حدود ۸۰٪ از خانه‌های این شهر پس از زلزله بلااستفاده شد. هزینه بازسازی این شهر از مرز ۱۰۰ میلیارد دلار تجاوز کرد، و ارزش کل خسارات وارده به حدود ۳۰۰ میلیارد دلار رسید. مشاهده تعداد افرادی که در این واقعه جان خود را از دست دادند گواهی بود بر وجود فاصله‌ای عمیق بین تکنولوژی فعلی و حد ایده آل آن.

بعد از این واقعه پروژه‌ای به نام امداد تعریف شد که هدف آن کنترل بحران پس از زلزله به گونه‌ای بود که میزان تلفات جانی و مالی را به حداقل برساند. پس از بررسی‌های اولیه و با در نظر گرفتن محدودیت‌های فیزیکی پروژه امداد به دو بخش شبیه‌سازی و رباتیک تقسیم شد. در این پایان‌نامه توجه ما به بخش آتش‌نشان در شبیه‌سازی امداد می‌باشد.

در فصل دوم محیط شبیه‌سازی امداد به طور کامل‌تری مورد بررسی قرار می‌گیرد. قسمت عمده این فصل مربوط به تعریف و تحلیل جزئیات کاری سیستم می‌باشد.

در فصل سوم مأمور آتش‌نشان با جزئیات کامل مورد بررسی قرار گرفته و نحوه بهینه‌سازی آن از حالت پایه تا شرایط کامل محیطی دنبال خواهد شد.

در فصل چهارم مرکز آتش‌نشان به عنوان هسته تصمیم‌گیری معرفی می‌گردد و چگونگی افزایش کارایی مأموران توسط تصمیم‌گیری تمرکز یافته بررسی می‌گردد.

در فصل پنجم به چگونگی پیاده‌سازی سیستم ارتباطی میان مأموران و مراکز می‌پردازیم و جزئیات

^۱Kobe

هماهنگی این نوع ارتباط میان مأمور و مرکز آتش نشان را مورد بررسی دقیق تر قرار می دهیم.

فصل ۲

مروری بر شبیه‌سازی امداد

۱-۲ تاریخچه

۲-۲ اهداف

هدف از ایجاد این پروژه کمینه‌سازی زیانهای وارده در بحران‌های طبیعی از طریق مدیریت بهینه نیروهای گوناگون امداد می‌باشد. با توجه به اینکه در حال حاضر در هنگام بروز بحران‌های مختلف سیستمهای مدیریتی به صورت مستقل عمل می‌کنند، معمولاً نتیجه حاصل در حد مطلوبی نمی‌باشد. لذا در این پروژه سعی شده است با هماهنگی هرچه بیشتر میان مأموران، حداکثر توان ممکنه مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲ اجزاء سیستم شبیه‌سازی امداد

سیستم شبیه‌سازی امداد شامل بخشهای زیر می‌باشد:

• هسته مرکزی^۱

Kernel^۱

- سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲
- شبیه‌سازها^۳
- نمایشگر^۴
- مأمورها^۵

در ادامه این فصل به توضیح مختصری در مورد هر یک از اجزاء این سیستم می‌پردازیم که البته توضیحات کامل آن در راهنمای کاربر مسابقات شبیه‌سازی امداد [۱] موجود می‌باشد.

۲-۴ هسته مرکزی

در سیستم شبیه‌سازی امداد وظیفه هماهنگی و همزمان‌سازی میان بخشهای مختلف سیستم بر عهده هسته مرکزی می‌باشد. علاوه بر این تمامی بخشهای مختلف سیستم اطلاعات مورد نیاز خود را از طریق هسته مرکزی بدست می‌آورند. برای مثال هر کدام از مأموران در هر سیکل کاری باید اطلاعات مربوط به موقعیت خود را دریافت کنند که برای این منظور هسته مرکزی در ابتدای شبیه‌سازی اطلاعات کامل شهر را از سیستم اطلاعات جغرافیایی دریافت می‌کند و با محاسبه فرامین قبلی هر مأمور و موقعیت شهر و جاده‌ها مختصات فعلی هر مأمور را به او باز می‌گرداند.

۲-۵ سیستم اطلاعات جغرافیایی

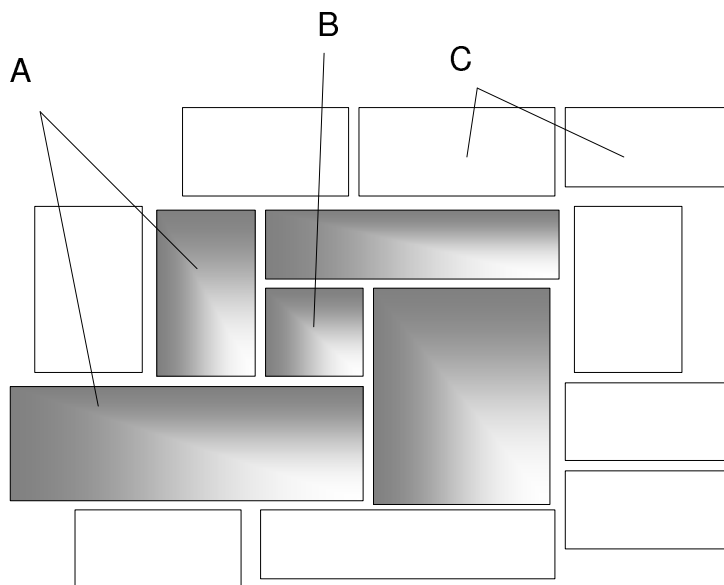
برای آماده‌سازی شبیه‌ساز امداد هسته مرکزی نیازمند اطلاعات اولیه شهر مانند نقشه راه‌ها، موقعیت ساختمان‌ها و راه‌ها و خصوصیات هر ساختمان می‌باشد. در سیستم فعلی سیستم اطلاعات جغرافیایی تنها اطلاعات مورد نیاز هسته مرکزی را در اختیار آن قرار می‌دهد و در باقی مراحل شبیه‌سازی هسته مرکزی به تنهایی وظیفه هماهنگ‌سازی اطلاعات میان بخشهای مختلف را بر عهده می‌گیرد. در سالهای آتی نقش سیستم اطلاعات جغرافیایی گسترش پیدا خواهد کرد به نحوی که نقشه شهر در مراحل میانی شبیه‌سازی قابل تغییر باشد.

GIS^۲

Simulators^۳

Viewer^۴

Agents^۵



شکل ۲-۱: نمایی از شهر: A. ساختمانهای مشتعل B. مرکز اولیه آتش C. ساختمانهای خاموش

۲-۶ شبیه‌سازها

شبیه‌سازهای مورد استفاده در سیستم شبیه‌سازی امداد عبارتند از:

- شبیه‌ساز آتش^۶
- شبیه‌ساز خرابی ساختمانها^۷
- شبیه‌ساز خرابی جاده‌ها^۸
- شبیه‌ساز حرکت^۹
- شبیه‌ساز متفرقه^{۱۰}

^۶ Fire Simulator

^۷ Collapse Simulator

^۸ Blockade Simulator

^۹ Traffic Simulator

^{۱۰} Misc. Simulator

۱-۶-۲ شبیه‌سازی آتش

وظیفه این شبیه‌سازی پیاده‌سازی مکانیزم گسترش آتش در شهر می‌باشد. بدین صورت که با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیکی هر ساختمان در هر سیکل مقداری حرارت به ساختمانهای مجاور خود انتقال می‌دهد و پس از مدتی ساختمانهای اطراف آن مشتعل می‌شوند.

۲-۶-۲ شبیه‌سازی خرابی ساختمانها

این شبیه‌سازی با استفاده از اطلاعاتی که در مورد زلزله به آن داده می‌شود، در مورد میزان خرابی هر ساختمان تصمیم‌گیری می‌کند. بدیهی است که تمامی شهروندان و یا مأمورانی که در ابتدای شبیه‌سازی در درون ساختمانها مستقر باشند با خطر ماندن زیر آوار روبرو هستند.

۳-۶-۲ شبیه‌سازی خرابی جاده‌ها

پس از اینکه زلزله در شهر رخ داد و ساختمانها خراب شدند، جاده‌ها نیز توسط آوارهایی که از ساختمانها به داخل خیابانها ریخته شده‌اند مسدود می‌گردند. میزان مسدود بودن هر خیابان توسط این شبیه‌سازی مشخص می‌گردد.

۴-۶-۲ شبیه‌سازی حرکت

هر کدام از مأموران موجود در سیستم برای حرکت در شهر یک مسیر حرکتی را به هسته مرکزی می‌فرستند، و هسته مرکزی این مسیر داده شده را به شبیه‌سازی حرکت می‌دهد تا موقعیت بعدی آن مأمور را پیدا کند. بدیهیست که در طور شبیه‌سازی ممکن است مسیریابی به هسته مرکزی داده شود که قسمتهایی از آن مسیر مسدود باشد که در این صورت شبیه‌سازی حرکت مسیر داده شده را بررسی کرده و مأمور را تا جایی که امکان دارد بر روی مسیر داده شده پیش می‌برد.

۵-۶-۲ شبیه‌سازی جانبی

مسئولیت این شبیه‌سازی اعمال الگوریتمهای متفرقه مانند صدمه دیدن مأموران و شهروندان می‌باشد.

۷-۲ نمایشگر

با توجه به اینکه برای بررسی و تحلیل عملکرد مأموران نیاز به یک واسط کاربرگرافیکی داریم، نمایشگر به عنوان ابزاری برای رفع این نیاز عمل خواهد کرد. بدین نحو که در ابتدای هر سیکل شبیه‌سازی نمایشگر کلیه اطلاعات مربوط به شهر و مأموران را از طریق هسته مرکزی در اختیار می‌گیرد و آنها را به نمایش در می‌آورد. شکل ۱-۲ نمایی از قسمت یک شهر را نشان می‌دهد.

البته در نسخه جدید نمایشگر عملکرد هر کدام از مأموران در هر سیکل به صورت پیوسته نشان داده می‌شود، در نتیجه امکان تحلیل و خطایابی بیشتری به تیمها داده می‌شود.

۸-۲ مأمورها

به طور کلی مأموران در سیستم شبیه‌سازی امداد به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

- مأمور و مرکز آتش نشان
- مأمور و مرکز پلیس
- مأمور و مرکز امداد
- شهروند^{۱۱}

۱-۸-۲ مأمور و مرکز آتش نشان

در این سیستم کنترل آتش بر عهده دو بخش مأمورین آتش نشان و مرکز آتش‌نشانی است. مأمورین آتش‌نشان با در دست داشتن مقدار محدودی آب قادرند در محیط شهر حرکت کرده و بر روی خانه‌های واقع در شعاع ۳۰ متری خود آب بریزند. بدیهی است که پس از اتمام آب موجود هر مأمور باید به پناهگاه‌های موجود در شهر مراجعه کرده و تعداد سیکل را جهت ذخیره مجدد آب در آنجا بگذرانند.

^{۱۱} Civilian

در این میان مرکز آتش‌نشان می‌تواند با تصمیم‌گیریه‌ای تمرکز یافته^{۱۲} کارهای مأموران را بر روی چند ساختمان خاص متمرکز کند و سبب افزایش کارایی مأموران آتش‌نشان گردد.

۲-۸-۲ مأمور و مرکز پلیس

با توجه به اینکه پس از وقوع زلزله در هر شهر تعداد زیادی از جاده‌های آن دچار خرابی می‌شوند و امکان عبور و مرور از آنها میسر نخواهد بود، تمامی مأموران برای عبور و مرور در شهر دچار مشکل خواهند شد و در اینجا مأموران و مرکز پلیس وارد عمل خواهند شد و شروع به باز کردن راه‌های مسدود شهر خواهند کرد. بدیهیست که مرکز پلیس می‌تواند نقش بسیار مهمی در تبادل اطلاعات و هماهنگی بین مأموران پلیس در راستای هدفی خاص مانند باز کردن یک بزرگراه به عمل آورد.

۳-۸-۲ مأمور و مرکز امداد

مهمترین بخش پروژه شبیه‌سازی امداد به حداقل رساندن میزان تلفات انسانی می‌باشد. لذا مأموران امداد سعی بر این خواهند داشت که شهروندان را از زیر آوار نجات داده و به پناهگاه‌ها منتقل کنند. در این بخش نیز مرکز امداد می‌تواند نقش بسزایی در هماهنگی مأموران امداد ایفا کند.

۴-۸-۲ شهروند

شهروندان در شبیه‌سازی امداد به گونه‌ای پیاده‌سازی شده‌اند که بتوانند بسته به شرایط مختلف پیامهای گوناگونی را به سیستم بدهند. به طور مثال اگر یک شهروند در یک ساختمان زیر آوار مانده باشد، با فرستادن پیامهایی مانند «به من کمک کنید» از مأموران امداد درخواست کمک می‌کند. البته در سیستم جدید امکان فراهم آوردن یک الگوریتم برای شهروندان پیاده‌سازی شده است که با تعویض این الگوریتم روند کاری شهروندان نیز عوض خواهد شد.

^{۱۲} Centralized

۲-۹ قوانین تصویب شده در آخرین دوره مسابقات شبیه‌سازی امداد

در طی آخرین تفاهم به عمل آمده در مورد محیط مسابقات شبیه‌سازی امداد قوانین زیر به طور رسمی تصویب گردید:

- دید مأموران در شهر کلی نیست و هر ساختمانی که شروع به آتش گرفتن می‌کند از فاصله d متری که از رابطه ۱ بدست می‌آید قابل مشاهده است. در این رابطه t نشانه تعداد سیکل‌هایی است که از مشتعل شدن آن ساختمان می‌گذرد.

$$d = 10 \times t \quad (1)$$

- دید مأموران در شهر برای مشاهده خرابی راه‌ها و ساختمان‌ها و همچنین دیدن شهروندان و مأموران دیگر محدود به ۱۰ متر می‌باشد.
- صدای مأموران و شهروندان تنها در شعاع ۳۰ متری قابل شنیدن است.
- تعداد پیامهای ارسالی و دریافتی هر مأمور در هر سیکل حداکثر ۴ عدد و برای مراکز ۲ برابر تعداد مأموران آنان می‌باشد.
- حداکثر طول پیامهای ارسالی باید ۸۰ بایت باشد.

مأمور آتش نشان

۱-۳ تواناییها

یک مأمور آتش نشان قابلیت حرکت در خیابانهای باز شهر، رفتن داخل خانه ها و یا پناهگاه ها، و ریختن آب بر روی خانه ها را دارد. یک مسأله مهم در محیط های چند مأموره هماهنگی و تقسیم کار بین مأموران به طور بهینه می باشد. پس برای اینکه از توانایی اصلی آتش نشانها که همان خاموش کردن آتش می باشد به نحو بهینه استفاده کنیم بهتر است که از یک الگوریتم متمرکز استفاده کنیم. یک مأمور آتش نشان در محیط شبیه سازی امداد قادر به انجام تعدادی از اعمال زیر در هر سیکل کاری می باشد:

- حرکت
- صحبت کردن
- شنیدن
- ریختن آب بر روی یک ساختمان

Centralized^۱

۳-۱-۱ حرکت

دستور حرکت به صورت دنباله‌ای از جاده‌ها و چهارراه‌ها به هسته مرکزی داده می‌شود و هسته مرکزی این مسیر را به شبیه‌ساز حرکت می‌دهد و شبیه‌ساز مأمور را بر روی جاده‌های باز در مسیر داده شده تا حد امکان به جلو می‌برد. در هر سیکل کاری تنها یک بار می‌توان دستور حرکت را صادر کرد و میزان حرکت نیز توسط شبیه‌ساز حرکت تعیین می‌شود. البته اگر طول کل مسیر داده شده به شبیه‌ساز حرکت از حداکثر طول قابل پیمایش یک مأمور در یک سیکل بیشتر باشد، شبیه‌ساز حرکت حداکثر مسیر قابل پیمایش را محاسبه کرده و بقیه مسیر را حذف می‌کند. در ضمن شبیه‌ساز حرکت سرعت حرکت خودرو را بر روی جاده‌ها بر اساس میزان خرابی هر جاده تعیین می‌کند پس تلاش مأموران پلیس در باز کردن و تمیز کردن جاده‌ها باعث رسیدن سریع‌تر مأموران آتش نشان به ساختمانهای آتش گرفته می‌شود.

۳-۱-۲ صحبت کردن

در محیط شبیه‌سازی امداد به دو طریق می‌توان با دیگر مأموران ارتباط برقرار کرد:

- صحبت کردن به صورت مستقیم
- صحبت کردن بر روی بی‌سیم

به طور کلی تعداد پیامهایی که یک مأمور می‌تواند در یک سیکل بفرستد (به صورت مستقیم یا روی بی‌سیم) محدود بوده و لذا هر مأمور باید با توجه به شرایط خود و دیگران تعداد محدودی پیام را ارسال نماید.

صحبت کردن به صورت مستقیم

صحبت کردن به صورت مستقیم بدین نحو انجام می‌شود که هر مأمور می‌تواند در هر سیکل شبیه‌سازی عباراتی با طول محدود را به اطرافیان خود بگوید. البته برد صدای هر مأمور محدود بوده و نتیجتاً تنها افرادی که در شعاع ۳۰ متری مأمور مذکور قرار داشته باشند، قادر به شنیدن صدای او می‌باشند.

صحبت کردن بر روی بی سیم

صحبت کردن بر روی بی سیم بمانند محیط واقعی می باشد. بدین نحو که هر مأمور می تواند عباراتی با طول محدود را از طریق بی سیم به مرکز آتش نشان و دیگر مأموران آتش نشانی مخابره کند. بدیهی است که در این حالت محدودیت فاصله میان مأموران وجود ندارد.

۳-۱-۳ شنیدن

هر مأمور می تواند در هر سیکل کاری تعداد محدودی پیام را دریافت کرده و تحلیل کند. البته شایان ذکر است که تعداد پیامهای دریافت شده می تواند از حداکثر تعداد پیامهای قابل دریافت و تحلیل هر مأمور بیشتر باشد، لذا انتخاب پیامهای مناسب برای تحلیل بر عهده خود آن مأمور می باشد.

۴-۱-۳ ریختن آب بر روی یک ساختمان

برای مهار آتش در شهر مأموران آتش نشان قادر به ریختن آبی محدودی از فاصله ای نزدیک بر روی ساختمانهای آتش گرفته می باشند. برای مشخص کردن جزئیات این عمل باید موقعیت مأمور، میزان آب و ساختمان هدف معین گردد. در ضمن میزان آبی که هر مأمور می تواند در اختیار داشته باشد محدود بوده و لذا در صورت خالی شدن مخزن آب باید به پناهگاه مراجعه کرده تا برای آتشفهای بعدی آب لازم را تهیه کند.

۲-۳ نسخه اولیه

برای پیاده سازی اولیه مأمور آتش نشان شرایط مسأله را محدود کرده، در نتیجه فرض می کنیم که می خواهیم یک شهر را که تنها دچار حادثه آتشسوزی شده نجات دهیم. در این وضعیت یک شهر شبیه سازی شده داریم که تمامی راههای آن باز می باشد و آتش از چند ساختمان اولیه شروع به گسترش می کند.

۳-۲-۱ ایده اولیه

در فاز نخست بدیهی‌ترین راه‌حل برای مهار آتش در شهر، این است که هر مأمور سعی در خاموش کردن نزدیکترین آتش به خود بکند. سیستم ترافیکی شهر بدین ترتیب پیاده‌سازی شده است که یک مسیر دنباله‌ای از راه‌ها و گره‌ها می‌باشد. لذا برای انجام یک حرکت باید دنبالهٔ مربوطه را در یک آرایه تهیه کرد و آنرا به هستهٔ مرکزی فرستاد. برای پیاده‌سازی حرکت مأموران در شهر در ابتدا از ایدهٔ جستجوی سطح اول^۲ [۴] بهره گرفته شد؛ بدین ترتیب که هر مأمور از موقعیت فعلی خود تا موقعیت نزدیک‌ترین آتش موجود، الگوریتم را اجرا کرده و مسیر مورد نیاز را بدست می‌آورد.

۳-۲-۲ مشکلات

پس از اجرای متعدد تحت شرایط گوناگون نقاط ضعف زیر در پیاده‌سازی مشاهده شد:

- ترافیک سنگین در مسیرهای مشترک سبب کاهش سرعت حرکت مأموران می‌شود.
- عدم هماهنگی بین مأموران سبب اجتماع بیش از حد آنها در مکانی خاص در نزدیک هدف می‌شود که در نتیجه تعدادی از مأموران قادر به ریختن آب بر روی ساختمان هدف نمی‌شوند.
- ضعف تصمیم‌گیری در انتخاب هدف سبب می‌شود که نرخ خاموش شدن ساختمانهای آتش گرفته به شدت پایین بیاید؛ زیرا در صورتی که چند مأمور با هم بر روی یک ساختمان هدف آب بریزند، آن ساختمان زودتر خاموش می‌شود.

۳-۲-۳ بهینه سازی

با در نظر گرفتن مشکلات بالا راه‌کارهای زیر در نظر گرفته شد:

- مسیرهای رسیدن مأموران به اطراف ساختمان هدف مشترک متفاوت باشد.
- تصمیم‌گیری به صورت متمرکز انجام شود.

^۲BFS: Breadth First Search

- کنترل ترافیک

با توجه به مشکلات ذکر شده و پس از شبیه‌سازیهای پی‌درپی دریافتیم که آب ریختن هماهنگ مأموران بر روی یک ساختمان به خصوص، نتیجه بسیار بهتری را در پی خواهد داشت. لذا در ابتدا سعی کردیم یک سیستم تصمیم‌گیری متمرکز ایجاد کنیم.

۳-۳ مسیریابی

ما برای مسیریابی مأموران در شهر از الگوریتم BFS استفاده کردیم تا بتوانیم در زمان کوتاهی مسیر مورد نظر را بدست بیاوریم. برای مسیریابی در این محیط نمی‌توان از هر الگوریتمی استفاده کرد که این به دلیل مشکلاتی می‌باشد که در این سیستم وجود دارد که هم شامل محدودیت زمانی برای یافتن مسیر می‌باشد و هم به دلیل وجود موانع نامعلوم بر سر راه مأموران است. به طور مثال از الگوریتم دایکسترای پیوسته^۲ نمی‌توان در این محیط استفاده کرد، چون در این الگوریتم باید تمامی موانع موجود از ابتدا مشخص باشد تا بتوان عمل پیش پردازش مورد نیاز این الگوریتم که زمانگیر نیز می‌باشد در آغاز کار انجام داد که این وضعیت در این محیط وجود ندارد.

مسیریابی از نظر خرابی راه‌ها می‌تواند به دو صورت انجام بگیرد:

- استفاده از مسیرهای پیموده شده قدیمی به منظور اطمینان از باز بودن راه.
- استفاده از تمامی راه‌ها به غیر از مسیرهایی که می‌دانیم بسته می‌باشند.

هر کدام از این دو راه مزایا و معایب خود را دارند. هنگامی که در تلاش باشیم که از راه‌های پیموده شده قدیمی تا حد امکان استفاده کنیم ممکن است از مسیرهای بسیار طولانی‌تری برای رسیدن به مقصد استفاده کنیم و عملاً این کار زمانی مفید است که میزان خرابی راه‌ها در اثر زلزله بالا باشد. ولی اگر راه‌های زیادی باز باشد این کار زمان زیادی را به هدر خواهد داد. از طرف دیگر هنگامی که از روش دوم استفاده کنیم، مأمور تمام تلاش خود را برای یافتن مسیر بهینه در شهر انجام خواهد داد و این کار را با این فرض انجام می‌دهد که تمامی خیابانها به غیر از خیابانهای مسدود دیده شده، سالم و قابل رفت و آمد می‌باشند.

^۲Continuous Dijkstra

۳-۴ مأمور ویژه

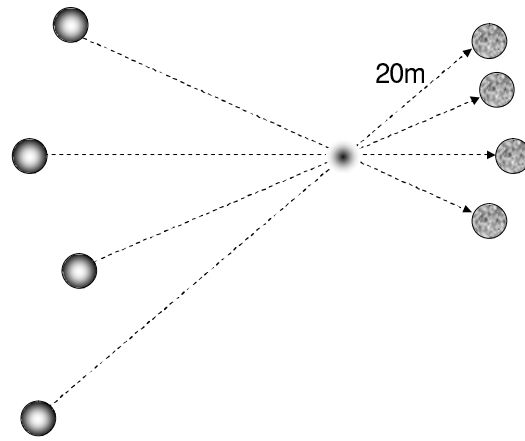
از میان مأموران یک مأمور به خصوص به عنوان رهبر گروه برگزیده می‌شد و وی با ارسال پیامهایی از طریق بی‌سیم به مأموران، آنها را از هدف مورد نظر آگاه می‌کند و لذا تا زمانی که ساختمان مورد نظر خاموش نشده است تمامی مأموران سعی در خاموش کردن آن خواهند داشت.

پس از پیاده‌سازی این روش تا حد بسیار زیادی موفقیت تیم افزایش یافت و ساختمانهای مورد نظر، بسیار سریعتر خاموش می‌شدند؛ اما در کنار آن دو مشکل جدید به شکل شدیدتری خود را نشان دادند:

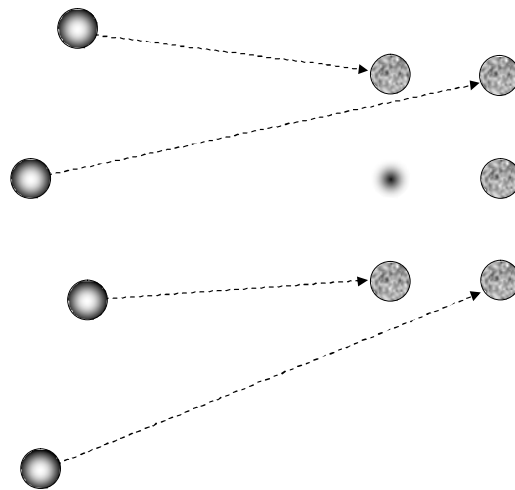
- ترافیک در مسیر حرکت
- ازدحام در اطراف ساختمان هدف

با توجه به اینکه تمامی مأموران سعی در رسیدن به هدف مشترکی را دنبال می‌کردند لذا ازدحام آنها در نزدیکی ساختمان مقصد مشکلات بسیاری را به همراه داشت. از جمله اینکه مأمورانی که به شعاع مورد نظر برای خاموش کردن ساختمان می‌رسیدند شروع به خاموش کردن آن می‌کردند، بدون توجه به این نکته که بقیه مأموران پشت سر آنها دچار راه‌بندان شده‌اند و هیچ راهی برای رسیدن به ساختمان هدف ندارند که یکی از دلایل عمده این امر استفاده همه مأموران از الگوریتم یکسانی برای مسیریابی بود. برای فایق آمدن از این مشکل ایده‌های زیر مورد بررسی قرار گرفت که هدف همه آنها به نوعی پخش کردن یکنواخت مأموران در اطراف ساختمان هدف می‌باشد. راه‌کارهای مقابله با ازدحام در اطراف ساختمان هدف عبارتند از:

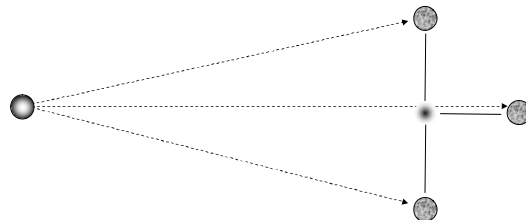
- هر مأمور در راستای حرکت گذرنده از موقعیت خود و ساختمان هدف حدود ۲۰ متر بیشتر هدف خود را مشخص کند. (شکل ۳-۱)
- مأموران را به صورت تصادفی در نقاط مربعی اطراف ساختمان هدف توزیع کنیم. (شکل ۳-۲)
- هر مأمور سه نقطه در اطراف مقصد را در نظر گرفته و بصورت تصادفی به یکی از نقاط حرکت می‌کند. (شکل ۳-۳)
- مأموران در یکی از ساختمانهای نزدیک به ساختمان هدف بروند و از آنجا بر روی ساختمان هدف آب بریزند. در این حالت ترجیح مأموران به رفتن به داخل یک پناهگاه و یا یک ساختمان خاموش خواهد بود.



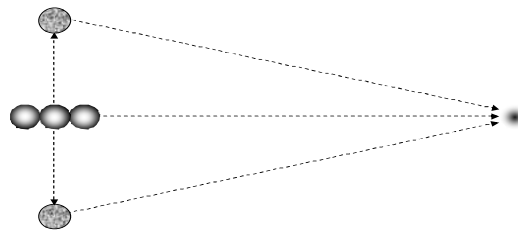
شکل ۱-۳: بهینه سازی ترافیک: راهکار ۱



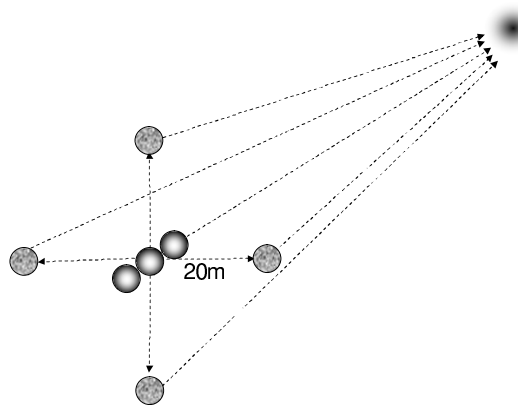
شکل ۲-۳: بهینه سازی ترافیک: راهکار ۲



شکل ۳-۳: بهینه سازی ترافیک: راهکار ۳



شکل ۳-۴: بهینه سازی ترافیک: راهکار ۴



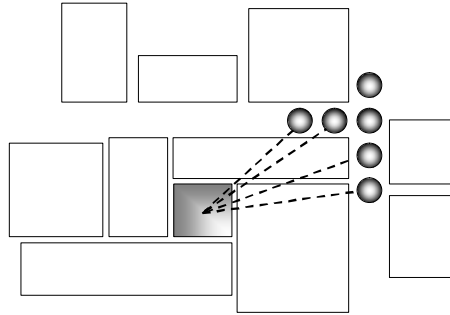
شکل ۳-۵: بهینه سازی ترافیک: راهکار ۵

- مأموران به طور تصادفی در ساختمانهای اطراف ساختمان هدف پخش شوند.
- هر مأمور به یکی از ساختمانهای همسایه ساختمان هدف که به وی نزدیکتر می باشد برود.

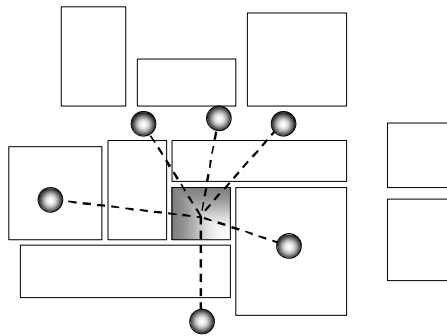
راه کارهای مقابله با ترافیک در مسیر حرکت عبارتند از:

- اگر یک مأمور تشخیص دهد که در مسیر حرکت به سمت هدف دچار ترافیک شده است می تواند مسیر حرکتی خود را از حالت مستقیم به مسیری مثلثی تغییر دهد. (شکل ۳-۴)
- راه دیگری که می تواند برای فرار از ترافیک در پیش گرفت، پخش تصادفی مأموران در هنگام وقوع ترافیک سنگین می باشد. (شکل ۳-۵)

پس از پیاده سازی تمامی راه کارهای بالا یک ترکیب بهینه از آنها انتخاب شد که در آن شرایط میزانی سوختگی شهر به حداقل می رسد و با توجه به بهینه شدن کد، تمامی مراکز آتش به سرعت



شکل ۳-۶: مقایسه نحوه توزیع مأموران آتش نشان: قبل از اعمال راهکارها



شکل ۳-۷: مقایسه نحوه توزیع مأموران آتش نشان: بعد از اعمال راهکارها

خاموش می‌شد (شکل ۳-۶ و ۳-۷) که این امر سبب می‌شد که کنترل پخش آتش در کد ما مورد بررسی بیشتر قرار نگیرد، لذا برای اینکه بتوانیم کارایی کد خود را در شرایط بحرانی نیز امتحان کنیم در ابتدای شبیه‌سازی مأموران را در سیکل‌های اولیه (۳۰-۲۰ سیکل) به حالت انتظار نگاه می‌داریم که بدین طریق فرصت کافی برای پخش آتش در شهر و ایجاد زمینه بحرانی را فراهم می‌آوریم.

پس از اجرای مکرر کد در این محیط متوجه شدیم که انتخاب ساختمان‌های هدف در شرایط بحرانی که تعداد انتخاب‌های ممکن به مراتب بیشتر است، نقصی حیاتی در مهار آتش خواهد داشت. لذا یک قسمت کلی در پروژه برای تصمیم‌گیری در مورد نحوه انتخاب ساختمان مقصد تعریف شد. در ابتدا به دلیل عدم قطعیت در مورد وجود مرکز آتش نشان این قسمت را در مأمور آتش نشان قرار دادیم، اما پس از تصویب وجود حتمی مرکز آتش نشان این وظیفه به آن بخش منتقل شد که در فصل مربوطه مورد بررسی کامل قرار خواهد گرفت.

۳-۴-۱ نحوه انتخاب ساختمان هدف در مأمور ویژه

در ابتدا پارامترهای گوناگونی که می‌توانستند به عنوان مطلوبیت هر ساختمان مطرح شوند در نظر گرفته شد که آنها عبارتند از:

- فاصله ساختمان تا تمامی مأموران آتش نشان
- میزان سوختگی
- تعداد ساختمان‌های قابل اشتعال در اطراف ساختمان

بعد از مشخص کردن پارامترهای بالا یک فرمول جهت ارزش‌دهی بر روی تمامی ساختمان‌های کاندید (ساختمان‌های مشتعل) در نظر گرفته شد که ملاک انتخاب قرار گرفت. لذا مأمور ویژه پس از بررسی تمامی ساختمان‌های کاندید، با ارزش‌ترین ساختمان را برای هدف بعدی انتخاب می‌کند و آن را به تمامی مأموران اعلام می‌کند.

با ارائه راهکار بالا نحوه خاموش کردن ساختمانها به طور کلی عوض شد، که هم دارای جنبه‌های مثبت و هم دارای جنبه‌های منفی بود:

- با توجه به ایجاد یک فرمول برای ارزش گذاری، امکان تغییر الگوریتم تصمیم‌گیری به راحتی قابل انجام است.

- با ارائه فرمول برای محاسبه ارزش کاندیداها وزن فاصله مأموران به مقدار قابل توجهی پایین آمد که این امر سبب می شود که مأموران بازه زمانی قابل توجهی را در رفت و آمد باشند که در واقع منجر به پایین آمدن نرخ آب ریختن می گردد.

۳-۴-۲ گردش کاری

روند انجام شدن کارها در نسخه مأمور ویژه آتش نشان به این صورت می باشد که در ابتدای هر سیکل کاری مأمور وضعیت خود را آزمایش می کند و مشخصات محلی را که بر روی آن قرار دارد به دست می آورد. اگر مأمور سوار بر یک آمبولانس باشد در این سیکل کاری انجام نخواهد داد. این وضعیت هنگامی می تواند پیش بیاید که مأمور ما در سیکلهای اولیه زیر آوار بوده باشد و مأمور امداد پس از در آوردن وی از زیر آوار اقدام به بردن مأمور آتش نشان به یک پناهگاه کرده باشد. هر چند اگر مأمور امداد این کار را انجام ندهد همانطور که بعداً گفته خواهد شد، خود مأمور آتش نشان به یک پناهگاه خواهد رفت تا جراحاتش محدود بیاید.

سپس مأمور آتش نشان خیابانهای اطراف خود را از نظر میزان خرابی مورد بررسی قرار می دهد و بدین طریق خیابانهای خرابی را که در این سیکل از مکان فعلی مأمور قابل دیدن می باشند بدست می آورد که از این اطلاعات برای مسیریابی در تمامی سیکلها استفاده خواهد شد.

حال اگر مأمور مورد نظر مأمور ویژه باشد با استفاده از یک سری الگوریتمهای ارزش دهی به ساختمانهای مشتعل بهترین ساختمان را انتخاب می کند و مشخصاتی درباره این ساختمان را به همه مأموران دیگر با استفاده از بی سیم مخابره می کند. اگر هم مأمور مورد نظر مأمور ویژه نباشد در این جا اقدام به خواندن پیغام مأمور ویژه خواهد کرد.

پس از این کارها مأمور وضعیت خود را از نظر زیر آوار ماندگی آزمایش می کند و اگر امکان حرکت برای وی وجود نداشت کار دیگری در این سیکل انجام نخواهد داد.

در صورتی که مأمور صدمه دیده باشد و یا میزان آب موجود در مخزن وی کم باشد به سمت نزدیک ترین پناهگاه موجود در شهر خواهد رفت. در سیکلهای بعدی نیز تا پر شدن کامل مخزن آب خود داخل پناهگاه خواهد ماند.

اگر هیچ کدام از شرایط گفته شده در فوق برای مأمور پیش نیامد به این معنی است که مأمور برای عمل خاموش کردن ساختمان آمادگی کامل دارد پس در این لحظه هر مأمور بهترین ساختمان ممکن برای خاموش کردن از دید خود را با ساختمان اعلام شده از طرف مأمور ویژه مورد بررسی قرار می دهد و با دادن یک سری ارزش ویژه به نظر مأمور ویژه یکی از ساختمانها را به عنوان ساختمان هدف برای

خاموش کردن انتخاب خواهد کرد.

حال اگر ساختمان هدف در فاصله نزدیکی به مأمور مذکور باشد بر روی آن آب خواهد ریخت و اگر امکان ریختن آب بر روی آن از جای فعلی وی وجود نداشته باشد به مکانی نزدیک تر به ساختمان هدف حرکت خواهد کرد تا در سیکلهای بعدی بر روی آن آب بریزد.

۳-۵ نسخه نهایی

در این بخش توضیحاتی درباره یک نسخه مأمور آتش نشان که تصمیم گیریهای انتخاب ساختمان هدف در آن توسط مرکز آتش نشان انجام می گیرد، ارائه خواهد شد. با توجه به محدودیتهای شنیداری بین مأموران از نوع مختلف، عملاً بسیاری از پیامهای رد و بدل شده بین مأمور آتش نشان و مرکز آن خواهد بود. همچنین مرکز آتش نشان توانایی شنیدن پیامهای تک تک مأموران را دارد و بدین ترتیب می تواند با داشتن یک سری مشخصات مانند مکان و میزان آب هر مأمور برای آنان تصمیم گیری کند. در این مدل مرکز آتش نشان می تواند یک سری اطلاعات را از مأموران جمع آوری کرده و سپس به آنها بازگرداند. بدین ترتیب مأموران می توانند به سرعت، اطلاعات زیادی درباره خیابانهای بسته شهر جمع آوری کنند و با یکدیگر در اشتراک بگذارند. در ادامه به روند انجام شدن کار در این نوع مأمور می پردازیم که شباهت زیادی با مأمور ویژه دارد ولی در این نسخه مأموران ارتباط قویتری با مرکز تصمیم گیرنده دارند و وضعیتهای مختلف خود را به مرکز گزارش می دهند تا مرکز آتش نشان نیز از سایر مراکز درخواست کمک بکند.

۳-۵-۱ گردش کاری

روند انجام شدن کارها در این نسخه مأمور آتش نشان بسیار کامل تر از نسخه ارائه شده قبلی می باشد؛ زیرا در این نسخه تمامی پیامهای لازم جهت ایجاد هماهنگی بین مأموران و مرکز آتش نشان و همچنین درخواست های کمک از مأموران آتش نشان به مراکز دیگر که از طریق مرکز آتش نشان انتقال می یابد نیز وجود دارد.

در این نسخه پس از اینکه مأمور در هر سیکل وضعیت خود را مورد بررسی قرار داد، پیامهای مرکز آتش نشان را که شنیده شده اند مورد بررسی قرار می دهد که این پیامها شامل دستوراتی برای مأموران و همچنین اطلاعاتی از وضعیت شهر می باشد. سپس مأمور وضعیت شهر را از نظر خرابی ساختمانها، آتش ساختمانها، مصدومین زیر آوار و خیابانهای مسدود به دقت بررسی می کند و هر کدام از این

اطلاعات را که مورد نیاز مرکز آتش نشان باشد برای ارسال آماده می‌کند.

اگر مأمور زیر آوار باشد درخواست کمک خود را نیز به پیغامی که قرار است به مرکز بفرستد اضافه می‌کند و اگر هم صدمه زیادی دیده باشد و یا مخزن آب وی خالی باشد به سمت نزدیک‌ترین پناهگاه می‌رود و این وضعیت را نیز به مرکز گزارش خواهد داد.

اگر در سیکل‌های اولیه شبیه‌سازی باشیم، که به آنها سیکل‌های بحرانی می‌گوییم، هر مأمور برای خود تصمیم خواهد گرفت. بدین صورت که اگر یک یا چند ساختمان مشتعل ببیند یکی از آنها را انتخاب می‌کند و اگر از آن دور باشد به سمت آن حرکت خواهد کرد و اگر بتواند بر روی آن آب بریزد تلاش می‌کند که آنرا خاموش کند. اگر هم هیچ ساختمان مشتعلی نبیند به سمت بخش دیگری از شهر حرکت خواهد کرد تا شاید از آنجا بتواند ساختمانهای مشتعل را پیدا کند.

اگر در سیکل‌های اولیه نباشیم و مأموران در حالت گردش نیز نباشند یعنی باید گوش به فرمان مرکز آتش نشان باشند. در این حالت اگر مرکز آتش نشان ساختمان هدفی را به این مأمور داده باشد به سمت آن حرکت خواهد کرد و هنگامی که به ساختمان مقصد رسید صبر می‌کند تا به سیکل مورد نظر مرکز آتش نشان برسد و سپس بر روی آن ساختمان آب خواهد ریخت. در غیر این صورت اگر مرکز آتش نشان یک هدف برای حرکت به این مأمور داده باشد به سمت آن خواهد رفت.

اگر هم در هیچ یک وضعیت‌های بالا نباشیم یعنی مرکز آتش نشان دستور گردش داده است. در این سیکل‌ها مأموران در تلاش خواهند بود که تمامی ساختمانها را از نزدیک ببینند تا شهروندانی را که زیر آوار مانده‌اند پیدا کنند و اطلاعات موقعیت آنان را نیز به مرکز آتش نشان خواهند فرستاد تا مرکز آتش نشان مرکز امداد را از این وضع آگاه کند.

در نهایت نیز پیغامی را که در طول این سیکل آماده کرده است به مرکز آتش نشان خواهد فرستاد.

۳-۵-۲ یافتن شهروندان زیر آوار

در سیکل‌هایی که مأموران آتش نشان ساختمانی برای خاموش کردن ندارند و مرکز آتش نشان به آنان دستور گردش داده باشد، این مأموران در شهر به دنبال شهروندان مصدوم و زیر آوار مانده خواهند گشت. یک مسأله بسیار مهم یافتن سریع مصدومین می‌باشد چون در طول زمان صدمه بیشتری خواهند دید و اگر اطلاعات دیر به مرکز امداد برسد آن شهروند شانس زیادی برای زنده ماندن نخواهد داشت. برای اینکه مأموران بتوانند هر چه سریع‌تر ساختمانها را بگردند بهتر است که کارها را تقسیم کنند. بدین ترتیب هر مأمور مسئولیت دیدن چندین ساختمان را در شهر بر عهده می‌گیرد و در هر سیکل در نظر می‌گیرد که اگر به هر کدام از این ساختمانها برود کلاً چند تا ساختمان مشاهده نشده را خواهد دید. بدین ترتیب بر اساس فاصله مأموران از هر ساختمان و تعداد ساختمانهایی که مشاهده خواهند شد، بهترین آنها را انتخاب

می کند و به سمت آن حرکت خواهد کرد.

یک نکته مهم دیگر این است که در سیستم شبیه سازی امداد محدوده ای که مأموران در آن چیزی را می شنوند سه برابر محدوده ای است که آنرا می بینند. این بدین معنی است که اگر مأموران پیغامهای شهروندان زیر آوار را بشنوند و بدنبال آنها بگردند شانس بسیار زیادی برای یافتن شهروندان خواهند داشت. بدین ترتیب هنگامی که مأموری در حالت گردش باشد و درخواست کمک را از یک شهروند دریافت کند یک لیست از ساختمانهای اطراف خود را که شهروند ممکن است از یکی از آنها درخواست کمک کرده باشد درست می کند، و الگوریتم یافتن ساختمان هدف را بر روی این لیست از ساختمانها اجرا می کند.

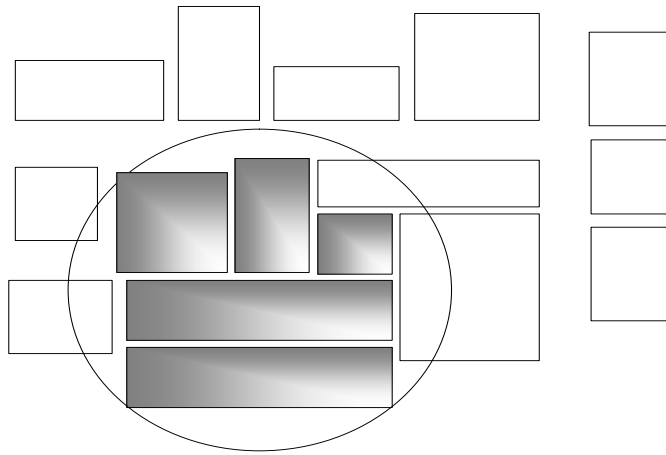
مرکز آتش نشان

۴-۱ چرا به مرکز آتش نشان نیاز داریم؟

در سیستم شبیه‌سازی امداد قوانینی برای محدود کردن حجم مکالمات میان مأموران و مراکز در نظر گرفته شده است، تا اینکه محیط شبیه‌سازی شده هر چه بیشتر شبیه به واقعیت باشد. یکی از این محدودیتهای اعمال شده تعداد پیامهایی می‌باشد که هر مأمور در محیط شبیه‌سازی می‌تواند بشنود و یا ارسال نماید؛ که با توجه به آخرین تصمیم‌گیریها حداکثر این مقدار، چهار در نظر گرفته شد. در راهکار قبل که تنها مبتنی بر مأموران آتش‌نشان بود، یک مأمور ویژه مسئول انتخاب ساختمان مقصد، ارسال آن ساختمان به تمامی مأموران دیگر و دریافت بازخوردهای تمامی مأموران بود که با اعمال شرایط جدید امکان پیاده‌سازی راهکار قبلی وجود ندارد.

در سیستم مورد نظر ارتباط میان مأموران مختلف، مانند مأموران پلیس و مأموران آتش‌نشان، از طریق مراکز آنها انجام می‌گیرد. به این ترتیب برای تبادل اطلاعات میان مأموران مانند خرابی راه‌ها، ساختمانهای آتش‌گرفته و محل مصدومین نیازمند به مراکز خواهیم بود.

همچنین به منظور کم کردن هزینه محاسباتی میتوان یک سری از محاسبات یکسان را از مأموران آتش‌نشان به مرکز آتش‌نشان منتقل کرد. به این ترتیب با منتقل کردن بخش تصمیم‌گیری در مورد ساختمان هدف از مأموران به مرکز، می‌توان از الگوریتمهای مسیریابی پیچیده‌تری در مأموران استفاده کرد.



شکل ۴-۱: سایت آتش

۴-۲ تعاریف

در طول این فصل از واژه‌های زیر به منظور راحتی استفاده خواهد شد:

مأموریت : این واژه به معنی مسئولیت خاموش کردن یک ساختمان توسط یک یا چند مأمور آتش نشان می‌باشد. بدیهی است که هر مأمور در طول فرایند شبیه‌سازی به تعداد زیادی مأموریت انتصاب داده می‌شود. همچنین با توجه به امکان ناموفقیت ماندن یک مأموریت ممکن است یک ساختمان نیز چندین بار هدف یک مأموریت قرار بگیرد.

مأمور مدفون : مأموری که در زمان وقوع زلزله در یک ساختمان بوده و ساختمان روی سر وی خراب شده باشد. این مأمور بدون کمک مأموران امداد نمی‌تواند از این وضع نجات یابد.

مأمور گیرافتاده : این واژه به مأموری اطلاق می‌شود که در بین یک سری جاده خراب گیرافتاده باشد، و امکان رسیدن به هیچ یک از ساختمانهای مورد نظر مرکز آتش نشان را نداشته باشد.

مأمور آزاد : یک مأموری که در سیکل مورد نظر هنوز مأموریتی ندارد و همچنین مأمور مدفون و یا گیرافتاده نیز نباشد.

سایت آتش : به ساختمانهای مشتعل و همسایه یکدیگر که در اثر گسترش آتش از یک یا چند نقطه شروع اولیه در حال سوختن باشند و یا فرو ریخته باشند، یک سایت آتش خواهیم گفت. (شکل

(۴-۱)

حالت گردش : در این حالت مرکز آتش نشان ساختمان مشتعلی را که ارزش خاموش شدن را داشته باشد را نیافته و لذا هیچگونه دستوری به مأموران ارسال نمی کند

سیکلهای بحرانی : به حدود ۲۰ سیکل اول شبیه سازی، سیکلهای بحرانی گفته می شود که در آنها راه های بسیاری محدود می باشد، دید مأموران بسیار کم می باشد که با ثابت ماندن در یک جا ممکن است هیچ ساختمان مشتعلی را مشاهده نکنند و همچنین ساختمانهای مشتعل اولیه معمولاً به راحتی قابل خاموش کردن می باشند. البته باید در نظر داشت که خاموش کردن همین ساختمانها بسیار با ارزش خواهد بود چون از هرگونه پیشرفت آتش جلوگیری کرده و کل یک سایت آتش را که خاموش کردن آن در صورت گسترش یافتن آتش بسیار پرهزینه خواهد بود، در نطفه مهار خواهد کرد که این می تواند باعث نجات جان مصدومین بسیاری شود. به این دلایل این سیکلها بسیار حساس می باشند و ما الگوریتم مجزایی را برای این سیکلها در نظر گرفته ایم.

۳-۴ چرا سایت آتش از اهمیت ویژه ای برخوردار است ؟

در هنگامی که یک شهر دچار سانحه شده است و آتش در چند نقطه از شهر در حال گسترش است مهار حدودی آتش در یک منطقه از ارزش بالایی برخوردار نخواهد بود زیرا تنها زمانی خاموش کردن چند ساختمان مفید واقع میشود که با ایجاد یک کمربند در اطراف یک محدوده از آتش از انتقال آن به خارج از آن محدوده جلوگیری به عمل آید. اما در صورتی که این امر رعایت نشود حتی یک ساختمان مشتعل هم می تواند گسترش آتش را در ناحیه خود ادامه دهد و میزان بازده روند کاری را تا حد بسیار زیادی کاهش دهد لذا در تصمیم گیری مرکز آتش نشان این امر لحاظ شده و همواره سعی بر آن خواهد بود که نیروی مأموران بر روی یک سایت متمرکز شود.

۴-۴ کارهای مرکز آتش نشان

پس از انتقال قسمت های مربوط به مأمور ویژه به این قسمت و اجراهای مکرر تصمیم به ایجاد یک بخش برای بررسی دقیق تر نحوه گسترش آتش در شهر گرفتیم زیرا:

- نرخ پخش آتش به مرور زمان افزایش می یابد لذا در صورتی که مدیریت خوبی داشته باشیم و بتوانیم خانه های آتش گرفته را در همان ابتدا خاموش کنیم، می توانیم از خسارتهای زیادی جلوگیری کنیم.

- افرادی که زیر آوار مانده‌اند به آتش بسیار حساسند و لذا با شعله‌ور شدن مکانی که در آنجا محبوس شده‌اند، شانس زیادی برای زنده ماندن نخواهند داشت چون حداکثر ۱۰ سیکل دیگر زنده خواند ماند.
- در محاسبه ارزش ساختمان‌های مشتعل درصد ساختمان‌های سوخته به عنوان ضریبی منفی عمل می‌کند.

۴-۴-۱ بررسی شبیه‌سازی آتش

قبل از بررسی دقیق نحوه کار شبیه‌ساز آتش بهتر است مفاهیم زیر در نظر گرفته شود:

- میزان آتش ساختمان: مقدار شعله موجود در یک ساختمان که در واقع سوختگی یک ساختمان را مشخص می‌کند. اگر از ۳۳ درصد کمتر باشد سوختگی سطح یک، در صورتی که بین ۳۳ درصد تا ۶۶ درصد باشد سوختگی سطح دو، و در صورتی که از مرز ۶۶ درصد بگذرد سوختگی سطح سه خواهد بود.
- نرخ گسترش آتش: نرخ افزایش میزان آتش در یک ساختمان

بخش شبیه‌سازی آتش یکی از پرهزینه‌ترین بخش‌های سیستم شبیه‌سازی امداد می‌باشد و حجم قابل توجهی از پردازنده را به خود اختصاص می‌دهد. به طور کلی در هر سیکل کاری شبیه‌ساز آتش تنها اطلاعات مربوط به فعالیتهای مأموران آتش نشان را از طریق هسته مرکزی دریافت کرده و سپس میزان آتشی که هر خانه به خانه‌های اطراف خود انتقال می‌دهد را با فرمولهای بسیار پرهزینه‌ای محاسبه کرده و شرایط جدید را به هسته مرکزی انتقال می‌دهد، و از آنجا تمامی قسمت‌ها از اطلاعات به روز شده در مورد میزان سوختگی شهر مطلع خواهند شد.

در ابتدای شبیه‌سازی تعدادی از ساختمان‌ها به عنوان مراکز اولیه گسترش آتش در نظر گرفته شده‌اند که در واقع مراکز اصلی گسترش آتش هستند. این ساختمان‌ها دارای آتش سطح اول و نرخ گسترش آتش صفر می‌باشند. در اولین سیکل کاری، شبیه‌ساز آتش تمامی مشخصات مربوط به هر ساختمان را از هسته مرکزی دریافت می‌کند و به محاسبه یک سری شاخص مانند مرکز ثقل، زیر بنا و ساختمان‌های همسایه می‌پردازد. سپس در هر سیکل لیستی از تمامی ساختمان‌های مشتعل ایجاد می‌کند. در مرحله بعد در ابتدا اگر آبی بر روی ساختمان مذکور ریخته شده باشد، میزان آتش جدید ساختمان محاسبه می‌شود و در صورتی که میزان آب از نرخ گسترش شعله در ساختمان مورد نظر بیشتر باشد، ساختمان خاموش خواهد شد و در غیر این صورت نرخ گسترش آتش پایین خواهد آمد. سپس بخش انتقال آتش به ساختمان‌های مجاور آغاز خواهد شد که در این بخش با توجه به جهت و قدرت وزش باد،

فاصله همسایه ساختمان مشتعل، مساحت ساختمان، جهت آب ریختن مأموران بر روی ساختمان در صورت وجود، جنس مصالح بکار رفته در ساختمان‌ها و دیگر پارامترها میزان آتش انتقالی به هر یک از ساختمان‌های مجاور محاسبه شده و به آنها انتقال داده خواهد شد. اگر میزان حرارت انتقال یافته به هر یک از ساختمان‌ها به حد مشخصی برسد، آن ساختمان نیز مشتعل خواهد شد. در ضمن در صورتی که میزان مواد قابل اشتعال در یک ساختمان از یک حد آستانه پایین‌تر بیاید، آن ساختمان فرو خواهد ریخت و خاموش خواهد شد.

۴-۴-۲ پیش بینی کننده آتش

در سیستم شبیه‌سازی امداد دید مأموران و مرکز آتش نشان محدود بوده و ساختمانهای مشتعل با گذشت زمان از فاصله‌های دورتر قابل دیدن خواهند بود. به این ترتیب یا باید مأموران آتش نشان در هر سیکل ساختمانهای مشتعل مشاهده شده را به مرکز آتش نشان گزارش دهند که این کار پرهزینه‌ای خواهد بود، یا اینکه مرکز آتش نشان با داشتن نقاط شروع آتش یک پیش‌بینی از گسترش آتش انجام دهد. با توجه به پرهزینه بودن محاسبات در شبیه‌ساز آتش تصمیم گرفتیم که یک واحد پیش‌بینی کننده آتش پیاده‌سازی کنیم.

یافتن نقاط شروع آتش

برای یافتن مکان ساختمانهای اولیه مشتعل که گسترش آتش از آنها شروع خواهد شد، می‌توان از همان فرمولی که دید مأموران و مرکز آتش نشان را محدود کرده استفاده کرد. فرمول مذکور بدین صورت می‌باشد که آتش یک ساختمان مشتعل از فاصله d متری در هر سیکل دیده می‌شود، که d از رابطه ۱ بدست می‌آید. در این رابطه t تعداد سیکلهایی را نشان می‌دهد که ساختمان سوخته است.

$$d = 10 \times t \quad (1)$$

حال کافی است که در هر سیکل مرکز آتش نشان فاصله خود را از تمامی ساختمانهای مشتعل در نظر بگیرد و اگر این فاصله در حدود d_2 بود که از رابطه ۲ محاسبه می‌شود، ساختمان مذکور را به عنوان یکی از نقاط شروع آتش در نظر بگیرد. در این رابطه t_2 تعداد سیکلهای شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد.

$$d_2 = 10 \times t_2 \quad (2)$$

البته این رابطه به صورت فوق می‌تواند برای یافتن نقاط شروع آتش توسط مأموران که در طول شهر نیز حرکت می‌کنند مفید واقع شود. هرچند نیاز به یک تغییر کوچک می‌باشد که این به دلیل سیستم اطلاع رسانی وضعیت شهر در سیستم شبیه‌سازی مورد نظر می‌باشد. در این سیستم هنگامی که یک مأمور به درون محدوده دیدن شعله یک ساختمان برسد، آن ساختمان را مشتعل خواهد دید. سپس در تمامی سیکل‌های بعدی بدون توجه به فاصله جدید مأمور از ساختمان مورد نظر آنرا مشتعل خواهد دید. این به این معنی است که اگر یک مأمور به نزدیکی یک ساختمان مشتعل برسد و در سیکل‌های بعدی به فاصله‌ای در حدود d_2 از آن ساختمان برسد آنرا یکی از ساختمان‌های شروع آتش فرض خواهد کرد. برای اینکه چنین اشتباهی پیش نیاید، مأموران می‌توانند یک فهرست از ساختمان‌های مشتعل تا به حال مشاهده شده داشته باشند که در هر سیکل آنرا به روز برسانند و قبل از به روز رسانی رابطه فوق را برای تمامی ساختمان‌هایی که در این لیست وجود نداشته باشند اعمال کنند.

پیاده‌سازی

برای پیاده‌سازی پیش‌بینی کننده آتش از اطلاعات آماری بهره گرفتیم و با اجرای مکرر سعی در کاهش خطای آن کردیم.

مزایا و معایب

استفاده از پیش‌بینی کننده آتش بدون هزینه نبوده و جدای از امکاناتی که برای ما فراهم می‌آورد مشکلاتی را نیز به همراه دارد.

دید کلی : در شرایط بحرانی اطلاعات ارزش بسیار زیادی دارد. در سیستم شبیه سازی امداد نیز وجود اطلاعات می‌تواند در مراحل مختلف راهگشا باشد. لذا با داشتن یک دید کامل از وضعیت جاری ساختمانها مرکز آتش نشان می‌تواند تصمیمات بسیار منطقی تری را نسبت به وضعیت بی‌بگیرد که تنها اطلاعات دید مأموران را در اختیار دارد.

پیش‌بینی میزان آب مورد نیاز : پس از بررسی‌های به عمل آمده دریافتیم که اگر تخمین خوبی از میزان آب مورد نیاز برای خاموش کردن یک ساختمان در دست داشته باشیم و سعی کنیم به اندازه آب مورد نیاز مأموران را به آن سمت هدایت کنیم نتیجه حاصله بسیار بهتر خواهد بود.

عدم قطعیت : بهره‌گیری از پیش‌بینی کننده آتش مشکلاتی را نیز به همراه خواهد داشت که یکی از آنها عدم قطعیت خواهد بود بدین معنا که تصمیمات اتخاذ شده بر پایه یک سری فرضیات از قبل تعیین شده استوار است که صد در صد قطعی نیست و ممکن است در برهه‌های زمانی مختلف ما را دچار اشکال سازد.

عدم انعطاف پذیری برنامه : با وارد ساختن یک بخش پیش بینی کننده در سیستم به ناچار مجبور به وارد کردن مؤلفه‌های آن نظیر مقادیر ثابت موجود برای هر شهر خواهیم بود که این امر سبب میشود برنامه قابلیت انعطاف پذیری خود را تا حدودی از دست بدهد و مثلاً برای هر شهر مجزا نیاز به یک فایل از ثابتها و مقادیر آماری مربوط به آن داشته باشیم.

کاهش دقت : بدیهی است که در صورت استفاده از مؤلفه‌هایی که دارای توابع تصادفی و آماری می‌باشند میزانی از دقت عمل را از دست خواهیم داد که در تصمیم‌گیری‌ها می‌تواند مشکلاتی را به همراه داشته باشد لذا برای تصحیح این خطاها نیازمند بازخوردهایی هستیم که از سوی مأموران فرستاده میشود که سبب بالا رفتن حجم ارتباطات خواهد شد.

تصمیم‌گیری

مرکز آتش نشان مسئولیت تصمیم‌گیری در مورد موارد زیر را در سیستم مورد نظر عهده‌دار خواهد بود:

- انتخاب یک سایت آتش به منظور هدف کلی مأموران
- انتخاب یک یا چند ساختمان به عنوان هدف مأموران
- دادن مأموریت به مأموران برای خاموش کردن ساختمانهای انتخاب شده
- فرستادن مأموران به مکان خاصی از شهر برای جمع‌آوری اطلاعات

۴-۴-۳ جمع‌آوری اطلاعات

با توجه به دید محدود مرکز آتش نشان و مأموران از محیط اطراف، یکی از کارهای مهم مرکز آتش نشان جمع‌آوری اطلاعات مختلف مانند خرابی راه‌ها، موقعیت مصدومین و محل‌های شروع آتش می‌باشد که از این اطلاعات به طرق مختلفی می‌توان استفاده کرد. اطلاعاتی مانند خرابی راه‌ها باید به خود مأموران بازگردانده شود. موقعیت مصدومین می‌تواند در انتخاب ساختمانهای هدف برای خاموش کردن مفید واقع شود و همچنین بهتر است که این اطلاعات در اختیار مراکز دیگر نیز قرار داده شود. به منظور کم کردن خطای پیش‌بینی کننده آتش موقعیت ساختمانهای مشتعل اولیه و همچنین کلاً وضعیت ساختمانها از جهت خرابی و یا میزان شعله آنان می‌تواند بسیار مفید واقع شود.

۴-۴-۴ رسیدگی به نیازهای مأموران

علاوه بر مشکلاتی که برای شهروندان شهر آسیب دیده بوجود بیاید، ممکن است خود مأموران آتش نشان نیز در وضعیتهای خاصی که نیاز به کمک سایر مأموران دارند قرار بگیرند. در این شرایط مرکز آتش نشان باید به مراکز دیگر وضعیت پیش آمده را توضیح دهد و درخواست کمک بکند. این وضعیتها عبارتند از:

- زیر آوار ماندن مأموران در همان ابتدای کار.
- ماندن مأموران در بین چند خیابان مسدود که امکان رسیدن آنان را به مکانهای حساس شهر از آنان سلب کند.
- مسدود بودن تمام مسیرهای منتهی به هدف یک مأمور پس از دریافت یک مأموریت.

قابل توجه است که مرکز آتش نشان در هنگام تصمیم‌گیری و انتصاب یک مأموریت به یک مأمور خاص این نکته را در نظر می‌گیرد که یک مسیر باز از آن مأمور به ساختمان هدف موجود باشد. اما این تصمیم‌گیری بر اساس دیدی که مرکز آتش نشان تا آن لحظه از وضعیت شهر داشته انجام شده که ممکن است پس از حرکت مأمور معلوم شود که تمامی راه‌ها مسدود است لذا مرکز آتش نشان از مرکز پلیس درخواست می‌کند که نزدیک‌ترین راه بسته از مأمور آتش نشان را باز کند.

۴-۴-۵ به اشتراک گذاری اطلاعات

فرآیند کمک به یک شهر حادثه دیده یک فرآیند چند بعدی است که برای انجام آن قسمت‌های مختلف باید با هم به صورت هماهنگ عمل کنند و علاوه بر آن چون هر بخش نمی‌تواند در آن واحد در همه جای شهر حضور یابد استفاده از اطلاعات به صورت همگانی می‌تواند تأثیر بسزایی در موفقیت همگان داشته باشد. مرکز آتش نشان نیز به عنوان یک بخش مهم از سیستم شبیه سازی امداد که در واقع یکی از سه گلوگاه اصلی انتقال اطلاعات می‌باشد با دسته بندی اطلاعاتی نظیر محل و شرایط مصدومین، سایت هدف، شرایط ساختمانها در سیکلهای آینده و ... سعی در تصحیح دید نسبی بقیه بخش‌های کند که این امر سبب خواهد شد که تصمیمات اتخاذ شده به تصمیمات بهینه نزدیکتر باشند.

۴-۵ روند کاری مرکز آتش نشان

به طور کلی می توان مراحل کاری مرکز آتش نشان را به بخشهای زیر تقسیم بندی کرد:

- بررسی پیامهای ارسالی
- محاسبه تعداد مأموران فعال
- تحلیل بازخوردهای رسیده
- به روز رسانی پیش بینی کننده آتش با توجه به وضعیت فعلی شهر
- بررسی سایتهای آتش موجود در شهر و انتخاب حساس ترین آنها به عنوان سایت هدف
- تصمیم گیری در مورد حالت بعدی - حالت گردش یا حالت مأموریتی
- شناسایی مأموران آزاد
- انتخاب ساختمانهای هدف، ایجاد مأموریت ها و انتصاب آنها به مأموران
- ایجاد مأموریتهای ویژه جهت جمع آوری اطلاعات و انتصاب آنها
- هماهنگی با مرکز پلیس جهت نجات مأموران و باز کردن راههای حساس

حال با شرح جزئی هر کدام از این مراحل روند کلی کار مرکز آتش نشان را نشان می دهیم و این فصل را به پایان خواهیم برد.

۴-۵-۱ بررسی پیامهای ارسالی

در ابتدای هر سیکل کاری مرکز آتش نشان تمامی پیامهای ارسالی از سوی مراکز دیگر و مأموران آتش نشان را دسته بندی کرده و سپس شروع به پردازش این اطلاعات می کند. دامنه اطلاعات ارسالی به مرکز آتش نشان بسیار گسترده است که به طور کامل در فصل ارتباطات مورد بررسی دقیق قرار خواهد گرفت.

۴-۵-۲ محاسبه تعداد مأموران فعال

پس از اینکه مرکز آتش نشان پیامهای مختلف را از مأموران دریافت و پردازش کرد در ابتدای شبیه سازی شروع به بررسی مأمورین زنده از روی پیامهای ارسالی آنها می نماید زیرا امکان وقوع حادثه در ابتدای

شبیه سازی برای خود ماموران آتش نشان نیز وجود دارد و در این صورت باید ماموران حادثه دیده را از لیست ماموران قابل بهره برداری کنار گذاشت.

۴-۵-۳ تحلیل بازخوردهای رسیده

همانطور که پیشتر اشاره شد بخش پیش بینی کننده آتش نیازمند به تصحیح از طریق بازخوردهای ارسالی از سوی دیگران می باشد. در این بخش مرکز آتش نشان اطلاعات دسته بندی شده ای از وضعیت فعلی شهر را در اختیار بخش پیش بینی قرار می دهد تا اینکه خطای حاصله در سیکل های آینده کاهش یابد و در نتیجه تصمیمات بهتری اتخاذ گردد.

۴-۵-۴ به روزرسانی پیش بینی کننده آتش با توجه به وضعیت فعلی شهر

در ادامه قسمت قبل، پیش بینی کننده آتش وضعیت خود را با اطلاعاتی مانند آبهای ریخته شده بر روی ساختمانها به روز می رساند و سپس وضعیت فعلی شهر را با دید نسبی خود به شهر مقایسه می کند و در صورت مشاهده تناقض در وقوع آتش در ساختمانها سعی در تصحیح رفتار خود میکند و همچنین در صورتی که ساختمانی وجود داشت که از دید خود خاموش است اما در بازخوردهای ماموران آن ساختمان روشن گزارش شده است آن ساختمان را به عنوان یک موقعیت بحرانی به بخش تصمیم گیری ارسال می نماید.

۴-۵-۵ تصمیم گیری در مورد حالت بعدی - حالت گردش یا حالت مأموریتی

بعد از اینکه مرکز آتش نشان دید نسبی خود را نسبت به شهر تصحیح کرد تعداد زمانهای سپری شده را در نظر می گیرد و تا زمانی که سیکل های بحرانی به اتمام نرسیده باشد حالت گردشی ادامه پیدا می کند و در غیر اینصورت حالت مأموریتی آغاز می شود که در واقع تنها در این حالت مرکز آتش نشان برای مامورین تصمیم گیری می کند.

۴-۵-۶ بررسی سایتهای آتش موجود در شهر و انتخاب سایت هدف

پس از اجرای بخشهای مختلف در مرکز آتش نشان و گذر از مرحله گردشی و ورود به حالت مأموریتی، اولین گام از تصمیم گیری که انتخاب سایت هدف می باشد آغاز خواهد شد. همانطور که پیشتر ذکر شد

خاموش کردن کلی یک سایت آتش از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است لذا سیاست کلی مرکز آتش نشان در ایجاد مأموریتها، تمرکز مأمورین بر روی یک سایت خاص تا خاموشی کامل آن می باشد مگر در موارد ویژه که امکان جابجایی به مأموران میان دو سایت داده می شود. در ضمن یکی از مزایای اصلی تمرکزدهی مأمورین کاهش حجم سیکل‌های حرکتی می باشد زیرا هر مأمور تا خاموشی کامل یک سایت در محدوده کوچکی از شهر در حال تردد است و لذا می‌تواند سیکل‌های بیشتری را به ریختن آب بر روی ساختمانها اختصاص دهد. برای شرح کامل این بخش ابتدا مفاهیم زیر را تعریف می‌کنیم:

سایت خاموش : اگر تمامی ساختمانهای حاشیه‌ای یک سایت آتش خاموش شوند و امکان گسترش آتش از آن سایت به هیچ وجه امکان پذیر نباشد به آن سایت، سایت خاموش^۱ گفته می‌شود حال آنکه ممکن است بعضی از ساختمانهای داخلی سایت هنوز مشتعل باشند.

سایت غیر قابل کنترل : اگر شرایطی پیش آید که با در نظر گرفتن حداکثر نیروی انسانی امکان خاموش کردن هیچ یک از ساختمانهای حاشیه‌ای یک سایت امکان پذیر نباشد به آن سایت غیر قابل کنترل^۲ می‌گوییم.

سایت هدف : به یک سایت که در مراحل قبلی بر روی آن متمرکز بوده‌ایم و هنوز آن سایت خاموش نشده باشد، سایت هدف^۳ می‌گوییم.

آخرین سایت : اگر در مراحل قبل بر روی سایتی متمرکز بوده‌ایم که در حال حاضر به سایتی غیر قابل کنترل تبدیل شده باشد هدف را به یک سایت دیگر تغییر می‌دهیم و آن سایت را به عنوان آخرین سایت^۴ نگه میداریم.

سایت بعدی : در هر مرحله از تصمیم‌گیری در مورد سایت هدف، همواره در صورت وجود آخرین سایت، آن را مورد بررسی قرار می‌دهیم و در صورتی که قابل انتخاب باشد و از حالت غیر قابل کنترل خارج شده باشد، سایت هدف فعلی را در سایت بعدی^۵ نگه می‌داریم که بعد از خاموشی آخرین سایت دوباره نیروی خود را بر روی آن متمرکز کنیم.

روند کلی انتخاب سایت بدین گونه است:

- در صورت وجود آخرین سایت و خروج آن از حالت غیر قابل کنترل، به عنوان سایت هدف انتخاب می‌شود و اگر سایت هدفی از پیش وجود داشته باشد به عنوان سایت بعدی نگه داشته می‌شود.

^۱ Extinguished Site

^۲ Uncontrollable Site

^۳ Target Site

^۴ Current Site

^۵ Next Site

- اگر سایت هدف موجود باشد، موقعیت فعلی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد و در صورتی که غیر قابل کنترل نباشد و خاموش هم نشده باشد همچنان به عنوان سایت هدف باقی خواهد ماند و در غیر این صورت نیازمند سایت هدف جدید خواهیم بود.
- اگر نیازمند انتخاب سایت هدف جدید باشیم اولویت با سایت بعدی است اما در صورت عدم وجود آن از تابع ارزیابی ۳ جهت انتخاب سایت‌های کاندید بهره می‌جویم که در واقع $V(s)$ میزان قابلیت دسترسی سایت s را مشخص می‌کند.

$$V(s) = \frac{\sum_{i \in A} \sum_{j \in B} DV(d(i, j))}{Size(s)} \quad (۳)$$

A : مجموعه تمامی مامورین آزادی که قابلیت دستیابی به لااقل یکی از ساختمانهای سایت s را دارند.

B : مجموعه تمامی ساختمانهای واقع در سایت s .

$Size(s)$: تعداد ساختمانهای واقع در سایت s .

$DV(d)$: میزان ارزش یک فاصله را بر می‌گرداند که با خود فاصله نسبت عکس دارد.

```
{
  if (d => MAXS32)
    return MINS32;
  else if (d < 30000)
    return 2000;
  else if (d < 70000)
    return 400;
  else if (d < 120000)
    return 200;
  else if (d < 200000)
    return 100;
  else if (d < 400000)
    return 10;
  else return 0;
}
```

$d(i, j)$: فاصله مامور i را از ساختمان j محاسبه میکند.

۴-۵-۷ شناسایی مأموران آزاد

در این بخش مرکز آتش نشان شروع به شناسایی مأموران آزاد در سیستم می کند. مأمور آزاد به ماموری اطلاق می گردد که در سیکل آینده شبیه سازی :

- دارای مأموریت نباشد.
- در حال پر کردن ذخیره آب نباشد.
- در ساختمان و یا جاده ای گیر نیافتاده باشد.
- مأموریت وی هنوز قابل بهره برداری باشد.
- در حال انجام مأموریت بحرانی نباشد.

مأموریت

مفهوم مأموریت^۶ در سیستم ما عبارت است از یک دستور کاری که شامل بخشهای زیر می باشد.

- ساختمان هدف
- تعداد مأمورین لازم جهت انجام کار
- شماره های شناسایی مأمورین انتخاب شده
- تعداد سیکلهای مورد نیاز برای به نتیجه رساندن مأموریت

لازم به تذکر است که در هر سیکل کاری تعدادی از مأموران دارای مأموریت هایی هستند که هنوز زمان آنها به اتمام نرسیده است، لذا در این بخش مرکز آتش نشان به وضعیت چنین مأمورانی رسیدگی کرده و زمان باقی مانده برای مأموریت آنها را محاسبه می کند. در ضمن اگر مرکز آتش نشان به این نتیجه برسد که مأموریت عده ای از مأموران قابلیت بهره برداری خود را از دست داده است مثلاً ساختمان فوق قبلاً خاموش شده باشد ولی به علت خطای پیش بینی کننده آتش تا این مرحله قابل تشخیص نبوده است.

Mission^۶

۴-۵-۸ انتخاب ساختمانهای هدف

مهمترین بخش مرکز آتش نشان این بخش می باشد که با استفاده از الگوریتمهای گوناگون سعی در انتخاب بهترین ساختمانها و ایجاد مأموریتهای بهینه دارد.

در ابتدای این بخش نیز ابتدا مفاهیم زیر را تعریف می نمایم:

ساختمان بی اهمیت : ساختمانی که هیچ همسایه سالم نداشته باشد.

ساختمان غیر قابل کنترل : ساختمانی که با در نظر گرفتن حداکثر نیروی موجود قادر به خاموش کردن آن نباشیم.

دامنه قابل دسترسی یک مأمور : با توجه به اینکه هر مأمور می تواند در شعاع ۳۰ متری خود اقدام به آب ریختن بر روی یک ساختمان کند، تمامی ساختمانهایی که در شعاع ۳۰ متری مکانهای قابل دسترسی یک مأمور (جاده، ساختمان و گره) قرار دارند، دامنه قابل دسترسی یک مأمور نامیده می شوند.

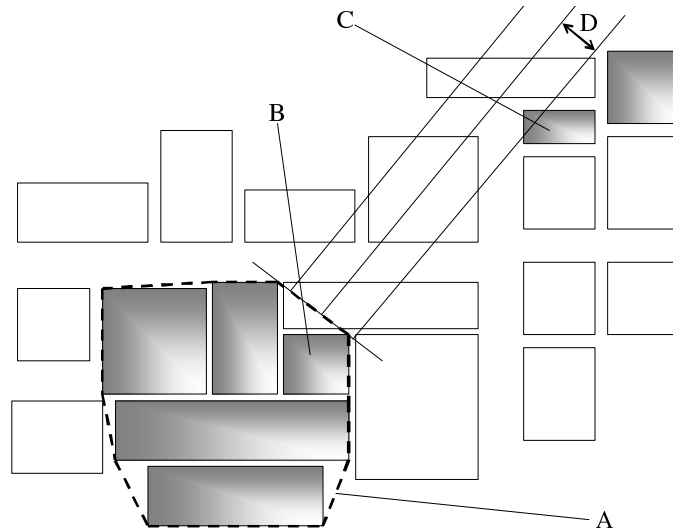
در ابتدای این بخش مرکز آتش نشان یک لیست کلی از تمامی ساختمانهای مشتعل که در سطح سوختگی یک یا دو قرار دارند تهیه می کند، سپس از میان این ساختمانها، ساختمانهای بی اهمیت، غیر قابل کنترل و یا آنهایی که مربوط به سایت هدف نیستند را شناسایی کرده و از لیست حذف می کند. لازم به توضیح است که برای تشخیص اینکه یک ساختمان غیر قابل کنترل است، ابتدا تمامی مأموران آزادی که در دامنه قابل دسترسی خود ساختمان مذکور را داشته باشند، شناسایی می شوند و پس از آن در صورتی که میزان آب مورد نیاز آن ساختمان از مجموع توانایی تمامی آن مأموران بیشتر باشد آن ساختمان غیر قابل کنترل در نظر گرفته می شود.

لیست حاصله از مرحله قبل توسط تابع ۴ ارزشیابی می شود و بر همان اساس مرتب می گردد. پس از آن پنج ساختمان اول این لیست برای ایجاد مأموریت برگزیده می شوند و به بخش ایجاد مأموریت ارسال می گردند.

$$V(b) = \alpha NV(b) + \beta AV(b) \quad (۴)$$

$NV(b)$: این تابع ۵ ارزش یک ساختمان را با در نظر گرفتن همسایه های آن و موقعیت آن ساختمان در شهر برآورد می کند.

$AV(b)$: با توجه به موقعیت فعلی مأمورانمان در شهر می توانیم ساختمانهای مختلف را الویت بندی کنیم که این کار توسط تابع ۶ انجام می دهیم.



شکل ۴-۲: ارزشیابی $HV()$: A. پوش محدب B. ساختمان کاندید C. نقطه برخورد D. حاشیه

α, β : اینها ضرایب ثابتی هستند که با اجزای متعدد به سمت مقادیر بهینه سوق داده شده‌اند.

$$NV(b) = \alpha N(b) + \beta CV(b) \quad (5)$$

$N(b)$: تعداد ساختمان‌های سالم اطراف ساختمان b .

$CH(b)$: این تابع با استفاده از الگوریتم پوش گراهام $[3]^Y$ یک چندضلعی محدب A در اطراف سایت آتش تشکیل می‌دهد، سپس نزدیک‌ترین نقطه بر روی این چندضلعی به ساختمان b را بدست می‌آورد. پس از آن خط عمود بر مماس این نقطه روی منحنی را محاسبه کرده و با یک مقدار حاشیه از پیش تعیین شده در نظر می‌گیرد. حال تمامی ساختمان‌هایی را که این نوار تحت پوشش قرار می‌دهد را مورد بررسی قرار داده و فاصله نزدیک‌ترین ساختمان مشتعل واقع در این نوار را به عنوان مقدار تابع بر می‌گرداند (شکل ۴-۲). در موارد خاص که نوار ذکر شده هیچ ساختمان مشتعلی را در بر نمی‌گیرد مقدار تابع برابر با فاصله طی شده توسط نوار تا برخورد به مرز شهر منظور می‌گردد. در واقع این تابع میزان تخریبی که در اثر مشتعل ماندن یک ساختمان به شهر وارد می‌شود را محاسبه می‌کند، لذا پارامتر سنگینی در میزان ارزش یک ساختمان به حساب می‌آید.

$$AV(b) = \frac{\sum_{i \in A_b} DV(d(i, j))}{n(A_b)} \quad (6)$$

در فرمول ۶ متغیر A_b عبارت است از مجموعه کمترین مأموران مورد نیاز برای خاموش کردن ساختمان b که در کمترین فاصله از آن قرار دارند که در این صورت $n(A_b)$ برابر با تعداد اعضای این مجموعه خواهد بود.

۴-۵-۹ ایجاد مأموریت‌ها

پس از اینکه در مرحله قبل ساختمان‌های کاندید انتخاب شدند، مرکز آتش نشان شروع به ایجاد مأموریت‌هایی برای ساختمان‌های کاندید می‌نماید. بدین صورت که در ابتدا لیست تمامی مأموران آزاد را که در قسمت‌های قبل بدست آورده بود را مورد بررسی قرار می‌دهد، سپس در صورتی که از بخش به روزسانی پیش‌بینی کننده آتش ساختمان بحرانی‌ای گزارش شده باشد تمامی مأموران را برای خاموش کردن آن ساختمان با زمان نامحدود اعزام می‌کند تا زمانی که از دید پیش‌بینی کننده آتش ساختمان مورد نظر خاموش شده باشد.

اما اگر ساختمان بحرانی‌ای در این مرحله از تصمیم‌گیری گزارش نشده باشد، مرکز آتش نشان روال عادی کار خود را برای تعیین مأموریت‌ها آغاز می‌کند. بدین نحو که در ابتدا از لیست ارائه شده به این قسمت ساختمان‌هایی را که در مأموریت‌های اخیر که هنوز زمان آنها به پایان نرسیده حذف می‌نماید. پس از آن به ترتیب الویت شروع به ایجاد مأموریت از روی لیست حاصله می‌کند. در ابتدا تمامی مأموران آزادی که در دامنه قابل دسترسی خود ساختمان هدف را می‌بینند جدا کرده و آنها را بر حسب فاصله‌شان تا آن ساختمان مرتب می‌کند. اگر تعداد این مأموران جهت خاموش کردن هدف کافی نباشد، از این ساختمان صرف نظر کرده و شروع به پردازش ساختمان بعدی می‌کند. پس از اینکه از وجود مأموران کافی برای هدف اطمینان حاصل شد، یک مأموریت برای خاموش کردن این ساختمان توسط حداقل مأمور لازم ایجاد می‌شود. جهت محاسبه زمان لازم برای انجام این مأموریت مرکز آتش نشان حداکثر فاصله مأموران انتخاب شده جهت خاموش کردن هدف را پیدا می‌کند، سپس با استفاده از یک تابع مکاشفه‌ای^۹ تعداد سیکل‌های لازم جهت پیمودن این فاصله را محاسبه کرده و به عنوان زمان لازم برای انجام مأموریت در نظر می‌گیرد.

اعمال فوق برای تمامی اعضای این لیست انجام می‌گردد و در نهایت یک سری مأموریت جدید در سیستم ایجاد می‌گردد. نکته مهمی که در اینجا باید در نظر گرفت این است که هر مأموریتی که مرکز

^۹ heuristic

آتش نشان ایجاد می کند با یک سیکل تأخیر به مأموران ابلاغ می گردد. لذا جهت هماهنگی میان مرکز آتش نشان و مأموران آن و بهره برداری بهینه از سیکل های کاری مرکز آتش نشان همواره مأموریت ها را برای یک سیکل آینده در نظر می گیرد تا از دست رفتن هر گونه سیکل کاری جلوگیری به عمل بیاید.

البته لازم به ذکر است که پس از پیاده سازی ایده بالا و قرار گرفتن در شرایط محیط مشکلات زیر در این سیستم به علت عدم وجود مأموران کافی در زمان مقرر در کنار هدف، شناسایی شد:

- به علت دید محدود ما نسبت به شهر و خرابی راه ها امکان رسیدن تمامی مأموران به هدف مورد نظر مورد نظرشان در زمان معین امکان پذیر نبود.
- با توجه به خطای پیش بینی کننده آتش، میزان آب مورد نیاز برای خاموش کردن ساختمان هدف با درصدی از خطا همراه است و لذا حتی اگر تمامی مأموران آن مأموریت به موقع در مکان مورد نظر حضور پیدا کنند و اقدام به خاموش کردن هدف نمایند باز هم ممکن است آن ساختمان خاموش نگردد.
- تابع مکاشفه ای که سیکل هایی لازم جهت پیمودن فواصل را محاسبه می کند دقیق نبوده و ممکن است در بسیاری از موارد به دلیل نداشتن دید کافی نسبت به جاده های شهر و یا ترافیک بالا در جاده ها تقریب نادرستی را برای زمان مورد نیاز یک مأموریت به ما بدهد که منجر به ناکام ماندن آن مأموریت خواهد شد.

با در نظر گرفتن مشکلات بالا از سیاست زیر برای کاهش درصد مأموریت های شکست خورده استفاده شد که از نتیجه قابل توجهی برخوردار بود. با توجه به اینکه نکته اصلی در شکست خوردن یک مأموریت کمبود تعداد مأمور مورد نیاز در زمان مقرر در اطراف ساختمان هدف می باشد، با انجام اجراهای متعدد در شرایط گوناگون سعی در بهتر کردن تابع مکاشفه ای فوق کردیم و لذا زمان های اختصاص داده شده به مأموریت ها از دقت بالاتری برخوردار شد. همچنین جهت در نظر گرفتن حوادث غیر مترقبه تعدادی مأمور اضافه در صورت امکان برای هر مأموریت در نظر گرفته شد.

۴-۵-۱۰ ایجاد مأموریت های ویژه جهت جمع آوری اطلاعات

پس از اینکه مأموریت های لازم برای سیکل آینده تولید شد امکان این وجود دارد که تعدادی مأمور آزاد هنوز در سیستم موجود باشد که این امر می تواند به دلیل میزان سوختگی بالای ساختمان های کاندید باشد که در نتیجه به تعداد زیادی از مأموران برای خاموش شدن نیازمند است. برای اینکه از مأموران آزاد حداکثر بهره برداری را به عمل بیاوریم، به این مأموران باقی مانده آزاد مأموریت های ویژه جهت

جمع آوری اطلاعات از ساختمان‌هایی که دارای اهمیت بالایی هستند و هنوز از آنها اطلاعات کاملی در دسترس نمی‌باشد، می‌دهیم. این عمل می‌تواند نقش بسزایی در جمع آوری بازخورد و در نتیجه تصحیح کارپیش‌بینی کننده آتش داشته باشد.

۴-۵-۱۱ هماهنگی با مرکز پلیس جهت نجات مأموران و باز کردن راه‌های حساس

در موارد زیر مرکز آتش نشان از مرکز پلیس تقاضای کمک می‌کند:

- همانطور که پیشتر ذکر شد سیاست کلی مرکز آتش نشان در جهت خاموش کردن کامل یک سایت آتش می‌باشد. در نتیجه برای افزایش میزان موفقیت مأموریت‌ها پس از تصمیم‌گیری در مورد سایت هدف مرکز پلیس را از تصمیم خود آگاه کرده و شعاع تقریبی سایت هدف را نیز به مرکز پلیس می‌دهد، که این امر سبب تمرکز بیشتر مأموران پلیس در محدوده ذکر شده می‌شود.
- در هر سیکل کاری، مرکز آتش نشان قابلیت دسترسی مأمورانی را که دارای مأموریت بوده‌اند به هدفشان با توجه به دید جدید خود و بازخوردهای رسیده مورد بررسی قرار داده و در صورتی که از عدم دستیابی مأموران به هدفشان اطمینان حاصل کند، سعی در پیدا کردن مسیری بهینه از موقعیت فعلی هر مأمور تا هدفش بدون در نظر گرفتن راه‌های مسدود می‌کند و اولین خیابان مسدود در این مسیر را به مرکز پلیس گزارش می‌دهد.
- علاوه بر مسیرهای گزارش داده شده در قسمت قبل مرکز آتش نشان شروع به بررسی موقعیت مأموران آزاد باقی مانده و قابلیت دسترسی آنها به ساختمان‌های کاندید همان سیکل می‌کند و لیستی از خیابان‌هایی که سبب عدم دسترسی این مأموران به ساختمان‌های ذکر شده می‌گردند تهیه می‌کند، و آنها را نیز به مرکز پلیس مخابره می‌کند.

ارتباطات

در این فصل به نحوه هماهنگی میان مرکز آتش نشان و مأموران آتش نشان می پردازیم. با توجه به اینکه پیامهای ارسالی دارای محدودیت طول می باشند، بر روی تمامی پیامها عمل فشرده سازی انجام شده است. بدین وسیله طول پیامهای ارسالی به نصف مقدار حقیقی کاهش می یابد، که در نتیجه حداکثر استفاده از ظرفیت های سیستم به عمل بیاید. لازم به ذکر است که چون در سیستم شبیه سازی امداد ترتیب دریافت پیامها به هیچ وجه قابل پیش بینی نمی باشد، مرکز آتش نشان و مأموران آن در هر لحظه که پیامی دریافت کنند آنرا در یک لیست ذخیره می کنند. سپس در سیکل بعد در بین پیامها به دنبال پیامهای مورد نظر خود می گردند و بعد از اینکه تمامی پیامهای ضروری را خواندند اقدام به خواند سایر پیامها می کنند. مثلاً مأمور آتش نشان ابتدا تمامی پیامهای دریافتی از مرکز آتش نشان را می خواند و پس از آن اگر پیغامی از شهروندان دریافت کرده باشد اقدام به خواندن آن می کند.

۵-۱ پیامهای مرکز آتش نشان به مأمور آتش نشان

در این بخش تمامی پیامهایی را که مرکز آتش نشان به منظور ایجاد هماهنگی و یا رساندن اطلاعات به مأمور آتش نشان ارسال می کند، بررسی می کنیم.

۵-۱-۱ دستور خاموش کردن یک ساختمان مشخص

به وسیله این پیغام مرکز آتش نشان مأموریت خاموش کردن یک یا چند ساختمان را به یک سری مأمور مشخص می‌دهد. به منظور کوتاه کردن طول این پیغام این دستور را به صورت زیر می‌فرستیم که ابتدا نام یک ساختمان هدف، سپس زمانی که باید بر روی آن آب ریخته شود و در ادامه نام مأمورانی که باید آنرا خاموش کنند می‌آید. این روند تا تمام شدن تمامی مأموریت‌ها ادامه می‌یابد و در پایان یک نشانه تمام شدن پیغام می‌گذاریم.

Msgheader + [Building Name + Extinguish Time + List of Fire Brigades] + Delimiter

۵-۱-۲ دستور حرکت به یک مکان خاص

مرکز آتش نشان با ارسال این پیغام یک سری مأمور را به جای خاصی از شهر می‌فرستد تا بدین طریق اطلاعات مورد نیاز خود را از آن مکان خاص شهر بدست بیاورد. برای این منظور مرکز آتش نشان یک سری زوج شامل نام مأمور و نام مکان مورد نظر را به صورت زیر آماده و ارسال می‌کند.

Msgheader + [Fire Brigade's Name + Target's Name] + Delimiter

۵-۱-۳ دستور رفتن به حالت گردش

هنگامی که مرکز آتش نشان هیچ ساختمان آتش گرفته قابل خاموش شدن نبیند و زمان زیادی از شبیه‌سازی گذشته باشد، فرض می‌کند که فعلاً مأموران بیکار می‌باشند و به آنان دستور می‌دهد تا به حالت گردش بروند و به دنبال شهروندان مصدوم و زیرآوار مانده بگردند. لازم به ذکر است که هنگامی که مجدداً مأموریتی برای مأموران داشته باشد مأموران با دریافت آن مأموریت از حالت گردش خارج می‌شوند و به مأموریت دریافت شده رسیدگی می‌کنند.

۵-۱-۴ اطلاعات مربوط به خیابانهای مسدود شهر

مرکز آتش نشان پس از جمع آوری اطلاعات مربوط به خیابانهای مسدود از مأموران آتش نشان و سایر مراکز، نام این خیابانها را بوسیله این پیغام به مأمورین آتش نشان اعلام می‌کند. البته مراکز دیگر نیز از این پیغام می‌توانند استفاده نمایند.

Msgheader + List of Blocked Roads + Delimeter

۵-۱-۵ اطلاعات مربوط به خیابانهای باز شده شهر

پس از اینکه مأمورین پلیس خیابانهای مسدود را باز کردند نام خیابانهای باز شده را به مرکز پلیس اعلام می‌کنند. مرکز پلیس نیز این اطلاعات را به سایر مراکز اعلام خواهد کرد. سپس مرکز آتش‌نشان از بین این خیابانها، خیابانهایی را که قبلاً به عنوان خیابان مسدود دیده بود جدا کرده و در قالب این پیغام به مأمورین آتش‌نشان اعلام می‌دارد.

Msgheader + List of Opened Roads + Delimeter

۶-۱-۵ اطلاعات مربوط به ساختمانهای مشاهده شده شهر

به وسیله این پیغام مرکز آتش‌نشان به مأمورین آتش‌نشان و سایر مراکز نام ساختمانهای مشاهده شده در شهر را اعلام می‌دارد. مأمورین آتش‌نشان از نام این ساختمانها برای انتخاب ساختمان هدف در حالت گردش استفاده می‌کنند. به منظور اعلام داشتن وضعیت این ساختمانها از نظر خرابی از دو نوع پیغام برای این بخش استفاده شد. یک پیغام مربوط به ساختمانهای سالم مشاهده شده و دیگری مربوط به ساختمانهای خراب مشاهده شده در شهر می‌باشد.

Msgheader + List of Broken Buildings + Delimeter

Msgheader + List of Unbroken Buildings + Delimeter

۷-۱-۵ اطلاعات مربوط به وضعیت ساختمانهای آتش‌گرفته شهر

همانطور که قبلاً گفته شد مرکز آتش‌نشان از یک پیش‌بینی کننده آتش استفاده می‌کند و برای رفع خطای آن نیاز به اطلاعاتی از وضعیت شهر دارد که توسط مأموران جمع‌آوری می‌شود. ولی اگر مأموران بخواهند تمامی اطلاعات مربوط به ساختمانهای آتش‌گرفته را به طور جداگانه به مرکز آتش‌نشان گزارش دهند حجم بسیار زیادی از ارتباطات را باید به این کار اختصاص داد. برای رفع این مشکل مرکز آتش‌نشان اطلاعات دریافت شده از مأموران را جمع‌آوری می‌کند و به خود آنان باز می‌گرداند تا بدین طریق مأموران اطلاعات تکراری را به مرکز گزارش ندهند. برای این بخش نیز از دو نوع پیغام استفاده

شد. یک پیغام مربوط به ساختمانهای آتش گرفته شهر و دیگری مربوط به ساختمانهای خاموش شده شهر می باشد.

Msgheader + List of Fiery Buildings + Delimeter

Msgheader + List of Extinguished Buildings + Delimeter

۲-۵ پیامهای مرکز آتش نشان به سایر مراکز

یک سری پیامها از مرکز آتش نشان ارسال می گردد که هم توسط مأمورین استفاده می گردد و هم سایر مراکز، ولی یک سری پیام نیز وجود دارد که تنها توسط سایر مراکز مورد استفاده قرار می گیرد. در این بخش این پیامها را مورد بحث قرار می دهیم.

۱-۲-۵ درخواست کمک از مرکز پلیس

مرکز آتش نشان پس از جمع آوری درخواستهای کمک مأمورینی که در بین خیابانها مانده اند، این درخواستها را به مرکز پلیس ارسال می کند. همچنین مرکز آتش نشان با انجام یک سری محاسبات راههایی را که مأمورین برای رسیدن به هدف لازم خواهند داشت را نیز به لیست این درخواستها اضافه می کند تا مأمورین آتش نشان با صرف زمان کمتری بتوانند به کارهای خود برسند.

۲-۲-۵ درخواست رسیدگی به سایت آتش از مرکز پلیس

هنگامی که مرکز آتش نشان در تصمیم گیری های خود یک سایت جدید را جهت تمرکز نیروهای خود انتخاب می کند، نام ساختمان مرکزی آن سایت را به همراه شعاع فعلی آن به مرکز پلیس ارسال می کند. مرکز پلیس نیز پس از دریافت این درخواست وظیفه پاکسازی خیابانهای اطراف آن سایت در شعاع داده شده را به چند مأمور خود می دهد.

Msgheader + Site's Center + Fire Radius

۳-۲-۵ درخواست کمک از مرکز آمبولانس

مرکز آتش نشان لیست شهروندان و همچنین مأموران زیر آوار مانده را که از مأمورین آتش نشان دریافت می کند را در هر سیکل به مرکز امداد ارسال می دارد. مرکز امداد نیز ابتدا به کمک مأمورین زیر آوار مانده می شتابد سپس به تلاش برای نجات دادن بیشترین تعداد شهروند ممکن مشغول می شود.

۳-۵ پیامهای مأمور آتش نشان به مرکز آتش نشان

در این بخش تمامی پیامهایی را که مأموران آتش نشان به منظور اعلام وضعیت و یا رساندن اطلاعات به مرکز آتش نشان ارسال می کنند، مورد بررسی قرار می دهیم.

۱-۳-۵ اعلام وضعیت مأمور

مأموران در هر سیکل با فرستادن این پیام میزان آب موجود در مخزن آب خود و همچنین موقعیت خود را در شهر به اطلاع مرکز آتش نشان می رسانند. لازم به ذکر است که دریافت این پیام در سیکل های اولیه توسط مرکز آتش نشان نشانه زنده بودن آن مأمور است. اگر مأموری در همان ابتدای کار در یک ساختمان باشد و به شدت صدمه ببیند ممکن است جان خود را از دست بدهد، که در این صورت این پیام را به مرکز آتش نشان نمی تواند بفرستد و مرکز نیز این مأمور را مرده فرض می کند.

۲-۳-۵ اعلام رفتن به پناهگاه

زمانی که آب موجود در مخزن آب یک مأمور تمام شود و یا مأمور صدمه زیادی دیده باشد نیاز به رفتن به پناهگاه دارد. برای اینکه مرکز آتش نشان در چند سیکل آینده کاری به این مأمور ندهد، مأمور با فرستادن این پیام به مرکز آتش نشان وی را از این وضع آگاه می سازد.

۵-۳-۳ اعلام پر بودن مخزن آب

هنگامی که مأمور برای درمان و یا پرکردن مخزن آب خود به یک پناهگاه برود پس از آماده شدن این پیغام را به مرکز آتش نشان خواهد فرستاد تا بدین طریق آمادگی خود را برای انجام مأموریت به اطلاع مرکز برساند.

۵-۳-۴ اعلام آمادگی برای انجام کار

این پیغام زمانی کاربرد دارد که مأمور قبلاً زیر آوار بوده و یا در یک خیابان گیر افتاده باشد و پس از رفع این مشکل آماده کار باشد. مرکز آتش نشان با شنیدن این پیغام این مأمور را در لیست مأمورین آماده کار خود قرار می دهد.

۵-۳-۵ اعلام بی کار بودن مأمور

هنگامی که مأمور کاری برای انجام دادن در این سیکل نداشته باشد با فرستادن این پیغام مرکز را از این وضع آگاه می سازد. این وضع می تواند زمانی پیش بیاید که ساختمان هدفی که مرکز آتش نشان به مأمور اعلام کرده قبلاً خاموش شده باشد. مرکز آتش نشان با شنیدن این پیغام مأمور را در لیست مأموران بی کار قرار می دهد.

۵-۳-۶ اعلام موقعیت شهروند و یا مأمور زیر آوار مانده

هنگامی که مأمور آتش نشان خود زیر آوار مانده باشد تنها با کمک مأمور امداد می تواند از این وضع رهایی بیابد. همچنین اگر مأمور موقعیت یک شهروند زیر آوار یافته را بدست بیاورد نیز با ارسال اطلاعاتی از این شهروند مأمور امداد را با خبر خواهد ساخت. مرکز آتش نشان نیز با دریافت این پیامها چک می کند که اگر شخص زیر آوار مانده یکی از مأمورین آتش نشان باشد وی را در لیست مأمورین زیر آوار مانده قرار می دهد. چنین مأموری تنها پس از دادن پیغام آمادگی برای انجام کار از این لیست حذف می شود.

Msgheader + [Building + HP + Damage + Buriedness + Time] + Delimiter

۵-۳-۷ اعلام موقعیت خیابانهای خراب در شهر

مأمورین آتش نشان در هر سیکل یک لیست از خیابانهای خراب اطراف خود را که قابل عبور و مرور نمی باشند بوسیله این پیغام به مرکز آتش نشان اعلام می دارند.

Msgheader + List of Blocked Roads + Delimeter

۵-۳-۸ اعلام ساختمان های مشاهده شده در شهر

در هر سیکل مأموران ساختمان های مشاهده شده اطراف خود را از نظر خرابی بررسی کرده و به مرکز آتش نشان گزارش می دهند. مرکز آتش نشان از این اطلاعات برای بهینه سازی پیش بینی کننده آتش استفاده می کند و همچنین این لیست ها را به مأموران باز خواهد گرداند تا از آن در انتخاب ساختمان هدف در حالت گردش استفاده کنند. این پیغام به دو صورت زیر استفاده می شود.

Msgheader + List of Broken Buildings + Delimeter

Msgheader + List of Unbroken Buildings + Delimeter

۵-۳-۹ اعلام گیرافتادن در یک خیابان

ممکن است که در همان سیکل های اولیه در اثر زلزله مأمور آتش نشان در یک خیابان گیر بیافتد و توانایی رفتن به هیچ جای دیگری را نداشته باشد. در چنین شرایطی این مأمور حتماً نیاز به کمک مأمور پلیس خواهد داشت و با فرستادن این پیغام وضعیت خود را به مرکز آتش نشان گزارش می دهد.

۵-۳-۱۰ اعلام ساختمان های مشتعل

مأموران آتش نشان با ارسال این پیغام نام ساختمان های مشتعل مشاهده شده را، که تا به حال به مرکز اعلام نکرده اند و خود مرکز نیز هنوز به آنان اعلام نکرده بود، به مرکز می فرستند. این پیغام با قالب زیر به مرکز اعلام می گردد.

Msgheader + List of Fiery Buildings + Delimeter

۵-۳-۱۱ اعلام ساختمان‌های مشتعل اولیه

با استفاده از این پیام مأمورین آتش‌نشان نام یک یا چند ساختمان را که محل اولیه شروع آتش بودند به مرکز آتش‌نشان می‌فرستند. مرکز آتش‌نشان از این ساختمان‌ها برای انجام عمل پیش‌بینی آتش استفاده می‌کند.

Msgheader + List of Start Fire Buildings + Delimeter

۵-۳-۱۲ اعلام محل شروع کار

با توجه به اینکه مرکز آتش‌نشان تلاش می‌کند که مأموریت‌هایی به مأموران بدهد که قابل انجام باشد نیاز به نقطه شروع حرکت آنان دارد تا با استفاده از آن مسیرهای قابل رفت و آمد هر مأمور را در نظر بگیرد. هر مأمور پس از مطمئن شدن از وضعیت خود این محل را به اطلاع مرکز آتش‌نشان می‌رساند.

۵-۳-۱۳ اعلام ریختن آب بر روی یک ساختمان

در سیکلی که مأمور بر روی یک ساختمان آب می‌ریزد این عمل را به مرکز آتش‌نشان گزارش می‌دهد تا مرکز تغییرات لازم را در پیش‌بینی کننده آتش اعمال کند. برای اینکه تأخیر احتمالی در نقل و انتقال پیام تاثیری روی پیش‌بینی کننده آتش نداشته باشد مأمور در این پیام زمان این عمل را نیز گزارش می‌دهد.

Msgheader + Time + Target Building + Amount of Water

۵-۳-۱۴ اعلام وضعیت آتش ساختمان هدف پس از آب ریختن

برای اینکه خطای پیش‌بینی کننده آتش را تا حد امکان کاهش دهیم، مأموران در سیکل بعد از ریختن آب بر روی یک ساختمان وضعیت مشاهده شده را به مرکز گزارش خواهند کرد.

۵-۳-۱۵ اعلام خاموش بودن ساختمان هدف قبل از آب ریختن

ممکن است ساختمان هدف قبل از آب ریختن مأمور خاموش باشد. این وضعیت ممکن است در اثر خطای پیش‌بینی کننده آتش پیش بیاید که در این صورت مأموران با ارسال این پیغام مرکز آتش‌نشان را از این وضع مطلع می‌سازند.

۵-۴ پیامهای سایر مراکز به مرکز آتش‌نشان

مرکز آتش‌نشان در هر سیکل یک سری پیغام از سایر مراکز ممکن است دریافت کند که در این بخش به معرفی آنان می‌پردازیم.

۵-۴-۱ لیست راه‌های باز

این لیست هر سیکل از مرکز پلیس به سایر مراکز ارسال می‌شود که شامل راه‌های باز شده می‌باشد. مرکز آتش‌نشان پس از دریافت این لیست یک تعداد از آنان را که قبلاً توسط مأموران خراب مشاهده شده بودند، به مأموران گزارش می‌دهد.

۵-۴-۲ لیست ساختمان‌های مشتعل اولیه

علاوه بر مأموران آتش‌نشان و خود مرکز آتش‌نشان، سایر مراکز نیز برای یافتن ساختمان‌های مشتعل اولیه که در پیش‌بینی کننده آتش استفاده می‌شود تلاش می‌کنند و ساختمان‌های شناسایی شده را در قالب این پیغام به مرکز آتش‌نشان گزارش می‌دهند.

۵-۵ پیامهای شهروندان به مأمورین

شهروندان ممکن است پیامهای متفاوتی را بفرستند. یکی از این پیامها درخواست کمک می‌باشد که هنگامی که زیر آوار مانده باشند آنرا می‌فرستند. هنگامی که مأمورین آتش‌نشان در حالت گردش باشند، پیامهای شهروندان را نیز می‌خوانند و اگر آن شهروند درخواست کمک کرده باشد به دنبال آن شهروند خواهند گشت تا هر چه زودتر موقعیت آن شهروند را بدست بیاورند و به مرکز آتش‌نشان گزارش بدهند.

فصل ۶

نتیجه‌گیری

پس از پیاده‌سازی کامل مأمور و مرکز آتش‌نشان کد بدست آمده به همراه بخش‌های امداد و پلیس در مسابقات شبیه‌سازی امداد سال ۲۰۰۳ در ایتالیا با نام تیم آریان شرکت داده شد. در آن مسابقه ۱۷ تیم از سراسر جهان حضور پیدا کردند که این تیم‌ها از الگوریتم‌های مختلفی جهت بهینه‌سازی رفتار مأموران خود استفاده کرده بودند که از آن جمله می‌توان به الگوریتم‌های مکاشفه‌ای، مستقل، تمرکز یافته و ترکیب‌هایی از اینها نام برد. اما تیم آریان با بهره‌گیری از الگوریتم‌های ذکر شده به ویژه با استفاده مناسب از پیش‌بینی کننده آتش به مقام قهرمانی این دوره از مسابقات دست یابد.

نتایج چند مرحله از مسابقات در جداول ۶-۱، ۶-۲ و ۶-۳ آمده است.

* در جدول ۶-۲ به این معنی است که تیم SOS در این اجرا موفق به اتصال مأموران خود به هسته مرکزی نشد.

Team Name	Score
ARIAN	62.35
S.O.S.	56.08
The Black Sheep	43.83
YowAI2003	41.30
Eternity	38.74
POLITECS2003	31.70
NITRescue03	29.56
RESQ FREIBURG	28.58
SBCE_SAVOUR	28.18
RAYAN	27.74
RoboAkut	25.28
PAKRescueTeam	23.50
SBCE_RES	22.71
Ferdowsi	14.88
UVA RESCUE C2003	13.56
ToosRes	13.50
BanzAI	10.12

جدول ۶-۱: نتایج دور اول مسابقات مقدماتی شبیه‌سازی امداد

Team Name	Score
ARIAN	93.48
YowAI2003	85.60
Eternity	38.74
The Black Sheep	82.32
Eternity	82.03
PAKRescueTeam	63.21
SOS	*

جدول ۶-۲: نتایج دور چهارم مسابقات نیمه نهایی شبیه‌سازی امداد

Team Name	Score
ARIAN	88.99364
YowAI2003	82.470273

جدول ۶-۳: نتایج مسابقه فینال شبیه‌سازی امداد

- [1] The RoboCupRescue Technical committee, RoboCupRescue Simulator Manual
- [2] J.S.B. Mitchell. Shortest paths among obstacles in the plane. *Internat. J. Comput. Geom. Appl.*, 6:309-332, 1996
- [3] F.P. Preparata and M. I. Shamos, *Computational Geometry: AN Introduction*, Springer-Verlag, 1985
- [4] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest and C. Stein, *Introduction to Algorithms* Second Edition, The MIT Press, 2001

Implementation of Fire Agent & Fire Station in the Rescue Multi-Agent Environment

Abstract

The Robocup competition is held each year with the idea of gathering Artificial Intelligence researchers from around the world to work on a specific and common problem, which have received great global attention in the recent years and each year different teams from various countries join this competition. One of the leagues of this competition is the rescue simulation league which concentrates on the algorithmic solutions to the problem with ignoring the physical limitations. In this competition a simulated city is shocked by earthquake and some of its buildings are caught by fire. Each team must try to control the situation with the use of a limited number of fire brigades, ambulance teams and police force. Since controlling this situation requires precise coordination between different forces and the problem's environment obeys lots of physical rules which result in uncertainty in the information, this problem can be used as a suitable environment for experiencing algorithms which concern path-finding, scheduling, prediction, positioning and decision making in multi-agent environments.

Keywords: *Robocup, Simulation, Multi-Agent Environment, Path-Planning, Prediction*

Implementation of Fire Agent & Fire Station in the Rescue Multi-Agent Environment

by

Alborz Geramifard & Peyman Nayeri

Submitted in Partial Fulfillment
of the Requirements
for the Degree of
Bachelor of Science
in
Computer Engineering (Software)

Under supervision of
Dr. Habibi

September 2003

**Computer Engineering Department
Sharif University of Technology
Tehran**