روشی نوین برای مدلسازی و برنامه ریزی فعالیت های گروهی بشری در فضا – زمان

علی رضا وفائی نژاد[۱]؛ علی اصغر آل شیخ[۲]؛ محمدرضا ملک[۳]؛ روزبه شاد[٤]؛ مهدی نشاط[٥]

چکیده

انسان موجودی اجتماعی است که بسیاری از فعالیت هایش در همکاری با سایر افراد و به صورت گروهی انجام می‌شود. انجام این فعالیت ها هم به مکان و هم به زمان وابسته می‌باشند. بنابراین برای تمامی عملکردها و سایر مواردی که در چرخه مدیریت بهینه فعالیت های گروهی بشری و چگونگی همکاری بین آنها بکار گرفته می‌شوند، باید هر دو جنبه مکان و زمان را با هم در نظر داشت. در این پژوهش تلاش شده که با مدلسازی مکانی – زمانی فعالیت های گروهی بشری راهی برای افزایش راندمان انجام فعالیت های دسته جمعی انسانها ارائه نماید. بدین منظور تئوری هاگرستراند را به عنوان مبنای مدلسازی در نظر گرفته و آنرا با استفاده از برنامه ریزی ابتکاری گسترش داده و در پایان، مدلی جدید برای مدلسازی فعالیت های گروهی بشری در بستر مکان و زمان ارائه کرده است. مدل پیشنهادی قابل پیاده سازی در سیستمهای اطلاعات مکانی بوده و باعث حل مسائل چندبعدی در فضای متناسب خود می‌شود. برای مشخص شدن کارایی مدل، فعالیت های دو گروه زنده یابی و آواربرداری از گروه های کاری امداد و نجات زلزله به دو صورت معمولی و در قالب مدل، شبیه سازی و ارزیابی شد. میانگین نتایج، بهبود ۱۸/۸۳ درصدی کارایی گروه ها در صورت استفاده از مدل را نشان می‌دهند.

کلمات کلیدي

مدلسازی فضا زمان – فعالیت های گروهی – نظریه هاگرستراند – سیستمهای اطلاعات مکانی.

New Approach for Modeling and Planning Team Activities in Space-Time

A.R. Vafaeinezhad.; A.A. Alesheikh.; M.R. Malek.; R. Shad.; M. Nesht

ABSTRACT

Humans are social creatures who interact with others in doing their activities. The social activities occur in space and time. Therefore, a proper model of human activities must consider the two dimensions of space and time simultaneously. This paper attempts to model human activities in spatio-temporal domain to improve the efficiency of group activities. For this purpose, Hagerstrand theory is evaluated and extended for managing human team activities in space and time. The suggested model can be implemented in a Geospatial Information System and helps resolving multidimensional problem in their proper environment. To assess the proposed model, activities of two teams: life-detection and collapse lifting in two forms of normal and simulation were assessed. The proposed strategy improved the activities by a factor of 18.83.

KEYWORDS

[۱] دانشجوی دکتری GIS دانشکده مهندسی نقشه برداری – دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی– Email: vafaei@alborz.kntu.ac.ir

[۲] دانشیار دانشکده مهندسی نقشه برداری – دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی– Email: alesheikh@kntu.ac.ir

[۳] استادیار دانشکده مهندسی نقشه برداری – دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی– Email: mrmalek@kntu.ac.ir

[٤] دانشجوی دکتری GIS دانشکده مهندسی نقشه برداری – دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی– Email: rouzbeh_shad@yahoo.com

[٥] کارشناس ارشد کامپیوتر – دانشگاه آزاد اسلامی مشهد– Email: neshat_mehdi@yahoo.com

Spatio-Temporal modeling, Group activities, Hagerstrand theory, Geospatial Information System.

۱- مقدمه

زندگی انسانها از فعالیت های مختلفی مانند کار، روابط خانوادگی، معاشرت های اجتماعی، خرید، سرگرمی، مسافرت و فعالیت های دسته جمعی تشکیل شده است. این فعالیت ها را می‌توان از دیدگاه های متفاوتی مورد بررسی قرار داده و آنها را به اشکال مختلفی تقسیم بندی نمود. تقسیم بندی فعالیت ها به فعالیت های ثابت و انعطاف پذیر و یا تقسیم بندی آنها به فعالیت های فیزیکی و مجازی می‌توانند نمونه ای از این قبیل تقسیم بندی ها بشمار آیند [۲۰]. به هر شکل که فعالیت های انسانها دسته بندی شوند دریافته خواهد شد که تمامی آنها در مکانهایی مشخص و زمانهایی خاص انجام می‌شوند. به عبارت دیگر فعالیت های بشری را می‌توان فعالیت هایی مکانی-زمانی محسوب کرد [۱۵]. بنابراین مدلسازی فعالیت های انسانها باید هر دو جنبه مکان و زمان را شامل شود.

تاکنون تحقیقات فراوانی در زمینه مدلسازی فعالیت های بشری در زمان و مکان انجام شده اما گستردگی بسیار زیاد موضوع نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه را محسوس کرده است [۲۰]. علاوه بر این، اغلب تحقیقات انجام شده، فعالیت های انسانها را بصورت منفرد مورد بررسی قرار داده اند [۸][۱۲][۱۴][۱۵]، در حالیکه انسان موجودی اجتماعی بوده و برخلاف اینکه برخی از فعالیت هایش جنبه فردی و خصوصی دارد بسیاری دیگر از فعالیت هایش در همکاری با سایر افراد صورت خواهد پذیرفت. موارد یاد شده باعث گردیده است تا نحوه تعامل بین فعالیت های بشری در قالب یک یا چند گروه و مدیریت بهینه آنها در زمان - مکان همچنان به عنوان یک موضوع باز برای انجام تحقیقات آتی باقی مانده و نیازمند توسعه و ارائه مدلهایی جدید باشد.

در تحقیق حاضر تلاش گردیده است تا پس از بررسی روشهای موجود، فعالیت های افرادی که در قالب یک یا چند تیم با همدیگر همکاری می‌کنند تا به اهداف خود دست یابند بصورت زمانی و مکانی مدلسازی گردیده، چارچوبی جدید و چندبعدی برای مدیریت بهینه آنها ارائه شود. بدین منظور روشهایی که می‌توانستند برای مدلسازی فعالیت ها مورد استفاده قرار گیرند از قبیل؛ جداول و درختهای تصمیم گیری [۶]، نظریه بازیها [۱۷]، مدلهای شبکه [۱۰]، برنامه ریزی خطی و برنامه ریزی غیر خطی [۱۹]، برنامه ریزی پویا [۱۹]، زنجیره های مارکف [۱۱]، مدلهای زمانمند [۱۶]، تئوری صف [۱۳]، مدلهای شبیه سازی [۵] (هوش مصنوعی، برنامه ریزی ابتکاری، شبیه سازی سیستم ها و شبیه سازی مونت کارلو)، سیستم های پشتیبان تصمیم گیری [۱۸]، سیستم های خبره [۷] و تئوری هاگرستراند [۸] مورد مطالعه قرار گرفتند.

در بین مدلهای گفته شده قابلیت های مکانی - زمانی تئوری هاگرستراند به همراه امکان نمایش گرافیکی فعالیت ها بصورت ساده و کاربردی باعث شد تا این تئوری به عنوان مبنای مدلسازی در تحقیق مورد استفاده قرار گرفته و با توسعه آن مدلی جدید برای برنامه ریزی و مدلسازی در فضا – زمان فعالیت های گروهی انسانها بصورت پویا پیشنهاد شود. کارایی مدل با شبیه سازی فعالیت های دو گروه زنده یاب و آواربردار از تیم های امداد و نجات زمین لرزه، مورد ارزیابی و تایید قرار گرفت. پیاده سازی مدل روی دو گروه یاد شده بدلیل قرار داشتن ایران روی کمربند زمین لرزه آلپ - هیمالیا و خسارات ناشی از وقوع آن قابل درک است.

۱-۱- مدلسازي فعاليت ها در فضا-زمان

مدل موجود در پژوهش حاضر نمایشی از واقعیت و صورت ساده شده آن است. مدلها را می‌توان به چهار گروه مدلهای شمایلی، مدلهای قیاسی، مدلهای ریاضی و مدلهای توصیفی تقسیم بندی کرد[۹] . مدل شمایلی مدلی است که از حداقل نمایش برخوردار بوده و دارای مقیاسی متفاوت از سیستم اصلی می‌باشد. سیستم اتومبیل یا خط تولید نمونه هایی از مدلسازی شمایلی هستند. مدلهای قیاسی مانند نمودارها یا ماکت یک ساختمان خود واقعیت نیستند ولی مشابه آن رفتار می‌کنند. مدلهای ریاضی با استفاده از معادلات، نامعادلات و فرمولهای ریاضی واقعیت را خلاصه می‌کنند. مدلهای توصیفی نیز موارد را آنگونه که بوده تشریح می‌کنند [۴].

مدیر گروه برای مدیریت افراد تحت فرمان خود با دیدن فعالیت های آنها بصورت گرافیکی (مدلسازی قیاسی) بهتر خواهد توانست تصمیم گیری های لازم را انجام دهد. اما بسیاری از مواقع پیچیدگی ارتباطات موجود بین افراد را نمی‌توان بصورت قیاسی نمایش داده و تنها با استفاده از علایم و مدلهای ریاضی یا با روشهای ابتکاری می‌توان تجزیه و تحلیلهای لازم را به عمل آورد. بنابراین در تحقیق حاضر و برای مدلسازی فعالیت های گروهی افراد در زمان و مکان، تصمیم گرفته شد تا از هر دو نوع مدل قیاسی و ابتکاری بصورت ترکیبی استفاده شود.

در سال ۱۹۷۰، تورستن هاگرستراند تئوری را ارایه نمود که امکان مدلسازی فعالیت های بشری بصورت مکانی - زمانی

همچون مدلسازی قیاسی و همچنین، قابلیت نمایش گرافیکی فعالیت ها بر روی محورهای زمان و مکان را دارا بود [۸]. بسیاری از محققین از آن زمان تاکنون از تئوری یاد شده برای مدلسازی فعالیت های مختلف بشری در مکان و زمان استفاده کرده اند. با دقت در این تحقیقات نگرش متفاوت به نوع و جنبه فعالیت های بشری و چگونگی استفاده از این تئوری جهت مدلسازی آشکار خواهد بود [۱۲] [۱۴] [۱۵] [۲۰].

اما این تئوری در رویارویی با پدیده های پویا دچار مشکل می‌شود. به عنوان نمونه در صورتیکه تعداد افراد گروه در زمانهای مختلف تغییر کند تئوری گفته شده امکان مدلسازی آنها را نخواهد داشت. اینجاست که نیاز به مدلهای ریاضی یا برنامه ریزیهای ابتکاری بیشتر نمایان خواهد شد. در تحقیق حاضر نیز تلاش شده که علاوه بر نمایش گرافیکی فعالیت های افراد در زمان و مکان، پویایی مدلسازی حفظ شود.

۲-۱- تئوري هاگرستراند

در تئوری هاگرستراند به همان اندازه که مکان انجام فعالیت‌ها در مدلسازی مورد توجه گرفته زمان انجام فعالیت ها نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. با استفاده از این تئوری می‌توان فعالیت های افراد را بر روی محورهای مکان و زمان به صورت گرافیکی نمایش داد. این نمایش علاوه بر سادگی، انعطاف پذیر بوده و به راحتی قابل فهم خواهد بود[۸].

هاگرستراند برای این منظور دو محور عمود بر هم پیشنهاد نمود به نحوی که محور x مکان و موقعیت فعالیت را نشان می‌داد و محور y زمان انجام فعالیت را به نمایش می‌گذاشت. این تئوری علاوه بر استفاده در تحقیقات مختلف، توسط محققین گسترش یافته است. آنان به این تئوری مفاهیم جدیدی اضافه کرده و باعث تکمیل تر شدن آن گردیدند که از جمله مهمترین آنها می‌توان به مسیر فضا-زمان، ایستگاه در فضا-زمان، مجموعه مسیرهای فضا-زمان، مخروط (منشور) فضا-زمان (Space Time Prism) و ستونهای عمودی اشاره کرد [۱۲][۱۴][۱۵].

۲- چارچوبي در فضا – زمان براي مديريت امـداد و نجات

در این قسمت از تئوری هاگراسترند استفاده شده و آن را برای کمک به مدیریت فعالیت های امداد و نجات پس از حادثه زمین لرزه توسعه می‌دهد. از آنجا که فعالیت های تیم های امداد و نجات زمین لرزه وسیع بوده و نمی‌توان جزئیات همه فعالیت های مرتبط با آن را در این تحقیق مورد بررسی قرار داد، بنابراین با توجه به اهمیت فوق العاده فعالیت های دو تیم زنده یابی و آواربرداری، چارچوبی در فضا و زمان برای کمک به مدیریت فعالیت های این دو تیم ارائه می‌شود.

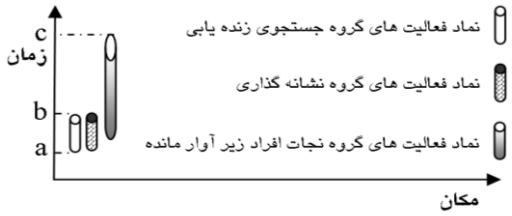
فعالیت های تیم زنده یاب را می‌توان در سه گروه جستجوی زنده یابی، نشانه گذاری و نجات افراد زیر آوارمانده تقسیم بندی نمود [۲]. سرفصلهایی که در زمان ورود یک تیم آوار بردار به آنها توجه می‌شود نیز به ترتیب تهیه کروکی اولیه، تعیین ذخیره گاه برای آوارهای برداشت شده، تعیین مکانی خاص برای نگهداری اجساد، تعیین مکانی خاص برای نگهداری مجروحان، ایمن سازی منطقه عملیاتی با قطع برق و آب و گاز، ثبت تعداد مجروحین و اجساد و آواربرداری می‌باشند. [۳].

۲-۱-بهبود عملکرد تيم هاي امدادگر در فضا-زمان

همکاری بین فعالیت های تیم های امداد و نجات در مکان و زمان برای دستیابی به مدیریت بهینه تیم ها الزامی است. بنابراین علاوه بر درنظر گرفتن پارامتر زمان، نقشه منطقه آسیب دیده (پارامتر مکان) نیز باید وجود داشته باشد. در عملیات امداد و نجات تهیه نقشه منطقه آسیب دیده بعنوان یکی از اقدامات قبل از سانحه (مرحله پیشگیری و آمادگی) محسوب می‌شود [۱]. بنابراین در اینجا فرض بر این است که نقشه یاد شده قبل از وقوع حادثه تهیه شده و وجود دارد. همچنین فرض شده که منطقه دارای نقشه آسیب پذیری مانند نگاره ۱ است که در آن؛ منطقه به سه قسمت تخریب بالا، متوسط و کم تقسیم بندی شده است.

نگاره (۱): نقشه آسیب پذیری منطقه شبیه سازی شده

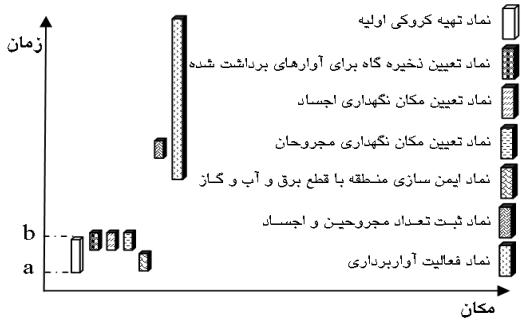
پس از مشخص شدن مکان انجام عملیات و میزان تخریب هر منطقه، باید انواع فعالیت های تیم های امداد و نجات براساس درجه اهمیت و میزان انعطاف پذیری مورد بررسی قرار گرفته و پس از آن بر روی نگاره های مکان و زمان مدلسازی شوند. در این راستا و به عنوان اولین مرحله، سه فعالیت تیم زنده یاب با استفاده از مدلسازی ستونهای عمودی تئوری هاگرستراند بر روی دو محور زمان و مکان تقسیم بندی شده و نمایش داده شده اند (نگاره ۲).



نگاره (۲): بررسی فعالیت های تیم زنده یاب در زمان و مکان

در مدل گفته شده مدت زمان a طول کشیده است تا گروه جستجو زنده یابی با توجه به شرایط خاص منطقه به محل رسیده و فعالیت خود را شروع کند. حال این گروه با توجه به میزان تخریب منطقه تا مدت زمان b فرصت خواهد داشت تا جستجوی زنده یابی را انجام دهد. همزمان با عمل کاوش زنده یابی نشانه گذاری نیز باید انجام شود و پس از شروع مرحله نشانه گذاری نجات افراد زیر آوار مانده اولویت بعدی خواهد بود. در صورتیکه فعالیت های تیم زنده یاب بصورت معمولی انجام پذیرد سه گروه مجزا که هر کدام از آنها تنها یک وظیفه به عهده داشته و در حین انجام وظیفه خود نخواهند توانست به کمک سایر گروه ها بروند مورد نیاز خواهند بود. اما با استفاده از مدلی که در نگاره فوق آورده شده، افراد در حین انجام وظیفه خود و یا پس از اتمام آن خواهند توانست به کمک سایر گروه ها رفته و به پایان فعالیت آنان کمک کنند.

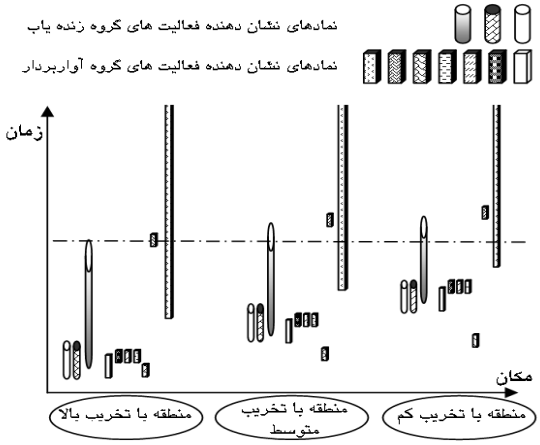
دومین تیمی که فعالیت های اعضای آن مورد بررسی قرار خواهد گرفت تیم آواربردار است که بر روی دو محور زمان و مکان بنحوی مدل می شوند که اولویت های فعالیت ها حفظ شود. این مورد در نگاره ۳ آورده شده است.



نگاره (۳): بررسی فعالیت های تیم آواربردار در زمان و مکان

در این نگاره مدت زمان a طول کشیده است تا اعضای گروه تهیه کروکی اولیه با توجه به شرایط خاص منطقه در محل حاضر شده و فعالیت خود را شروع کنند. این گروه تا مدت زمان b فرصت خواهد داشت تا فعالیت خود را به اتمام برساند. همزمان با عمل تهیه کروکی باید ایمن سازی منطقه عملیاتی با قطع برق، آب و گاز نیز انجام شود. فعالیت های بعدی که باید انجام شوند تعیین ذخیره گاه برای آوارهای برداشت شده، تعیین مکانی خاص برای نگهداری اجساد و تعیین مکانی خاص برای نگهداری مجروحان خواهند بود که برای انجام آنها براساس مدل، از نفراتی که ایمن سازی منطقه عملیاتی را انجام داده اند نیز می‌توان استفاده کرد.

مدلهای مکانی – زمانی ارائه شده، زمانی به واقعیت نزدیکتر خواهند بود که بتوان فعالیت های تیم ها را بصورت با هم در مناطق مختلف آسیب دیده مدلسازی نمود. (نگاره ۴).



نگاره (۴): مدیریت گروه های زنده یاب و آواربردار، در مکان–زمان

در مدل یاد شده، اگر تعداد کارهای موجود در لحظه t با J(t) نشان داده شود و به ازای فاصله زمانی داده شده [a,b] تعداد متوسط کارها $\bar{J}$ تعریف گردد رابطه (۱) برقرار خواهد بود:

$$\bar{J} = \frac{1}{b-a}\int_a^b J(t)dt \qquad (۱)$$

به عبارت دیگر $\bar{J}$ متوسط زمانی تابع $J(t)$ است. بر این اساس، در زمان صفر n کار موجود بوده و $J_{(.)} = n$ خواهد بود. در اینحالت تا زمان $F_{(1)} = t_{(1)}$ که اولین کار توالی تکمیل می‌شود هیچ تغییری در $J(t)$ بوجود نمی آید. در این لحظه $J(t)$ به $n-1$ کاهش یافته و تا تکمیل دومین کار موجود در توالی که در زمان $F_{(2)} = t_{(1)} + t_{(2)}$ رخ می دهد، $J(t)$ در همین سطح باقی خواهد ماند. اگر این روش ادامه داده شود مشاهده می‌شود که $J(t)$ تابعی با کاهش گام به گام در فاصله $[0, t_1+ t_2+...+t_n]$ خواهد بود. البته باید توجه داشت که $F_{max} = t_1 +t_2 +...+t_n$ است که مستقل از ترتیب انجام کارها می‌باشد. شایان گفتن است که در انجام کارها باید اولویت آنها نیز در نظرگرفته شود. از این رو در فاصله $[0, F_{max}]$ رابطه (۲) درست خواهد بود:

$$\bar{J} = \frac{1}{F_{\max}}\{nt_{[1]} + (n-1)t_{[2]} + ... + 2t_{[n-1]} + t_{[n]}\} \qquad (۲)$$

در رابطه (۲) مجموع مقادیر داخل آکولاد سطح زیرمنحنی تابع

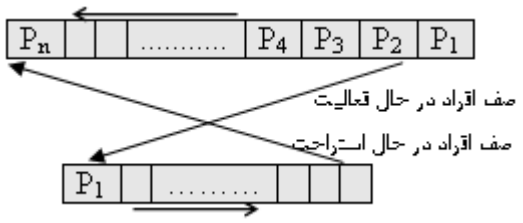
$J(t)$ است که به صورت نوارهای عمودی نشان داده می‌شود. از این رو $\bar{J} = A/F_{\max}$ خواهد بود.

بر اساس مدل گفته شده اولین فعالیت تیم زنده یاب به گروه های جستجوی زنده یابی و نشانه گذاری در منطقه با تخریب بالا تعلق گرفته است. در حین اجرا و یا پس از اتمام فعالیت این گروه ها، اعضای آنها خواهند توانست با توجه به شرایط منطقه، نوع تخصص و اهمیت فعالیت های باقیمانده، به هر کدام از فعالیت هایی که در جریان بوده و بالای خط ترسیم شده باشند ملحق شده و در اتمام سریعتر آن فعالیت ها نقش موثری ایفا کنند.

در مدل حاضر از انتهای فعالیت گروهی که وظیفه آنها نجات افراد زیرآوار مانده در منطقه تخریب بالا می‌باشد خطی ترسیم شده است. این خط بیانگر آن است که با اتمام فعالیت گروه نجات افراد زیر آوار مانده در منطقه تخریب بالا، اعضای آن خواهند توانست بسته به میزان خستگی از انجام فعالیت قبلی خود، میزان انرژی مورد نیاز فعالیت های باقیمانده، نوع تخصص، سوابق دوره های آموزشی و نیاز منطقه ها در فعالیت هایی که بالای خط قرار دارند شرکت کرده و در اتمام سریعتر آنها ایفای نقش نمایند. تشخیص چگونگی تقسیم بندی افراد براساس مدل بر عهده مدیر تیم امداد و نجات حاضر در منطقه است که با اعضای تشکیل دهنده گروه های یاد شده و تخصص های هر کدام از آنها آشنایی دارد.

مدل حاضر می‌تواند بستر مفیدی جهت مدیریت فعالیت های تیم های امداد و نجات زلزله محسوب شود. این مدل، علاوه بر نمایش نحوه چیدمان فعالیت های افراد در مکان و زمان، امکان تغییر و جابجایی بهینه افراد بین گروه های مختلف را نیز میسر می‌سازد. به عنوان مثال نجات افراد زیر آوار مانده عملیاتی دشوار بوده که با گذشت ساعاتی از انجام آن انرژی اعضای گروه تحلیل خواهد رفت. در این حالت مدیر تیم با استفاده از مدل و با ترسیم خطی عبوری از محور زمان در ساعت مورد نظر، براحتی خواهد توانست نفراتی از گروه های دیگر را جایگزین آنها نماید. همچنین خواهد توانست ایشان را در فعالیت‌های دیگری که بالای خط ترسیمی بوده و انجام آنها نیازمندصرف انرژی زیاد نیست تقسیم نماید. اینکار باعث افزایش راندمان نفرات و بهبودی مدیریت امداد و نجات خواهد شد.

مدل گفته شده در صورتی دارای کارایی مناسب خواهد بود که شرح انجام کارها از پیش مشخص بوده و در حین انجام آنها فعالیت های پیش بینی نشده رخ ندهد و تعداد نفرات برای انجام فعالیت های گروه ها از قبل مشخص بوده و با گذشت زمان فرد یا افراد جدیدی از بیرون به گروه های موجود اضافه نشوند. همچنین اضافه شدن نفرات به گروه ها با کاسته شدن آنها از گروه های دیگر به شکل جابجایی نفرات بین گروه ها میسر خواهد بود. هر چند این شرایط برای برخی فعالیت های گروهی بشری مهیا است اما برخی دیگر از فعالیت های گروهی انسانها به گونه ای انجام می‌شوند که تعداد افراد گروه ها از آغاز مشخص نبوده و با گذشت زمان نفرات جدیدی به گروه ها اضافه خواهند شد. در اینحالت مدل حاضر دچار مشکل و بی نظمی می‌شود. در این تحقیق با استفاده از برنامه ریزی ابتکاری و دادن یک متغییر زمانی به هر شخص مشکل اشاره شده برطرف شد. متغییر زمانی فوق با توجه به نوع هر فعالیت باید متفاوت درنظر گرفته شود، بنحوی که فعالیت هایی که انجام آنها مستلزم صرف انرژی زیاد هستند مقدار کمتر و فعالیت هایی که انجام آنها مستلزم صرف انرژی و دقت زیاد نمی‌باشند مقدار بیشتری داشته باشند. در اینحالت با اتمام مدت زمان هر متغییر، فرد جدیدی جایگزین نفر فعلی شده و نفر قبلی وارد صف استراحت کنندگان شده و یا با تشخیص مدیر گروه فعالیت های دیگری که مستلزم صرف انرژی زیاد نیست را انجام خواهد داد.



نگاره (۵): الگوریتم مدیریت ورود افراد بصورت پویا

۲-۲- ارزیابی عملی

با توجه به ماهیت تحقیق حاضر و نبودن امکان قرارگیری نگارندگان در شرایط واقعی امداد و نجات پس از زلزله، جهت ارزیابی عملی مدل ارائه شده، منطقه ای انتخاب و عملیاتی مشابه شرایط واقعی در آن انجام شد. منطقه مورد مطالعه در محدوده ای به وسعت تقریبی نه کیلومتر مربع در فاصله پنج کیلومتری شهر مشهد در مسیر شاندیز انتخاب و به سه قسمت تخریب بالا، تخریب متوسط و تخریب کم تقسیم بندی گردید. پس از وقوع زمین لرزه، پهنه بندی میزان تخریب به صورت فازی خواهد بود. اما به علت همگونی با پهنه بندیهای رایج در تهیه نقشه های آسیب پذیری، مرزبندی پهنه ها بصورت شفاف و دقیق انجام شد.

در هر منطقه آوارهای فرضی با توجه به میزان تخریب به گونه ای ایجاد شدند که بدون استفاده از ابزارهای متداول آواربرداری و تنها توسط گروه آواربردار قابل جابجایی باشند.

افراد شرکت کننده در این شبیه سازی نیز در قالب دو تیم زنده یاب و آواربردار سازماندهی شده و فعالیت های ایشان ارزیابی شد.

در عملیات نجات، فرض شد که شرح انجام کارها از پیش مشخص بوده و در حین انجام آنها فعالیت های پیش بینی نشده رخ نخواهد داد. همچنین بعلت امکان پذیر نبودن استفاده از افراد واقعی زیر آوارمانده، از شش حیوان اهلی (گربه) بدین منظور استفاده شد که از میان این حیوانات سه حیوان در منطقه تخریب بالا، دو حیوان در منطقه تخریب متوسط و یک حیوان در منطقه تخریب کم به گونه ای قرار گرفتند که برای حیوانات خطری ایجاد نشده و همچنین اعضای گروه جستجوی زنده یابی از مکان آنها اطلاعی نداشته باشند.

با توجه به شرایط مفروض و طی مرحله اول، امدادرسانی به صورت معمولی صورت پذیرفت. در این مرحله کلیه نفرات برای انجام عملیات امداد و نجات به کار گرفته شدند. این نفرات همزمان با هم بین مناطق تخریب بالا، متوسط و کم پخش شده و عملیات امداد و نجات در کل منطقه و بصورت همزمان با هم شروع شد. در این مرحله نوع هر فعالیت، تعداد افراد مورد نیاز برای انجام هر فعالیت، زمان شروع و خاتمه هر فعالیت، مدت زمانی که انجام هر فعالیت بطول انجامیده، مکانی که هر فعالیت در آن انجام شده و نیز مسافت طی شده توسط افراد برای انجام هر فعالیت (بصورت کیفی) ثبت گردید.

در مرحله دوم نحوه انجام فعالیت ها و چیدمان آنها براساس مدل ارائه شده در مقاله صورت پذیرفت. اطلاعات مربوط به انجام هر فعالیت مانند مرحله قبل ثبت شد تا بتوان بین این دو حالت مقایسه های لازم را بعمل آورد. جدول های ۳ و ۴ ضمیمه، تعداد افراد شرکت کننده در هر مرحله و اعداد بدست آمده از انجام ارزیابی عملی در منطقه شبیه سازی شده را در خود جای داده اند که براساس آنها می توان مقایسه های کمی لازم را بین دو حالت معمولی و پیشنهادی انجام داد. به عنوان نمونه اگر هدف مقایسه بین تعداد افراد شرکت کننده در عملیات جستجوی زنده یابی باشد، با مراجعه به جدول ۳ مشخص می‌شود که انجام این مرحله بصورت معمولی در هرکدام از منطقه های تخریب بالا، متوسط و کم با ۳ نفر امدادگر که هیچکدام از آنها تاکنون در انجام فعالیت دیگری شرکت نداشته اند انجام شده است. اما با مراجعه به جدول ۴ مشخص می‌شود که جستجوی زنده یابی با همان تعداد امدادگر (۳ نفر برای هر منطقه) انجام شده اما افراد مورد نیاز آن با توجه به تخصص از میان تیمهایی که فعالیتشان تمام شده یا با جابجایی بین گروهها، تأمین شده اند. اینکار باعث کاهش افراد مورد نیاز در عملیات امداد و نجات شده و باعث افزایش کارایی فعالیت های گروهی خواهد شد. به همین ترتیب می‌توان مقایسه های دیگری به عنوان نمونه در ارتباط با زمان انجام فعالیت ها بعمل آورد.

در ادامه مقایسه های لازم بین مدل پیشنهادی و روش معمولی امداد نجات، در سه وضعیت مختلف در مساحتی ثابت انجام گرفته است. وضعیت اول در حالتی شکل گرفت که هر تیم با تعداد افراد ثابت مشغول به فعالیت شده و تا انتها این تعداد تغییر نکردند. در این حالت مدیریت افراد هر تیم راحت تر بوده و نظارت ریزتری بر عملکرد تیمها وجود داشت. اما به دلیل خستگی و کار در شرایط سخت کارایی عملکرد افراد پس از مدتی کاهش پیدا نموده و راندمان کلی سیستم پایین آمد. البته در اینحالت نیز مدل پیشنهادی نسبت به روش معمولی به ترتیب تیم ها (زنده یابی و آوار برداری) ۱۷٪ و ۱۳٪ بهبود داشته است (جدول های ۱ و ۲).

وضعیت دوم جهت ارزیابی کارایی مدل در حالتی که مدت زمانی مشخص و ثابت برای انجام فعالیت ها در اختیار است شکل گرفت. در این تحقیق عملکردهای گروه ها براساس دو روش معمولی و مدل پیشنهادی در مدت زمانی ۵ ساعت مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این حالت استفاده از مدل پیشنهادی به ترتیب بهبودی ۱۷ و ۱۴ درصدی را برای مدیریت فعالیت های گروه های زنده یابی و آواربرداری نشان داد (جداول ۱و ۲).

وضعیت سوم که بیشترین تاکید این تحقیق برآن قرار گرفته، زمانی بود که تعداد افراد در هر تیم متغیر بوده و مدیر گروه می‌توانست از افراد تازه وارد استفاده نماید. در این وضعیت روش معمولی با هرج و مرج مواجه شده، دچار بی نظمی گردیده و باعث اختلال در سیستم می‌شد. اما مدل پیشنهادی به ترتیب با ۲۹٪ و ۲۴٪ بهبود روبرو شد (جدول های ۱ و ۲).

با توجه به ارزیابی های انجام شده، با استفاده از مدل پیشنهادی میانگین عملکرد تیمها در وضعیت اول با ۱۵٪ ، در وضعیت دوم با ۱۵،۵٪ و در وضعیت سوم با ۲۶،۵٪ بهبود روبرو شد. با میانگین گیری از نتایج حاصله، ۱۸،۸۳٪ بهبود کلی کارایی عملکرد گروه ها با استفاده از مدل پیشنهادی حاصل گردید. جدول های ۱ و ۲ چکیده ای آماری از نتایج عملیات امداد و نجات در سه وضعیت یادشده را ارائه می‌دهند.

جدول (۱): نتایج عملیات زنده یابی و آواربرداری بصورت معمولی در منطقه شبیه سازی شده

	روش معمولی		
	تعداد افراد ثابت	زمان ثابت	تعداد افرادمتغیر
تیم زنده یابی	٪۵۱	٪۴۴	٪۴۹
تیم آوار برداری	٪۴۰	٪۳۵	٪۳۷

جدول (۲): نتایج عملیات زنده یابی و آواربرداری با استفاده از مدل ارائه شده، در منطقه شبیه سازی شده

	مدل پیشنهادی		
	تعداد افراد ثابت	زمان ثابت	تعداد افرادمتغیر
تیم زنده یابی	٪۶۸	٪۶۱	٪۷۸
تیم آوار برداری	٪۵۳	٪۴۹	٪۶۱

در جدول ۱ اعداد درون ستون ها بیانگر میانگین عملکرد روش معمولی و در جدول ۲ اعداد ستون ها مبین میانگین عملکرد مدل پیشنهادی در کل نواحی می‌باشند.

۳- نتیجه گیری

در این تحقیق فعالیت های افرادی که در قالب یک یا چند تیم با همدیگر همکاری می‌کنند تا به اهداف خود دست یابند بصورت زمانی و مکانی مدلسازی گردیده، چارچوبی جدید و چندبعدی برای مدیریت بهینه آنها ارائه شده است. از آنجا که فعالیت های تیمی افراد در مکانهایی مشخص و زمانهایی خاص انجام می‌شوند، رویکرد مدل پیشنهادی که فعالیت های افراد را بسان یک عملکرد در فضا و زمان لحاظ می کند باعث حل مسائل در فضای متناسب خودشده و این امر منجر به جواب‌هایی با قابلیت اطمینان بالاتر و نتایج واقعی تر می‌گردد.

در مدل یاد شده، نحوه همکاری بهینه و چیدمان مناسب فعالیت ها در فضا و زمان براساس هدف پایانی فعالیت هر یک از اعضای گروه و ارتباط و برهم کنشی که این فعالیت با فعالیت های سایر نفرات گروه خواهد داشت، به گونه ای ارائه گردیده است که در پایان اعضای گروه تندتر و کاراتر به هدف از پیش تعیین شده خود دست یابند.

به این دلیل و با استفاده از تئوری هاگرستراند نحوه ارائه عملکردهای مرتبط با فعالیت های گروهی انسانها در فضا و زمان بررسی شده، با استفاده از برنامه ریزی ابتکاری توسعه یافته و مدلی جدید برای کمک به چیدمان بهینه فعالیت های گروهی بشری ارائه گردیده است. در این سیستم عملکردها در فضا و زمان بهینه می‌شوند.

در تحقیق حاضر، فعالیت های دو تیم زنده یاب و آواربردار از گروه های امداد و نجات زلزله به دو صورت معمولی و در قالب مدل پیشنهادی پیاده سازی شده و مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. چکیده آماری نتایج نشان دادند که در صورت استفاده از مدل پیشنهادی، بهره وری و کارایی در مقایسه با روشهای معمولی و رایج شده بطور میانگین تا هجده و نیم درصد افزایش خواهدیافت. در این راستا، توسعه مدل با مفاهیم تئوری صف و زمانبندی پویا به همراه استفاده از مخروط مکان – زمان که قدرت پیش بینی را به آن اضافه خواهد نمود، جزو برنامه های آتی در این زمینه می‌باشند.

٤- ضمائم

– جداول عمیات امداد و نجات به صورت معمولی و در قالب مدل‌پیشنهادی.

جدول (۳): انجام عملیات امداد و نجات بصورت معمولی در منطقه

نوع فعالیت	تعداد نفرات مورد نیاز			مکان			زمان شروع			زمان خاتمه			زمان انجام فعالیت			مسافت طی شده(هرتیم)		
	سطح تخریب			سطح تخریب			سطح تخریب			سطح تخریب			سطح تخریب			سطح تخریب		
	بالا	متوسط	کم	بالا	متوسط	کم	بالا	متوسط	کم	بالا	متوسط	کم	بالا	متوسط	کم	بالا	متوسط	کم
جستجوی زنده یابی	۳	۳	۳	الف	الف	الف	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۸/۳۰	۸/۱۰	۸/۰۰	۱/۳۰	۱/۱۰	۱/۰۰	کل منطقه	کل منطقه	کل منطقه
نشانه گذاری	۳	۳	۳	الف	الف	الف	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۸/۳۰	۸/۱۰	۸/۰۰	۱/۳۰	۱/۱۰	۱/۰۰	کل منطقه	کل منطقه	کل منطقه
نجات افراد زیر آوار مانده	۶	۶	۶	الف	الف	الف	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۱۳/۳۰	۱۲/۰۰	۱۰/۳۰	۶/۳۰	۵/۰۰	۳/۳۰	کل منطقه	کل منطقه	کل منطقه
تهیه کروکی اولیه	۲	۲	۲	الف	الف	الف	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۸/۱۰	۸/۰۰	۷/۵۰	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۵۰	کل منطقه	کل منطقه	کل منطقه
تعیین ذخیره گاه برای آوارهای برداشت شده	۱	۱	۱	الف	الف	الف	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۵۰	۷/۴۰	۷/۳۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۳۰	کل منطقه	کل منطقه	کل منطقه
تعیین مکانی خاص برای نگهداری اجساد	۱	۱	۱	الف	الف	الف	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۵۰	۷/۴۰	۷/۳۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۳۰	کل منطقه	کل منطقه	کل منطقه
تعیین مکانی خاص برای نگهداری مجروحان	۱	۱	۱	الف	الف	الف	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۵۰	۷/۴۰	۷/۳۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۳۰	کل منطقه	کل منطقه	کل منطقه
ایمن سازی منطقه عملیاتی با قطع برق و آب و گاز	۱	۱	۱	الف	الف	الف	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۳۰	۷/۲۵	۷/۲۰	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۲۰	کل منطقه	کل منطقه	کل منطقه
ثبت تعداد مجروحین	۱	۱	۱	الف	الف	الف	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۱۴/۰۰	۱۲/۳۰	۱۱/۰۰	۷/۰۰	۵/۳۰	۴/۰۰	کل منطقه	کل منطقه	کل منطقه
آواربرداری از منطقه	۹	۹	۹	الف	الف	الف	۹/۰۰	۹/۰۰	۹/۰۰	۱۶/۰۰	۱۴/۳۰	۱۳/۰۰	۷/۰۰	۵/۳۰	۴/۰۰	کل منطقه	کل منطقه	کل منطقه

جدول (۴): انجام عملیات امداد و نجات با استفاده از مدل پیشنهادی در منطقه

نوع فعالیت	تعداد نفرات مورد نیاز			مکان			زمان شروع			زمان خاتمه			زمان انجام فعالیت			مسافت طی شده(هرتیم)		
	سطح تخریب			سطح تخریب			سطح تخریب			سطح تخریب			سطح تخریب			سطح تخریب		
	بالا	متوسط	کم	بالا	متوسط	کم	بالا	متوسط	کم	بالا	متوسط	کم	بالا	متوسط	کم	بالا	متوسط	کم
جستجوی زنده یابی	۳	به تعداد ستون قبل (با توجه به تخصص از میان تیمهایی که فعالیتشان تمام شده)	به تعداد ستون قبل (با توجه به تخصص از میان تیمهایی که فعالیتشان تمام شده)	الف (اولویت اول مکان انجام عملیات گروه)	ب (اولویت دوم مکان انجام عملیات گروه)	ج (اولویت سوم مکان انجام عملیات گروه)	۷/۰۰	۸/۳۰	۴۰/۹	۳۰/۸	۹/۴۰	۴۰/۱۰	۱/۳۰	۱/۱۰	۰۰/۱	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه	کل منطقه
نشانه گذاری	۳	„	„	الف	ب	ج	۷/۰۰	۸/۳۰	۴۰/۹	۳۰/۸	۹/۴۰	۴۰/۱۰	۱/۳۰	۱/۱۰	۰۰/۱	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه	کل منطقه
جات افراد زیر آوار مانده	۶	„	„	الف	ب	ج	۷/۱۰	۸/۴۰	۵۰/۹	۴۰/۱۳	۳۰/۱۴	۱۰/۱۵	۶/۳۰	۵/۵۰	۲۰/۵	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه
تهیه کروکی اولیه	۲	„	„	الف	ب	ج	۷/۰۰	۸/۳۰	۴۰/۹	۱۰/۸	۹/۳۰	۳۰/۱۰	۱/۱۰	۱/۰۰	۵۰/۰	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه	کل منطقه
تعیین ذخیره گاه برای آوارهای برداشت شده	۱	„	„	الف	ب	ج	۷/۳۰	۸/۵۰	۱۰/۱۰	۲۰/۸	۹/۳۰	۴۰/۱۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۳۰/۰	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه	کل منطقه
تعیین مکانی خاص برای نگهداری اجساد	۱	„	„	الف	ب	ج	۷/۳۰	۸/۵۰	۱۰/۱۰	۲۰/۸	۹/۳۰	۴۰/۱۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۳۰/۰	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه	کل منطقه
تعیین مکانی خاص برای نگهداری مجروحان	۱	„	„	الف	ب	ج	۷/۳۰	۸/۵۰	۱۰/۱۰	۲۰/۸	۹/۳۰	۴۰/۱۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۳۰/۰	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه	کل منطقه
ایمن سازی منطقه عملیاتی با قطع برق و آب و گاز	۱	„	„	الف	ب	ج	۷/۰۰	۷/۳۰	۵۵/۷	۳۰/۷	۷/۵۵	۸/۱۵	۰/۳۰	۰/۲۵	۲۰/۰	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه	کل منطقه
ثبت تعداد مجروحین	۱	„	„	الف	ب	ج	/۱۰ ۱۳	/۵۰ ۱۳	/۰۰ ۱۵	/۰۰ ۱۴	/۳۰ ۱۴	/۳۰ ۱۵	۰/۵۰	۰/۴۰	۳۰/۰	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه
آواربرداری از منطقه	۹	„	„	الف	ب	ج	۹	/۰۰ ۱۰	/۴۵ ۱۰	/۳۰ ۱۵	/۵۰ ۱۵	/۰۰ ۱۶	۶/۳۰	۵/۵۰	۱۵/۵	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه	بخشی از منطقه

۵- مراجع

[۱] جمعیت هلال احمر جمهوری اسلامی ایران- جمعیت هلال احمر خراسان، ۱۳۸۱، آئین نامه امداد و نجات، چاپ ایرانچاپ بجنورد.

[۲] سعیدی، علیرضا؛ آشنایی با اصول زنده یابی، مقالات برگزیده در سایت گروه نجات موج پیشرو، ۱۳۸۵. "www.mojepishro.net"

[۳] سعیدی، علیرضا؛ آشنایی با وظایف تیم آواربرداری در زمان ورود به منطقه عملیاتی، مقالات برگزیده در سایت گروه نجات موج پیشرو، ۱۳۸۵. "www.mojepishro.net"

[۴] مهرگان، محمدرضا؛ دری، بهروز؛ صارمی، محمود؛ تحقیق در عملیات، (جلد اول: چاپ سوم)، چاپ و صحافی دانشگاه الزهراء، ۱۳۸۱.

[۵] Boros E.; Hammer P. L.; Discrete Optimization. 11, Elsevier Science & Technology Books, 2003.

[۶] Daellenbach H. J.; George J. A.; Mcnickle D. C.; Introduction to Operations Research Techniques, Second Edition, Allyn and Bacon, 1983.

[۷] Durkin J.; Expert Systems: Design and Development, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1994.

[۸] Hagerstrand T.; What about People in Regional Science, Papers of the Regional Science Association, 24, pp: 1-12, 1970.

[۹] Hilier F.; Liberman G.; Introduction to Management Science, Maxwell Macmillan International Edition, 1992.

[۱۰] Hoare H. R.; Project Management Using Network Analysis, McGraw Hill, London, 1973.

[۱۱] Lee S. M.; Moore L. J.; Taylor B. W.; Management Science, Third Edition, Allyn and Bacon, 1990.

[۱۲] McBride S.; Ma D.; Escobar F.; Management and Visualization of Spatiotemporal information in GIS, SIRC 2002 –The 14th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre, University of Otago, Dunedin, New Zealand, 2002.

[۱۳] Medhi J.; Stochastic Models in Queuing Theory, Second Edition, Elsevier Science & Technology Books, 2002.

[۱۴] Miller H. J.; What about people in Geographic Information Science, Computers, Environment and Urban Systems, 27, 447-453, 2003.

[۱۵] Miller, H.J., Activities in Space and Time, Handbook of Transport 5: Transport Geography and Spatial Systems, Pergamon / Elsevier Science, 2004.

[۱۶] Randy A.; Ken K.; Optimization Compilers for Modern Architecture, Elsevier Science & Technology Books, 2001.

[۱۷] Osborne M. J.; Rubinstein A.; A Course in Game Theory, MIT Press, 1994.

[۱۸] Turban E.; Aronson J. E.; Decission Support Systems and Intelligent Systems, Fifth Edition, Prentice Hall College Div, 1997.

[۱۹] Wagner P. M.; Principles of Operations Research, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1985.

[۲۰] Yu H.; Shaw S. L.; Exploring Potential Human Activities in Physical and Virtual Spaces: A Spatio-temporal GIS Approach, International Journal of Geographic Information Science, 2006.