سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

سال دوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۸۹
Vol.2, No.2, Summer 2010
۸۷-۱۰۲

انتقال بهینه و مؤثر حادثه‌دیدگان به مراکز درمانی با کمک RFID و حل مسئله حمل‌ونقل در GIS

محمدرضا ملک*[۱]، مهدی قطبی‌نژاد[۲]

۱. استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲. کارشناس ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۷/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۳/۲۵

چکیده

برای کاهش تلفات در حوادث ـ اعم از طبیعی یا غیرطبیعی ـ مدیریت صحیح در امر امدادرسانی به حادثه دیدگان امری ضروری است. این امر می‌تواند تابعی از جمعیت حادثه‌دیدگان باشد. سیستم‌های اطلاعات مکانی با توانایی جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، روزآمد یا بهنگام‌سازی و بازیابی اطلاعات، کمک شایانی در تصمیم‌گیری ـ و به تبع آن مدیریت ـ خواهند کرد. با پیشرفت فناوری، امکان استفاده از ابزارهای جدید و امروزین در طراحی و پیاده‌سازی چنین سیستم‌هایی فراهم آمده است. در این مقاله، ضمن ارائه طرح کلی امدادرسانی بر پایه استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی، چگونگی به‌کارگیری ابزارهای شناسایی رادیویی، برای جمع‌آوری، نگهداری، روزآمد کردن یا بهنگام‌سازی و نیز بازیابی اطلاعات در قالب سیستم اطلاعات مکانی مطرح و تشریح می‌شود. این در حالی است که پیش‌تر استفاده از شناسایی رادیویی پیشنهاد شده بود، ولی به عنوان مؤلفه‌ای در سیستم اطلاعات مکانی طراحی نگشته بود. گردش کار مرسوم در امداد و نجات حادثه‌دیدگان نیز شرح داده می‌شود و مراحل مختلف رده‌بندی درمانی (تریاژ) با ذکر جزئیات بررسی می‌گردد. در ادامه نشان داده می‌شود که برای مدیریت امدادرسانی با روش‌های مرسوم چه مشکلاتی وجود دارد و چگونه می‌توان با به‌کارگیری روش پیشنهادی بر این مشکلات غلبه کرد. همچنین به عنوان مهم‌ترین نوآوری فعالیت حاضر، معلوم خواهد شد که بهینه‌سازی مدیریت انتقال حادثه‌دیدگان به مراکز درمانی، منجر به حل مسئله حمل‌ونقل می‌شود. راه‌حل مسئله حمل‌ونقل، با نیاز تخصیص مجروحان متناسب می‌گردد و الگوریتمی درست و مناسب برای حل آن ارائه می‌گردد. سرانجام در محیطی نرم‌افزاری، با استفاده از داده‌های نمونه، پیاده‌سازی صورت می‌گیرد.. از آنجا که موضوع انتقال حادثه‌دیدگان به یکی از موضوعات بهینه‌سازی بدل گردیده، بنابراین وجود و دریافت پاسخ بهینه نیز تضمین شده است.

کلیدواژه‌ها: تریاژ، شناسایی رادیویی، بهینه‌سازی، سیستم اطلاعات مکانی (GIS).

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، خیابان ولیعصر (عج)، تقاطع میرداماد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده نقشه‌برداری. تلفن: ۸۸۸۷۶۲۱۲
Email: mrmalek@kntu.ac.ir

۱- مقدمه

پیشرفت جوامع بشری، گسترش شهرنشینی و تمرکز انسان‌ها، دامنه تأثیرگذاری حوادث را از ابعاد کوچک آغازین به ابعاد بزرگ‌تری تبدیل کرده‌اند. حوادث طبیعی و غیرطبیعی باعث ایجاد تلفات گسترده در بین مردم حادثه‌دیده شده و بنابراین باید به جست‌وجو برای یافتن راهی به‌منظور کاهش تأثیرات و پیامدهای این گونه حوادث ـ قبل، حین و بعد از وقوع آنها ـ بود. برای کاهش تلفات در حوادث طبیعی و غیرطبیعی، مدیریت صحیح در امدادرسانی به حادثه‌دیدگان امری ضروری است. این موضوع زمانی بیشتر اهمیت می‌یابد که جمعیت زیادی در معرض خطر حادثه باشند. لازمه تصمیم‌گیری صحیح در مدیریت، شناخت کافی و وقوف به تمامی ابعاد حادثه، و همچنین آگاهی از نیازها و توانمندی‌ها و داشتن ابزارهای مناسب برای رویارویی مناسب با آنهاست. با بررسی نیازها، می‌توان دریافت که روندهای مرسوم پیشین برای ساماندهی امداد و نجات، و روش‌های انتقال آسیب‌دیدگان به مراکز درمانی، چندان مناسب و کامل به نظر نمی‌رسند. امروزه با وجود ابزارهای دارای فناوری پیشرفته می‌توان راه‌حل‌های تازه و مؤثرتری را برای برطرف کردن کاستی‌های روش‌های پیشین ارائه کرد. بدین ترتیب می‌توان به کاهش تلفات، تسریع امر امداد، و نجات و انتقال بموقع مصدومان و نظایر این امور امید بیشتری داشت. در وضعیت‌های اضطراری، باید امکانات محدود پزشکی را به مجموعه‌ای از حادثه‌دیدگان به نحوی اختصاص داد که اولویت افراد آسیب‌دیده‌تر رعایت شود و انتقال آنان به مراکز درمانی شکلی بهینه بیابد. دیگر اینکه انتقال باید به گونه‌ای باشد که در کمترین زمان صورت پذیرد. در این روند باید اطلاعات مربوط به حادثه‌دیدگان جمع‌آوری گردد و در تصمیم‌گیری‌های آینده به کار گرفته شود. همان‌گونه که در بیشتر منابع معتبر همچون فرهنگ Merriam Webster[1] آمده است، اولویت‌بندی حادثه‌دیدگان برای تخصیص منابع محدود پزشکی به آنها و انتقال بهینه آنان از محل حادثه به مراکز درمانی، تریاژ نامیده می‌شود. تریاژ باید به گونه‌ای انجام شود که تمام حادثه‌دیدگان با جمع‌آوری اطلاعات لازم و مرتبط، اولویت‌بندی شوند. در روند تریاژ زمان زیادی صرف جمع‌آوری و ثبت اطلاعات حادثه‌دیدگان می‌شود. با توجه به اهمیت سرعت در امدادرسانی، باید به دنبال روش‌هایی برای کم کردن زمان تریاژ نیز بود.

در دهه اخیر فناوری شناسایی رادیویی به عنوان مبنایی برای ارتباط و شناسایی اشیا بسیار رشد یافته است (Glover, 2006). گرچه عمر این فناوری زیاد نیست ولی زمینه‌های کاربردی فراوانی برای آن پیشنهاد شده است. در سیستم‌های رادیویی شناسامبنا، برخلاف سیستم رمزینه[2]، نیاز به ارتباط مستقیم برای دریافت کد شناسایی نیست. کد شناسایی در برچسب یا تگ مشتمل بر میکروچیپ متصل به آنتن ذخیره می‌شود. دستگاه فرستنده / گیرنده‌ای هم که اغلب تگ‌خوان نامیده می‌شود، با تگ ارتباط برقرار می‌کند و شماره شناسایی آن را می‌خواند. گرچه پیشنهاد استفاده از این فناوری داده شده (Noue et al., 2006)، ولی توجه به این نکته مهم است که سیستم‌های RFID به تنهایی هیچ ارزشی ندارند. گرچه این سیستم‌ها می‌توانند کدهای شناسایی را جمع‌آوری کنند، این کدها باید به اشیایی اختصاص یابند که مؤلفه اساسی آنها مکان است. در واقع این فناوری می‌تواند نقش و تأثیر یگانه‌ای در پایگاه داده ایفا کند و نحوه مدیریت داده‌ها را در مرکز سامان دهد.

نخستین قسمت امدادرسانی که از محل حادثه شروع می‌شود، یافتن و نجات مجروحان و حادثه‌دیدگان، به دست افراد متخصص است. در مرحله تریاژ، افراد مجروح و سانحه‌دیده و مصدوم براساس نیازشان به مراقبت‌های پزشکی تقسیم‌بندی می‌شوند. سه گروه عمده عبارت‌اند از: افرادی که به مراقبت‌های

1. www.merriam-webster.com
2. Bar code

پزشکی نیاز دارند، افرادی که به مراقبت‌های فوری یا عمل جراحی نیاز دارند، و جان‌باختگان یا آنهایی که امیدی به زنده ماندن‌شان نیست. انتقال گروه نخست ضرورتی ندارد، اما مراقبت‌های پزشکی برای گروه دوم باید انجام شود و در صورت لزوم به مراکز درمانی منتقل گردند. انتقال باید براساس اولویت‌بندی انجام گیرد در مرحله قبل انجام شود.

امدادرسانی و نجات حادثه‌دیدگان شامل بخش‌های مختلفی است. روند موجود را می‌توان مطابق شکل ۱ توصیف کرد. در این مقاله با بیان مراحل مختلف امدادرسانی به حادثه‌دیدگان، انتقال مؤثر و بهینه ایشان به مراکز درمانی تعریف می‌شود. با ارائه طرحی کلی برای امدادرسانی، به انتقال بهینه و مؤثر حادثه‌دیدگان کمک خواهیم کرد. در طرح کلی ارائه شده، از توانایی‌های ابزار RFID برای اولویت‌گذاری حادثه‌دیدگان استفاده شده است. برای انتخاب بیمارستان و انتقال بهینه، از توانایی‌های سیستم‌های اطلاعات مکانی استفاده می‌شود. انتقال حادثه‌دیدگان به مراکز درمانی در قالب مسئله حمل‌ونقل بیان می‌گردد. با حل مسئله حمل‌ونقل، انتقال بهینه حادثه‌دیدگان انجام می‌گیرد.

۲- مبانی

قبل از شرح، بهتر است نخست منظور از انواع انتقال حادثه‌دیدگان به مراکز درمانی توضیح داده شود. عملیات انتقال در صورتی مؤثر خواهد بود که انتقال به گونه‌ای انجام شود که بیشتر افراد حادثه‌دیده و کسانی که اولویت بالاتری برای دریافت کمک‌های پزشکی دارند، زودتر به مراکز درمانی برسند. اگر کمترین زمان ممکن صرف انتقال حادثه‌دیدگان به مراکز درمانی شود، انتقال بهینه نیز صورت گرفته است. با این پیش‌زمینه، به ارائه و معرفی شناسایی رادیویی و تریاژ پرداخته می‌شود.

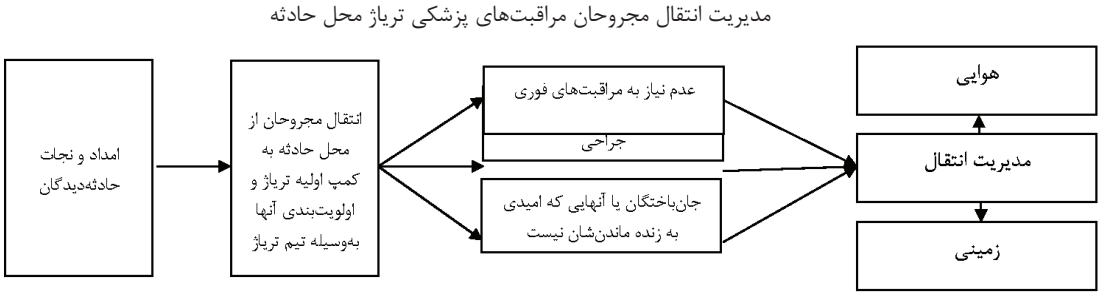
۲-۱- شناسایی رادیویی

سامانه شناسایی رادیویی از جدیدترین و پرکاربردترین فناوری‌های شناسایی خودکار است. روش شناسایی از طریق امواج رادیویی، در سیستم‌های AIDC[1] به منظور ایجاد سرعت و بهبود دقت برای ورود اطلاعات به کامپیوتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Glover, 2006). اساس کار در سیستم‌های شناسایی رادیویی، استفاده از امواج رادیویی برای شناسایی اشیا و حیوانات یا انسان‌هایی است که شناسه‌های رادیویی به آنها متصل شده‌اند. به طور کلی می‌توان سامانه شناسایی رادیویی را شامل دو قسمت اصلی شناسه رادیویی و دستگاه خواننده شناسه رادیویی دانست (Miles et al., 2008).

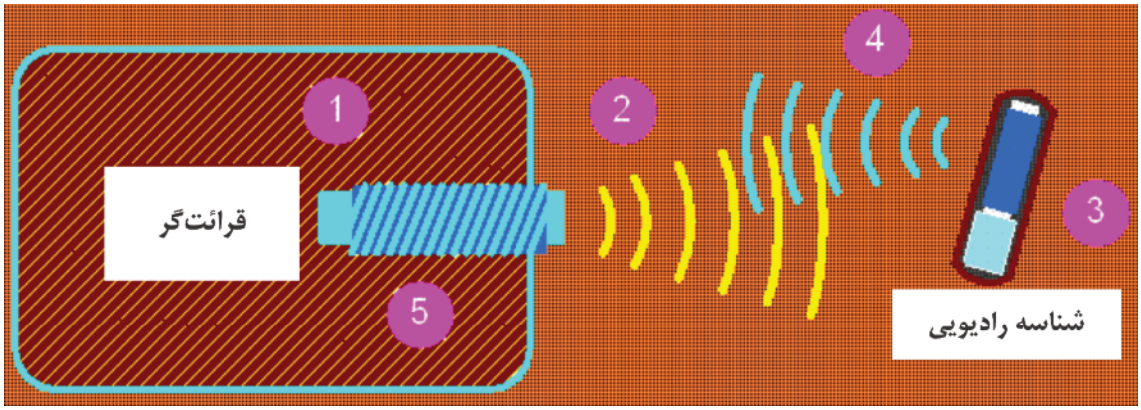
شناسه رادیویی قسمتی از سیستم است که اطلاعات مربوط به شیء در آن ذخیره و از روی آن بازیابی می‌شود. شناسه رادیویی خود دارای دو بخش اصلی مدار مجتمع و آنتن است. مدار مجتمع در واقع مغز شناسه است و اطلاعات مربوط به شیء مورد نظر در این قسمت ذخیره می‌شوند.

عملکردهای لازم برای سیستم عامل شناسه نیز در این قسمت برنامه‌ریزی می‌گردند. آنتن وظیفه دریافت و ارسال امواج رادیویی را برعهده دارد. دستگاه خواننده شناسه‌های رادیویی توانایی ثبت اطلاعات بر روی شناسه‌های رادیویی را به کاربر می‌دهد. همچنین به‌وسیله این دستگاه می‌توان اطلاعات ثبت شده بر روی شناسه‌های رادیویی را بازیابی کرد (Hunt et al., 2008). در سامانه شناسایی رادیویی ابتدا اطلاعات مربوط به شیء به‌وسیله دستگاه خواننده شناسه رادیویی، تلفیق بسامدی یا مدوله می‌شوند و پس از تبدیل شدن به امواج رادیویی، این امواج به شناسه رادیویی ارسال می‌گردند. آنتن، این امواج را در شناسه رادیویی دریافت می‌کند و امواج پس از دیمدوله شدن در مدار مجتمع ذخیره می‌شوند. برای بازیابی اطلاعات، معکوس چنین روندی صورت می‌گیرد. در شکل ۲ مراحل تشریح شده در سامانه شناسایی رادیویی نشان داده شده‌اند.

1. Auto ID Data Capture



شکل ۱. روند امدادرسانی ـ از امداد و نجات اولیه تا انتقال به مراکز درمانی



شکل ۲. نحوه عملکرد سامانه شناسایی رادیویی

۲-۲ تریاژ

تریاژ با انجام مراحلی که در ادامه می‌آید شکل می‌گیرد (Inoue et al., 2008). در نخستین گام، امدادرسانانی که به محل حادثه رسیده‌اند، منطقه‌ای را برای کمک‌های اولیه در نزدیکی محل حادثه ایجاد می‌کنند. در گام بعدی باید مرکزی برای هدایت و کنترل عملیات تریاژ برپا گردد. این مکان مرکز فرماندهی نامیده می‌شود.

مرحله نخست تریاژ درست بعد از عملیات جست‌وجو و نجات انجام می‌شود. پس از بیرون آوردن افراد حادثه‌دیده از محل حادثه و ایمن‌سازی محل، امدادرسانان وارد عمل می‌شوند و به اجرای مرحله یکم تریاژ می‌پردازند. در این مرحله امدادرسانان باید ظرف مدت ۳۰ ثانیه سطح مجروحیت را تشخیص دهند و کارت مشخصات تریاژ را الصاق کنند. هر کدام از کارت‌های مشخصات تریاژ رنگ مخصوص دارند که به کمک آن سطح مجروحیت شناخته می‌شود (Sylves, 2008).

همزمان با الصاق کارت‌های مشخصات تریاژ، اطلاعاتی چون تاریخ ورود اطلاعات، نام امدادرسان، سطح امدادرسان (دکتر، پرستار یا امدادرسان)، سن تقریبی مجروح، جنسیت حادثه‌دیده و میزان یا سطح مجروحیت این گونه افراد باید تا حد امکان به دست شخص امدادرسان نوشته شود. افراد حادثه‌دیده، از محل حادثه به منطقه‌ای با نام منطقه کمک‌های اولیه، انتقال داده می‌شوند. مرحله دوم تریاژ در منطقه کمک‌های اولیه، همزمان با کمک‌های اولیه که به شخص آسیب‌دیده داده می‌شود، در صورت امکان و

اطلاعات مربوط به تریاژ مرحله نخست ـ در حد امکان جمع‌آوری و در کارت مشخصات تریاژ نوشته می‌شود. سپس بیمارستان انتخاب می‌گردد. هنگام خروج فرد حادثه‌دیده از منطقه کمک‌های اولیه، نام بیمارستان هدف باید در کارت مشخصات تریاژ او نوشته شود. در روش سنتی کارت‌های مشخصات تریاژ یک برگ کپی کاربنی دارد که به بخش فرماندهی تریاژ داده می‌شود. وقتی آمبولانس به منطقه کمک‌های اولیه رسید، افراد حادثه‌دیده را به بیمارستان منتقل می‌کند. در داخل آمبولانس نیز اطلاعات مربوط به شخص حادثه‌دیده، تا هر حدی که مقدور باشد، جمع‌آوری می‌گردند و بر روی کارت مشخصات تریاژ نوشته می‌شوند.

سایر امدادرسانان که در بیمارستان‌ها حضور دارند، اطلاعات حادثه‌دیدگان انتقالی را جمع‌آوری می‌کنند. آمبولانس پس از رساندن مصدومان به بیمارستان به منطقه حادثه بازمی‌گردد و عملیات به همین شکل ادامه می‌یابد. در هنگام برگشت، شخص امدادرسان داخل آمبولانس یک برگ رو گرفت از کارت مشخصات تریاژ را به مرکز فرماندهی می‌رساند. در مرکز فرماندهی، اطلاعات حاصل از روگرفت‌های کاغذی جمع‌آوری می‌شوند و در قالب گزارش‌هایی به مراکز اطلاع‌رسانی اعلام می‌گردند.

با توجه به مراحلی که برای تریاژ به روش سنتی بیان شد، می‌توان نقاط ضعف آن را برشمرد. پرواضح است که روش جمع‌آوری اطلاعات افراد حادثه‌دیده از دو طریق بر سرعت انتقال بیماران تأثیر می‌گذارد. نخست آنکه در روش سنتی امدادرسان باید در حداقل زمان، بیشترین اطلاعات ممکن را در کارت‌های مشخصات تریاژ بنویسد (که با توجه به شرایط محیطی محل حادثه کار بسیار دشواری است)؛ دیگر آنکه در مرحله قبل از انتخاب بیمارستان و انتقال حادثه‌دیدگان به مراکز درمانی فقط به اطلاعات معیّن و خاصی نیاز است، اما امدادرسانان برای تکمیل اطلاعات باید بیشترین اطلاعات ممکن را پیش از مرحله انتقال مجروحان به بیمارستان جمع‌آوری و آنها را ثبت‌کنند که این خود سبب کندی روند تریاژ می‌شود. گردآوری و بازیابی اطلاعات در روش سنتی، به صورت دستی انجام می‌شود و تهیه گزارش‌های آماری را با مشکل همراه می‌سازد. همچنین احتمال گم‌شدگی یا پاره‌شدگی کارت مشخصات تریاژ وجود دارد.

با بررسی روند جمع‌آوری اطلاعات در سیستم تریاژ، برخی از نیازهای فنی از این دست مطرح می‌گردند:

۱- جامعیت داده‌ها[1]

اطلاعات شخص حادثه‌دیده نباید پس از ثبت از بین برود؛ اما در روند تریاژ سنتی اطلاعات کامل شخص حادثه‌دیده، در صورت گم‌شدن یا پاره‌شدن کارت مشخصات تریاژ بازیافتنی نخواهد بود.

۲- سرعت ثبت داده‌ها

سرعت ورود داده‌ها به سیستم و ثبت شدن آنها باید تا حد ممکن کوتاه باشد.

۳- دسترسی دائمی[2]

افراد امدادرسان باید در هر زمان و مکان بتوانند اطلاعات مربوط به شخص حادثه‌دیده را وارد کنند.

۴- کوتاه بودن زمان نهفتگی داده‌ها

باید مشاهده و بازیابی سریع اطلاعات مختلفی که امدادرسانان در مراحل تریاژ جمع‌آوری می‌کنند، در مرکز فرماندهی امکان‌پذیر باشد. در روند تریاژ مرسوم، اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل یکم و دوم تریاژ تنها با بازگشت آمبولانس به محل حادثه، در دسترس مرکز فرماندهی قرار می‌گیرد.

۳- طرح پیشنهادی امدادرسانی

طرح پیشنهادی شامل دو بخش اصلی است: بخش نخست سیستم تریاژ بر پایه سامانه شناسایی رادیویی است؛ و بخش دوم در واقع سیستم اطلاعات مکانی بر پایه سیستم تریاژ است. برای این منظور می‌توان از یکی از سیستم‌های تحت وب به همراه پشتیبانی شبکه

1. Data integrity
2. Availability

سیار سود جست. سیستم اطلاعات مکانی برای تکمیل بخش نخست و به‌منظور بهبود مدیریت انتقال حادثه‌دیدگان طراحی می‌شود.

۳-۱- سیستم تریاژ بر پایه سامانه شناسایی رادیویی

مؤلفه‌های اساسی سیستم تریاژ برمبنای شناسایی رادیویی شامل کارت شناسایی تریاژ، تجهیزات و پایانه‌های ارتباطی داده‌هاست، که در ادامه شرح داده می‌شوند.

کارت مشخصات تریاژ، فرُمی اطلاعاتی است که مشخصات و اطلاعات فرد حادثه دیده در آن وارد می‌شود. به همراه آن یک شناسه رادیویی با حافظه‌ای که امکان خواندن و نوشتن بر آن وجود دارد، با حجم و فرکانس مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرد. پایانه داده‌های مرحله نخست تریاژ، از جمله پایانه‌های داده‌های همراه است که شخص امدادرسان از آن استفاده می‌کند. این پایانه داده‌ها باید مجهز به دستگاه خواننده شناسه‌های رادیویی و همچنین تجهیزات اتصال به شبکه بی‌سیم باشد. شخص امدادرسان اطلاعات مربوط به شخص حادثه‌دیده را وارد می‌کند و سپس با استفاده از دستگاه خواننده شناسه رادیویی، این اطلاعات را در شناسه رادیویی ذخیره می‌سازد. همچنین اطلاعات از طریق شبکه ارتباطی بی‌سیم به سِروِر مرکزی منتقل می‌شوند. در مواردی که شبکه بی‌سیم وصل نباشد، اطلاعات در پایانه داده‌ها ذخیره می‌گردند و به محض برقراری ارتباط به سِروِر مرکزی فرستاده می‌شوند. اطلاعات ثابت مانند تاریخ و نام و رده شخص امدادرسان و نظایر اینها به صورت خودکار به‌وسیلهٔ پایانه وارد می‌شوند. پایانه داده‌های مرحله دوم تریاژ، شبیه به پایانه مرحله نخست تریاژ است که شخص امدادرسان در مرحله دوم از آن استفاده می‌کند. در مرحله انتخاب بیمارستان، باز هم شبیه به موارد قبل، شخص امدادرسان از پایانه داده‌های همراه استفاده می‌کند.

پایانه داده‌های داخل آمبولانس، رایانه‌ای کوچک و مجهز به دستگاه خواننده شناسه رادیویی و تجهیزات اتصال به شبکه بی‌سیم است که در هر آمبولانس وجود دارد. شخص امدادرسان می‌تواند سایر اطلاعات مربوط به شخص حادثه‌دیده را که تا این مرحله از تریاژ وارد نشده است ثبت کند. پایانه داده‌های درون بیمارستان، شبیه به پایانه داده‌های داخل آمبولانس‌هاست؛ یعنی دارای رایانه‌ای مجهز به تجهیزات اتصال به شبکه بی‌سیم و دستگاه خواننده شناسه رادیویی است که شخص امدادرسان درون بیمارستان از آن استفاده می‌کند. پایانه داده‌های مرکز فرماندهی، رایانه‌ای مجهز به شبکه بی‌سیم است که در محل فرماندهی عملیات تریاژ قرار می‌گیرد و شخص امدادرسان اطلاعات را از طریق جست‌وجوگر شبکه از سرور مرکزی دریافت می‌کند.

در سرور مرکزی پایگاه داده‌هایی از اطلاعات مربوط به افراد حادثه‌دیده تشکیل می‌شود؛ و بهتر است که سرور در جایی دور از محل حادثه قرار گیرد. سرور مرکزی، اطلاعات فرستاده شده از پایانه داده‌های ذکر شده را در پایگاه داده‌های مربوط ذخیره می‌کند و به تقاضاهایی که از درخواست‌کنندگان گوناگون ارسال شده‌اند پاسخ می‌دهد. همچنین سرور مرکزی اطلاعات مربوط به اشخاص حادثه‌دیده را که از پایانه داده‌های مختلف ارسال می‌شود، روزآمد یا بهنگام‌سازی می‌کند.

۳-۲- روند کاری پیشنهادی

در این بخش مراحل مختلف کاری در طرح جامع امدادرسانی پیشنهادی شرح داده می‌شود. امدادرسان مسئول مرحله نخست تریاژ اطلاعات هر شخص حادثه دیده را تا حد امکان در پایانه داده‌های مرحله یکم وارد می‌سازد، و سپس این اطلاعات را شناسه‌های رادیویی مربوط ثبت و ذخیره می‌کنند. بلافاصله شناسه رادیویی به همراه شناسه کاغذی تریاژ، به‌منظور اطمینان بیشتر به شخص مصدوم متصل می‌شود. اطلاعات شخص حادثه دیده، به محض اینکه امکان ارتباط با شبکه

بی‌سیم برقرار گردد، به سرور مرکزی فرستاده می‌شود. امدادرسان در مرحله دوم ابتدا اطلاعات مربوط به هر شخص حادثه دیده را از شناسه رادیویی متصل به او می‌خواند. او این کار را به وسیله پایانه داده مربوط به مرحله دوم تریاژ انجام می‌دهد. اطلاعات موجود در صورت لزوم افزوده یا روزآمد می‌شوند. امدادرسان در مرحله انتخاب بیمارستان با استفاده از رابط کاربر موجود، بیمارستان مناسب برای انتقال فرد حادثه دیده را از خدمات دهنده دریافت می‌کند. سپس بیمارستان انتخاب شده را در شناسه رادیویی مربوط به فرد حادثه دیده ثبت و ذخیره‌سازی می‌کند.

امدادرسان در هر آمبولانس، ابتدا با استفاده از رابط کاربر که مخصوص سیستم اطلاعات مکانی طراحی شده و با معرفی مقصد آمبولانس که همان بیمارستان انتخاب شده در مرحله قبل است، مسیر پیشنهادی را از خدمات‌دهنده سیستم اطلاعات مکانی دریافت می‌کند. سپس همانند مرحله دوم تریاژ به تکمیل اطلاعات فرد حادثه دیده و ثبت آن در شناسه رادیویی متصل به او می‌پردازد. امدادرسان در هر بیمارستان نیز، پس از انتقال هر فرد حادثه‌دیده به آنجا، روند تکمیلی اطلاعات او را انجام می‌دهد و در شناسه رادیویی متصل ثبت می‌کند. مدیر امدادرسانی در مرکز فرماندهی تریاژ، روند کاری تریاژ را با مشاهده اطلاعات افراد حادثه‌دیده که از طریق ارتباط با سِروِر مرکزی برای او فراهم می‌شود، زیر نظر دارد. این ارتباط همانند آنچه که در مراحل انتخاب بیمارستان و انتقال حادثه‌دیدگان صورت گرفت، می‌تواند از طریق جست‌وجوگر شبکه انجام شود.

۳-۳- طرح مسئله مکانی

براساس آنچه که شرح داده شد، سیستم اطلاعات مکانی طراحی شده باید دو سرویس انتخاب مرکز درمانی و مسیریابی را انجام دهد. به عبارت دیگر، تعداد مشخصی از افراد حادثه‌دیده وجود دارند که باید به مراکز درمانی با ظرفیت‌های مشخص انتقال داده شوند. این انتقال باید مؤثر و بهینه باشد. می‌توان تعریف صحیح و علمی مسئله را بدین‌گونه عنوان کرد که: (به عنوان مثال) در محدوده‌ای مشخص حادثه‌ای رخ داده است که تعداد حادثه‌دیدگان و اولویت انتقال آنان با انجام مراحل مختلف تریاژ تعیین شده است. مراکز خدمات درمانی از قبیل بیمارستان‌ها ـ و ظرفیت آنها ـ معین است و در پایگاه داده‌ها نیز وجود دارد. حال هدف در واقع تخصیص مؤثر و بهینه حادثه‌دیدگان به مراکز درمانی از طریق راه‌های ارتباطی است. می‌توان دید که این مورد، در بهینه‌سازی شبکه حمل‌ونقل مطرح است. در سیستم پیشنهادی از مدل‌های جریان شبکه‌ای برای تبیین ریاضی و حل مسئله بهینه‌سازی استفاده شده است.

۳-۴- مدل جریان شبکه

فرض کنید $G=(N,A)$ شبکه‌ای جهت‌دار را ارائه و معرفی می کند. تابع هزینه c_{ij}، حد پایین جریان l_{ij} و ظرفیت u_{ij} برای هر یال این شبکه $(a_i,a_j)\in A$ نیز داده شده است. برای هر رأس $a_i\in N$ یک عدد صحیح $b(i)$ طوری تخصیص داده می‌شود که معرف میزان تقاضا یا عرضه آن رأس باشد. اگر $b(i)\rangle 0$ باشد آن‌گاه رأس i یک رأس عرضه است؛ و اگر $b(i)\langle 0$ باشد آن‌گاه رأس i یک رأس تقاضاست؛ و اگر $b(i)=0$ باشد آن‌گاه رأس i یک رأس عبوری خواهد بود. با فرض $m=|A|$ و $n=|N|$ مسئله حداقل هزینه جریان شبکه با رابطه (۱) بیان می شود (Ball et al., 1995).

رابطه (۱)

$$\min \sum_{(i,j)\in A} c_{ij}x_{ij}$$

همچنین داریم :

رابطه (۲)

$$\forall a_i\in N \quad \sum_{\{j:\,(i,j)\in A\}} x_{ij} - \sum_{\{j:\,(j,i)\in A\}} x_{ji} = b(i)$$

رابطه (۳)

$$\forall (a_i,a_j)\in A \qquad l_{ij}\le x_{ij}\le u_{ij}$$

بردار $X=(x_{ij})$ به نام بردار جریان در شبکه شناخته می‌شود. طبق رابطه شرط (۲)، تفاضل تمام جریان ورودی به یک رأس از مجموع جریان خروجی از آن رأس باید با میزان عددی تقاضا / عرضه آن رأس برابر باشد. این شرط با نام شرط «تعادل جریان» معروف است. همچنین جریان عبوری از هر یال باید از ظرفیت آن یال کمتر، و از حداقل جریان عبوری تعریف شده برای آن یال بیشتر باشد که در رابطه (۳) آورده شده است. این شرط، «حدود جریان» نامیده می‌شود.

در فرم ماتریسی، مسئله «حداقل هزینه جریان عبوری» بدین صورت بیان می‌گردد:

رابطه (۴)

$$\text{Min} \quad \{ CX: \quad NX=b \quad , \quad l\le x\le u\}$$

که در آن N ماتریس تلاقی رأس- یال، شبکه مورد نظر، C ماتریس هزینه برای یال‌های شبکه و X بردار جریان است. با توجه به شروط بیان شده، می‌توان به این نکات پی برد:

الف) با جمع کردن تمام شروط تعادل جریان با یکدیگر خواهیم داشت:

رابطه (۵)

$$\sum_{\{i\in N:\ b(i)>0\}} b(i) = \sum_{\{i\in N:\ b(i)<0\}} -b(i) \quad \sum_{i\in N} b(i)=0$$

به عبارت دیگر، مجموع تقاضاها باید برابر با مجموع عرضه‌ها باشد.

ب) در صورت یکسان بودن مجموع عرضه‌ها و تقاضاها، با جمع کردن تمامی معادلات شرط تعادل جریان، معادله $0X=0$ به دست می‌آید. به عبارت دیگر، هر معادله شرط برابر با قرینه مجموع تمام معادلات شرط دیگر است و بنابراین معادله‌ای است غیرمستقل.

حالات خاص:

کوتاه‌ترین مسیر: هدف در این مسئله، تعیین مسیری جهت‌دار با کمترین هزینه از یک رأس به تمامی رئوس دیگر است. با در نظر گرفتن شرایط زیر در مسئله «حداقل هزینه جریان» جواب مسئله کوتاه‌ترین مسیر خواهد بود. برای رأس شماره یک $b(1)=(n-1)$ که n تعداد رئوس شبکه است، و برای تمامی رئوس دیگر $b(i)=-1$، تابع هزینه C_{ij} برای هر یال (i,j) برابر با طول آن یال در نظر گرفته می‌شود؛ و حداقل جریان عبوری برای هر یال $(l_{ij}=0)$ و ظرفیت تمام یال ها را می‌توان برابر با n در نظر داشت. در چنین شرایطی جواب مسئله «حداقل هزینه جریان» یک واحد از جریان را از طریق کوتاه‌ترین مسیر به تمام رئوس دیگر می فرستد.

بیشینه جریان: هدف در اینجا، گسیل بیشترین حد ممکن جریان از یک رأس s عرضه، به یک رأس t تقاضاست. در مسئله کمترین هزینه جریان اگر یک یال اضافی (t,s) با هزینه $c_{ts}=-1$ و ظرفیت $u_{ts}=\infty$ در نظر گرفته شود و تمامی رئوس دارای مقادیر تقاضا و عرضهٔ صفر باشند، و دیگر اینکه تمامی یال‌ها جز یال (t,s) نیز دارای هزینه صفر باشند، در این صورت حل مسئله کمترین هزینه جریان باعث عبور بیشترین حد جریان از رأس s به رأس t خواهد شد.

واگذاری: داده‌ها در مسئله واگذاری عبارت‌اند از مجموعه‌ای از افراد با نام N1 و مجموعه‌ای از کارها با نام N2، با شرط اینکه $|N1|=|N2|$؛ یعنی تعداد اعضای مجموعه افراد با اعضای مجموعه کارها یکسان باشد. همچنین مجموعه ای از زوج های مرتب $A\subseteq N1\times N2$ را دارند که عبارت است از تمام راه‌های ممکن برای واگذاری کاری به یک فرد.

تابع هزینه c_{ij}، برای هر زوج مرتب (i,j) در نظر گرفته می‌شود. هدف واگذاری هر کار دقیقاً به یک فرد است، به نحوی که با کمترین هزینه ممکن همراه باشد. مسئله واگذاری را می توان همان مسئله کمترین هزینه جریان بر روی یک شبکه $G=(N1\cup N2, A)$ دانست، به شرطی که برای تمام رئوس متعلق به N1،

$b(i)=1$ و بـرای تمـام رئـوس متعلـق بـه $N2$، $b(i)=-1$ باشد؛ و برای تمام یال های (i,j) متعلق به A نیز: $l_{ij}=0$ $u_{ij}=1$

مسئله حمل و نقل: مسئله حمل و نقـل در بـستر شبکه $G=(N1\cup N2,A)$ در نظر گرفتـه مـی‌شـود. رئوسی با میزان تقاضا و عرضـه مـشخص وجـود دارنـد. یال‌های بین این رئوس نیز با ظرفیت‌ها و هزینـه هـای تعریف شده وجود دارند. هدف انتقال تمام عرضه ها بـه تمام تقاضاهاست، به گونـه ای کـه انتقـال بـا کمتـرین هزینه همراه باشد. مـسئله کمتـرین هزینـه جریـان بـا شرایطی که در ادامه ذکر می‌گردد، جزو مسائل حمل و نقل خواهد بود.

داده‌هـا در مـسئله حمـل و نقـل عبـارت‌انـد از مجموعه‌ای از رئوس عرضه با نام $N1$، و مجموعه ای از رئوس تقاضا بـا نـام $N2$. در اینجـا بـر خـلاف مـسئله واگذاری، شرط $|N2|=|N1|$ لزومـی نـدارد. بـه رئـوس عرضـه اعـداد مثبـت و بـه رئـوس تقاضـا اعـداد منفـی اختصاص داده می‌شود. وجود رئوس عبـوری نیـز مجـاز است.

رابطه (۶)

$$\begin{cases} b_i = s & s\in Z, s>0 \quad \text{برای تمام رئوس } N_1 \\ b_i = d & d\in Z, d<0 \quad \text{برای تمام رئوس } N_2 \end{cases}$$

همچنین برای تمام یال‌های (i,j) عضو مجموعـه A، ظرفیت u_{ij} با جمع جبری اندازه بیشترین مقدار عرضه و انـدازه کمتـرین مقـدار تقاضـا، برابـر گرفتـه مـی‌شـود. کمترین جریان عبوری ممکن نیز صـفر در نظـر گرفتـه می‌شود. به عبارت دیگر، جریان منفی در یال‌هـا وجـود نخواهد داشت.

رابطه (۷)

$$\begin{cases} l_{ij}=0 \\ u_{ij}=|\mathrm{Max}(s)|+|\mathrm{Min}(d)| \end{cases}$$

۴- تبیین ریاضی مسئله امدادرسانی

با توجه به مطالـب ذکـر شـده در فـصل سـوم، انتقـال حادثه‌دیدگان از محل حادثه به مراکز درمـانی در قالـب پاسخ به مسئله‌ای مربوط به حمل‌ونقل به گونه‌ای بهینه و مؤثر صورت می‌پذیرد. اکنـون کوشـش مـی‌گـردد تـا انتقال حادثه‌دیدگان در قالب مسئله حمل‌ونقل توصیف شود با توجه به اینکـه منطقـه حادثـه‌دیـده یـک رأس تقاضا، مراکز درمانی رئوس عرضه، و مسیرهای ارتباطی نیز یال‌های شبکه را تشکیل می‌دهند، آن‌گاه بـرای هـر یال ظرفیت و تابع هزینه مختص به آن وجود دارد.

برای داشتن جوابی منحصر به فرد، باید شرط تعادل جریان در طرح صورت مسئله رعایـت گـردد. در حالـت کلی دلیلی بر یکسان بـودن ظرفیـت بیمارسـتان‌هـا یـا تعداد حادثه‌دیدگان ـ که همـان شـرط تعـادل جریـان است ـ وجود ندارد. برای تبیین مسئله سه حالت در نظر گرفته می‌شود. ظرفیت بیمارستان‌های موجود در پایگاه داده، «کمتر یا مساوی یا بیشتر» از تعداد حادثه‌دیدگان باشـد. در حالـت نخـست، بایـد بیمارسـتان یـا بیمارستان‌های جدیدی به پایگاه داده اضـافه گـردد تـا ظرفیت بیمارستانی با تعداد حادثه‌دیدگان مساوی یـا از آن بیشتر شود ـ که آن‌گاه حـالات دوم و سـوم خواهـد بود. برای اضافه کردن بیمارستان‌های جدید معیارهـای نزدیکی به محل حادثه و داشتن ظرفیتخالی را بایـد در نظر گرفت. این کار در سیستم با استفاده از تحلیل‌های مکانی در بستر شبکه حمل‌ونقـل انجـام مـی‌پـذیرد. در صورت بیشتر بـودن ظرفیـت بیمارسـتان‌هـای انتخـاب شده، ازآخرین این بیمارستان‌ها تعدادی ظرفیت در نظر گرفته می‌شود که شرط تعادل جریان برقرار گردد. حال شرایط مسئله حمل‌ونقل ایجاد شـده اسـت. در تعیـین بیمارسـتان بـرای حادثـه‌دیـدگان، بایـد کـه اولویـت حادثه‌دیدگان در انتقال در نظر گرفته شـود و در عـین حـال کمتـرین زمـان صـرف انتقـال آنـان گـردد. حادثه‌دیـدگان بـا انجـام مراحـل تریـاژ در طـرح کلـی امدادرسانی، اولویت‌دهی می‌شوند و انتقال مؤثر براساس اولویت انجام می‌گیرد. با حـل مـسئله انتقـال در قالـب

مسئله حمل‌ونقل، انتقال بهینه نیز صورت می‌پذیرد. در ادامه ضمن حل مسئله‌ای نمونه، انتقال حادثه‌دیدگان به مراکز درمانی با بیان ریاضی در قالب مسئله عمومی حمل‌ونقل بیان می‌گردد و به ارائه راه حل پرداخته می‌شود. حال با فرض اینکه در سه منطقه A۱ و A۲ و A۳ حادثه رخ داده است، مجروحان و حادثه‌دیدگان باید به چهار مرکز درمانی که در منطقه مورد نظر وجود دارند منتقل شوند. این مراکز درمانی با B۱ و B۲ و B۳ و B۴ نمایش داده می‌شوند. تعداد حادثه‌دیدگان با a۱ و a۲ و a۳، و ظرفیت بیمارستان‌ها با b۱ و b۲ و b۳ و b۴ مشخص می‌گردند. طبق آنچه که برای حل مسئله کمترین هزینه جریان مطرح شد، وجود جواب یگانه با برقراری این شرط الزامی است:

$$a_1 + a_2 + a_3 = b_1 + b_2 + b_3 + b_4$$

هزینه انتقال هر حادثه‌دیده از A۱ به B۱ با c_{11} نشان داده می‌شود؛ و x_{11} تعداد بیمار منتقل شده از A۱ به B۱ است. در شکل ۳ تمام ارتباطات ممکن نشان داده شده است.

بیماران منتقل‌شده از محل حادثه A۱ به تمام بیمارستان‌ها باید برابر با a۱(i) باشند.

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} = a_1 \quad (i)$$

همچنین:

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} = a_2 \quad (ii)$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} = a_3 \quad (iii)$$

دیگر اینکه با برقراری شرط تعادل جریان، بیماران منتقل شده به هر بیمارستان موجود در سایت‌های حادثه نیز باید با ظرفیت بیمارستان برابر باشند.

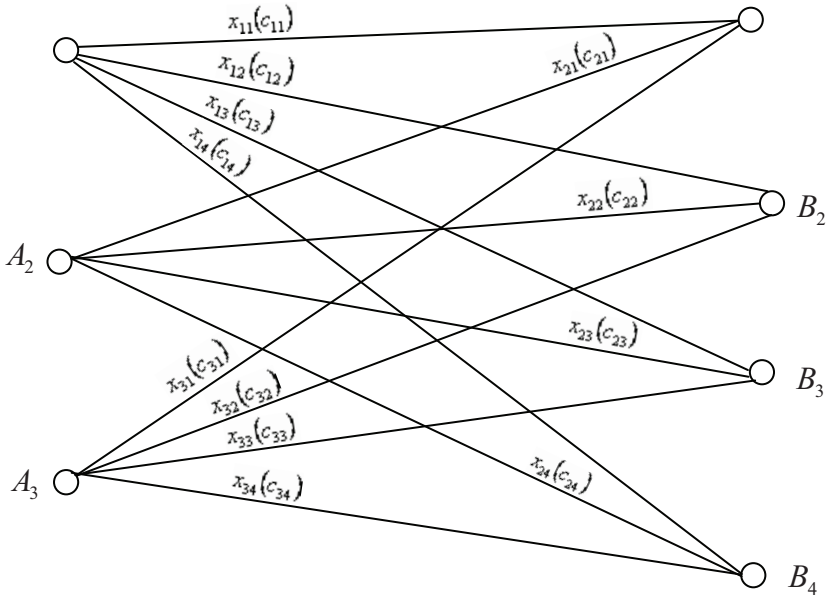
$$X_{11} + X_{21} + X_{31} = b_1 \quad (iv)$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} = b_2 \quad (v)$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} = b_3 \quad (vi)$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} = b_4 \quad (vii)$$

با کمک روابط i تا vii می‌توان به ترسیم جدول ۱ پرداخت.



شکل ۳. ارتباطات ممکن بین مراکز درمانی و محل‌های وقوع حادثه

جدول ۱. مسئله حمل‌ونقل برای امدادرسانی

مرکز درمانی / محل حادثه	B_1	B_2	B_3	B_4	تعداد حادثه‌دیدگان
A_1	$X_{11}(C_{11})$	$X_{12}(C_{12})$	$X_{13}(C_{13})$	$X_{14}(C_{14})$	a_1
A_2	$X_{21}(C_{21})$	$X_{22}(C_{22})$	$X_{23}(C_{23})$	$X_{24}(C_{24})$	a_2
A_3	$X_{31}(C_{31})$	$X_{32}(C_{32})$	$X_{33}(C_{33})$	$X_{34}(C_{34})$	a_3
ظرفیت بیمارستان	b_1	b_2	b_3	b_4	

هزینه انتقال حادثه‌دیدگان از محل‌های حادثه $A_i(i=1,2,3)$ به بیمارستان‌های $B_j(j=1,2,3,4)$، برابر است با رابطه (viii):

$$Z=\sum_{i,j} c_{ij}x_{ij} \qquad \text{(viii)}$$

به عبارت دیگر، هزینه انتقال کل حادثه دیدگان به مراکز درمانی با رابطه (viii) به‌دست می آید. هدف در واقع به‌دست آوردن مجموعه جوابی برای معادلات (i) تا (vii) است، به نحوی که تابع خطی(viii) کمترین مقدار را داشته باشد.

در حالت کلی اگر m محل حادثه و n مرکز درمانی در نظر گرفته شوند، می‌توان مسئله حمل‌ونقل را با دسته روابط ۸ بیان کرد.

رابطه (۸)

رابطه (۸-۱) $\sum_{m}^{n} x_{ij}=s_i$ برای $i=1,2,...,m$

رابطه (۸-۲) $\sum_{i=1}^{i=1} x_{ij}=d_j$ برای $j=1,2,...,n$

برای تمام مقادیر $x_{ij}\geq \circ : j,i$

رابطه (۸-۳) تابع هزینه $Z=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij}$

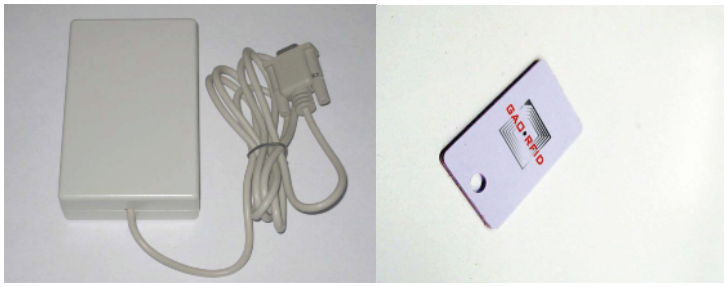
رابطه (۸-۱) بیانگر برابری مجموع حادثه‌دیدگان انتقالی از محل‌های حادثه به سمت تمام بیمارستان‌ها، با تعداد افراد حادثه‌دیده در هر محل است. رابطه (۸-۲) بیان می‌کند که مجموع حادثه‌دیدگان منتقل شده به هر بیمارستان برابر با ظرفیت اعلام شدهٔ آن بیمارستان است.

مجموعه مقادیر x_{ij} ها را در رابطه‌های (۸-۱) و (۸-۲) باید به گونه‌ای به‌دست آورد که تابع هزینه (۸-۳) کمترین مقدار خود را داشته باشد.

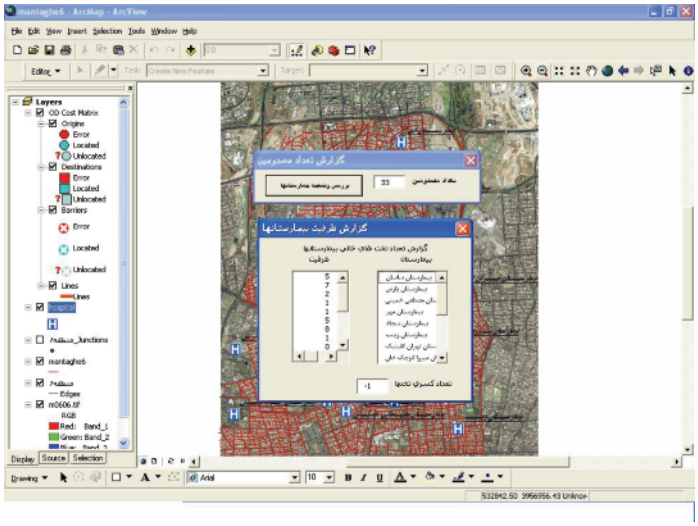
۵- پیاده‌سازی

همان‌طور که در طرح کلی امدادرسانی شرح داده شد، برای شناسه‌گذاری حادثه‌دیدگان، علاوه بر کارت‌های مشخصات تریاژ از شناسه‌های رادیویی استفاده شده است. برای این منظور، شناسه‌های منفعل با حجم یک کیلوبایت و فرکانس ۱۳/۵۶ هرتز به کار رفته است (شکل ۴). اطلاعات مربوط به شخص حادثه‌دیده، نام و نام‌خانوادگی امدادرسان و تاریخ و زمان ورود اطلاعات در شناسه رادیویی ذخیره می‌شوند. برای ورودی اطلاعات به شناسه رادیویی، با استفاده از زبان برنامه‌نویسیJAVA، رابط کاربر طراحی شده است.

منطقه انتخاب شده برای پیاده‌سازی، منطقه شش تهران به دلیل تراکم جمعیتی بالا، راه‌های ارتباطی نامنظم و وجود مراکز درمانی متعدد در آن بوده است. برای آنکه بتوان آنالیزهای شبکه‌ای را انجام داد، ابتدا لازم است ساختار داده‌های شبکه‌ای ایجاد گردد. در اینجا منظور از شبکه، شبکه حمل‌ونقل است. در ایجاد ساختار داده‌های شبکه‌ای، از داده‌های نقطه‌ای و خطی و تعریف گردش‌ها استفاده می‌شود. داده‌های خطی برای نمایش مسیرهای ارتباطی و داده‌های نقطه‌ای برای نمایش مکان‌های خاص و تقاطع‌ها در شبکه ارتباطی استفاده می‌شوند.



شکل ۴. شناسه رادیویی و دستگاه خواننده شناسه رادیویی استفاده شده برای پیاده‌سازی



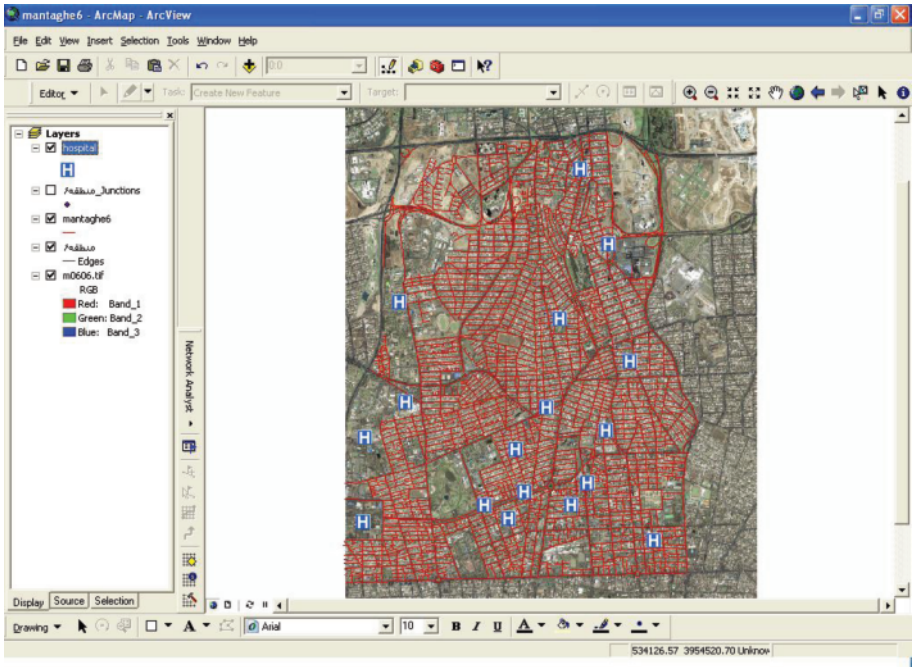
شکل ۵. عکس نقشه منطقه ۶ تهران، به همراه مرکز درمانی داخل آن

برای ایجاد ساختار داده شبکه‌ای مسیرهای ارتباطی منطقه شش تهران از نرم‌افزار ArcGIS Desktop استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده برای ایجاد ساختار داده‌های شبکه‌ای مسیرهای ارتباطی منطقه شش تهران عبارت بودند از نقشه خیابان‌ها و راه‌های این منطقه با مقیاس ۱/۲۰۰۰، جدول اطلاعات توصیفی خیابان‌های منطقه شش تهران، مراکز درمانی واقع شده در منطقه و عکس طیفی رنگی از منطقه مورد نظر، با قدرت تفکیک مکانی چهار متر تهیه شده از ماهواره Ikonos. شکل ۵ ساختار شبکه‌ای ایجاد شده و مراحل اجرایی پیاده‌سازی را نمایش می‌دهد.

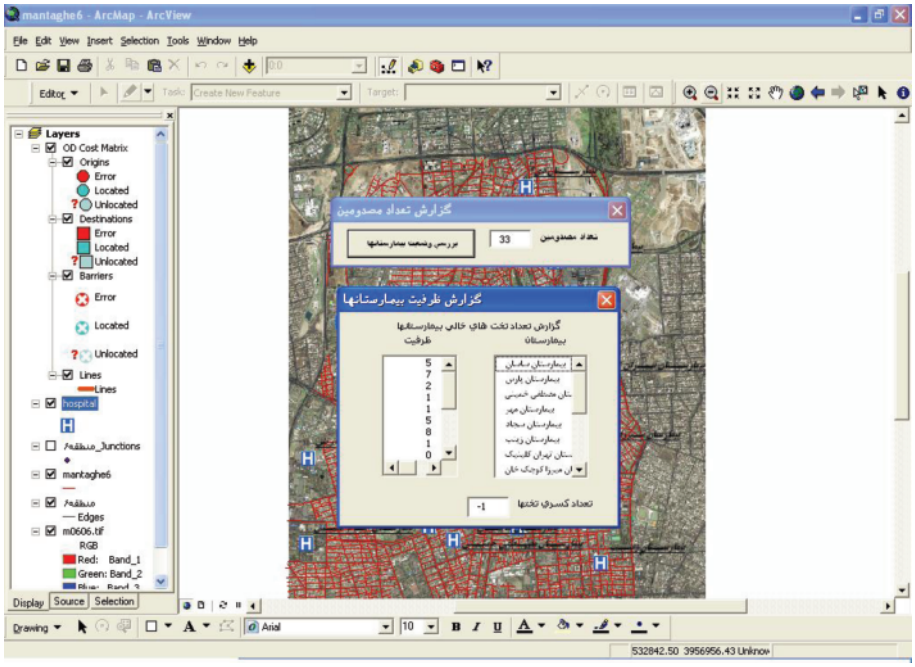
سپس اطلاعات مراکز درمانی تهیه و جانمایی شد. شکل ۶ ساختار داده‌های شبکه‌ای برای منطقه ۶ تهران و مراکز درمانی موجود را نمایش می‌دهد. در شکل ۷ نحوه گزارش‌گیری از ظرفیت بیمارستان‌ها و ظرفیت‌های مورد نیاز برای برقراری شرط تعادل جریان نشان داده شده است.

پس از ایجاد ساختار داده شبکه‌ای، باید مکان مراکز درمانی، همچنین محل یا محل‌های حادثه را در ساختار داده‌های شبکه‌ای، تعیین کرد. با تعیین این جایگاه‌ها، در حقیقت مکان نقاط عرضه و نقاط تقاضا در مقولهٔ حمل‌ونقل مشخص شده‌اند. معیار برای محاسبه ماتریس، هزینه زمان دسترسی است. زمان را می‌توان با ترکیب سرعت متوسط وسایل نقلیه و مسافت بین محل حادثه تا مراکز درمانی به‌دست آورد. با یکسان در نظر گرفتن سرعت متوسط آمبولانس‌ها، مسافت عامل اصلی تأثیرگذار در محاسبه ماتریس هزینه خواهد بود. حال از سیستم خواسته می‌شود که با توجه به زمان دسترسی

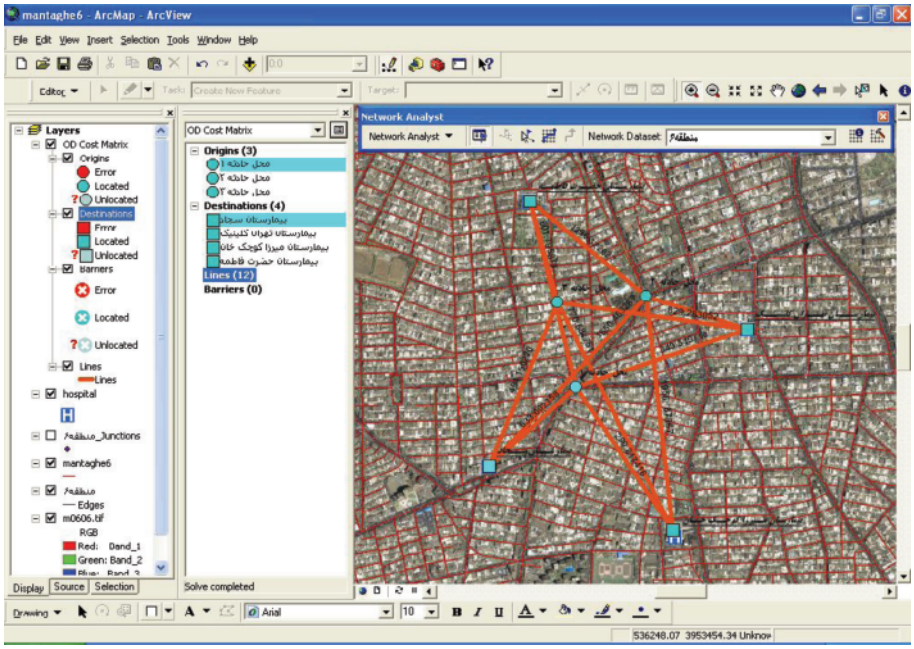
از محل‌های حادثه به مراکز درمانی از طریق مسیرهای ارتباطی موجود، ماتریس هزینه را محاسبه کند. با محاسبه ماتریس هزینه، می‌توان در هر محل حادثه، بیمارستان‌ها را برای اعزام حادثه‌دیدگان اولویت‌بندی کرد. شکل ۸ بیمارستان‌ها و محل‌های حادثه را پس از محاسبه ماتریس هزینه نشان می‌دهد.



شکل ۶. عکس نقشه منطقه ۶ تهران به همراه مراکز درمانی داخل آن



شکل ۷. گزارش‌گیری از بیمارستان‌ها و ظرفیت مورد نیاز



شکل ۸. بیمارستان‌ها و محل‌های حادثه پس از محاسبه ماتریس هزینه

جدول ۲. مقادیر ورودی

بیمارستان / محل حادثه	B_1	B_2	B_3	B_4	تعداد حادثه‌دیدگان
A_1	$C_{11}=2$	$C_{12}=3$	$C_{13}=5$	$C_{14}=1$	$a_1=8$
A_2	$C_{21}=7$	$C_{22}=3$	$C_{23}=4$	$C_{24}=6$	$a_2=10$
A_3	$C_{31}=4$	$C_{32}=1$	$C_{33}=7$	$C_{34}=2$	$a_3=20$
ظرفیت بیمارستان	$b_1=6$	$b_2=8$	$b_3=9$	$b_4=15$	

جزئیات حل مسئله در ادامه ذکر می‌گردد. نخست در جدول ۲ مقادیر ورودی برآورد می‌شود. برای حل مسئله از روش کمترین هزینه استفاده شده است. این روش از جایگاهی که کمترین هزینه تخصیص را دارد آغاز می‌گردد. در این مثال دو جایگاه (۴ و ۱) و (۲ و ۳) کمترین هزینه را دارند. بیشترین واحد جریانی ممکن به این دو جایگاه اختصاص داده می‌شود. دیگر جایگاه‌هایی که نیاز به تخصیص ندارند، با ضربدر مشخص می‌گردند. جایگاه‌های بعدی که کمترین هزینه را داشته باشند می‌بایست یافته شوند. (۱ و ۱) و (۴ و ۳) دو جایگاهی هستند که کمترین هزینه را دارند. جایگاه (۱ و ۱) چون نیاز به تخصیص ندارد فقط به جایگاه (۴ و ۳) بیشترین واحد جریانی ممکن تخصیص داده می‌شود. دوباره می‌بایست به سراغ جایگاه بعدی که کمترین هزینه را داشته باشد، رفت.

جدول ۳. جواب روش کمترین هزینه

بیمارستان / محل حادثه	B_1	B_2	B_3	B_4	تعداد حادثه‌دیدگان
A_1	۶(۲)			۲(۱)	۸
A_2		۱(۳)	۹(۴)		۱۰
A_3		۷(۱)		۱۳(۲)	۲۰
ظرفیت بیمارستان	۶	۸	۹	۱۵	۳۸

جایگاه‌های (۲ و ۱) و (۲ و ۲) چون نیاز به تخصیص ندارند هیچ واحد جریانی به آنها تعلق نمی‌گیرد. جایگاه‌های بعدی که هزینه کمتری دارند، (۳ و ۴) و (۱ و ۳) هستند. بیشترین واحد جریانی ممکن به آنها اختصاص داده می‌شود. جایگاه (۳ و ۳) ضربدر می‌خورد، چون نیاز به تخصیص ندارد.

اکنون تنها جایگاهی که باقی مانده، جایگاه (۱ و ۲) است. واحد جریانی متناسب به این جایگاه نیز تخصیص داده می‌شود. جدول ۳ جدول نهایی تخصیص به روش کمترین هزینه است.

۶- نتیجه‌گیری

با کمک طرح کلی امدادرسانی که در این مقاله به آن پرداخته شد، انتقال مؤثر و بهینه حادثه‌دیدگان از محل یا محل‌های حادثه به مراکز درمانی صورت می‌گیرد. هدف اصلی تریاژ اولویت‌بندی حادثه‌دیدگان برای تخصیص منابع محدود درمانی است. مشاهده شد که در روند تریاژ رایج، نحوه جمع‌آوری اطلاعات حادثه‌دیدگان مشکلات بسیاری به چشم می‌خورد: نخست آنکه امکان از بین رفتن اطلاعات وجود داشت. همچنین روند تجمیع و بازیابی اطلاعات بسیار کند بود. کمبود اطلاعات لازم برای مدیریت صحیح حادثه باعث تصمیم‌گیری‌های نادرست یا دیرهنگام می‌گردید. سیستم تریاژ برمبنای استفاده از سامانه شناسایی رادیویی و شبکه‌های بی‌سیم پیشنهاد داده شد که با جمع‌آوری مشخصات حادثه‌دیدگان و دیگر اطلاعات لازم و ایجاد سیستمی یکپارچه برای نگهداری و بازیابی اطلاعات، بر مشکلات مذکور غلبه کند. سیستم تریاژ بر پایه شناسایی رادیویی، اولویت‌گذاری حادثه‌دیدگان را تسهیل می‌کند و به انتقال مؤثر آنان به مراکز درمانی می‌انجامد. ابزار شناسایی رادیویی با توانایی جمع‌آوری، نگهداری و روزآمدسازیِ اطلاعات مربوط به حادثه‌دیدگان، نقش مهمی در تکوین و توسعه چنین سیستمی دارد. نگاه ژرف‌تر به مطالب اشاره شده، این نتیجه را به دست می‌دهد که سیستم‌های اطلاعات مکانی به همراه فناوری RFID نوید تجهیزاتی با عنوان کلی GeoPersonal Assistant یا GPA را به‌جای PDA خواهند داد.

نشان داده شد که حل مسئله مکانی در انتقال مورد بحث منجر به بهینه‌سازی در ساختار شبکه‌ای می‌شود. مسئله کمترین هزینه جریان با استفاده از مدل‌های جریان شبکه‌ای تبیین گردید و مشخص شد که مسئله حمل‌ونقل یکی از حالت‌های خاص مسئله کمترین هزینه جریان است. با تبیین چگونگی تخصیص حادثه‌دیدگان به مراکز درمانی در قالب مسئله حمل‌ونقل، بهینگی انتقال نیز تضمین شده است.

۷- منابع

Ball, M., Magnanti, T. and Monma, C., 1995, **Handbooks in Operations Research and Management Science**, Vol. 07 Network Models.

Glover, B., 2006, **RFID Essentials**, O'Reilly Media.

Hunt, V.D. and Puglia, A. and Hunt, M.P., 2007, **RFID- A Guide to Radio Frequency Identification**, Wiley-Interscience.

Inoue, S. and Sonoda, A. and Yasuura, H., 2008, **Triage with RFID Tags for Massive Incidents**, of Pervasive Health Conference and Workshop, Innsbruch.

Miles, S.B. and Sarma, S.E. and Williams, J.R., 2008, **RFID Technology and Applications**, Cambridge University Press.

Sylves, R.T., 2008, **Disaster Policy and Politics: Emergency Management and Homeland Security**, CQ Press.