اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

ارزیابی کارایی پایگاه های‌امدادونجات با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده ها

علی سورانی[۱*]، محمد طالعی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
۲- استادیار گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

مراکز امداد و نجات فراهم کننده خدمات و عملیات های امداد و نجات به مصدومین در مواقع ضروری و بحرانی می باشند. برای انتخاب مکان مناسب مراکز و تخصیص بهینه منابع به آنها می بایستی وضعیت فعلی عملکرد پایگاه های موجود، مورد ارزیابی قرار گیرد. اندازه گیری تجربی میزان کارایی یکی از روشهای ارزیابی کارایی است. هدف از این مقاله محاسبه میزان کارایی مراکز امداد و نجات از طریق عملکرد آنها در ماموریت های محوطه طی یک سال می باشد. برای محاسبه کارایی از مدل تحلیل پوششی داده ها (Data Envelopment Analysis) استفاده شد. شاخص های تعداد پرسنل، خودرو نجات، آمبولانس و تجهیزات به عنوان پارامترهای ورودی و تعداد حوادث، فاصله پایگاه تا محل مأموریت، زمان رسیدن به محل حادثه، تعداد افراد امدادرسانی شده، تعداد مصدومین درمانی و انتقالی و تعداد فوتی، پارامترهای خروجی این مدل می باشند. در این مقاله ماموریت های یک سال ۱۳ مرکز امداد و نجات استان گیلان به همراه ۲۷ مرکز استان مازندران مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج، ۹ پایگاه کارایی کامل و ۳۱ پایگاه ناکارآمد هستند. در بخش بعدی مقاله راهکارهایی برای بهبود کارایی پایگاه ها ارائه شد.

واژه‌های کلیدی : تحلیل پوششی داده ها، پایگاه امداد و نجات، سیستم اطلاعات مکانی.

نویسنده مکاتبه کننده : **علی سورانی**
آدرس پستی : دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی-دانشکده نقشه برداری.
تلفن : ۰۹۳۵۶۰۴۱۳۹۲
آدرس پست الکترونیک : alensoorena@yahoo.com

۱- مقدمه

طی سالهای گذشته اطلاعات جامعی در خصوص ماموریتهای مختلف مراکز امداد و نجات جمعیت هلال احمر جمهوری اسلامی ایران جمع آوری گردیده است. لذا ارزیابی عملکرد مراکز بر اساس امکانات و تسهیلات موجود در آنها و تناسب عملکرد آن در ماموریتهای مختلف محول شده به این مراکز، می تواند اطلاعات مفیدی در خصوص کارایی و اثر بخشی سیستم موجود ارائه نماید. برای اینکار می توان از مدل تحلیل پوششی داده ها به عنوان یک مدل غیر پارامتریک و مناسب جهت ارزیابی کارایی سیستم موجود، استفاده نمود. بدین منظور از مدل تحلیل پوششی داده خروجی محور استفاده می شود. پارامتر های تعداد پرسنل، خودرو نجات، آمبولانس و تجهیزات به عنوان پارامترهای ورودی و تعداد ماموریت ها، فاصله پایگاه تا محل مأموریت، زمان رسیدن به محل حادثه، تعداد افراد امدادرسانی‌شده، تعداد مصدومین درمانی وانتقالی و تعداد فوتی، پارامترهای خروجی این مدل می باشند.

در این تحقیق کارایی پایگاه‌های امداد و نجات استان گیلان و مازندران مورد بررسی قرار می‌گیرد. با بررسی کارایی مکانی پایگاه ها، تصمیمات مقتضی بمنظور بهبود عملکرد پایگاه ها اخذ می شود. این تصمیمات می تواند شامل: بازنگری در تخصیص منابع، اصلاح، ایجاد و یا برچیدن پایگاه ها باشد. این مطالعه همچنین می تواند مدلی برای ارزیابی میزان سودمندی تصمیم باشد. در مجموع این مدل، سازمان تصمیم گیرنده را در اخذ تصمیم آگاهانه یاری خواهد نمود.

این نوشتار ابتدا به بررسی مطالعات پیشین می‌پردازد، سپس مدل تحلیل پوششی داده ها به عنوان مدلی کارآمد برای محاسبه کارایی معرفی می‌شود، بخش بعدی ابتدا به معرفی داده ها می‌پردازد، سپس پارامترهای مورد نیاز مدل محاسبه می شوند و در نهایت کارایی پایگاه ها بدست می‌آید. در بخش آخر، نتایج مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۲- پیشینه تحقیق

در این بخش برخی از مطالعات مرتبط با این تحقیق در ۳ گروه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- مطالعات جامع از منظر تعیین مناطق آسیب‌پذیر

در این حوزه مطالعات فراوانی در داخل کشور انجام گرفته است. محمدی و همکاران(۱۳۸۴) با بررسی عوامل آسیب‌پذیری در منطقه ۱۱ شهر تهران و با استفاده از مدل AHP مکان‌های ایمن را برای استقرار پایگاه امداد پیشنهاد دادند[۱]. اجاق و همکاران(۱۳۹۰) نیز مطالعه مشابه ای را برای منطقه ۱۰ شهر تهران با تلفیق مدل AHP و منطق فازی انجام داده است [۲]. شجاع عراقی و همکاران(۱۳۹۰) این مطالعه را برای منطقه ۶ تهران با مدل AHP و منطق فازی انجام داده‌اند[۳]. مطالعات مربوط به مکان‌یابی پایگاه‌های شهری منطقه ۱ شهر تهران را نیز علیرضا اسلامی(۱۳۸۵) انجام داده است[۴]. رضایی و همکاران(۱۳۹۲) مطالعه مشابه ای برای شهر یزد با به‌کارگیری مدل ANP و منطق فازی ارائه داده است[۵]. کهوردی پور و همکاران(۱۳۹۲) مطالعه ای را در شهر جیرفت با مدل AHP و منطق فازی ارائه داده است[۶].

گواهی و همکاران(۱۳۸۶) با بررسی عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری جاده‌ها و سکونت‌گاه‌های هم‌جوار، مناطق آسیب‌پذیر را مورد شناسایی قرار داده و درنهایت بر اساس پوشش مناطق آسیب‌پذیر مناطقی را برای استقرار پایگاه‌های امداد و نجات جاده‌ای پیشنهاد می‌دهد[۷]. تفاوت این مطالعه با مطالعه‌های مربوط به پایگاه‌های شهری در این نکته است که پایگاه‌های شهری در نواحی ایمن‌تر استقرار پیدا می‌کنند. ازاین‌رو در مطالعات مرتبط با پایگاه‌های شهری این نکته می‌تواند از معایب این مطالعات نیز باشد زیرا پایگاه‌ها در عین اینکه بایستی در منطقه‌ایی ایمن مستقر شوند نباید از مناطق آسیب‌پذیر دور باشند. در مطالعات مربوط به پایگاه‌های جاده‌ای این امر بسیار ضروری است که پایگاه‌ها در نزدیکی مناطق حادثه‌خیز واقع شوند و البته مسلماً در مکانی ایمن بایستی، مستقر شوند.

۲-۲- مطالعات جامع برای مدل‌سازی مکانی پایگاه‌ها با رویکرد بهینه‌سازی

این مدل‌ها در کاربردهای زیادی مثل مکان‌یابی مراکز اورژانس، ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مدارس، بیمارستان‌ها، فرودگاه‌ها، مراکز دفع زباله و انبارها مورداستفاده قرارگرفته‌اند. این مدل‌های مکان‌یابی اول‌بار توسط Weber (۱۹۲۹) برای جانمایی یک مرکز خدماتی در یک ناحیه به‌منظور به حداقل رساندن فاصله بین مراکز تقاضا و مرکز خدماتی به کار گرفته شدند[۸]. در این بخش مطالعات اندکی در داخل کشور در حوزه پایگاه‌های امداد و نجات انجام پذیرفته است. علیرضا احمدی فینی و همکاران(۱۳۹۲) به بررسی انواع مدل‌های موجود بر اساس شاخص‌های مختلف مکان‌یابی شامل تابع هدف، محدودیت‌های پوشش، محدودیت‌های مربوط به استقرار، تعداد و نوع وسایل و تجهیزات امداد و نجات در پایگاه‌های هلال‌احمر و نوع شبکه می‌پردازد و بر این مبنا به بررسی شرایط و محدودیت‌های استفاده از مدل‌های مکانی مختلف شامل مدل‌های اولیه مکان‌یابی (مدل‌های پوششی مسیر و تقاضا) و مدل‌های استاتیک (مدل‌های قطعی و احتمالی پوشش مضاعف) می‌پردازد[۹].

۲-۳- مطالعات پایه‌ای برای بررسی وضعیت (کارایی) موجود پایگاه‌ها

در باب ارزیابی عملکرد پایگاه‌ها در کشور حامد صدیقی و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ی « ارزیابی کارایی پایگاه‌های امداد جاده‌ای هلال‌احمر استان یزد در طرح نوروزی» با در نظر گرفتن تعداد پرسنل و خودروهای هر پایگاه به‌عنوان ورودی‌ها و تعداد مصدومان و مراجعین سرپایی به‌عنوان خروجی‌ها، از مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی ۱۳پایگاه امداد جاده‌ای استفاده کرده است و پایگاه‌ها با کارایی کامل را در اولویت اختصاص منابع قرار داده است[۱۰].

در تحقیقات محققین خارج کشور نیز به ندرت از مدل تحلیلی پوششی داده‌ها جهت ارزیابی کارایی مراکز فوریتی امداد در ارتباط با کارایی مکانی، پرداخته شده است . Klimberg و Ratick (۲۰۰۸) درروند مکان‌یابی و تخصیص بهینه منابع، پارامتر کارایی را به پارامترهای دیگر مثل هزینه، زمان، پوشش و دسترسی اضافه کردند. این مقاله جز اولین مقاله‌هایی که کارایی را وارد بحث مکان‌یابی کرده است. این مطالعه از مدل‌های بهینه‌سازی که در بالا توضیح داده شد، استفاده کرده است [۱۱].Mitropoulos و همکاران (۲۰۱۳) با ارائه مدلی در قالب دو گام در پی افزایش کارایی در مسئله مکان‌یابی مربوط به مراکز است. گام اول ارائه مدلی برای مکان‌یابی این مراکز و در گام دوم به بررسی کارایی این موقعیت‌ها می‌پردازد و این گام‌ها را تا زمانی که یک کارایی مناسب حاصل شود، ادامه می‌دهد[۱۲].

۳- تحلیل پوششی داده ها

تحلیل پوششی داده‌ها(DEA[1])ست، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی، برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU[2])است. تکنیک DEA تمام داده‌ها را تحت پوشش قرار داده و به همین دلیل تحلیل پوششی داده‌ها نامیده شده است[۱۳].

کارایی به‌عنوان نسبتی از خروجی‌ها به ورودی‌ها تعریف می‌شود و محاسبه و تحلیل آن برای واحدهای تک ورودی-تک خروجی آسان خواهد بود. اما در اکثر مسائل دنیای واقعی، با واحدهایی با چندین ورودی و خروجی روبه‌رو بوده و در نتیجه به روش هایی نیاز است که با ترکیب ورودی‌ها و خروجی‌ها به‌صورت یک شاخص واحد، به معیار مناسبی جهت سنجش کارایی دست‌یابد. فرض کنید n واحد هرکدام با استفاده از m ورودی مشابه، s خروجی مشابه تولید می‌کنند. می‌توان با متحد کردن ورودی‌های هر واحد و همچنین متحد کردن خروجی‌های هر واحد، برای هر واحد، یک واحد مجازی با یک ورودی و یک خروجی ساخت(روابط ۳-۱). مقادیر u و v به‌ترتیب مربوط به وزن های ورودی ها و خروجی ها می‌باشند. و پارامترهای x و y بیانگر مقادیر ورودی ها و خروجی ها می باشند.

[1]-Data Envelopment Analysis
[2]- Decision Making Unit

برای محاسبه مقادیر مجازی بایستی ورودی ها وخروجی ها به صورت وزین با هم ترکیب شوند با تغییر وزن ها، مقدار این پارامترهای مجازی نیز تغییر می‌یابند پر واضح است که نسبت بین دو پارامتر مجازی(مقدار کارایی) نیز تغییر میکند این بدین معناست که با تغییر رویکرد نسبت به اهمیت(اوزان) مقادیرخروجی و ورودی، مقدار کارایی نیز تغییر میکند، بنابرین برای هر واحد تصمیم‌گیری مجموعه‌ای از کارایی ها تعریف می‌شود، این مدل با حالت خوش بینانه‌ای بیشترین مقدار این پارامتر را مدنظر قرار می‌دهد بیان ریاضی این مفاهیم در رابطه ۳-۲ نمایش داده شده است.

رابطه ۳-۱

$$\text{ورودی مجازی} = \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}$$

$$\text{خروجی مجازی} = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r\circ}$$

رابطه ۳-۲

$$Max: \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}}$$

$$subject.to$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1,\ j = 1,2,\ldots,n$$

$$u_r \ge 0, v_i \ge 0$$

۳-۱- مدل CCR

چارنز، کوپر و رودز این مدل را در سال ۱۹۷۶ مورد استفاده قرار دادند. مدل CCR[3] از جمله مدل های بازده ثابت نسبت به مقیاس هستند. برای تبدیل رابطه ۴-۲ به یک مدل برنامه‌ریزی خطی می‌توان به دو صورت عمل کرد:
- مدل ورودی محور: مخرج کسر را ثابت در نظر گرفت و صورت را حداکثر کرد.
- مدل خروجی محور: صورت کسر را ثابت و مخرج را حداقل کرد.
روابط ۳-۳ مربوط به مدل خروجی محور CCR می‌باشند.

رابطه ۳-۳

$$Min: \sum_{r=1}^{s} v_r x_{ro}$$

$$\sum_{i=1}^{m} u_i y_{io} = 1$$

$$subject.to$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0,\ j = 1,2,\ldots,n$$

$$u_r \ge 0, v_i \ge 0$$

[3] - Charls, Cooper& Rodse

۴- پیاده سازی

به منظور بررسی عملکرد و کارایی پایگاه های امداد و نجات با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده، داده های مکانی و توصیفی ماموریت های ۱ سال پایگاه های استان گیلان و استان مازندران و همچنین اطلاعات مکانی و توصیفی موقعیت پایگاه ها از سازمان امداد و نجات کشور اخذ شد. لایه اطلاعاتی شبکه راه ها نیز از وزارت راه و شهرسازی اخذ شد. در زیر به پارامترهای مورد استفاده در مدل و نحوه استخراج آنها اشاره شده است:

۴-۱- پارامترهای ورودی:

- تعداد پرسنل
- تعداد خودرو نجات
- تعداد آمبولانس
- تجهیزات

پارامترهای پرسنل و تجهیزات به دلیل سیاست سازمان امداد و نجات در تجهیز و تامین یکسان پایگاه ها، ثابت و یکسان در نظر گرفته شده است.

۴-۲- پارامترهای خروجی:

- تعداد حوادث

هرچقدر تعداد ماموریت های اعزامی پایگاه ها بیشتر باشد نشان دهنده مناسب بودن موقعیت استقرار پایگاه است. تعداد حوادث هر پایگاه بیانگر میزان ظرفیت و پاسخدهی آنها در پوشش حوادث نیز هست.مطمئنا یک پایگاه با تعداد ماموریت های بیشتر، از یک پایگاه مشابه با تعداد ماموریت های کمتر، کارایی بیشتری دارد و از اولویت بالاتری برای تخصیص منابع برخوردار است. برای محاسبه این پارامتر، اطلاعات ماموریت های هر پایگاه از بین داده ها استخراج و شمارش می‌شوند.

- فاصله

برای دسترسی سریع و به موقع در آزادسازی مصدومین حوادث، موقعیت مکانی پایگاه های امداد و نجات از اهمیت بالایی برخوردار است.جانمایی پایگاه ها تا حد ممکن بایستی نزدیک به حوادث باشند از این رو برای بررسی میزان سودمندی موقعیت فعلی پایگاه از نگاه نزدیکی به حوادث، از میانگین فاصله ماموریت ها تا پایگاه مربوطه استفاده شده است. بدین منظور ابتدا ماموریت های مربوط به هر پایگاه از فایل اکسل استخراج شده و به فرمت shp. تبدیل و سپس فاصله ها محاسبه می شوند. در این تحقیق برای افزایش دقت از فاصله شبکه استفاده شده است. برای این کار از اطلاعات شبکه راه ها، موقعیت پایگاه ها و موقعیت حوادث استفاده شده است. نتایج در جدول ۴-۱ آمده‌اند.

جدول ۴-۱

شماره پایگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
فاصله	3336	935	6905	3555	3157	1598	4258	7986	28523	3059
شماره پایگاه	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
فاصله	1734	8710	2593	2568	2554	3744	10324	1554	7361	3298
شماره پایگاه	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰
فاصله	3750	5979	7815	2699	53654	4614	6195	5748	11040	2208
شماره پایگاه	۳۱	۳۲	۳۳	۳۴	۳۵	۳۶	۳۷	۳۸	۳۹	۴۰
فاصله	6093	8966	5784	6257	14564	2472	11648	26959	4186	13719

- زمان رسیدن

مکان و شرایط پایگاه های امداد و نجات بایستی به گونه‌ای فراهم شوند که با گذشت کمترین زمان از اطلاع از حادثه نیروهای کمکی در صحنه حاضر شوند و برای کمک به مصدومان اقدام مقتضی را انجام دهند. عمده‌ترین مسئله موثر در مدت زمان رسیدن، مربوط به جانمایی موقعیت پایگاه است از عوامل مهم دیگر می توان به سیستم های مخابره حوادث، تعدد تیم های عملیاتی، سرعت عمل پرسنل، تجهیزات پایگاه و ... اشاره کرد. بدلیل اینکه پارامترهای موثر زیادی در پارامتر زمان پنهان شده اند، این پارامتر می تواند نماینده مناسبی برای ارزیابی کارایی و عملکرد یک پایگاه باشد. برای استخراج زمان، اطلاعات مربوط به زمان مخابره حادثه از محل حادثه و زمان ثبت شده برای حضور نیروهای عملیاتی در محل حادثه از داده ها استخراج می شوند و با تفکیک ماموریت ها براساس پایگاه ها، زمان متوسط رسیدن برای هر پایگاه محاسبه می‌شود. نتایج در جدول ۴-۲ آمده اند.

جدول ۴-۲

شماره پایگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
زمان رسیدن	3.06	1.23	6.38	3.15	2.87	1.90	4.54	9.93	31.21	5.95
شماره پایگاه	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
زمان رسیدن	2.60	14.04	2.18	2.06	1.91	3.69	14.69	2.33	6.55	4.03
شماره پایگاه	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰
زمان رسیدن	3.25	10.77	5.17	2.41	24.96	2.22	9.23	9.28	8.99	2.31
شماره پایگاه	۳۱	۳۲	۳۳	۳۴	۳۵	۳۶	۳۷	۳۸	۳۹	۴۰
زمان رسیدن	7.27	9.91	7.75	8.68	14.59	2.32	19.80	22.24	4.67	21.00

- تعداد افراد امدادرسانی‌شده

تعداد افرادی که در صحنه حادثه حاضر هستند و نیاز به امدادرسانی دارند پارامتری مناسب برای ارزیابی مکانی پایگاه‌ها می‌باشد، با تفکیک ماموریت پایگاه ها، این پارامتر از داده ها استخراج می‌شود.

- تعداد فوتی و تعداد مصدومین درمانی وانتقالی

تعداد تلفات در حین حادثه و در واقع در حین عملیات امداد، پارامتری مناسب برای ارزیابی عملکرد پایگاه امداد و نجات می باشد. البته بایستی توجه داشت که تعداد تلفات و تعداد مصدومین بایستی در کنارهم در نظر گرفته شود و در نظر گرفتن یکی از ایندو می‌تواند گمراه کننده باشد. برای مثال پایگاهی با تعداد عملیات های فراوان نسبت به پایگاهی با تعداد عملیات کم، احتمالا تلفاتی بیشتری خواهد داشت. برای محاسبه این پارامتر، اطلاعات از میان داده ها استخراج می شوند.

۵- نتایج و بحث

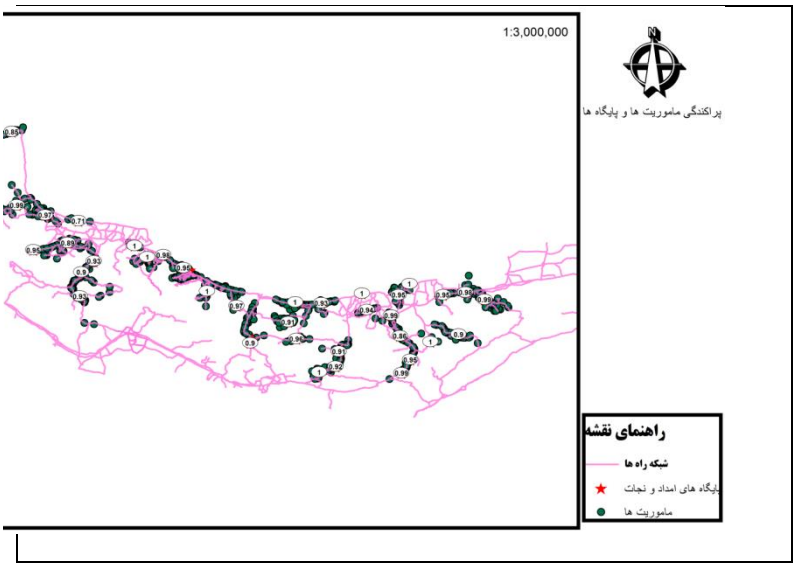
در این تحقیق از مدل CCR خروجی محور استفاده شده است. محاسبات با استفاده از ابزار برنامه‌ریزی خطی در نرم‌افزار Matlab انجام شده است. پارامترهای ورودی و خروجی مربوط به پایگاه ها پس از نرمال‌سازی وارد برنامه شده و کارایی پایگاه ها محاسبه شد. جدول ۵-۱ مقادیر استانداردشده پارامترها و مقادیر کارایی پایگاه ها را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۱

شماره پایگاه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
فاصله	0.28	1.00	0.14	0.26	0.30	0.59	0.22	0.12	0.03	0.31
تعداد حوادث	0.45	0.20	0.11	0.57	0.53	0.65	0.42	0.24	0.83	0.05
زمان	0.40	1.00	0.19	0.39	0.43	0.65	0.27	0.12	0.04	0.21
امدادرسانی شده	0.09	0.35	0.11	0.06	1.00	0.04	0.07	0.10	0.05	0.04
مصدومین درمانی وانتقالی	0.09	1.00	0.05	0.07	0.09	0.08	0.08	0.28	0.08	0.05
تلفات	0.94	0.98	0.96	0.97	0.78	0.97	0.85	1.00	0.95	1.00
آمبولانس	0.75	0.25	0.50	0.25	0.75	0.25	0.50	0.25	0.25	0.25
خودرو نجات	0.40	0.20	0.40	0.20	1.00	0.40	0.40	0.20	0.40	0.20
پرسنل	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
تجهیزات	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
کارایی	0.95	1.00	0.96	0.98	1.00	0.99	0.86	1.00	0.97	1.00
شماره پایگاه	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
فاصله	0.54	0.11	0.36	0.36	0.37	0.25	0.09	0.60	0.13	0.28
تعداد حوادث	0.74	0.96	1.00	0.35	0.34	0.52	0.13	0.03	0.10	0.53
زمان	0.47	0.09	0.56	0.60	0.64	0.33	0.08	0.53	0.19	0.31
امدادرسانی شده	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.37	0.04
مصدومین درمانی وانتقالی	0.07	0.06	0.11	0.08	0.07	0.06	0.04	0.09	0.10	0.06
تلفات	0.98	0.96	0.97	0.93	0.94	0.92	0.91	1.00	0.89	0.94
آمبولانس	0.25	0.50	0.25	0.25	0.25	0.50	0.25	0.25	0.50	0.25
خودرو نجات	0.20	0.60	0.40	0.20	0.40	0.40	0.20	0.40	0.40	0.20
پرسنل	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
تجهیزات	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
کارایی	1.00	0.99	1.00	0.94	0.95	0.93	0.91	1.00	0.92	0.95
شماره پایگاه	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
فاصله	0.25	0.16	0.12	0.35	0.02	0.20	0.15	0.16	0.08	0.42
تعداد حوادث	0.46	0.45	0.50	0.43	0.32	0.29	0.38	0.27	0.26	0.01
زمان	0.38	0.11	0.24	0.51	0.05	0.55	0.13	0.13	0.14	0.53
امدادرسانی شده	0.08	0.15	0.16	0.13	0.05	0.38	0.10	0.31	0.07	0.02
مصدومین درمانی وانتقالی	0.10	0.13	0.14	0.08	0.07	0.47	0.10	0.06	0.10	0.07
تلفات	0.90	0.88	0.97	0.91	0.90	0.92	0.98	0.97	0.93	0.97
آمبولانس	0.50	0.25	0.75	0.75	0.25	0.50	0.25	0.75	0.75	0.25
خودرو نجات	0.40	0.40	0.40	0.60	0.40	0.60	0.20	0.80	0.40	0.20
پرسنل	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
تجهیزات	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
کارایی	0.91	0.90	0.99	0.92	0.90	0.96	0.99	0.99	0.93	0.98
شماره پایگاه	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
فاصله	0.15	0.10	0.16	0.15	0.06	0.38	0.08	0.03	0.22	0.07
تعداد حوادث	0.02	0.18	0.16	0.56	0.15	0.13	0.24	0.08	0.02	0.08
زمان	0.17	0.12	0.16	0.14	0.08	0.53	0.06	0.06	0.26	0.06

امدادرسانی شده	0.04	0.03	0.03	0.06	0.04	0.02	0.06	0.02	0.04	0.04
مصدومین درمانی وانتقالی	0.06	0.07	0.05	0.07	0.06	0.07	0.07	0.05	0.07	0.06
تلفات	0.71	0.93	0.95	0.96	0.90	0.84	0.89	1.00	1.00	0.95
آمبولانس	0.25	0.50	0.25	0.50	0.25	0.25	1.00	0.25	0.75	0.25
خودرو نجات	0.20	0.60	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.40
پرسنل	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
تجهیزات	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
کارایی	0.71	0.93	0.95	0.97	0.90	0.85	0.89	1.00	1.00	0.95

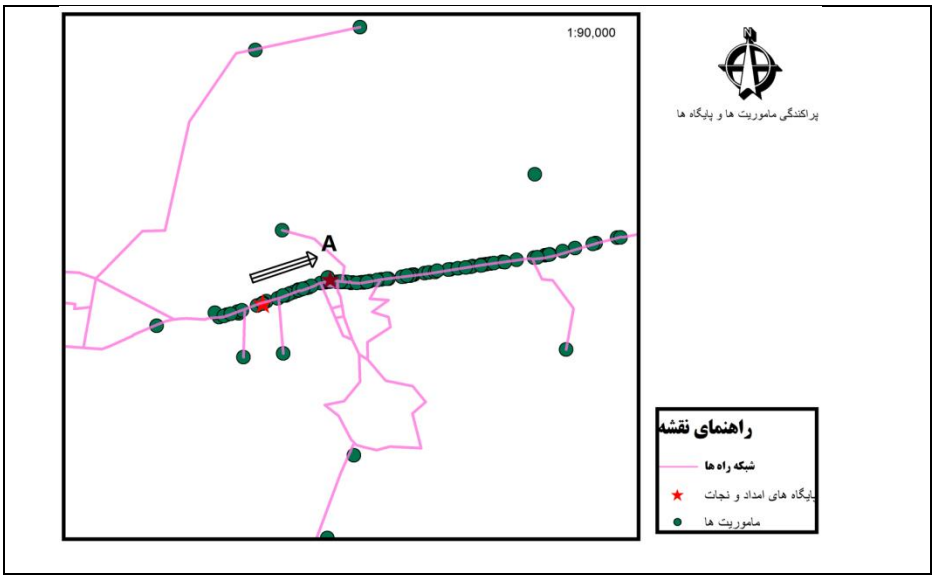
از ۴۰ پایگاه امداد و نجات استان گیلان و مازندران ۹ پایگاه کارایی کامل را بدست آوردند، ۳۱ پایگاه نیز ناکارا هستند. شکل ۵-۱ مربوط به نقشه پایگاه ها، پراکندگی ماموریت ها و کارایی مربوط به عملکرد پایگاه هاست.



شکل ۵-۱ موقعیت پایگاه ها و ماموریت ها و کارایی پایگاه ها

همانطور که از جدول ۵-۱ مشخص است شاخص کارایی با تغییر پارامترهای خروجی مدل CCR تغییر می‌کند در واقع می‌توان با تغییر پارامترهای خروجی، کارایی پایگاه ها را بهبود بخشید.ازاین‌رو می‌توان سناریوهایی برای تغییر پارامترها، به‌منظور بهبود عملکرد پایگاه ها پیشنهاد داد. به‌عنوان مثال برای افزایش کارایی پایگاه ۳۲، با الگو قرار دادن پایگاه ۳۳ و تغییر مکان پایگاه و بهبود پارامترهای فاصله و زمان رسیدن به محل حادثه، همانطور که از جدول مشخص است کارایی را از۰/۹۳ به ۰/۹۵ ارتقا داد. سناریو بهتر و دیگری که می‌توان برای پایگاه ۳۲ در نظر گرفت الگو قرار دادن پایگاه ۱۲ است. همه پارامترهای این دو پایگاه به جز پارامتر تعداد حوادث تقریبا یکسان است. پارامتر تعداد حوادث برای پایگاه ۳۲، ۰/۱۸ است درحالی که این پارامتر برای پایگاه ۱۲، ۰/۹۶ می‌باشد. این بدین معناست که با افزایش دادن تعداد ماموریت های محوله به پایگاه ۳۲ می‌توان کارایی این پایگاه را از ۰/۹۳ به ۰/۹۹ افزایش داد. در این مثال دو سناریو تغییر تخصیص ماموریت ها و تغییر مکان پایگاه بررسی شد پس ممکن است با اختصاص هوشمندانه ماموریت ها و انتخاب مناسب مکان پایگاه ها، عملکرد پایگاه ها را بهبود بخشید. همه‌ی پارامترهای خروجی این مدل تحت تاثیر شاخص‌های مکانی هستند این بدین معناست که با تغییر پارامتر مکان، همه ی پارامترهای خروجی مدل احتمال تغییر دارند پس یکی از سناریوهای مهم و موثر می‌تواند تغییر مکان پایگاه ها باشد. حال سناریو تغییر مکان پایگاه برای پایگاه ۴ مورد بررسی قرار می‌گیرد. همانطور که در شکل ۵-۲ قابل مشاهده است، این پایگاه موقعیت مکانی مناسبی نسبت به ماموریت های محوله ندارد با فرض تغییر مکان این پایگاه به مکان A محاسبات مربوط به پارامتر فاصله و زمان رسیدن به محل حادثه برای این حالت محاسبه می‌شود. با این کار پارامتر فاصله برای این پایگاه

از ۳۵۵۵ متر به ۳۰۳۷ متر و پارامتر زمان از ۳/۱۵ به ۲/۷۱ کاهش می‌یابد با اعمال این تغییرات در مدل کارایی، پارامتر کارایی از ۰/۹۸ به کارایی ۱/۰۰ نائل می‌گردد.



شکل ۵-۲ مربوط به پایگاه پاسند در استان مازندران و نقطه A مکانی فرضی برای بهبود کارایی

۵-۱- تخصیص ماموریت ها براساس تحلیل کمترین فاصله

راهکار دیگری که می‌توان برای بهبود کارایی پایگاه ها در نظر گرفت تخصیص براساس منطق کمترین فاصله است برای این منظور با استفاده از تحلیل Location/Allocation در محیط نرم‌افزار ArcGIS ، ماموریت ها به نزدیکترین پایگاه محل خود محول می‌شوند. بعد از تخصیص جدید ماموریت‌ها، پارامترهای جدید محاسبه شده و وارد مدل CCR می-شوند و کارایی‌های جدید محاسبه می‌شوند. نتایج این تغییرات در جدول ۵-۲ قابل مشاهده‌اند، همانطور که از مقایسه جدول ۵-۱ و ۵-۲ مشخص است عملکرد پایگاه ها با این راهکار بهبود یافته است. در اینجا تعداد پایگاه های کارا به ۱۱ واحد افزایش می‌یابد.

جدول ۵-۲

شماره پایگاه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
کارایی	0.94	1.00	0.96	1.00	1.00	0.99	0.88	1.00	0.95	1.00
شماره پایگاه	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
کارایی	1.00	0.97	1.00	0.95	0.95	0.93	0.90	1.00	1.00	0.95
شماره پایگاه	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
کارایی	0.79	0.90	0.98	0.93	0.90	0.92	0.96	0.96	0.92	0.96
شماره پایگاه	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
کارایی	0.71	0.90	0.94	0.98	0.94	0.84	0.92	1.00	1.00	0.84

۶- نتیجه گیری

در این تحقیق با توجه به اهمیت بررسی عملکرد و کارایی پایگاه های امداد و نجات، عملکرد پایگاه های استان گیلان و مازندران مورد بررسی قرار گرفت. مدل تحلیل پوششی داده ها به عنوان مدلی کارآمد برای بررسی کارایی این پایگاه ها مورد استفاده قرار گرفت. از ۴۰ پایگاه استان گیلان، ۹ پایگاه کارایی کامل را بدست آوردند. در این تحقیق تغییر در

تخصیص ماموریت های محوله به پایگاه ها، سبب افزایش تعداد پایگاه های کارا از ۹ به ۱۱ پایگاه شد. نکته مهم در ارتباط با این پایگاه ها، توزیع نسبتا یکنواخت حوادث در اطراف این پایگاه هاست این موضوع می تواند در تحقیق های آتی مورد تحلیل و بررسی بیشتر قرار گیرد. همانطور که در بخش ۵ به آن پرداخته شد می‌توان با ارائه سناریوهای مختلف، عملکرد پایگاه ها را بهبود بخشید. در ارتباط با بهبود عملکرد پایگاه های ناکارا، راهکارهایی پیشنهاد می‌شود:

- انتقال منابع، تجهیزات و پرسنل پایگاه های ناکارا به پایگاه های با کارایی بیشتر
- تغییر در روند تخصیص ماموریت ها و افزایش تعداد ماموریت های پایگاه ها ناکارا
- انتقال جزئی مکان پایگاه ها و نزدیک‌تر شدن به حوادث
- با توجه به همسایه بودن برخی پایگاه های ناکارا، می‌توان یکی از آن پایگاه ها را حذف نمود.

به پژوهش‌گران علاقه‌مند در این زمینه، موضوعات زیر پیشنهاد می‌شود :

- بررسی ارتباط بین کارایی پایگاه های امداد و نجات و نحوه توزیع مکانی حوادث در اطراف پایگاه ها
- برای بررسی میزان کارآمدی راهکارهای ارائه شده در بالا، با اعمال این تغییرات و محاسبه دوباره و چندباره پارامترهای این تحقیق، می توان روند بهبود کارایی را مورد بررسی قرار داد.
- همچنین می توان از این تحقیق برای ارزیابی مطالعات انجام گرفته در زمینه تخصیص منابع و مکانیابی پایگاه های امداد و نجات استفاده کرد.

مراجع

۱- محمدی، عسل، و اسفندیار زبردست. "مکان‌یابی مراکز امدادرسانی (در شرایط وقوع زلزله) با استفاده از GIS و روش ارزیابی چندمعیاری AHP." فصلنامه هنرهای زیبا شماره ۲۱(۱۳۸۴): ۵-۱۶.

۲- اجاق، سروش، علی‌اصغر آل شیخ، و محمدرضا ملک. "استفاده از منطق فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی در تعیین مکان بهینه استقرار ایستگاه‌های امدادرسانی پس از وقوع بحران (مطالعه موردی منطقه ۱۰ تهران)." *همایش ژئوماتیک ۹۰*، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور، 25تا ۲۷ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۰، (۱۳۹۰).

۳- شجاع عراقی، مهناز، و سیمین تولایی. "مکان‌یابی بهینه پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی منطقه ۶ شهرداری تهران). " مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال سوم، شماره دهم(۱۳۹۰): ۴۱-۶۰.

۴- اسلامی، علیرضا. "مکان‌یابی مراکز امداد و اسکان (نمونه موردی منطقه ۱ شهرداری تهران)." *دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه طبیعی*، تهران، شرکت کیفیت ترویج، ۲۴ تا ۲۵ بهمن ۱۳۸۵، (۱۳۸۵).

۵- رضایی، محمدرضا، صفر قائدرحمتی، و سید مصطفی حسینی. "مکان‌یابی مراکز امدادرسانی در شهر یزد با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای و GIS FUZZY." پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۶، شماره ۱(۱۳۹۲): ۸۵-۱۰۱.

۶- پورکیانی، مسعود، اسماعیل کهوردی‌پور، زین‌العابدین صادقی، و زهرا حسینی. "بررسی عوامل مؤثر بر مکان‌یابی ایستگاه هلال‌احمر با رویکرد مدیریت بحران در شهر جیرفت با استفاده از منطق فازی و سامانه(GIS) ." *کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان‌های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری*، تهران، شرکت کیمیا خرد پارس، ۴ تا ۵ دی ۱۳۹۲، (۱۳۹۲).

۷- گـواهی، نعیمـه، محمـود رضـا دلاور، مهـدی زارع، و غلامرضـا شـیران. "بررسـی فاکتورهـای مـؤثر در مکـان‌یـابی ایستگاه‌های امداد و نجات جاده‌ای کشور." *سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جـامع بحـران در حـوادث غیرمترقبـه*. تهران، شرکت کیفیت ترویج، ۲۹ تا ۳۰ بهمن ۱۳۸۶، (۱۳۸۶).

"8- Weber, Alfred, and Carl Joachim Friedrich. "Alfred Weber's theory of the location of industries. (1929).

۹- احمدی فینی، علیرضا، شهریار افندی زاده، و افشین شریعت. "بررسی روش های مکان‌یابی پایگاه های امداد و نجـات جمعیت هلال‌احمر." سیزدهمین کنفـرانس بـین‌المللـی مهندسـی حمـل‌ونقـل و ترافیـک. تهـران، معاونـت و سـازمان حمل‌ونقل و ترافیک، ۶ تا ۷ اسفند ۱۳۹۲، (۱۳۹۲).

۱۰- صدیقی، حامد، و علی مروتی شریف‌آبادی. "ارزیابی کارایی پایگاه‌های امداد جاده‌ای هلال‌احمر استان یزد در طـرح نوروزی." فصلنامه امداد و نجات، سال پنجم، شماره ۳ (پیاپی ۱۹)(۱۳۹۲): ۱۸

11- Klimberg, Ronald K. and Samuel J. Ratick. "Modeling data envelopment analysis (DEA) efficient location/allocation decisions." *Computers & Operations Research* 35.2 (2008): 457-474.

12- Mitropoulos, Panagiotis, Ioannis Mitropoulos, and Ioannis Giannikos. "Combining DEA with location analysis for the effective consolidation of services in the health sector." *Computers & Operations Research* 40.9 (2013): 2241-2250.

۱۳- معین‌الدینی، پرستو، و سیما هاشمی. "ارزیابی کـارایی واحـدهای اجرایـی گمـرک ایـران از طریـق روش تحلیـل پوششی داده‌ها." مجله مدیرساز، شماره ۱۴(۱۳۸۲): ۳۲- ۳۸

14- Charnes, Abraham, William W. Cooper, and Edwardo Rhodes. "Measuring the efficiency of decision making units." *European journal of operational research* 2.6 (1978): 429-444.

15- Banker, Rajiv D. Abraham Charnes, and William Wager Cooper. "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis." *Management science* 30.9 (1984): 1078-1092.