مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال دوازدهم، شماره سوم (پیاپی ۴۶)، پاییز۹۴، ص ص ۸۳-۶۹
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

توسعه سیاست‌های مکان‌یابی در افق برنامه‌ریزی بلند مدت (مطالعه موردی مکان‌یابی بیمارستان)

محمد حسامی[۱]، داود شیشه بری*[۲]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، مهندسی صنایع، یزد، ایران
۲- استادیار، دانشگاه یزد، گروه مهندسی صنایع، یزد، ایران

رسید مقاله: ۱۵ بهمن ۱۳۹۳
پذیرش مقاله: ۴ تیر ۱۳۹۴

چکیده
ایجاد مراکز خدماتی از جمله بیمارستان‌ها هزینه‌های زیادی در بردارد و انجام یک مکان‌یابی بهینه و جامع به نحوی که امکان خدمات‌رسانی به همه شهروندان فراهم شود و اطلاعات جامعی را علاوه بر تعیین مکان بیمارستان در اختیار مجریان قرار دهد ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله، مدلی ارایه شده که تقاضای مناطق مختلف را به خدمات درمانی تا افقی ۱۰ ساله در سه سطح عمومی، تخصصی و فوق تخصصی در نظر می‌گیرد به طوری‌که سطوح بالاتر می‌توانند به سطوح پایینی خدمت‌دهی کنند. همچنین، هزینه‌های احداث در سه سطح مذکور در نقاط کاندید و همچنین حداقل و حداکثر ظرفیت برای احداث بیمارستان در سه سطح یاد شده و در نقاط کاندید را در نظر گرفته است. مدل مذکور، ساختار بهینه مساله مورد بررسی از جمله مکان بیمارستان، نوع بیمارستان، ظرفیت دقیق بیمارستان را تعیین می‌نماید. نتایج و تحلیل‌های جامع حاصل از یک مطالعه موردی برای سیستم بهداشت و درمان استان اصفهان حاکی از کارآمدی موثر و مفید مدل ریاضی ارایه شده می‌باشد.

کلمات کلیدی: مکان‌یابی تسهیلات عمومی، مکان‌یابی بیمارستان، برنامه‌ریزی عدد صحیح.

۱ مقدمه
مکان‌یابی بیمارستان به دلیل حساسیت بالای آن نیازمند در نظر گرفتن همه جوانب لازم می‌باشد. وجود یک شبکه بیمارستانی مناسب در شهر امکان خدمات رسانی هر چه سریع تر را به بیماران می‌دهد و همچنین با توجه به ترافیک زیاد کلان شهرها از اعزام چندین باره بیمار جلوگیری کرده، زمان رسیدن به بیمارستان متناسب با نیاز بیمار را به حداقل می‌رساند و قطعا در ارتقای سطح خدمات درمانی جامعه تاثیرگذار است. روند رو به رشد افزایش جمعیت شهری باعث شده که بیمارستان‌های موجود دایماً با مشکل کمبود ظرفیت مواجه باشند که در

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: mzarafat24@iaufb.ac.ir

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

صورتی که در مراحل قبل احداث بیمارستان افقی بلند مدت را برای پاسخگویی به جمعیت رو به رشد شهری در نظر بگیریم این مشکل مرتفع خواهد شد.

در این مقاله بیمارستان‌ها به سطح عمومی، تخصصی و فوق تخصصی تقسیم‌بندی شده‌اند که امکان ارایه خدمات سطوح بالاتر به سطوح پایینی وجود دارد. هدف این مقاله مکان‌یابی بیمارستان در سه سطح عمومی، تخصصی و فوق تخصصی می‌باشد که با در نظر گرفتن نقاط بالقوه برای احداث بیمارستان و نقاط موجود یک شبکه بیمارستانی جدید را بر اساس تقاضاهای موجود به نحوی ایجاد می‌کند که نیاز به هر نوع خدمات بیمارستانی را به نزدیکترین فاصله ممکن می‌رساند و اعزام دوباره بیمار را تا حد زیادی کاهش می‌دهد همچنین مدل ارایه شده روند افزایش جمعیت را در نظر گرفته و مکان‌یابی را تا افقی چند ساله (در این مقاله ۱۰ سال در نظر گرفته شده است) انجام می‌دهد. در ادامه، پس از مرور کارهای مرتبط گذشته و ضرورت ارایه مدل پیشنهادی مدل معرفی شده و پس آن با داده‌های ارایه شده حل مدل توسط نرم افزار GAMS 21.4 در محیط ویندوز ۷ انجام و در پایان نیز نتایج با نتایج حاصل از روش P-median مقایسه شد.

۲ مرور ادبیات

محمد وحیدنیا و همکاران با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) مکان‌یابی بیمارستان را برای بهینه نمودن زمان دسترسی انجام داده‌اند [۱]. هو زانگ و همکاران روشی را برای مکان‌یابی مراکز درمانی ارایه کردن که فاصله‌ها را تعدیل می‌نمود[۲]. تکسرا و آنتونس مدل برنامه ریزی خطی را ارایه نمودند که برای مکان‌یابی تسهیلات عمومی مطرح شد. این مدل برای مکان‌یابی مدرسه استفاده شد و ظرفیت و نوع مدارس را نیز در نظر می‌گیرد[۳]. برانو و همکاران مدلی را برای مکان‌یابی مدارس در سه سطح ارایه کردند که با در نظر گرفتن جمعیت موجود در مدارس و مکان‌یابی مراکز جدید جمعیت را در مدارس تا حدود مشخصی تنظیم نماید[۴]. چو و همکاران مدلی ریاضی را ارایه نمودند که در مرحله اول مکان بیمارستان می‌پردازد و در مرحله بعد به تخصیص خدمات مختلف به تقاضاها می‌پردازد[۵]. بارای و کلیکت یک مدل ترکیبی از مدل حداکثر پوشش و P-center برای مکانیابی بیمارستان در سه سطح ارایه دادند[۶]. سهیل داوری و همکاران مدلی را برای حداکثر پوشش با زمان سفر فازی ارایه دادند[۷]. اکثر مواردی که مطرح شد پاسخگوی سوالات زیر هستند: (الف) چه تعداد مرکز جدید ایجاد نماییم؟ (ب) کجا مرکز جدید را ایجاد کنیم؟ (ج) کدام مرکز، کدام مکان را پوشش دهد؟ (د) فاصله تا تسهیل در حداقل ممکن قرار گیرد.

در این مقاله مدل پیشنهادی علاوه بر پاسخگویی به سوالات مطرح شده به سوالات ادامه نیز پاسخ می‌دهد: (ه) مراکز موجود باید هنوز مورد استفاده قرار گیرند ، به سطوح بالاتر ارتقا پیدا کنند و یا بسته شوند. (و) مراکز باز شده (جدید یا قدیم) در چه سطحی از سه سطح عمومی، تخصصی و فوق تخصصی خدمات رسانی نمایند. (ز) مراکز ایجاد شده (جدید یا قدیم) باید پاسخگوی چه تعداد جمعیت متقاضی باشند. (ح) نقاط بیمارستانی با سطوح بالاتر باید به چه تعداد از متقاضیان سطوح پایینی خدمات بدهند. (ط) شبکه بیمارستانی ایجاد شده پاسخگوی

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

روند افزایش جمعیت طی ۱۰ سال آینده است. (ی) هزینه‌های احداث را در نظر گرفته و با توجه به مقدار بودجه در دسترس بهینه‌ترین مکان برای احداث بیمارستان را در نظر می‌گیرد.

۳ مدل ریاضی

در این بخش هدف آن است تا مساله مکان‌یابی بیمارستان با شرایط ذکر شده مورد بررسی قرار گیرد و مدل‌سازی ریاضی مناسب و کارآمدی برای آن ارایه شود. فرض کنید در یک ناحیه پهناور جغرافیایی، یک سری نقاط تقاضا به صورت مناطق نسبتاً کوچک وجود دارد. همچنین در این ناحیه جغرافیایی، تعداد بیمارستان تخصصی و فوق تخصصی موجود است. همچنین تصمیم گرفته شده برای رشد و توسعه این ناحیه، تعدادی بیمارستان تخصصی و فوق تخصصی جدید احداث شود. با این توصیف پارامترها و متغیرهای جدیدی به صورت زیر تعریف می‌شود:

پارامترها

d_{ij} فاصله سایت j تا مرکز i

u_{is} تقاضای سطح s مرکز i

b_{js} کم‌ترین مقدار ظرفیت سایت j در سطح s

B_{js} بیش‌ترین مقدار ظرفیت سایت j در سطح s

c_{js} هزینه احداث سایت j در سطح s

متغیرهای تصمیم

x_{ijs} اگر تقاضای مرکز i توسط سایت j در سطح تقاضای s برآورده شود =۱، در غیر این‌صورت=۰

z_{jst} گنجایش اشغال شده از سایت j در سطوح t توسط تقاضای سطح s

y_{js} اگر تسهیل j درسطح s ایجاد شود=۱، در غیر اینصورت=۰

مدل پیشنهادی با متغیرها و پارامترهای تعریف شده به صورت زیر فرموله شد:

$$Min \quad \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{s\in S} d_{ij}\, u_{is}\, x_{ijs} \qquad (۱)$$

s.t.

$$\sum_{j\in J} x_{ijs} = ۱ \qquad \forall i\in I\ ;\quad s\in S \qquad (۲)$$

$$x_{ijs} \le \sum_{t\ge s|t\in S} y_{jt} \qquad \forall i\in I\ ;\ \forall j\in J\ ;\ \forall s\in S \qquad (۳)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

$$\sum_{t\geq s|t\in S} z_{jst} = \sum_{i\in I} u_{is}\, x_{ijs} \qquad \forall j\in J \;\; ; \;\; s\in S \qquad (۴)$$

$$\sum_{t\leq s|s\in S} z_{jst} \geq b_{jt}\, y_{jt} \qquad \forall j\in J \;\; ; \;\; s\in S \qquad (۵)$$

$$\sum_{t\leq s|s\in S} z_{jst} \leq b_{jt}\, y_{jt} \qquad \forall j\in J \;\; ; \;\; s\in S \qquad (۶)$$

$$\sum_{j\in J} c_{js}\, y_{js} \leq F_s \qquad \forall j\in J \;\; ; \;\; s\in S \qquad (۷)$$

$$x_{ijs}\, , y_{js} \in \{۰ ، ۱\} \qquad \forall i\in I \;\; ; \;\; \forall j\in J \;\; ; \;\; s\in S \qquad (۸)$$

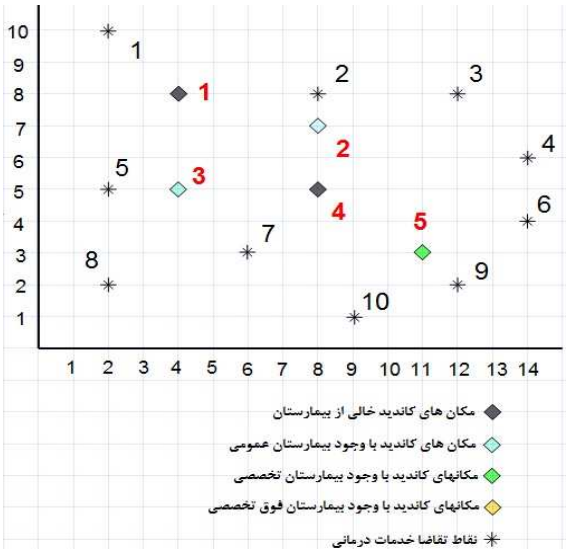
$$z_{jst} \geq ۰ \qquad \forall j\in J \;\; ; \;\; s,t\in S \qquad (۹)$$

تابع هدف مساله در رابطه شماره (۱) بیان شده است که فاصله در تقاضا را در سطح s برای مرکز i توسط بیمارستان j کمینه می‌کند. محدودیت (۲) تاکید می‌کند که هر بیمارستان حداقل یک مکان را در سطح تقاضای s پوشش می‌دهد. محدودیت (۳) نیز بیان می‌کند که اگر ایستگاهی در سطح s یا سطوح بالاتر از s ایجاد شد می‌تواند مرکز i را سرویس دهد. در محدودیت (۴) تاکید می‌شود که گنجایش اشغال شده از سایت j در سطوح t توسط تقاضای سطح s با میزان تقاضای سطح s مراکز برابر است $(t\geq s|t\in S)$. محدودیت (۵) نشان می‌دهد که گنجایشی را که سطوح s در سطح t اشغال نموده است باید از بیش‌ترین مقدار ظرفیت سایت j در سطح t کم‌تر باشد. محدودیت (۶) عنوان می‌کند که گنجایشی را که سطوح s در سطح t اشغال نموده است باید از کم‌ترین مقدار ظرفیت سایت j در سطح t بزرگ‌تر باشد و آخرین محدودیت، محدودیت (۷) است که بیان می‌کند که هزینه ایجاد بیمارستان سطح s در کل مکان‌های کاندید باید کوچک‌تر یا مساوی کل بودجه موجود برای احداث بیمارستان سطح s باشد. محدودیت های (۸) و (۹) نیز به ترتیب صفر و یک بودن متغیرها و نامنفی بودن متغیرها را نشان می دهند.

٤ حل مدل

مدل ارایه شده در نرم افزار GAMS کدنویسی شده و تحت ویندوز ۷ حل و اجرا شده است. برای تست و آزمایش مدل مذکور، از داده‌های اولیه موجود در جدول‌های (۱) تا (۶) استفاده شده است. شکل (۱) موقعیت نقاط کاندید برای احداث بیمارستان و نقاط تقاضا را نشان می‌دهد، در برخی نقاط کاندید بیمارستان وجود دارد که مدل پیشنهادی نسبت به باز ماندن، بسته شدن و یا ارتقا آن به سطوح بالاتر خدماتی تصمیم‌گیری می‌کند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]



شکل ۱. نقاط کاندید و نقاط تقاضا

جدول ۱. فاصله مناطق تقاضا تا نقاط کاندید

مکان کاندید/نقاط تقاضا	۱	۲	۳	۴	۵
منطقه۱	۴	۹	۷	۱۱	۱۶
منطقه۲	۴	۱	۷	۳	۸
منطقه۳	۸	۵	۱۱	۷	۶
منطقه۴	۱۲	۷	۱۱	۷	۶
منطقه۵	۵	۸	۲	۶	۱۱
منطقه۶	۱۴	۹	۱۱	۷	۴
منطقه۷	۷	۶	۴	۴	۵
منطقه۸	۸	۱۱	۵	۹	۱۰
منطقه۹	۱۴	۹	۱۱	۷	۲
منطقه۱۰	۱۲	۷	۹	۵	۴

جدول ۲.تقاضا برای نقاط مختلف

نقاط تقاضا	تقاضا برای بیمارستان عمومی	تقاضا برای بیمارستان تخصصی	تقاضا برای بیمارستان فوق تخصصی	کل تقاضا
منطقه۱	۱۷۳	۹۰	۳۳	۲۹۶
منطقه۲	۲۳۹	۱۰۰	۲۰	۳۵۹
منطقه۳	۱۶۷	۱۲۳	۱۶	۳۰۷
منطقه۴	۱۲۴	۱۰۷	۲۳	۲۵۵
منطقه۵	۱۷۷	۱۱۲	۳۶	۳۲۵
منطقه۶	۱۹۳	۱۳۴	۲۰	۳۴۷
منطقه۷	۱۷۸	۸۸	۲۴	۲۹۰

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

کل تقاضا	تقاضا برای بیمارستان فوق تخصصی	تقاضا برای بیمارستان تخصصی	تقاضا برای بیمارستان عمومی	نقاط تقاضا
۳۶۰	۶۹	۱۰۰	۱۹۱	منطقه۸
۴۲۰	۶۲	۹۲	۲۶۶	منطقه۹
۳۷۲	۲۸	۱۱۴	۲۳۰	منطقه۱۰

پنج دلیل عمده برای انجام پیش بینی جمعیت وجود دارد که یکی از آن‌ها برای تامین تقاضای آتی در خدمات و حمل و نقل است[۸] و[۹]. در این مقاله با استفاده از روش ریاضی افزایش تقاضا تا ۱۰ سال در نقاط مختلف و در سطوح عمومی، تخصصی و فوق تخصصی برآورد و در مدل پیشنهادی مکان‌یابی با تقاضاهای با افق بلند مدت ۱۰ ساله انجام می‌شود. تقاضا برای نقاط مختلف در جدول (۲) آورده شده که با احتساب روند افزایش جمعیت با استفاده از معادله شماره (۱۰) ([۱۰] و [۱۱]) نرخ رشد سالانه ۱/۶۲ درصد داده‌های جدول (۳) حاصل می‌شود که این داده‌ها در مدل پیشنهادی استفاده شده است.

$$P_{t+n}=P_t\,(1+r)^n \qquad (10)$$

جمعیت سال مقصد	P_{t+n}	نرخ رشد سالانه جمعیت	r
جمعیت سال مبدا	P_t	تعداد سال مورد پیش بینی	n

جدول۳. تقاضا برای نقاط مختلف با احتساب افزایش تقاضا طی ۱۰ سال

کل تقاضا	تقاضا برای بیمارستان فوق تخصصی	تقاضا برای بیمارستان تخصصی	تقاضا برای بیمارستان عمومی	نقاط تقاضا
۳۴۸	۳۹	۱۰۶	۲۰۳	منطقه۱
۴۲۱	۲۳	۱۱۷	۲۸۱	منطقه۲
۳۶۰	۱۹	۱۴۵	۱۹۶	منطقه۳
۲۹۹	۲۷	۱۲۶	۱۴۶	منطقه۴
۳۸۲	۴۲	۱۳۲	۲۰۸	منطقه۵
۴۰۷	۲۳	۱۵۷	۲۲۷	منطقه۶
۳۴۰	۲۸	۱۰۳	۲۰۹	منطقه۷
۴۲۳	۸۱	۱۱۸	۲۲۴	منطقه۸
۴۹۳	۷۳	۱۰۸	۳۱۲	منطقه۹
۴۳۷	۳۳	۱۳۴	۲۷۰	منطقه۱۰

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

جدول ٤. هزینه احداث بیمارستان در سطوح مختلف در مناطق کاندید(میلیون ریال)

سطح/نقاط کاندید	۱	۲	۳
۱	۰/۸۵۵	۰/۱۳۲	۰/۲۵۱
۲	۰/۹۸	۰/۱۵۹	۰/۲۷۳
۳	۰/۸۲۵	۰/۱۳۵	۰/۲۳۵
۴	۰/۹۸۴	۰/۱۶۲	۰/۲۳۵
۵	۰/۹۷۷	۰/۱۴۵	۰/۲۳۰

جدول ٥. حداکثر ظرفیت بیمارستان قابل احداث در سطح s در منطقه j(نفر در روز)

سطح/نقاط کاندید	۱	۲	۳
۱	۸۰۰	۶۶۰	۳۵۰
۲	۹۰۰	۷۵۰	۵۰۰
۳	۹۰۰	۸۰۰	۴۵۰
۴	۸۵۰	۷۰۰	۴۷۰
۵	۹۰۰	۸۰۰	۴۵۰

جدو ل ٦. حداقل ظرفیت بیمارستان قابل احداث در سطح s در منطقه j(نفر در روز)

سطح/نقاط کاندید	۱	۲	۳
۱	۷۵	۶۱۰	۳۰۰
۲	۸۵۰	۷۰۰	۴۵۰
۳	۸۵۰	۷۵۰	۴۰۰
۴	۸۰۰	۶۵۰	۴۲۰
۵	۸۵۰	۷۵۰	۴۰۰

داده‌های جداول (۱) و (۲) وارد نرم افزار شده و مدل مربوطه حل شد. نتایج حاصل از حل نشان داد که در مکان‌های کاندید ۱،۲،۳،۵ بیمارستان احداث می‌شود. در مکان ۴ بیمارستانی احداث نمی‌شود. این نتیجه‌ای است که از حل مدل مکان‌یابی P-median حاصل می‌شود. اکثر مدل‌های مکان‌یابی به این نتایج بسنده کرده‌اند؛ اما این نتایج برای مجریان احداث بیمارستان کافی نیست. مدل پیشنهادی در این مقاله علاوه بر تعیین مکان بیمارستان در حداقل فاصله با تقاضاهای تخصیص یافته نتایج زیر را نیز در بر دارد:

۱- نوع بیمارستان را با توجه به تقاضاها از سه نوع عمومی، تخصصی و فوق تخصصی مشخص می‌نماید.

۲- مکان‌یابی را با توجه به روند افزایش جمعیت تا افقی (در اینجا ۱۰ سال در نظر گرفته شده است) تعیین می‌کند و پاسخگوی افزایش جمعیت در آینده خواهد بود.

۳- مکان‌یابی را با توجه به هزینه‌های احداث و محدودیت بودجه تعیین می‌کند و بعد از مکان‌یابی هزینه احداث بیمارستان در مکان‌های انتخاب شده برای مجری مشخص است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

۴- حداکثر ظرفیت بیمارستان را با توجه به پتانسیل‌های موجود در هر یک از مکان‌های کاندید برای احداث بیمارستان در نظر می‌گیرد و مکان‌یابی را با توجه به آن انجام می‌دهد.

۵- حداقل ظرفیت برای احداث بیمارستان در هر یک از مکان‌های کاندید را در مکان‌یابی در نظر می‌گیرد، بدیهی است احداث بیمارستان با کم‌تر از ظرفیت حداقلی تعیین شده ممکن نیست و توجیه اقتصادی ندارد.

۶- امکان خدمات‌رسانی بیمارستان‌های با سطح بالاتر به سطوح پایین‌تر را در روند مکان‌یابی در نظر می‌گیرد.

در اینجا به تشریح نتایج حاصل از مدل پیشنهادی که توسط نرم افزار GAMS حل شده پرداخته می‌شود:

۱- بر اساس نتایج حاصله، در مکان ۱ تنها بیمارستان فوق تخصصی ایجاد می‌شود:

$y(۱ , ۱) = ۰ \ , \ y(۱ , ۲) = ۰ \ , \ y(۱ , ۳) = ۱$

ظرفیت این بیمارستان ۳۴۸ نفر در روز خواهد بود:

$z(۱ , ۱, ۳) = ۲۰۳ \ , \ z(۱ , ۲, ۳) = ۱۰۶ \ , \ z(۱ , ۳, ۳) = ۳۹$

$z(۱ , ۱, ۳) + z(۱ , ۲, ۳) + z(۱ , ۳, ۳) = ۳۴۸$

هزینه احداث بیمارستان فوق تخصصی در مکان ۱ طبق جدول (۴) ۲۵۱۳۰ میلیون ریال خواهد بود که با تقاضای موجود تا ۱۰ سال آینده:

۲۰۳ نفر از ظرفیت آن در روز به درمان‌های عمومی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از منطقه ۱ است.

۱۰۶ نفر از ظرفیت آن در روز به درمان‌های تخصصی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از مناطق ۱ می‌باشد.

۳۹ نفر از ظرفیت آن در روز به درمان‌های تخصصی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از مناطق ۱ می‌باشد.

سایر نقاط کاندید طبق روشی که برای مکان یک تحلیل شد به صورت زیر خواهد بود:

۲- مکان ۲ از یک بیمارستان عمومی به تخصصی با ظرفیت ۷۳۹ نفر در روز ارتقا می‌یابد که هزینه ارتقا آن ۶۱۳۰ = (۹۸۰۰ – ۱۵۹۳۰) میلیون ریال است و با تقاضای موجود تا ۱۰ سال آینده :

۴۷۷ نفر از ظرفیت آن در روز به درمان‌های عمومی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از منطقه ۲ و ۳ است.

۲۶۲ نفر از ظرفیت آن در روز به درمان‌های عمومی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از مناطق ۲ و ۳ می‌باشد.

۳- مکان ۳ از یک بیمارستان عمومی به تخصصی با ظرفیت ۷۸۵ نفر در روز ارتقا می‌یابد که هزینه ارتقای آن ۵۲۹۰ = (۸۲۵۰ – ۱۳۵۴۰) میلیون ریال است و با تقاضای موجود تا ۱۰ سال آینده:

۴۳۲ نفر از ظرفیت آن در روز به درمان‌های عمومی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از مناطق ۵ و ۸ می‌باشد.

۳۵۳ نفر از ظرفیت آن در روز به درمان‌های تخصصی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از مناطق ۵، ۷ و ۸ می‌باشد.

۴- در مکان ۴ بیمارستانی احداث نمی‌شود.

۵- در مکان ۵ سه بیمارستان عمومی، تخصصی و فوق تخصصی با ظرفیت‌های به ترتیب ۸۵۰، ۷۸۸ و ۴۰۰ نفر در روز ایجاد می‌شود که البته بیمارستان تخصصی از قبل در این مکان وجود داشته و باز می‌ماند هزینه احداث دو بیمارستان عمومی و فوق تخصصی ۳۲۸۰۰ میلیون ریال خواهد بود که با تقاضای موجود تا ۱۰

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

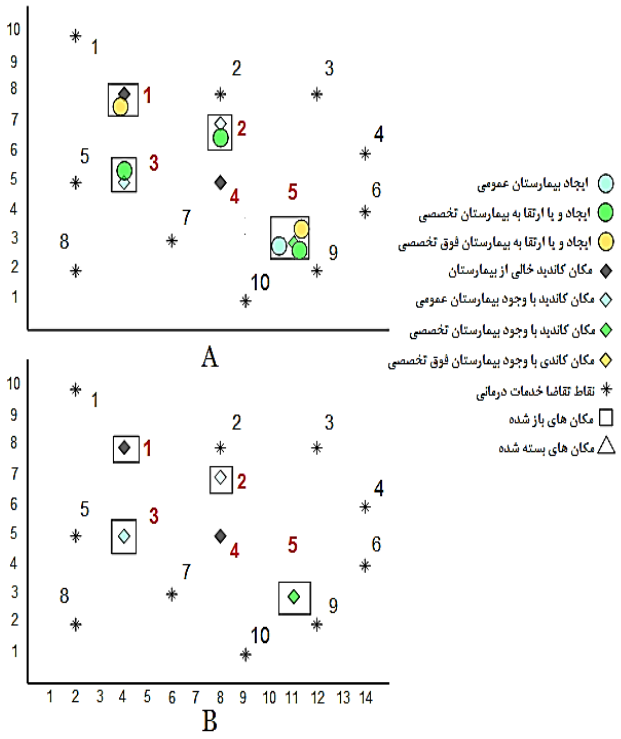
سال آینده: ۸۵۰ نفر ظرفیت بیمارستان عمومی، ۲۶۳ نفر از ظرفیت بیمارستان تخصصی، ۵۱ نفر از ظرفیت بیمارستان فوق تخصصی و جمعا ۱۱۶۴ نفر در روز به درمان‌های عمومی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از منطقه ۴، ۶، ۷، ۹و ۱۰می باشد. ۵۲۵ نفر ظرفیت آن در روز به درمان‌های تخصصی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از منطقه ۴،۹،۶و ۱۰ می‌باشد. ۳۴۹ نفر از ظرفیت آن در روز به درمان‌های فوق تخصصی اختصاص می‌یابد که این تقاضاها از منطقه ۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰ می‌باشد.

آنچه از نتایج مدل پیشنهادی و روش P-median حاصل شد مشخص می‌کند مدل P-median تنها مکان بیمارستان را در وضعیتی بهینه و در حداقل فاصله با هریک از تقاضاهای تخصیص یافته به آن مکان تعیین می‌کند؛ در حالی که مدل پیشنهادی علاوه بر این مورد با در نظر گرفتن تمامی جوانب برای مکان‌یابی پاسخی جامع و کامل را ارایه می‌دهد، از جمله ظرفیت بیمارستان، نوع بیمارستان و هزینه احداث آن و دقیقا مشخص می‌کند چه ظرفیتی باید در چه سطحی از تقاضا برای خدمات درمانی به مکان کاندید برای احداث بیمارستان تخصیص می‌یابد و همین موضوع باعث می‌شود اعزام دوباره بیمار به حداقل ممکن برسد، همچنین با در نظر گرفتن تقاضاها در چند سطح عمل مکان‌یابی را با توجه به نیازهای مختلف در نظر می‌گیرد که این مورد از احداث بیمارستان‌هایی با خدماتی خارج از نیاز جلوگیری می‌نماید جداول ۸، ۹ و ۱۰ علاوه بر اطلاعات ذکر شده اطلاعات دیگری نیز ارایه می‌کنند که بیماران با نیاز به خدمات درمانی پایین‌تر در مواردی به سطوح بالاتر تخصیص پیدا کرده‌اند و از احداث بیمارستان غیر ضروری جلوگیری می‌نماید؛ زیرا مدل هزینه‌های احداث را در نظر دارد و محدودیت بودجه را در نظر می‌گیرد. شکل (۲) بیان شمایی است از برخی تفاوت‌هایی که بیان شد همان‌طور که مشخص است در قسمت (B) که مربوط به مدل P-median است تنها مکان بیمارستان‌ها مشخص شده است مکان‌هایی که برای احداث بیمارستان تعیین شده با یک مربع مستطیل اطراف آن مکان مشخص شده که عیناً در شکل (A) مربوط به مدل پیشنهادی این مورد وجود دارد به‌علاوه این که در شکل (A) نوع بیمارستان نیز (دایره‌های درون مربع مستطیل) مشخص است، مثلاً در مورد مکان کاندید ۱ بیان می‌کند که در این مکان باید بیمارستان فوق تخصصی احداث شود در حال که مدل P-median بیان می‌کند که در مکان ۱ باید بیمارستان احداث شود، البته شکل (۲) تنها این تفاوت را نشان می‌دهد و به سایر مزیت‌های مدل پیشنهادی که قبلاً بیان شد اشاره ندارد.

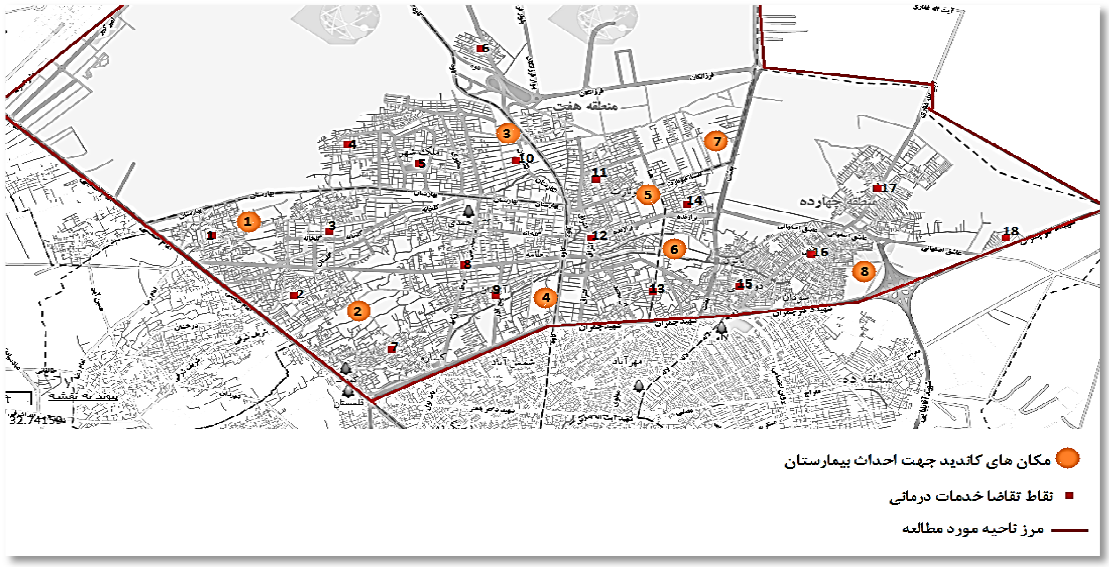
۵ مطالعه موردی

برای بررسی و مطالعه کاربردی بودن مدل در شرایط واقعی، مطالعه روی پروژه مکان‌یابی بیمارستان با بودجه‌ای به ترتیب ۴، ۵و ۵ میلیارد تومان برای بیمارستان عمومی، تخصصی و فوق تخصصی در قسمت شمال اصفهان انجام شد که شمای جغرافیایی کلی مطالعه موردی در شکل (۳) و داده‌های آن به شرح زیر است:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]



شکل ۲. مقایسه نتایج مدل پیشنهادی (A) و روش P-Median (B)



شکل ۳. ناحیه مورد بررسی در شمال اصفهان

جدول ۷. فاصله مناطق تقاضا تا نقاط کاندید (متر)

مکان کاندید / نقاط تقاضا	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۱۰۰۰	۵۲۰۰	۹۲۰۰	۱۰۸۰۰	۱۲۲۰۰	۱۳۶۰۰	۱۵۲۰۰	۲۲۱۰۰
۲	۲۷۵۰	۲۳۰۰	۱۱۰۰۰	۱۲۳۰۰	۱۱۹۰۰	۱۲۴۰۰	۱۴۷۰۰	۲۱۸۰۰
۳	۱۹۰۰	۳۴۰۰	۸۸۰۰	۸۴۰۰	۱۰۸۰۰	۱۱۶۰۰	۱۳۶۰۰	۲۰۲۰۰

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

مکان کاندید / نقاط تقاضا	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۴	۴۶۰۰	۸۴۰۰	۶۵۰۰	۷۶۰۰	۱۱۶۰۰	۱۲۸۰۰	۱۱۵۰۰	۲۰۴۵۰
۵	۶۳۰۰	۷۹۰۰	۳۴۰۰	۶۶۰۰	۹۶۰۰	۱۰۸۰۰	۹۳۰۰	۱۹۶۰۰
۶	۱۱۳۰۰	۱۴۸۷۰	۴۰۰۰	۱۰۹۰۰	۱۰۲۰۰	۱۱۷۰۰	۸۹۰۰	۱۹۱۰۰
۷	۷۸۰۰	۱۶۰۰	۳۹۰۰	۴۵۰۰	۱۱۰۰۰	۱۲۱۰۰	۱۵۰۰۰	۲۲۳۰۰
۸	۸۴۸۰	۴۸۰۰	۵۹۰۰	۲۱۰۰	۸۰۰۰	۹۳۰۰	۹۵۰۰	۱۵۳۰۰
۹	۹۶۰۰	۵۷۰۰	۶۶۰۰	۱۶۰۰	۶۰۰۰	۷۱۰۰	۹۴۰۰	۱۴۸۰۰
۱۰	۱۰۸۰۰	۱۲۳۰۰	۹۰۰	۵۹۰۰	۴۸۰۰	۵۷۰۰	۷۱۰۰	۱۴۹۰۰
۱۱	۱۲۶۰۰	۱۴۳۰۰	۳۷۰۰	۷۵۰۰	۱۹۰۰	۳۴۰۰	۶۴۰۰	۱۱۲۰۰
۱۲	۱۲۴۰۰	۱۳۸۵۰	۴۸۰۰	۴۳۰۰	۲۳۰۰	۳۰۰۰	۶۶۰۰	۱۰۹۰۰
۱۳	۱۴۹۰۰	۱۴۸۰۰	۶۸۰۰	۵۴۰۰	۴۲۰۰	۱۷۰۰	۷۲۰۰	۸۸۰۰
۱۴	۱۵۲۰۰	۱۵۵۰۰	۸۹۰۰	۷۱۰۰	۱۴۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۹۰۰
۱۵	۱۶۸۰۰	۱۶۶۰۰	۱۰۱۰۰	۸۰۰۰	۴۸۰۰	۲۹۰۰	۵۴۰۰	۴۴۰۰
۱۶	۱۸۲۰۰	۱۷۴۰۰	۱۳۲۰۰	۹۲۰۰	۶۲۰۰	۴۴۰۰	۷۷۰۰	۱۶۰۰
۱۷	۱۹۵۰۰	۱۸۸۰۰	۱۴۰۰۰	۱۱۰۰۰	۱۰۳۰۰	۷۹۰۰	۹۱۰۰	۳۲۰۰
۱۸	۲۱۳۵۰	۲۲۱۰۰	۱۵۴۰۰	۱۲۴۰۰	۱۲۳۰۰	۱۰۳۰۰	۱۱۰۰۰	۴۱۰۰

جدول ۸. تقاضا برای نقاط مختلف

نقاط تقاضا	تقاضا برای بیمارستان عمومی	تقاضا برای بیمارستان تخصصی	تقاضا برای بیمارستان فوق تخصصی
منطقه۱	۳۰۵	۵۸	۱۲
منطقه۲	۳۸۰	۴۳	۱۴
منطقه۳	۴۴۰	۶۷	۲۶
منطقه۴	۲۸۰	۳۴	۱۷
منطقه۵	۵۱۰	۸۶	۳۱
منطقه۶	۱۹۰	۲۸	۷
منطقه۷	۳۳۰	۵۵	۲۲
منطقه۸	۵۸۰	۹۶	۳۸
منطقه۹	۴۸۰	۶۵	۲۰
منطقه۱۰	۳۵۰	۵۱	۱۸
منطقه۱۱	۶۴۰	۱۰۸	۴۱
منطقه۱۲	۷۸۰	۱۲۱	۷۶
منطقه۱۳	۴۶۰	۵۷	۱۶
منطقه۱۴	۲۴۰	۳۹	۱۱
منطقه۱۵	۷۱۰	۸۹	۳۲

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

تقاضا برای بیمارستان فوق تخصصی	تقاضا برای بیمارستان تخصصی	تقاضا برای بیمارستان عمومی	نقاط تقاضا
۲۸	۷۶	۶۷۰	منطقه۱۶
۳۳	۸۱	۵۹۰	منطقه۱۷
۵	۱۹	۱۲۰	منطقه۱۸

جدول ۹. هزینه احداث بیمارستان در سطوح مختلف در مناطق کاندید (میلیارد تومان)

۳	۲	۱	سطح/نقاط کاندید
۳/۴	۱/۸	۱/۴	۱
۳/۶	۱/۱	۱/۸	۲
۵/۱	۲/۹	۱/۳	۳
۲/۴	۱/۶	۲	۴
۴/۱	۲/۸	۲/۱	۵
۱/۹	۲/۸	۲/۴	۶
۴/۲	۲/۶	۱/۳	۷
۲/۷	۱/۲	۱/۹	۸

جدول ۱۰. حداکثر ظرفیت بیمارستان قابل احداث در سطح s در منطقه j (نفر در روز)

۳	۲	۱	سطح/نقاط کاندید
۲۰۰	۱۳۰۰	۲۱۰۰	۱
۱۰۰	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۲
۳۰۰	۱۹۰۰	۲۰۰۰	۳
۲۰۰	۷۰۰	۱۰۰۰	۴
۳۰۰	۱۶۰۰	۲۵۰۰	۵
۲۰۰	۲۰۰۰	۲۸۰۰	۶
۲۰۰	۹۰۰	۱۷۰۰	۷
۳۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۸

جدول ۱۱. حداقل ظرفیت بیمارستان قابل احداث در سطح s در منطقه j (نفر در روز)

۳	۲	۱	سطح/نقاط کاندید
۵۰	۷۰۰	۱۵۰۰	۱
۵۰	۹۰۰	۱۵۰۰	۲
۵۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۳
۵۰	۷۰۰	۸۰۰	۴
۵۰	۵۰۰	۵۰۰	۵
۵۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰	۶
۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۷
۵۰	۷۰۰	۱۲۰۰	۸

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

در اینجا به تشریح نتایج حاصل از مدل پیشنهادی پرداخته می‌شود که توسط نرم افزار GAMS حل شده نمایش داده شده است:

۱- بر اساس نتایج به‌دست آمده، در مکان ۱ تنها بیمارستان تخصصی ایجاد می‌شود:

$y(۱ , ۱) = ۰ \ , \ y(۱ , ۲) = ۱ \ , \ y(۱ , ۳) = ۰$

ظرفیت این بیمارستان ۱۳۰۷ نفر در روز خواهد بود:

$z(۱ , ۱, ۲) = ۷۴۵ \ , \ z(۱ , ۲, ۲) = ۵۵۳$

$z(۱ , ۱, ۱) + z(۱ , ۲, ۲) = ۱۳۰۷$

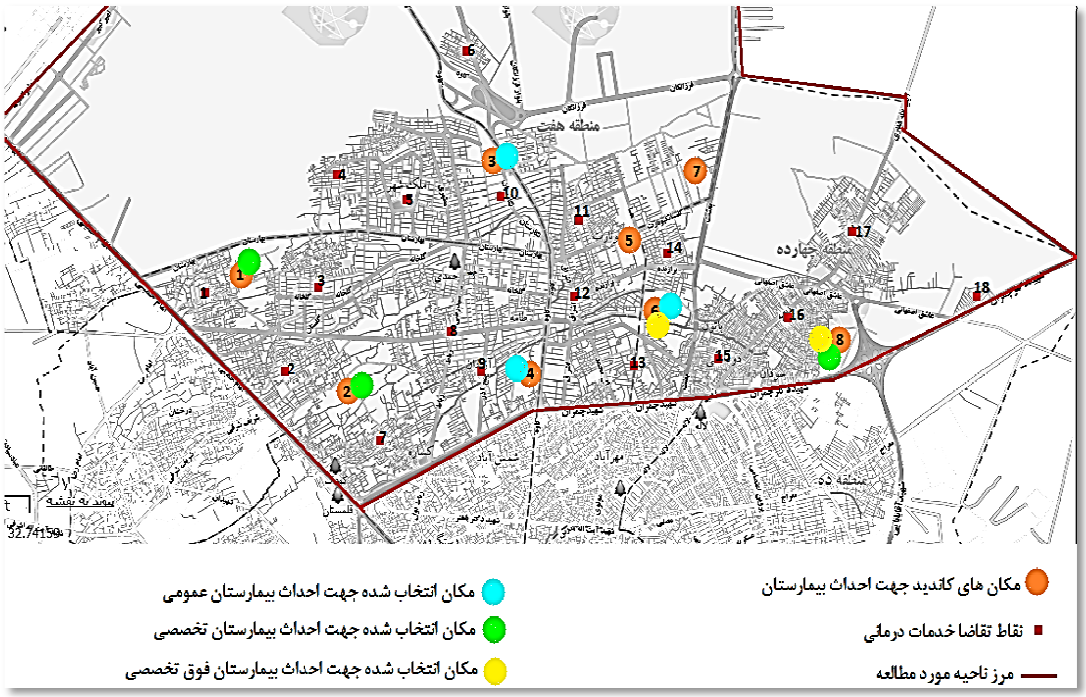
هزینه احداث بیمارستان تخصصی در مکان یک ۱/۸ میلیارد تومان خواهد بود که با تقاضای موجود تا ۱۰ سال آینده :

۲۰۳ نفر از ظرفیت آن در روز به درمان‌های عمومی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از منطقه ۱،۳،۵،۷،۹،۱۰،۱۱،۱۲است.

۱۰۶ نفر از ظرفیت آن در روز به درمان‌های تخصصی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از مناطق ۱ می‌باشد.

۳۹ نفر از ظرفیت آن در روز به درمان‌های تخصصی تخصیص می‌یابد که این تقاضاها از مناطق ۱ می‌باشد.

سایر نقاط کاندید طبق روشی است که برای مکان یک تحلیل شد و در نهایت مکان‌هایی که باید بیمارستان در آنها احداث شود در شکل (۴) نمایش داده که نوع بیمارستان نیز توسط مدل تصمیم‌گیری شده که در شکل (۴) مشخص شده است به علاوه ظرفیت بیمارستان در هر نوع و میزانی از ظرفیت هر نوع بیمارستان که به خدمات‌رسانی به گروه‌های پایین‌تر می‌پردازند توسط مدل تعیین شده، این مزیت از احداث بیمارستان با تقاضای کم جلوگیری می کند.



شکل ٤. نتایج مطالعه موردی

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

٦ تحلیل حساسیت

هدف بررسی تاثیر تغییر عدد سمت راست محدودیت بودجه (محدودیت هفتم) از ۵،۴ و ۵ میلیار تومان به ۶،۵ و ۶ میلیارد تومان بر جواب نهایی است که با این تغییر میزان تابع هدف از ۴۰۳۸۲۷۹۰ به ۳۰۹۳۶۸۰۰ کاهش می‌یابد، هرچه بودجه افزایش یابد امکان احداث تعداد بیش‌تری بیمارستان فراهم می‌شود و میزان فاصله کاهش و در نتیجه مقدار تابع هدف کاهش می‌یابد. سایر منابع قابل بررسی نیست.

نتیجه‌گیری

در این مقاله مدلی ارایه شده که در مکان‌یابی بیمارستان و در مطالعه موردی که انجام شده به نحو کارآمدی عمل نموده است. این مدل تمام جزییات در شرایط واقعی را در نظر می‌گیرد که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به این موارد اشاره نمود: (الف) متقاضی خدمات درمانی کم‌ترین فاصله را به بیمارستان مطلوب می‌داند. (ب) هرچه بیمارستان مجهزتر باشد علاوه بر خدمات‌رسانی تخصصی می‌تواند به راحتی به گروه‌های پایین‌تر از خود خدمت‌رسانی نماید. (ج) در مناطقی که احداث بیمارستان توجیه‌پذیر نیست بیماران به نزدیک‌ترین بیمارستان در گروه خود یا گروه‌های بالاتر تخصیص یابند. (د) تمام تقاضاها باید پوشش پیدا کند. (ه) مکان‌یابی با توجه به محدودیت بودجه و پوشش کامل انجام شود. (و) تقاضاهای مختلف را با توجه به نوع بیماری در نظر می‌گیرد که در مطالعه موردی ۳ سطح در نظر گرفته شد که می‌توان با توجه به نیاز آن را افزایش داد.

مدل ارایه شده در این مقاله، با توجه به توانایی که دارد می‌تواند در مکان‌یابی نمایندگی‌های شرکت‌های خودروسازی و کارخانه‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به تقاضا در کل کشور برای تعمیر خودرو، تقاضا برای خرید می‌توان از این مدل برای مکان‌یابی نمایندگی استفاده کرد. این مدل برای هر نوع مکان‌یابی با تقاضای چند سطحی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد در مطالعات بعدی می‌توان این مهم را مورد نظر قرار داد و به علاوه الگوریتمی جهت خوشه بندی تقاضاها ارایه نمود.

منابع

[۸] اندرو، ه.، ترجمه: حسینی، ح.، کهن سالی، غ. ر.، (۱۳۸۵). روش‌های جمعیّت‌شناختی، تهران، انتشارات مرکز مطالعات و پژوهش‌های جمعیّتی آسیا و اقیانوسیه. شابک: ۹۷۸۹۶۴۹۶۷۴۱۱۷.

[۹] آراسته،ک.، بزرگی امیری، ع.، جبل عاملی، م.س.، (۱۳۹۴). مکان یابی چندگانه تسهیلات و نقاط انتقال مجروحین در زمان بحران. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن. ۱۲(۱)، ۳۱-۲۱.

[۱۰] فلاح، ز.، خانی، م.، فرید روحانی، م.ر.، (۱۳۸۶). کاربرد فرایند تصادفی ترخ رشد جمعیت در پیش بینی احتمالی جمعیت. فصلنامه جمعیت، ۶۵/۶۶، ۷۷-۶۵.

[۱۱] مرادی، م.، صلاحی، م.، بردسیری، م.، جمالیان، ع.، (۱۳۹۳). یک مدل جدید استوار در طراحی شبکه زنجیره‌ی تامین تحت عدم قطعیت. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن. ۱۱(۲)، ۲۶-۹.

[1] Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., Alimohammadi, A., (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. Journal of environmental management, 90(10), 3048-3056.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[2] Hu, X. H., Lu, C. Z., Li, M., Zhang, C. H., Zhang, H., (2014). Mathematical modeling for selecting center locations for medical and health supplies reserve in Hainan Province. Asian Pacific journal of tropical medicine, 7(2), 160-163.
[3] Teixeira, J. C., Antunes, A. P., (2008). A hierarchical location model for public facility planning. European Journal of Operational Research, 185(1), 92-104.
[4] Bruno, G., Genovese, A., Piccolo, C., Sterle, C., (2014). A Location Model for the Reorganization of a School System: The Italian Case Study. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 108, 96-105.
[5] Chu, S. C., Chu, L., (2000). A modeling framework for hospital location and service allocation. International transactions in operational research, 7(6), 539-568.
[6] Baray, J., Cliquet, G., (2013). Optimizing locations through a maximum covering/p-median hierarchical model: Maternity hospitals in France. Journal of Business Research, 66(1), 127-132.
[7] Davari, S., Zarandi, M. H. F., & Hemmati, A., (2011). Maximal covering location problem (MCLP) with fuzzy travel times. Expert Systems with Applications, 38(12), 14535-14541.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]