



Modeling the positioning of support forces in future battles using data envelopment analysis and the principles of natural and managerial accessibility

Milad Abolghasemian^۱ | Hamid Bigdeli^{۲*} | Nader Shamami^۳

۱. Department of Science and Technology Studies, AJA Command and Staff University, Tehran. Iran E-mail: m.abolghasemian.bt@gmail.com

۲. Corresponding Author, Department of Science and Technology Studies, AJA Command and Staff University, Tehran. Iran. E-mail: H.bigdeli@casu.ac.ir

۳. Department of Science and Technology Studies, AJA Command and Staff University, Tehran. Iran. E-mail: nader.shamami@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: ۲۰۲۴ February ۱۹

Received in revised form:
۲۰۲۴ June ۲۲

Accepted: ۲۰۲۴ July ۱

Published online: ۲۰۲۴
September ۲۲

Keywords:

Locating, efficiency, data envelopment analysis, ranking

ABSTRACT

Objective: In this paper, a mathematical modeling is presented to determine efficient locations for deployment of support forces using data envelopment analysis.

Methodology: The proposed model has the possibility to first change the manageable inputs in order to improve the outputs according to the principle of managerial accessibility and also if it is not possible to reduce the unmanageable inputs according to the principle of natural accessibility, it keeps them at least at the existing level. Therefore, the most important innovation and contribution of the present research is the modeling of the positioning of the support forces to support the ground forces in future battles, which is created by using data envelopment analysis and the simultaneous use of natural and managerial accessibility principles.

Findings: The intended model has been used to evaluate ۲۰ potential locations that are ready to provide ground support services to help local forces in the disputed area so that the fire of war ends in favor of local forces. Finally, by providing a sensitivity analysis on the manageable input values, the maximum possible changes on the value of this type of input for each of the locations are specified.

Originality: The results of this research are of great importance considering the conditions raised in making and the effectiveness of commanders' decisions in order to locate support forces in future battles.

Cite this article: Abolghasemian, M., bigdeli, H., & Shamami, N. (۲۰۲۴). Modeling the positioning of support forces in future battles using data envelopment analysis and the principles of natural and managerial accessibility. *Defensive Future Studies*, ۹ (۳۲), ۶۵ - ۹۸.

DOI: ۱۰.۲۲۰۳/dfs.۲۰۲۴.۲۰۰۷۵۵۴.۱۷۲۰





مدل سازی موضع یابی نیروهای پشتیبانی در نبردهای آینده با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و اصول دسترسی پذیری طبیعی و مدیریتی

میلاذ ابوالقاسمیان^۱ | حمید بیگدلی^۲ | نادر شمایی^۳

۱. گروه مطالعات علم و فناوری، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران، رایانامه: m.abolghasemian.bt@gmail.com

۲. گروه مطالعات علم و فناوری، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران، رایانامه: H.bigdeli@casu.ac.ir

۳. گروه مطالعات علم و فناوری، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران، رایانامه: Nader.shamami@gmail.com

اطلاعات مقاله چکیده

نوع مقاله:	هدف: در این مقاله، یک مدل سازی ریاضی برای تعیین مکان های کارا برای اعزام نیروهای پشتیبانی با استفاده از تحلیل پوششی داده ها ارائه شده است.
مقاله پژوهشی:	
تاریخ دریافت:	روش: مدل پیشنهاد شده این امکان را دارد که اولاً ورودی های مدیریت پذیر را در راستای بهبود خروجی ها بر طبق اصل دسترسی پذیری مدیریتی تغییر دهد و همچنین اگر نتوان ورودی های غیر مدیریت پذیر را بر اساس اصل دسترسی پذیری طبیعی کاهش داد، حداقل در سطح موجود آن ها را نگه می دارد. بنابراین، مهم ترین نوآوری تحقیق حاضر مدل سازی موضع یابی نیروهای پشتیبانی برای حمایت از نیروهای زمینی در نبردهای آینده با استفاده از تحلیل پوششی داده ها است.
تاریخ بازنگری:	یافته ها: مدل مورد نظر برای ارزیابی ۲۵ مکان بالقوه که برای ارائه خدمات پشتیبانی زمینی آمادگی دارند تا به نیروهای خودی در محل مورد مناقشه کمک نمایند تا آتش جنگ به نفع نیروهای خودی به پایان برسد، استفاده شده است.
تاریخ پذیرش:	نتیجه گیری: نتایج حاصل از این تحقیق در تصمیم فرماندهان در نبردهای آینده از اهمیت بالایی برخوردار است.
تاریخ انتشار:	
کلیدواژه ها:	مکان یابی، کارایی، تحلیل پوششی داده ها، رتبه بندی

استناد: ابوالقاسمیان، میلاذ؛ بیگدلی، حمید و شمایی، نادر (۱۴۰۳). مدل سازی موضع یابی نیروهای پشتیبانی در نبردهای آینده با استفاده از تحلیل پوششی داده ها و اصول دسترسی پذیری طبیعی و مدیریتی. آینده پژوهی دفاعی، ۹ (۳۲)، ۶۵ - ۹۸.

DOI: 10.22034/dfs.2024.2007054.1720

ناشر: دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش جمهوری اسلامی ایران

© نویسندگان.



مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها^۱ فنی است که به‌طور ویژه به بررسی کارایی واحدهای تحت ارزیابی^۲ می‌پردازد. منظور از یک واحد تحت ارزیابی این است که در آن با استفاده از تعدادی ورودی، تعداد معینی خروجی تولید شود. کارایی چگونگی استفاده یک سازمان از بهترین عملکرد خود را در مقطعی از زمان را بیان می‌کند (Kordrostami et al., ۲۰۱۹). معمولاً مفهوم کارایی با دو واژه اثربخشی و بهره‌وری اشتباه می‌شود. اثربخشی میزان تطابق فعالیت یک سازمان با اهداف تعیین‌شده آن را بیان می‌کند. اما بهره‌وری ترکیبی از کارایی و اثربخشی است. در تفاوت دو مفهوم کارایی و بهره‌وری دو نکته وجود دارد. اولاً؛ کارایی به‌عنوان معیاری در مقیاس صفر و یک است و برحسب درصد بیان می‌شود، درحالی‌که بهره‌وری می‌تواند بیشتر از یک باشد. ثانیاً؛ بهره‌وری در ارتباط با تک‌تک عوامل مانند بهره‌وری نیروی انسانی یا سرمایه محاسبه می‌شود اما کارایی به‌عنوان معیاری کلی از ترکیب ورودی‌ها و خروجی‌ها باید به دست آید (Arana-Jimenez et al., ۲۰۲۳).

روش‌های اندازه‌گیری کارایی به‌طورکلی در دودسته پارامتری و غیر پارامتری تقسیم می‌شوند (بیگدلی و موسی زاده، ۱۴۰۲). در روش‌های پارامتری با استفاده از روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی تخمین زده می‌شوند و سپس با به‌کارگیری این تابع نسبت به تعیین کارایی اقدام می‌شود (شمامی و همکاران، ۱۴۰۱). اما در روش‌های غیر پارامتری به تخمین تابع تولید نیاز ندارند. تحلیل پوششی داده‌ها یکی از روش‌های نا پارامتری برای اندازه‌گیری کارایی واحدها است (Hosseinzadeh Lotfi et al., ۲۰۱۳). تحلیل پوششی داده‌ها روشی مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است که توانایی اندازه‌گیری کارایی نسبی واحدها با چندین ورودی و چندین خروجی مشابه را دارد. روش تحلیل پوششی داده‌ها ابتدا به‌منظور اندازه‌گیری کارایی معرفی شد ولی پس از مدتی مورد توجه متخصصان در حوزه تصمیم‌گیری چندمعیاره قرار گرفت و به یکی از فن‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره پذیرفته شد؛ به‌این‌ترتیب که گزینه‌های ارزیابی‌شده به یک واحد تصمیم‌گیری فرض می‌شوند و با در نظر گرفتن معیارهای منفی به‌عنوان ورودی و معیارهای مثبت به‌عنوان

^۱. Data envelopment analysis (DEA)

^۲. Decision Making Unit (DMU)

خروجی واحدهای تصمیم‌گیری، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های مربوطه حل می‌شوند (Amirteimoori et al., ۲۰۲۲).

مکان‌یابی فعالیتی است که قابلیت‌ها و توانایی‌های یک منطقه را از لحاظ وجود زمین مناسب و کافی و ارتباط آن با سایر کاربری‌ها جهت انتخاب مکانی مناسب برای کاربری خاص مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. مکان‌یابی علاوه بر تأثیرگذاری بر هزینه‌ها، در کارایی، بهره‌برداری و نیز کیفیت آن‌ها مؤثر است. مسائل مکان‌یابی عموماً شامل تعیین مکان برای یک یا چند تسهیل در یک یا چند مکان بالقوه هستند، به طوری که هزینه تأمین نیازهای مشتریان را کمینه نماید (Rezaei Kallaj et al., ۲۰۲۱). به علت ظرفیت محدود تسهیلات، مسئله تخصیص اغلب باید در ارتباط با مسئله مکان‌یابی حل شود. مدل‌های مکان‌یابی-تخصیص^۱ هم‌زمان به دنبال تعیین مکان بهینه تسهیلات و تخصیص مشتریان به تسهیلات منتخب هستند. به عبارتی، مسئله مکان‌یابی-تخصیص، استقرار مجموعه‌ای از تسهیلات جدید است به گونه‌ای که هزینه حمل‌ونقل از تسهیلات به مشتریان حداقل شود و تعداد بهینه‌ای از تسهیلات برای ارضای تقاضای مشتریان، در منطقه مورد نظر مستقر شود (Heydari Kushalshah et al., ۲۰۲۳). اهداف، محدودیت‌ها و متغیرهای مسائل مکان‌یابی با توجه به هدف مکان‌یابی و نوع مسئله مورد بررسی متفاوت است. دو رویکرد کلی برای کاربرد بحث کارایی در مسائل مکان‌یابی وجود دارد. در رویکرد اول، مسئله مکان‌یابی مورد نظر به صورت یک مسئله گسسته تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفته می‌شود که در آن هدف انتخاب کاراترین مکان یا مکان‌ها از میان نقاط کاندید موجود برای تعداد معینی تسهیل است. رویکرد دوم، برای تعیین مکان یا مکان‌های مناسب از مدل‌های ریاضی مکان‌یابی استفاده می‌شود. مدل‌های مکان‌یابی مذکور به صورت سلسله مراتبی یا هم‌زمان در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها ادغام شده و به تعیین مکان‌های کارا منجر می‌شوند (Mohamed et al., ۲۰۲۲).

بر اساس موارد اشاره شده در بالا، تحلیل پوششی داده در مکان‌یابی نیروهای پشتیبانی نیز اهمیت زیادی دارد. وقتی نیاز به مکان‌یابی و انتخاب مناطق برای پشتیبانی نیروها داریم، تحلیل پوششی داده‌ها کمک می‌کند تا تصمیمات بهتری اتخاذ شود؛ بنابراین تحلیل

^۱. Location-Allocation

پوششی داده‌ها در مکان‌یابی نیروهای پشتیبانی، نیروهای خودی را قادر می‌سازد تا به بهترین شکل مکان‌های موردنیاز را تعیین کنند. با تجزیه و تحلیل داده‌های جغرافیایی و عملکرد قبلی نیروهای پشتیبانی، می‌توان الگوها و ترکیب‌های مؤثر را شناسایی کرد. لذا با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، می‌توان تحقق عوامل زیر را در نظر گرفت.

۱. دستیابی به نیازمندی‌ها: با تحلیل دقیق اطلاعات درباره نیازمندی‌ها و خواسته‌های مشتریان و نیروهای پشتیبانی، می‌توانید مکان‌هایی را انتخاب کنید که بهترین پاسخ را به این نیازمندی‌ها ارائه دهند (ایجابی و پاک‌نیت، ۱۴۰۲).

۲. دسترسی و قابلیت سرویس: با تحلیل مکانی مناسب، می‌توانید مکان‌هایی را انتخاب کنید که دسترسی آسان به مشتریان و مناطق موردنیاز را فراهم کنند. همچنین، باید از لحاظ فنی و زیرساختی برای ارائه خدمات پشتیبانی کافی و قابل اعتماد باشند (بیگدلی و موسی زاده، ۱۴۰۲).

۳. بهینه‌سازی منابع: با تحلیل پوششی داده‌ها، می‌توانید نیروهای پشتیبانی را در مناطقی که نیاز بیشتری دارند، متمرکز کنید، این به شما کمک می‌کند تا از منابع خود بهینه استفاده کنید و همچنین پوشش خدمات پشتیبانی را به‌طور مؤثر ارائه دهید (شمامی و همکاران، ۱۴۰۱).

۴. فاصله از مراکز آمادی: فاصله به‌عنوان یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی و کارایی یک مرکز آمادی و لجستیکی برای تعیین کارایی مکان‌های بالقوه جهت اعزام نیروهای پشتیبانی نیز بسیار حائز اهمیت است. در این حالت، فاصله میان مرکز آمادی و لجستیکی و مکان‌های بالقوه برای اعزام نیروهای پشتیبانی باید به‌گونه‌ای باشد که بتوان به‌سرعت و با کمترین هزینه ممکن به محل موردنظر رسید. همچنین، فاصله میان مرکز آمادی و لجستیکی و مکان‌های بالقوه باید به‌گونه‌ای باشد که بتوان به‌سرعت و با کمترین هزینه ممکن نیروهای پشتیبانی را به محل موردنظر اعزام کرد. بنابراین، در تعیین کارایی مکان‌های بالقوه جهت اعزام نیروهای پشتیبانی، فاصله به‌عنوان یکی از عوامل مهم در نظر گرفته می‌شود (ایجابی و پاک‌نیت، ۱۴۰۲)؛ بنابراین این تحقیق به دنبال ارائه چارچوبی مناسب برای ارزیابی کارایی مکان‌های بالقوه جهت قرارگیری نیروهای پشتیبانی برای حمایت از نیروهای خودی در محل مورد مناقشه است. لذا، سؤال اصلی تحقیق این است که چگونه می‌توان کارایی مکان‌های مستعد جهت پشتیبانی از نیروهای خودی در

محل‌های درگیر را محاسبه کرد؟ با توجه به ذکر این سؤال، این تحقیق در فاز مواجهه با مدیریت و سازمان‌دهی نیروهای پشتیبانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا، مهم‌ترین نوآوری و سهم مشارکت تحقیق حاضر عبارت است از مدل‌سازی موضع‌یابی نیروهای پشتیبانی برای حمایت از نیروهای زمینی در نبردهای آینده که با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و استفاده هم‌زمان اصول دسترسی‌پذیری طبیعی و مدیریتی انجام شده است. با توجه به نوع ماهیت تحقیق که در زمره استفاده از مدل‌سازی ریاضی است، از هیچ فرضیه‌ای از پیش تعیین شده‌ای تبعیت نمی‌کند.

ادامه این تحقیق به صورتی که مشخص شده سازمان‌دهی شده است. در ادامه مبانی نظری و پیشینه مطالعاتی که در گذشته انجام شده است به منظور شناسایی خلأ تحقیق، ارائه شده است. همچنین، روش اجرای تحقیق که در زمره مدل‌سازی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها است، از حیث ساخت فناوری و مدل‌سازی معرفی شده است. سرانجام، نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ارائه شده است.

مبانی نظری و پیشینه‌های پژوهش

مبانی نظری

تحلیل پوششی داده‌ها

برای اندازه‌گیری کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها مدل‌های مختلفی توسط محققان بیان و بررسی شده است که دو مدل چارنز، کوپر و رودز^۱ و بنکر، کوپر و چارنز^۲ از مدل‌های پایه و سنتی تحلیل پوششی داده‌ها محسوب می‌شوند که الگوهای خطی برای حل مسائل کارایی در حالت چند ورودی و چند خروجی هستند و به ترتیب، از نوع فناوری بازده به مقیاس ثابت و متغیر هستند. در این روش با به‌کارگیری مجموعه‌ای از نقاط که توسط برنامه‌ریزی خطی تعیین شده‌اند، یک منحنی مرزی کارا ایجاد می‌شود. روش برنامه‌ریزی خطی با یک سری بهینه‌سازی، مشخص می‌شود که آیا واحدهای تصمیم‌گیری مدنظر روی خط کارایی قرار گرفته است یا خارج از آن قرار دارند. هدف اصلی تحلیل پوششی داده‌ها، تعیین کارایی یک سیستم یا واحد تصمیم‌گیری از طریق فرایند تبدیل ورودی‌ها

^۱. CCR (Charnes, Cooper, Rhodes)

^۲. BCC (Banker, Cooper, Charnes)

به خروجی‌ها است. واحدی که دارای کارایی مساوی یک باشد، واحد کارا نام دارد و دیگر واحدها که کارایی بین صفر و یک دارند، واحدهای ناکارا شناخته می‌شوند. فرم مضربی خطی شده ورودی محور مدل CCR به صورت معادلات ۱ تعریف می‌شود (Asadi et al., ۲۰۲۳).

(۱)

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{io} \\ \text{s. t} \quad & \sum_{j=1}^m v_j x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0 \\ & \sum_{j=1}^n u_r y_{ro} = 1 \\ & v_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \\ & u_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \end{aligned}$$

که در مجموعه معادلات (۱)، y_{rj} مقدار خروجی r ام تولیدشده به وسیله DMU_j ، x_{ij} مقدار ورودی i ام تولیدشده به وسیله DMU_j ، u_r وزن داده شده به خروجی r ام و v_i وزن داده شده به ورودی i ام است. بنکر، چارلز و کوپر با تغییر در مدل CCR با اضافه کردن قید تحذب مشاهدات به مدل یعنی $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ در مدل برنامه ریزی ریاضی یک مدل جدید ایجاد کردند. با توجه به اینکه با افزایش قیود در مدل برنامه ریزی خطی، ناحیه شدنی کوچک تر می‌شود، لذا مقدار بهینه تابع هدف بهتر نمی‌شود، پس اگر θ_{CCR}^* مقدار بهینه مدل CCR و θ_{BCC}^* مقدار بهینه مدل BCC در ارزیابی واحد تحت ارزیابی باشند، آنگاه همواره رابطه دو همواره برقرار است (فخر موسوی و همکاران، ۲۰۲۳).

$$\theta_{BCC}^* \geq \theta_{CCR}^* \geq 1 \quad (۲)$$

واحد تحت ارزیابی در مجموعه امکان تولید BCC کارا است اگر و فقط اگر $\theta_{BCC}^* = 1$ در غیر این صورت واحد تحت ارزیابی ناکارا خواهد بود $(1 - \theta^*)$. به عبارت دیگر واحد تحت ارزیابی کارای BCC است اگر و تنها اگر برای هر جواب بهینه $(\theta^*, \lambda^*, s^{+*}, s^{-*})$ در مدل BCC دو شرط $\theta_{BCC}^* = 1$ و متغیرهای کمکی s^{-*} و s^{+*} همه صفر باشند، برقرار باشد. در غیر این صورت واحد تحت ارزیابی را ناکارای

BCC می‌نامند که نشان‌دهنده ناکارایی در ماهیت ورودی است (Arana-Jimenez et al., ۲۰۲۳). در واقع مدل مضربی BCC ورودی محور مطابق معادله (۳) در زیر است.

(۳)

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{io} + v_o \\ \text{s. t} \quad & \sum_{i=1}^m v_j x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + v_o \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} = 1 \\ & v_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \\ & u_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \\ & v_o \text{ آزاد در علامت} \end{aligned}$$

مدل‌های CCR و BCC دو مدل مهم در تحلیل پوششی داده‌ها هستند که برای ارزیابی کارایی واحدهای تحت ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تفاوت اصلی بین این دو مدل در نحوه تعیین مقیاس‌پذیری آن‌ها است. در مدل CCR، فرض می‌شود که تمام واحدهای تصمیم‌گیری از مقیاس ثابت هستند. در این مدل، به هر واحد تولیدی یک وزن ثابت تخصیص داده می‌شود و سپس کارایی آن واحد نسبت به دیگر واحدها با استفاده از این وزن‌ها محاسبه می‌شود اما در مدل BCC، فرض می‌شود که واحدهای تصمیم‌گیری از مقیاس‌پذیری متغیر تبعیت می‌کنند. در این مدل، به هر واحد تصمیم‌گیری یک وزن متغیر تخصیص داده می‌شود و سپس کارایی آن واحد نسبت به دیگر واحدها با استفاده از این وزن‌ها محاسبه می‌شود (Kordrostami et al., ۲۰۱۹).

اصل دسترسی‌پذیری طبیعی

بر طبق دسترسی‌پذیری طبیعی، یک واحد تحت ارزیابی بردار ورودی‌هایش را کاهش می‌دهد تا بردار خروجی‌ها را افزایش دهد. در این صورت، با کاهش در ورودی‌ها، یک واحد تحت ارزیابی قادر خواهد بود بردار خروجی‌های مطلوب خود را تا حد ممکن افزایش دهد. این اصل در حقیقت، به یک تطابق منفی معروف است. بر اساس این اصل یک بدهستان بین توسعه اقتصادی و عوامل محیطی وجود دارد. در این نوع از دسترسی‌پذیری، یک واحد تحت ارزیابی برای اندازه‌گیری کارایی سعی در دستیابی به مرز کارا برای

خروجی‌ها و ورودی‌های مطلوب است (Jahani Sayyad Noveiri & Kordrostami, ۲۰۲۳).

اصل دسترسی پذیری مدیریتی

بر طبق این اصل، برخلاف دسترسی پذیری طبیعی نشان می‌دهد که یک واحد تحت ارزیابی بردار ورودی‌ها را افزایش می‌دهد یا در سطح جاری نگه می‌دارد تا بردار خروجی‌های خود را با ارتقای مصرف ورودی‌ها افزایش دهد. بنابراین، بر طبق این اصل با افزایش یا ثابت نگه داشتن ورودی در یک واحد تحت ارزیابی، بردار خروجی‌های مطلوب را تا حد ممکن تحت فناوری جدید افزایش می‌دهیم. در این تحقیق استفاده از دسترسی پذیری مدیریتی را به عنوان قابلیت در نظر می‌گیریم که در سازگاری مثبتی با تغییر در تنظیم شرایط عمل می‌کند. دسترسی پذیری مدیریتی اغلب با بهره‌برداری حداکثری از امکانات موجود باعث افزایش خروجی مطلوب و حفظ عملکرد سیستم می‌شود که مورد تأیید برخی از سازمان‌ها است. در این تحقیق، در حقیقت به دنبال این هستیم تا با اعمال تأثیر مستقیم هم‌زمان هر دو اصل دسترسی پذیری طبیعی و مدیریتی با ساخت فناوری جدید در محیط تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی کارایی مکان‌های بالقوه جهت ارسال نیروهای پشتیبانی اقدام نماییم (Amirteimoori et al., ۲۰۲۳).

مدل رتبه‌بندی اندرسون پترسون (ابر کارایی)

مدل اندرسون و پترسون رویکردی در تحلیل پوششی داده‌ها است که امکان رتبه‌بندی واحدهای کارا در کنار واحدهای تصمیم ناکارا را فراهم می‌سازد. در روش‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها رتبه‌بندی تنها برای واحدهای ناکارا میسر است. مدل اندرسون و پترسون یا روش ابر کارایی که تعیین کاراترین واحد را ممکن می‌سازد در سال ۱۹۹۳ توسط اندرسون و پترسون جهت رتبه‌بندی واحدهای کارا پیشنهاد شد. در این روش امتیاز واحدهای کارا می‌تواند بیشتر از ۱ باشد و به این ترتیب واحدهای کارا نیز مانند واحدهای ناکارا قابل رتبه‌بندی خواهند بود. روش کار به این صورت است که واحد تصمیم‌گیرنده DMU_p را از مجموعه امکان تولید حذف و مدل را برای سایر DMU ها

اجرا می‌کنند. هرچه ضریب واحدی بزرگ‌تر باشد، آن واحد کارا تر است. در مدل (۴)، مدل‌سازی ریاضی اندرسون و پترسون نشان داده شده است (Asadi et al., ۲۰۲۳).

$$\begin{aligned} \min z_p &= \theta & (۴) \\ \text{s. t.} \quad & \sum_{j=1; j \neq p}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ip} \quad i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1; j \neq p}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rp} \quad r = 1, \dots, s \\ & \lambda_j \geq 0; j = 1, \dots, n; j \neq p \end{aligned}$$

مکان‌یابی

مسئله مکان‌یابی، تخصیص و استقرار مجموعه‌ای از تسهیلات جدید است، به گونه‌ای که هزینه حمل‌ونقل از تسهیلات به نقاط مورد تقاضا حداقل شود و تعداد بهینه‌ای از تسهیلات برای ارضای تقاضا، در منطقه مورد نظر مستقر شود. اهداف، محدودیت‌ها و متغیرهای مسائل مکان‌یابی با توجه به هدف مکان‌یابی و نوع مسئله مورد بررسی متفاوت است. در این مسائل سه نوع تقاضا تعریف می‌شود. تقاضای اختصاص نیافته (تقاضایی که در شعاع پوشش تسهیل مورد نظر، قرار نمی‌گیرد)، تقاضای اختصاص یافته تحت پوشش (تقاضایی که در شعاع پوشش تسهیل مورد نظر قرار گرفته و ارضا می‌شود)، تقاضای اختصاص یافته پوشش نیافته (تقاضایی که در شعاع پوشش تسهیل قرار دارد اما ارضا نشده است) (Nedjati et al., ۲۰۱۷). مسائل مکان‌یابی را می‌توان با توجه به رویکردهای متفاوتی طبقه‌بندی کرد. یکی از این رویکردها، توجه به فضای مورد بررسی است که این مسائل را به سه دسته مسائل مطرح شده در فضای پیوسته^۱، گسسته^۲ و شبکه^۳ تقسیم می‌کند. هم‌چنین می‌توان مسائل مکان‌یابی را بر اساس تعداد مراکز خدماتی مورد نیاز به منظور احداث، تقسیم‌بندی کرد؛ که در این صورت مسئله مکان‌یابی به دودسته یک مرکزی^۴ و

^۱. Continuous

^۲. Discrete

^۳. Network

^۴. Single Source

چندمرکزی^۱ تقسیم می‌شود اما اصلی‌ترین و رایج‌ترین طبقه‌بندی در حیطه مسائل مکان‌یابی-تخصیص، مرتبط با رویکرد تقسیم‌بندی بر اساس نوع تابع هدف هست که صرف‌نظر از جزییات مسئله و تنها با در نظر گرفتن هدف کلی مکان‌یابی صورت می‌گیرد (Yazdi et al., ۲۰۱۷).

مسئله میانه

این نوع مسائل، به دنبال یافتن مکان P عدد تسهیل هستند به طوری که مجموع فواصل مراکز تقاضا و تسهیلات، حداقل شود. در مسئله میانه، اگر فضای موردبررسی پیوسته باشد، بهینه‌سازی سخت بوده و در دسته مسائل چندجمله‌ای غیرقطعی^۲ قرار می‌گیرد. در صورتی که تسهیلات بتوانند در N نقطه از پیش تعیین شده مستقر شوند، تعداد حالات ممکن به $\binom{N}{P}$ محدود شده و مسئله ساده‌تر می‌گردد (Wang et al., ۲۰۲۱).

مسئله مرکزی

مسئله P مرکز در فرم ریاضی به یک مسئله کم‌ترین بیش‌ترین تبدیل می‌شود. یعنی برای کمینه کردن بیشترین فاصله هر نقطه تقاضا و نزدیک‌ترین تسهیل، جست‌وجو می‌شود. اگر مکان تسهیل محدود به نقاط شبکه باشد، مسئله از نوع مسئله مرکز در گره^۳ هست. در صورتی که تسهیل بتواند در هر جای شبکه قرار گیرد، مسئله از نوع مسئله مرکز آزاد^۴ است. در مسئله نوع دوم به دلیل آزادی بیش‌تر در استقرار تسهیل، راه‌حل مسئله بهتر و تابع هدف کوچک‌تر از نوع اول است (Cheng et al., ۲۰۲۱).

مسئله پوشش

^۱. Multi Source

^۲. Non-deterministic polynomial-complete (NP-complete)

^۳. Vertex center problem

^۴. Absolute center problem

در مسائل پوشش، تقاضا هنگامی پوشش یافته در نظر گرفته می شود که تسهیلات در شعاع پوشش قرار گیرند. مسائل پوشش به دودسته مسئله مکان یابی پوشش مجموعه^۱ و مسئله مکان یابی حداکثر پوشش^۲ تقسیم بندی می شوند. در مسئله پوشش مجموعه، هدف تعیین مکان مناسب تسهیلات جهت کمینه کردن هزینه است تا به سطح معینی از پوشش دست یابد. بدین معنی که فاصله پوشش، از پیش تعیین شده و ثابت است ولی تعداد تسهیلات در صورت لزوم می تواند برای حفظ فاصله پوشش، افزایش یابد. اگر فاصله پوشش نسبت به فواصل بین نقاط تقاضا کوچک باشد، برآورده کردن شرط پوشش منجر به استفاده تعداد زیادی از تسهیلات می شود. چنان چه نقاط دور از تسهیلات، تقاضای کمی داشته باشند نسبت هزینه به سود در پوشش چنین تقاضاهایی بسیار بالاست. این مسئله می تواند برای تخمین تعداد تسهیلات لازم برای رسیدن به سطح خاصی از پوشش مورد استفاده قرار گیرد. مسئله حداکثر پوشش با تعداد ثابتی از تسهیلات، برای بیشینه کردن پوشش در فاصله معین به کار می رود. برای حل این مسائل، از الگوریتم های دقیق، ابتکاری و فرا ابتکاری استفاده می شود. از میان الگوریتم های دقیق، روش شاخه و کران بیش تر به کاررفته است. با توجه به اینکه این مسائل از نوع چندجمله ای غیرقطعی هستند، در ابعاد بزرگ از الگوریتم های فرا ابتکاری استفاده می شود (Nozari et al., ۲۰۲۱).

پیشینه های پژوهش

اخیراً دستگاه های توزیع دوسطحی به عنوان یکی از مهم ترین مسائل لجستیک در مسئله مسیریابی مکان^۳ محسوب می شوند که در چندین مطالعه علمی مورد استفاده قرار گرفته است. مسئله مسیریابی موقعیت مکانی دوسطحی^۴ در توزیع بارزمانی به وجود می آید که کالاهای موجود در مبدأهای مختلف از طریق تسهیلات میانی به مقاصد مربوطه تحویل داده شوند. برای مثال، Yu et al., ۲۰۲۱ یک مدل برای مسئله مسیریابی مکان دوسطحی با چند هدف را برای برنامه ریزی جمع آوری زباله توسعه داده اند. علاوه بر این، برای حل

^۱. Location Set Covering Problem (LSCP)

^۲. Maximum Coverage Location Problem (MCLP)

^۳. Location routing problem (LRP)

^۴. The two-echelon location routing problem (2E-LRP)

مدل، یک الگوریتم ژنتیک با جستجوی محلی جهت دار معرفی کرده‌اند. Cheng et al., ۲۰۲۱ در این مطالعه مدلی برای به حداقل رساندن هزینه و مدت زمان پاک‌سازی نخاله‌های حاصل از بلایای طبیعی با در نظر گرفتن استفاده از سایت‌هایی موقت برای مدیریت نخاله بلایای طبیعی ارائه کرده‌اند. مسئله ایجاد شده در این مطالعه به‌عنوان یک مسئله مسیریابی مکان دومرحله‌ای چند دوره‌ای^۱ است که در آن تصمیمات اصلی مکان سایت‌های موقت مدیریت نخاله‌ها و مسیریابی وسایل نقلیه در هر دو سطح انجام می‌پذیرد. برای این منظور، یک برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط ارائه شده است و یک الگوریتم ژنتیک برای حل آن پیشنهاد شده است. Wang et al., ۲۰۲۱ یک مسئله مسیریابی موقعیت مکانی چند دوره‌ای دوسطحی شامل انتخاب مکان تسهیلات و بهینه‌سازی مسیریابی وسیله نقلیه در دو سطح ارائه داده‌اند. برای حل مسئله یک الگوریتم ترکیبی دومرحله‌ای شامل خوشه‌بندی k-means و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات بهبود یافته چندهدفه پیشنهاد شده است. از الگوریتم خوشه‌بندی k-means برای تخصیص مشتریان به مراکز توزیع برای دریافت خدمات در دوره‌های زمانی متعدد، و از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای تعیین مسیرهای خودرو و یافتن راه‌حل‌های بهینه پارتو استفاده شده است. Santos Gandra et al., ۲۰۲۱ در مطالعه خود یک مدل مکان‌یابی دوسطحی تعمیم یافته با محدودیت‌های بارگذاری دوبعدی^۲ را برای مسئله موقعیت مکانی دوسطحی معرفی می‌کنند. برای حل مدل پیشنهاد شده یک روش بهینه‌سازی ابتکاری مبتنی بر سناریو برای بارگذاری مختلف را معرفی می‌کنند و عملکرد آن را بر روی نمونه‌های واقعی ارزیابی کرده‌اند. Fallah Tafti et al., ۲۰۲۱ در این مطالعه یک مدل مسیریابی موقعیت مکانی دوسطحی چندهدفه^۳ را برای جابجایی پول نقد برای کاهش خطر سرقت در حمل‌ونقل معرفی می‌کنند. برای این منظور، از مقدار وجه حمل شده توسط وسیله نقلیه به‌عنوان تابع ریسک به‌عنوان هدف اول و همچنین مدت زمان انتقال وجه به‌عنوان هدف دوم استفاده شده است. برای حل مسئله، چندین روش دقیق و فرا ابتکاری در ابعاد کوچک

^۱. Multi-Period Two-echelon Location Routing Problem (MP-^۲ELRP)

^۲. Two-echelon location routing problem two-dimensional loading restrictions (2E-LRP^۲LR)

^۳. Multi-objective two-echelon location routing problem (MO-^۲ELRP)

تا متوسط استفاده شده است. Cao et al., ۲۰۲۱ در این مقاله یک مسئله مکان‌یابی مسیریابی منابع زیست‌توده دوسطحی^۱ معرفی شده است. با در نظر گرفتن عرضه از پیش تعیین شده منابع زیست‌توده، یک مدل برنامه‌ریزی اعداد صحیح مختلط برای مدل پیشنهادی ارائه شده است. مدل پیشنهاد شده قادر است بهترین مکان‌ها برای تأسیسات جمع‌آوری زیست‌توده و مسیرهای وسایل نقلیه مربوطه را تعیین کند. برای حل مسئله یک الگوریتم ابتکاری ترکیبی که بر اساس جستجوی همسایگی و جستجوی ممنوعه است معرفی شده است. Mohamed et al., ۲۰۲۲ در مطالعه خود به بررسی یک مسئله طراحی شبکه توزیع تحت عدم قطعیت در سطوح استراتژیک پرداخته‌اند. در این مطالعه یک مسئله به‌عنوان مسیریابی موقعیت مکانی با ظرفیت چند دوره‌ای تصادفی دوسطحی^۲ تعریف می‌شود. برای این منظور، شبکه‌ای در دو سطح توزیع ظرفیت دار تقسیم شده است که در هر سطح شامل یک طرح مکان-تخصیص-حمل و نقل خاص است که باید با تقاضای آینده مقابله کند. مدل پیشنهاد شده، با استفاده از یک برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای اعداد صحیح مدل‌سازی شده است، که در آن مرحله اول شامل تصمیمات مکان و ظرفیت در هر دوره در افق برنامه‌ریزی اتخاذ می‌شود، در حالی که تصمیم‌های مسیریابی در سطح دوم تعیین می‌شوند. برای حل مسئله پیشنهاد شده یک رویکرد مبتنی بر تجزیه بندرز پیشنهاد شده است. Xue et al., ۲۰۲۲ در این مطالعه یک مسئله مسیریابی وسیله نقلیه پویا دوسطحی را با ایستگاه‌های ماهواره‌ای فعال^۳ معرفی می‌کنند که قادر است هزینه عملیاتی و هزینه ساخت را بهینه نماید. Du et al., ۲۰۲۲ در این مطالعه یک مدل تحویل مشترک جدید را برای کاهش هزینه‌های عملیاتی و انتشار گاز کربن از طریق تقویت همکاری و اشتراک منابع توسعه می‌دهد. برای این منظور، یک مدل ریاضی مسیریابی مکان تحویل مشترک دومرحله‌ای چند انباری^۴ با در نظر گرفتن چند هدف پیشنهاد می‌کند. همچنین، برای حل مدل پیشنهادی یک الگوریتم ابتکاری ترکیبی پیشنهاد

^۱. Two-echelon biomass resource location routing problem (2E-BRLRP)

^۲. Two-echelon stochastic multi-period capacitated location-routing problem (2E-SM-CLRP)

^۳. Two-echelon dynamic vehicle routing problem with proactive satellite stations (2E-DVRP-PSSs)

^۴. Multi-depot two-echelon Joint delivery location routing problem (MD-2E-JDLRP)

می‌کنند. Heidari et al., ۲۰۲۲ در این مطالعه، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی دوهدفه برای مسئله مسیریابی موقعیت مکانی بسته و باز دوسطحی سبز^۱ پیشنهاد شده است که شامل دو سطح اعم از کارخانه‌ها، انبارها و مشتریان برای به حداقل رساندن هزینه‌ها و میزان انتشار کربن دی‌اکسید هستند. مدل پیشنهادی قادر است مسیرهای بهینه، تعداد وسایل نقلیه بهینه و همچنین مکان احداث تأسیسات را تعیین کند. برای حل مدل پیشنهادی، از روش اپسیلون محدودیت اصلاح شده برای حل دقیق مسئله در ابعاد کوچک استفاده شده است. علاوه بر این، از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک استفاده شده است. He et al., ۲۰۲۳ در این مقاله یک سیستم حمل‌ونقل عمومی روستایی جدید را معرفی می‌کنند که قادر است خدمات مسافری و باری را یکپارچه کند. این رویکرد قادر است هزینه‌های لجستیکی را کاهش دهد و درآمد اضافی برای اپراتور حمل‌ونقل ایجاد کند. بنابراین، هدف به حداقل رساندن هزینه برای کاربر و اپراتور حمل‌ونقل با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط فرموله شده است که می‌تواند مسیریابی اتوبوس و برنامه‌ریزی سفر اتوبوس را برای چندین محل روستایی انجام دهد. مدل توسعه داده شده با استفاده از ابزار Gurobi در نمونه‌های عددی کوچک مورد استفاده قرار گرفته است و برای حل مسئله در ابعاد بزرگ از روش فرا ابتکاری جستجوی ممنوعه استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که چگونه می‌توان تعداد اتوبوس‌های برقی روستایی را به‌طور بهینه طراحی کرد تا هزینه‌های خرید و نگهداری آن‌ها کاهش یابد. Pour Mohammad Reza & Akbari Jokar, ۲۰۲۳ در این مطالعه به نیاز بهینه‌سازی مسئله تحویل در یک مدل مکان‌یابی از طریق یک رویکرد دومارحله‌ای جدید پرداخته‌اند که گزینه‌های تحویل مختلف مانند تحویل در منزل و تحویل به مکان‌های مختلف را در نظر می‌گیرند. فاز اول، ارزش مکان‌های پیشنهادی را از طریق رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره جدید تعیین می‌کند که معیارهای پایداری را در برمی‌گیرد. در مرحله دوم، یک مدل ریاضی مناسب برای مسیریابی وسیله نقلیه با گزینه‌های سرویس پیشنهاد شده است. این مدل در نرم‌افزار CPLEX نسخه ۱۲.۶ در ابعاد مختلف کدگذاری شده است. در جدول ۱ طبقه‌بندی مطالعات گذشته انجام شده است.

^۱. Green two-echelon close and open location-routing problem (G-2E-COLRP)

جدول (۱) پیشینه تحقیقات انجام شده

روش حل	محدودیت ظرفیت	Logic		دوره زمانی		تابع هدف		سال انتشار	نام مؤلف
		غیرقطعی	قطعی	چندگانه	یگانه	چند هدفه	تک هدفه		
فرا ابتکاری	-	-	*	-	*	*	-	۲۰۲۰	یو و همکاران
فرا ابتکاری	-	-	*	*	-	*	-	۲۰۲۱	چنگ و همکاران
ابتکاری	-	-	*	*	-	-	*	۲۰۲۱	ونگ و همکاران
ابتکاری	-	-	*	-	*	-	*	۲۰۲۱	سانتوس گاندارا و همکاران
دقیق و فرا ابتکاری	-	-	*	-	*	*	-	۲۰۲۱	فلاح تفتی
ابتکاری	-	-	*	-	*	-	*	۲۰۲۱	کائو و همکاران
تجزیه بندرز	*	*	-	-	*	-	*	۲۰۲۲	محمد و همکاران
-	-	-	-	-	*	*	-	۲۰۲۲	ژیو و همکاران
ابتکاری	-	-	-	-	*	*	-	۲۰۲۲	دو و همکاران
اپسیلون محدودیت و NSGA-II	-	-	*	-	*	*	-	۲۰۲۲	حیدری و همکاران
ابتکاری	-	-	*	-	*	-	*	۲۰۲۰	نیرا و همکاران
PBC	*	-	*	-	-	-	*	۲۰۲۱	هوانگ و همکاران
CPLEX	-	-	*	-	*	*	-	۲۰۲۱	رضایی و همکاران

ابتکاری	-	-	*	-	*	*	-	۲۰۲۲	ونگ و همکاران
ابتکاری	-	-	*	-	*	-	*	۲۰۲۲	حسن پور و همکاران
فازی نوتروسوفیک	-	-	*	-	*	*	-	۲۰۲۲	نوذری و همکاران
جستجوی محلی	-	-	*	-	*	-	*	۲۰۲۲	رامیرز و همکاران
-	-	-	*	-	*	-	*	۲۰۲۲	ژیائو و همکاران
Groubi	-	-	*	-	*	-	*	۲۰۲۳	هی و همکاران
MCDM و CPLEX	-	-	*	-	*	-	*	۲۰۲۳	پورمحمدرضا و اکبری جوکار

با توجه به بررسی مطالعات گذشته، مدل‌سازی مسئله مکان‌یابی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای محاسبه امتیاز کارایی مکان‌های بالقوه جهت ارسال نیروهای پشتیبانی به‌عنوان یک شکاف تحقیقاتی شناسایی می‌شود که در گذشته از دید صاحب‌نظران دور مانده بود. بنابراین، در این تحقیق چارچوبی مناسب برای ارزیابی کارایی مکان‌های بالقوه جهت قرارگیری نیروهای پشتیبانی برای حمایت از نیروهای خودی در محل مورد مناقشه ارائه می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

مدل پیشنهادی در خصوص ارزیابی کارایی مکان‌های بالقوه برای ارسال نیروهای پشتیبانی با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، منطبق بر اصول دسترسی‌پذیری طبیعی و مدیریتی با ملحوظ دانستن ورودی‌های مدیریت‌پذیر و غیر مدیریت‌پذیر در این بخش معرفی می‌شود. بر طبق مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌ها، عملکرد هر واحد تحت ارزیابی با تعدادی فعالیت تولیدی مشخص می‌شود که از ورودی‌ها برای تولید خروجی مطلوب یا نامطلوب باید استفاده کرد. البته فرض سنتی نشان می‌دهد که تولید خروجی مطلوب، بدون تولید هم‌زمان برخی از خروجی‌های نامطلوب از نظر فنی غیرممکن است. اگر

تصمیم‌گیرنده قصد داشته باشد خروجی‌های نامطلوب را هم در نظر بگیرد، تنها راه حفظ جریان موجود است. این مفهوم برای در نظر گرفتن خروجی‌های نامطلوب مناسب خواهد بود. بنابراین، ما در این تحقیق فرض می‌کنیم با کاهش در برخی ورودی‌های خاص (دسته ورودی‌های مدیریتی) طبق فرض سنتی در تحلیل پوششی داده‌ها، خروجی‌های مطلوب را افزایش دهیم. همچنین، ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر را در سطح موجود خود نگه داریم که تحت کنترل مدیریت نیستند. به‌منظور ارزیابی تحلیلی پوششی داده‌ها در این تحقیق J واحد تحت ارزیابی در نظر گرفته شده است که دارای m ورودی $X_j = Y_j = y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{rj}$ خروجی مطلوب $x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}$ مصرف می‌کند تا r خروجی مطلوب تولید کند. بر طبق اصل دسترسی‌پذیری مدیریتی ورودی‌ها را در دودسته مدیریت‌پذیر و غیر مدیریت‌پذیر طبقه‌بندی می‌کنیم. ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر $(p = 1, \dots, P)$ شامل مواردی هستند که برای ایجاد خروجی ثابت باقی بمانند زیرا در غیر این صورت میزان افزایش خروجی نامطلوب افزایش می‌یابند. همچنین، ورودی‌های مدیریت‌پذیر $(q = 1, \dots, Q)$ شامل مواردی هستند که قادرند به‌منظور از بین بردن خروجی‌های نامطلوب و به‌طور هم‌زمان برای افزایش خروجی‌های مطلوب بهبود یابند. بنابراین، طبق فرض سنتی تحلیلی پوششی داده‌ها با آن‌ها رفتار می‌کنیم و به دنبال کاهش در مقدار آن‌ها خواهیم بود. بنابراین، با تعاریف ذکر شده فناوری جدید این امکان را دارد که با رعایت موارد فوق قادر باشد اولاً ورودی‌های مدیریت‌پذیر را در راستای بهبود خروجی‌ها بر طبق اصل دسترسی‌پذیری مدیریتی تغییر دهد و همچنین اگر نمی‌توان ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر را بر اساس اصل دسترسی‌پذیری طبیعی کاهش داد حداقل در سطح موجود آن نگه دارد. بنابراین، در ساخت فناوری جدید با مشخصه‌های زیر روبرو هستیم تا به واحد کارا برسیم که عبارتند از:

- از طریق افزایش خروجی مطلوب،
- از طریق کاهش ورودی مدیریت‌پذیر،
- از طریق ثابت نگه‌داشتن سطح ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر.

در جدول ۲ کلیه اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای مسئله در حالت کلی تعریف شده

است.

جدول (۲) نمادگذاری

توضیحات	نماد
اندیس	
مجموعه ورودی‌های غیر مدیریت پذیر	P
مجموعه ورودی‌های مدیریت پذیر	Q
مجموعه خروجی‌های مطلوب	R
مجموعه خروجی‌های نامطلوب	S
مجموعه واحدهای تحت ارزیابی	J
واحد تحت بررسی	O
توضیحات	نماد
پارامتر	
ورودی مدیریت پذیر q ام واحد تحت ارزیابی j	x_{qj}^M
ورودی غیر مدیریت پذیر p ام واحد تحت ارزیابی j	x_{pj}^N
خروجی مطلوب r ام واحد تحت ارزیابی j	y_{rj}
خروجی نامطلوب s ام واحد تحت ارزیابی j	w_{sj}
توضیحات	نماد
متغیر	
قیمت سایه ورودی و خروجی‌های واحد تحت ارزیابی j	λ_j
مقدار تابع هدف (ضریب تعدیل ورودی‌ها)	θ

در این صورت با رعایت موارد فوق فناوری جدید برای ساخت ناحیه شدنی به صورت مجموعه معادلات (۵) فرمول‌بندی می‌شود.

$$T = \{(X^N, X^M, Y) : \sum \lambda_j x_{pj}^N = x_{pk}^N \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \sum \lambda_j y_{rj} &\geq y_{rk} \\ \sum \lambda_j x_{qj}^M &\leq x_{qk}^M \\ \sum \lambda_j w_{sj} &= w_{sk} \\ p &= 1, \dots, P; q = 1, \dots, Q; r = 1, \dots, R \end{aligned}$$

در مجموعه معادلات (۵)، معادله اول $\sum \lambda_j x_{pj}^N = x_{pk}^N$ مربوط به ورودی‌های غیر مدیریت پذیر است و بیان می‌کند اگر طبق اصل دسترسی پذیری طبیعی نمی‌توان ورودی‌های غیر مدیریت پذیر را کاهش داد حداقل در سطح موجود آن نگهداشت. نامعادله دوم، $\sum \lambda_j x_{qj}^M \leq x_{qk}^M$ مربوط به ورودی‌های مدیریت پذیر دسترسی پذیری مدیریتی است. این محدودیت به این معنی است که کاهش در بردار ورودی‌ها، در جهت افزایش خروجی‌های مطلوب و کاهش هم‌زمان خروجی‌های نامطلوب طبق فرض سنتی تحلیل پوششی داده‌ها است. نامعادله سوم، $\sum \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk}$ منعکس کننده دسترسی پذیری قوی برای خروجی‌های مطلوب در ناحیه شدنی است. معادله چهارم $\sum \lambda_j w_{sj} = w_{sk}$ تضمین می‌کند در صورت مواجهه با خروجی نامطلوب، مدل سعی کند آن را در مقدار موجود نگه دارد. با توجه به مواردی که در بالا بیان شد سرانجام، در جدول (۳)، متغیرهای نهایی شناسایی شده است که برای ارزیابی مکان‌ها جهت ارسال نیروهای پشتیبانی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جدول (۳) ورودی‌ها و خروجی‌ها

خروجی مطلوب	خروجی نامطلوب	ورودی غیر مدیریت پذیر	ورودی مدیریت پذیر
مناسب بودن خصوصیات زمین شناختی y_1	میزان تلفات نیروها توسط دشمن w_1	شدت حمله دشمن به منطقه مورد مناقشه x_1^N	جمعیت نیروی انسانی اعزام شده x_1^M
در دسترس بودن آب y_2	-	-	-
خصوصیات توپوگرافیکی مناسب y_3	-	-	-

سرانجام، با در نظر گرفتن ساختار تشریح شده، مدل ارزیابی کارایی مناطق برای اعزام نیروهای پشتیبانی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها را با ملحوظ داشتن اصول دسترسی پذیری طبیعی و مدیریتی مطابق با مجموعه معادلات ۶ تا ۱۱ در نظر می‌گیریم.

$$\min \theta$$

(۶)

Subject to:

$$\sum \lambda_j x_{1j}^M \leq \theta x_{1k}^M \quad (7)$$

$$\sum \lambda_j x_{1j}^N = \theta x_{1k}^N \quad (8)$$

$$\sum \lambda_j w_{1j} = w_{1k} \quad (9)$$

$$\sum \lambda_j y_j \geq y_k \quad (10)$$

$$\lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, n \quad (11)$$

معادله (۶)، تابع هدف مسئله را نشان می‌دهد که تا حد امکان قادر است از طریق کاهش در ورودی‌ها، خروجی‌ها را افزایش دهد تا واحد تحت ارزیابی روی مرز کارا قرار بگیرد. معادله (۷) تضمین می‌کند که رفتار سنتی در خصوص ورودی‌های مدیریت پذیر در مرحله اول به کار گرفته شود. معادله (۸) تضمین می‌کند اگر چنانچه سیستم قابلیت تسلط بر ورودی‌های غیر مدیریت پذیر را ندارد، بر روی سطح موجود ثابت آن را نگه دارد. معادله (۹) تضمین می‌کند که خروجی‌های نامطلوب افزایش پیدا نکنند و آن‌ها را در سطح موجود نگه‌دارند. و سرانجام در معادله (۱۰) تضمین می‌کند که حداکثر خروجی برای واحد تحت ارزیابی در نظر گرفته شود. ضمناً متغیرهای اصلی در مدل فوق θ و λ هستند که به ترتیب آزاد در علامت و پیوسته هستند در معادله (۱۱) نشان داده شده است..

قضیه ۱: شدنی بودن مدل (۶-۱۱)

برای اثبات شدنی بودن مدل پیشنهادی باید نشان دهیم که به ازای حداقل یک جواب تمامی مقادیر $\lambda_j x_{1j}^M$ ، $\lambda_j x_{1j}^N$ ، $\lambda_j w_{1j}$ و $\lambda_j y_j$ شدنی است. اثبات: یک جواب مانند مجموعه جواب $\theta = 1$ ؛ $\lambda_0 = 1$ ؛ $\lambda_j = 0$ برای واحد تحت بررسی θ در نظر می‌گیریم. با توجه به اینکه این جواب در تمام قیدهای مسئله صدق می‌کند، پس مسئله حداقل یک جواب شدنی دارد.

قضیه ۲: در مدل شماره (۶-۱۱) همواره $\theta^* \leq 1$ است.

فرض می‌کنیم جواب بهینه بزرگ‌تر از ۱ است (فرض خلف).

اثبات: فرض می‌کنیم به ازای $\theta = 1$ و همه λ ها برابر صفر به جز واحد تحت ارزیابی برابر یک جواب شدنی وجود دارد. یعنی $\theta = 1 \quad \forall j \neq 0$ ؛ $\lambda_0 = 1$ ؛ $\lambda_j = 0$ این جواب در تمام محدودیت‌ها صدق می‌کند و به زبان ریاضی یک جواب شدنی است. با

توجه به min بودن تابع هدف در هر تکرار مینیمم سازی، مقدار تابع هدف کاهش می‌یابد و مقدار $\theta^* = 1$ محاسبه شده است بنابراین وجود جواب بهینه بزرگ‌تر از یک برای θ با در نظر گرفتن جواب شدنی $\theta = 1$ تناقض و خلاف مینیمم سازی است. در نتیجه فرض خلف باطل و قضیه ثابت می‌شود که $\theta^* \leq 1$ است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

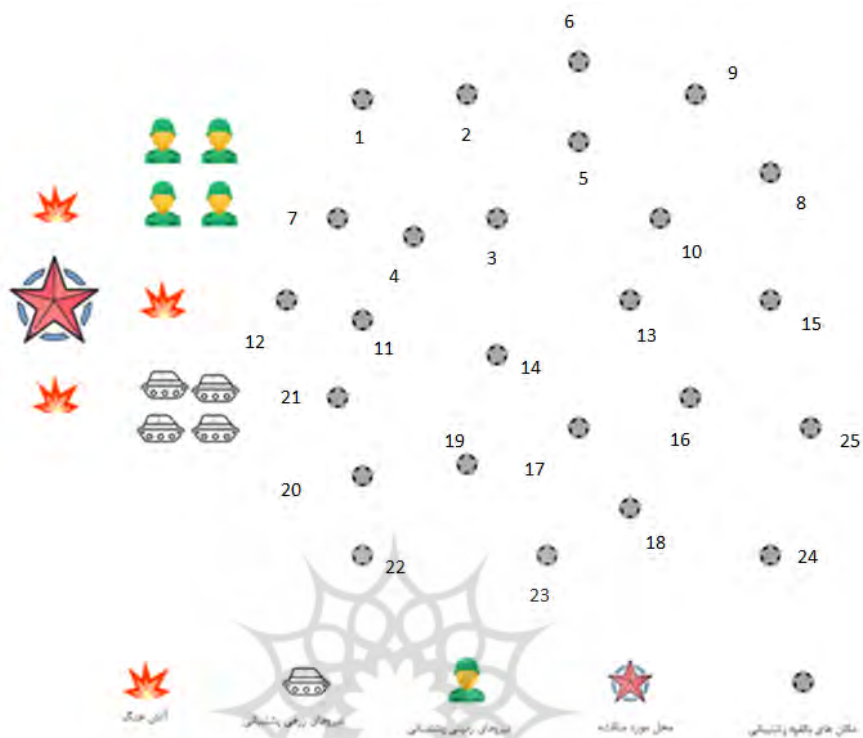
به منظور پاسخگویی به سؤال تحقیق برای تعیین کارایی مکان‌های بالقوه برای پشتیبانی نیروهای خودی ۲۵ مکان در نظر گرفته شده است. اطلاعات عددی مربوط به هر یک از این مکان‌ها جهت استقرار نیروهای پشتیبانی در جدول (۴) نشان داده شده است. با به کارگیری داده‌های مربوطه در مدل ریاضی توسعه داده شده، نتایج کارایی قابل محاسبه خواهند بود. همچنین، در شکل یک، محل قرارگیری هر یک از مکان‌ها و محل‌های درگیری نشان داده شده است.

جدول (۴) داده‌های مسئله

خروجی مطلوب			خروجی نامطلوب w_1	ورودی غیر مدیریت پذیر x_1^N	ورودی مدیریت پذیر x_1^M	مکان‌های بالقوه
y_3	y_2	y_1				
خصوصیات توپوگرافیکی مناسب (ارتفاع از دریا)	در دسترس بودن آب (مترمکعب)	مناسب بودن خصوصیات زمین‌شناختی (کاندلا)	میزان تلفات نیروها توسط دشمن (نفر)	شدت حمله دشمن به منطقه مورد مناقشه (درصد)	جمعیت نیروی انسانی اعزام شده (نفر)	
۶۹۱.۱	۲۶۵۹۰	۱۲	۴۴۱.۱	۱۹.۴	۳۶۴۹۰	مکان ۱
۶۴۷.۲	۲۶۵۹۰	۱۰	۴۳۸.۸	۱۹.۴	۳۶۴۹۰	مکان ۲
۲۸۵۴	۲۷۹۴۱	۱۱	۴۶۴	۱۴.۹	۵۵۸۶۲	مکان ۳
۱۲۵۴	۵۱۰۰۳۳	۳۶	۴۴۷.۴	۲۰.۴	۲۲۶۳۱۶	مکان ۴
۱۰۸۴	۹۲۳۸	۱۴	۴۵۸.۶	۸.۷	۱۵۷۴۷	مکان ۵
۲۷۴.۵	۴۶۷۰۶	۹	۴۵۲.۷	۸.۳	۸۰۲۹۶	مکان ۶
۱۰۳۶	۹۵۷۳	۶	۴۰.۸	۳	۱۴۹۲۸	مکان ۷
۳۳۲	۱۵۵۷۴	۲.۵	۴۳۱.۹	۵.۶	۲۷۷۸۴	مکان ۸

۱۰۷۸	۴۶۷۰۶	۲۱	۳۹۱.۴	۸.۳	۸۰۲۹۶	مکان ۹
۱۱۲۵	۵۹۷۱۴	۱۲.۲	۴۵۰.۴	۱۲.۹	۱۵۳۴۲۶	مکان ۱۰
۱۴۷۸	۱۰۷۳۴	۱۱	۴۲۰.۹	۳.۲	۱۶۷۳۸	مکان ۱۱
۵۵۶	۱۲۴۴۳	۱۰	۴۲۷.۴	۵.۱	۱۷۸۲۷	مکان ۱۲
۷۴۸	۹۱۲۶	۱۴	۳۶۴.۳	۸.۹	۱۸۰۶۴	مکان ۱۳
۶۳۲	۱۴۳۸۲	۱۶	۳۷۷.۶	۲۰.۴	۲۴۰۸۱	مکان ۱۴
۲۵۸	۵۱۰۰۳۳	۵	۴۱۵.۳	۸.۹	۲۲۶۳۱۶	مکان ۱۵
۱۲۳۶	۱۴۳۸۲	۵.۵	۳۹۹	۷.۷	۲۴۰۸۱	مکان ۱۶
۲۵۸	۸۱۱۱	۶.۷۵	۲۹۲.۶	۲۰.۴	۱۰۶۵۵	مکان ۱۷
۴۷۹	۵۱۰۰۳۳	۲۳	۴۱۷.۹	۳.۷	۲۲۶۳۱۶	مکان ۱۸
۴۶۵	۱۰۴۵۷	۱۴	۴۴۱.۹	۲۴.۳	۱۱۲۸۱	مکان ۱۹
۳۴۷	۶۴۳۲۳	۷	۴۷۹.۷	۷.۸	۸۳۶۹۳	مکان ۲۰
۸۸۵	۱۸۵۷۴	۲۶	۳۹۹.۸	۵.۶	۳۱۲۷۱	مکان ۲۱
۸۴۲	۱۵۵۷۴	۳	۴۳۱.۵	۳.۶	۲۷۷۴۸	مکان ۲۲
۳۶۹	۱۰۵۸۸۱	۱	۵۴۱.۷	۷.۶	۵۶۳۵۸	مکان ۲۳
۳۴۷	۶۶۰۰۱	۱۴	۴۵۲.۱	۷.۶	۱۵۴۶۴۲	مکان ۲۴
۲۵۵۴	۶۶۰۰۱	۱۲	۴۴۳.۳	۳.۶	۱۵۴۶۴۲	مکان ۲۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل (۱) محل قرارگیری مکان‌های پشتیبانی

همان‌طور که در شکل یک مشخص شده است، ۲۵ مکان بالقوه جهت ارائه خدمات پشتیبانی اعم از زمینی و زرهی آمادگی دارند تا به نیروهای خودی در محل مورد مناقشه کمک‌رسانی کنند که آتش جنگ به نفع نیروهای خود به پایان برسد. اکنون با لحاظ کردن ویژگی‌های هر یک از مناطق برحسب طبقه‌بندی انجام‌شده مطابق با جدول (۴) و اجرای مدل می‌توانیم کارایی هر یک از مناطق را محاسبه نماییم. در جدول پنج نتیجه محاسبه کارایی برای مناطق محاسبه‌شده است.

جدول (۵) مقدار امتیاز کارایی مناطق

مکان‌های بالقوه	امتیاز کارایی
مکان ۱	۰.۹۳۲
مکان ۲	۰.۹۲۸
مکان ۳	۰.۹۹۴
مکان ۴	۱.۰۰

۰.۹۹۱	مکان ۵
۰.۹۶۶	مکان ۶
۰.۹۵۰	مکان ۷
۰.۸۵۸	مکان ۸
۰.۹۸۸	مکان ۹
۰.۹۷۴	مکان ۱۰
۰.۹۴۲	مکان ۱۱
۱.۰۰	مکان ۱۲
۰.۸۲۳	مکان ۱۳
۱.۰۰	مکان ۱۴
۰.۸۷۰	مکان ۱۵
۰.۶۴۰	مکان ۱۶
۰.۹۷۸	مکان ۱۷
۱.۰۰	مکان ۱۸
۱.۰۰	مکان ۱۹
۰.۸۷۴	مکان ۲۰
۰.۹۵۰	مکان ۲۱
۱.۰۰	مکان ۲۲
۱.۰۰	مکان ۲۳
۱.۰۰	مکان ۲۴
۱.۰۰	مکان ۲۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

در جدول (۵)، نتایج امتیاز کارایی محاسبه‌شده توسط مدل نشان داده‌شده است. لازم به ذکر است که مکان‌هایی که امتیاز کارایی آن‌ها برابر با یک محاسبه‌شده است به‌عنوان مکان‌های بالقوه جهت ارسال نیروهای پشتیبانی در نظر گرفته می‌شوند و اصطلاحاً به آن‌ها راه‌حل‌های کارا می‌گویند. همچنین، مکان‌هایی که امتیاز کمتر از یک دارند به‌عنوان راه‌حل‌های ناکارا در حل مدل پیشنهادی محسوب می‌شوند. در بین ۲۵ مکان در نظر

گرفته‌شده فقط مکان‌های ۴، ۱۴، ۱۸، ۱۹، ۲۲، ۲۳، ۲۴ و ۲۵ به‌عنوان مکان بالقوه در نظر گرفته می‌شوند. نکته قابل توجه این است که کلیه راه‌حلهایی که به‌عنوان پاسخ کارا شناخته شده‌اند امتیازی برابر یک برای آن‌ها محاسبه شده است؛ لذا، انتخاب یک مکان یا تعدادی مکان که اولویت بالاتری داشته باشند در چنین وضعیتی مشخص نیست. برای غلبه بر این خاصیت از روش اندرسون و پترسون جهت محاسبه ابر کارایی استفاده می‌شود. بر طبق آن، هر یک از مکان‌ها که امتیاز کارایی برابر یک برای آن‌ها محاسبه شده است یک امتیاز کارایی منحصربه‌فرد بزرگ‌تر از یک برایشان محاسبه می‌شود که بر اساس آن می‌توانیم مکان‌ها را نیز اولویت‌بندی کنیم. در جدول (۶)، نتایج مربوط به محاسبه ابر کارایی و اولویت‌بندی مکان‌ها نشان داده شده است.

جدول (۶) ابر کارایی و اولویت‌بندی مکان‌های بالقوه

مکان‌های بالقوه	ابر کارایی	اولویت‌بندی مکان‌های بالقوه
مکان ۱	۰.۹۳۸	نوزدهم
مکان ۲	۰.۹۳۳	بیستم
مکان ۳	۰.۹۹۴	دهم
مکان ۴	۱.۰۵۴	ششم
مکان ۵	۱.۰۲۰	نهم
مکان ۶	۰.۹۹۲	دوازدهم
مکان ۷	۰.۹۹۱	سیزدهم
مکان ۸	۰.۹۵۶	پانزدهم
مکان ۹	۰.۹۱۴	بیست و یکم
مکان ۱۰	۰.۹۸۹	چهاردهم
مکان ۱۱	۰.۹۹۳	یازدهم
مکان ۱۲	۰.۹۴۹	هجدهم
مکان ۱۳	۱.۰۳۲	هشتم
مکان ۱۴	۰.۸۴۴	بیست و چهارم
مکان ۱۵	۱.۱۰۰	چهارم
مکان ۱۶	۰.۸۸۳	بیست و سوم
مکان ۱۷	۰.۸۴۰	بیست و پنجم
مکان ۱۸	۱.۱۴۰	سوم
مکان ۱۹	۰.۹۵۱	هفدهم
مکان ۲۰	۱.۰۳۷	هفتم
مکان ۲۱	۰.۸۸۸	بیست و دوم

مکان ۲۲	۰.۹۵۵	شانزدهم
مکان ۲۳	۱.۰۶۶	پنجم
مکان ۲۴	۱.۱۶۰	اول
مکان ۲۵	۱.۱۵۰	دوم

در جدول ۶، نتایج اولویت بندی مناطق بالقوه برای پشتیبانی نیروها نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل شده، مکان ۲۴ در اولویت اول با امتیاز ۱.۱۶۰، مکان ۲۵ در اولویت دوم با امتیاز ۱.۱۵۰ و مکان ۱۸ در اولویت سوم با امتیاز ۱.۱۴۰ قرار دارند. در مقابل، مکان های ۱۶، ۱۴ و ۱۷ به ترتیب در اولویت های پایین برای اعزام نیروهای پشتیبانی قرار دارند.

تحلیل حساسیت

در این بخش از تحقیق به بررسی میزان تغییر در ورودی مدیریت پذیر در نظر گرفته شده و به تأثیر اثر آن بر روی کارایی می پردازیم. در حقیقت، می خواهیم مشخص کنیم که در چه صورت مکان های ناکارا قادر خواهند بود به عنوان واحد کارا تبدیل شوند. برای این منظور، ابتدا واحدهای کارا را کنار می گذاریم. سپس، مقدار ناکارایی که به عنوان ضریب تعدیل دهنده واحد در مقدار ورودی ها عمل می کند تا تصویر واحد روی مرز کارایی قرار بگیرد را در مقدار ورودی مدیریت پذیر مربوط به واحد تحت ارزیابی ضرب می کنیم. حاصل مقدار محاسبه شده میزان تغییرات در ورودی مدیریت پذیر مربوطه را نشان می دهد. تعبیر مقدار به دست آمده این است، اگر چنانچه هر یک از مکان های ناکارا مقدار ورودی مدیریت پذیر آن ها به میزان تغییرات مشخص شده کم شوند، در این صورت مکان مورد نظر به عنوان یک مکان کارا تلقی می شود. در جدول ۷ نتایج مربوط به میزان تغییرات در ورودی مدیریت پذیر هر یک از مکان های ناکارا به عنوان واحدهای تحت ارزیابی نشان داده شده است.

جدول (۷) تغییرات ورودی های مدیریت پذیر (جمعیت نیروی انسانی اعزام شده)

مکان های بالقوه	امتیاز کارایی θ	ورودی مدیریت پذیر x_1^M	میزان تغییرات در ورودی مدیریت پذیر $\Delta x_1^M = \theta x_1^M$
مکان ۱	۰.۹۳۲	۳۶۴۹۰	۳۴۰۰۹
مکان ۲	۰.۹۲۸	۳۶۴۹۰	۳۳۸۶۳
مکان ۳	۰.۹۹۴	۵۵۸۶۲	۵۵۵۲۷

۱۵۶۰۵	۱۵۷۴۷	۰.۹۹۱	مکان ۵
۷۷۵۶۶	۸۰۲۹۶	۰.۹۶۶	مکان ۶
۱۴۱۸۲	۱۴۹۲۸	۰.۹۵۰	مکان ۷
۲۳۸۳۹	۲۷۷۸۴	۰.۸۵۸	مکان ۸
۷۹۳۳۲	۸۰۲۹۶	۰.۹۸۸	مکان ۹
۱۴۹۴۳۷	۱۵۳۴۲۶	۰.۹۷۴	مکان ۱۰
۱۵۷۶۷	۱۶۷۳۸	۰.۹۴۲	مکان ۱۱
۱۴۸۶۷	۱۸۰۶۴	۰.۸۲۳	مکان ۱۳
۱۹۶۸۹۵	۲۲۶۳۱۶	۰.۸۷۰	مکان ۱۵
۱۵۴۱۲	۲۴۰۸۱	۰.۶۴۰	مکان ۱۶
۱۰۴۲۱	۱۰۶۵۵	۰.۹۷۸	مکان ۱۷
۷۳۱۴۸	۸۳۶۹۳	۰.۸۷۴	مکان ۲۰
۲۹۷۰۷	۳۱۲۷۱	۰.۹۵۰	مکان ۲۱

نتیجه گیری و پیشنهادها

تعیین مکان برای اعزام نیروهای پشتیبانی به مناطق جنگی یک وظیفه بسیار حساس و پیچیده است. در مواقع بحرانی و جنگ، نیاز به نیروهای پشتیبانی مانند نیروهای زمینی، زرهی، تجهیزات پزشکی، لوازم غذایی، سوخت و مواد اولیه، تجهیزات ارتباطات و غیره بسیار اساسی است. برای اینکه این نیروها به طور بهینه به منطقه جنگی اعزام شوند، تعیین مکان صحیح بر اساس نیازها و شرایط مختلف ضروری است. بنابراین، هدف اصلی از تعیین مکان برای اعزام نیروهای پشتیبانی به مناطق جنگی، ایجاد کارایی و بهره‌وری بالا در انجام عملیات پشتیبانی است. با تعیین مکان بهینه، نیروها و تجهیزات مورد نیاز به زمان و محل مناسبی اعزام می‌شوند، مواد و تجهیزات به صورت سریع و هماهنگ عرضه می‌شوند و فرایند پشتیبانی به صورت کارا انجام می‌شود. هدف دیگر از تعیین مکان مناسب، حفظ امنیت نیروها و تجهیزات در منطقه جنگی است. کارایی در تعیین مکان برای اعزام نیروهای پشتیبانی به منطقه جنگی اهمیت بسیاری دارد. با توجه به شرایط فوق‌العاده و بحرانی مناطق جنگی، ضروری است تا اعمال امداد و پشتیبانی به طور سریع، هدفمند و کارا صورت گیرد. اگر مکان‌ها به درستی تعیین نشوند و در نزدیکی مناطق خطرناک قرار

گیرند، خطرات جدی برای نیروها و تجهیزات پشتیبانی وجود دارد. همچنین، عدم کارایی در تعیین مکان می‌تواند منجر به عدم هماهنگی در ارسال و توزیع مواد و تجهیزات پشتیبانی شود که باعث تأخیر در فرایند پشتیبانی و کاهش کارایی عملیات نظامی خواهد شد. بنابراین، اهمیت کارایی در تعیین مکان برای اعزام نیروهای پشتیبانی به مناطق جنگی بسیار زیاد است. در این تحقیق یک مدل‌سازی برای مسئله مکان‌یابی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها برای محاسبه امتیاز کارایی مکان‌های بالقوه جهت امداد رسانی به نیروهای خودی درگیر در محل مناقشه ارائه شده است. بر اساس مدل‌سازی ارائه شده می‌توانیم کارایی مناطق را شناسایی کنیم. سرانجام، با ارائه یک تحلیل حساسیت بر روی مقادیر ورودی مدیریت‌پذیر، حداکثر تغییرات ممکن بر روی مقدار این نوع از ورودی برای هر یک از مکان‌ها مشخص شده است. برای تحقیقات بیشتر پیشنهاد می‌شود که محققین، نوع اقلام دسته‌بندی شده اعم از نیروهای زمینی، نیروهای زرهی، آب، خوراک، وسایل بهداشتی، گرمایشی و... را با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری اولویت‌بندی کنند و یک مدل مسیریابی برای ارسال این اقلام به مکان‌های اولویت‌بندی شده ارائه دهند. همچنین، در این تحقیق فقط کمبود آماد به‌عنوان فاکتوری نامطلوب برای افزایش تلفات در نظر گرفته شده است. این در حالی است که عوامل دیگری همچون نداشتن آمادگی و آموزش کافی نیروها، نداشتن برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب و عدم رعایت حقوق بشر از جبهه مقابل می‌تواند بر روی تلفات بیشتر نیروهای خودی تأثیر بگذارد که توجه به آن‌ها در حین مدل‌سازی می‌تواند مفید واقع شود.

قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از زحمات سردبیر محترم، داوران و اعضای مسئول در مجله «آینده پژوهی دفاعی» بابت راهنمایی و ارائه نقطه نظرات سازنده خالصانه تشکر و قدردانی کنند.

منابع

- بیگدلی، حمید و موسی زاده، محمد. (۱۴۰۲). فرایند تحلیل سلسله مراتبی در مدل سازی و حل بازی های ماتریسی در محیط نوتروسوفیک و کاربرد آن در مسائل نظامی. علوم و فنون نظامی، ۱۹(۶۴)، ۵-۳۲.
- شمامی، نادر؛ مهدی زاده، اسماعیل؛ یزدانی، مهدی و اعتباری، فرهاد (۱۴۰۱). ارائه یک مدل ریاضی استکلبرگ جهت تخصیص سلاح به هدف با در نظر گرفتن حملات توأم هوایی و زمینی. علوم و فنون نظامی، ۱۸(۵۹)، ۲۴۵-۲۷۰.
- ایجابی، ابراهیم و پاکنیت، عباس (۱۴۰۲). ارزیابی عملکرد گروه های مهندسی نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران در عملیات مردم یاری در مقابله با سیل و زلزله. فصلنامه مطالعات جنگ، ۵(۱۷)، ۳۵-۶۲.
- Amirteimoori, A., Mehdizadeh, S., & Kordrostami, S. (۲۰۲۲). Stochastic performance measurement in two-stage network processes: A data envelopment analysis approach. *Kybernetika*, 58(۲), ۲۰۰-۲۱۷.
- Amirteimoori, A., Allahviranloo, T., Kordrostami, S., & Bagheri, S. F. (۲۰۲۳). Improving decision-making units in performance analysis methods: a data envelopment analysis approach. *Mathematical Sciences*, 1-11.
- Arana-Jiménez, M., Sánchez-Gil, M. C., Younesi, A., & Lozano, S. (۲۰۲۱). Integer interval DEA: An axiomatic derivation of the technology and an additive, slacks-based model. *Fuzzy sets and systems*, 422, ۸۳-۱۰۵.
- Asadi, F., Kordrostami, S., Amirteimoori, A., & Bazrafshan, M. (۲۰۲۳). Inverse data envelopment analysis without convexity: double frontiers. *Decisions in Economics and Finance*, 46(۱), ۳۳۵-۳۵۴.
- Cao, J. X., Wang, X., & Gao, J. (۲۰۲۱). A two-echelon location-routing problem for biomass logistics systems. *Biosystems engineering*, 202, ۱۰۶-۱۱۸.

- Cheng, C., Zhu, R., Costa, A. M., Thompson, R. G., & Huang, X. (۲۰۲۱). Multi-period two-echelon location routing problem for disaster waste clean-up. *Transportmetrica A: Transport Science*, ۱-۳۱.
- Du, J., Wang, X., Wu, X., Zhou, F., & Zhou, L. (۲۰۲۲). Multi-objective optimization for two-echelon joint delivery location routing problem considering carbon emission under online shopping. *Transportation Letters*, ۱-۱۹.
- Fakhr Mousavi, S. M., Amirteimoori, A., Kordrostami, S., & Vaez-Ghasemi, M. (۲۰۲۳). Non-radial two-stage network DEA model to estimate returns to scale. *Journal of Modelling in Management*, 18(۱), ۳۶-۶۰.
- Fallahtafti, A., Ardjmand, E., Young Ii, W. A., & Weckman, G. R. (۲۰۲۱). A multi-objective two-echelon location-routing problem for cash logistics: A metaheuristic approach. *Applied Soft Computing*, 111, ۱۰۷۶۸۵.
- Gandra, N., Martins, C., Çalik, H., Wauters, T., Toffolo, T. A., Carvalho, M. A. M., & Berghe, G. V. (۲۰۲۱). The impact of loading restrictions on the two-echelon location routing problem. *Computers & Industrial Engineering*, 16, ۱۰۷۶۰۹.
- Hasanpour Jesri, Z. S., Eshghi, K., Rafiee, M., & Van Woensel, T. (۲۰۲۲). The Multi-Depot Traveling Purchaser Problem with Shared Resources. *Sustainability*, 14(۱۶), ۱۰۱۹۰.
- He, D., Ceder, A. A., Zhang, W., Guan, W., & Qi, G. (۲۰۲۳). Optimization of a rural bus service integrated with e-commerce deliveries guided by a new sustainable policy in China. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 172, ۱۰۳۰۶۹.
- Heidari, A., Imani, D. M., Khalilzadeh, M., & Sarbazvatan, M. (۲۰۲۲). Green two-echelon closed and open location-routing problem: application of NSGA-II and MOGWO metaheuristic approaches. *Environment, Development and Sustainability*, ۱-۳۷.

- Heydari Kushalshah, T., Daneshmand-Mehr, M., & Abolghasemian, M. (۲۰۲۳). Hybrid modelling for urban water supply system management based on a bi-objective mathematical model and system dynamics: A case study in Guilan province. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, ۱۵(۱), ۲۶۰-۲۷۹.
- Hosseinzadeh Lotfi, F., Jahanshahloo, G. R., Khodabakhshi, M., Rostamy-Malkhlifeh, M., Moghaddas, Z., & Vaez-Ghasemi, M. (۲۰۱۳). A review of ranking models in data envelopment analysis. *Journal of applied mathematics*, 2013.
- Huang, N., Li, J., Zhu, W., & Qin, H. (۲۰۲۱). The multi-trip vehicle routing problem with time windows and unloading queue at depot. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 152, ۱۰۲۳۷۰.
- Jahani Sayyad Noveiri, M., & Kordrostami, S. (۲۰۲۳). Estimating sustainability dimensions using fuzzy inverse directional distance model with flexible measures: a health sector application. *Soft Computing*, ۱-۱۷.
- Jiao, L., Peng, Z., Xi, L., Guo, M., Ding, S., & Wei, Y. (۲۰۲۲). A multi-stage heuristic algorithm based on task grouping for vehicle routing problem with energy constraint in disasters. *Expert Systems with Applications*, ۱۱۸۷۴۰.
- Kordrostami, S., Amirteimoori, A., & Noveiri, M. J. S. (۲۰۱۹). Inputs and outputs classification in integer-valued data envelopment analysis. *Measurement*, 139, ۳۱۷-۳۲۵.
- Mohamed, I. B., Klibi, W., Sadykov, R., Şen, H., & Vanderbeck, F. (۲۰۲۲). The two-echelon stochastic multi-period capacitated location-routing problem. *European Journal of Operational Research*.
- Nedjati, A., Izbirak, G., & Arkat, J. (۲۰۱۷). Bi-objective covering tour location routing problem with replenishment at intermediate depots: Formulation and meta-heuristics. *Computers & Industrial Engineering*, 110, ۱۹۱-۲۰۶.

- Neira, D. A., Aguayo, M. M., De la Fuente, R., & Klapp, M. A. (۲۰۲۰). New compact integer programming formulations for the multi-trip vehicle routing problem with time windows. *Computers & Industrial Engineering*, 144, ۱۰۶۳۹۹.
- Nozari, H., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Gharemani-Nahr, J. (۲۰۲۲). A neutrosophic fuzzy programming method to solve a multi-depot vehicle routing model under uncertainty during the covid-۱۹ pandemic. *International Journal of Engineering*, 35(۲), ۳۶۰-۳۷۱.
- Pirabán-Ramírez, A., Guerrero-Rueda, W. J., & Labadie, N. (۲۰۲۲). The multi-trip vehicle routing problem with increasing profits for the blood transportation: An iterated local search metaheuristic. *Computers & Industrial Engineering*, 170, ۱۰۸۲۹۴.
- Pourmohammadreza, N., & Jokar, M. R. A. (۲۰۲۳). A Novel Two-Phase Approach for Optimization of the Last-Mile Delivery Problem with Service Options. *Sustainability*, 15(۱۰), ۸۰۹۸.
- Rezaei Kallaj, M., Abolghasemian, M., Moradi Pirbalouti, S., Sabk Ara, M., & Pourghader Chobar, A. (۲۰۲۱). Vehicle routing problem in relief supply under a crisis condition considering blood types. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021.
- Wang, Y., Sun, Y., Guan, X., Fan, J., Xu, M., & Wang, H. (۲۰۲۱). Two-echelon multi-period location routing problem with shared transportation resource. *Knowledge-Based Systems*, 226, ۱۰۷۱۶۸.
- Wang, Y., Zhe, J., Wang, X., Sun, Y., & Wang, H. (۲۰۲۲). Collaborative Multidepot Vehicle Routing Problem with Dynamic Customer Demands and Time Windows. *Sustainability*, 14(۱۱), ۶۷۰۹.
- Xue, G., Wang, Y., Guan, X., & Wang, Z. (۲۰۲۲). A combined GA-TS algorithm for two-echelon dynamic vehicle routing with proactive satellite stations. *Computers & Industrial Engineering*, 164, ۱۰۷۸۹۹.
- Yazdi, M., Golilarz, N. A., Adesina, K. A., & Nedjati, A. (۲۰۲۱). Probabilistic risk analysis of process systems considering epistemic and

aleatory uncertainties: a comparison study. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 29(۰۲), ۱۸۱-۲۰۷.

- Yu, X., Zhou, Y., & Liu, X. F. (۲۰۲۰). The two-echelon multi-objective location routing problem inspired by realistic waste collection applications: The composable model and a metaheuristic algorithm. *Applied Soft Computing*, 94, ۱۰۶۴۷۷.

