Industrial Management Journal

Print ISSN: 2008-5885

Online ISSN: 2423-5369

Discrete Event Simulation and Data Envelopment Analysis to Improve the Performance of Hospital Emergency Department

Salman Nazari-Shirkouhi

Assistant Prof., Department of Industrial Engineering, Fouman Faculty of Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Iran. E-mail: snnazari@ut.ac.ir

Amir Yaghoubi

MSc., Department of Industrial Engineering, College of Engineering, Campus Technical Schools, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: amir_yaqoubi@ut.ac.ir

Mohammad Reza Taghizadeh Yazdi

*Corresponding author, Associate Prof., Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: mrtaghizadeh@ut.ac.ir

Abstract

Objective: This study applies a discrete event simulation to improve the performance of hospital emergency department in order to reduce the waiting time for patients and optimize the resources.

Methods: First, a simulation model is developed based on flow of patients in an emergency department using ARENA software; then, the simulation model is run 180 times for any feasible scenario including some physicians, emergency medicine specialists, nurses, acute phase cure unit, injection unit, supervised ward, and ICU unit. In the next step, two data envelopment analysis methods are used for ranking the scenarios.

Results: Ranking of DEA methods showed that the scenario number 39 is the best choice in both methods. Non-parametric Spearman-Row and Kendal-Tau tests were used to determine the correlation among the results of ranking methods. The results of the two tests (0.93 and 0.81, respectively) indicated a significant correlation among DEA ranking methods.

Conclusion: The results of case study showed that the scenario 39 is the best scenario among all the 44 feasible scenarios defined in both DEA methods; that is, there should be 2 general physicians, 1 emergency medicine specialist, 16 nurses in the supervised ward, 5 nurses in the acute care unit, 2 beds in the injection room, 22 beds in the supervised ward and 16 beds in the acute care unit.

Keywords: Discrete event simulation, Data envelopment analysis, Hospital Emergency, Patient waiting time, Nonparametric correlation tests.

Citation: Nazari-Shirkouhi, S., Yaghoubi, A., & Taghizadeh Yazdi, M.R. (2019). Discrete Event Simulation and Data Envelopment Analysis to Improve the Performance of Hospital Emergency Department. *Industrial Management Journal*, 11(1), 63-82. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2019, Vol. 11, No.1, pp. 63-82

DOI: 10.22059/imj.2019.264549.1007479

Received: September 15, 2018; Accepted: January 02, 2019

© Faculty of Management, University of Tehran

فصلنامه مدیریت صنعتی
شاپا چاپی: ۵۸۸۵-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۳۶۹-۲۴۲۳

به‌کارگیری شبیه‌سازی گسسته پیشامد و تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور بهبود عملکرد اورژانس بیمارستان

سلمان نظری شیرکوهی
استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی فومن، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: snnazari@ut.ac.ir

امیر یعقوبی
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران. رایانامه: amir_yaqoubi@ut.ac.ir

محمدرضا تقی‌زاده یزدی
* نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mrtaghizadeh@ut.ac.ir

چکیده

هدف: در این مطالعه از شبیه‌سازی گسسته پیشامد برای بهبود عملکرد اورژانس بیمارستان با هدف کاهش زمان انتظار بیماران و بهینه‌یابی منابع استفاده شده است.

روش: نخست بر اساس فرایند جریان بیماران در اورژانس بیمارستان، با استفاده از نرم‌افزار ARENA یک مدل شبیه‌سازی توسعه داده شد، سپس این مدل شبیه‌سازی برای هر سناریوی شدنی که شامل تعداد پزشک عمومی، متخصص طب اورژانس، پرستاران بخش تحت نظر، بخش درمان حاد، تخت تزریقات، تخت بخش تحت نظر و بخش درمان حاد است، ۱۸۰ بار به اجرا درآمد. در گام بعد، دو روش رتبه‌بندی تحلیل پوششی داده‌ها برای رتبه‌بندی سناریوها به کار گرفته شد.

یافته‌ها: رتبه‌بندی روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها نشان داد که در هر دو روش، سناریوی ۳۹ بهترین انتخاب است. برای تعیین وجود همبستگی میان نتایج روش‌های رتبه‌بندی نیز از آزمون‌های ناپارامتری اسپیرمن ـ رو و کندال ـ تاو استفاده شد که نتایج آنها به‌ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۸۱ به‌دست آمد. این نتایج گویای وجود همبستگی میان روش‌های رتبه‌بندی تحلیل پوششی داده‌هاست.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه نشان داد که در هر دو روش رتبه‌بندی تحلیل پوششی داده‌ها، سناریو ۳۹ بهترین سناریو در میان ۴۴ سناریوی شدنی تعریف شده است. یعنی باید ۲ پزشک عمومی، ۱ متخصص طب اورژانس، ۱۶ پرستاران در بخش تحت نظر، ۵ پرستار در بخش درمان حاد، ۲ تخت در تزریقات، ۲۲ تخت در بخش تحت نظر و ۱۶ تخت در بخش درمان حاد به‌کار گرفته شود.

کلیدواژه‌ها: شبیه‌سازی گسسته پیشامد، تحلیل پوششی داده‌ها، اورژانس بیمارستان، زمان انتظار بیماران، آزمون‌های همبستگی ناپارامتری.

استناد: نظری شیرکوهی، سلمان؛ یعقوبی، امیر؛ تقی‌زاده یزدی، محمدرضا (۱۳۹۸). به‌کارگیری شبیه‌سازی گسسته پیشامد و تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور بهبود عملکرد اورژانس بیمارستان. *مدیریت صنعتی*، ۱۱(۱)، ۶۳- ۸۲.

مدیریت صنعتی، ۱۳۹۸، دوره ۱۱، شماره ۱، صص. ۶۳- ۸۲
DOI: 10.22059/imj.2019.264549.1007479
دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۴، پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۲
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

مقدمه

مراقبت‌های درمانی، پیکربندی پیچیده‌ای است که مراقبت‌های اصلی، ثانویه و پس از آن را دربرمی‌گیرد (الرفیعی، فؤاد، لی و شوراب[1]، ۲۰۱۴) و بیمارستان یکی از سازمان‌های بسیار مهم در این حوزه است که پرازدحام‌ترین قسمت آن یعنی اورژانس، به‌عنوان حیاتی‌ترین عنصر در سیستم درمان مطرح است (امرال و کوستا[2]، ۲۰۱۴؛ فرزانه خلق آباد، علی سلطانی، نظری شیرکوهی، آزاده و موسی خانی[3]، ۲۰۱۹).

بخش اورژانس زیرواحدی است از بیمارستان که روزانه ۲۴ ساعت و سالانه ۳۶۵ روز کار می‌کند تا به‌سرعت درمان بیماران تمام اورژانسی، نیمه اورژانسی و غیراورژانسی را فراهم آورد (گول و گونری[4]، ۲۰۱۵)، در واقع، بخش اورژانس بیمارستان فقط درمان‌های اورژانسی را انجام نمی‌دهد، این بخش به‌طور شبانه‌روزی طی هر سال ۳۰ میلیون بیمار بدحال سرپایی را در کشور می‌پذیرد و مراقبت‌های درمانی فوری را برای آنها ممکن می‌سازد (براتلو، رحمتی، فروزانفر، هاشمی، معتمدی و صفری، ۱۳۹۴).

ازدحام بیش از حد در اورژانس بیمارستان‌ها مسئله‌ای جهانی است که با توجه به افزایش بیماران، رو به رو شدن با موارد بیش از حد پیچیده و محدودیت منابع در دسترس بیمارستان‌ها، به دغدغه بزرگی تبدیل شده و می‌تواند در ارائه خدمات اضطراری به بیماران تأخیر ایجاد کند (کو، لیونگ، گراهام، تسوی و منگ[5]، ۲۰۱۸). افزون بر این، به‌دلیل ازدحام بیماران، بخش اورژانس در مقایسه با سایر اجزای سیستم مراقبت‌های درمانی، به‌مراتب فشار بیشتری را تحمل می‌کند (الرفیعی و همکاران، ۲۰۱۴) و این فشار سبب می‌شود که ارتباط کادر پزشکی با بیمار محدود شود (براتلو و همکاران، ۱۳۹۴) و احتمال ارتکاب خطا توسط اجزای سیستم افزایش یابد. همچنین مسائلی همچون افزایش زمان انتظار بیماران، ورود بسیار زیاد بیماران، محدودیت بودجه‌ای و افزایش تقاضای خدمات با کیفیت عالی، برای جریان کاری و جریان بیماران بخش اورژانس بیمارستان‌ها چالش ایجاد کرده است (الالوف و واچتل[6]، ۲۰۱۵) که در این میان زمان انتظار طولانی یکی از مشکلات عمده تمام نهادهای حاضر در سیستم درمان است. بهینه‌سازی جریان بیماران و حذف گلوگاه‌ها در اورژانس می‌تواند راه‌حلی برای کاهش هزینه‌های درمان و افزایش کیفیت درمان باشد (آل رفیعی و همکاران، ۲۰۱۴). یکی از راه‌های رسیدن به این هدف، بهینه‌سازی منابع اورژانس است.

با توجه به مطالب بیان شده، تمرکز این مطالعه بر کاهش زمان انتظار بیماران و شناسایی منابع تأثیرگذار بر زمان انتظار بیماران است. به این منظور از شبیه‌سازی گسسته پیشامد برای شناخت منابع مؤثر بر زمان انتظار بیماران استفاده شده است و با اعمال تغییراتی روی این منابع و در نظر گرفتن ترکیبات متفاوت آنها، سناریوهای متفاوتی طراحی شده است. سپس بهترین ترکیب از منابع با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی شده است. در تحقیقاتی که معرفی شد، فقط دو مورد از ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کرده‌اند و هیچ بینشی نسبت به کارایی این روش‌ها وجود ندارد. در واقع هدف از این پژوهش پاسخ به سه سؤال زیر است:

1. Al-Refaie, Fouad, Li, and Shurrab
2. Amaral and Costa
3. Farzaneh Kholghabad, Alisoltani, Nazari-Shirkouhi, Azadeh, and Moosakhani
4. Gul and Guneri
5. Kuo, Leung, Graham, Tsoi, & Meng
6. Elalouf and Wachtel

الف) کدام منابع اورژانس تأثیر بیشتری روی خروجی شبیه‌سازی دارند؟

ب) تعداد هر یک از منابع مؤثر اورژانس باید چگونه باشد؟

پ) آیا روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها نتایج مشابهی دارند؟

در ادامه، روش‌های تحقیق شامل شبیه‌سازی و روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها معرفی شده است. سپس تحلیل داده و نتایج شبیه‌سازی ارائه می‌شود. بخش بعد به نتایج مربوط به تحلیل پوششی داده‌ها اختصاص یافته و در نهایت نتیجه‌گیری پژوهش مطرح خواهد شد.

پیشینه پژوهش

به‌تازگی محققان حوزهٔ درمان، تحقیقاتی علمی خود را با استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای انجام می‌دهند و از شبیه‌سازی به‌عنوان ابزاری کارا در مدل‌سازی و بهبود فرایندها بهره می‌برند. این دسته تحقیقات با تمرکز بر گلوگاه‌ها و ایجاد تغییر در منابع، به‌دنبال بهبود کیفیت درمان و جریان بیماران در اورژانس هستند.

برای مقابله با مشکل کارایی مدیریت سیستم‌ها که روزبه‌روز پیچیده‌تر می‌شوند، به‌طور گسترده‌ای از مدل‌های شبیه‌سازی استفاده شده است و علت آن، ایمن‌تر، ارزان‌تر و سریع‌تر بودن شبیه‌سازی در اجرا و آزمایش است (لیو، رکساچس، اپلد و لوک[1]، ۲۰۱۷). در سال‌های اخیر، استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای به‌منظور کمک به تصمیم‌گیری کارا در مراقبت‌های درمانی برای بهبود عملیات، روند رو به رشدی داشته است. یک مدل شبیه‌سازی می‌تواند نشان‌دهنده جریان بیمار و فرایندهای درمان وی باشد، فرایندها و پویایی آن را تحت توزیع‌های تصادفی مشخص نشان داده و پیش‌بینی‌هایی برای اندازه‌گیری عملکرد ارائه دهد. همچنین ابزاری است که می‌تواند در ارزیابی کارایی شیوه‌های فعلی به مدیریت درمان کمک کند، برای پیش‌بینی تأثیر کارکنان به تحلیل «چه می‌شود اگر» بپردازد، برای تعیین تنظیمات سیستم مطلوب و بررسی ارتباطات میان متغیرها، منابع و تغییرات عملیاتی انجام دهد (ژنگ، ما، هو، لی و بریانت[2]، ۲۰۱۲).

تصمیم‌گیری درباره منابع اورژانس از فعالیت‌های دغدغه‌برانگیز است و تأثیر شایان توجهی روی بخش اورژانس دارد، هر تصمیم نادرست می‌تواند برای کیفیت خدمات عواقب جدی به‌دنبال داشته باشد (زینعلی، ماهوتچی و سپهری[3]، ۲۰۱۵). بنابراین تصمیم‌گیرنده باید به‌درستی سیستم را تحلیل کند تا برای منابع بهترین تصمیم اتخاذ شود. به‌منظور اطمینان از در دسترس بودن منابع و ارائه خدمات ایمنی و با کیفیت، وزارت بهداشت و درمان در ایران برای اورژانس‌های دولتی یک طرح تشویقی ارائه داده است که بر اساس آن، اورژانس‌ها ملزم شده‌اند که خدمات خود را به‌موقع به بیماران ارائه کنند، به‌طوری که هر بیمار باید خدمات لازم را دریافت کرده و بخش مراقبت‌های سرپایی را در کمتر از ۶ ساعت ترک کند (زینعلی و همکاران، ۲۰۱۵). از آنجا که بیش از ۱۰ درصد پذیرش‌های بخش اورژانس بستری می‌شوند، کیفیت ارائه خدمات در این بخش نمادی از وضعیت کلی ارائه خدمات در بیمارستان محسوب می‌شود (براتلو و همکاران، ۱۳۹۴).

1. Liu, Rexachs, Epelde and Luque
2. Zeng, Ma, Hu, Li, and Bryant
3. Zeinali, Mahootchi, and Sepehri

کوکران و روک[1] (۲۰۰۹) پارادایمی ارائه کردند که پیاده‌روی[2] مربوط به مراقبت‌های درمانی اورژانس را کاهش و دسترسی به اورژانس را از طریق روش تحقیق عملیاتی افزایش می‌دهد، به‌طوری که هر بیمارستان بتواند از عناصر داده‌ای خاص بیمارستان استفاده کند. ژنگ و همکارانش (۲۰۱۲) به‌منظور ارتقای کیفیت مراقبت‌های درمانی، از شبیه‌سازی رایانه‌ای در بخش اورژانس یک بیمارستان محلی در لکسینگتونِ کنتاکی[3] استفاده کردند که قادر است کیفیت مراقبت‌های درمانی را از نظر طول اقامت (LOS)[4]، زمان انتظار و مفقود شدن بیماران، ارزیابی کند. همچنین با تجزیه و تحلیل حساسیت روی نیروی کار و تجهیزات تشخیصی نشان دادند که این موارد روی عملکرد کیفی بخش اورژانس تأثیرگذار است. کونارد و همکارانش[5] (۲۰۱۳) به‌کمک شبیه‌سازی گسسته پیشامد بر پایه پشتیبانی از پیشرفت‌های فرایند در اورژانس بیمارستان و استفاده از تقسیم جریان فرایندها[6]، زمان انتظار بیماران را بهبود دادند؛ سپس برای اعتبارسنجی مدل از داده تجربی بیمارستانی در آمریکا استفاده کردند. بر اساس نتیجه این نمونه‌پژوهی مشخص شد که زمان انتظار در ۷۰ سناریو تعریف شده به‌طور معناداری بهبود یافته است. میلکزارک[7] (۲۰۱۴) به بررسی تأثیر تقاضای پیش‌بینی‌شده روی بارِ کاری واحد اورژانس در سال آتی پرداخت و روشی با هدف تخمین حجم مورد انتظار خدمات اورژانس بیمارستان ارائه کرد. همچنین بر اساس عناصری که صندوق ملی بهداشت لهستان (NFZ)[8] برای اورژانس تعریف کرده است، مدل شبیه‌سازی گسسته پیشامدی را برای بهبود پیش‌بینی‌های اعتمادپذیر از اجزای عملکرد، توسعه داد. آمرال و کوستا (۲۰۱۴) از یک تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA)[9] به نام Promethee II برای پشتیبانی از تصمیم و مدیریت منابع اورژانس بهره بردند. برای اعتبارسنجی آن نیز از داده تجربی یکی از بیمارستان‌های دولتی برزیل استفاده کردند. نتایج نشان داد که شش ماه پس از پیاده‌سازی بهترین سناریو انتخاب شده با روش Promethee II، زمان انتظار حدود ۷۰ درصد کاهش یافته است. الرفیعی و همکارانش (۲۰۱۴) در اورژانس بیمارستان از شبیه‌سازی برای کاهش میانگین زمان انتظار بیماران، بهبود استفاده از پرستاران و افزایش تعداد بیماران خدمت‌رسانی‌شده استفاده کردند، سپس برای انتخاب بهترین سناریو تعریف شده، از فرمول‌بندی جمعی در تحلیل پوششی داده‌ها[10] بهره بردند. همچنین یک سیستم خدمت‌دهی سلولی برای پرستاران پیشنهاد دادند. گول و گونری (۲۰۱۵) مقاله‌هایی را بررسی کردند که در سال‌های اخیر در زمینه شبیه‌سازی اورژانس بیمارستان در دو موقعیت عادی و فاجعه‌ای[11] ارائه شده و در پایان این موضوعات را برای تحقیقات بعدی پیشنهاد دادند: الف) زمینه جدید و روند جاری شبیه‌سازی به‌منظور تجزیه و تحلیل سیستم از طریق مدل‌سازی چندگانه و روش‌های OR/MS[12]؛ ب) توجه به رویکرد هزینه‌ای در اورژانس؛ پ) استفاده از روش‌های نوآورانه در جمع‌آوری داده به‌منظور قابلیت اطمینان مطالعه؛ ت) تمرکز بیشتر بر موقعیت‌های حاد و فاجعه‌ای و آمادگی زودهنگام منابع فیزیکی و انسانی در هنگام وقوع.

1. Cochran, and Roche
2. Walk-aways
3. Lexington, Kentucky
4. Length-Of-Stay
5. Konrad and et al
6. Split-flow operational
7. Mielczarek
8. Polish National Health Fund
9. Multiple Criteria Decision Analysis
10. Using aggressive formulation in Data Envelopment Analysis
11. Normal and disaster conditions
12. Such as optimization, analytical models, MCDM, BSC, and DEA

الالوف و واچتل (۲۰۱۵) به‌منظور ارزیابی زمان‌بندی بهینه[1] برای بیمارانی که در بخش اورژانس در انتظار درمان هستند، الگوریتمی برای توانمندسازی تصمیم‌گیرندگان بخش اورژانس ارائه کردند. این الگوریتم، توسعه‌یافته مدل توالی کاری کارپ[2] است که در مدل شبیه‌سازی به‌کار گرفته شده است. آنان ابتدا با این سناریو که تصمیم‌گیرنده تریاژ تمام اطلاعات بیمار را می‌داند، زمان اقامت در بخش اورژانس را برآورد کردند؛ سپس با در نظر گرفتن وضعیت واقعی و غیرقطعی، سناریوی بعدی را که مسئول تریاژ بر اساس خصوصیت‌های بیمار در هر زمان می‌تواند نسبت به ادامه بررسی بیمار یا فرستادن به سایر قسمت‌ها تصمیم‌گیری کند، بررسی کردند. زینعلی و همکارانش (۲۰۱۵) یک سیستم پشتیبانی از تصمیم ارائه کردند که می‌تواند برای بهبود جریان بیمار و کاهش تراکم با تغییر تعداد منابع و نیز برای تصمیم‌گیری در سطوح عملیاتی، تاکتیکی و استراتژیک استفاده شود. در این پژوهش محدودیت بودجه‌ای و محدودیت ظرفیت مد نظر قرار گرفته و برای ارزیابی و اعتبارسنجی آن، از داده یکی از بیمارستان‌های ایران استفاده شده است که نتیجه آن کاهش ۴۸ درصد زمان انتظار بیماران بود. علاوه‌بر این، برای سنجش کارایی ابر مدل[3] انتخاب شده، نتایج از نظردقت و زمان مورد انتظار با خروجی نرم‌افزار OptQuest بررسی شده است. در واقع این دو محقق دامنه کاربرد ابر مدل‌ها را به شبیه‌سازی گسسته پیشامد برای اورژانس بیمارستان گسترش دادند. اوه و همکارانش[4] (۲۰۱۶) با هدف قرار دادن اینکه باید ۸۰ درصد بیماران در کمتر از ۳ ساعت اورژانس بیمارستان را ترک کنند و در عین حال تخصیص منابع نیز به‌طور بهینه انجام گیرد، از شبیه‌سازی گسسته پیشامد استفاده کردند. بر اساس نتایج شبیه‌سازی ۸۱ درصد بیماران در زمانی کمتر از ۳ ساعت اورژانس را ترک کردند. آزاده، اهوازی، حقیقی و کرامتی[5] (۲۰۱۶) با مدل‌سازی خطاهای انسانی (ترکیبی از اشتباهات مرتکب شده توسط پرستاران و تکنسین‌ها) به بهینه‌سازی بخش اورژانس یکی از بیمارستان‌های عمومی ایران پرداختند. سپس با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های تصادفی (SDEA)[6] سناریوهای تعیین شده از مدل شبیه‌سازی را ارزیابی کردند. آزاده، توحیدی، زرین، پاشاپور و مقدم[7] (۲۰۱۶) برای افزایش کیفیت خدمات در واحد مراقبت‌های ویژه (ICU) مغز و اعصاب بیمارستانی در ایران، از شبیه‌سازی یکپارچه استفاده کردند. بدین صورت که ابتدا با استفاده از نرم‌افزار Process Analyzer برای مدل شبیه‌سازی ۵۴ سناریو تعریف کردند، سپس با در نظر گرفتن این سناریوها به‌عنوان واحد تصمیم‌گیرنده، متغیرهای کنترل به‌عنوان ورودی و متغیرهای پاسخ به‌عنوان خروجی، از روش Super-SBM برای تعیین بهترین سناریو بهره بردند. لیو و همکارانش (۲۰۱۷) با هدف توسعه یک روش سیستماتیک برای کالیبره‌کردن خودکار مدل یک اورژانس عمومی با داده ناقص، از بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی استفاده کردند. همچنین از نمونه‌پژوهی برای اعتبارسنجی مدل بهره بردند. نتایج اعتبارسنجی نشان‌دهنده درستی و صحت مدل شبیه‌سازی با داده ناقص بود. کو و همکارانش (۲۰۱۸) برای مدل‌سازی عملیات و جریان بیماران در اورژانس بیمارستان از شبیه‌سازی استفاده کردند که تأثیر به‌کارگیری یک سیستم پیگیری سریع[8] روی کارایی خدمات ارائه شده را بررسی می‌کرد. نتایج نشان داد که اگرچه این سیستم برای برخی از گروه‌های بیماران سودمند است و به ارائه خدمات با سطح پاسخ‌گویی زیاد می‌انجامد، ممکن است زمان انتظار را برای برخی از گروه‌ها افزایش دهد. آنان از شبیه‌سازی برای ارزیابی

1.Optimally schedule evaluations
2. Karp's job sequencing
3. Metamodels
4. Oh and et al
5. Azadeh, Ahvazi, Haghighii, and Keramati
6. Stochastic data envelopment analysis
7. Azadeh, Tohidi, Zarrin, Pashapour, and Moghaddam
8. Fast-track system

اختلاف احتمالی بین زمان انتظار انواع بیماران در سیستم پیشگیری سریع استفاده کردند. نتایج نشان داد که این سیستم می‌تواند از نظر زمان انتظار برای کل بیماران مفید باشد.

روش‌شناسی پژوهش

شبیه‌سازی

اغلب افراد سیستم را برای اندازه‌گیری عملکرد آن بررسی می‌کنند تا کارکردش را بهبود دهند یا در صورت عدم وجود یک سیستم ارزیابی عملکرد، تلاش می کنند تا آن‌را را طراحی کنند (کلتون[1]، ۲۰۰۷). همچنین علاقه‌مند به مشاهده تأثیر تغییر پارامترها روی سیستم و تحلیل و ارزیابی نتایج هستند، با توجه به اینکه تغییر روی سیستم واقعی غیرمنطقی و اغلب ناممکن است (کلتون، ۲۰۰۷). شبیه‌سازی فرایند طراحی و ایجاد مدل کامپیوتری شده از سیستم واقعی یا پیشنهادی است که به‌منظور درک بهتر رفتار سیستم برای انجام آزمایش‌های عددی از آن استفاده می‌شود. در این میان، شبیه‌سازی گسسته پیشامد به‌دلیل در نظر گرفتن انتخاب‌های فردی افراد، بیش از سایر روش‌ها به‌کار گرفته شده است (میلکزارک، ۲۰۱۴).

زبان‌های متعددی برای شبیه‌سازی وجود دارد که برخی عمومی و برخی خاص هستند (کلتون، ۲۰۰۷). SIMAN برنامه تحلیل شبیه‌سازی همه منظوره‌ای است که برای مدل‌سازی سیستم ترکیبی گسسته ـ پیشامد استفاده می‌شود. چارچوب مدل‌سازی آن اجازه می‌دهد که اجزای مدل بر اساس سه جهت گیری گسسته، پیوسته و ترکیبی از این دو در یک مدل سیستم واحد ترکیب شوند (پگدن[2]، ۱۹۸۴)، در این مطالعه از نرم‌افزار ARENA که نرم‌افزار شبیه‌سازی و اتوماسیونی است که توسط شرکت Rockwell automation توسعه یافته و برای شبیه‌سازی فرایندهای خدمت‌دهی از پردازنده SIMAN استفاده می‌کند، بهره برده شده است.

تحلیل پوششی داده‌ها

DEA روش بهینه‌سازی کارآمدی است که برای بهبود عملکرد محصول/فرایند با چندین پاسخ پیشنهاد شده است. DEA نوعی روش برنامه‌ریزی خطی برای اندازه‌گیری کارایی چندین واحد تصمیم گیرنده (DMU)[3] است که از ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه، فرایند تولید ساختاری را ارائه می‌دهد (الرفیعی و همکاران، ۲۰۱۴؛ یزدی و همکاران[4]، ۲۰۱۸).

چارنس، کوپر و رودز[5] (۱۹۷۸) تعریف نسبت کارایی یا تعریف نسبت CCR[6] را معرفی کردند که می‌تواند تعریف نسبت کلاسیک علمی ـ مهندسی تک خروجی به تک ورودی را به ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه بدون نیاز به وزن‌های از پیش تخصیص داده شده تعمیم می‌دهد (بانکر، چارنس و کوپر[7]، ۱۹۸۴). تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌پردازد، اما اجازه رتبه‌بندی واحدهای کارآمد را نمی‌دهد (آندرسن و پترسن[8]، ۱۹۹۳). برای همین منظور باید از روش‌های ابرکارا[9] که مختص رتبه‌بندی‌اند، استفاده شود.

1. Kelton
2. Pegden
3. Decision making Unit
4. Yazdi, Mozaffari, Nazari-Shirkouhi, and Asadzadeh
5. Charnes, Cooper, and Rhodes
6. Charnes-Cooper-Rhodes
7. Banker, Charnes and Cooper
8. Andersen and Petersen
9. Super efficient

روش Andersen-Petersen

تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌پردازد، اما اجازه رتبه‌بندی واحدهای کارآمد را نمی‌دهد (آندرسن و پترسن، ۱۹۹۳). در واقع چنانچه تعداد واحدهای کارا زیاد باشد، این مسئله مشکل‌ساز خواهد بود. در این رویکرد، ایده اصلی این است که واحد تحت ارزیابی را با یک ترکیب خطی از سایر واحدها مقایسه کنیم؛ به‌طوری که خود آن واحد در نظر گرفته نشود (آندرسن و پترسن، ۱۹۹۳). برای مدل ورودی، این نتایج می‌تواند به مقادیری برسد که با توجه DMU_O (واحد تصمیم تحت بررسی) در وضعیت کارا باشد، سپس از این مقادیر در رتبه‌بندیDMU ها استفاده شود و برخی (اما نه همه) ارتباط‌هایی که برای DMU های کارا رخ می‌دهد را حذف کند (کوپر، سیفورد و تون[1]، ۲۰۰۶). این مدل در (آندرسن و پترسن، ۱۹۹۳) به‌صورت زیر ارائه شده است:

مدل ۱)
$$Min \quad E_j - \delta(e'S^- + e'S^+) \qquad Z, S^-, S^+ \geq 0$$
$$st$$
$$E_j X_j = \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq j}}^{n} z_k X_k + S^-$$
$$Y_j = \sum_{\substack{k=1 \\ k\neq j}}^{n} z_k X_k + S^+$$

X_j بردار m بعدی و Y_j برداری s بعدی برای واحد jام است؛ E_j اسکالری است که برای تعریف سهم بردار ورودی واحد تصمیم‌گیرنده jام در تولید بردار خروجی واحد تصمیم‌گیرنده jام درون تکنولوژی مرجع است. Z برداری افزایشی است که z_k نشان‌دهنده افزایش واحد kام است، δ کمیت غیرارشمیدسی[2] بسیار کوچک است و e' بردار سطری $(1,1,\ldots,1)$ برای بعد مناسب است (به‌طور مثال $e'S^- \sum_{j=1}^{n} S_j^-$).

در واقع این روش امکان الف) رتبه‌بندی میان واحدهای کارا و ناکارا، ب) محاسبه فاصله واحد تحت بررسی از ترکیب خطی سایر واحدها که واحد تحت بررسی در آن نیست و پ) محاسبه این فاصله بصورت شعاعی (یعنی اگر یک ورودی در یک بعد افزایش یابد و سایر ابعاد کاهش نیابند) را دارد (آندرسن و پترسن، ۱۹۹۳).

روش Super-SBM

برای اهدافی چون امکان حذف DMUها، اندازه‌گیری Andersen-Petersen نقصی در رفتار متغیرهای خفیف در نظر گرفته شده است؛ به این دلیل که رفتار متغیرهای خفیف معیاری با «واحدهای ثابت» را در اختیار ما قرار نمی‌دهد نیز نقص به‌حساب می‌آید (کوپر و همکاران، ۲۰۰۶). این مدل (مجموعه امکان تولید) در تحقیقات کوپر و همکاران (۲۰۰۶) و تون[3] (۲۰۰۱) به‌صورت زیر معرفی شده است:

رابطه ۱)
$$P/(x_o, y_o) = \{(\bar{x}, \bar{y}) \mid \bar{x} \geq \sum_{j=1,\neq o}^{n} \lambda_j x_j,\ \bar{y} \leq \sum_{j=1\neq o}^{n} \lambda_j y_j,\ \bar{y} \geq 0,\ \lambda \geq 0\}.$$

1. Cooper, Seiford, and Tone
2. Non-Archimedean
3. Tone

علاوه بر این با تعریف یک زیرمجموعه $\overline{P}/(x_o, y_o)$ از $P/(x_o, y_o)$ خواهیم داشت:

رابطه ۲) $$\overline{P}/(x_o, y_o) = P/(x_o, y_o) \bigcap \{\overline{x} \geq x_o, \overline{y} \leq y_o\}$$

حال برای تعیین فاصله بین (x_o, y_o) و $(\overline{x}, \overline{y})$ که هر دو عضو $\overline{P}/(x_o, y_o)$ هستند، شاخص زیر تعریف می‌شود. این شاخص نمی‌تواند کمتر از ۱ باشد.

رابطه ۳) $$\delta = \frac{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{\overline{x}_i}{x_{io}}}{\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\frac{\overline{y}_r}{y_{ro}}}$$

بنابراین مدل ابرکارای SBM به‌صورت زیر ارائه می‌شود.

مدل ۲)

$$Min \qquad \delta = \frac{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{\overline{x}_i}{x_{io}}}{\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\frac{\overline{y}_r}{y_{ro}}}$$

$$St$$

$$\overline{x} \geq \sum_{j=1,\neq o}^{n} \lambda_j x_j$$

$$\overline{y} \leq \sum_{j=1,\neq o}^{n} \lambda_j y_j$$

$$\overline{x} \geq x_o \ and \ \ \overline{y} \leq y_o$$

$$\lambda \geq 0.$$

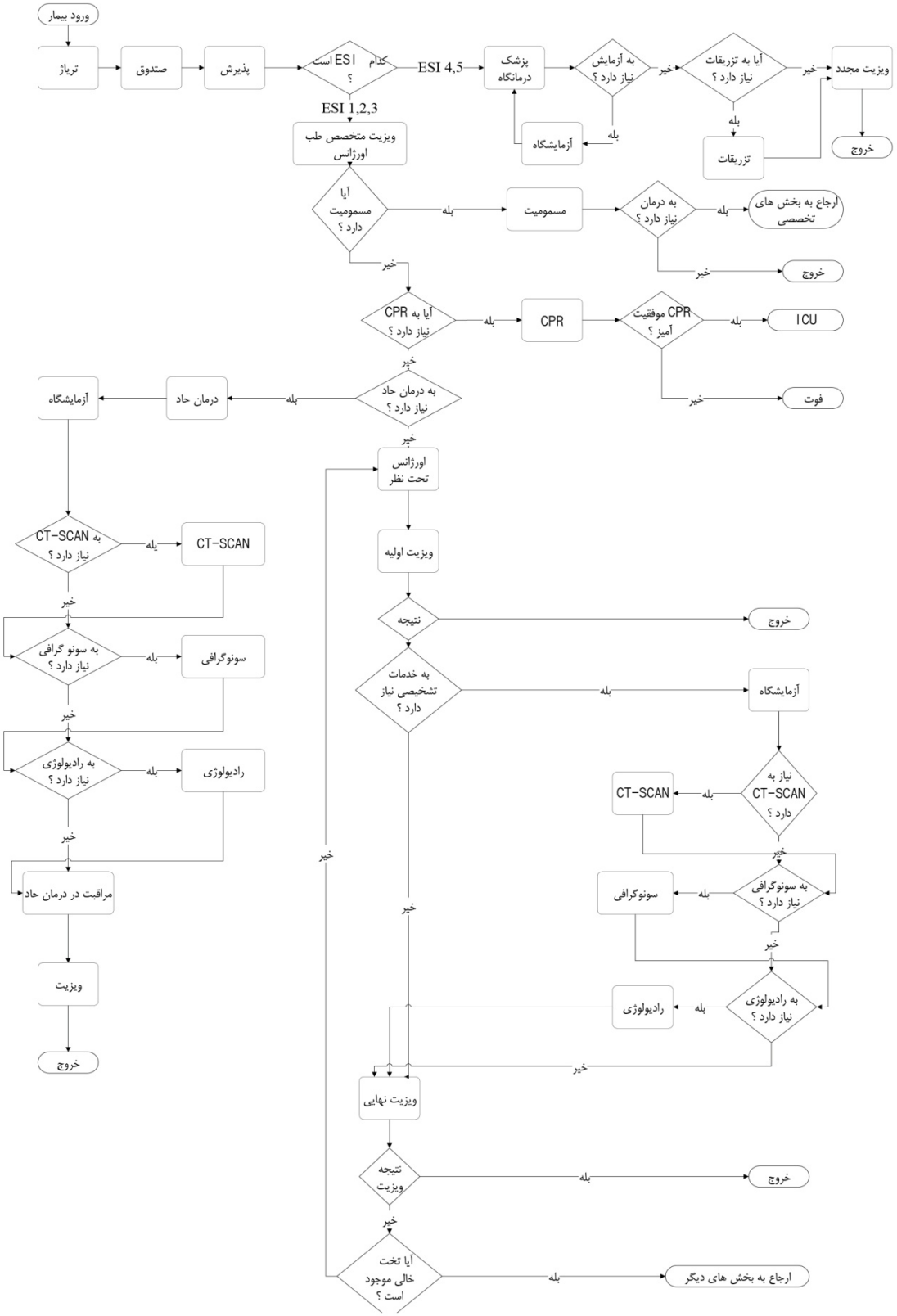
که در آن δ فاصله بین واحدهای تصمیم (x_o, y_o) و $(\overline{x}, \overline{y})$ و x_j و y_j متغیرهای ورودی و خروجی در واحد تصمیم jام هستند.

یکنواختی و ثبات در اندازه‌گیری، در نظر گرفتن متغیرهای مازاد ورودی‌ها و متغیرهای کمبود خروجی‌ها در محاسبه کارایی در کنار لزوم انجام محاسبه کارایی بر اساس مجموعه مرجع، از ویژگی‌های این روش است (تون، ۲۰۰۱).

ممکن است روش‌های گوناگون موجود برای رتبه‌بندی نتایج مشابهی را ارائه دهند، اما استفاده از چند روش این انعطاف‌پذیری را در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد تا نتیجه‌ای را انتخاب کند که با واقعیت و سایر ملاحظات در نظر گرفته نشده در مدل (به‌طور مثال در اینجا هزینه)، انطباق بیشتری دارد.

مطالعه موردی

با توجه به اینکه درصد زیادی از بیماران به بیمارستان‌های دولتی مراجعه می‌کنند، معمولاً به‌علت تشکیل صف‌های طولانی و کمبود منابع، زمان زیادی را از دست می‌دهند. در پژوهش حاضر، مرکز اورژانس یکی از بیمارستان‌های دولتی شهرستان رشت در استان گیلان برای نمونه‌پژوهی انتخاب شده است. این مطالعه از نظر هدف کاربردی بوده و ماهیت داده در آن به‌صورت کمی در نظر گرفته شده است.



شکل ۱. مدل مفهومی جریان بیماران در اورژانس بیمارستان

توصیف سیستم در دست بررسی

داده‌های این تحقیق از طریق حضور در محل و انجام زمان‌سنجی جمع‌آوری شده و مربوط به زمان ورود بیماران در یک شبانه‌روز است. در این مرکز بیماران پس از ورود به اورژانس، توسط کارشناس تریاژ بر اساس یک سیستم پنج سطحی که با ESI نشان داده می‌شود، طبقه‌بندی می‌شوند. در این سیستم، هر چه سطح بیمار پایین‌تر باشد، گویای وخامت حال وی است. بیماران سطوح ۱، ۲ و۳ به متخصص طب اورژانس و بیماران سطوح ۴ و ۵ به پزشک عمومی مراجعه کرده و مطابق شکل ۱ سایر فرایندها را طی می‌کنند.

تعداد تکرارهای شبیه‌سازی

برای تعیین تعداد تکرارها، یک بار مدل را برای مقدار مشخصی (به‌طور مثال ۱۰ بار) اجرا کردیم، سپس یکی از خروجی‌ها را انتخاب کرده و برای خروجی انتخاب شده میانگین و انحراف معیار نمونه‌ای را مطابق جدول ۱ محاسبه کردیم و از طریق نیم‌فاصله مربوط به متغیر خروجی انتخاب‌شده، اندازه تقریبی تکرارها را به‌دست آوردیم. از دو رابطه ۴ و ۵ می‌توان برای تعیین تعداد تکرارها استفاده کرد که در آن $n_{\cdot}$ تعداد تکرارهای ابتدایی و $h_{\cdot}$ نیم‌فاصله حاصل از آن است.

رابطه ۴)
$$n \cong n_{\cdot}(\frac{h_{\cdot}}{h})^{۲}$$

رابطه ۵)
$$n \cong z^{۲}_{\frac{\alpha}{۲}}(\frac{S}{h})^{۲}$$

چنانچه اعداد به‌دست آمده غیرصحیح باشند، به‌جای آن کوچک‌ترین عدد صحیح بزرگ‌تر از آن را قرار می‌دهیم (کلتون ۲۰۰۷) که در اینجا از هر دو استفاده کرده و بزرگ‌ترین مقدار را به‌عنوان حداقل تکرارها در نظر گرفتیم.

جدول ۱. تعیین میانگین ـ انحراف استاندارد و نیم‌فاصله برای خروجی‌های مدل شبیه‌سازی برای تعیین تعداد تکرارها

خروجی	میانگین نمونه	انحراف استاندارد نمونه	نیم‌فاصله ۹۵٪
تعداد بیماران با حضور کمتر از ۶ ساعت در اورژانس	۲۷۳/۶۰۵	۹۶/۸۹۰	۶۹/۳۰۶
تعداد بیماران با حضور بین ۶ تا ۱۲ ساعت در اورژانس	۱۴۴/۳۴۰	۸۲/۱۲۵	۵۸/۷۴۵
تعداد بیماران با حضور بیشتر از ۱۲ ساعت در اورژانس	۲۷/۹۵۲	۲/۸۹۲	۲/۰۷۰

برای نمونه اگر از متغیر «تعداد بیماران با حضور بیشتر از ۱۲ ساعت در اورژانس» استفاده کنیم، با در نظر گرفتن نیم فاصله ۰/۵ برای این متغیر داریم:

$$n \cong (\frac{۱/۹۶ \times ۲/۸۹}{۰/۵۵۹})^{۲} = ۱۰۲/۶۳۱ \rightarrow ۱۰۳$$

$$n \cong ۱۰ \times (\frac{۲/۰۶۹}{۰/۵})^{۲} = ۱۷۱/۲۱۶۶ \rightarrow ۱۷۲$$

پس تعداد مناسب تکرار ۱۷۲ بار است که برای اطمینان، تعداد تکرار مدل را ۱۸۰ بار در نظر گرفتیم.

بررسی استقلال و ثبات داده

در نرم‌افزار MINITAB، ابزار نمودار روند P-value را برای چهار الگوی تصادفی ارائه می‌کند. اگر P-value برای تمام این الگوها بیش از سطح ریسک باشد، می‌توان به داده، توزیع آماری نسبت داد (گاید[1]، ۲۰۰۰)، حال با استفاده از نرم‌افزار Input Analyzer می‌توان توزیع آماری داده را تعیین کرد.

تحلیل آماری داده‌های ورودی

باید دید که زمان ورود بیماران به نوع بیماران وابسته است یا نه. برای این منظور از تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده می‌شود. برای این منظور فرض «زمان ورود به نوع بیماران بستگی دارد» آزمون شد که نتایج آن در جدول ۲ درج شده است. بنابراین چون $P-Value \leq ۰/۰۵$ پس فرض صفر رد شده و برای هر یک از دو گروه بیماران یعنی ESI ۱, ۲, ۳ و ESI ۴,۵ باید به‌طور جداگانه توزیع ارائه کرد. در جدول ۳ نیز میانگین، انحراف استاندارد و برآورد فاصله اطمینان در سطح ۰/۹۵ ارائه شده است.

جدول ۲. تحلیل واریانس یک طرفه

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار آماره فیشر	مقدار P
عامل	۱	۶۷۸۶	۶۷۸۶/۳	۳۲/۳۷	۰/۰۰۰
خطا	۱۹۸	۴۱۵۱۳	۲۰۹/۷		
مجموع	۱۹۹	۴۸۲۹۹			

جدول ۳. میانگین، انحراف استاندارد و فاصله اطمینان برای ESIها

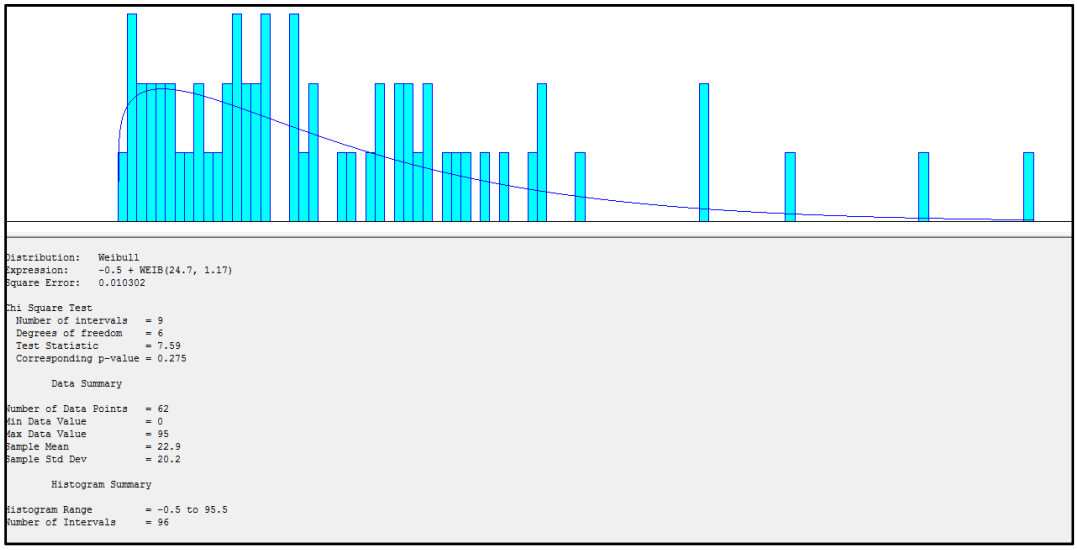
شماره گروه	میانگین	انحراف استاندارد	فاصله اطمینان
ESI ۱,۲,۳	۲۲/۹۴	۲۰/۲۵	(۱۷/۸۹ و ۲۷/۹۸)
ESI ۴,۵ زیرگروه اول	۱۲/۲۳	۱۴/۲۰	(۸/۵۶ و ۱۵/۹۱)
ESI ۴,۵ زیرگروه دوم	۸/۷۰	۶/۸۱	(۶/۴۲ و ۱/۹۸)

توزیع آماری ESI ۱,۲,۳

ابتدا نمودار روند برای داده مربوط به زمان ورود این بیماران رسم شد و چون از شرط نسبت‌دادن توزیع آماری برخوردار بود، از نرم‌افزار Input Analyzer برای تعیین توزیع آماری استفاده شد. نتیجه این عملیات که به‌صورت توزیع آماری

1. Guide

زمان ورود (۲۴/۷, ۱/۱۷) WEIB + ۰/۵− است، در شکل ۲ مشاهده می‌شود.



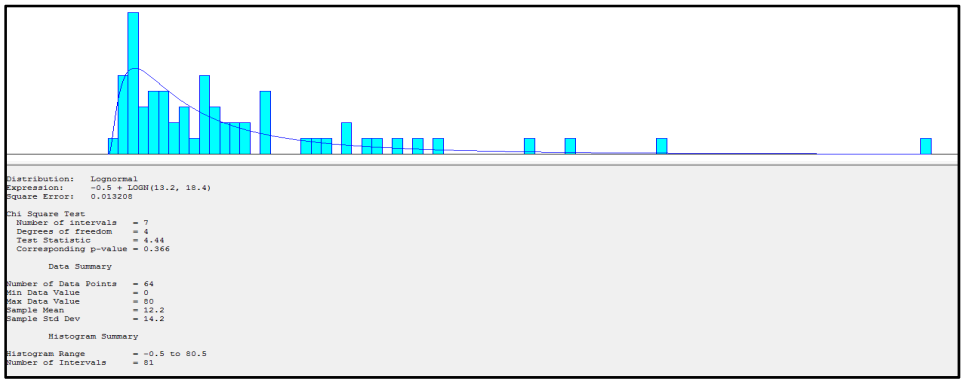
شکل۲. توزیع آماری زمان ورود بیماران سطح ۲،۱ و۳

توزیع آماری ESI ۴، ۵

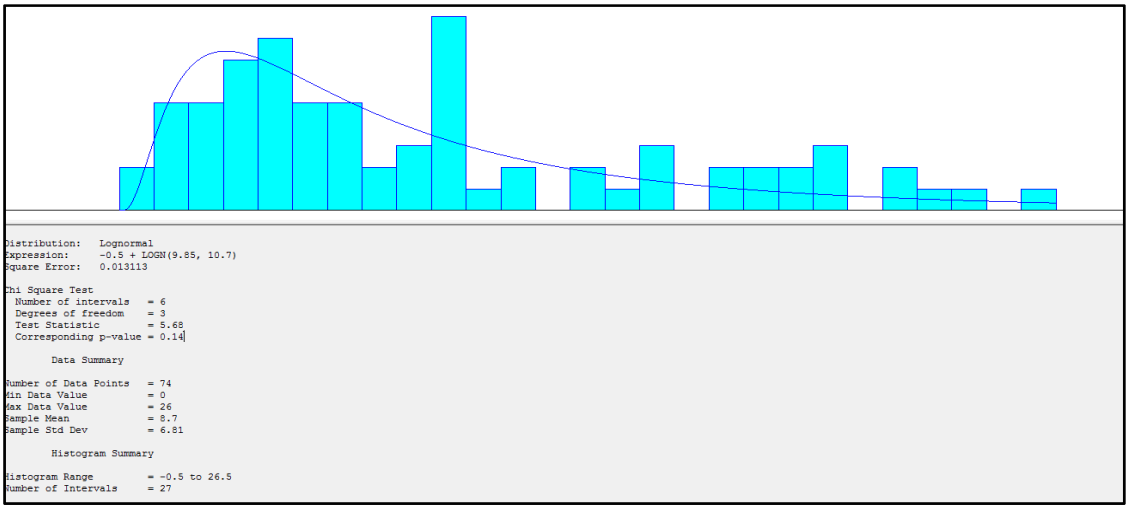
زمان ورود این بیماران شرایط نسبت‌دادن توزیع آماری را نداشتند، به همین دلیل این سری داده‌ها به دو زیرگروه طبقه‌بندی شدند. پس از طبقه‌بندی، بار دیگر شرایط هر دو دسته برای نسبت‌دادن توزیع آماری بررسی شد که در نتیجه به‌صورت توزیع آماری زمان ورود (۱۳/۲,۱۸/۴) LOGN + ۰/۵− و (۹/۸,۱۰/۷) LOGN + ۰/۵− به‌دست آمد. شکل ۳ توزیع آماری برای گروه اول و شکل ۴ توزیع آماری برای گروه دوم را نشان می‌دهد. همچنین خلاصه نتایج در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

جدول ٤. توزیع آماری بیاران سطح ٤ و٥

شماره گروه	بازه زمانی	توزیع آماری
زیرگروه یک	۱۳:۱۵ تا ۰۰:۰۰	۰/۵− + LOGN(۱۳/۲,۱۸/۴)
زیرگروه دوم	۲۴:۰۰ تا ۱۳:۱۵	۰/۵− + LOGN(۹/۸,۱۰/۷)



شکل ۳. توزیع آماری گروه اول بیماران سطح ٤و٥



شکل ٤. توزیع آماری گروه دوم بیماران سطح ٤و٥

یافته‌های پژوهش

طراحی سناریوها

با توجه به صف‌های ایجاد شده در سیستم، متغیرهای مهم مدل شبیه‌سازی عبارت‌اند از:، تعداد تخت‌های تزریقات، تعداد پزشکان عمومی، تعداد متخصصان طب اورژانس، تعداد تخت‌های بخش درمان حاد، تعداد تخت‌های بخش تحت نظر، تعداد پرستاران بخش تحت نظر، تعداد پرستاران بخش درمان حاد، زمان انتظار بیمار. در جدول ۵ بازه تغییرات منابع ورودی بر اساس نظر کادر بیمارستان درج شده است. با در نظر گرفتن تأثیر متغیرها بر کارایی، ۴۴ سناریو تعریف شده است.

جدول ۵. بازه تغییرات مجاز منابع موثر بر شبیه‌سازی در اورژانس بیمارستان

نام متغیر	پزشک عمومی	متخصص طب اورژانس	تخت تزریقات	تخت اورژانس تحت نظر	تخت درمان حاد	پرستاران اورژانس تحت نظر	پرستاران درمان حاد
بازه تغییرات	۱-۲	۱-۲	۲-۴	۳۴-۳۸	۱۴-۱۸	۱۴-۱۶	۵-۶

در این مطالعه از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده و در نهایت انتخاب بهترین واحد تصمیم، استفاده شده است. در گام اول، این ۴۴ سناریو وارد نرم‌افزار Process Analyzer شدند که جدول ۶ نتایج آن را نشان می‌دهد. در گام بعد، از مدل‌های ابرکارایی برای ارزیابی کارایی و رتبه‌بندی سناریوها استفاده شد.

جدول ٦. سناریوهای شبیه‌سازی

واحد تصمیم گیرنده	پزشک عمومی	متخصص طب اورژانس	تخت تزریقات	تخت بخش تحت نظر	تخت بخش درمان حاد	تعداد پرستاران بخش تحت نظر	پرستار بخش حاد	زمان انتظار	تعداد افراد خارج شده از سیستم	اقامت کمتر از ٦ ساعت	اقامت بین ٦ تا ١٢ ساعت	اقامت بیش از ١٢ ساعت
	ورودی								خروجی			
۱	۱	۱	۲	۲۴	۱۶	۱۶	۵	۴۶۷۰/۹۸۰	۹۴۲/۰۸۹	۲۹۳/۱۹۷	۱۴۶/۰۳۷	۲۸/۵۹۱
۲	۲	۱	۲	۲۴	۱۶	۱۶	۵	۳۵۵۵/۴۵۸	۱۲۵۴/۵۵۰	۴۲۳/۲۵۱	۱۷۱/۴۵۷	۲۸/۶۸۲
۳	۲	۲	۲	۲۴	۱۶	۱۶	۵	۳۵۴۶/۷۸۳	۱۲۵۹/۵۹۴	۴۲۵/۴۱۳	۱۷۱/۶۴۲	۲۸/۵۵۳
۴	۲	۱	۳	۲۴	۱۶	۱۶	۵	۳۵۵۵/۴۵۸	۱۲۵۴/۵۵۰	۴۲۳/۲۵۱	۱۷۱/۴۵۷	۲۸/۶۸۲
۵	۲	۱	۳	۲۳	۱۸	۱۶	۵	۳۵۵۵/۴۵۸	۱۲۵۴/۵۵۰	۴۲۳/۲۵۱	۱۷۱/۴۵۷	۲۸/۶۸۲
۶	۲	۲	۴	۲۵	۱۷	۱۶	۵	۳۵۴۶/۷۸۳	۱۲۵۹/۵۹۴	۴۲۵/۴۱۳	۱۷۱/۶۴۲	۲۸/۵۵۳
۷	۲	۱	۴	۲۶	۱۵	۱۶	۵	۳۵۵۵/۴۵۸	۱۲۵۴/۵۵۰	۴۲۳/۲۵۱	۱۷۱/۴۵۷	۲۸/۶۸۲
۸	۲	۱	۴	۲۶	۱۸	۱۶	۵	۳۵۵۵/۴۵۸	۱۲۵۴/۵۵۰	۴۲۳/۲۵۱	۱۷۱/۴۵۷	۲۸/۶۸۲
۹	۲	۱	۳	۲۴	۱۶	۱۵	۵	۳۵۵۴/۲۲۴	۱۲۵۴/۴۷۸	۴۲۴/۳۳۲	۱۷۱/۵۰۲	۲۷/۸۴۴
۱۰	۲	۱	۳	۲۴	۱۶	۱۵	۶	۳۵۳۲/۱۱۱	۱۲۵۸/۴۷۸	۴۲۵/۷۴۲	۱۷۱/۱۲۶	۲۹/۱۲۲
۱۱	۲	۱	۴	۲۴	۱۶	۱۷	۶	۳۵۵۱/۷۸۱	۱۲۶۰/۳۰۶	۴۲۴/۶۴۵	۱۷۲/۵۹۲	۲۹/۵۴۷
۱۲	۱	۲	۴	۲۴	۱۶	۱۶	۵	۴۶۹۰/۲۹۴	۹۴۴/۰۸۳	۲۹۲/۹۰۶	۱۴۶/۸۷۶	۲۸/۳۴۲
۱۳	۱	۲	۴	۲۴	۱۶	۱۶	۵	۴۶۹۰/۲۹۴	۹۴۴/۰۸۳	۲۹۲/۹۰۶	۱۴۶/۸۷۶	۲۸/۳۴۲
۱۴	۱	۲	۳	۲۲	۱۴	۱۶	۵	۴۶۹۰/۲۹۴	۹۴۴/۰۸۳	۲۹۲/۹۰۶	۱۴۶/۸۷۶	۲۸/۳۴۲
۱۵	۱	۲	۳	۲۶	۱۸	۱۶	۵	۴۶۹۰/۲۹۴	۹۴۴/۰۸۳	۲۹۲/۹۰۶	۱۴۶/۸۷۶	۲۸/۳۴۲
۱۶	۱	۲	۴	۲۵	۱۷	۱۶	۵	۴۶۹۰/۲۹۴	۹۴۴/۰۸۳	۲۹۲/۹۰۶	۱۴۶/۸۷۶	۲۸/۳۴۲

۱۷	۱	۲	۳	۲۲	۱۸	۱۶	۵	۴۶۹۰/۲۹۴	۹۴۴/۰۸۳	۲۹۲/۹۰۶	۱۴۶/۸۷۶	۲۸/۳۴۲
۱۸	۱	۲	۲	۲۴	۱۶	۱۵	۶	۴۶۵۶/۳۷۰	۹۴۲/۵۷۲	۲۹۱/۹۹۹	۱۴۶/۸۳۰	۲۸/۸۸۹
۱۹	۱	۲	۲	۲۳	۱۶	۱۵	۵	۴۶۷۱/۶۰۴	۹۴۱/۷۲۸	۲۹۲/۳۴۹	۱۴۶/۵۳۰	۲۸/۵۳۹
۲۰	۱	۲	۲	۲۴	۱۶	۱۷	۶	۴۶۶۰/۹۳۵	۹۴۸/۳۰۰	۲۹۳/۸۶۸	۱۴۷/۴۶۳	۲۹/۳۲۲
۲۱	۱	۲	۳	۲۴	۱۶	۱۷	۶	۴۶۶۰/۹۳۵	۹۴۸/۳۰۰	۲۹۳/۸۶۸	۱۴۷/۴۶۳	۲۸/۳۴۲
۲۲	۱	۱	۲	۲۳	۱۵	۱۵	۵	۴۶۷۵/۷۲۱	۹۴۴/۵۵۶	۲۹۴/۵۳۳	۱۴۶/۴۳۱	۲۷/۹۹۵
۲۳	۱	۲	۳	۲۳	۱۵	۱۵	۵	۴۶۷۱/۶۰۴	۹۴۱/۷۲۸	۲۹۲/۳۴۹	۱۴۶/۵۳۰	۲۸/۵۳۹
۲۴	۱	۲	۴	۲۳	۱۵	۱۷	۶	۴۶۶۰/۹۳۵	۹۴۸/۳۰۰	۲۹۳/۸۶۸	۱۴۷/۴۶۳	۲۸/۳۴۲
۲۵	۱	۲	۳	۲۲	۱۷	۱۷	۶	۴۶۶۰/۹۳۵	۹۴۸/۳۰۰	۲۹۳/۸۶۸	۱۴۷/۴۶۳	۲۸/۳۴۲

ادامه جدول ٦

واحد تصمیم گیرنده	پزشک عمومی	متخصص طب اورژانس	تخت تزریقات	تخت بخش تحت نظر	تخت بخش درمان حاد	تعداد پرستاران بخش تحت نظر	پرستار بخش حاد	زمان انتظار	تعداد افراد خارج شده از سیستم	اقامت کمتر از ٦ ساعت	اقامت بین ٦ تا ١٢ ساعت	اقامت بیش از ١٢ ساعت
ورودی									خروجی			
۲۶	۲	۲	۴	۲۳	۱۵	۱۶	۵	۳۵۴۶/۷۸۳	۱۲۵۹/۵۹۴	۴۲۵/۴۱۳	۱۷۱/۶۴۲	۲۸/۵۵۳
۲۷	۲	۲	۴	۲۴	۱۶	۱۵	۵	۳۵۵۲/۵۸۳	۱۲۵۷/۸۸۹	۴۲۴/۷۲۹	۱۷۱/۴۲۵	۲۸/۰۵۷
۲۸	۲	۱	۲	۲۴	۱۵	۱۷	۶	۳۵۵۱/۷۸۱	۱۲۶۰/۳۰۶	۴۲۴/۶۴۵	۱۷۲/۵۹۲	۲۹/۵۴۷
۲۹	۲	۱	۳	۲۵	۱۵	۱۶	۵	۳۵۵۵/۴۵۸	۱۲۵۴/۵۵۰	۴۲۳/۲۵۱	۱۷۱/۴۵۷	۲۸/۶۸۲
۳۰	۲	۲	۴	۲۴	۱۶	۱۵	۶	۵۵۸/۱۰۸	۱۲۵۷/۵۰۶	۴۲۴/۷۱۲	۱۷۲/۰۸۴	۲۸/۵۴۶
۳۱	۲	۱	۳	۲۲	۱۴	۱۵	۶	۳۵۳۲/۱۱۱	۱۲۵۸/۴۷۸	۴۲۵/۷۴۲	۱۷۱/۱۲۶	۲۹/۱۲۲
۳۲	۲	۲	۲	۲۲	۱۴	۱۶	۵	۳۵۴۶/۷۸۳	۱۲۵۹/۵۹۴	۴۲۵/۴۱۳	۱۷۱/۶۴۲	۲۸/۵۵۳
۳۳	۲	۲	۳	۲۲	۱۵	۱۵	۶	۳۵۵۸/۱۰۸	۱۲۵۷/۵۰۶	۴۲۴/۷۱۲	۱۷۲/۰۸۴	۲۸/۵۴۶
۳۴	۲	۲	۳	۲۶	۱۴	۱۶	۶	۳۵۴۹/۶۴۲	۱۲۶۲/۶۷۸	۴۲۶/۴۴۴	۱۷۱/۹۳۸	۲۹/۳۴۸
۳۵	۲	۲	۴	۲۶	۱۸	۱۶	۶	۳۵۴۹/۶۴۲	۱۲۶۲/۶۷۸	۴۲۶/۴۴۴	۱۷۱/۹۳۸	۲۹/۳۴۸
۳۶	۲	۲	۲	۲۶	۱۸	۱۵	۶	۳۵۵۸/۱۰۸	۱۲۵۷/۵۰۶	۴۲۴/۷۱۲	۱۷۲/۰۸۴	۲۸/۵۴۶
۳۷	۲	۲	۴	۲۶	۱۵	۱۵	۵	۳۵۵۲/۵۸۳	۱۲۵۷/۸۸۹	۴۲۴/۷۲۹	۱۷۱/۲۴۵	۲۸/۰۵۷
۳۸	۲	۲	۲	۲۵	۱۵	۱۵	۵	۳۵۵۲/۵۸۳	۱۲۵۷/۸۸۹	۴۲۴/۷۲۹	۱۷۱/۴۲۵	۲۸/۰۵۷
۳۹	۲	۱	۲	۲۲	۱۴	۱۵	۵	۳۵۵۴/۲۲۴	۱۲۵۴/۴۷۸	۴۲۴/۳۳۲	۱۷۱/۵۰۲	۲۷/۸۴۴
۴۰	۱	۲	۴	۲۲	۱۴	۱۵	۶	۴۶۵۶/۳۷۰	۹۴۲/۵۷۲	۲۹۱/۹۹۹	۱۴۶/۸۳۰	۲۸/۸۸۹
۴۱	۲	۲	۲	۲۳	۱۴	۱۵	۵	۳۵۵۲/۵۸۳	۱۲۵۷/۸۸۹	۴۲۴/۷۲۹	۱۷۱/۲۴۵	۲۸/۰۵۷

۴۲	۱	۱	۴	۲۲	۱۴	۱۷	۶	۴۶۶۷/۸۱۶	۹۴۸/۶۶۱	۲۹۳/۹۴۲	۱۴۶/۹۹۰	۲۹/۴۴۹
۴۳	۱	۱	۳	۲۳	۱۵	۱۵	۵	۴۶۷۵/۷۲۱	۹۴۴/۵۵۶	۲۹۴/۵۳۳	۱۴۶/۴۳۱	۲۷/۹۵۵
۴۴	۱	۱	۳	۲۲	۱۵	۱۷	۵	۴۶۸۶/۷۰۵	۹۴۲/۸۸۳	۲۹۲/۲۷۶	۱۴۶/۹۰۰	۲۸/۸۳۵

نتایج تحلیل پوششی داده‌ها

در تحلیل پوششی داده‌ها هر یک از سناریوهای تعریف‌شده در مرحله قبل، یک واحد تصمیم‌گیرنده در نظر گرفته می‌شود. متغیرهای تعداد پزشک عمومی، متخصص طب اورژانس، پرستاران بخش درمان حاد، پرستاران اورژانس تحت نظر، تعداد تخت‌های تزریقات، تعداد تخت‌های اورژانس تحت نظر، تعداد تخت درمان حاد و زمان انتظار به‌عنوان ورودی و متغیرهای کل افراد خارج شده از سیستم، مجموع افرادی که کمتر از ۶ ساعت در اورژانس حضور دارند، کل افرادی که بین ۶ تا ۱۲ ساعت در اورژانس حضور دارند و کل افرادی که بیش از ۱۲ ساعت در اورژانس حضور دارند، به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شده است. برای یافتن امتیاز کارایی و رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده از مدل‌های ۱ و ۲ استفاده شده که نتایج آنها پس از اجرا در نرم‌افزار GAMS در جدول ۷ مشاهده می‌شود. نتایج این جدول نشان می‌دهد که در هر دو روش رتبه‌بندی، سناریوی ۳۹ بهترین سناریو انتخاب شده است.

اعتبارسنجی نتایج

پس از رتبه‌بندی سناریوها با استفاده از مدل‌های ابرکارای تحلیل پوششی داده‌ها (جدول ۷)، به‌دنبال پاسخ این سؤال هستیم که آیا ارتباط مستقیمی بین رتبه‌بندی روش Super-SBM و Andersen-Petersen وجود دارد یا خیر (آزاده، قادری، میران، ابراهیم پور و سوزوکی[1]، ۲۰۰۷). برای این منظور دو آزمون غیرپارامتری اسپیرمن ـ رو و کندال ـ تاو اجرا شد. نتیجه آزمون اسپیرمن ـ رو نشان می‌دهد بین رتبه‌بندی‌ها در سطح ۰/۰۱ همبستگی وجود ندارد و نتیجه آزمون کندال ـ تاو نیز همان نتیجه را در سطح بیان‌شده تأیید می‌کند (جدول ۸).

جدول ۷ . رتبه‌بندی سناریوها با استفاده از روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها

واحد تصمیم‌گیرنده	Andersen-Petersen		Super-SBM		واحد تصمیم‌گیرنده	Andersen-Petersen		Super-SBM	
	رتبه	کارایی	رتبه	کارایی		رتبه	کارایی	رتبه	کارایی
۱	۷	۱/۰۱۹۵	۱۳	۱/۰۰۰۵۲	۲۳	۱۸	۱/۰۰۷۱	۱۶	۱/۰۰۰۴۹
۲	۵	۱/۰۲۳۸	۱۲	۱/۰۰۰۶۷	۲۴	۲۲	۱/۰۰۱۷	۲۳	۱/۰۰۰۰۶
۳	۳۰	۰/۹۹۹۶	۲۴	۱	۲۵	۱۴	۱/۰۱۲۵	۹	۱/۰۰۰۹۲
۴	۲۴	۰/۹۹۹۹	۲۴	۱	۲۶	۳۰	۰/۹۹۹۶	۲۴	۱
۵	۱۶	۱/۰۱۱۵	۱۹	۱/۰۰۰۳۳	۲۷	۳۶	۰/۹۹۹۵	۲۴	۱
۶	۴۳	۰/۹۹۹۲	۲۴	۱	۲۸	۴	۱/۰۳۸۱	۸	۱/۰۰۱۳۶
۷	۲۷	۰/۹۹۹۸	۲۴	۱	۲۹	۲۰	۱/۰۰۵۹	۲۱	۱/۰۰۰۱۷
۸	۴۰	۰/۹۹۹۴	۲۴	۱	۳۰	۳۰	۰/۹۹۹۶	۲۴	۱
۹	۳۶	۰/۹۹۹۵	۲۴	۱	۳۱	۳	۱/۰۴۰۸	۷	۱/۰۰۱۵۴
۱۰	۳۰	۰/۹۹۹۶	۲۴	۱	۳۲	۶	۱/۰۲۲۵	۱۰	۱/۰۰۰۸۹

1. Azadeh, Ghaderi, Miran, Ebrahimipour, and Suzuki

۱۱	۲۸	۰/۹۹۹۷	۱	۲۴	۳۳	۱/۰۰۱۶	۲۳	۱/۰۰۰۱۱	۲۲
۱۲	۳۰	۰/۹۹۹۶	۱	۲۴	۳۴	۱/۰۰۴۵	۲۱	۱/۰۰۰۴	۱۸
۱۳	۳۶	۰/۹۹۹۵	۱	۲۴	۳۵	۰/۹۹۹۵	۳۶	۱	۲۴
۱۴	۱۷	۱/۰۰۹۹	۱/۰۰۰۲۸۵	۴	۳۶	۱/۰۱۲۹	۱۲	۱/۰۰۰۵	۱۴
۱۵	۴۳	۰/۹۹۹۲	۱	۲۴	۳۷	۰/۹۹۹۴	۴۰	۱	۲۴
۱۶	۴۲	۰/۹۹۹۳	۱	۲۴	۳۸	۰/۹۹۹۷	۲۸	۱	۲۴
۱۷	۳۰	۰/۹۹۹۶	۱	۲۴	۳۹	۱/۰۵۵۳	۱	۱/۰۰۶۳۵	۱
۱۸	۱۵	۱/۰۱۲۴	۱/۰۰۰۴۷	۱۷	۴۰	۱/۰۱۵۴	۹	۱/۰۰۲۳۵	۶
۱۹	۱۳	۱/۰۱۲۷	۱/۰۰۰۵	۱۴	۴۱	۱/۰۰۶۶	۱۹	۱/۰۰۰۲۸	۲۰
۲۰	۱۱	۱/۰۱۳۱	۱/۰۰۰۷۲	۱۱	۴۲	۱/۰۴۳۳	۲	۱/۰۰۴۸	۲
۲۱	۲۴	۰/۹۹۹۹	۱	۲۴	۴۳	۰/۹۹۹۹	۲۴	۱	۲۴
۲۲	۱۰	۱/۰۱۳۳	۱/۰۰۳۲۴	۳	۴۴	۱/۰۱۹۵	۷	۱/۰۰۲۶۳	۵

جدول ۸. جدول نتایج آزمون‌های همبستگی

نتایج آزمون‌های ناپارامتری	آزمون اسپیرمن ـ رو	γ_s= ۰/۹۳
	آزمون کندال ـ تاو	τ=۰/۸۱

بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکی از دغدغه‌های مهم مدیران در حوزه سلامت، تخصیص بهینه نیروی انسانی و منابع است؛ به‌طوری که به کیفیت خدمات ارائه شده در این حوزه خدشه‌ای وارد نشود. با توجه به ملاحظات موجود در سیستم سلامت، توقف در سیستم برای ایجاد تغییرات امکان‌پذیر نیست. از این رو باید از راهکاری برای آن استفاده شود که اختلالی در ارائه خدمات ایجاد نکند. یکی از ابزارهایی که برای این منظور وجود دارد، شبیه‌سازی گسسته پیشامد است. شبیه‌سازی رایانه‌ای ابزار کارایی است که به‌وسیله آن می‌توان نتایج اعمال تغییرات را بدون تغییر روی سیستم واقعی، ارزیابی کرد. استفاده توأم از تحلیل پوششی داده‌ها و شبیه‌سازی این امکان را برای تصمیم‌گیرندگان بخش سلامت فراهم می‌آورد تا بدون ایجاد وقفه در سیستم، به ارزیابی ترکیبات مختلف منابع و نیز کارایی هر ترکیب از منابع پی ببرند و بتوانند بهبودهای احتمالی را در سیستم اعمال کنند.

کاهش زمان انتظار بیماران در اورژانس بیمارستان، شناسایی نقاط ایجاد صف در اورژانس، شناسایی منابع مهم و ترکیب بهینه منابع از اهداف این پژوهش بود. از این رو، ابتدا بر اساس مدل مفهومی جریان بیماران در اورژانس، با استفاده از نرم‌افزار ARENA یک مدل شبیه‌سازی توسعه داده شد. سپس بر اساس صف‌های ایجاد شده در سیستم، منابع تأثیرگذار بسیار مهم (تعداد تخت‌های تزریقات، تعداد پزشکان عمومی، تعداد متخصصان طب اورژانس، تعداد تخت‌های بخش درمان حاد، تعداد تخت‌های بخش تحت نظر، تعداد پرستاران بخش تحت نظر، تعداد پرستاران بخش درمان حاد) در سیستم شناسایی شدند. با تغییر مجاز روی این منابع بر اساس جدول مربوطه، ۴۴ سناریو مختلف ایجاد و شبیه‌سازی شد. به‌منظور ارزیابی سناریوها و تعیین تعداد مطلوب منابع نیز، از دو روش رتبه‌بندی ابرکارای Super-SBM و Anderssen-Peterssen در تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شد که در هر دو روش سناریو ۳۹ به‌عنوان بهترین سناریو

انتخاب شد. در پایان نیز، آزمون‌های ناپارامتری کندال ـ تاو و اسپیرمن ـ رو برای تعیین همبستگی بین نتایج به‌دست آمده از روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها، به اجرا درآمد که نتایج حاصل نشان داد بین دو روش همبستگی وجود ندارد.

شایان ذکر است که تعیین مؤثرترین روش رتبه‌بندی به نظر تصمیم‌گیرنده بستگی دارد؛ زیرا هر نوع تغییر در ترکیب منابعی که در سیستم استفاده شده است (مانند تعداد تخت‌ها یا نیروی انسانی) هزینه‌هایی دربردارد. از این رو باید تصمیم‌گیرنده نهایی تعیین کند که استفاده از نتایج کدام رتبه‌بندی مؤثرتر است و در این رتبه‌بندی کدام گزینه از لحاظ سایر ملاحظات (همچون هزینه، محدودیت فضایی و...) قابل اجرا است. به‌طور مثال، با انتخاب و اجرای سناریو ۳۹ (رتبه ۱)، باید تعداد پزشکان عمومی دو برابر شود، ۲ تخت به تعداد تخت‌های بخش تحت نظر، ۲ تخت به تعداد تخت‌های بخش حاد و ۱ پرستار به پرستاران بخش حاد اضافه شود (و سایر موارد ثابت باشد). یا اگر سناریو ۴۲ (رتبه ۲) به‌کار گرفته شود، باید ۲ تخت به تعداد تخت‌های تزریقات، ۱ پرستار به پرستاران بخش حاد، ۱ پرستار به بخش تحت نظر و ۲ تخت به تخت‌های بخش تحت نظر و تخت‌های بخش حاد اضافه شود. بنابراین باید با توجه به هزینه تغییرات و نظر تصمیم‌گیرنده، مناسب‌ترین گزینه انتخاب شود.

رویکرد ارائه شده در این پژوهش می‌تواند برای تحلیل و بهینه‌سازی سایر بخش‌ها نیز استفاده شود و به مدیران ارشد کمک کند که تأثیر تغییرات در سیستم‌ها را بهتر درک کنند و بتوانند با استفاده از رویکردی مشابه برای بهبود وضعیت سیستم‌ها اقدام کنند.

در نظر گرفتن اختلال در سیستم و افزودن به مدل شبیه‌سازی، تغییرات مربوط به الگوی ورود بیماران در شرایط بحرانی، استفاده از داده‌های مربوط به بازه زمانی طولانی برای تعیین توابع توزیع در مدل شبیه‌سازی و در نظر گرفتن سایر روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها (همچون روش‌های ابرکارا با خروجی مطلوب و نامطلوب) برای رتبه‌بندی، از جمله پیشنهادهایی است که می‌توان برای تحقیقات آینده در نظر گرفت.

منابع

براتلو، علیرضا؛ رحمتی، فرهاد؛ فروزانفر، محمدمهدی؛هاشمی، بهروز؛ معتمدی، مریم؛ صفری، سعید (۱۳۹۴). ارزیابی شاخص‌های عملکرد بخش اورژانس. *مجله پزشکی اورژانس ایران*، ۲(۱)، ۳۳-۳۸.

References

Al-Refaie, A., Fouad, R. H., Li, M.-H., and Shurrab, M. (2014). Applying simulation and DEA to improve performance of emergency department in a Jordanian hospital. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 41, 59-72.

Amaral, T. M., and Costa, A. P. C. (2014). Improving decision-making and management of hospital resources: An application of the PROMETHEE II method in an Emergency Department. *Operations Research for Health Care,* 3(1), 1-6.

Andersen, P., and Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management science*, 39(10), 1261-1264.

Azadeh, A., Ahvazi, M. P., Haghighii, S. M., and Keramati, A. (2016). Simulation optimization of an emergency department by modeling human errors. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 67, 117-136.

Azadeh, A., Ghaderi, S. F., Miran, Y. P., Ebrahimipour, V., and Suzuki, K. (2007). An integrated framework for continuous assessment and improvement of manufacturing systems. *Applied Mathematics and Computation*, 186(2), 1216-1233.

Azadeh, A., Tohidi, H., Zarrin, M., Pashapour, S., and Moghaddam, M. (2016). An integrated algorithm for performance optimization of neurosurgical ICUs. *Expert Systems with Applications*, 43, 142-153.

Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.

Baratloo, A., Rahmati, F., Forouzanfar, M. M., Hashemi, B., Motamedi, M., & Safari, S. (2015). Evaluation of performance indexes of emergency department. Iranian Journal of Emergency Medicine, 2(1), 33-38. (*in Persian*)

Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.

Cochran, J. K., and Roche, K. T. (2009). A multi-class queuing network analysis methodology for improving hospital emergency department performance. *Computers & Operations Research*, 36(5), 1497-1512.

Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Tone, K. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-solver software and references*, Springer Science & Business Media.

Elalouf, A., and Wachtel, G. (2015). An alternative scheduling approach for improving patient-flow in emergency departments. *Operations Research for Health Care*, 7, 94-102.

Farzaneh Kholghabad, H., Alisoltani, N., Nazari-Shirkouhi, S., Azadeh, M., & Moosakhani, S. (2019). A Unique Mathematical Framework for Optimizing Patient Satisfaction in Emergency Departments. *Iranian Journal of Management Studies*, 12(2), 81-105.

Guide, M. U. S. (2000). *Data analysis and quality tools User's Guide 2*. Minitab Inc.

Gul, M., and Guneri, A. F. (2015). A comprehensive review of emergency department simulation applications for normal and disaster conditions. *Computers & Industrial Engineering*, 83, 327-344.

Kelton, W. D. (2007). *Simulation with ARENA*, McGraw-hill.

Konrad, R., DeSotto, K., Grocela, A., McAuley, P., Wang, J., Lyons, J., and Bruin, M. (2013). Modeling the impact of changing patient flow processes in an emergency department: Insights from a computer simulation study. *Operations Research for Health Care*, 2(4), 66-74.

Kuo, Y. H., Leung, J. M., Graham, C. A., Tsoi, K. K., & Meng, H. M. (2018). Using simulation to assess the impacts of the adoption of a fast-track system for hospital emergency services. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, *12*(3), JAMDSM0073-JAMDSM0073.

Liu, Z., Rexachs, D., Epelde, F., and Luque, E. (2017). A simulation and optimization based method for calibrating agent-based emergency department models under data scarcity. *Computers & Industrial Engineering*, 103, 300-309.

Mielczarek, B. e. (2014). Simulation modelling for contracting hospital emergency services at the regional level. *European Journal of Operational Research*, 235(1), 287-299.

Oh, C., Novotny, A. M., Carter, P. L., Ready, R. K., Campbell, D. D., and Leckie, M. C. (2016). Use of a simulation-based decision support tool to improve emergency department throughput. *Operations Research for Health Care,* 9, 29-39.

Pegden, C. D. (1984). Introduction to SIMAN. In *Proceedings of the 16th conference on winter simulation* (pp. 34-41). IEEE Press.

Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European journal of operational research*, *130*(3), 498-509.

Yazdi, M. R. T., Mozaffari, M. M., Nazari-Shirkouhi, S., & Asadzadeh, S. M. (2018). Integrated Fuzzy DEA-ANFIS to Measure the Success Effect of Human Resource Spirituality. *Cybernetics and Systems*, 49(3), 151-169.

Zeinali, F., Mahootchi, M., and Sepehri, M. M. (2015). Resource planning in the emergency departments: A simulation-based metamodeling approach. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 53, 123-138.

Zeng, Z., Ma, X., Hu, Y., Li, J., and Bryant, D. (2012). A simulation study to improve quality of care in the emergency department of a community hospital. *Journal of emergency Nursing*, 38(4), 322-328.