دوفصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم/دوره ششم، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۹، شماره پیاپی ۱۱
صفحات ۸۹- ۶۳
(DOI): 10.22091/JEMSC.2018.2964.1066

JEMSC.QOM
مدیریت مهندسی و رایانش نرم ۱۳۹۴

بهینه‌سازی زمان فرآیند ارائه خدمات در بخش اورژانس با استفاده از مدلسازی ریاضی و شبیه‌سازی[*]

مطالعه موردی: بیمارستان امام رضا (ع)

مهدی یوسفی نژاد عطاری[۱]
انسیه نیشابوری جامی[۲]
اکبر ستاری بهنام[۳]

چکیده

مدت زمان انتظار بیماران، میزان هزینه‌ها و رضایت شغلی کادر پرستاری از جمله معیارهای مهم ارائه خدمات در بیمارستان است. یکی از اصلی‌ترین دلایل بالا بودن مدت زمان انتظار بیماران در بیمارستان، نبود کادر متخصص کافی در داخل بیمارستان است. افزایش هزینه‌ها و پایین بودن رضایت شغلی کادر پرستاری بیمارستان‌ها متأثر از بهره‌گیری از روش‌های سنتی و غیرعلمی در تخصیص پرستاران به شیفت‌ها می‌باشد. بخش مراقبت‌های اورژانس از واحدهای ویژه بیمارستانی است که مطالعه و بررسی جریان بیمار در آن از حساسیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش وضعیت فعلی بخش اورژانس بیمارستان امام رضا (ع) تبریز با نرم‌افزار Arena 14 شبیه‌سازی شد تا از نظر هزینه و میزان صف ایجاد شده وضعیت فعلی مورد ارزیابی قرار گیرد. سپس در ادامه حالت فعلی این بخش با سه سناریو با تعداد پرستاران متفاوت، مقایسه می‌شود. برای بررسی هزینه‌ها و رضایت شغلی پرستاران در هر سناریو، یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح ارائه شده است. در این مدل، تخصیص مناسبی از پرستاران به شیفت‌ها و روزهای هفته برمبنای مینیمم نمودن هزینه‌ها و افزایش رضایت شغلی پرستاران صورت گرفته است. در بخش پایانی با تحلیل خروجی‌های هر دو مدل شبیه‌سازی و برنامه‌ریزی غیرخطی، مشخص شده است که تعداد پرستاران موجود برای این بخش کافی نبوده و باید ۶ پرستار به این بخش اضافه شوند.

واژه‌های کلیدی: *مسئله تخصیص چندهدفه، بهینه‌سازی زمان فرآیند ارائه خدمات، شبیه‌سازی، مدل‌سازی ریاضی، روش معیار جامع (GCM)*

---

[*] تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۲.

[۱] گرو مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بناب، بناب؛ ایران(یسنده مسئول) Mahdi_108108@yahoo.com
[۲] گرو مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بناب، بناب؛ ایران en_jami@yahoo.com
[۳] گرو مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بناب، بناب؛ ایران akbarsatari@hotmail.com

مقدمه

سیستم‌های سلامت یکی از مهم‌ترین صنایع خدماتی هر کشور به شمار می‌آیند (کوهران و بهتری، ۲۰۰۶). سهم هزینه‌های بهداشت و درمان از تولید ناخالص داخلی، در کشورهای درحال‌توسعه کمتر است و این موضوع نشان می‌دهد که میزان اهمیتی که سلامت نیروی انسانی در جامعه دارد با سطح توسعه‌یافتگی کشورها افزایش می‌یابد. سهم هزینه‌های بهداشت و درمان از تولید ناخالص داخلی، برای ۱۳ کشور در حال توسعه منتخب خاورمیانه و شمال آفریقا در سال ۲۰۱۴ مورد مقایسه قرار گرفته است (وایت، ۲۰۱۵). نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که به طور متوسط، ۵/۶۸ درصد از تولید ناخالص داخلی کشورهای مذکور به هزینه‌های بهداشت و درمان اختصاص یافته است.

طی سال‌های اخیر، هزینه‌های بهداشت و درمان در ایران به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه، روند صعودی داشته است. طبق گزارش بانک جهانی بهداشت هزینه سرانه بهداشت هر شهروند ایرانی در سال ۲۰۰۱ حدود ۴۲۲ دلار (۶/۳ درصد از تولید ناخالص داخلی) رسیده است (غفاری و همکاران، ۲۰۰۸). در گزارش این سازمان، مشخص شده است بخش عظیمی از هزینه‌ها توسط دولت پرداخت می‌شود. در سال ۲۰۱۴، دولت حدود ۴۱/۲۰ درصد از کل هزینه‌های صرف شده در بهداشت و درمان را پرداخته است. این رقم در سال ۲۰۰۰ در حدود ۳۷ درصد (۹/۶ درصد از کل هزینه‌های دولت) و در سال ۲۰۰۷ در حدود ۴۶/۸ درصد (۱۱/۵ درصد از کل هزینه‌های دولت) ثبت شده است. لذا با توجه به منابع محدود دولتی و افزایش روزافزون جمعیت، در آینده‌ای نزدیک، مدیران بهداشت و درمان با کمبود منابع مواجه خواهند بود؛ بنابراین بکارگیری ابزارهای مناسب جهت استفاده بهینه از منابع، لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از بخش‌های مهم بهداشت و درمان که بیش از ۳۶ درصد از هزینه‌های دولتی را به خود اختصاص داده است، بیمارستان‌ها هستند (تریبیو و همکاران، ۲۰۱۵). با این وجود، سیستم‌های بهداشت و سلامت از ازدحام و هزینه‌های بالا رنج می‌برد. بر اساس سخنان کارتر: "یکی از دلایل مهم ناکارایی در سیستم سلامت "افراد مقیم" هستند، افرادی که در

سیستم سلامت و بهداشت به کار مشغول هستند، از محیط کاری اطراف خود درک بالایی دارند اما از اتفاقاتی که در واحد همسایه رخ می‌دهد آگاهی کمی دارند (کوهران و بهتری، ۲۰۰۶). پزشکان و پرستاران واحد اورژانس یا اتاق عمل از مشکلات کارکنان بخش‌های عمومی بیمارستان یا واقعاً اطلاع ندارند یا تمایلی جهت حل این مشکلات از خود نشان نمی‌دهند. کارکنان بیمارستان برای منافع بلندمدت، ارزش کمی قائل هستند. گاهی اوقات تفکراتی از جمله "شغل بنده از شغل شما مهم‌تر است" یا "مشکلات من بیشتر از مشکلات شماست" نیز وجود دارد. این مسئله دقیقاً جایی است که متخصصان تحقیق در عملیات می‌توانند نقش مهمی ایفا کنند".

بخش اورژانس، قلب بیمارستان را تشکیل می‌دهد و نیروی انسانی متخصص منبع اصلی تولید و ارائه خدمت در این بخش، نمادی از وضعیت کلی ارائه خدمات بیمارستان است. یکی از مهم‌ترین شاخص‌هایی که در ارزیابی مراکز اورژانس به کار گرفته می‌شود، طول مدت زمانی است که بیماران برای دریافت خدمات تشخیصی و درمانی صرف می‌نمایند. همچنین نیروی انسانی متخصص منبع اصلی تولید و ارائه خدمت در این بخش است که در هیچ شرایطی این بخش نباید با کمبود نیروی انسانی مواجه باشد، لذا بهینه نمودن تعداد نیروها در این بخش در ارتقای بهره‌وری بیمارستان تأثیرگذار است.

تعداد زیاد و وضعیت حاد مراجعه‌کنندگان به بخش اورژانس بیمارستان، این بخش را به یکی از مهم‌ترین بخش‌های بیمارستان تبدیل کرده است و از آنجا که یکی از اصلی‌ترین الزامات این بخش برای ارائه خدمات مناسب و به موقع وجود تعداد کافی از کادر متخصص، خصوصاً تعداد پرستاران است، بهینه‌سازی تعداد کادر این بخش از اهمیت بیشتری برخوردار هست. بنا به تحقیقات صورت گرفته، برای بهینه کردن تعداد این کادر روش‌های متعددی از قبیل استفاده از آمار، اندازه‌گیری کار، مدل‌های صف و برنامه‌ریزی خطی موجود است.

بخش اورژانس بیمارستان امام رضا (ع) تبریز نیز به عنوان یکی از حساس‌ترین بخش‌های بزرگ‌ترین مرکز بهداشتی و درمانی استان آذربایجان شرقی از این مشکلات

مستثنا نیست و با توجه به انبوه مراجعات به این بخش، نیاز به بهینه کردن جریان کار در این بخش با استفاده از روش‌های مختلف آماری و برنامه‌ریزی ریاضی بیشتر احساس می‌شود.

در این مقاله با استفاده از مدل‌سازی ریاضی پرسنل مورد نیاز در اورژانس با توجه به محدودیت‌های اورژانس و همچنین کاهش زمان انتظار بیماران انجام شده است و با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی به افزایش بهره‌وری و کارایی این بخش مهم از بخش‌های سلامت اقدام شده است. نوآوری مقاله مدلسازی مسئله با دو تابع هدف برای حداقل کردن هزینه پرستاران و حداکثر نمودن رضایت شغلی پرستاران و استفاده همزمان از مدل‌سازی و شبیه‌سازی برای ارزیابی مدل نوشته شده و بررسی سناریوهای مختلف با حالت واقعی می‌باشد.

در ادامه این مقاله در بخش بعدی پیشینه پژوهش موضوع مقاله مورد بحث قرار گرفته است. در بخش سوم، ضمن بیان مسئله، فرمولاسیون ریاضی پیشنهادی ارائه شده است. در بخش چهارم یافته‌های پژوهش و در بخش آخر نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای محققین آینده ارائه شده است.

پیشینه پژوهش

برای تعیین تعداد بهینه پرسنل مورد نیاز بخش اورژانس از مدل‌سازی ریاضی و شبیه‌سازی استفاده شده است. در ادامه به پیشینه تحقیق موارد ذکر شده در حوزه سلامت پرداخته می‌شود. تاکاکووا و شیزوکی یک روش برای زمان بندی عملیات اورژانس پیشنهاد داده‌اند که زمان انتظار بیمار را حداقل می‌کند(تاکاکووا و شیزوکی، ۲۰۰۴). سینریچ و مارمور یک ابزار شبیه‌سازی برای دپارتمان اورژانس عمومی گسترش داده‌اند که قابل انعطاف، شهودی و برای استفاده بسیار ساده است و شامل مقادیری برای بیشتر پارامترهای سیستم است (سینریچ و مرمور، ۲۰۰۴).

یکی از خدمات قابل محاسبه که در دپارتمان اورژانس مورد استفاده قرار می‌گیرد، زمان انتظار بیمار است. گارسیا و همکاران تأثیر آهنگ سریع صف را بر روی کاهش زمان

انتظار بیماران با اولویت پایین در اورژانس تحلیل کرده‌اند (گارسیا و همکاران، ۱۹۹۵). بیماران اورژانس معمولاً با توجه به شدت بیمار اولویت‌بندی می‌شوند و از این رو بیماران با شدت کمتر معمولاً زمان بیشتری را نسبت به سایر بیماران برای دریافت خدمت منتظر می‌مانند. آن‌ها دریافتند که یک خط آهنگ سریع که برای سطح حداقلی از منابع استفاده می‌شود، می‌تواند باعث کاهش قابل توجهی در زمان انتظار بیمار شود. مطالعه مشابهی توسط ماهاپاترا و همکاران برای ارزیابی تأثیر راه‌های سریع فرآیند مراقبت برای بیماران غیرحیاتی در زمان انتظارشان در دپارتمان اورژانس ارائه شده است (ماهپاترا و همکاران، ۲۰۰۳). کریتسیک و بوسمیر در یک مدل شبیه‌سازی رویداد گسسته از دپارتمان اورژانس در دانشگاه بیمارستان لوئیزویل نشان دادند که توان عملیاتی بیمار می‌تواند با استفاده از آهنگ سریع صف و یک آزمایشگاه "آمار" برای پردازش حجم بالایی از تست‌ها، بهبود یابد (کریتسیک و بوسمیر،۱۹۹۳). کیرتلند و همکاران یازده متغیر را برای بهبود جریان بیمار در دپارتمان اورژانس بررسی کرده‌اند و ۳ متغیر را که می‌تواند به طور متوسط ۳۸ دقیقه از زمان انتظار بیمار را کاهش دهد مشخص نمودند (کیرتلند و همکاران، ۱۹۹۵)

معیار مهم دیگر برای کارآیی دپارتمان اورژانس، زمان کلی سپری شده بیمار در اورژانس (یعنی طول مدت اقامت) است. میلر و همکاران از شبیه‌سازی رویداد گسسته برای یک دپارتمان اورژانس از یک بیمارستان بزرگ در جنوب شرقی ایالات متحده را استفاده می‌کنند تا نشان دهند که تغییر قابل توجه فرآیند برای رسیدن به اهداف معین برای طول اقامت بیمار مورد نیاز است (میلر[1] و همکاران،۲۰۰۳). ساماها و همکاران تشریح می‌کنند که چگونه شبیه‌سازی رویداد گسسته توسط بیمارستان دانشگاه کوپر برای کاهش مدت اقامت‌ها در دپارتمان اورژانس آن‌ها استفاده شده است (ساماها و همکاران، ۲۰۰۳). مطالعه آن‌ها تعیین کرد که طول اقامت، مشکل مربوط به فرآیند بوده نه مربوط به منابع. برای مثال، مطالعه نشان داد که اضافه کردن فوت مربع یا تخت‌ها طول اقامت را کوتاه نخواهد کرد و این کار منجر به اجتناب از هزینه قابل توجهی شد. ریتوندو و فریدمن نشان می‌دهند که

---

[1] Miller

تغییر یک سیاست فرآیندی (مرتب‌سازی تست‌ها در سیستم ارزیابی خدمات پزشکی) به صورت کاهش زمان انتظار بیمار در اتاق اورژانس و افزایش عملکرد بیمار نتیجه می‌دهد (ریتوندو و فریدمن، ۱۹۹۳) ادواردز و همکاران نتایج مطالعات شبیه‌سازی را به صورت دو کلینیک پزشکی که از سیستم‌های صف مختلف استفاده می کنند نتیجه می‌دهد: پردازش متوالی، جایی که بیماران در یک صف یگانه منتظر می‌مانند، و فرآیند شبه‌موازی، جایی که بیماران به کوتاه‌ترین صف هدایت می‌شوند تا جریان را حفظ کنند. آن‌ها نشان می‌دهند که زمان انتظار بیمار می‌تواند تا ۳۰٪ با استفاده از فرآیند نیمه‌موازی کاهش یابد (ادواردز و همکاران، ۱۹۹۴).

چانگ و شرمن در مطالعه‌ای به یک مدل‌سازی ریاضی دو مرحله‌ای برای یک سیستم زمان‌بندی پرستاران با توجه به نیازمندی‌های مدیریت بیمارستان و مقررات دولتی و ترجیحات شیفتی پرستاران پرداختند. در مرحله اول برنامه زمانبندی کار و تعطیلات پرستاران مشخص می‌شود و توسط یک الگوریتم ژنتیک بهینه‌سازی می‌شود. در مرحله دوم لوحه مربوط به پرستاران تدوین گشته و از الگوریتم ژنتیک برای به دست آورن تعداد بهینه پرستاران استفاده می گردد. آن‌ها در مطالعه موردی به این نتیجه رسیدند که الگوریتم ژنتیک می‌تواند ابزاری کارآمد برای حل مسائل زمان‌بندی پرستاران باشد (چانگ و شرمن، ۲۰۰۹).

هاف هدف از برنامه‌ریزی محدودیت برای حل مسائل زمان‌بندی پرستاران استفاده کرد و مشاهده شد که تکنیک‌های دیگری هم قادر به حل مسائل زمانبندی پرستاران هستند (هاف، ۲۰۱۱). آدولی و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی خطی صفر و یک جهت زمانبندی پرستاران ارائه داده‌اند که هدف آن مینیمم کردن هزینه‌ها و افزایش اولویت پرستاران در شیفت‌های مدنظرشان است که این مدل ۳۶٪ هزینه‌های اضافه کاری را کاهش داد (آدولی، ۲۰۱۸). مقالات عنوان شده فقط در یک زمینه مدل‌سازی یا شبیه‌سازی کار کرده‌اند. اما مقاله پیش رو علاوه بر دو هدفه بودن، برای انتخاب بهترین ترکیب پرستاران و تخصیص آن‌ها به شیفت‌ها از مدل‌سازی و شبیه‌سازی توأم بهره برده است.

روش‌شناسی پژوهش

در این مقاله مدلی ریاضی را برای برطرف کردن برخی از مشکلات مطرح شده از قبیل هزینه بکارگیری پرستاران و رضایت شغلی پرستاران از تخصیص‌های انجام شده ارائه نموده‌ایم. برای این کار با مراجعه به قوانین بهره‌وری پرستاری توانستیم مدلی جامع و کلی برای بخش اورژانس بدست آوریم. برخی از قوانین بهره‌وری پرستاری به شرح زیرهستند:

- هر پرستار در هفته موظف است که L ساعت ارائه خدمت نماید.
- حداکثر میزان حضور برای هر پرستار حدود U ساعت در هفته است.
- نحوه تقسیم‌بندی و تعداد شیفت‌ها می‌تواند توسط بیمارستان تعیین شود که در بیمارستان مورد مطالعه هر روز شامل سه شیفت به شرح زیر است:
  - ✓ شیفت صبح از ساعت ۷:۳۰ الی ۱۴ (۸ ساعت کاری)
  - ✓ شیفت عصر از ساعت ۱۳:۱۵ الی ۲۰ (۸ ساعت کاری)
  - ✓ شیفت شب از ساعت ۱۹:۱۵ الی ۸ (۱۶ ساعت کاری)
- تعداد کادر پرستاری (N) به میزان مراجعه‌کنندگان هر بیمارستان مربوط است.
- هر پرستار روزانه حداکثر می‌تواند ۱۶ ساعت کاری، کار کند.
- هر پرستار بعد از هر شیفت شب، یک روز را باید استراحت کنند.
- هزینه هر ساعت کار در زمان معمولی Cst ریال و هزینه هر ساعت اضافه کاری C’st ریال است.
- به دلیل سختی کار، پرستاران شیفت‌های شش ساعته در محاسبه حقوق برابر با هشت ساعت در نظر گرفته می‌شوند اما در زمان‌بندی شیفت‌ها همان شش ساعت منظور می‌گردد.

یکی از مسائل مهم در مدل‌سازی هزینه، تخصیص است که در مسئله ما شامل هزینه ثابت هفتگی برای هر پرستار به‌اضافه هزینه اضافه‌کاری‌های همان فرد هست که باید به نحوی این تخصیص انجام شود که مجموع این هزینه‌ها حداقل گردد. هدف بعدی، رضایت

پرستاران از تخصیص انجام شده است که بهره‌وری و کیفیت فرآیند درمان را حداکثر نماید. برای مدل‌سازی مسئله تشریح شده، از نمادهای زیر استفاده شده است:

الف- اندیس‌ها:

N	مجموعه کل پرستارها
S	مجموعه شیفت‌ها
T	تعداد کل روزهای مورد مطالعه
i	اندیس پرستار
s	اندیس شیفت (۱و ۲و ۳)
t	افق زمانی (۱ الی ۷)
j	بخش‌های اورژانس (۱ الی ۵)

ب- پارامترها:

D'_j	تعداد پرستاران مورد نیاز در بخش j
c_{st}	هزینه ثابت بکارگیری یک پرستار در شیفت s در روز t ام
c'_{st}	هزینه اضافه‌کاری یک پرستار در شیفت s در روز t ام
U	ماکزیمم ساعات حضور پرستار در یک هفته
L	حداقل ساعات حضور پرستار در یک هفته

ج- متغیرهای تصمیم:

y_{ist}	میزان رضایت پرستار i ام از تخصیص به شیفت s ام در روز t ام (بین ۰ و ۱)
X_{ijst}	اگر پرستار i ام به بخش j ام در شیفت s روز t ام تخصیص یابد ۱ و در غیر این صورت ۰

رابطه ۱)

$$Min\ z_1 = \left(\sum_i \sum_j \sum_t \sum_s 44 * N * c_{st}\right) + \ (K * c'_{st})$$

رابطه ۲)
$$Max\ z_2 = \sum_{i}\sum_{j}\sum_{t}\sum_{s} y_{ist} X_{ijst}$$

رابطه ۳)
$$\sum_{j} X_{ijst} = 1 \qquad \forall i, s, t$$

رابطه ۴)
$$\sum_{i} X_{ijst} = D_j^{'} \qquad \forall j, s, t$$

رابطه ۵)
$$X_{ij3t} * \sum_{s=1}^{3} X_{ijs\,(t+1)} = 0 \qquad \forall j, i, t$$

رابطه ۶)
$$L \leq \sum_{j}\sum_{t=1}^{7} (8\,X_{ij1t} + 8X_{ij2t} + 8X_{ij3t}) \leq U \ \ \forall i$$

رابطه ۷)
$$\sum_{j} (X_{ij1t} + 8X_{ij2t} + 8X_{ij3t}) \leq 16 \ \ \forall i, t$$

رابطه ۸)
$$\sum_{i}\sum_{j}\sum_{t=1}^{7} (8\,X_{ij1t} + 8X_{ij2t} + 8X_{ij3t}) - N * L = K$$

تابع هدف اول تلاش می‌کند هزینه ثابت هفتگی و هزینه مربوط به اضافه‌کاری هر پرستار را حداقل کند. در رابطه (۲) تابع هدف دوم برنامه زمانی مطلوب هر پرستار و تخصیص مناسب آنان، رضایت کادر پرستاری و کیفیت ارائه خدمات را افزایش داده و فرآیند انجام خدمات را کاهش دهد. رابطه (۳) تضمین می‌کند که هر پرستار در هر شیفت در بیش از یک قسمت از اورژانس ارائه خدمت نکند. محدودیت (۴) تضمین می‌کند تعداد پرستاران به کار گرفته شده در هر شیفت و در هر روز و به هر بخش باید برابر با تعداد مورد نیاز پرستاران باشد. محدودیت (۵) بیان می‌کند که هر پرستار بعد از هر شیفت شب، یک روز را باید استراحت کنند. محدودیت (۶) کنترل می‌کند تا هر پرستار حداقل و حداکثر زمان لازم برای ارائه خدمت در هر هفته را رعایت کند. محدودیت (۷) مشخص می‌کند که هر پرستار در هر روز نهایتاً می‌تواند ۱۶ ساعت کاری ارائه خدمت کند و نهایتاً محدودیت (۸) مقدار ضریب k را برای قرار دادن در تابع هدف هزینه حاصل می‌کند.

برای شبیه‌سازی و حل مدل ریاضی ارائه شده برای بخش اورژانس به اطلاعاتی از سیستم صف این بخش شامل نرخ ورود (λ)، نرخ خدمت (μ)، تعداد پرستار و تعداد قسمت‌های موجود در بخش اورژانس نیاز داشتیم که با هماهنگی دانشگاه و ارائه

درخواست مطالعه موردی به بیمارستان امام رضا (ع) تبریز، نسبت به دریافت این اطلاعات اقدام شد و با همکاری مسئول بخش اورژانس و مسئول بخش انفورماتیک بیمارستان و همچنین خبرگان کادر پرستاری اورژانس، این اطلاعات به دست آمد.

برای این منظور ابتدا با استفاده از داده‌های ورود و خروج بیماران به بخش اورژانس طی سال ۱۳۹۳ که به صورت فایل اکسل از بخش انفورماتیک بیمارستان به دست آمده بود، نسبت به پیدا کردن نرخ ورود و تابع توزیع آن اقدام شد و سپس برای به دست آوردن نرخ خدمت، ابتدا با همکاری برخی از پرستاران با تجربه این بخش فهرستی از اقدامات موردنیاز برای بیماران را به دست آورده و در اختیار پرستاران قرار داده شد تا مدت زمان لازم برای هر اقدام و درصد افرادی که بدان اقدام نیاز پیدا می‌کنند را مشخص کنند که با میانگین‌گیری از داده‌های جمع‌آوری‌شده، اطلاعات زیر بدست آمد:

بخش اورژانس بیمارستان امام رضا (ع) تبریز دارای ۵ بخش کلینیکی است:

- تریاژ
- بخش CPR
- بخش داخلی
- بخش تروما
- بخش سرپائی

بیماران بعد از ورود به بخش اورژانس توسط پرستار تریاژ معاینه می‌شوند و بر اساس نوع بیماری و شدت آن و بر اساس سیستم ESI تریاژ می‌شوند و به بخش موردنیاز منتقل می‌شوند.

در ساختار تریاژ ESI با عنوان یکی از روش‌های تریاژ ۵ سطحی، تقسیم‌بندی بیماران بر اساس دو معیار شدت بیماری و تسهیلات مورد نیاز بیمار انجام می‌گیرد که اولی با وجود یا عدم وجود عوامل تهدید کننده حیات و عضو، وجود علائم خطیر و همچنین علائم حیاتی تعیین می‌شود و دومی بر اساس تجربه پرستار و مقایسه بیمار موجود با موارد مشابه قبلی تعیین می‌گردد.

بیمارانی با سطح ESI1 و ESI2 و برخی از بیماران با سطح ESI3 باید برای درمان به قسمت CPR منتقل شوند. این بیماران شامل بیمارانی هستند که حالشان وخیم ارزیابی شده باشد. بیشتر این بیماران دارای مشکلاتی از قبیل حمله آسم، کاهش هوشیاری، تروماهای شدید و خونریزی هستند. زمان ارائه خدمت به هر گروه از بیماران با سطح ESIهای مختلف و درصد تقریبی بیماران مراجعه کننده، بعد از بررسی پرسشنامه‌ها، پرسش از خبرگان کادر پرستاری، انجام مشاهدات و زمان‌سنجی در جدول شماره (۱) آورده شده است:

جدول ۱. زمان ارائه خدمت در قسمت تریاژ

سطح ESI	زمان ارائه خدمت (μ_i)	درصد بیماران در این سطح A	ارجاع به :
ESI	کمتر از ۱۵ ثانیه	٪۲۰	**CPR1**
ESI 2	کمتر از ۳۰ ثانیه	٪۱۰	**CPR** یا داخلی یا تروما
ESI 3	**4** دقیقه	٪۵۰	**CPR** یا داخلی یا تروما
ESI 4	۷ دقیقه	٪۱۰	معاینات سرپایی
ESI 5	۸ دقیقه	٪۱۰	معاینات سرپایی

درنهایت نرخ خدمت μ_{te} توسط رابطه (۹) محاسبه می‌گردد:

رابطه۹)
$$\mu_{te} = \sum_{i} (\mu_i * \alpha) = ۶/۳$$

بیمارانی با سطح ESI 1 و ESI 2 و برخی از بیماران با سطح ESI 3 باید برای درمان به قسمت CPR منتقل شوند. این بیماران شامل بیمارانی هستند که از حالشان وخیم ارزیابی شده باشند. بیشتر این بیماران دارای مشکلاتی از قبیل حمله آسم، کاهش هوشیاری، تروماهای شدید و خونریزی هستند. زمان ارائه خدمت در این قسمت توسط همکاری پرستاران ارشد، لیست خدمات ضروری به دست آمد و در اختیار پرستاران قرار گرفت. در جدول (۲) لیست خدمات و درصد بیمارانی که به آن خدمت نیاز دارند، پس از پرسش از خبرگان کادر پرستاری و بررسی پرسشنامه‌ها، آورده شده است.

1

جدول ۲. زمان ارائه خدمت در قسمت سی پی یو

نام خدمت	مدت زمان ارائه خدمت μ_i (برحسب دقیقه)	درصد بیمارانی که به این خدمت نیاز دارند α
Iv لاین	۱	٪۱۰۰
سرم تراپی	۱	٪۱۰۰
ECG	۲	۹۹٪
O_2 تراپی	۱	٪۹۹
گزارش‌نویسی	۷	٪۱۰۰
انیتوباسیون	۱۲	٪۴۰
احیاء قلبی	۳۵	٪۳۵
نبولایزر	۳	٪۱۵
تزریقات دارویی	۳	٪۱۵
چک BS	۱	٪۱۰۰
مانیتورینگ	۱	٪۱۰۰
پالس اکسی متری	۱	٪۱۰۰
اخذ آزمایش‌ها	۱	٪۱۰۰

درنهایت نرخ خدمت μ_c توسط رابطه (۱۰) محاسبه می گردد:

رابطه ۱۰)

$$\mu_c = \sum_i (\mu_i * \alpha) = ۹۲/۳۳$$

زمان ارائه خدمت در قسمت تروما مطابق با جدول (۳) است:

جدول ۳. زمان ارائه خدمت در قسمت تروما

نام خدمت	مدت زمان ارائه خدمت μ_i (برحسب دقیقه)	درصد بیمارانی که به این خدمت نیاز دارند
Iv لاین	۱	٪۸۵
سرم تراپی	۱	٪۸۵
ECG	۳	٪۱۰
مانیتورینگ	۱	٪۳
گزارش‌نویسی	۵	٪۱۰۰
اخذ آزمایش‌ها	۱	٪۵۰
گلوکومتری	۲	٪۱۰

درنهایت نرخ خدمت μ_i توسط رابطه (۱۱) محاسبه می‌گردد:

$$\mu_t = \sum_{i} (\mu_i * \alpha) = \text{۷۳/۷} \qquad \text{رابطه ۱۱)}$$

زمان ارائه خدمت در قسمت داخلی مطابق با جدول (۴) است:

جدول ٤. زمان ارائه خدمت در قسمت داخلی

نام خدمت	مدت زمان ارائه خدمت μ_i (برحسب دقیقه)	درصد بیمارانی که به این خدمت نیاز دارند
Iv لاین	۲	٪۱۰۰
ECG	۲	٪۹۰
سرم تراپی	۱	٪۱۰۰
داروهای تزریقی	۱	۵۰
گزارش‌نویسی	۵	٪۱۰۰
اخذ آزمایش‌ها	۲	٪۹۹
چک BS	۱	٪۹۹
مانیتورینگ	۱	٪۱۰
O_2 تراپی	۱	٪۵۰

همچنین نرخ خدمت μ_d توسط رابطه (۱۲) محاسبه می‌گردد:

$$\mu_d = \sum_{i} (\mu_i * \alpha) = \text{۸۷/۱۳} \qquad \text{رابطه ۱۲)}$$

زمان ارائه خدمت در قسمت معاینات سرپایی مطابق با جدول (۵) است:

جدول ۵. زمان ارائه خدمت در قسمت معاینات سرپایی

نام خدمت	مدت زمان ارائه خدمت μ_i (برحسب دقیقه)	درصد بیمارانی که به این خدمت نیاز دارند
Iv لاین	۲	٪۱۰۰
داروهای تزریقی	۱	٪۵۰
سرم تراپی	۱	٪۱۰۰
اخذ آزمایش‌ها	۲	٪۹۹
ویزیت بیمار	۱	٪۱۰۰
متفرقه	۳	٪۱۰۰

درنهایت نرخ خدمت μ_s توسط رابطه (۱۳) محاسبه می‌گردد:

$$\mu_s = \sum_i (\mu_i * \alpha) = ۴۸/۹$$ رابطه۱۳)

نرخ ورود بیماران بطور متوسط ۲۳۶ نفر است.

یافته‌های پژوهش

با استفاده از مدل شبیه‌سازی می‌توان تحلیل مناسبی از وضعیت سیستم بدست آورد و با اعمال تغیراتی درصدد بهبود وضع موجود برآمد. برای این منظور لازم است حالت واقعی سیستم اورژانس مورد مطالعه را با حالت‌های مختلف و سناریوهای مختلف مقایسه کرد و بهترین حالت را با در نظر گرفتن کمترین زمان انتظار و کمترین هزینه و بیشترین رضایت شغلی بدست آورد. برای طراحی سناریوهای مختلف ابتدا باید محل‌هایی که امکان بهینه کردن را دارند پیدا نمود. برای این کار هم از نظر کادر پرستاران خبره استفاده شده و هم از اطلاعات بدست آمده از مدل شبیه‌سازی حالت واقعی. در ادامه به بررسی سناریوهای مختلف می‌پردازیم.

سناریو ۱ (حالت واقعی)

در حال فعلی بخش اورژانس با ۱۱ پرستار در هر شیفت و مجموعاً ۶۴ پرستار در حال ارائه خدمت است که داده‌ها وارد نرم‌افزار Arena شده است و خروجی نرم‌افزار برای شبیه‌سازی محیط اورژانس به مدت یک هفته، به صورت زیر است (به خاطر قوانین بیمارستان و سیستم تریاژ مبنی عدم امکان در تغییر تعداد پرستار تریاژ، این قسمت، از محاسبات بخش شبیه‌سازی کنار گذاشته شده است. محاسبات سناریو اول در جدول (۶) نشان داده شده است:

جدول ٦. خروجی Arena در سناریو ۱

	داخلی	تروما	سرپایی	CPR	مجموع
تعداد پرستار	٤	۲	۱	۳	۱۰
متوسط زمان انتظار	۱۵/۲۳	۱٤/۷۹	۱٤/۷۳	۱٤/۸۲	۵۹/۵۷

	داخلی	تروما	سرپایی	CPR	مجموع
متوسط طول صف	۵۵/۲۹	۵٤/۰۵	۳۰	۳۲/٤۲	۱۷۳/۷٦
طول صف واقعی	۵۰ الی ٦۰ نفر	۵۰ الی ٦۰ نفر	۳۰ الی ٤۰ نفر	۲۰ الی ۳۰ نفر	–

سناریو ۲

با صحبت‌هایی که با کادر پرستاری انجام شد، اکثراً بر این ادعا بودند که همواره در قسمت‌های تروما، داخلی و CPR با کمبود نیرو مواجه هستند برای همین در سناریوی دوم با بر این شدیم تا زمان انتظار را در حالتی بررسی کنیم که تعداد پرستار به قرار جدول (۷) می‌باشد:

جدول ۷. خروجی Arena در سناریو ۲

	داخلی	تروما	سرپایی	CPR	مجموع
تعداد پرستار	٦	٤	۱	۵	۱٦
متوسط زمان انتظار	۰/٤	۰/۳۵	۰/۳٦	۰/۳۸	۱/٤۹
متوسط طول صف	۱/۳۷	۱/۲۳	۱/۵۹	۱/۷۵	۳/۹٤

سناریو ۳

سناریو سوم را در حالتی بررسی می‌کنیم کم‌ترین پرستار در هر قسمت مشغول به ارائه خدمات هستند. به خاطر تقسیم وظایف در برخی قسمت‌های اورژانس نمی‌توان از یک پرستار در حالت کمترین پرستار استفاده کرد و تعداد پرستاران و مشخصات صف ایجاد شده به قرار جدول (۸) است:

جدول ۸. خروجی Arena در سناریو ۳

	داخلی	تروما	سرپایی	CPR	مجموع
تعداد پرستار	۱	۲	۱	۲	٦
متوسط زمان انتظار	٤۲/٤۷	٤٤/٦۰	٤۵/٦	٤٤/٦	۱۷۷/۲۷
متوسط طول صف	۱۳۳/٤۳	۱٤۸/۷۹	۹۰/۰٦	۹۸/۵۵	٤۷۰/۸۳

برای تحلیل مدل ریاضی تنها کافی است داده‌های واقعی را وارد نرم‌افزار کرده و آن را اجرا کنیم که در این حالت فقط وضعیت موجود را بهینه کرده و بهترین تخصیص را برای وضعیت موجود پیدا کرده‌ایم در حالی که یکی از مهم‌ترین اهداف ما تغییر در تعداد پرستاران است و برای این منظور لازم است مدل ریاضی را تحت سناریوهای مختلفی که در بخش قبل معرفی نمودیم، اجرا کنیم تا هزینه و رضایت شغلی را در حالت واقعی و حالت‌های پیشنهاد شده مقایسه کرده و بهترین سناریو را انتخاب نماییم. در ادامه خروجی‌های نرم‌افزار گمز تحت سناریوهای مختلف آورده شده است.

در حالت واقعی بیمارستان از ۱۱ پرستار در هر شیفت استفاده می‌کند که اگر هر کدام علاوه بر ساعات مقرری خودشان بخواهند به طور متوسط ۱۰ ساعت در هفته اضافه کاری انجام دهند (در حال حاظر تمامی پرستاران از اضافه کاری در این میزان استفاده می‌کنند)، در یک هفته نمی‌توان برای بیش ۴۵ پرستار کار تعریف نمود. این در حالی است که در حال حاظر بخش اورژانس ۶۴ پرستار دارد و تمام پرستاران نیز علاوه بر ۴۴ ساعت وقت قانونی، به طور متوسط ۱۰ ساعت نیز اضافه کاری انجام می‌دهند. برای یافتن علت این تناقض برنامه زمانبندی فعلی پرستاران را بررسی کردیم و متوجه شدیم که برخی از پرستاران اورژانس بعضاً به بخش‌های دیگر بیمارستان ارجاع داده می‌شوند که شاید از نظر قانونی زیاد صحیح نباشد. در هر حال ما برای حل مدل ناچار شدیم از حالت صحیح پرستاران (۴۵ پرستار) به جای حالت واقعی استفاده کنیم.

نحوه محاسبه ۴۵ پرستار به این قرار است که با وجود ۱۱ پرستار در هر شیفت و با وجود ۳۲ ساعت کار در هر روز (با احتساب سختی کار که هر روز را به جای ۲۴ ساعت ۳۲ ساعت حساب کرده‌اند) جمعاً ۳۵۲ ساعت کار در هر روز در دسترس است که معادل ۲۴۶۴=۷×۳۵۲ ساعت کار در هفته است که اگر قرار باشد هر پرستار مانند الان هفته‌ای ۵۴ ساعت کار همراه با اضافه کاری انجام دهند امکان ارائه خدمت بیش از ۲۴۶۴/۵۴ = ۶۳/۴۵ پرستار وجود ندارد که با روند کردن این عدد به ۴۵ پرستار رسیده‌ایم. در ادامه

خروجی‌های مدل ریاضی آورده شده است. خروجی توابع هدف به صورت تک به تک و ادغام شده توسط روش معیار جامع[1] به صورت جدول (۹) است:

جدول ۹. خروجی گمز در سناریو ۱

	تابع هدف هزینه	تابع هدف رضایت شغلی	تابع هدف روش معیار جامع
مقدار	٢٢٦٠٧٢٠٠	١٩٧	٢/٠٠٥٠٨

حال با بدست آوردن نقطه تعادل بین دو تابع هدف توسط روش معیار جامع مقدار هر کدام از توابع هدف را در نقطه‌ای که روش معیار جامع مشخص کرده است توسط برنامه گمز بدست می‌آوریم. جدول (۱۰) این مقادیر را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰. مقدار توابع هدف در نقطه مشخص شده توسط روش معیار جامع تحت سناریو اول

	تابع هدف هزینه	تابع هدف رضایت شغلی
مقدار	٢٢٦٠٧٢٠٠	١٦٩/٩

در سناریو ۲ با تغییراتی که ایجاد نمودیم، تعداد پرستاران را به عدد ۱۷ رساندیم که در این حالت به تمام ۶۴ پرستار موجود در بخش اورژانس نیاز خواهیم داشت و مدل را برای همین تعداد اجرا نمودیم و نتایج در جدول (۱۱) آورده شده‌اند.

جدول ۱۱. خروجی گمز در سناریو دوم

	تابع هدف هزینه	تابع هدف رضایت شغلی	تابع هدف روش معیار جامع
مقدار	٣٣٩١٣٦٠٠	٢٩١/٤	٢/٧٧٧٩٦٨

حال با بدست آوردن نقطه تعادل بین دو تابع هدف توسط روش معیار جامع مقدار هر کدام از توابع هدف را در نقطه‌ای که GCM مشخص کرده است توسط برنامه گمز بدست می‌آوریم. جدول (۱۲) این مقادیر را نشان می‌دهد.

---

[1] GCM: Global criteria method

جدول ۱۲. مقدار توابع هدف در نقطه مشخص شده توسط روش معیار جامع تحت سناریو دوم

	تابع هدف هزینه	تابع هدف رضایت شغلی
مقدار	۳۳۹۱۳٦۰۰	۲۹۸/۳

در سناریو سوم از کمترین میزان پرستار استفاده شده است، تنها ۷ پرستار در هر شیفت مشغول ارائه خدمات هستند، بنابراین اگر بخواهیم هر پرستار به طور متوسط ۱۰ ساعت در هفته اضافه کاری داشته باشد، فقط ۲۹ پرستار نیاز خواهیم داشت. در جدول (۱۳) خروجی مدل آورده شده است:

جدول ۱۳. خروجی گمز در سناریو سوم

	تابع هدف هزینه	تابع هدف رضایت شغلی	تابع هدف روش معیار جامع
مقدار	۲۱٤۹۳٦۰۰	۱۲٤/۵	۱/٦۵۲۲۹۹

حال با بدست آوردن نقطه تعادل بین دو تابع هدف توسط روش معیار جامع مقدار هر کدام از توابع هدف را در نقطه‌ای که روش معیار جامع مشخص کرده است توسط برنامه گمز بدست می آوریم. جدول (۱۴) این مقادیر را نشان می‌دهد.

جدول ١٤. مقدار توابع هدف در نقطه مشخص شده توسط روش معیار جامع تحت سناریو سوم

	تابع هدف هزینه	تابع هدف رضایت شغلی
مقدار	۲۱٤۹۳٦۰۰	۱۲٦/۵

خلاصه اطلاعات بدست آمده از سناریوهای مختلف در جدول (۱۵) آمده است:

جدول ۱۵. خلاصه اطلاعات بدست آمده از روش‌ها

	تعداد پرستار	متوسط زمان انتظار	مقدار تابع هزینه در نقطه بدست آمده از روش معیار جامع	مقدار تابع رضایت در نقطه بدست آمده از روش معیار جامع
سناریو ۱	۱۱	۷۸/۳۲	۲۲٦۰۷۲۰۰	۱۹٦/۹

	تعداد پرستار	متوسط زمان انتظار	مقدار تابع هزینه در نقطه بدست آمده از روش معیار جامع	مقدار تابع رضایت در نقطه بدست آمده از روش معیار جامع
سناریو ۲	۱۷	۱/٤۹	۳۳۹۱۳٦۰۰	۲۹۸/۳
سناریو ۳	۷	۱۷۷/۲۷	۲۱٤۹۳٦۰۰	۱۲٦/۵

همان طور که در جدول (۱۵) مشخص است، هر کدام از سناریوها در یکی از مشخصه‌ها بر دیگری برتری دارند. بنابراین برای انتخاب بهترین سناریو لازم است ابتدا وزن هر مشخصه یا ویژگی را نسبت به مشخصه دیگر مشخص کنیم و سپس طبق تکنیک تحلیل سلسله مراتبی[1] به انتخاب بهترین سناریو بپردازیم. حال از پایین‌ترین سطح به پالایش سلسله‌مراتب می‌پردازیم. در گام اول ماتریس مقایسه زوجی برای هر معیار به طور جدا تشکیل داده می‌شود و طبق تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی گزینه‌ها دو به دو با یگدیگر مقایسه می‌شوند. جداول (۱۶) الی (۱۸) ماتریس مقایسات زوجی نسبت به هر مشخصه را نشان می‌دهند.

---

[1] AHP : Analytic hierarchy process

جدول ١٦. مقایسات زوجی نسبت به زمان انتظار

زمان انتظار	سناریو ١	سناریو ٢	سناریو ٣
سناریو ١	١	٠/٠١٩٠٢٥	٢/٢٦٣٤٠٧
سناریو ٢	٥٢/٥٦٣٧٦	١	١١٨/٩٧٣٢
سناریو ٣	٠/٤٤١٨١٢	٠/٠٠٨٤٠٥	١
جمع	٥٤/٠٠٥٥٥٧	١/٠٢٧٤٣	١٢٢/٢٣٦٦

جدول ١٧. مقایسات زوجی نسبت به زمان انتظار

هزینه	سناریو ١	سناریو ٢	سناریو ٣
سناریو ١	١	١/٥٠٠١٢٤	٠/٩٥٠٧٤١
سناریو ٢	٠/٦٦٦٦١٢	١	٠/٦٣٣٧٧٥
سناریو ٣	١/٠٥١٨١١	١/٥٧٧٨٤٦	١
جمع	٢/٧١٨٤٢٢	٤/٠٧٧٩٧	٢/٥٨٤٥١٧

جدول ١٨. مقایسات زوجی نسبت به زمان انتظار

رضایت	سناریو ١	سناریو ٢	سناریو ٣
سناریو ١	١	٠/٦٦٠٠٧٤	١/٥٥٦٥٢٢
سناریو ٢	١/٥١٤٩٨٢	١	٢/٣٥٨١٠٣
سناریو ٣	٠/٦٤٢٤٥٨	٠/٤٢٤٠٧	١
جمع	٣/١٥٧٤٤	٢/٠٨٤١٤٣	٤/٩١٤٦٢٥

در گام بعدی

- ابتدا حاصل جمع هر ستون را به دست می‌آوریم.
- سپس هر عنصر در ماتریس زوجی را به جمع ستون خودش تقسیم می‌گردد تا ماتریس زوجی نرمالیزه شود.
- مقدار میانگین هر سطر در ماتریس نرمالیزه محاسبه می‌شود.

در ادامه جداول (۱۹) الی (۲۱) این محاسبات را نشان می‌دهند:

جدول ۱۹. وزن نسبی، نسبت به زمان انتظار

وزن نسبی	ماتریس نرمالایزه شده		
٠/٠١٨٥١٧	٠/٠١٨٥١٧	٠/٠١٨٥١٧	٠/٠١٨٥١٧
٠/٩٧٣٣٠٣	٠/.٩٧٣٣٠٣	٠/٩٧٣٣٠٣	٠/٩٧٣٣٠٣
٠/٠٠٨١٨١	٠/٠٠٨١٨١	٠/٠٠٨١٨١	٠/٠٠٨١٨١

جدول ۲۰. وزن نسبی، نسبت به هزینه

وزن نسبی	ماتریس نرمالایز شده		
٠/٣٦٧٨٦	٠/٣٦٧٨٦	٠/٣٦٧٨٦	٠/٣٦٧٨٦
٠/٢٤٥٢٢	٠/٢٤٥٢٢	٠/٢٤٥٢٢	٠/٢٤٥٢٢
٠/٦١٣٠٨	٠/٣٨٦٩٢	٠/٣٨٦٩٢	٠/٣٨٦٩٢

جدول ۲۱. وزن نسبی، نسبت به رضایت

وزن نسبی	ماتریس نرمالایز شده		
٠/٣١٦٧١٢	٠/٣١٦٧١٢	٠/٣١٦٧١٢	٠/٣١٦٧١٢
٠/٤٧٩٨١٣	٠/٤٧٩٨١٣	٠/٤٧٩٨١٣	٠/٤٧٩٨١٣
٠/٧٩٦٥٢٦	٠/٢٠٣٤٧٤	٠/٢٠٣٤٧٤	٠/٢٠٣٤٧٤

حال سطح بالاتر را پیمایش می‌کنیم. در این سطح باید معیارها به صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه شوند. همان طور که در فصل اول اشاره شد مهمترین شاخصه ارزیابی یک سیستم در وهله اول، مدت زمان لازم برای دریافت خدمت توسط بیمار یا همان متوسط زمان انتظار است و برای این کار مشخصه رضایت شغلی نیز باید بیشتر شود و هزینه تخصیص پرستاران آخرین فاکتوری است که باید در نظر گرفته شود. بنابراین اهمیت مشخصه متوسط زمان انتظار ۳، اهمیت مشخصه رضایت شغلی ۲، و اهمیت مشخصه هزینه تخصیص ۱ در نظر گرفته می‌شود. با در نظر گرفتن این توضیحات جدول مقایسات زوجی مشخصه به مشخصه به صورت جدول (۲۲) خواهد بود:

جدول ٢٢. مقایسات زوجی مشخصه به مشخصه

رضایت	هزینه	مدت زمان انتظار	
٢	٣	١	مدت زمان انتظار
٠/٥	١	٠/٣٣٣٣٣	هزینه
١	٢	٠/٥	رضایت
٣/٥	٦	١/٨٣٣٣٣٣	جمع

در گام بعدی

- ابتدا حاصل جمع هر ستون را به دست می‌آوریم.
- سپس هر عنصر در ماتریس زوجی را به جمع ستون خودش تقسیم می‌کنیم تا ماتریس زوجی نرمالیزه شود.
- مقدار میانگین هر سطر در ماتریس نرمالیزه را محاسبه می‌کنیم.

در ادامه جدول (٢٣) این محاسبات را نشان می‌دهد:

جدول ٢٣. وزن هر معیار نسبت به هدف

وزن هر معیار	نرمالایز شده ماتریس مقایسات زوجی		
٠/٥٣٨٩٦١	٠/٥٧١٤٢٩	٠/٥	٠/٥٤٥٤٥٥
٠/١٦٣٧٨١	٠/١٤٢٨٥٧	٠/١٦٦٦٦٧	٠/١٨١٨١٨
٠/٢٩٧٢٥٨	٠/٢٨٥٧١٤	٠/٣٣٣٣٣٣	٠/٢٧٢٧٢٧

حال با ترکیب وزن‌های نسبی، وزن‌های نهایی آلترناتیوها یا همان سناریوها به قرار زیر به دست می‌آیند:

٠/١٦٤٣٧٣		٠/٥٣٨٩٦١		٠/٣١٦٧١٢	٠/٣٦٧٨٦	٠/٠١٨٥١٧	سناریو ١
٠/٧٠٧٣٦٣	=	٠/١٦٣٧٨١	×	٠/٤٧٩٨١٣	٠/٢٤٥٢٢	٠/٩٧٣٣٠٣	سناریو ٢
٠/٣٤١٥٩٤		٠/٢٩٧٢٥٨		٠/٧٩٦٥٢٦	٠/٦١٣٠٨	٠/٠٠٨١٨١	سناریو ٣

همان‌طور که از اطلاعات بالا بدست آمد، سناریو **٢** با اختلاف بالایی به عنوان بهترین سناریو انتخاب می‌شود.

تنها متغیر موجود در مدل مربوط به تخصیص پرستاران به شیفت‌ها در قسمت‌های مختلف اورژانس طی روزهای مختلف هست که به صورت برنامه زمانبندی پرستاران ارائه می‌شود. به دلیل مشابه بودن و حجیم بودن تعداد داده‌های خروجی در این قسمت، تنها خروجی مربوط به یکی از پرستاران در بهترین سناریو یعنی سناریوی ۲ آورده شده است که به صورت جدول شماره ۱۳ است. در این جدول ایام هفته به صورت اعداد بین ۱ تا ۷ مشخص شده‌اند و ستون اول نشان‌دهنده شماره پرستار هست که با عدد ۱ مشخص شده، ستون دوم نشان‌دهنده شماره قسمت‌های اورژانس است که به صورت اعداد بین ۱ تا ۵ (عدد ۱ تریاژ- عدد ۲ CPR– عدد ۳ تروما– عدد ۴ داخلی– عدد ۵ سرپایی) است و ستون سوم معادل شماره شیفت است (۱ برابر شیفت صبح – ۲ برابر شیفت عصر – ۳ برابر شیفت شب). بنابراین اگر عدد خانه‌ای برابر با یک باشد یعنی در روز t ام باید پرستار i ام در قسمت j ام و در شیفت s ام ارائه خدمت نماید و اگر صفر باشد یعنی آن پرستار در آن زمان Off است.

با بررسی که در نرم‌افزار اکسل روی خروجی‌های جدول شماره (۲۴) انجام داده شد، صحت خروجی‌های بدست آمده تأیید شد و این مدل توانست به خوبی تمام محدودیت‌های مسئله را در نظر گرفته و تخصیص مناسبی برای کادر پرستاری بیمارستان امام رضا (ع) تبریز ارائه دهد.

جدول ۲٤. خروجی نرم‌افزار گمز (تخصیص پرستاران)

شماره پرستار										شیفت	ایام
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱		
	D		TR		C		C			صبح	شنبه
	TR		D					TE		عصر	
		C		C		TR			D	شب	
	C		TR				D			صبح	یک شنبه
TR							D	D		عصر	
										شب	
	D	S								صبح	د

[illegible]	شیفت	شماره پرستار									
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	عصر	TR	C	C				D		S	C
	شب					C					
سه شنبه	صبح				C				C		
	عصر	C			D	TE		TR			D
	شب		TR				D				
چهارشنبه	صبح				D	TR	TR	C			
	عصر			D							
	شب		D	D					C		D
پنج شنبه	صبح	C				C					
	عصر			TE	D	D			TR	TR	
	شب						TR				
جمعه	صبح				C				C	D	
	عصر		C	TR		C	D				D
	شب	C						D			

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکی از حیاتی‌ترین محل‌هایی که نیاز به بهینه‌سازی دارد، سیستم‌های سلامت است که در صورت عدم توجه به این بخش، خسارات جبران‌ناپذیری به بار خواهد آورد. بنابراین هدف ما از این پژوهش بررسی بهینه‌سازی این بخش مهم از جامعه است و در پژوهش خود سعی در ارائه راه‌حل‌های مناسب برای انتخاب بهترین تعداد پرستاران و بهترین تخصیص برای آنان داشتیم. برای پیاده‌سازی تئوری‌های موجود، بخش اورژانس بیمارستان امام رضا (ع) را به عنوان یک مورد مطالعاتی برای پژوهش انتخاب نمودیم و به مشکلاتِ زیاد بودن مدت زمان انتظار بیماران و بهینه نبودن هزینه‌ها و رضایت شغلی کادر پرستاری بیمارستان پرداختیم. یکی از اصلی‌ترین دلایل زیاد بودن مدت زمان انتظار بیماران در بیمارستان، نبود کادر متخصص کافی در داخل بیمارستان است و بهینه نبودن هزینه‌ها و رضایت شغلی کادر پرستاری بیمارستان‌ها نشأت گرفته از استفاده از روش‌های سنتی و غیرعلمی در تخصیص

پرستاران به شیفت‌ها می‌باشد. برای حل این مشکلات ابتدا با استفاده از اطلاعات دقیقی که از بخش انفورماتیک بیمارستان و همچنین از طریق مشاهده مستقیم و مصاحبه و پرسشنامه بدست آوردیم، شروع به شبیه‌سازی این بخش توسط نرم افزار Arena 14 نمودیم و علاوه بر اجرای حالت واقعی و موجود، چندین سناریو مختلف را نیز در این نرم‌افزار پیاده کردیم و طول صف و مدت زمان انتظار هر یک را بدست آوردیم. در ادامه برای بدست آوردن هزینه و رضایت شغلی پرستاران یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح چندهدفه برای مسئله ارائه نمودیم که با حل آن توسط روش معیار جامع تحت سناریوهای مختلف توانستیم بهترین حالت را برای تخصیص کادر پرستاری بدست آوریم.

طبق اطلاعات بدست آمده از وضعیت فعلی اورژانس، کادر پرستاری از کم بودن تعداد کادر ناراضی بودند و ادعا می‌کردند که تعداد کادر موجود که جمعاً ۱۱ نفر است، جوابگوی بیماران مراجعه کننده نیستند. خروجی‌های ما نشان داد که این ادعا صحیح بوده و برای جلوگیری از تولید صف مخصوصاً در قسمت‌های حیاتی مانند CPR، تروما و داخلی، باید به هر کدام از این بخش‌ها ۲ پرستار دیگر اضافه شود و تعداد کل به ۱۷ نفر برسد. در این حالت علاوه بر این که طول صف و مدت زمان انتظار بیماران به طور چشمگیری کاهش می‌یابد و تقریباً از ایجاد صف جلوگیری می‌کند، تابع هدف مسئله تخصیص نیز در کمترین مقدار خود قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده این موضوع است که با وجود افزایش هزینه‌های پرستاری بیمارستان به علت افزایش ۶ نفری در تعداد کادر، رضایت شغلی بسیار بیشتر شده که این خود نیز باعث افزایش کیفیت ارائه خدمات می‌شود.

همچنین در حال حاضر برنامه تخصیص و زمان‌بندی پرستاران به صورت دستی و توسط روش‌های سنتی انجام می‌گیرد که علاوه بر وقت‌گیر بودن امکان پایین بودن رضایت شغلی را نیز به همراه دارد. این مدل یک برنامه زمان‌بندی نیز برای هر پرستار بر حسب جدول زمانبندی پیشنهادی خود پرستاران ارائه می‌دهد که می‌توان ادعا نمود که بهترین حالت را در اختیار بیمارستان قرار می‌دهد. پیشنهادات جهت تحقیقات آینده به شرح ذیل می‌باشند:

- بررسی کادرهای دیگر مشغول در بیمارستان اعم از پزشکان، بیماربرها، کادر اجرایی
- بهینه‌سازی تعداد تجهیزات موجود در بخش‌های مختلف علی‌الخصوص در اورژانس
- بهینه‌سازی فرآیند انتقال بیمار از اورژانس به بخش‌های دیگر و بر عکس
- مطالعه سایر بخش‌های بیمارستان مانند اتاق عمل و بهینه‌سازی کادر و تجهیزات آن‌ها
- بهینه‌سازی فرآیند اجرایی پرستاران از قبیل اخذ آزمایشات، ثبت گزارشات، رگ‌گیری و... و ترتیب انجام آن‌ها
- استفاده از سایر روش‌های حل مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه
- پیاده‌سازی مدل‌ها در سایر بخش‌های سیستم‌های سلامت، مانند کلینیک‌ها و درمانگاه‌ها

منابع

– AUF'M HOFE, H. M. (2011). Solving rostering tasks by generic methods for constraint optimization. International Journal of Foundations of Computer Science, 12 (05), 671-693.

– B. White, (2015) “World development report 2015: mind, society, and behavior, by the World Bank Group,” Can. J. Dev. Stud. / Rev. Can. d’études du développement, vol. 36, no. 4, pp. 581–584, Oct.

– Cochran, J. K., & Bharti, A. (2006). Stochastic bed balancing of an obstetrics hospital. Health care management science, 9 (1), 31-45.

– Cochran, J. K., & Bharti, A. (2006). Stochastic bed balancing of an obstetrics hospital. Health care management science, 9 (1), 31-45.

– Edwards, R. H., Clague, J. E., Barlow, J., Clarke, M., Reed, P. G., & Rada, R. (1994). Pragmatics. *Health Care Analysis*, *2* (2), 164-169.

– El Adoly, A. A., Gheith, M., & Fors, M. N. (2018). A new formulation and solution for the nurse scheduling problem: A case study in Egypt. Alexandria Engineering Journal.

– García, M. L., Centeno, M. A., Rivera, C., & DeCario, N. (1995, December). Reducing time in an emergency room via a fast-track. In Proceedings of the 27th conference on Winter simulation (pp. 1048-1053). IEEE Computer Society.

– Ghaffari, S., Jackson, T. J., Doran, C. M., Wilson, A., & Aisbett, C. (2008). Describing Iranian hospital activity using Australian refined DRGs: A case study of the Iranian social security organisation. Health Policy, 87 (1), 63-71.

– Kirtland, A., Lockwood, J., Poisker, K., Stamp, L., & Wolfe, P. (1995, December). Simulating an emergency department" is as much fun as...". In Simulation Conference Proceedings, 1995. Winter (pp. 1039-1042). IEEE.

– Kraitsik, M. J., & Bossmeyer, A. (1993, January). Simulation applied to planning an emergency department expansion. In Proceedings of the 1993 SCS Western Multiconference on Simulation: Simulation in Health Sciences and Services (pp. 19-27).

– McGuire, F. (1994, December). Using simulation to reduce length of stay in emergency departments. In Simulation Conference Proceedings, 1994. Winter (pp. 861-867). IEEE.

– Miller, M. J., Ferrin, D. M., & Szymanski, J. M. (2003, December). Emergency departments II: simulating Six Sigma improvement ideas for a hospital emergency department. In Proceedings of the 35th conference on Winter simulation: driving innovation (pp. 1926-1929). Winter Simulation Conference.

– Ritondo, M., & Freedman, R. W. (1993, January). The effects of procedure scheduling on emergency room throughput: A simulation study. In *1993 SCS Western Multiconference on Simulation: Simulation in the Health Sciences and Services. Society for Computer Simulation, La Jolla, California, USA* (pp. 17-20).

– S. Mahapatra, C. Koelling, L. Patvivatsiri, B. Fraticelli, D. Eitel, and L. Grove, (2003) Pairing emergency severity index5-level triage data with computer aided system design to improve emergency department access and throughput, in Simulation Conference, 2003. Proceedings of the 2003 Winter, , pp. 1917-1925.

– Samaha, S., Armel, W. S., & Starks, D. W. (2003, December). Emergency departments I: the use of simulation to reduce the length of stay in an emergency department. In *Proceedings of the 35th conference on winter simulation: driving innovation* (pp. 1907-1911). Winter Simulation Conference.

– Sinreich, D., & Marmor, Y. N. (2004, December). A simple and intuitive simulation tool for analyzing emergency department operations. In Proceedings of the 36th conference on Winter simulation (pp. 1994-2002). Winter Simulation Conference.

– Takakuwa, S., & Shiozaki, H. (2004, December). Functional analysis for operating emergency department of a general hospital. In Simulation Conference, 2004. Proceedings of the 2004 Winter (Vol. 2, pp. 2003-2011). IEEE.

– Trybou, J., Gemmel, P., & Annemans, L. (2015). Provider accountability as a driving force towards physician–hospital integration: a systematic review. International journal of integrated care, 15 (1).

– Tsai, C. C., & Li, S. H. (2009). A two-stage modeling with genetic algorithms for the nurse scheduling problem. Expert Systems with Applications, 36 (5), 9506-9512.

استناد به این مقاله: (DOI): 10.22091/JEMSC.2018.2964.1066 شناسه دیجیتال

یوسفی‌نژاد عطاری، م؛ نیشابوری جامی، الف؛ ستاری، الف. (۱۳۹۶). «بهینه‌سازی زمان فرآیند ارائه خدمات در بخش اورژانس با استفاده از مدلسازی ریاضی و شبیه‌سازی». *دوفصلنامه مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، ۶ (۱)، ۸۹-۶۳.