تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۶/۲۹

طراحی سیستم هوشمند برنامه کارکنان درمانی اورژانس برای ارتقای بهره‌وری

معصومه عمیدی[۱] - فرزاد توحیدخواه[۲] - رسول خیاطی[۳]

چکیده

ارتقای بهره‌وری در ارائه خدمات اورژانس و مدیریت بهینه منابع محدود آن، همواره از دغدغه‌های اصلی مدیران مراکز درمانی صنعت نفت بوده است. یکی از منابع مهم و پرهزینه، منابع انسانی است که کمبود آن موجب طولانی شدن صف‌های انتظار بیماران می‌شود. لذا به منظور استفاده حداکثر از منابع انسانی موجود، یک برنامه نوبت کاری مناسب مورد نیاز است. در این برنامه باید به معیارهای متعدد و متضادی توجه شود که محقق کردن آن توسط فرد خبره بیمارستان، مشکل است. هدف این پژوهش طراحی برنامه هوشمند نوبت کاری کادر درمانی بخش اورژانس است به گونه‌ای که ضمن اعمال محدودیتهای مدیریتی بیمارستان، زمان انتظار بیماران کاهش یابد. لذا ابتدا گردش بیمار در اورژانس شبیه‌سازی گردید. سپس از الگوریتم ژنتیک (یک روش هوشمند) برای بهینه سازی چند معیاره استفاده شد.نتایج نشان می‌دهد که متوسط و انحراف معیار زمان انتظار بیماران برای اولین ویزیت در برنامه بهینه ۷۴٪ و ۵۳٪ نسبت به وضعیت فعلی کاهش می‌یابد.

واژگان کلیدی: بهره وری اورژانس، هوش مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، برنامه نوبت‌کاری کارکنان اورژانس.

۱. کارشناسی ارشد مدیریت و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیر کبیر. نویسنده مسئول: (m.amidi@nioc.ir)
۲. دانشیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۳. استادیار دانشگاه شاهد.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

۱- مقدمه

ارتقای بهره‌وری در ارائه خدمات بهداشتی درمانی مناسب در صنعت نفت، نقش مهمی در عدالت اجتماعی دارد و به همین دلیل، این موضوع از دغدغه‌های اصلی مدیران این حوزه است. این ارتقا، در گرو مدیریت بهینه منابع و تضمین دسترسی به خدمات است(کتابی و همکارانش، ۱۳۸۵)،(کشوری،۱۳۸۷). عدم تعیین الگوی اثربخش برای استفاده از منابع موجب می‌شودکه عده‌ای از بیماران «نیازمند واقعی» از خدمات بهداشتی درمانی محروم گردد. (محمدزاده،۱۳۸۶).

یکی از منابع مهم و محدود هر بیمارستان نیروی انسانی است که بیش از ۶۰ درصد هزینه‌های آن را تشکیل می‌دهد(کتابی و همکارانش، ۱۳۸۵).بررسیها حاکی از آن است که کمبود نیروی درمانی مهمترین عامل در انتظار طولانی بیماران و در نتیجه کاهش کیفیت خدمات درمانی می‌باشد (کشوری،۱۳۸۷). این مسئله در بخش اورژانس از حساسیت بیشتری برخوردار است. بر همین اساس بیمارستانها و از جمله بیمارستانهای صنعت نفت نسبت به تکمیل فرمهای زمان سنجی گردش کار خدمات اورژانس اقدام نموده و در آن «مدت زمان انتظار برای دریافت اولین اقدام درمانی» بعنوان یکی از شاخصهای کیفی تعریف گردیده است همچنین با ارائه برنامه اصلاحی جهت بهبود شاخصهای کیفی اورژانس در ارزشیابی مراکز درمانی امتیاز کسب می‌نمایند. (شاخصهای کیفی ارزشیابی اورژانس بیمارستانها، ۱۳۸۷)

با توجه به آنکه یکی از عوامل موثر در این شاخص، نیروی انسانی است لذا برنامه ریزی و مدیریت نیروی درمانی، بسیار مهم تلقی شده است (ویتر وهمکارانش، ترجمه: پوررضا، ۱۳۸۳). به منظور استفاده حداکثر از منابع انسانی موجود و تخصیص بهینه آنها به بیماران، یک برنامه نوبت کاری مناسب مورد نیاز است تا موجب بهبود شاخص فوق و در نهایت افزایش بهره وری شود(Yeh et al. ,2007) .

در برنامه نوبت کاری فوق الذکر باید به محدودیتهای قوانین کاری، تعداد مورد نیاز پرستاران در هر شیفت و توزیع عادلانه ساعت کاری بین آنان توجه شود. تنظیم برنامه کاری توسط فرد خبره بیمارستان، به گونه ای که قیدها و معیارهای متعدد و گاه متضاد را برآورده کند، بسیار مشکل و زمان بر است (Aickelin,1999).

یکی از اولین کارهای انجام شده در حل این نوع مسئله برنامه‌ریزیهای خطی و عدد صحیح توسط وارنر و پرادا (Warener et al.,1972) بوده که از طریق برنامه ریزی

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

ریاضی انجام شده است. در این روش هیچ اولویت کاری یا محدودیت کاری در نظر گرفته نشده است.

بعد از آن تحقیقات متعددی با روشهای ابتکاری انجام گرفته است (Arthur et al. ,1981) (Bla et al., 1983). روشهای مذکور که یکی از روشهای هوش مصنوعی می‌باشد فقط در مقیاس کوچک و برای حالت خاص، موثر بوده و در حل مسائل با قیدهای بیشتر و مقیاس بزرگ، غیر قابل انعطاف است.

روشهای فراابتکاری (یکی از روشهای هوش مصنوعی) مثل جستجوی ستونی و الگوریتم ژنتیک نیز برای برآورده شدن اولویتهای پرستاران بکار رفته است که نتایج بهتری نسبت به روشهای قبلی داشته باشد(Aickelin et al.,2004).بعنوان نمونه می‌توان به پایان‌نامه درویش در سال ۱۳۸۷ اشاره نمود که با استفاده از این روش برای پرستاران یک بخش خاص از یک بیمارستان مورد مطالعه، یک برنامه کاری طراحی کرد او پیشنهاد کرده است در تحقیقات بعدی با در نظر گرفتن قیدهای بیشتر، شرایط مسئله به دنیای واقعی نزدیک تر شود(درویش،۱۳۸۷).همچنین کارتر و همکارش، در سال ۲۰۰۱ در حل مسئله زمان بندی پزشکان بخش اورژانس در شش بیمارستان در مونترال کانادا از روش جستجوی ستونی استفاده نمودند. نتیجه این مطالعه نشان داد که استخراج مسئله زمان بندی با شرایط دنیای واقعی بسیار مشکل است(Carter et al., 2001).

یکی از مطالعات جدید در سال ۲۰۰۷، به کمینه کردن زمان انتظار بیماران در بخش اورژانس توجه نموده است. با اعمال الگوریتم ژنتیک،یک برنامه نزدیک به بهینه برای پرستاران تهیه گردیده که زمان متوسط صف انتظار را به میزان قابل توجهی بهبود می‌دهد (Yeh et al. ,2007). یادآوری می‌شود که در این برنامه کاری، تنها به عامل انتظار بیماران توجه شده و سایر عوامل مثل خواسته‌ها و تقاضاهای پرستاران، توزیع بار کاری و غیره در نظر گرفته نشده است. همچنین این برنامه، پزشکان را در برنمی گیرد.

در بیشتر تحقیقات گذشته به قیدهای مربوط به «انتظار بیماران» و «سرعت خدمات رسانی اورژانس» کمتر توجه شده است و در مواردی که این قید در نظر گرفته شده است، قوانین کار و محدودیتهای مدیریتی بیمارستان برای پرستاران و پزشکان اعمال نشده است.

هدف این تحقیق تنظیم برنامه بهینه نوبت کاری کارکنان درمانی بخش اورژانس(پزشک و پرستار) است به گونه ای که ضمن در نظر گرفتن قوانین بیمارستان ومحدودیتهای مدیریتی آن، با کاهش زمان انتظار برای اولین اقدام درمانی،کیفیت ارائه

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

خدمات اورژانس بهبود یابد. این سیستم می‌تواند ضمن رعایت توزیع عادلانه ساعات کاری بین کارکنان بعنوان یکی از اجزای ابزار مدیریت بیمارستان درجهت افزایش بهره وری بکار رود. در ادامه روش کار تشریح می‌شود.

۲- روش کار

این تحقیق در دو بخش اصلی انجام می‌گیرد. بخش اول، شبیه سازی مدل گردش بیمار در اورژانس است. برای این منظور لازم است بعد از شناخت فعالیتهای اصلی آن، داده‌های مورد نیاز از قبیل نرخ ورود بیماران، مدت زمان انتظار در هریک از فازهای گردش بیمار، مدت زمان پردازش بیمار در هر فاز از طریق مصاحبه با افراد خبره بیمارستان و مستندات موجود در بخش جمع آوری شود. سپس بر اساس اطلاعات بدست آمده و پردازشهای آماری، مدل گردش بیمار بخش اورژانس تهیه و در ابزار مناسب شبیه سازی و اعتبارسنجی می‌شود.

بخش دوم، بهینه سازی می‌باشد. ویژگیهای الگوریتم ژنیتک بعنوان روش بهینه سازی مبتنی بر هوش جمعی باعث شده تا بعنوان یکی از رایج ترین روشها برای بهینه سازی چند معیاره باشد و همانطور که در بخش قبل بیان شد نتایج بهتری نسبت به روشهای ابتکاری و برنامه ریزی خطی داشته است، لذا در این تحقیق از آن استفاده گردیده است. درپایان نتایج بهینه‌سازی با وضعیت موجود مقایسه و ارزیابی می‌شود.

۳- هوش مصنوعی و جایگاه الگوریتم ژنتیک

هوش مصنوعی به سیستم‌هایی گفته می‌شود که می‌تواند واکنش‌هایی مشابه رفتارهای هوشمند انسانی از جمله درک شرایط پیچیده، شبیه سازی فرایندهای تفکری و شیوه‌های استدلالی انسانی و پاسخ موفق به آنها، یادگیری و توانایی کسب دانش و استدلال برای حل مسایل داشته باشند(هوش مصنوعی، ۲۰۱۳).

در هوش مصنوعی روشهای جستجوی متعددی برای حل مسائل مطرح است ولی در اغلب مسائل بهنیه سازی روشی مورد نیاز است که بتواند در فضای حالت مسائل به طرف جواب بهینه سراسری حرکت کند. روشهای جستجوی فراابتکاری مانند الگوریتم ژنتیک دارای این ویژگی می‌باشد.(Eiben et al., 2003)

اصول اولیه الگوریتم ژنتیک توسط جان هلند و همکارانش در دانشگاه میشیگان در سال ۱۹۶۲ ارائه شد در تحقیقات خود به فرایند سازگاری در سیستمهای طبیعی توجه

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

نمودند و برای مدل سازی آن درسیستمهای مصنوعی که باید دارای توانایی‌های اصلی سیستم‌های طبیعی باشند، تلاش نمودند. الگوریتمهای ژنتیک، مجموعه راه‌حلهای کاندید مسئله را نگهداری میکند و این مجموعه را با اعمال تکراری مجموعه عملگرهای تصادفی تکامل میدهد . رشته یا دنباله‌ای از بیتها را که یک جواب ممکن از مسأله مورد نظرمی باشد،کروموزوم و مجموعه‌ای از کروموزمها را جمعیت می‌گویند(Wendy ,2008) الگوریتمهای ژنتیکی به جای تمرکز بر روی یک نقطه از فضای جستجویا یک کروموزم، بر روی جمعیتی از کروموزمها کار می‌کند که بر اساس میزان برازندگی آنها انتخاب شده تا در مراحل بعدی مورد استفاده قرارگیرند .عملگر تقاطع یا جابجایی که بر روی یک جفت از کروموزم هاعمل می‌کند میتواند به صورت تک نقطهای، چند نقطه‌ای و یکنواخت باشد. عملگر جهش عبارت است از تغییر تصادفی تعدادی از بیت‌ها با احتمال Pm بطوری که کروموزم جدید صفاتی متفاوت با کروموزم گذشته داشته باشد .در نهایت، مناسب بودن یا نبودن جواب، بامعیاری که از تابع هدف بدست می‌آید، سنجیده می‌شود. هر قدر که یک جواب مناسبتر باشد، مقدار برازندگی بزرگتری دارد.

در پایان همه افراد جمعیت جدید مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.چنانچه شرایط خاتمه فراهم شده باشد الگوریتم ژنتیک پایان می‌پذیرد در غیراین صورت جمعیت به عنوان جمعیت اولیه برای مرحله بعد مورد استفاده قرار میگیرد(علیرضا،۱۳۸۶)

۴- شبیه سازی بخش اورژانس

شبیه سازی کامپیوتری در عامترین معنایش، فرآیند طراحی مدلی ریاضی – منطقی از سیستم واقعی و آزمایش مدل با کامپیوتر است. این آزمایشها این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوان قبل از ساخت سیستم پیشنهادی درباره آن استنتاجهای لازم انجام شود. فرآیند مدلسازی و شبیه سازی فازهای مختلفی دارد که در ادامه آورده شده است (پریتسکرو همکاران، ۱۳۸۶) . سپس فعالیتهای انجام گرفته برای شبیه سازی بخش اورژانس مطابق این فازها تشریح گردیده است.

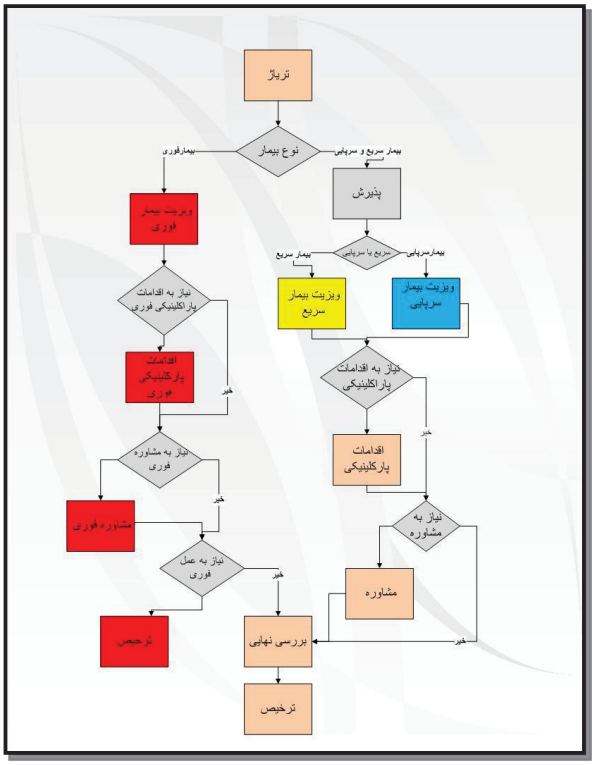
فاز فرموله کردن مسئله: هدف، شبیه سازی سرویس دهی کادردرمانی بخش اورژانس با توجه به زمان انتظار اولین ویزیت است. با توجه به مصاحبه با افراد متخصص، فعالیتهای اصلی سیستم و تعاملات بین عناصر آن شناسایی گردیده است که شامل ایستگاه تریاژ، پذیرش بیمار، ارزیابی‌های پرستار، ارزیابیهای پزشک، اقدامات اولیه درمانی،آزمایشات پاراکلینیکی، درمان نهایی و ترخیص بیمار می‌باشد. پژوهش بصورت مقطعی و جامعه

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

آماری آن بیماران بخش اورژانس در ماههای تیر تا آبان سال۸۷ بوده است.

فازمشخصات مدل:. داده‌ها به صورت مصاحبه و با استفاده از فرمهای «پایش زمان سنجی گردش کار اورژانس» و «گزارشات پرستاری» جمع آوری گردیده است.به منظور رفع نقصهای احتمالی در ابزار جمع آوری داده‌ها با پرستاران و سرپرستار بخش مصاحبه انجام شده و پس از بررسی کارشناسان فن، تغییرات اصلاحی صورت گرفته است. نرخ ورود بیماران به بخش اورژانس، بصورت تابع پواسون با میانگین ۰/۳ و با خطای ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

فازساخت مدل: داده‌ها با ابزار و روشی که در قسمت قبل بیان شد جمع آوری گردیده و مدل گردش بیمار تهیه شده است. شکل ۱ بیانگر مدل گردش بیمار در بخش اورژانس است.



شکل ۱- نمودار گردش بیمار در بخش اورژانس

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

ایستگاه تریاژ: پرستار تریاژ با توجه به علائم بیمار مراجعه کننده، تعیین می‌نماید که او به کدامیک از اقدامات سرپایی، سریع و فوری احتیاج دارد.

اقدامات سرپایی: شامل اقداماتی مثل سوندژ، تزریقات و پانسمان می‌باشد. یک پرستار و یک پزشک مورد نیاز است.

ویزیت بیماران سریع و سرپایی: در این مرحله،پزشک بر اساس ارزیابیهای اولیه، تصمیم می‌گیرد که بیمار نیاز به آزمایشات دیگر دارد یا خیر .در این فاز نیز یک پزشک و یک پرستار مورد نیاز است.

ویزیت بیمار فوری: مخصوص افرادی است که حفظ حیات بیمار مطرح است و اگر مداخلات اورژانس سریعاً صورت نگیرد،بیمار می‌میرد. معاینه این نوع بیماران در اولویت است و یک پرستار و یک پزشک مورد نیاز است.تخصیص منابع به این گروه بیماران، اولویت بیشتری دارد.

- اقدامات پاراکلینکی : شامل تست خون، ECG و سایر تستها میباشد.
- بررسی نهایی : بیمار در این فاز به یک پزشک و یک پرستار نیاز دارد تا ارزیابیهای نهایی را انجام دهد.
- مشاوره : همچنین ممکن است بیمار به مشاوره به تخصصی نیاز داشته باشد که از متخصصان سایر بخشها درخواست مشاوره می‌شود

برای تعیین احتمال اینکه بیماران به هر یک از اقدامات سرپایی یا سریع یا فوری احتیاج داشته باشند مستندات و منابع اطلاعاتی بیمارستان (که در فاز مشخصات مدل تشریح شد) بررسی آماری گردید. جدول ۱، این احتمال را نشان می‌دهد.جدول ۲، زمانهای مورد نیاز برای مدلسازی بخش اورژانس که ازبررسی آماری مستندات موجود در بیمارستان (در فاز مشخصات مدل تشریح شد) بدست آمده را نشان می‌دهد.

جدول ۱- احتمال اینکه هر بیمار به اقدام سرپایی یا سریع یا فوری احتیاج داشته باشد

وضعیت بیمار	احتمال
سرپایی :افرادی که ضایعات خفیفی دارند، که نه جانشان به خطر خواهد افتاد و نه دچارعوارض دائمی ناشی از آسیب می‌شوند و نیاز به درمان اورژانس ندارند	۸۲
سریع:بیمارانی که جراحات شدید داشته ونیاز به مداخله درمانی و بستری دارند اما بدون درمان هم بیش از یک ساعت دوام خواهند آورد.	۱۲
فوری:در این فوریتها حفظ حیات بیمار مطرح است و اگر مداخلات اورژانس سریعا	۶

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

جدول ۲- زمان‌های مورد نیاز برای مدلسازی بخش اورژانس اورژانس

فرآیند	اولویت	تاخیر	واحد	کمترین	متوسط	بیشترین	انحراف معیار
تریاژ	بالا	مثلثی	دقیقه	۱	۲	۳	۲/۰
ویزیت بیمار سریع	پایین	مثلثی	دقیقه	۵	۱۰	۲۰	۲/۰
ویزیت بیمار سرپایی	متوسط	مثلثی	دقیقه	۱۰	۱۵	۲۰	۲/۰
ویزیت بیمار فوری	بالا	مثلثی	دقیقه	۱۰	۱۵	۲۵	۲/۰
اقدامات پاراکلینیکی	متوسط	مثلثی	دقیقه	۵	۸	۱۰	۲/۰
بررسی نهایی	متوسط	مثلثی	دقیقه	۳	۱۵	۱۵	۲/۰
اقدامات پاراکلینیکی فوری	بالا	مثلثی	دقیقه	۵	۱۰	۱۵	۲/۰
مشاوره فوری	متوسط	مثلثی	دقیقه	۳	۵	۱۰	۲/۰
تاخیر برای نتایج پاراکلینیکی	متوسط	مثلثی	ساعت	۵/۲	۳	۲/۳	۲/۰
مشاوره	متوسط	نرمال	دقیقه	۵/۰	۴	۵/۱	۱
پذیرش بیمار سرپایی	متوسط	مثلثی	دقیقه	۲	۳	۵	۲/۰
پذیرش بیمار سریع	متوسط	مثلثی	دقیقه	۳	۴	۵	۲/۰
تاخیر برای نتایج پاراکلینیکی فوری	متوسط	نرمال	ساعت	۵/۰	۲	۵/۱	۲/۰

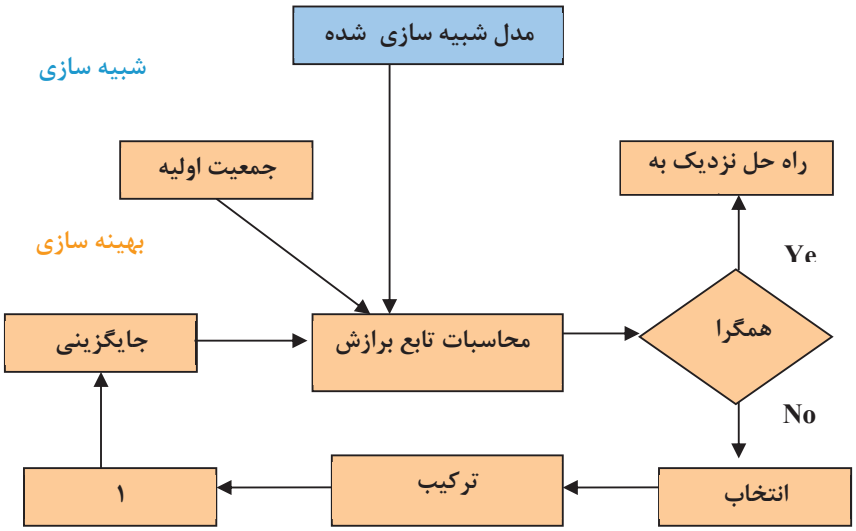
فاز پیاده سازی مدل: در همایش WSC بزرگترین گردهمایی شرکتهای شبیه سازی دنیاست در ابتدای ۲۰۰۷ برگزار گردید،در آن همایش آخرین بررسیها در مورد نرم افزارهایی که طی سال ۲۰۰۶ در سراسر دنیا در امر شبیه سازی مورد استفاده قرار گرفته بود ارائه شد. نتایج حاکی از آن است که نرم افزار آرنا (ARENA)، به دلیل قدرت بالای تجزیه و تحلیل گزارش دهی و استفاده از توابع و فرمول نویسی، ۴۸ درصد بازار شبیه سازی دنیا را در دست دارد و رقیب بعدی آن که نرم افزار ProModel می‌باشد، ۱۲ درصد را به خود اختصاص داده است (انتظامی، ۱۳۸۶). لذا این نرم افزار بعنوان ابزار شبیه‌سازی انتخاب گردیده و مدل در آن اجرا شده است.

فاز تصدیق و اعتبارسنجی مدل: در این فرآیند تعیین می‌شود که آیا شبیه سازی نمایش منطقی و سودمندی از سیستم هست یا نه .برای این منظور با افراد متخصص، درباره نمودار گردش بیمار مشورت شده و اصلاحات لازم انجام گردیده است . همچنین برای اعتبارسنجی مدل از تستهای آماری استفاده شده که در بخشهای بعدی به آن پرداخته می‌شود.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

۵- بهینه سازی

مدل شبیه سازی با برنامه بهینه سازی ارتباط دارد که در شکل ۲ آورده شده است. در بخشهای بعد به تعریف پارامترها و توابع بکار رفته در الگوریتم ژنتیک پرداخته می‌شود.



شکل ۲- ارتباط شبیه سازی و بهینه سازی

الف)کدگذاری کروموزوم : هر کروموزوم شامل دو نوع ژن است که ۱۷ خانه اول مربوط به شماره ژن پرستاران و ۱۲ خانه دوم مربوط به شماره ژن پزشکان است. مبنای انتخاب این تعریف آن است که تعداد پرستاران و پزشکان مرکز اورژانس مورد مطالعه به ترتیب ۱۷ و ۱۲ بوده است. بنا به مصاحبه با متخصصان اورژانس، مطابق ضوابط بعد از هر شیفت شب، یک روز استراحت برای پزشک و پرستار در نظر گرفته شده است.

ب) توابع برازش: در این بهنیه سازی پیدا کردن برنامه پرستاران و پزشکان مورد نظر است طوری که زمان انتظار اولین ویزیت (از نظر میانگین و انحراف معیار)، می‌نیمم (و تابع برازندگی ماکزیمم) باشد. همچنین به دلیل آنکه برنامه‌هایی که توزیع ساعات کاری آنها بین پرستاران از حد معینی بالاتر باشد قابل پذیرفتن نیست، باید این موضوع نیز در بهینه‌سازی در نظر گرفته شود. با توجه به اینکه ممکن است مدیریت

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

برای حضور حداقل تعداد پرسنل در هر شیفت محدودیتهایی اعمال نماید و برای عملیاتی کردن این برنامه بهینه باید دیدگاههای مدیریت نیز لحاظ شود، لذا این موضوع نیز در تابع دیده شده است. این محدودیت بنا به مصاحبه با متخصصین این حوزه استخراج شده است.

محدودیت دیگر توزیع یکنواخت نیروی کار در طول هفته است که موجب می‌شود بار کاری بیمارستان میان پرستاران مختلف بطور یکنواخت تقسیم شده و از تراکم کار بر دوش یک عده کاسته شده و کاراضافی میان همه پرستاران بطور یکنواخت تقسیم شود. تقسیم یکنواخت کار در میان بخشهای مختلف از دید بیمارستان نیز مهم است. زیرا در این صورت بیمارستان مجبور نیست که برای یک عده دستمزد اضافه کاری در نظر بگیرد و در عین حال یک عده دیگر ساعات موظف خود را پرنکنند. برای توزیع یکنواخت برنامه نوبت کاری پرستاری برای همه آنها یک «ساعت کاری نرمال در هفته » در نظر گرفته شده است(درویش، ۱۳۸۷). بنا به ماده ۲ در آیین نامه اجرایی قانون ارتقای بهره وری کارکنان بالینی نظام سلامت، میزان ساعت کاری کارکنان ۴۴ ساعت در هفته می‌باشد که می‌تواند حداکثر ۸ ساعت کاهش یابد(قانون ارتقای بهره وری کارکنان بالینی نظام سلامت و آیین نامه اجرایی آن، ۱۳۹۰). در زمان نوشتن این تحقیق هنوز این تقلیل اجرایی نشده است لذا «ساعت کاری نرمال در هفته » همان ۴۴ ساعت در نظر گرفته شده است.

رعایت شرط می‌نیمم کردن زمان (متوسط و انحراف معیار) همراه با نرمالسازی:

$$\text{AvgNormal} = \begin{cases} 0 & \text{AvgWait} < \text{MinAvgWait} \\ \dfrac{AvgWait - MinAvgWait}{MaxAvgWait - MinAvgWait} & \text{MinAvgWait} < \text{AvgWait} < \text{MaxAvgWait} \\ 1 & \text{MaxAvgWait} < \text{AvgWait} \end{cases}$$

$$\text{StdNormal} = \begin{cases} 0 & \text{StdWait} < \text{MinStdWait} \\ \dfrac{StdWait - MinStdWait}{MaxStdWait - MinStdWait} & \text{MinStdWait} < \text{AvgWait} < \text{MaxstdWait} \\ 1 & \text{MaxStdWait} < \text{StdWait} \end{cases}$$

Fitness1=2- AvgNormal

Fitness2=2- StdNormal

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

تابع هزینه و تابع برازش زیر برای توزیع عادلانه ساعت کاری می‌توان درنظر گرفت (درویش، ۱۳۸۷):

$$CostWork = \sum_{I=1}^{Nmax} (WeekHour_i - NormalWeekHour)^2$$

مجموع ساعت کاری پرستار در هفته i ام $= Week\ Hour_i$

تعداد کل پرستارها $= Nmax$

$$CostWork = \sum_{I=1} (M_i * MorningH_i + E_i * EveningH_i + N_i * NightH_i - NormalWeekHour)^2$$

تعداد شیفت صبح پرستار iام $= M_i$

تعداد شیفت عصر پرستار i ام $= E_i$

تعداد شیفت شب پرستار i ام $= N_i$

$MorningH_i$: ساعات شیفت صبح (۵ ساعت)

$EveningH_i$: ساعات شیفت عصر (۷ ساعت.)

$NightH_i$: ساعات شیفت شب (۱۲ساعت)

$$CostNormal = \begin{cases} 0 & Cost < CostMin \\ \dfrac{Cost - CostMin}{CostMax - CostMin} & CostMin < Cost < CostMax \\ 1 & Cost > CostMax \end{cases}$$

رعایت کردن شرط اجتناب از توزیع ناعادلانه ساعات کاری :

$$WorkloadOk = \begin{cases} 1 & (Maxload - CurrentLoad) >= 0 \\ 0 & (Maxload - CurrentLoad) < 0 \end{cases}$$

برای رعایت کردن شرط حداقل پرستاران در هر کدام از شیفتهای سه گانه i:

$$MinNurseOk = \begin{cases} 1 & Nurse_i >= NurseLimit_i \\ 0 & Nurse_i < NurseLimit_i \end{cases}$$

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

$$Fitness= (w_1 * Fitness_1 + w_2 * Fitness_2 + w_3 * Fitness_3) * WorkloadOk * MinNurseOk$$
$$w_1=w_2=20,\ w_3= 16$$

ج) پارامترهای الگوریتم ژنتیک :برای اجرای برنامه لازم است که پارامترها و استراتژیهای الگوریتم تعریف شود. پارامترهای الگوریتم ژنتیک در جدول ۲، تعریف شده است . هر چند که امکان تغییر این پارامترها در کد برنامه وجود دارد.

جدول ۲- جدول پارامترها و استراتژیهای الگوریتم ژنتیک

پارامتر	تنظیمات
اندازه جمعیت	۱۷
قاعده تولید نسل	تصادفی
انتخاب والدین	چرخ رولت
درصد ادغام	۹۷
درصد جهش	۰/۰۵
معیار توقف	۵۰

۶- ارزیابی و اعتبار سنجی مدل

برای ارزیابی مدل، با افراد متخصص، درباره نمودار گردش بیمار مشورت شده و اصلاحات لازم انجام گردیده است برای اعتبارسنجی مدل از تستهای آماری استفاده می‌شودکه در ادامه آمده است.

- **تست میانگین:**

با فرض مجهول بودن و نامساوی بودن واریانس دو جامعه از فرمولهای زیر استفاده می‌شود(گوتمن،۱۳۷۷):

$$t= (x1-x2)/ (\Sigma(s_1^2)/n_1 + (s_2^2))^{1/2} = 0.85$$
$$\nu= (s_1^2 / n_1)^2 / n_1-1 + (s_2^2 /n_2)^2 /n_2-1 = 202$$
$$\alpha =0.05 \quad و \quad 0.85\ \varepsilon\ (-1.96, 1.96) \qquad (۱)$$

بنابراین با توجه به عبارت شماره (۱) می‌توان نتیجه گرفت که با اطمینان ۹۵ درصد، اختلاف معنی داری بین دو میانگین انتظار اولین ویزیت در دنیای واقعی و مدل کامپیوتری نمی باشد.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

تست واریانس : برای توزیع F از فرمول زیر استفاده می‌شود(گوتمن،۱۳۷۷):

$F= s_1^2 / s_2^2 = 0.74$

$\nu_2=79 \ , \ \nu_1= 79$

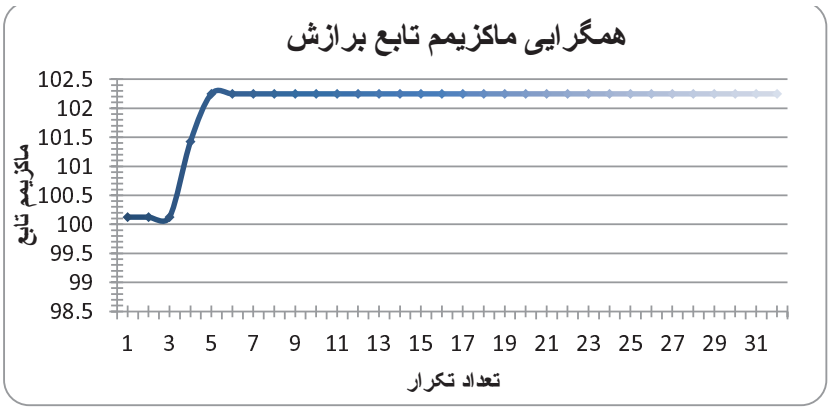
$F_{\alpha/2} = 1.82$

$F_{1-\alpha/2} = 1/ (1.82) = 0.55 \longrightarrow 0.74 \varepsilon (0.55 , 1.82)$ (۲)

با توجه به عبارت شماره (۲) می‌توان نتیجه گرفت با اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری بین واریانس انتظار بیماران برای اولین ویزیت در دنیای واقعی و مدل کامپیوتری نمی باشد.

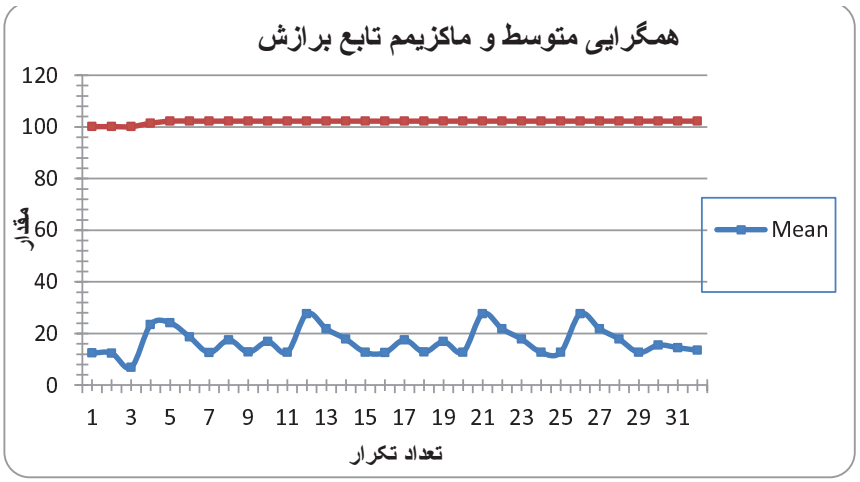
۷- نتایج بهینه سازی

الف) نتایج بهینه سازی: در این حالت برنامه پزشکان و پرستاران با هم بهینه میشود. معیارهای بهینه سازی زمان انتظار برای اولین ویزیت (متوسط و انحراف معیار)می باشد. قیدهای مدیریتی شامل اجتناب از توزیع ناعادلانه ساعات کاری و رعایت شرط حداقل پرستاران در هر شیفت در نظر گرفته میشود. در این اجرا، بخاطر در نظر گرفتن یک حالت کلی در مسئله فرض شده است که حداقل یک پرستار در هر شیفت حضور داشته باشد. با توجه به تابع تعریف شده در بند قبل، این الگوریتم اجرا شده است. نمودار همگرایی ماکزیمم و متوسط الگوریتم در شکل ۳و ۴ آورده شده است



شکل ۳- نمودار همگرایی ماکزیمم تابع برازش در بهینه سازی

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]



شکل ٤-نمودار همگرایی متوسط و ماکزیمم تابع برازش در بهینه سازی

همانطور که نمودار نشان می‌دهد میزان ماکزیمم تابع از مقدار ۱۰۰/۱۲به مقدار ۱۰۲/۲۵افزایش داده است که نشان توان بالای الگوریتم ژنتیک است. مقادیر بدست آمده برای هرکدام از معیارها در جدول ۳، آورده شده است . معیار یکنواختی توزیع ساعات کاری پرستاران، در محدوده تعریف شده قرار دارد. با این وجود از وضعیت اولیه بیشتر است. (زیرا ضریب آن در تابع چندمعیاره کمتر است.)دو معیار متوسط و واریانس زمان انتظار کاهش یافته است.برای بررسی معنی دار بودن اختلاف مقادیر بدست آمده در مورد متوسط و واریانس از آزمون آماری استفاده شده است.

جدول ۳- مقایسه نتایج سیستم پیشنهادی با سیستم فعلی

	سیستم فعلی	سیستم پیشنهادی
میانگین انتظار اولین ویزیت	min۷/۲	min۱/۰۱
انحراف معیار انتظار اولین ویزیت	min ۹/۶	min۱/۰۳
هزینه توزیع یکنواخت ساعات کاری پرستاران	۲۲۸۲	۲۶۲۳
تعداد بیماران	۷۹	۹۶

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

جدول ۴ و ۵ نمونه برنامه کاری بهینه شده برای پزشک و پرستار را نشان می‌دهد. همانطور که انتظار می‌رفت بعد از نوبتهای شب حداقل یک روز استراحت در نظر گرفته شده است.

جدول ٤ - برنامه نوبت کاری پزشک

	روز۱	روز ۲	روز ۳	روز ۴	روز ۵	روز ۶
پزشک ۱	m	0	m	0	0	m
پزشک ۲	m	0	m	0	0	m
پزشک ۳	n	0	m	0	m	m
پزشک ۴	n	0	m	m	0	n
پزشک ۵	m	n	n	0	0	n
پزشک ۶	m	m	m	0	0	m
پزشک ۷	n	0	m	n	n	0
پزشک ۸	m	0	m	m	m	0
پزشک ۹	m	n	0	n	0	n
پزشک ۱۰	0	n	0	n	0	m
پزشک ۱۱	0	n	0	m	m	m
پزشک ۱۲	0	n	0	m	n	0

در جدول بالا منظور از (m :نوبت صبح)، (n :نوبت شب)و(۰ : استراحت)می باشد.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

جدول ۵- برنامه نوبت کاری پرستار

	روز۱	روز ۲	روز ۳	روز ۴	روز ۵	روز ۶
پرستار ۱	m	0	e	m	n	0
پرستار ۲	0	m	0	m	e	n
پرستار ۳	m	n	0	0	e	n
پرستار ۴	n	0	m	e	0	0
پرستار ۵	0	e	0	0	m	m
پرستار ۶	e	m	m	0	m	0
پرستار ۷	m	0	m	n	0	m
پرستار ۸	e	n	0	m	0	n
پرستار ۹	n	0	n	0	m	m
پرستار ۱۰	0	e	0	m	m	m
پرستار ۱۱	m	0	n	0	m	e
پرستار ۱۲	e	0	0	m	0	n
پرستار ۱۳	e	0	0	m	n	0
پرستار ۱۴	m	m	0	n	0	n
پرستار ۱۵	m	0	m	0	0	m
پرستار ۱۶	n	0	0	0	m	m
پرستار ۱۷	m	n	0	e	n	0

در جدول بالا منظور از (m :نوبت صبح)، (e :نوبت عصر)، (n :نوبت شب)و (۰: استراحت) می باشد.

ب) ارزیابی:

آزمون میانگین : با توجه به فرمولهای ارائه شده در بخش ۶، اگر شرط زیر برقرار شود می‌توان نتیجه گرفت که بین میانگین انتظار دو سیستم، اختلاف معنی‌داری وجود دارد (گوتمن،۱۳۷۷).

$t< -t_{\alpha/2}$, $t> t_{\alpha/2}$ $\longrightarrow \mu_1 <> \mu_2$

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

بعد از انتخاب α و انجام محاسبات نتیجه زیر بدست آمده است :

$t= -4.6 < -1.96$, $\alpha=0.05$

که نشان می‌دهد بین دو میانگین سیستم واقعی و سیستم پیشنهادی، با اطمینان ۹۵ درصداختلاف معنی داری وجود دارد.یعنی روش پیشنهادی توانسته میانگین انتظار اولین ویزیت را به میزان قابل توجهی کاهش دهد.

آزمون واریانس: با توجه به فرمولهای ارائه شده در بخش ۶ اگر شرط زیر برقرار باشد، می‌توان نتیجه گرفت که اختلاف معنی داری بین واریانس انتظار دو سیستم وجود دارد:

$\alpha=0.05$

$F>1.7, F< 0.6 \longrightarrow \sigma_M <> \sigma_2$

بعد از انتخاب α و انجام محاسبات نتایج زیر بدست آمده:

$F= s_M^2 / s_2^2 = 0.01$, $0.01 <0.6$

بنابراین می‌توان گفت که با اطمینان ۹۵ درصد،روش پیشنهادی توانسته واریانس زمان انتظار بیماران برای اولین ویزیت را به میزان قابل توجهی کاهش دهد.در ادامه، برنامه نوبت کاری پرستاران و پزشکان ارائه شده است. همانطور که دیده می‌شود، شرط حداقل پرستاران در هر نوبت، شرط استراحت بعد از شیفت شب، برقرار شده است. اما برنامه تهیه شده توسط سیستم با توجه به معیارهای بحث شده،کاراتر است.

۸- نتیجه گیری و پیشنهادات

سرعت ارائه خدمات به بیماران اورژانس صنعت نفت در کاستن از مرگ و میر و معلولیتها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از عوامل شناخته شده در ناکارایی و ضعف کیفیت خدمات، فقدان مهارت، اهداف مشخص و شفاف و مکانیزمهای برنامه ریزی و مدیریت خدمات در چارچوب محدودیتهای منابع واقعی است(ظهور و همکارانش، ۱۳۸۲).بنابراین یک برنامه کاری خوب، می‌تواند موجب کاهش هزینه‌های بیمارستان و بهبود کیفیت مراقبتهای بیماران شود. به همین دلیل، مسئله نوبت دهی پرسنل درمانی مورد توجه مدیران بیمارستانها می‌باشد.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

در این تحقیق، بعد از شناخت گردش بیمار در بخش اورژانس مورد مطالعه و جمع آوری داده‌های مربوطه، مدل گردش بیمار شبیه سازی و اعتبارسنجی شد. سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک پیشنهادی، مناسب ترین برنامه کاری جستجو گردید.بعد از ایجاد جمعیت اولیه، پارامترهای بهینه سازی به مدل داده شده و براساس نتایج مدل، تابع برازش محاسبه می‌شود. بعد از اعمال عملگرهای مناسب انتخاب، ترکیب و جهش، کروموزومهای جدید جایگزین برخی کروموزومهای قبلی می‌شود . دوباره تابع برازش محاسبه شده و اگر شرط توقف برقرار شده باشد، الگوریتم متوقف شده و گرنه تا برقراری شرط خاتمه ادامه می‌یابد.

وزنهای مربوط به معیارها با توجه به تغییر شرایط بیمارستان و دیدگاههای مدیریت، قابل تغییر است.پارامترهای الگوریتم ژنتیک نیز در برنامه می‌تواند تغییرکند. درویش در مطالعه خود پیشنهاد کرده است که در تحقیقات بعدی قوانینی مانند استراحت بعد از نوبت شب در در نظر گرفته شود. در این تحقیق، این شرط در خود ژن بکار رفته است این عمل باعث می‌شود انعطاف برنامه افزایش پیدا کند. زیرا در برنامه کروموزومها از روی شماره ژنها بدست می‌آیند و اگر قانون مربوط به بیمارستان تغییر کند و یا قوانین دیگری اضافه شود، می‌توان اصلاحات لازم را بر روی خود ژن انجام دادو در یک فایل نگهداری کرد و نیازی به تغییر الگوریتم و تابع برازش نمی باشد.

بررسیها نشان داد که در بهینه سازی این تحقیق با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان ادعا نمود که متوسط و انحراف معیار زمان انتظار بیماران در برنامه پیشنهادی از برنامه موجود بهتر است. بعبارت دیگر گرفت با حفظ نیروی انسانی موجود در بخش و استفاده از برنامه مناسب کاری، می‌توان حداکثر استفاده از پرسنل خدمات درمانی (منابع انسانی) را کرد و کیفیت خدمات رسانی را بهبود یابد.

- **محدودیتهای تحقیق و پیشنهادات برای محققان آتی:**

در این سیستم فرض شده است که کارایی منابع انسانی در تمام نوبتها مشابه هم است.همچنین بین کارایی منابع انسانی از اول نوبت تا آخر آن تفاوتی وجود ندارد و منبع دچار افت کارایی نمی شود. در شرایط واقعی مواردی مثل مرخصی و تعطیلات نیز برای پزشکان و پرستاران وجود دارد که در نظر گرفتن آن در مطالعات بعدی می‌تواند سیستم را به شرایط واقعی نزدیکتر نماید. داده‌های این طرح مربوط به بخشی از ماههای سال بوده است. محققان آتی می توانند با در نظر گرفتن داده‌های تمام فصول

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

سال و نرخ افزایش بیماران در هر سال، نتایج دقیقتری بدست آورند.

بعلاوه سایر عوامل مثل توزیع یکنواخت بار کاری و سایر شاخصهای کیفیت در نظر گرفته نشده است.استفاده از آنها در تحقیقات بعدی می‌تواند به غنی نمودن پژوهش کمک نماید.

- **پیشنهادات به مراکز درمانی صنعت نفت:**

برای عملیاتی کردن سیستم فوق در صنعت نفت، باید به این نکته توجه نمود که در بسیاری از مراکز درمانی، انتظار طولانی بیماران می‌تواند ناشی از مشکل در فرآیند یا کمبود فضای درمانی باشد،لذا ابتدا باید این مشکلات شناسایی و رفع شود، سپس از سیستم مذکور استفاده گردد. در نهایت پیشنهاد می‌شود سیستم فوق در آن دسته از مراکز درمانی صنعت نفت که وضعیت نامطلوبی از نظر فرآیند و فضای درمانی ندارند، بکارگرفته شود تا سازمان بتواند ضمن رعایت توزیع عادلانه ساعات کاری بین کارکنان، با استفاده حداکثری از منابع انسانی، موجب افزایش بهره وری شود.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

منابع

۱. انتظامی، شهروز. (۱۳۸۶)، شبیه سازی عملیات پیشرفته با ARENA، چاپ اول، تهران، نشر ناقوس اندیشه.

۲. پریتسکر، آلن پی و ارایلی، جین جی. (۱۳۸۶)، شبیه سازی با , Visual Slam AweSim(سیستمهای گسسته دینامیک)، نوبت اول، ترجمه محمدعلی آزاده و حمیدرضا ایزدبخش و محبوبه هنرور، نشر کتاب دانشگاهی .

۳. درویش، آسیه.(۱۳۸۷)، طراحی سیستم تنظیم نوبت کاری پرستاری مبتنی بر الگوریتم ژنتیک[پایان نامه ارشد]، دانشکده مهندسی پزشکی دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۴. شاخصهای کیفی ارزشیابی اورژانس بیمارستانها . (۱۳۸۷)، http://www.iums.ac.ir/files/vp_treatment/Arzeshyabi/a2_urgence.pdf

۵. ظهور، علیرضا و پیله ورزاده، مطهره.(۱۳۸۲)، بررسی سرعت خدمات رسانی در بخش اورژانس بیمارستان باهنر کرمان درسال ۱۳۷۹، مجله دانشگاه علوم پزشکی ایران.

۶. علیرضا،مهدی.(۱۳۸۶)، مقدمه‌ای بر الگوریتم ژنتیک و کاربردهای آن، چاپ دوم، تهران، شرکت ناقوس اندیشه

۷. قانون ارتقای بهره وری کارکنان بالینی نظام سلامت و آیین نامه اجرایی آن. (۱۳۹۰)، http://www.mcls.gov.ir/fa/law/320

۸. کتابی، سعیده، منزوی برزکی، جواد.(۱۳۸۵)، بهینه سازی کمی کارکنان پرستاری بخش اورژانس بیمارستان دکتر چمران تهران با استفاده از برنامه ریزی خطی، مدیریت اطلاعات سلامت.

۹. کشوری، حمید.(۱۳۸۷)، سازمان و مدیریت بیمارستانی [جزوه درسی]، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۱۰. گوتمن، ایروین و ویلکس، سام و هانتر، استوارت.(۱۳۷۷)، مبانی آمار مهندسی، مترجم: نوروز ایزددوستدار، تهران، مرکز نشر دانشگاهی.

۱۱. محمدزاده، مهدی، نجفی، بهزاد،(۱۳۸۶). اصول اقتصاد بهداشت و درمان و تحلیلهای هزینه – اثر بخشی، هزینه – منفعت در بخش سلامت، تبریز، انتشارات فروزش.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]

۱۲.مختاری،آبنوس.(۱۳۷۸)، بررسی شاخصهای عملکردی بیمارستانهای آموزشی عمومی و بیمارستانهای بخش خصوصی شهر کرمان[پایان‌نامه دکتری]، کرمان، دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمان.

۱۳.ویتر، سوفی و همکاران. (۱۳۸۳)، اقتصاد بهداشت برای کشورهای در حال توسعه.ترجمه: ابوالقاسم پوررضا، تهران، موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه ریزی.

۱۴.هوش مصنوعی. (۲۰۱۳)،http://fa.wikipedia.org/wiki .

15. Aickelin,U.,(1999) Genetic Algorithms for Multiple-Choice Optimisation Problems., PhD thesis, U.K..
16. Aickelin, U. , Dowsland , K.A.,(2004)An indirect Genetic Algorithm for a nurse-scheduling problem, Computers & Operations Research, U.K., PP: 761–778.
17. Arthur J. , Ravindran A., (1981) A Multiple Objective Nurse Scheduling Model, AIIE Transactions ,March, PP: 55-60.
18. Blau R., Sear, A., (1983) Nurse Scheduling with a Microcomputer, Journal of Ambulance Care Management, PP:1-13.
19. Carter , M.W. , Lapierre , S.(2001). Scheduling emergency room physician , health care management science , Netherland.
20. Eiben, A.E., Smith, J.E.(2003) Introduction to Evolutionary Computiong, Springer .
21. Warner , D., Prawda J., (1972) A Mathematical Programming Model for Scheduling Nursing Warner Personnel in a Hospital, Management Science, PP:411-422.
22. Wendy,Williams,(2008) Gentic Algorithms: A Tutorial, Retrieved from http://web.mst.edu/~ercal/387/slides/GATutorial.ppt.
23. Yeh , J., et al. (2007) Using simulation technique and genetic algorithm to improve the quality care of a hospital emergency department , Expert Systems with Applications.

[Downloaded from iieshrm.ir on 2026-09-10]