

Modeling and scheduling intelligent method's application in increasing hospitals' efficiency

Darvish Neda^{1*}, Towhidkhah Farzad², Khayati Rasoul³, Vaezi Mahnaz⁴

Submitted: 25.10.2010

Accepted: 19.02.2011

Abstract:

Background: Achieved results from this research shows that despite in health system in country efficiencies such as work force efficiency (doctors and nurses) is not incomputable and percentage of bed occupation and regulating shift work program prepare manually and with paper, this issue results in time consuming of managers and wasting costs and errors in carried out computations. Therefore with technology improvement and automation system there is possibility of making such automatic data is provided. Using of intelligent system consider essentially for preparing optimal program. Studying of Data showed that the present situation of planning and determination of efficiency in Iran Hospitals is not desirable. In this research, Markov methods and Petri net and genetic algorithm as modeling method and developments of model and intelligent optimization for solving problems, reducing costs and planning for work force was used successfully and there is the possibility to generalize it with changes and reforms in programming. In Achieved results of studies show that, the present research is a suitable base for expanding researches in future in field of system designs in a way that can be used in different wards and can provide more facilities to approach the real world

Material & Methods: the present study is applied and descriptive-analysis one which had been as the software design and data collection tool was the checklist of Bootali Hospital's patients' files which its admissibility confirmed by the related experts and studied after observation, chronoscope and also time of manpower servicing to several patients and study of the nurse and doctors working scheduling with use of intelligent system's designing. Data analysis and planning is carried out with the method of Petri net and Markov and genetic algorithm with use of Matlab and Hpsim software

Results: 42 % improvement in expense decreasing and 87% time saving in servicing time to patients can be seen from comparing prepared program and designed system.

Conclusion: Research various models can be used as a suitable tool for scheduling and determination staffs optimized number needed in several parts of a hospital which has a vital role. In case that the designed system in the current project is limited to the achieved and collected data from educational center of Bootali attached to Tehran Islamic Azad university, it is need to make changes in programming based on data for generalizing it and optimized utilization in other hospitals. So it is recommended to make the prepared program close to the real world for make these systems utilizable in other hospitals and increasing restrictions.

Keywords: hospital efficiency, shift setting, Petri's network, Markov 's chain model, genetic algorithm

1- PhD student of modeling, Islamic Azad University Tehran Medical Branch, Shariati ave-khaghani ave-azad university Tehran medical , (*Corresponding Author) , 22006660 , neda_darvish@yahoo.com

2- PhD of medical engineering, associate professor of Amir Kabir University

3- PhD of medical engineering, Shahed University assistant professor

4- Master Degree of environmental engineering of Azad University, Islamic Azad University Tehran Medical Branch

بررسی افزایش کارایی بیمارستان با استفاده از شبکه‌های هوشمند

ن‌دا درویش^{۱*}، فرزاد توحید خواه^۲، رسول خیاطی^۳، میناز واعظی^۴

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۳

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۳۰

چکیده:

سابقه و هدف: هزینه نیروی انسانی هر بیمارستان، به عنوان بزرگترین ارائه کننده مراقبت های بهداشتی و درمانی به آحاد جامعه، بخش عمده‌ی منابع و اعتبارات تخصیص یافته به بخش بهداشت و درمان کشور را به خود اختصاص می دهد.

در این پژوهش، هدف مدلسازی بیمارستان و استفاده از سیستم های هوشمند برای تنظیم برنامه‌ی نوبت کاری و تعیین تعداد بهینه‌ی کارکنان به منظور افزایش کارایی بیمارستان و حداقل نمودن هزینه ها، می باشد. از آنجایی که حضور بیماران در بیمارستان و ترخیص آنها می تواند بصورت یک سیستم واقعه گسسته با ویژگی های فرآیندهای مارکوف در نظر گرفته شود، در گام نخست، با استفاده از مدل های زنجیره‌ای مارکوف، تخمین مناسبی از شرایط سیستم نظیر تعداد تخت های مورد نیاز و تخت های اشغال شده، ارائه می گردد که می تواند در بهینه سازی استفاده از ظرفیت ها، کمک شایانی نماید. در گام دوم، در راستای توسعه مدل، با استفاده از شبکه پتری، رویکردی جهت حداقل نمودن هزینه ها بیان می شود. در نهایت، جهت کنترل و بهینه سازی مدل با بکارگیری الگوریتم ژنتیکی برای نوبت دهی بهینه‌ی منابع انسانی مانند پرستاران ارائه می شود.

مواد و روشها: این مطالعه کاربردی واز دسته مطالعات توصیفی-تحلیلی است که به صورت طراحی نرم افزار بوده و ابزار گردآوری داده ها چک لیست برنامه نوبت کاری و پرونده های بیماران بیمارستان بوعلی بود، که روایی آن توسط متخصصین مربوط، مورد تایید قرار گرفت که پس از مشاهده، زمان سنجی، همچنین زمان سرویس دهی منابع انسانی به انواع بیماران و مطالعه برنامه نوبت کاری پرستاران و پزشکان با استفاده از طراحی سیستم های هوشمند مورد بررسی قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل داده ها و برنامه ریزی به روش شبکه پتری و زنجیره مارکوف و الگوریتم ژنتیکی با استفاده از نرم افزار مطلب و Hpsim انجام شده است.

یافته ها: مقایسه برنامه تهیه شده و سیستم طراحی شده، میزان ۴۲٪ بهبود کاهش هزینه و ۸۷٪ صرفه جویی در زمان سرویس دهی به بیمار را نشان میدهد.

نتیجه گیری: مدل های متنوع تحقیق در عملیات همچون سیستم های هوشمند و مدلسازی می تواند به عنوان ابزار مفیدی برای زمان بندی و تعیین تعداد بهینه ی کارکنان مورد نیاز بخش های مختلف یک بیمارستان که از اهمیت حیاتی و ویژه ای برخوردار است، مورد استفاده قرار گیرد، از آنجا که سیستم طراحی شده در این پژوهش محدود به داده های اخذ شده از بخش ها مرکز آموزشی و درمانی بوعلی وابسته به واحد پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی می باشد، برای تعمیم آن و استفاده بهینه در بیمارستان های دیگر نیازمند ایجاد تغییرات در برنامه نویسی بر اساس داده ها می باشد. لذا توصیه می شود برای قابل استفاده نمودن این سیستم ها در بیمارستانهای دیگر و افزودن قیود، بطوریکه برنامه تهیه شده به دنیای واقعی نزدیکتر شود، انجام پذیرد.

کلمات کلیدی: شبکه پتری، زنجیره مارکوف، روش الگوریتم ژنتیکی، کارایی بیمارستان

۱- دانشجوی دکترا مدلسازی، دانشگاه آزاد اسلامی-واحد پزشکی تهران-معاونت درمان

خیابان شریعتی- خیابان شهیدخاقانی-واحد پزشکی تهران- دانشگاه آزاد اسلامی-۲۲۰۰۶۶۶۰ Neda_darvish@yahoo.com

۲- دکترای مهندسی پزشکی، دانشیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشگاه صنعتی امیر کبیر-دانشکده مهندسی پزشکی

۳- دکترای مهندسی پزشکی، استادیار دانشگاه شاهد، دانشگاه شاهد- دانشکده مهندسی پزشکی

۴- کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد پزشکی تهران

مقدمه :

یکی از حیطه‌های راهبردی توسعه فناوری اطلاعات در کشور، سلامت می باشد که پذیرش و درمان سریع بیماران جزء اصلی مراقبت سلامت است. این مرکز از یک طرف پاسخگوی سیر صعودی و فزاینده‌ی بیماران برای دریافت خدمات مطلوب بوده و از سوی دیگر همواره با محدودیت منابع و اعتبارات مواجه اند. ارزش نیروی انسانی واقعی مورد نیاز در بخش‌های بیمارستان از دغدغه‌های مهم مدیریت یک بیمارستان میباشد. مشکلات زمان بندی برنامه‌ی کارکنان مختلف بیمارستان از دهه‌ی ۱۹۸۰ مورد توجه و مطالعه‌ی بسیاری از محققان قرار گرفته است. سیاست‌های مدیریت منابع انسانی بر میزان کارایی کارکنان، کیفیت مراقبت، وجدان کاری پرستاران و پزشکان تاثیر گذار است. ارزیابی عملکرد بیمارستان با استفاده از مدلسازی و شبیه سازی و برنامه ریزی دقیق نوبت کاری می تواند به عنوان ابزار مناسبی برای برنامه ریزی ظرفیت و بهبود کارایی در قلمرو ارائه خدمات درمانی و کارا و سریع مطرح شود. لذا ضروری است بیمارستانها با برنامه ریزی منابع انسانی و استفاده بهینه از نیروی کار، زمان و هزینه، ضمن افزایش کارایی، مشکل برنامه ریزی را کاهش دهند.

از جمله مسائل اساسی که در اداره بهینه سیستم‌های بیمارستانی می تواند در نظر گرفته شود مواردی مشتمل بر ۱- ابعاد سیستم‌های بیمارستانی ۲- فهم عملکرد و مشخص کردن مشکلات سیستم مانند زمان انتظار کشیدن بیمار ۳- بهبود عملکرد ۴- مطالعه واکنش سیستم در برابر حجم کاری زیاد [۱].

به منظور تعیین کارایی بیمارستان و بهینه سازی تعداد کارکنان توسط بکارگیری شبکه‌های هوشمند، مقالات متعددی مبتنی بر مدل زنجیره‌ای مارکوف، شبکه‌ی پتری و الگوریتم ژنتیکی ارائه گردیده است که در ادامه برخی از آنها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

نظر به اینکه زمان صرف شده برای پردازش اطلاعات و تنظیم نوبت کاری کارکنان، وقت زیادی از مدیران پرستاری می‌گیرد، در تحقیقی توسط Ansi و همکارانش در سال ۱۹۹۶، با استفاده از الگوریتم ژنتیکی، کاهش زمان تنظیم نوبت کاری پرستاری را از نظر چیدمان، مورد بررسی قرار دادند. اجرای این نرم افزار در ۹۰ ثانیه انجام می‌شد [۹].

Mourtou در سال ۱۹۹۶، در یکی از بیمارستانهای یونان، مدلسازی بیمارستان را با استفاده از شبکه‌ی پتری و بکارگیری نرم افزار Hpsim انجام داد. در این پژوهش، مدلی براساس زمان سرویس دهی به بیمار ارائه گردید. نتایج کاهش زمان انتظار بیمار به میزان، ۹۱٪/۲۳ را نشان میداد [۸].

Gallivan و همکارانش در سال ۲۰۰۲، با ارائه‌ی مدلی مبتنی بر زنجیره مارکوف، تغییر پذیری در طول صف را از آن جهت که عاملی تعیین کننده و مهم در عملیات بیمارستان می باشد، مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق کاهش زمان انتظار بیمار جهت گرفتن تخت‌های بستری مورد بررسی قرار گرفت و مدلی جهت بهینه سازی تخت‌های بستری و کاهش تخت‌های بلا استفاده ارائه گردید [۷]. خانم سعیده کتابی در سال ۲۰۰۶، بهینه سازی کمی کارکنان پرستاری در بخش اورژانس بیمارستان چمران با استفاده از برنامه ریزی خطی انجام دادند و تخمینی بر کاهش تعداد پرستاران ارائه کردند.

زمانهای طولانی انتظار برای یک بیمار، به سته‌ی آمدن کارکنان و کار زیاد و سپس به بطالت گذراندن وقت و غیره همگی نشانه‌هایی از طراحی یک سیستم ناقص برای به جریان انداختن کار بیمار است. شبکه‌های پتری ابزار مدلسازی ریاضی و گرافیکی هستند. این مدل‌ها ابزار مفیدی برای توصیف و مطالعه سیستم‌های پردازش اطلاعات هستند که رفتار سیستم‌ها را بیان می‌کنند [۲]. مدل‌های زنجیره‌ای مارکوف را میتوان با انتخاب حالت‌های مناسب در مدلسازی برای تخمین مدل‌های خاصی استفاده نمود. روش مارکوف، فرایندهای وقایع گسسته تصادفی است که بدون حافظه^۱ می باشد، و با استفاده از مدل شبیه سازی به سوالات کیفی "چه اتفاقی می افتد اگر" پاسخ میدهد. یکی از روش‌های مرسوم هوش مصنوعی، الگوریتم ژنتیکی است که تکنیک جستجوی فراگیر است که اساس آن روی عمل ژنتیک طبیعی است. اجزای زیر ساختی فرایند تکاملی در GA^۲ [۳]، جمعیت برنامه‌های ژنی، تجدید سن، جهش، رقابت و انتخاب هستند. بدین ترتیب، طبیعت با حذف تدریجی گونه‌های نامناسب و در عین حال تکثیر بالاتر گونه‌های بهینه می‌تواند دائماً هر نسل را از لحاظ خصوصیات مختلف ارتقا بخشد. در این مقاله ارائه یک مدل از بیمارستان و ارائه معیار کمی جهت مقایسه، بررسی کارایی و استخراج متغیرهای مفید مانند تخمین مدت زمان اشغال بخش و ارائه برنامه نوبت کاری به طوریکه هزینه چیدمان یکنواخت نیروها به حداقل برسد، تعریف شده است.

روش بررسی :

این مطالعه کاربردی و به منظور طراحی نرم افزار بوده و بر اساس داده‌های استخراج شده به دست آمده است. معیارهای ورود به مطالعه بخش‌هایی از بیمارستان بوعلی بوده است که بیمار در بخش حداقل به مدت ۲۴ ساعت جهت دریافت

^۱-Memory less

^۲-Genetic Algorithm

و الگوریتم ژنتیکی با استفاده از نرم افزار Hpsim و Matlab 7.1 انجام گردید.

یافته ها :

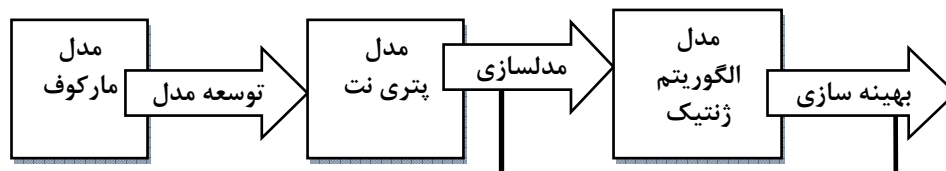
سیستم هوشمند که طراحی شده است پس از Run کردن برنامه نرم افزار طراحی شده، در ابتدا وارد محیط گرافیکی میشود که شامل سه آیکن میباشد:

Nurse Shift (Algorithm Genetic Model)

Manage Time (Petri Net Model)

Balance_bed (Markov Model)

مراحل انجام کار در شکل ۱ نمایش داده شده است. با با اجرای هر کدام از این آیکن ها وارد پنجره ی دیگری شدیم که ابتدا داده ها را دریافت کرده و سپس برنامه مورد نظر را اجرا میکند. در این راستا ابتدا مدل مارکوف، Balance _ Bed را مورد بررسی قرار می دهیم.



شکل (۱) مراحل انجام کار در یک نگاه

بیمارستان معرفی و مورد ارزیابی قرار می گیرد. این سناریو همان حالت معمول بیمارستان است، در این سناریو سعی بر بهبود بخشیدن به درک وجود فضای استفاده نشده در بخش بستری است. بر این اساس رابطه زیر را مشاهده می کنید [۱۲].

ماتریس انتقال حالت $p_{ij} = p(Xt + 1 = j | Xt = 1)$

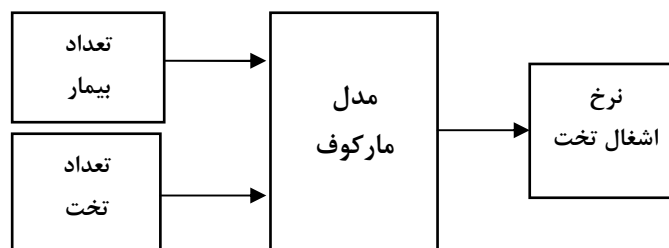
$$P_{ij} = \begin{cases} k_j / k_i & \text{if } j = i + 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

k_i^* درصد بیماران خودی که پس از i روز در بیمارستان مانده اند، می باشد. در حالی که k_i درصد کل بیماران است که پس از i روز در بیمارستان مانده اند.

مراقبت پزشکی بستری بوده است (بخش بستری، ICU، CCU و...) و معیارهای خروج از این مطالعه بخش هایی بوده اند که بیمار به صورت سرپایی مراجعه کرده است (بخش اورژانس و اتاق عمل) و اطلاعات جمع آوری شده از بیمارستان با توجه به ملاحظات اخلاقی و قانونی، این تحقیق در محافل علمی ارائه میشود.

ابزار گرد آوری اطلاعات برنامه نوبت کاری پرستاری در طول شش ماه دوم سال ۱۳۸۷ و نمونه فرم تریاژ اورژانس و چک لیست های مربوط به زمان سرویس دهی به بیماران که توسط پرسنل بخش ها در طول دو ماه مرداد و شهریور ۱۳۸۷ و تعداد ۲۰۰ بیمار جمع آوری شده است. و سیستم پیشنهادی بر مبنای این داده ها طراحی گردید. تجزیه و تحلیل داده ها از طریق بررسی و پیش پردازش داده ها و محاسبه توابع ریاضی و مدل سازی و برنامه ریزی به روش زنجیره مارکوف و شبکه پتری

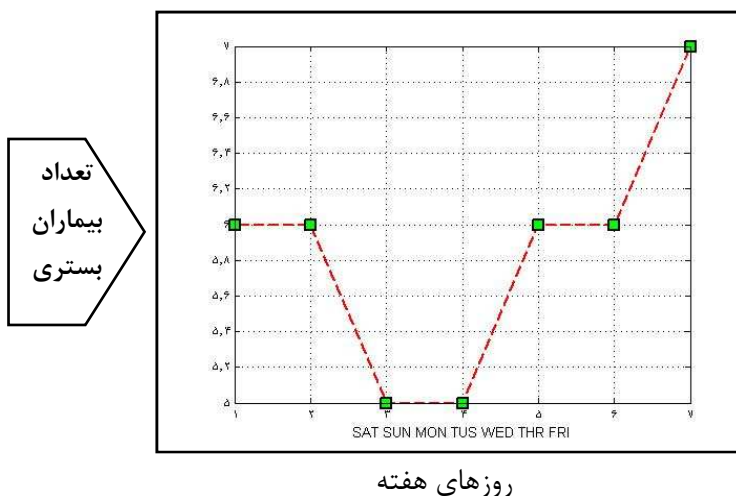
مدل زنجیره مارکوف را می توان با انتخاب حالت های مناسب در مدل سازی برای تخمین مدل های خاصی از سیستم استفاده نمود. در این بخش طول زمان بستری بیماران در بخش مورد آنالیز قرار می گیرد. و در نهایت هدف آنالیز ظرفیت استفاده شده در اطاق های بخش میباشد تا بتوان با باز تخصیص آن به قسمت های دیگر حداکثر استفاده از فضاهای موجود شود تا در نتیجه این عمل مدت زمان انتظار بیماران در نوبت کاهش یابد. یافته های بدست آمده از پرونده های بستری بیماران را با استفاده از تکنیک مبتنی بر مدل زنجیره مارکوف آنالیز کرده و سپس با آنالیز شبیه سازی میزان اشغال تخت را بررسی می نمائیم. بر این اساس سناریوی مطرح [۷ و ۱۰] برای مدیریت



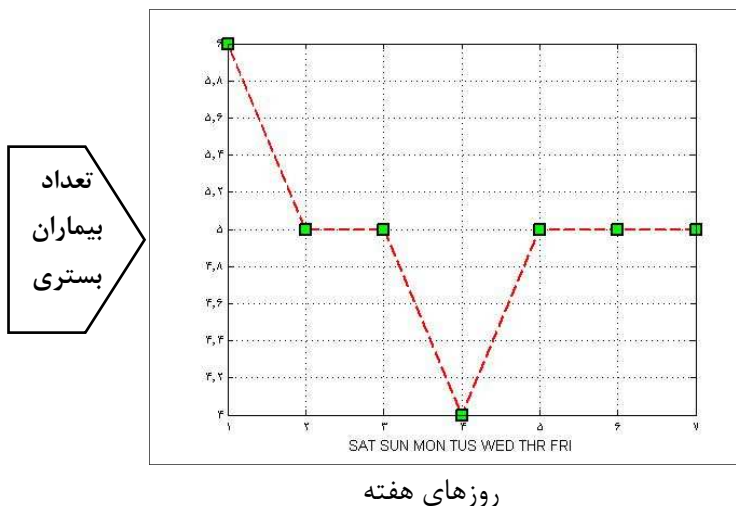
شکل (۲) مدل سازی با روش مارکوف

نتایج اجرای برنامه زنجیره مارکوف در شکل ۳ و ۴ و جدول ۱ ارائه گردید:

شکل (۳) نمودار تخمین طول بستری بیمار CCU- خرداد و تیرماه



شکل (۴) نمودار تخمین طول بستری بیمار CCU- مرداد و شهریورماه



جدول ۱- محاسبه نرخ اشغال تخت های بستری (%) بر حسب روزهای هفته

ماه	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه شنبه	چهارشنبه	پنج شنبه	جمعه
خرداد و تیر	۷۶/۱۹	۹۰/۴۷	۸۹/۵۱	۹۰/۴۶	۸۳/۳۳	۸۳/۳۳	۷۶/۱۹
مرداد و شهریور	۹۳/۷۴	۹۷/۶۱	۱۰۰	۱۰۰	۸۳/۳۳	۹۷/۴۷	۷۶/۱۰

مرحله دوم این پژوهش ، از جهت طراحی سیستم و بسته برنامه نرم افزاری با برنامه نرم افزاری Hpsim مدلسازی و رسم گرافیکی را انجام میدهم و با نرم افزار مطلب طراحی برنامه Manage Time را انجام داده که محاسبات کارایی و زمان انتظار را نمایش میدهد. بر اساس یافته ها به آنالیز شبکه پتری می پردازیم . شبکه پتری می تواند برای بیان هر زمینه یا

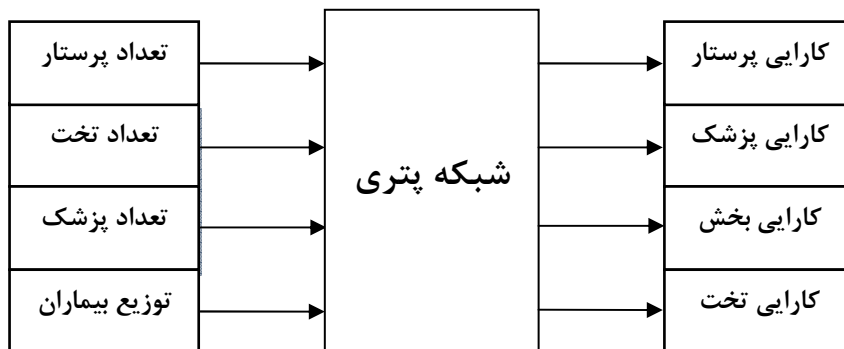
با مشاهده نتایج بدست آمده، در جدول ۱، درصد اشغال تخت به صورت میانگین در روز شنبه خرداد و تیرماه ۷۶/۱۹ می باشد از آنالیز تخت های بستری توسط زنجیره مارکوف در بخش ICU میتوان گفت تخت بلا استفاده در این بخش وجود ندارد و با توجه به ساختار بیمارستان میتوان تعداد تخت های بستری در بخش ICU را افزایش داد.

جهت شبیه سازی زمان انتظار بیمار، از مدل تئوری صف در شبکه پتری استفاده می کنیم. هدف اصلی ما در بحث تئوری صف تهیه و تدارک سطحی از امکانات است که تحت تاثیر صف قرار می گیرند و بدست آوردن راه حلی جهت حداقل نمودن هزینه های مربوطه است. تئوری صف و علم آمار و ریاضی چنان بسط یافته است که بتوان به مدیران در تجزیه و تحلیل صف یا انتظار و بهبود سیستم ها کمک نماید. بر این اساس جهت مدل سازی بخش های بیمارستان توسط شبکه پتری ابتدا باید روند جریان بیمار در یک بیمارستان را بررسی نماییم. سپس برای این جریان یک مدل شبکه پتری ارائه کنیم [۱۱].

سیستمی که می تواند به صورت گرافیکی توسط یک فلوچارت توصیف شود، و وسیله ای که برای نشان دادن فعالیت های موازی یا همزمان نیاز دارد، به کار رود. یک شبکه پتری یک مجموعه پنج تایی $P_N = (P, T, F, W, M_0)$ است که در آن، T یک مجموعه متناهی از گذارهاست و P یک مجموعه متناهی از مکان هاست و F مجموعه ای از قوس هاست و W یک تابع وزن است و M_0 یک نشان گذاری اولیه است.

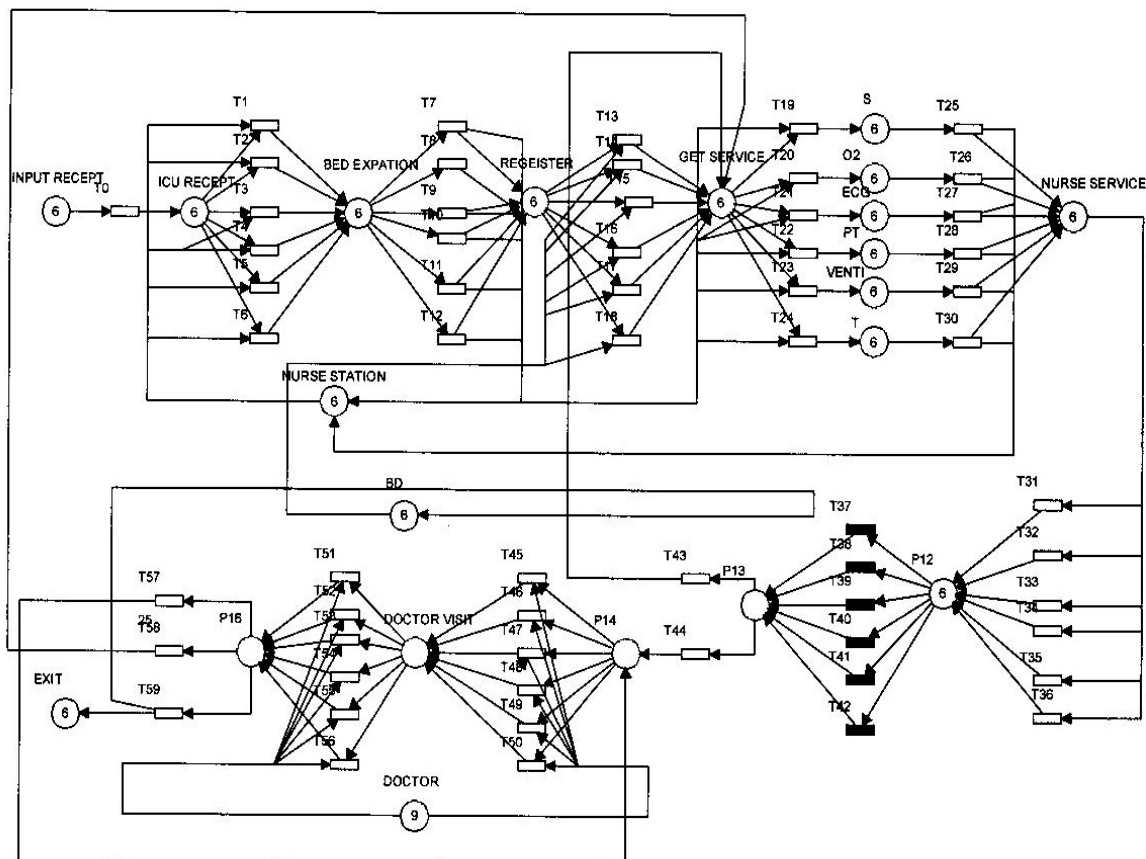
$$M'(p) = M(p) - I(p,t) + O(p,t) \forall p \in P, \\ M(p) \geq I(p,t)$$

شکل (۵) شبکه پتری بخش ICU



شکل (۶) شبکه پتری نت بخش ICU

ICU DEPARTMENT



محاسبات از روابط کلی زیر بدست آمده اند

$$Nurse_Performanc e = ((\sum_{j=2}^9 ((nstep - \sum_{i=1}^{nstep} n(if t_j s_i = 0 \rightarrow n = 1)) / nstep$$

درصد کارایی پرستار

$$+ (\sum_{j=21}^{28} ((nstep - \sum_{i=1}^{nstep} n(if t_j s_i = 0 \rightarrow n = 1)) / nstep)) \times 10 \cdot W_N$$

$$Bed_Performanc e = ((\sum_{j=10}^{42} ((nstep - \sum_{i=1}^{nstep} n(if t_j s_i = 0 \rightarrow n = 1)) / nstep$$

درصد کارایی تخت

$$+ (\sum_{j=51}^{58} ((nstep - \sum_{i=1}^{nstep} n(if t_j s_i = 0 \rightarrow n = 1)) / nstep)) \times 10 \cdot W_B$$

p = تعداد کل Step ها
 Step = زمان یک Step
 T_{total} = 5 × nstep دقیقه
 T_{bi} = زمان فعالیت گذار در step ام
 G = تعداد انواع سرویس دهنده در یک سیستم
 T_z = گذار خروجی سیستم

جدول ۲- حالت مختلف بخش ICU از نظر تعداد پزشک و پرستار...

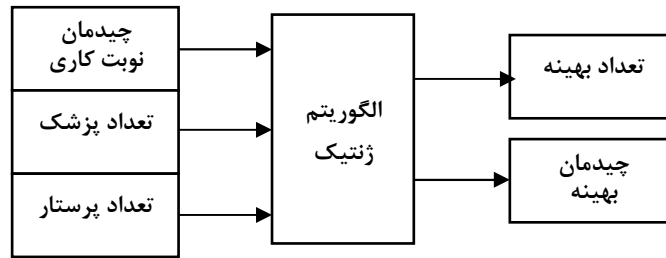
وضعیت	تعداد پزشک	تعداد پرستار	تعداد تخت
۱	۳	۴	۶
۲	۲	۴	۶
۳	۳	۳	۵

جدول ۳- نتایج حاصل از تحلیل شبکه پتری نت بخش ICU

وضعیت	انتظار در پذیرش Min	انتظار برای تخت Min	انتظار برای پرستار Min	انتظار برای پزشک Min	کارایی پزشک	کارایی پرستار	کارایی تخت
۱	۲/۲	۲۳	۱/۹	۱۶/۷	%۵۱	%۹۷/۱۶	%۵۴/۲۵
۲	۵/۶	۶۰	۱/۸	۳۴/۱۲	%۳۴	%۸۳/۳۳	%۸۴/۳۲
۳	۴/۸	۱۲۳	۲/۱	۱۱	%۶۵	%۸۵/۲۴	%۸۱/۸۶

جدول ۳، نتایج حاصل از تحلیل شبکه پتری نت توسط نرم افزار طراحی شده که کارایی پزشک، پرستار، تخت و میانگین زمان را بر اساس زمان انتظار بیمار و زمان سرویس دهی به بیمار محاسبه بر اساس اطلاعات ورودی جدول ۲ مشاهده میکنیم و در پایان به بررسی سیستم هوشمند الگوریتم ژنتیک می پردازیم که در برنامه طراحی شده عنوان Nurse Shift (Genetic Algorithm) را مشاهده می کنیم، که با انتخاب این گزینه و اجرای برنامه میتوانیم به بهینه سازی چیدمان برنامه نوبت کاری پرسنل و تنظیم تعداد نیرو بهره‌دازیم و در نهایت کارایی را محاسبه نمائیم. در ابتدا برنامه نوبت کاری پرستاری را که به صورت غیر دوره ای در هر ماه توسط سر پرستار و نظارت مدیر پرستاری تنظیم می شود

مورد بررسی قرار گیرد. جهت این مورد سه شیفت کاری ۷ صبح و ۷ عصر و ۱۲ شب را در نظر می گیریم. ساعت کاری طبیعی نیروهای مورد نظر برنامه ریزی در این مطالعه ۴۴ ساعت در هفته می باشد [۴]. این مسئله، یک مسئله بهینه، چند معیاره است زیرا برنامه نوبت کاری باید به گونه ای تنظیم شود که جدول هفتگی به صورت یکنواخت توسط پرستاران تکمیل گردد و در حالت پیچیده تر یک مدل ساده از توزیع پرستاران به کار در نوبت کاری مختلف نیز در نظر گرفته شود. معیار اول توزیع یکنواخت نیروی کار از نظر چیدمان و معیار دوم توزیع از نظر تعداد مورد نیاز در طول هفته می باشد که با تبدیل روند برنامه ریزی، تابع هزینه به صورت زیر تعیین می شود [۹ و ۵].



شکل (۶) مدلسازی با روش الگوریتم ژنتیکی

برای هر پرستار i ، m ، و هر الگوی نوبت کاری j ، z ، داریم:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{nurse } i \text{ worksshiftpattern } j \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

Normal work Hours: میزان ساعت کاری نرمال پرستاری

Number of Nurses: تعداد پرستارها

$$\sum_{j \in F(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad \text{و} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j \in F(i)} p_{ij} x_{ij} \rightarrow \min! \quad F(i) = \left. \begin{array}{l} \sum_{k=1}^7 a_{jk} = D_i \quad \forall j \in \text{days shifts} \\ \text{or} \\ \sum_{k=8}^{14} a_{jk} = N_i \quad \forall j \in \text{night shifts} \\ \text{or} \\ \sum_{k=1}^{14} a_{jk} = B_i \quad \forall j \in \text{combined shifts} \end{array} \right\}$$

$$f 1 = \sqrt{\sum_{i=1}^{\text{numofnurse}} (\text{WeekHour}_i - \text{NormalWorkHour})^2}$$

مطالعه حاضر در مقایسه نتایج در زمینه تفاوت میزان درصد، بهبود در کاهش هزینه را داریم. در تنظیم پارامترها و استراتژی‌های الگوریتم ژنتیکی برای دستیابی به زمان Run به حدود سه دقیقه برای دور بهینه‌سازی، سائز جمعیت ۴۰۰ و معیار توقف تا تولید ۴۰۰ نسل در نظر گرفته شد و برای انتخاب والدین از قاعده چرخ رولت استفاده گردید. بررسی و اجرای برنامه نشان داد که به همگرایی مناسب رسیده است. پس از طراحی سیستم به منظور بررسی کارایی آن، داده‌های پیش پردازش شده به سیستم ارائه و با اجرای سیستم، برنامه تنظیم گردید. با توجه به تعریف تابع هزینه و توضیحات فوق، برنامه چیدمان بهینه شده توسط روش الگوریتم ژنتیکی به صورت زیر می‌باشد. برنامه ریزی شیفت پرستاری به صورت دستی و سپس بهینه‌سازی برنامه پرستاری از نظر تعداد با نرم افزار طراحی شده بر اساس روش الگوریتم ژنتیک رادر جدول ۴ مشاهده می‌کنید.

کمینه کردن رابطه فوق به معنی کاهش دادن ساعت طبیعی است.

کد گذاری مناسب برای بیان کروموزوم‌ها با اختصاص شماره‌هایی به پرستاران طرح ریزی شد. برای تعیین کروموزوم، نمونه شامل ۱۰ پرستار می‌باشد که دارای برنامه غیردوره‌ای می‌باشند. طول رشته برابر تعداد روزهای هفته شامل سه شیفت ضربدر تعداد نیروی مورد نیاز در هر شیفت، شامل ۲۱۰ ژن می‌شود. جدول برنامه شامل ۲۱۰ خانه می‌باشد که توسط چیدمان نوبت کاری پرستاران و تعداد نیروی کمتر تکمیل می‌شود. هر کروموزوم متشکل از ژن‌ها یک راه حل مسئله است که شیفت پرستاران را به صورت یک و صفر در خانه‌های جدول برنامه توزیع می‌شود.

۴۰۰ جمعیت (Population) الگوی نوبت کاری و ۱۰۰ پیشنهاد (Suggestion) و ۲۱ ژن، و ۸۰ تا ۸۵ درصد، جابجایی کروموزوم (Cross Over) و حدوداً ۰.۰۱، درصد تغییر ژن (Mutation)، این سیستم طراحی شده است. در

جدول ۴- نتایج بهینه سازی برنامه پرستاری توسط روش الگوریتم ژنتیک

نتیجه	پیشنهاد	شیفت (۲۱-۱)	تعداد دستی	شماره پرستار(دستی)
۱۴ و ۳ و ۵	۳۲	۱۲	۴	۱۰۳ و ۷ و ۹
۱۴ و ۳	۲۳	۱۰	۵	۱۰ و ۸ و ۶ و ۲ و ۱
۵ و ۷	۲۳	۳	۲	۵ و ۷
۴ و ۱۰	۹۸	۷	۲	۴ و ۱۰

و در پایان جواب بهینه شده، نتایج اجرای الگوریتم ژنتیکی را در داده های ورودی شبکه پتری وارد می کنیم که نتایج را در جدول ۵ مشاهده می نمائید.

جدول ۵- محاسبه کارایی بخش ICU با دادگان دستی تعداد پرستار و پزشک

کارایی بخش	کارایی تخت	کارایی پزشک	کارایی پرستار	تعداد پزشک	تعداد پرستار	شیفت
٪۸۹/۱	٪۹۱/۶۶	٪۹۵/۸۳	٪۷۹/۵۴	۳	۴	۱۲
٪۹۰/۳۷	٪۹۱/۶۶	٪۹۵/۸۳	٪۸۳/۶۳	۳	۵	۱۰
٪۹۱/۲۸	٪۹۱/۶۶	٪۹۵/۸۳	٪۹۶/۳۶	۳	۶	۲۰
۸۸/۳۱	٪۹۱/۶۶	٪۹۳/۷۵	٪۷۹/۵۴	۲	۴	۱۱

جدول ۶- محاسبه کارایی بخش ICU با دادگان بهینه تعداد پزشک و پرستار

کارایی بخش	کارایی تخت	کارایی پزشک	کارایی پرستار	تعداد پزشک	تعداد پرستار	شیفت
٪۸۶/۰۴	٪۹۱/۶۶	٪۹۳/۷۲	٪۷۲/۷۲	۲	۳	۱۲
٪۸۹/۰۱	٪۹۱/۶۶	٪۹۵/۸۳	٪۷۸/۴۲	۳	۴	۱۰
٪۹۰/۳۷	٪۹۱/۶۶	٪۹۵/۸۳	٪۸۳/۶۳	۳	۵	۲۰
۸۶/۰۴	٪۹۱/۶۶	٪۸۷/۵۰	٪۸۱/۶۳	۲	۳	۱۱

وضوح تهیه و تدارک وسایل بیشتر و بهتر برای ارائه سرویس منجر به کمتر شدن زمان انتظار و نوبت خواهد شد و لذا هزینه هایی که به انتظار مربوط می شوند کمتر خواهد شد. با طراحی سیستم هوشمند در این پژوهش، این تعادل در عملیات حاصل شد، و در نتیجه در سیستم طراحی شده ۴۲ درصد بهبود کاهش هزینه و ۸۷ درصد صرفه جویی در زمان سرویس دهی را مشاهده می نماید.

با توجه به نتایج بدست آمده و مطالعاتی که قبلاً صورت گرفته میتوان به این موارد اشاره کرد که در محاسبه که به صورت روتین در بیمارستان در پایان هر ماه انجام می شود محدود به محاسبه نرخ اشغال تخت میباشد و موارد دیگر را نمیتوان بدست آورد. سیستمی که در این مقاله ارائه شده

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۵ در شیفت ۱۲ تعداد پرستار ۴ و تعداد پزشک ۳ و کارایی پرستار ٪۷۹/۵۴ و کارایی پزشک ٪۹۵/۸۳ و کارایی تخت ٪۹۱/۶۶ و کارایی بخش ٪۸۹/۱ محاسبه شده است و در جدول ۶ که نتایج محاسبه شده با نرم افزار طراحی شده میباشد تعداد پرستار ۳ و تعداد پزشک ۲ و کارایی پرستار ٪۷۲/۷۲ و کارایی پزشک ٪۹۳/۷۲ و کارایی تخت ٪۹۱/۶۶ و کارایی بخش ٪۸۶/۰۴ محاسبه شده است، اگر بیماران غالباً زیاد وارد سیستم شوند. در صورت کاهش افراد سرویس دهنده، مجبور خواهند بود برای سرویس منتظر بمانند و در مقابل اگر بیماران بطور ناپیوسته و غیر مداوم به سیستم وارد شوند، تسهیلات سرویس دهی در فاصله زمانی بین ورود، بیکار میمانند که باید تعادلی در این عملیات وجود آید به

وضعیت حاضر برنامه ریزی و تعیین کارایی در بیمارستانهای ایران، اغلب برنامه مطلوبی نبوده است، در این پژوهش، زنجیره مارکوف و شبکه پتری و الگوریتم ژنتیکی به عنوان روش های مدل سازی و توسعه مدل و بهینه سازی هوشمند برای حل مشکلات، کاهش هزینه و برنامه ریزی نیروی کار با موفقیت مورد استفاده قرار گرفت و امکان تعمیم آن نیز با انجام تغییرات و اصلاحاتی در برنامه نویسی وجود دارد. در نتایج به دست آمده از مطالعه نشان میدهد که این تحقیق پایه مناسبی برای انجام گسترده تر در تحقیقات آتی در زمینه طراحی سیستم مورد استفاده قرار گیرد به نحوی که قابل استفاده در بخش های مختلف بوده و امکانات بیشتری را برای نزدیک تر شدن به دنیای واقعی فراهم نماید.

تشکر و قدردانی:

با تشکر از تمامی افرادی که مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند، بویژه ریاست محترم دانشگاه آزاد واحد پزشکی تهران، معاونت محترم درمان، ریاست و مدیریت و پرسنل محترم بیمارستان بوعلی .

است نسبت به سیستم های موجود دارای مزیت است زیرا به طور همزمان میتوانیم علاوه بر محاسبه کارایی بخش و افراد سرویس دهنده به بیمار با تنظیم برنامه نوبت کاری با تعداد نیروی کمتر، و در نتیجه آن، بهینه کردن سیستم، چالش های عمده مرکز مدیریت بیمارستانها نیز برطرف شود.

نتیجه گیری:

نتایج حاصل از این پژوهش نشان میدهد با اینکه در نظام سلامت کنونی در کشور کارایی هایی مانند کارایی نیروی انسانی (پرستار و پزشک) و بخش قابل محاسبه نیست و درصد اشغال تخت و تنظیم برنامه نوبت کاری به صورت دستی و کاغذی تهیه می شود، این مسئله علاوه بر صرف وقت زیاد مدیران و هزینه و احتمال خطا در محاسبات انجام شده را در بر خواهد داشت. با شرایطی که با پیشرفت تکنولوژی و سیستم اتوماسیون اداری و امکان خودکار نمودن اینگونه اطلاعات فراهم می باشد، استفاده از روش های هوشمند برای تهیه برنامه بهینه ضروری به نظر می رسد. بررسی داده ها نشان داد

References

- [1] R. Azimi, "Series of hygiene and health rules of Tehran medical education (2002)". Tehran.
- [2] Mah Abadi, Aminollah. "Simulation" Azarakhsh publication: 1378
- [3] Mahdi, Alireza: "genetic algorithm and its application" Naghos Andish publication: 1387
- [4] Isken M.W, Hancock ., "A Heuristic Approach to Nurse Scheduling in Hospital Unit with Non-Stationary: Urgent Demand and a Fixed Staff Size, Journal of the Society for Health System. Vol .2.No.2, 1990: PP 43-52 .
- [5] Aickelin U.T "Genetic Algorithms for Multiple choice optimization problems", Thesis submitted to the university of Wales in candidature for the Degree of Doctor of philosophy, 1991.
- [6] Easton F., Mansour N. "ADistributed Genetic Algorithms for Employee Staffing and Scheduling problems, European journal operational Research, Volume 118, issue 3, 1 November 1999: PP 505-523.
- [7] Gallivan S., Utlely M., Treasure T. & Valencia O., Booked inpatient admissions and hospital capacity: mathematical modeling study, British Medical Journal 324(7332), 280- 282, 2002.
- [8] Efstria, Mourtu. "Modelling and Analyzing a hospital procedure using a PETRI-NET Approach", in IEEE, V.77; NO .4; April: 1996.
- [9] Anzi M., Miura Y., "Computer Programme for quick work scheduling of Nurseing staff" Medical Informatics, 1987: PP 43-52 .
- [10] Gorunescu F., McClean S. I. & Millard P. H., "A queueing model for bed-occupancy management and planning of hospitals", Journal of the Operational Research Society 53(1), 11- 24, 2002
- [11] Maya Ramakrishnan, David Sier and Peter Taylor, "Three approaches to modeling hospital patient flows", Department of Mathematics and Statistics University of Melbourne and CSIRO, 2004.
- [12] MACKAY M., "Practical experience with bed occupancy management and systems: an Australian view", Health Care Management Science 4(1), 47- 56, 2001

Simulation Conference, pp. 31- 35, Institute of Electrical and Engineers, Piscataway, New Jersey. Elec-tronics, 1998.