بهینه‌سازی چندهدفه زمان‌بندی جراحی‌های اتاق‌عمل با اولویت‌های پزشکی در جراحی

مورد مطالعه در بیمارستان چشم پزشکی الزهرا (س) زاهدان

مطهره پیام[۱]، فرزاد فیروزی جهانتیغ[۲]*

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۱۰

چکیده:

زمینه و هدف: *با توجه به اهمیت سلامت و درمان استفاده از مدل‌های مناسب برای برنامه‌ریزی و تنظیم زمان جراحی ها ضرورت دارد. در این پژوهش، یک مدل ریاضی برای زمان‌بندی عملیاتی جراحی‌های اتاق-های عمل بیمارستان ارائه شده است.*

مواد و روش‌ها: *مطالعه حاضر از نوع کاربردی است و مجموعه داده‌های آن متعلق به اتاق‌های جراحی بیمارستان چشم پزشکی الزهرا (س) زاهدان است. جامعه پژوهش، جراحی‌های صورت گرفته در اسفند ماه ۹۴ می‌باشد. مدل ریاضی بهبود زمان‌بندی جراحی‌های اتاق عمل در نرم‌افزار $MATLAB_{2014}$ بهینه‌سازی شده است.*

نتایج: *با توجه به محدودیت ظرفیت پذیرش بیماران در بخش جراحی بیمارستان، از ۷۹ جراحی صرف نظر شده است. در مدل ارائه شده، شاخص کل زمان انتظار محاسبه شده برای انجام جراحی‌ها ۱۵۴۷/۲۹ است که این شاخص بدون به کارگیری مدل ۱۸۴۲ است. بنابراین حدود ۱۶ درصد در شاخص زمان انتظار بهبود حاصل شده است. میزان تاخیر به وجود آمده در زمان خاتمه جراحی‌ها طبق تابع هدف سوم در یک ماه ۶۹.۱۵ ساعت به دست آمده است. فرآیند هر جراحی شامل چهار فعالیت تعریف شده است. زمان خاتمه فعالیت مربوط به هر جراحی مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به محدودیت‌های موجود بهینه شده است.*

نتیجه‌گیری: *مدل پیشنهادی موجب بهبود ۱۶ درصدی شاخص زمان انتظار و امکان انتخاب جراحی‌هایی که باید بطورموقت لغو و یا تاخیر انجام شوند را با توجه به اولویت‌های پزشکی، امکان‌پذیر می‌کند.*

کلمات کلیدی: *اتاق عمل، زمان‌بندی جراحی، مدل‌سازی ریاضی، بهینه‌سازی*

[۱] کارشناسی ارشد بخش مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
آدرس الکترونیکی motahareh.payam@pgs.usb.ac.ir تلفن: ۰۹۳۷۷۴۹۴۸۱۶
[۲] استادیار بخش مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران؛ (*نویسنده مسئول).

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-26]

مقدمه

صنعت سیستم‌های سلامت یکی از بزرگ‌ترین صنایع در بخش خدمات است (۱). اتاق‌های عمل، منابع بسیار مهمی در بیمارستان هستند به صورتی که در بعضی از بیمارستان‌ها بیش از ۴۰ درصد از کل درآمدها و بخش بزرگی از هزینه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند (۲). در حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد پذیرش‌های بیمارستانی برای انجام عمل‌های جراحی صورت می‌گیرد (۳). یکی از راهکارهای موجود برای تخصیص مناسب منابع بهداشتی بین خدمات پرهزینه بیمارستانی و مراقبت‌های بهداشتی، بهبود مدیریت است. زمان‌بندی، یکی از طرح‌های کلیدی برای موفقیت در مدیریت سازمان‌ها است که سال‌ها در صنایع تولیدی کاربرد دارد. این استراتژی اخیراً مورد توجه بسیاری از صنایع خدماتی ازجمله صنعت بهداشت و درمان واقع‌شده است. استراتژی زمان‌بندی بهتر برای بهبود سطح بهینگی و دستیابی به صرفه‌جویی در هزینه‌ها لازم است (۴-۶). بهبود کارایی اتاق-های عمل به دلیل ارتباط نزدیکی که این دپارتمان با سایر بخش‌های بیمارستان دارد علاوه بر رضایت بیماران، تاثیر به-سزایی در افزایش کارایی کل بیمارستان خواهد داشت. بنابراین توجه به محوریت بیمار در مراکز درمانی، تلاش مستمر برای کاهش هزینه‌ها و کاهش مدت زمان حضور بیمار در سیستم، ضمن حفظ ارزش‌ها و کیفیت درمان و توجه به بهینه‌سازی جریان بیمار و کاهش اختلالات زمانی اتاق عمل ضرورت پیدا می‌کند (۵).

در این پژوهش به منظور بهینه‌سازی زمان‌بندی بلند مدت اتاق-های عمل یک بیمارستان ضمن در نظر گرفتن محدودیت‌های واقعی اتاق‌های عمل، مدت‌زمان انجام عمل‌های جراحی از قبل، مشخص و شرایط به‌صورت قطعی در نظر گرفته شده است. همچنین با توجه به اینکه فرآیند زمان‌بندی از زمان ورود به تالار جراحی و خروج از آن صورت گرفته، بالطبع منابع موردنیاز برای قبل و بعد از تالار جراحی بدون محدودیت فرض شده است. زمان آماده‌سازی عمل‌های جراحی نیز به نوع عمل‌های جراحی وابسته نبوده و آماده‌سازی اتاق‌های عمل برای تمامی آن‌ها یکسان فرض شده است. بنابراین بر روی یک مدل قطعی واقع‌بینانه تمرکز می‌کنیم و حل مدل ارائه‌شده که در یک چارچوب زمانی قابل‌قبول در نظر گرفته می‌شود، باید یک سطح معقول از کیفیت را دارا باشد. برنامه‌ریزی اتاق عمل باکار ادیر[1] در سال ۱۹۵۳ آغاز شد (۷). در دهه ۶۰ پژوهشگران بسیاری همچون گلدمن[2] (۸) به جرگه پژوهشگران زمان‌بندی و برنامه-ریزی اتاق عمل پیوستند و به مطالعاتی درزمینه‌ی تعیین بهینه تعداد اتاق‌های عمل و ارزیابی سیاست‌های زمان‌بندی پرداختند. کنترل تغییرپذیری در اتاق عمل برای افزایش کارایی آن توسط دیویس[3] (۹) و تعیین سیستم تصمیم‌گیری برای زمان‌بندی بیماران انتخابی توسط جیول[4] (۱۰) نیز در این دوره ارائه شد.

این پژوهش‌ها روند افزایشی خود را در دهه هفتاد نیز طی کردند. در این دهه، پژوهشگرانی چون چارنتسکی[5] (۱۱) ، مورگان[6] (۱۲) و یا شیمتز[7] (۱۳) وارد عرصه شدند و پژوهش‌هایی در زمینه‌ی کاهش هزینه‌های بیکاری اتاق عمل، تعیین ظرفیت واحدهای جراحی و ارزیابی سیاست‌های زمان‌بندی بیماران را با استفاده از روش‌هایی چون شبیه‌سازی و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی ارائه کردند. هنکک[8] (۱۴)، جونز[9] (۱۵) و لاوری[10] (۱۶) در دهه ۱۹۸۰ اولین پژوهش‌های خود را درزمینه زمان‌بندی و برنامه‌ریزی اتاق عمل عرضه کردند. مدل‌های شبیه‌سازی گسسته پیشامد برای مدیریت زمان‌بندی اتاق عمل، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تالار جراحی و ارائه روش‌هایی برای ارزیابی کارایی اتاق عمل ازجمله مواردی است که می‌توان در این دوره به آن‌ها اشاره کرد. اما دهه ۱۹۹۰ اوج پژوهش‌های انجام‌شده از سال ۱۹۵۳ محسوب می‌شود. این دوره، شروع کار پژوهشگران خوش‌نامی همچون دکستر[11] (۱۷) و یا بلیک[12] (۱۸) است که در طی سالیان متمادی، پژوهش‌های ارزشمندی درزمینه مدیریت و زمان‌بندی اتاق عمل ارائه کردند.

اتاق‌های عمل درعین‌حال که بالاترین درآمد را برای بیمارستان‌ها در پی‌دارند همانند منابع کلیدی و مهم منجر به اتلاف زمان و هزینه زیادی می‌گردند. به همین دلیل مدیران بیمارستان‌ها علاقه‌مند به افزایش کارایی و استفاده از روش‌های مؤثر اداره اتاق عمل می‌باشند، که باعث بهبود کیفیت و اثربخشی بیمارستانشان می‌شود. بنابراین به‌عنوان یک گام اساسی، زمان‌بندی جراحی، نقشی حیاتی را در مدیریت اتاق عمل، بازی می‌کند. در پژوهش حاضر مدل ریاضی بهبود مسئله زمان‌بندی جراحی‌های اتاق عمل که بیان‌کننده‌ی طیف گسترده‌ای از این مسائل در سطح عملیاتی در دنیای واقعی است ارائه شده است که از طریق در نظر گرفتن اولویت‌های پزشکی، کاهش زمان انتظار بیماران کاندید جراحی و تاخیرهای صورت گرفته در هر جراحی موجب بهبود زمان‌بندی اتاق عمل می‌شود.

[1] Adair
[2] Goldman

[3] Davis
[4] Jewell
[5] Charnetski
[6] Morgan
[7] Schmitz
[8] Hancock
[9] Jones
[10] Lowery
[11] Dexter
[12] Blake

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-26]

Published By Tehran University Of Medical Sciences: www.TUMS.ac.ir

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع توصیفی است. همچنین، استراتژی تحقیق از نوع مطالعه موردی است. با توجه به اینکه جراحی یکی از هزینه‌برترین و از لحاظ تنظیم زمانی کلیدی‌ترین موارد درمان و بسیار متنوع است، در این پژوهش به بهبود مسئله‌ی زمان‌بندی جراحی پرداخته شده است. در این راستا با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی، یک مدل ریاضی برای زمان‌بندی عملیاتی جراحی‌های اتاق‌های عمل بیمارستان ارائه شده که در این مدل جنبه‌های بیشتری از دنیای واقعی و ابعاد مختلف کارایی یک اتاق جراحی مد نظر قرار گرفته است. مدل ارائه شده روی مسائل عملیاتی تمرکز می‌کند و تصمیماتی که در این رابطه اتخاذ می‌شود در سطح بیمار می‌باشد. مورد مطالعه، بیمارستان چشم پزشکی الزهرا(س) زاهدان است. در این پژوهش افق زمانی برنامه‌ریزی به صورت ماهیانه مورد بررسی قرار می‌گیرد و داده‌های مربوط به ۴۹۳ جراحی صورت گرفته در طول اسفند ماه سال ۹۴ در اتاق های جراحی بیمارستان مورد مطالعه است. اطلاعات مربوط به جراحی ها از سیستم HIS بیمارستان استخراج گردید و بهینه‌سازی مدل پیشنهادی با استفاده از نرم افزار MATLAB2014 انجام گرفته است. فرآیند تحقیق شامل دو مرحله ی ۱- مدل سازی و فرموله کردن و ۲- پیاده سازی مدل پیشنهادی در بیمارستان مورد مطالعه است.

۱- مدل سازی و فرموله کردن: در مرحله اول از فرآیند تحقیق، به مدل سازی مسئله و فرموله کردن آن پرداخته شده است. به منظور تدوین مدل با توجه به پیچیدگی مسئله زمان بندی جراحی های اتاق عمل در قالب یک تابع هدف سه هدفه به بررسی سه فاکتور انتخابی کردن جراحی های اتاق عمل، زمان انتظار و تاخیر جراحی ها پرداخته شده است.

۲- پیاده سازی مدل پیشنهادی در بیمارستان مورد مطالعه: پیاده سازی مدل پیشنهادی در بیمارستان مورد مطالعه در بازه زمانی یک ماهه بررسی شده است. میزان بهبود حاصل شده در هر کدام از فاکتورهای مورد بررسی میزان اثربخشی مدل پیشنهادی را نشان می دهد.

یافته ها

۱) مدل سازی و فرموله کردن:

متغیرها و پارامترهای مورد استفاده در مدل (۱۹) ارائه شده، به صورت زیر خلاصه شده اند:

متغیرها:

y_p: متغیر صفر و یک.

C_p: زمان اتمام جراحی pام.

O_w^p: زمان انتظار هر بیمار.

ϵ_p^r : دیرترین زمان خاتمه فعالیتی در پروژه ی pام که از منبع rام استفاده کرده است.

پارامترها:

P: مجموعه ای از جراحی‌ها ($p \in P$).

$\tilde{P}$: مجموعه ای از پروژه ها که برای زمان‌بندی انتخاب می شوند ($\tilde{P} \subseteq \mathbf{P}$).

r: تعداد اعضای مجموعه $\tilde{P}$.

n: تعداد کل تقاضاهای جراحی.

k: مشخص کننده گروهی که جراحی pام متعلق به آن است.

m: انواع گروه‌های جراحی.

β_p^k: اهمیت مربوط به زمانبندی پروژه pام که متعلق به گروه جراحی kام است.

x_p: زمان مراجعه بیمار pام.

D_p: تاریخ اختصاص داده شده به بیمارp ام با توجه به اولویت‌های پزشکی.

H_p :کران بالای C_p.

ضریب λ ($\lambda \geq 1$): $\lambda = 10$.

φ_p^r : زودترین زمان خاتمه فعالیتی در پروژه‌ی pام که از منبع rام استفاده کرده است.

R :کل منابع ($r \in R$).

R^0: منابع منتخب از کل منابع به منظور بررسی زمان خاتمه جراحی‌ها.

N^p: تعداد فعالیت جراحی ها ($i \epsilon N^p$: هر فعالیت).

ρ_r: وزنی که منابع موجود در مجموعه R^0 را متفاوت می کند.

l^r: حداقل وقفه زمانی میان زودترین و دیرترین زمان خاتمه فعالیتی در پروژه‌ی pام که از منبع rام استفاده کرده است.

U^r: حداکثر وقفه زمانی میان زودترین و دیرترین زمان خاتمه فعالیتی در پروژه ی pام که از منبع rام استفاده کرده است.

l^p و U^p: حداقل و حداکثر اهمیت زمانبندی مربوط به هر گروه جراحی را بیان میکند.

تابع هدف اول که در رابطه (۱) نشان داده شده است، هزینه‌ی لغو جراحی‌هایی را نشان می‌دهد که به علت در نظر گرفتن یک افق زمانی محدود در زمان‌بندی حاصل گنجانده نمی‌شوند. بنابراین زمان‌بندی حاصل تعداد مشخصی جراحی را پوشش نخواهد داد. رابطه (۲) حاصل جمع متغیرهای باینری y_p که تعداد مشخص (r) جراحی را امکان‌پذیر می‌کند، است.

$$O_U = \frac{\sum_{p \epsilon P \setminus \tilde{P}} \beta_p^k y_p}{\sum \beta_p^k} \quad , \; y_p \in \{0 و 1\} \qquad (۱)$$

$$\sum_{p=1}^{n} y_p = r \qquad (۲)$$

$$l^p < \beta_p^k \leq U^p \quad k=1,\ldots,m \; , P=1,\ldots,n \qquad (۳)$$

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-26]

در تابع هدف دوم، رابطه (۴) جمع نرمال شده‌ی زمان های انتظار جراحی بیماران گنجانده شده در زمان‌بندی (زمان انتظار کل) است. رابطه (۵) زمان انتظار هر بیمار و رابطه‌های (۶)، (۷) و (۸) محدودیت‌های تابع هدف را نشان می‌دهند.

$$O_w = \frac{1}{(1+\lambda)|p|} \sum_{p\in\tilde{p}} O_w^p . y_p \qquad (۴)$$

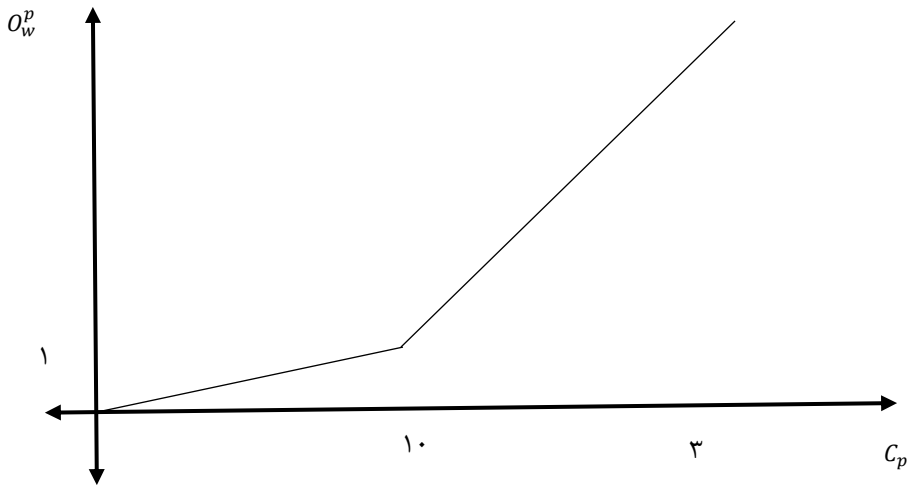
$$O_w = \begin{cases} \dfrac{C_p - X_p}{D_p - X_p} & X_p < C_p \le D_p \\ \beta_p^k > 30 & \\ 1+\lambda \dfrac{C_p - D_p}{H_p - D_p} & D_p < C_p \le H_p \\ \beta_p^k \le 30 & \end{cases} \qquad (۵)$$

$$X_p < D_p \qquad (۶)$$

$$c_p > x_p \qquad (۷)$$

$$H_p \ge D_p \qquad (۸)$$

تابع هدف دوم در شکل ۱ نشان داده شده است. شیب بخش اول تابع هدف به فاصله بین x_p و D_p بستگی دارد. برای بیماران اورژانسی هر چه مقدار $D_{p-}x_p$ کمتر باشد، رسیدگی به بیماران زودتر ارائه می‌شود. در این صورت تاریخی که جراحی صورت می‌گیرد (C_p) قبل از تاریخ اختصاص داده شده به بیمار(D_p) است. اگر $C_p > D_p$ باشد، شیب تابع به $H_p - D_p$ بستگی دارد. معمولا $H_p - D_p < D_p - X_p$ است. بنابراین شیب بخش اول کمتر از شیب بخش دوم تابع هدف است. با توجه به تابع تعریف شده برای محاسبه شاخص زمان انتظار برای هر بیمار، ابتدا ضریب اهمیت نسبی (β_p^k) جراحی مربوط به هر بیمار بررسی می‌شود.



شکل ۱. ترسیم تابع هدف دوم (O_w با X_p =0 و $D_p = 10$ و $H_p = 30$)

تابع هدف سوم در رابطه (۱۳) تاخیرهای به وجود آمده در زمان خاتمه (makespan) جراحی‌ها را حداقل می‌کند. در این قسمت مدل، هر جراحی مستقل از سایر جراحی ها در نظر گرفته می شود. همچنین هر جراحی خود شامل N^p فعالیت است. البته این فعالیت‌ها می‌توانند برای تمامی جراحی‌ها مشابه باشند ولی زمان انجام هر یک از این فعالیت‌ها برای هر جراحی متفاوت است.

$$O_E = \frac{1}{|R^0|\widehat{\rho_r^0}} \sum_{p\in\tilde{p}} \sum_{r\in R^0} \rho_r (\epsilon_p^r - \varphi_p^r) y_p \qquad (۹)$$

$$\widehat{\rho_r^0} = \max_{r\in R^0} \rho_r \qquad (۱۰)$$

$$l^r \le \epsilon_p^r - \varphi_p^r \le U^r \quad , \quad p\in\tilde{p} \qquad (۱۱)$$

مفهوم پارامتر $\widehat{\rho_r^0}$ و متغیر ϵ_p^r به ترتیب در رابطه‌های (۱۴) و (۱۵) را توصیف می‌شود. به دلیل حاصلضرب دو متغیر، تابع هدف غیرخطی می‌شود بنابراین برای خطی‌سازی مدل، نیاز به تغییر متغیر داریم که در رابطه‌ی (۱۶) نشان داده شده است.

$$\epsilon_p^r * y_p = q_p^r \quad , \quad p\in\tilde{p} \qquad (۱۲)$$

تغییر متغیر ایجاد شده محدودیت‌های (۱۷) و(۱۸) را به مدل اضافه می‌کند.

$$0 \le y_p \le 1 \quad , \quad y_p \in Z \qquad (۱۳)$$

$$0 \le q_p^r \le \epsilon_p^r \quad , \quad p\in\tilde{p} \qquad (۱۴)$$

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-26]

Published By Tehran University Of Medical Sciences: www.TUMS.ac.ir

۲) پیاده سازی مدل پیشنهادی در بیمارستان مورد مطالعه

در این پژوهش، مدل پیشنهادی برای زمان‌بندی جراحی‌های اتاق عمل، در بیمارستان چشم پزشکی الزهرا (س) زاهدان به کار گرفته شده است. بخش جراحی این بیمارستان ۵ اتاق عمل دارد که ۴ اتاق عمل برای بیمارهای از پیش‌نوبت‌داده شده مورد استفاده قرار می‌گیرد و یک اتاق دیگر اکثر اوقات به منظور جراحی‌های اورژانسی خالی نگه‌داشته می‌شود، ۶ تخت ریکاوری،۵ مانیتور و دو نفر پرسنل تمیزکاری دارد. اطلاعات مورد نظر در اسفند ماه سال ۱۳۹۴ از طریق مصاحبه با کارشناسان اتاق عمل و همچنین دریافت گزارش‌های مختلف سیستم HIS از بخش انفورماتیک بیمارستان جمع آوری گردید. خدماتی که این بیمارستان ارائه می‌دهد گروه‌های مختلف جراحی می‌باشند که در جدول ۱ ارائه شده‌است.

تعداد جراحی تقاضا داده شده در محدوده زمانی مورد مطالعه یعنی اسفند ماه ۱۳۹۴ در بیمارستان الزهرا(س)، ۵۷۲ جراحی از انواع مختلف همه گروه‌های جراحی بوده است. در محدوده زمانی مورد نظر امکان انجام ۴۹۳ جراحی وجود دارد. تابع هدف اول تعیین می‌کند که کدام جراحی‌ها زمان‌بندی شوند و به وسیله متغیر باینری y_p به تابع هدف دوم منتقل می‌شوند.

برای اعمال تابع هدف سوم در بخش جراحی، کل منابع شامل جراح، اتاق عمل، تخت ریکاوری و پرسنل تمیزکاری است:

$R=\{r=1,2,3,4\}$

که r=1 جراح، r=2 تخت ریکاوری، r=3 پرسنل تمیزکاری و r=4 اتاق عمل هستند و R^0 را شامل سه عضو از کل منابع یعنی جراح، تخت ریکاوری و پرسنل تمیزکاری در نظر گرفته شده است:

$R^0=\{r=1,2,3\}$

بنابراین۳= $|R^0|$ است. همانطور که گفته شد ρ_r وزنی است که منابع موجود در مجموعه R^0 را متفاوت می‌کند. با توجه به نظرات پرسنل اتاق عمل وزن هریک از منابع مورد نظر به اینصورت است:

$\rho_{r=1}=0.53$

$\rho_{r=2}=0.29$

$\rho_{r=3}=0.18$

برای منابع جراح و تخت ریکاوری حداقل و حداکثر وقفه زمانی بین زودترین و دیرترین زمان خاتمه‌ی فعالیتی در پروژه pام که از منبع rام استفاده کرده، به ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۵ است. در مورد منبع پرسنل تمیزکاری حداقل و حداکثر به ترتیب ۰/۱ و ۰/۱۵ است.

جدول ۱: گروه های مختلف جراحی

تخلیه چشم: k=1	$35 \le \beta_p^1 \le 65$	ترمیم:K=۱۵	$\beta_p^{15}=25$	اکسپلوراسیون-اکسیزیون-رفع فشار اوربیت:K=۲۹	$47 \le \beta_p^{29} \le 80.6$
اعمال ایمپلنت ثانویه: k=2	$12.7 \le \beta_p^2 \le 40$	تخریب:K=۱۶	$7 \le \beta_p^{16} \le 27$	دیگر اعمال فشار اوربیت:K=۳۰	$2 \le \beta_p^{30} \le 47$
درآوردن جسم خارجی: k =3	$25 \le \beta_p^3 \le 52$	انسیزیون عدسی:K=۱۷	$5 \le \beta_p^{17} \le 38.1$	اکسیزیون پلک ها:K=۳۱	$1.4 \le \beta_p^{31} \le 10$
ترمیم پارگی:K=4	$15 \le \beta_p^4 \le 52.5$	درآوردن کاتاراکت:K=۱۸	$30.9 \le \beta_p^{18} \le 48.5$	انسیزیون:K=۳۲	$\beta_p^{32}=8$
اکسیزیون قرنیه:K=5	$4.4 \le \beta_p^5 \le 28.1$	سگمان خلفی ویتره:K=۱۹	$19 \le \beta_p^{19} \le 30$	تریکیازیس:K=۳۳	$1.5 \le \beta_p^{33} \le 9.5$
خارج کردن-تخریب:K=6	$2.4 \le \beta_p^6 \le 6$	دستگاه آزادکننده دارو به داخل ویتره:K=۲۰	$7.6 \le \beta_p^{20} \le 76.7$	تارسوراخی:K=۳۴	$10 \le \beta_p^{34} \le 22$
کرایوتراپی ضایعه قرنیه:K=۷	$\beta_p^7=13.5$	ترمیم شبکیه:K=۲۱	$25.1 \le \beta_p^{21} \le 90$	ترمیم (افتادگی ابرو و...):K=۳۵	$16 \le \beta_p^{35} \le 26$
کراتوپلاستی:K=8	$\beta_p^8=55$	پروفیلاکسی:K=۲۲	$1.4 \le \beta_p^{22} \le 45$	انسیزیون و درناژ:K=۳۶	$\beta_p^{36}=5$
سایر اعمال مربوط به قرنیه:K=9	$17 \le \beta_p^9 \le 70$	ترمیم اسکلرا:K=۲۳	$29 \le \beta_p^{23} \le 41$	اکسیزیون و یا تخریب:K=۳۷	$5.5 \le \beta_p^{37} \le 19.1$
انسیزیون اتاقک قدامی:K=۱۰	$6.4 \le \beta_p^{10} \le 40$	جراحی استرابیسم- عضلات افقی:K=۲۴	$35 \le \beta_p^{24} \le 42$	تزریق:K=۳۸	$\beta_p^{38}=1.5$

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-26]

$22 \leq \beta_p^{39} \leq 29$	کونژونیکتیووپلاستی:K=۳۹	$13 \leq \beta_p^{25} \leq 32.1$	جراحی :K=۲۵ استرابیسم- عضلات عمودی	$6.1 \leq \beta_p^{11} \leq 46.6$	دیگر اعمال :K=۱۱ اتاقک قدامی
$4.8 \leq \beta_p^{40} \leq 35.6$	ترمیم ملتحمه:K=۴۰	$13 \leq \beta_p^{26} \leq 18$	عمل ترانس :K=۲۶ پوزیسیون	$16 \leq \beta_p^{12} \leq 60$	اسکلرای :K=۱۲ قدامی
$\beta_p^{41} = 28.6$	بستن پونکتوم :K=۴۱ اشکی به وسیله پلاک	$9 \leq \beta_p^{27} \leq 30.5$	بخیه های :K=۲۷ قابل تنظیم- جراحی استرابیسم	$25.9 \leq \beta_p^{13} \leq 42.2$	ترمیم یا :K=۱۳ اصلاح
$3.2 \leq \beta_p^{42} \leq 15$	میل زدن و اعمال :K=۴۲ وابسته	$\beta_p^{28} = 9.9$	دیگر اعمال :K=۲۸ ضمائم چشم	$18.5 \leq \beta_p^{14} \leq 50.1$	انسیزیون :K=۱۴ عنبیه و جسم مژگانی
$3.2 \leq \beta_p^{43} \leq 4$	میل زدن مجرای :K=۴۳ نازولاکریمال				

جدول ۱ معرفی گروه‌های جراحی و محدوده ارزش نسبی مربوط به هر یک از آن‌ها که امکان انجام در اتاق‌های عمل بیمارستان مربوطه را دارد، است که در مدل ارائه‌شده به عنوان ضریب اهمیت گروه‌های مختلف جراحی، موثر در تابع هدف اول می‌باشند. پیاده سازی مدل پیشنهادی در نرم افزار $MATLAB_{2014}$ انجام گردید. تابع هدف اول هزینه های جراحی های زمان بندی نشده را با توجه به اینکه کدام جراحی انتخاب شود ارائه می دهد که مقدار آن برابر ۰.۶۸ برآورد شده است. لازم به ذکر است منظور از هزینه، به خطر افتادن سلامتی و امنیت و کاهش کیفیت ارئه خدمات به بیماران می باشد. مقدار متغیرهای باینری مربوط به هر جراحی ارائه‌شده‌است. بررسی نتایج حاصل از تابع هدف اول نشان می‌دهد که از ۷۹ جراحی صرف نظر شده است. در تابع هدف دوم برای بررسی زمان انتظار هر کاندید جراحی شاخصی معرفی شده که با یک تابع دوتایی محاسبه می‌شود. شاخص کل زمان انتظار یک ماه ۱۵۴۷/۲۹محاسبه شده‌است. هر چه این شاخص مقدار کمتری داشته باشد زمان انتظار بیماران طی یک ماه در وضعیت بهتری قرار دارد. گزیده‌ای از خروجی تابع هدف دوم در جدول ۲ ارائه شده‌است.

جدول۲: گزیده ای از خروجی های تابع هدف دوم

شماره جراحی	تاریخ انجام جراحی	شاخص زمان انتظار	شماره جراحی	تاریخ انجام جراحی	زمان انتظار	شماره جراحی	تاریخ انجام جراحی	زمان انتظار
۱	۱۷	۳/۵	۱۰۳	۲۲	۳	۵۰۱	۲۳	۲/۲۵
۲	۱۳	۳/۵	۱۰۴	۵	۰/۵	۵۰۲	۲۹	۶
۳	۱۲	۳	۱۰۷	۱۵	۲/۶۷	۵۰۳	۳۰	۱۱
۴	۲۱	۳	۱۰۸	۲۴	۲/۴۳	۵۰۴	۲۲	۲/۱۱
۶	۱	۰/۱	۱۰۹	۱۱	۲/۶۷	۵۰۵	۱۶	۲
۷	۱۴	۶	۱۱۱	۱۱	۲/۶۷	۵۰۶	۱۷	۲
۹	۲۱	۳	۱۱۲	۱۱	۲/۴۳	۵۰۷	۱۸	۲/۲۵
۱۰	۱۳	۳/۵	۱۱۳	۱۳	۲/۴۳	۵۰۸	۱۹	۲/۱۱

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-26]

با توجه به قیدهای تعریف شده برای تابع هدف دوم، تاریخ انجام جراحی برای هر ۴۹۳ جراحی تعیین می‌شود. شاخص کل زمان انتظار باید حداقل شود بنابراین شاخص زمان انتظار مناسب برای هر بیمار با توجه به نوع جراحی محاسبه می‌شود. در تابع هدف سوم هر جراحی به ترتیب شامل چهار فعالیت تمیزکاری اتاق عمل، آماده سازی تجهیزات لازم و حذف تجهیزات غیرضروری، جراحی و ریکاوری است. به طور متوسط مدت زمان فعالیت‌های تمیزکاری اتاق عمل، آماده‌سازی تجهیزات لازم و ریکاوری به ترتیب ۱۵ دقیقه، ۲۰ دقیقه و ۳۰ دقیقه تخمین زده شدند و برای مدت زمان جراحی هشت حالت شامل {۰/۵، ۱ ، ۱/۵ ، ۲ ، ۲/۵ ، ۳، ۳/۵ و ۴}ساعت در نظر گرفته‌شده‌است. برای پارامتر φ_1^p هشت حالت شامل {۱/۰۸، ۱/۵۸، ۲/۰۸ ، ۲/۵۸ ، ۳/۰۸ ، ۳/۵۸، ۴/۰۸ و ۴/۵۸} محاسبه شده است. حاصل جمع پارامتر φ_1^p و مدت زمان عملیات ریکاوری، پارامتر φ_2^p است.

حداقل تاخیر به وجود آمده در زمان خاتمه جراحی ها طبق تابع هدف سوم در یک ماه ۶۹.۱۵ ساعت به دست‌آمده است. مقدار متغیر دیرترین زمان خاتمه فعالیتی که در هر کدام از جراحی‌ها به‌ترتیب از منابع جراح، تخت ریکاوری و پرسنل تمیزکاری استفاده می‌کند یعنی ε_1^p، هشت حالت شامل {۱/۳۳، ۱/۸۳، ۲/۳۳، ۲/۸۳، ۳/۳۳، ۳/۸۳، ۴/۳۳ و ۴/۸۳}و ε_2^p هشت حالت شامل {۱/۸۳، ۲/۳۳، ۲/۸۳، ۳/۳۳، ۳/۸۳، ۴/۳۳، ۴/۸۳ و ۵/۳۳} که براساس اینکه جراحی مورد نظر چه مدت طول بکشد به جراحی‌های مربوطه اختصاص پیدا می‌کند و ε_3^p ، برای همه‌ی جراحی‌ها ۰/۳۵ تخمین زده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در اکثر اتاقهای عمل و همچنین بیمارستان مورد مطالعه، رئیس اتاق عمل براساس لیست کاندیداهای جراحی یک برنامه‌ریزی اولیه انجام می‌دهد. یعنی با توجه به اولویت‌های پزشکی (β_p^k) به هر بیمار تاریخی برای انجام جراحی(D_p) اختصاص داده می‌شود. بر مبنای زمان‌بندی صورت‌گرفته بیماران انتخابی در هر روز مشخص، در انتظار انجام جراحی قرار می‌گیرند. این برنامه‌ریزی اولیه ممکن است به علت متغیر بودن و گستردگی فاکتورهای مهم در برنامه‌ریزی اتاق عمل غیر قابل انجام باشد. برنامه‌ریزی مورد نظر ممکن است با تغییرات و نقص‌های اساسی، از جمله عدم رعایت اولویت‌ها، افزایش تعداد جراحی‌های کنسل شده و زمان انتظار، افزایش زمان اضافه‌کاری و ... روبه رو شود. مدل پیشنهادی این پژوهش، سه هدفه است و تابع هدف اول این امکان را ایجاد می‌کند تا در صورت وجود محدودیت ظرفیت پذیرش بیمار در محدوده زمان‌بندی لغو جراحی‌ها، انتخابی و با توجه به اهمیت انجام هریک از آن‌ها صورت گیرد. در مطالعه موردی این پژوهش از انجام ۷۹ جراحی صرف نظر شده است.

در تابع هدف دوم، شاخصی برای ارزیابی زمان انتظار بیمار ارائه شده است که برای هر جراحی و همچنین شاخص کل برای تمام جراحی‌ها محاسبه می‌شود. تابع هدف دوم این امکان را ایجاد می‌کند که جراحی‌ها با توجه به ضریب اهمیت نسبی که به آن‌ها اختصاص داده شده است به جراحی‌هایی که خدمت‌رسانی سریع نیاز دارند و جراحی‌هایی که این نیاز را ندارند، گروه‌بندی شوند. براساس گروه‌بندی صورت گرفته تاریخ انجام جراحی به هریک از بیماران اختصاص پیدا می‌کند.

در این پژوهش بررسی‌ها نشان می‌دهد امکانی که این قسمت از مدل فراهم می‌کند باعث بهبود چشمگیری در زمان انتظار بیماران می‌شود، بخصوص بیماران اورژانسی که خدمت-رسانی به موقع به آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به مدل ارائه شده، شاخص کل زمان انتظار محاسبه شده برای انجام جراحی‌ها ۱۵۴۷/۲۹ است که این شاخص بدون به کارگیری مدل ۱۸۴۲ است. بنابراین حدود ۱۶ درصد در شاخص زمان انتظار بهبود حاصل شده است.

در تابع هدف سوم برای هر جراحی سیکل یکسانی در نظر گرفته شده است که شامل چهار جزء تمیزکاری اتاق عمل، آماده‌سازی تجهیزات و بیمار، جراحی و ریکاوری است. تفاوت فرآیند جراحی‌ها با یکدیگر طول مدت جراحی می‌باشد. میزان تاخیر به وجود آمده در زمان خاتمه جراحی‌ها در یک ماه ۶۹.۱۵ ساعت به دست آمده است. این قسمت از مدل نه تنها تاخیرهای هر جراحی را محاسبه می‌کند بلکه تاخیر را به تفکیک چهار فعالیت فرآیند جراحی به دست می‌آورد.

با توجه به گستردگی و پیچیدگی مسائل برنامه‌ریزی و زمان‌بندی اتاق عمل، ابعاد متنوعی از اتاق عمل در این مسائل بررسی می‌شوند. در این راستا یکی از رویکردهای سیستماتیکی که مورد استفاده قرار گرفته است، ارائه انواع مدل‌های ریاضی است که هر کدام ابعاد مختلفی از این مسئله را پوشش می‌دهند. یکی از مسائل اساسی در برنامه‌ریزی اتاق عمل تخصیص جراحی‌ها به اتاق‌های عمل در دسترس، با توجه به همه محدودیت‌ها است. در این راستا پژوهش‌هایی انجام گرفته‌اند که طی دو مرحله تخصیص و زمان‌بندی جراحی‌ها را بررسی می‌کنند(۲۰, ۲۱). بعضی از این مدل‌های ریاضی، با هدف کاهش انسداد یا وقفه در فرآیند پیش از عمل جراحی با تاکید بر در دسترس بودن منابع پایین‌دستی (واحد مراقبت‌های ویژه، واحد مراقبت‌های ویژه بیهوشی و...) ارائه شده‌اند(۲۲) در بعضی از پژوهش‌ها همزمان با در نظر گرفتن محدودیت‌های مختلف، برنامه‌ریزی بیماران انتخابی و بیماران

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-26]

اورژانسی را نیز شامل می‌شود(۲۳). مدل‌سازی زمان‌بندی وقتی پیچیده‌تر می‌شود که محدودیت منابع انسانی(۲۴) و محدودیت فیزیکی (مواد و تجهیزات مورد نیاز) نیز مورد بررسی قرار گیرند(۲۵). بعضی از این مدل‌ها به بررسی جریان هزینه‌ای اتاق عمل و حداقل‌کردن آن می‌پردازند(۲۶). در مسائل زمان‌بندی و برنامه‌ریزی اتاق عمل، عدم قطعیت‌های مختلف موجود مانند عدم قطعیت در مدت زمان جراحی و مدت اقامت بیماران پس از جراحی(۲۷)، عدم قطعیت در دسترسی به منابع پایین دستی(۲۸) و ... مورد بررسی قرار می‌گیرد که در صورتی از آن‌ها صرف نظر شود مسئله تا حدودی از واقعیت فاصله می‌گیرد. در این پژوهش با توجه به سه هدفه بودن مدل پیشنهادی به منظور جلوگیری از پیچیدگی مدل از عدم قطعیت‌ها چشم‌پوشی شده است. در سایر پژوهش‌ها مانند دنتون[1] و همکاران به بررسی چگونگی تاثیرگذاری ترتیب دهی یا توالی بر زمان انتظار بیماران اتاق عمل پرداخته‌اند. مسئله مورد نظر به صورت یک مدل عدد صحیح دو مرحله‌ای مدل‌سازی شده است(۲۹). همچنین در پژوهش‌های زمان‌بندی، تمرکز بر افزایش تعداد بیماران درمان شده باعث کاهش زمان انتظار شده است. به عنوان مثال ونبرکل و بلیک با استفاده از شبیه‌سازی رویداد گسسته به بررسی چگونگی تغییر زمان انتظار با افزایش بیماران درمان شده پرداختند (۳۰). در پژوهش ریسه و همکاران(۱۹) تاخیر در فاصله‌های زمانی مشخص محاسبه شده‌است در حالی که در این پژوهش طبق تابع هدف سوم، تاخیرها به تفکیک هر جراحی محاسبه شده است.

همانطور که اشاره شد، مسئله زمان بندی اتاق عمل را می‌توان به شکل‌های مختلفی تعریف کرد. نتایج این پژوهش با توجه به چشم‌پوشی از عدم قطعیت‌های موجود بهبود قابل توجهی را در برنامه زمان‌بندی ایجاد کرده است. افزودن این عدم قطعیت ها به مدل ریاضی به راحتی امکان پذیر نیست. همچنین باید توجه داشت که در بیمارستان مورد مطالعه فقط جراحی‌های مربوط به چشم انجام می‌شود. پیشنهاد می‌شود از قابلیت‌های روش بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی، به منظور تسهیل یکی از محدودیت‌های پژوهش یعنی هماهنگ کردن متغیرها، پارامترها و محدودیت‌های مدل با اطلاعات دسترس استفاده شود. با استفاده از این روش مدل پیشنهادی در محدوده‌های زمانی ماهیانه، هفتگی و روزانه در بیمارستان‌های بزرگ‌تر پیاده‌سازی شود.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع (بهینه سازی سیستم ها) دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد. از معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان، معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سیستان و بلوچستان و همچنین، مدیریت و پرسنل بیمارستان چشم پزشکی الزهرا زاهدان به خاطر حمایت های انجام شده جهت انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می نماییم.

[1] Denton

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-26]

References

1. Keehan S, Sisko A, Truffer C, Smith S, Cowan C, Poisal J, et al. Health spending projections through 2017: the baby-boom generation is coming to Medicare. Health Affairs. 2008;27(2):w145-w55.
2. Denton BT, Miller AJ, Balasubramanian HJ, Huschka TR. Optimal allocation of surgery blocks to operating rooms under uncertainty. Operations research. 2010;58(4-part-1):802-16.
3. Hans EW, Nieberg T. Operating room manager game. INFORMS Transactions on Education. 2007;8(1):25-36.
4. Erdogan SA, Denton BT, Cochran J, Cox L, Keskinocak P, Kharoufeh J, et al. Surgery planning and scheduling. Wiley Online Library; 2011.
5. Cardoen B, Demeulemeester E, Beliën J. Operating room planning and scheduling: A literature review. European Journal of Operational Research. 2010;201(3):921-32.
6. Guerriero F, Guido R. Operational research in the management of the operating theatre: a survey. Health care management science. 2011;14(1):89-114.
7. Adair AM. Planning and organizing an operating room suite. The American journal of nursing. 1953:1212-4.
8. Goldman J, Knappenberger HA, Moore Jr E. An evaluation of operating room scheduling policies. Hospital Management. 1969;107(4):40.
9. Davis JG, Reed Jr R. VARIABILITY CONTROL IS THE KEY TO MAXIMUM OPERATING ROOM UTILIZATION. Modern hospital. 1964;102:113-6 PASSIM.
10. Jewell W, Fox BL. Decision systems for scheduling elective patients into hospitals: Human Factors in Technology Research Group, Institute of Engineering Research, University of California; 1964.
11. Charnetski JR. Scheduling operating room surgical procedures with early and late completion penalty costs. Journal of Operations Management. 1984;5(1):91-102.
12. Morgan D. Block booking in the OR--a solution to a multitude of sins. Canadian hospital. 1972;49(2):54.
13. Schmitz HH, Kwak N. Monte Carlo simulation of operating-room and recovery-room usage. Operations Research. 1972;20(6):1171-80.
14. Hancock WM, Walter PF, More RA, Glick ND. Operating room scheduling data base analysis for scheduling. Journal of medical systems. 1988;12(6):397-409.
15. Jones AW, Sahney VK, Kurtoglu A, editors. A discrete event simulation for the management of surgical suite scheduling. Proceedings of the 16th annual symposium on Simulation; 1983: IEEE Computer Society Press.
16. Lowery JC, Davis JA, editors. Determination of operating room requirements using simulation. Simulation Conference Proceedings, 1999 Winter; 1999: IEEE.
17. Dexter F, Macario A, Traub RD, Hopwood M, Lubarsky DA. An operating room scheduling strategy to maximize the use of operating room block time: computer simulation of patient scheduling and survey of patients' preferences for surgical waiting time. Anesthesia & Analgesia. 1999;89(1):7-20.
18. Blake JT, Carter MW. Surgical process scheduling: a structured review. Journal of the society for health systems. 1996;5(3):17-30.
19. Riise A, Mannino C, Burke EK. Modelling and solving generalised operational surgery scheduling problems. Computers & Operations Research. 2016;66:1-11.
20. Vancroonenburg W, Smet P, Berghe GV. A two-phase heuristic approach to multi-day surgical case scheduling considering generalized resource constraints. Operations Research for Health Care. 2015;7:27-39.
21. Landa P, Aringhieri R, Soriano P, Tànfani E, Testi A. A hybrid optimization algorithm for surgeries scheduling. Operations Research for Health Care. 2016;8:103-14.
22. Abedini A, Li W, Ye H. An optimization model for operating room scheduling to reduce blocking across the perioperative process. Procedia Manufacturing. 2017;10:60-70.
23. Jebali A, Diabat A. A Chance-constrained operating room planning with elective and emergency cases under downstream capacity constraints. Computers & Industrial Engineering. 2017.
24. Roland B, Di Martinelly C, Riane F, Pochet Y. Scheduling an operating theatre under human resource constraints. Computers & Industrial Engineering. 2010;58(2):212-20.
25. Latorre-Núñez G, Lüer-Villagra A, Marianov V, Obreque C, Ramis F, Neriz L. Scheduling operating rooms with consideration of all resources, post anesthesia beds and emergency surgeries. Computers & Industrial Engineering. 2016;97:248-57.
26. Zhou B-h, Yin M, Lu Z-q. An improved Lagrangian relaxation heuristic for the scheduling problem of operating theatres. Computers & Industrial Engineering. 2016;101:490-503.
27. Neyshabouri S, Berg BP. Two-stage robust optimization approach to elective surgery and downstream capacity planning. European Journal of Operational Research. 2017;260(1):21-40.
28. Min D, Yih Y. Scheduling elective surgery under uncertainty and downstream capacity constraints. European Journal of Operational Research. 2010;206(3):642-52.
29. Denton B, Viapiano J, Vogl A. Optimization of surgery sequencing and scheduling decisions under uncertainty. Health care management science. 2007;10(1):13-24.
30. VanBerkel PT, Blake JT. A comprehensive simulation for wait time reduction and capacity planning applied in general surgery. Health care management Science. 2007;10(4):373-85.

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-26]

Multi- objective optimization of scheduling surgeries at surgery room with medical priorities in surgery

(Case study: Zahedan Al-Zahra eye Hospital)

Motahareh Payam[1], Farzad Firouzi jahantigh[2] *

Submitted: 2017.9.4 Accepted: 2019.9.1

Abstract

Background: According to the importance of health and treatment, it is necessary to use suitable models for planning and setting surgery time. In this study, a mathematical model is offered for operational scheduling of surgeries at surgery rooms of hospitals.

Material and Methods: This is an applied study and its data is related to the surgery rooms of Zahedan Al-Zahra eye hospital. Study population was the surgeries performed in March 2016. The mathematical model of scheduling surgeries at the surgery room was optimized in $MATLAB_{2014}$.

Results: Due to limitations on patient admission capacity in hospital surgery ward, 79 surgeries were called off. In the proposed model, the total waiting time index for performing surgeries was 1547.29, and this index was found to be 1842 without the use of the model. Therefore, the waiting time index was improved by 16%. In accordance with the third purpose (objective) function, the tally of delays for predicted surgery ending time in one month was estimated to be 69.15 hours. The process of each surgery includes four defined activities. The end time of the activities related to each surgery has been examined and it has been optimized according to the existing limitations.

Conclusion: The proposed model can improve the waiting time by 16% and makes it possible to choose the surgical procedures that should be canceled and delayed according to medical priorities.

Keywords: Surgery room, Surgery scheduling, Mathematic modeling, Optimization

[1] Msc. In Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran, Email: motahareh.payam@pgs.usb.ac.ir , Tel: 09377494816

[2] Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. (* Correspoding Author)

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-26]