

ارزیابی تأثیرات اولویت بندی بیمار بر برنامه اتاق عمل در مراکز درمانی

پیمان محمدی نصرآبادی^۱، اباسط میرزایی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
^۲ استادیار گروه مدیریت خدمات بهداشتی و درمانی، دانشکده بهداشت، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

نام نویسنده مسئول:

پیمان محمدی نصرآبادی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۳

چکیده

لیست های انتظار در خدمات بهداشتی و درمانی برای منطقی سازی ظرفیت و در نتیجه هزینه آنها از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. با این حال، از آنجا که تقاضا بیش از ظرفیت است، لیست انتظار به سرعت رشد می کند بنابراین، کاهش زمان انتظار برای دسترسی به خدمات مورد نیاز به یکی از اصلی ترین نگرانی های سیستم های مراقبت های بهداشتی تبدیل شده است. در تحقیق پیش رو با توجه به اهداف بیان شده به بررسی دو راهکار و در نتیجه ارایه دو مدل ریاضی برای بهبود عملکرد بیمارستان ها در این حوزه میپردازیم. برای مدلسازی مدل اول از مدل ریاضی دو هدفه که یک برنامه ریزی عدد صحیح است، استفاده شد که تمام پارامترهای مدل ما قطعی هستند. در مدل دوم یک روش یکپارچه برای ادغام اولویت بندی بیمار و زمانبندی بیمار پیشنهاد می شود تا اطمینان حاصل شود که بیماران با بالاترین اولویت ابتدا خدمات را دریافت می کنند. **واژگان کلیدی:** برنامه ریزی اتاق عمل، زمانبندی چند هدفه، الویت بندی بیماران.

مقدمه

لیست های انتظار در خدمات بهداشتی و درمانی برای منطقی سازی ظرفیت و در نتیجه هزینه آنها از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است [1]. با این حال، از آنجا که تقاضا بیش از ظرفیت است، لیست انتظار به سرعت رشد می کند [18]، که ممکن است منجر به زمان انتظار غیر قابل قبول شود [۲]، به ویژه برای بیمارانی که نیاز به مراقبت های پزشکی حاد دارند. در بسیاری از اقدامات پزشکی، این مدت طولانی انتظار مستقیماً بر سلامتی و کیفیت زندگی بیماران تأثیر می گذارد [3,21]. بنابراین، کاهش زمان انتظار برای دسترسی به خدمات مورد نیاز به یکی از اصلی ترین نگرانی های سیستم های مراقبت های بهداشتی تبدیل شده است [4,22].

برخی از استراتژی ها برای رسیدگی به لیست انتظار تقاضا، عرضه یا هر دو را هدف قرار می دهند [16,17]. کاهش تقاضا با اجرای مکانیسم های تقسیم هزینه قابل دستیابی است، اما چنین رویکردی محدودیت هایی نیز دارد که در سیستم های بودجه عمومی به سختی قابل قبول هستند [18]. از طرف دیگر، در سال های گذشته، دولت ها با اختصاص بودجه های ویژه برای کاهش لیست انتظار برای مداخلات بسیار خاص، به ویژه مواردی که نیاز به اقدامات سریع دارند، مانند جراحی های خاص مربوط به سرطان، ظرفیت سیستم را افزایش داده اند [3].

رویکرد دیگر استفاده از منابع فعلی است. در واقع، برای رسیدگی به زمان انتظار طولانی، بسیاری از بیمارستانها استراتژی هایی را برای بهبود فرایندها و در نهایت کاهش زمان انتظارها به کار گرفتند [5].

روش تحقیق

در تحقیق پیش رو با توجه به اهداف بیان شده به بررسی دو راهکار و در نتیجه ارزیابی دو مدل ریاضی برای بهبود عملکرد بیمارستان ها در این حوزه می پردازیم. در رویکرد اول به دنبال ارزیابی یک مدل زمان بندی برای اتاق عمل بیمارستان هستیم و در این راستا ۲ تابع هدف تعریف می شود

تابع هدف ۱ زمان اتمام عملیات در اتاق عمل را کمینه می کند.

تابع هدف ۲ که نوآوری پژوهش رضایی و همکاران محسوب می شود به همکاری میان رزیدنت ها و جراحان مربوط می شود و سعی در پیشینه سازی همکاری ها مطلوب دارد [8][7].

رویکرد دوم شامل انتخاب بیمارانی است که باید ابتدا خدمات را دریافت کنند یا به عبارت دیگر، از روشهای اولویت بندی بیمار استفاده کنند تا اطمینان حاصل شود که بیماران با نیازهای بالاتر از افرادی که نیاز فوری کمتری دارند زودتر خدمات دریافت می کنند [9].

تابع هدف در این روش از ۳ جمله تشکیل شده. جمله اول که برای اطمینان از این است که بیمار با بیشترین امتیاز انتخاب شود و در سریع ترین زمان ممکن خدمات دریافت کند.

جمله دوم تأیید میکند عمل ها تا حد ممکن برنامه ریزی شده باشند و جمله سوم برای کاهش Overtime تا حد ممکن است.

مدل اول

در رویکرد اول به دنبال ارزیابی یک مدل زمان بندی برای اتاق عمل بیمارستان هستیم در آن از یک طرف زمان اتمام عملیات که شاخص مهمی در زمان بندی محسوب می شود کمینه شود و از طرف دیگر همکاری های مطلوب میان رزیدنت های تخصصی با جراحان مورد نظرشان پیشینه شود. در پیشینه موضوع تا کنون به این موضوع پرداخته نشده که جراحان فقط بخش حیاتی و مهم عمل را بر عهده داشته باشند و در ابتدا و انتهای عمل حضور نداشته باشند. اما در این پژوهش این مسأله به عنوان یکی از جنبه های اصلی در نظر گرفته شده است. زمان بندی اتاق عمل تا کنون در مطالعات زیادی مورد پژوهش بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است اما با توجه به اینکه بسیاری از مراکز درمانی در ایران، آموزشی نیز می باشند در این پژوهش به

طور خاص بر مراکز بهداشتی آموزشی تمرکز نموده ایم و بر آن هستیم تا کارایی اتاق عمل این مراکز و سطح رضایت بیماران و رزیدنت های تخصصی را افزایش دهیم [2].

همانطور که بیان شد موضوع زمانبندی اتاق عمل در پژوهش های زیادی مورد توجه قرار گرفته است و هر کدام از این پژوهش ها بهبود خدمات این بخش و کاستن از هزینه های آنرا از دیدگاه های مختلف مورد بررسی قرار داده اند اما در این مختصر، نمی توان به تمام موارد اشاره کرد اما مقاله مسکنس و همکاران را که از نظر برخی از اهداف، مفروضات و محدودیت ها تا حدودی شبیه به بخشی از این مقاله است در این قسمت بیان می کنیم. آنها یک برنامه زمانبندی چندهدفه برای اتاق عمل ارائه دادند که در آن تمایلات همکاری میان اعضای تیم جراحی در نظر گرفته شده بود [5].

مدل آنها از سه تابع هدف تشکیل شده است. تابع هدف اول و دوم به ترتیب زمان اتمام عملیات و زمان های اضافه کاری را کمینه می کنند و تابع هدف سوم میزان همکاری ها را برای اعضای که تمایل بیشتری به همکاری با هم دارند را بیشینه می سازد. در این مدل محدودیت های زیادی در نظر گرفته شده است. این مدل با استفاده از برنامه ریزی محدودیت حل شده است. در ادامه مقاله به بیان مفروضات مسأله و مدل ریاضی عدد صحیح آن خواهیم پرداخت [2] [1].

در این قسمت اهداف، مفروضات و برخی از محدودیت های مدل ارائه شده رضایی و همکاران را بیان نموده و توضیحاتی راجع به آنها بیان می کنیم. همانطور که قبلا بیان شد این مدل به زمانبندی جراحی اتاق عمل به صورت روزانه می پردازد و دارای دو هدف می باشد.

محدودیت های در نظر گرفته شده در این مدل عبارتند از:

- تعداد و دسترس پذیری جراحان، پرستاران، هوش بران و رزیدنت ها
- ترجیحات جراح و رزیدنت (برای همکاری و برای اتاق خاص)
- اتاق بهبودی

قبل از بیان ریاضی مدل، نمادهای به کار رفته در مدل را معرفی می کنیم.
مجموعه ها:

$o \in \{1, \dots, O\}$: یک عمل

$t \in \{1, \dots, T\}$: یک بازه زمانی

$r \in \{1, \dots, R\}$: یک اتاق

$s \in \{1, \dots, S\}$: یک جراح

$a \in \{1, \dots, A\}$: یک هوش بر

$n \in \{1, \dots, N\}$: یک پرستار

$e \in \{1, \dots, E\}$: یک رزیدنت

$b \in \{1, \dots, B\}$: یک تخت

مفروضات:

مفروضات این مسأله از این قرار دادن این تحقیق در مورد مراکز بهداشتی انجام می شود. همه موارد مورد نظر از قبل برنامه ریزی شده اند و به طور تصادفی وارد بیمارستان نمی شود. هر عمل در حضور یک رزیدنت تخصصی، یک هوش بر، دو پرستار در تمام طول عمل و یک جراح که در یک مقطع زمانی در اتاق عمل حضور می یابد، نیاز دارد.

اتاق بهبودی پس از عمل در نظر گرفته شده و اتمام فرآیند عمل به معنای به هوش آمدن بیمار در اتاق بهبود است. محدودیت منابع تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر نداریم و منابع کافی برای عمل در هنگام عمل وجود دارد. زمانبندی ارائه شده است یک زمانبندی روزانه است.

توابع هدف و محدودیت های این مدل به صورت زیر می باشند

$$\min C_{max} \quad (1)$$

$$\max \sum_{e=1}^E \sum_{s=1}^S \sum_{o=1}^O \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T P_{es} w_{esort} \quad (2)$$

$$\sum_{e=1}^E x_{eotr}^E \leq 1, \forall o \in \{1, \dots, O\}, \forall r \in \{1, \dots, R\}, \quad (3)$$

$$\forall t \in \{1, \dots, T\}$$

$$\sum_{o=1}^O \sum_{r=1}^R x_{eotr}^E \leq 1, \forall e \in \{1, \dots, E\}, \forall t \in \{1, \dots, T\} \quad (4)$$

$$\sum_{e=1}^E \sum_{r=1}^R \sum_{t=ES_o}^{LS_o+d_o} x_{eotr}^E = d_o, \forall o \in \{1, \dots, O\} \quad (5)$$

$$\sum_{e=1}^E \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^{T-d_o+1} \left[\frac{\sum_{\tau=t}^{t+d_o-1} x_{eotr}^E}{d_o} \right] = 1, \forall o \in \{1, \dots, O\} \quad (6)$$

$$\sum_{o=1}^O y_{otb} \leq 1, \forall b \in \{1, \dots, B\}, \forall t \in \{1, \dots, T\} \quad (7)$$

$$\sum_{b=1}^B \sum_{t=ES_o+d_o}^{LS_o+d_o+db_o} y_{otb} = db_o, \forall o \in \{1, \dots, O\} \quad (8)$$

$$\sum_{b=1}^B \sum_{t=1}^{T-d_b+1} \left[\frac{\sum_{\tau=t}^{t+db_o-1} y_{otb}}{db_o} \right] = 1, \forall o \in \{1, \dots, O\} \quad (9)$$

$$T_{1,o} + d_o = T_{r,o}, \forall o \in \{1, \dots, O\} \quad (10)$$

$$T_{1,o} = \frac{(\sum_{e=1}^E \sum_{r=1}^R \sum_{t=ES_o}^{LS_o+d_o-1} t \cdot x_{eotr}^E) - \frac{(d_o \cdot (d_o-1))}{2}}{d_o}, \quad (11)$$

$$\forall o \in \{1, \dots, O\}$$

$$T_{r,o} = \frac{(\sum_{b=1}^B \sum_{t=ES_o+d_o}^{LS_o+d_o+db_o-1} t \cdot y_{otb}) - \frac{(db_o \cdot (db_o-1))}{2}}{db_o}, \quad (12)$$

$$\forall o \in \{1, \dots, O\}$$

$$\sum_{o=1}^O x_{eotr}^E \leq M_{etr}^E, \forall e \in \{1, \dots, E\}, \forall t \in \{1, \dots, T\}, \quad (13)$$

$$\forall r \in \{1, \dots, R\}$$

$$C_{max} \geq \frac{(\sum_{b=1}^B \sum_{t=ES_o+d_o}^{LS_o+d_o+db_o-1} t \cdot y_{otb}) - \frac{(db_o \cdot (db_o-1))}{2}}{db_o} + db_o - 1 \quad (14)$$

$$\forall o \in \{1, \dots, O\}$$

تابع هدف ۱ زمان اتمام عملیات در اتاق عمل را کمینه می کند.
 تابع هدف ۲ که نوآوری پژوهش رضایی و همکاران محسوب می شود به همکاری میان رزیدنت ها و جراحان مربوط می شود و سعی در بیشینه سازی همکاری ها مطلوب دارد.
 محدودیت های مهم مسأله در عبارات ۳ تا ۱۴ آمده اند. این محدودیت ها به ترتیب بیانگر نبودن امکان حضور همزمان دو رزیدنت در یک عمل و یک اتاق، عدم امکان حضور همزمان یک رزیدنت در دو اتاق عمل، حضور رزیدنت در طول کل یک عمل، عدم امکان قطع عمل، عدم امکان حضور همزمان دو بیمار روی یک تخت بهبودی، برابر شدن طول مدت بهبودی با تعداد متغیرهای صفر و یک، پیوستگی و عدم قطع فرآیند بهبودی برای هر عمل، پیوستگی میان اتاق عمل و اتاق بهبودی، زمان شروع عمل، زمان شروع فرآیند بهبودی در اتاق بهبودی، بررسی دسترس پذیری رزیدنت در هر لحظه و در هر اتاق و بزرگتر بودن زمان اتمام عملیات از لحظه به هوش آمدن هر بیمار در هر عمل می باشند.

مدل دوم

این مدل که توسط Oliviera و همکاران اریه شده شامل انتخاب بیمارانی است که باید ابتدا خدمات را دریافت کنند یا به عبارت دیگر، از روشهای اولویت بندی بیمار استفاده کنند تا اطمینان حاصل شود که بیماران با نیازهای بالاتر از افرادی

که نیاز فوری کمتری دارند زودتر خدمات دریافت می کنند. این همان چیزی است که از آن به عنوان اولویت بندی یاد می کنیم [9].

فقدان یک روش منظم و استاندارد برای اولویت بندی بیمار می تواند تأثیر منفی بر دسترسی به مراقبت های بهداشتی داشته باشد [19,20]. در واقع، نشان داده شده است که بیماران "با اولویت پایین"، مانند افرادی که دارای بیماری مزمن هستند، خدمات بهداشتی عمومی را که به طور عمومی در دسترس هستند به موقع دریافت نمی کنند، زیرا وضعیت آنها نسبت به دیگران کمتر فوری است [10].

در این زمینه، هدف این مقاله ارائه یک رویکرد یکپارچه شامل اولویت بندی بیمار و زمان بندی بیمار برای بهبود نه تنها کارایی عملکرد، بلکه همچنین برای اطمینان از این است که بیمارانی که بالاترین اولویت را دارند ابتدا خدمات ارائه می شوند. برای این منظور، فرض می کنیم که بیماران در لیست انتظار نمره ای تحت عنوان "utility score" دریافت می کنند [11] که یک تخمین از فوریت نسبی آن نسبت به سایر بیماران در این لیست است. سپس، مسئله زمان بندی بیمار، که به دنبال اختصاص جلسات جراحی به طور همزمان به جراحان و بیماران به جراحان است [13]، به گونه ای فرموله می شود که سود کامل در کنار سایر معیارهای عملی به حداکثر رسد [12,14]. آزمایش های عددی با الهام از متن بخش اورولوژی در یک بیمارستان دانشگاهی در شهر کبک، کانادا، برای پاسخ به دو سوال مهم آنها در مورد استفاده عملی از ابزارهای برنامه ریزی اولویت بندی انجام شده است:

- (۱) آیا استفاده از تابع هدف تعریف شده کارایی سیستم قبلی (FIFO) را کاهش میدهد (در اینجا کارایی بر اساس تعداد عمل های جراحی نوبت دهی شده تعریف می شود)
- (۲) چنین ابزاری برای بهینه سازی، مدت زمان انتظار کوتاه مدت و میان مدت را برای بیماران مختلف لیست انتظار چگونه تحت تأثیر قرار میدهد

برنامه ریزی جراحی در بخش اورولوژی

Oliviera و همکاران در اینجا پرونده یکی از پنج بیمارستان ادغام شده در مرکز بهداشت دانشگاه در کبک سیتی کانادا را در نظر گرفته اند که بزرگترین مرکز بهداشتی کانادا را با ۱۳،۵۰۰ کارمند و ارائه خدمات مراقبت به تقریباً ۲ میلیون نفر تشکیل می دهد که شامل ۲۵ تخصص اصلی پزشکی است و طی دوره ۲۰۱۶-۲۰۱۷، ۶۷،۰۸۸ عمل جراحی انجام شده است. به طور متوسط، هر روز ۲۱۶ درخواست جراحی جدید وارد می شود. بیمارستان از یک سیستم اولویت بندی برای جراحی استفاده می کند که براساس مجموعه ای از اولویت های گسسته (P1 تا P4) با توجه به شرایط پزشکی بیمار است [9]. سطح اولویت، زمان انتظار قابل قبول برای جراحی را به روش زیر محدود می کند:

- بیماران P1 باید پس از ورود به لیست انتظار، طی دو هفته جراحی خود را انجام دهند.
- برای بیماران P2، حداکثر زمان انتظار چهار هفته است.
- بیماران P3 می توانند تا دوازده هفته صبر کنند.
- و بیماران P4، آنهایی که کمترین میزان اولویت را دارند، می توانند قبل از جراحی تا یک سال صبر کنند.

بخش اورولوژی نیز از این روش پیروی می کند. در حقیقت، هنگامی که متخصص جراحی را توصیه می کند، بیمار را نیز به یکی از چهار سطح اولویت اختصاص می دهد. برنامه فعلی جراحی دو اتاق عمل را دوشنبه، سه شنبه و جمعه و سه اتاق عمل چهارشنبه و پنجشنبه به اورولوژی اختصاص داده است. به طور کلی، ۴ تا ۶ عمل جراحی در یک جلسه ۱ روزه برنامه ریزی می شود. علاوه بر این، روشهای اورولوژی به ۵ نوع عمل جراحی یا فوق تخصصی تقسیم می شوند که به مهارتهای مختلفی نیاز دارند، بنابراین، هنگام تعیین پزشک به یک عمل جراحی، باید آنها را در نظر گرفت.

در حال حاضر، برنامه اتاق عمل برای بخش اورولوژی توسط دبیر بخش و با پشتیبانی پزشکان بصورت دستی انجام می شود. آنها استراتژی مشخصی ندارند و یا اهداف مشخصی راجع به تعداد بیماران از هر گروه (P1 تا P4) برنامه ریزی شده و همچنین در مورد چگونگی تقسیم زمان یا زمان موجود در میان ۵ فوق تخصص و جراح ندارند. سرانجام، اگرچه تصمیم گیری

در مورد بیماران P1 آسان است (جراحی در اسرع وقت برنامه ریزی شده است)، مرزهای بین گروه های P2 و P3 چندان مشخص نیست این بخش ها در حال حاضر شامل بیمارانی با شرایط بسیار ناهمگن هستند. بخش اورولوژی علاقه زیادی به استفاده از یک سیستم اولویت بندی رسمی، سیستماتیک و شفاف نشان داده است که می تواند معیارهای پزشکی و غیرپزشکی را برای تعیین اهمیت جراحی برای هر بیمار منفرد در نظر بگیرد.

مدل ریاضی

Oliviera و همکاران توابع هدف و محدودیت های مساله را در قالب ۱۱ جمله ریاضی بیان کرده اند که در ادامه به

بررسی این جملات می پردازیم [9].

$$\text{Maximize } \Delta_1 \sum_{s \in S} \sum_{p \in P} \sum_{d \in D_s} \sum_{o \in O} \frac{\mu_p x_{spdo}}{s} + \quad (1)$$

$$\Delta_2 \sum_{s \in S} \sum_{p \in P} \sum_{d \in D_s} \sum_{o \in O} \kappa_{pd} x_{spdo} - \Delta_3 \sum_{s \in S} \sum_{o \in O} z_{so} \quad (2)$$

$$\sum_{p \in P} \sum_{d \in D_s} \tau_p \phi_{dp} x_{spdo} \leq \eta_s + \delta_s z_{so} \quad \forall s \in S, o \in O \quad (3)$$

$$\sum_{s \in S} \sum_{d \in D_s} \sum_{o \in O} x_{spdo} \leq 1 \quad \forall p \in P \quad (4)$$

$$x_{spdo} \leq \varphi_{dp} \quad \forall s \in S, p \in P, d \in D_s, o \in O \quad (5)$$

$$\sum_{o \in O} y_{sdo} \leq 1 \quad \forall s \in S, d \in D_s \quad (6)$$

$$\sum_{s \in S} \sum_{o \in O} y_{sdo} \geq \lambda_d \quad \forall d \in D_s \quad (7)$$

$$\sum_{d \in D_s} \sum_{o \in O} y_{sdo} \leq \gamma_s \quad \forall s \in S \quad (8)$$

$$x_{spdo} \leq y_{sdo} \quad \forall s \in S, p \in P, d \in D_s, o \in O \quad (9)$$

$$\sum_{p \in P} x_{spdo} \geq y_{sdo} \quad \forall s \in S, d \in D_s, o \in O \quad (10)$$

$$x_{spdo}, y_{sdo} \in \{0,1\} \quad \forall s \in S, p \in P, d \in D_s, o \in O \quad (11)$$

$$z_{so} \in \{0,1\} \quad \forall s \in S, o \in O \quad (12)$$

در این بخش به توضیح هر کدام از جملات بالا میپردازیم که در واقع تابع هدف ماست و از ۳ جمله تشکیل شده. جمله اول که برای اطمینان از این است که بیمار با بیشترین امتیاز انتخاب شود و در سریع ترین زمان ممکن خدمات دریافت کند. جمله دوم تأیید میکند عمل ها تا حد ممکن برنامه ریزی شده باشند و جمله سوم برای کاهش Overtime تا حد ممکن است.

زمان خدمات دهی به بیمار p توسط پزشک d (با توجه به تجزیه پزشک d) باید کمتر یا مساوی از زمان مورد انتظار باشد.

برای هر بیمار مشخص باید یک پزشک یک اتاق و یک عمل خاص در نظر گرفته شود حتما پزشکی اختصاص داده شود که توانایی آن عمل مشخص را داشته باشد.

برای هر جلسه جراحی و هر پزشکی که توانایی آن را دارد یک اتاق خاص در نظر گرفته شود تعداد جلسات برنامه ریزی شده برای عمل s در اتاق o بیشتر یا مساوی حداقل نیاز پزشک d برای انجام جلسات عمل باشد

برنامه ریزی های بخش مورد مطالعه (بخش اورولوژی) تناقضی با سیاست های کلی بیمارستان نداشته باشد
 مریض p برای عمل s توسط پزشک d در اتاق o برنامه ریزی نشده باشد در صورتی که پزشک d برای عمل s در اتاق o رزرو نیست

تعداد منابع بیش از نیاز اختصاص پیدا نکند یا به عبارتی تعداد خدمات بیشتر یا مساوی تعداد منابع باشد (۱۰) و (۱۱) نیز محدودیت های منطقی هستند.

همچنین تابع هدف جدیدی طراحی شد تا در آن هدف این باشد که بیمارانی که زودتر در لیست نوبت دهی وارد شدند زودتر خدمات دریافت کنند.

$$\text{Maximize } \Gamma_1 \sum_{s \in S} \sum_{p \in P} \sum_{d \in D_s} \sum_{o \in O} \frac{\omega_p x_{spdo}}{s} + \Gamma_2 \sum_{s \in S} \sum_{p \in P} \sum_{d \in D_s} \sum_{o \in O} k_{pd} x_{spdo} - \Gamma_3 \sum_{s \in S} \sum_{o \in O} z_{so} \quad (12)$$

از این به بعد تابع هدف اول را با UM و تابع هدف دوم را با LWM نشان می‌دهیم.

UM بیماران را با هدف بیشترین الویت نوبت دهی میکند

LWM بیماران را نسبت به زمان ورود به لیست انتظار نوبت دهی میکند

Oliviera و همکاران با پیاده سازی این روش با ۲ تابع هدف متفاوت به نتایج عددی دست یافتند که در ادامه به بررسی

آنها می پردازیم.

ارزیابی رفتار فرمول ها در طولانی مدت

برای بررسی این موضوع شبیه سازی بر اساس عملکرد فعلی بخش اورولوژی انجام گرفت

این روش بیماران مراجعه کننده در طول ۲ هفته (t) را برای ۲ هفته آینده (t+1) برنامه ریزی میکند.

برای ۲ هفته اول اعداد تصادفی تولید شده و برای ۲ هفته دوم ۱۵۰ بیمار جدید در نظر گرفته شد که تاریخ مراجعه آنها

در ۲ هفته قبلی در نظر گرفته شد و سپس این ۱۵۰ بیمار جدید همراه با بیماران باقی مانده از دوره قبل برای ۲ آینده برنامه ریزی شدند.

این روند به مدت ۶ دوره یعنی ۱۲ هفته با ۲ روش UM و LWM برنامه ریزی شد.

فرمول جدیدی تحت عنوان DUM یا Daynamic UM طراحی شد است که در آن Utility Score به صورت پویا

با توجه به زمان انتظار بیماران تغییر میکند. ایده اصلی برای DUM این است که بیمارانی که نمره کمی دریافت کردند برای مدت طولانی در انتهای لیست باقی نمانند.

برای این منظور بیمارانی که در بازه ۲ هفته t نوبت دریافت نکردند انتخاب شده و نمره آنها به صورت تصادفی در عددی

بین ۱ تا ۱.۳ ضرب شده تا احتمال نوبت دهی در دوره بعدی (t+1) برای آنها بیشتر باشد.

یافته‌ها

	Av. Utility				Av. Waiting sessions				Performed			
	Scheduled		Unsched.		Scheduled		Unsched.		Surgeries		Max. Wk	
	UM	LWM	UM	LWM	UM	LWM	UM	LWM	UM	LWM	UM	LWM
11	70.73	64.94	57.34	65.99	15.51	18.62	19.69	15.18	120	117	3	3
12	68.66	64.79	61.07	66.37	15.64	18.3	19.19	15.87	117	109	4	4
13	69.67	64.58	57.84	65.14	15.70	18.4	20.17	16.45	118	115	5	5
14	72.00	66.78	61.27	68.15	14.83	17.09	19.94	17.05	114	111	4	5
15	70.76	64.76	58.20	66.49	14.38	17.24	19.67	16.00	117	108	4	4
16	70.55	63.28	57.02	66.11	15.25	18.55	20.84	16.87	112	107	4	4
17	68.09	62.95	57.22	64.96	15.59	17.86	19.2	15.89	121	116	6	5
18	69.06	62.37	59.08	66.76	14.48	17.77	19.21	15.59	109	102	4	4
19	67.90	62.68	55.20	63.00	14.78	17.51	19.64	15.82	120	113	5	4
110	70.91	63.95	56.42	66.64	15.50	18.00	18.98	13.36	119	119	5	5
Av.	69.83	64.10	58.06	65.96	15.16	17.93	19.65	15.80	116.7	111.7	4.4	4.3

برای مدل‌سازی مدل اول از مدل ریاضی دو هدفه که یک برنامه ریزی عدد صحیح است، استفاده شد که تمام پارامترهای مدل ما قطعی هستند. پژوهشگران سعی دارند با توجه به پیچیدگی مسأله روش حل ابتکاری یا فراابتکاری برای مسائل چندهدفه برای حل این مسأله ارائه دهند. در مورد پژوهش های آینده نیز افزودن مفروضاتی همچون اولویت بیماران برای ورود به اتاق عمل یا در نظر گرفتن بیماران تصادفی در مدل‌سازی، می تواند ما را به دنیای واقعی نزدیکتر کند.

در مدل دوم یک روش یکپارچه برای ادغام اولویت بندی بیمار و زمانبندی بیمار پیشنهاد می شود تا اطمینان حاصل شود که بیماران با بالاترین اولویت ابتدا خدمات را دریافت می کنند. از یک طرف، ما فرض می کنیم که هر بیمار در لیست انتظار نمره ای تحت عنوان "utility score" دریافت کرده است، که یک تخمین از فوریت نسبی آن در مورد سایر بیماران در این لیست است. از طرف دیگر، یک مدل ریاضی برای حل مشکل برنامه ریزی بیمار، یعنی اختصاص همزمان جلسات جراحی به جراحان و بیماران به جراح، به گونه ای تنظیم شده است که سود کامل در کنار سایر معیارهای عملی به حداکثر می رسد. این فرمول در یک آزمایشگاه از نمونه های ایجاد شده به طور تصادفی با الهام از بخش اورولوژی در یک بیمارستان دانشگاهی در شهر کبک، کانادا اعمال شده است. آزمایشاتی برای تجزیه و تحلیل رفتارهای کوتاه مدت و میان مدت روش پیشنهادی انجام شده است. نتایج عددی تأیید می کند که استفاده از یک تابع هدف طراحی شده برای به حداکثر رساندن سودمندی، کارایی برنامه ها را از نظر تعداد جراحی های برنامه ریزی شده خراب نمی کند و همچنین نشان می دهد، همانطور که انتظار می رود، بیماران با الویت بالاتر زودتر برنامه ریزی می شوند و زمان انتظار آنها قبل از عمل کوتاه تر از بیماران با الویت کم تر است. با این حال، این روش ممکن است منجر به طولانی شدن زمان انتظار و حتی انتظار غیر قابل قبول برای بیماران با الویت کم تر بشود. برای کاهش چنین اثر نامطلوب، یا به عبارت دیگر، برای کاهش اختلاف در زمان انتظار بین بیماران با الویت کم تر، یک رویکرد ابزار پویا برای افزایش تدریجی الویت بیماران با توجه به زمان آنها در لیست انتظار ارائه شده است. به نظر می رسد این روش مزایای برنامه ریزی بیماران بر اساس کاربرد آنها و خطر تأخیر بیش از حد بیماران با اولویت کم را به اندازه کافی متعادل می کند.

با وجود این نتایج دلگرم کننده، قبل از بررسی استفاده کامل از روش ارائه شده، تحقیقات بیشتری لازم است. در واقع، فرمولاسیون باید بهبود یابد تا شکاف بهینه سازی کاهش یابد و قابلیت حل را سرعت ببخشد. همچنین، ما باید رفتار مدل های UM و DUM را برای سایر توزیع های بالقوه الویت بندی بیماران و همچنین افق های زمانی طولانی تر، تأیید کنیم.

نتیجه گیری

با توجه به اینکه اتاق عمل به عنوان یکی از بخش های بسیار مهم و پرهزینه و پر درآمد در مراکز بهداشتی محسوب می شود، پژوهش بر روی این مسأله و کاستن از هزینه ها و بالا بردن سطح رضایت بیماران از اهمیت بالایی برخوردار است. در آخر، لازم به یادآوری است که رویکرد پیشنهادی نه باعث افزایش ظرفیت سیستم و نه کارایی آن می شود. بنابراین، در دراز مدت، تعداد جراحی ها محدود است و تصمیم صحیح برای تعادل بخشیدن به جراحی های کم و زیاد باید در سطح استراتژیک توسط هیئت مدیره بیمارستان انجام شود. روش های پیشنهادی می تواند پیامدهای چنین تصمیماتی را در لیست انتظار و زمان انتظار برجسته کند و به مدیران در فرایندهای تصمیم گیری کمک کند.

منابع:

- [1] Addis B, Carello G, Grosso A, Tànfani E (2016). Operating room scheduling and rescheduling: a rolling horizon approach. *Flexible Services and Manufacturing Journal* 28(1): 206–232.
- [2] Sobolev, B., A. Levy, and L. Kuramoto, Access to surgery and medical consequences of delays, in *Patient Flow: Reducing Delay in Healthcare Delivery*, R. Hall, Editor. 2013, Springer: Los Angeles, California, USA. p. 129-149.
- [3] Bruni ME, Beraldi P, Conforti D (2015). A stochastic programming approach for operating theatre scheduling under uncertainty. *IMA Journal of Management Mathematics* 26: 99–119.
- [4] Harding KE, Taylor N, Shaw-Stuart L (2009). Triaging patients for allied health services: A systematic review of the literature. *British Journal of Occupational Therapy* 72(4): 153-162.
- [5] Samudra M, Van Riet C, Demeulemeester E, Cardoen B, Vansteenkiste N, Rademakers FE (2016). Scheduling operating rooms: achievements, challenges and pitfalls. *Journal of Scheduling* 19(5): 493-525
- [6] Passalent LA, Landry MD, Cott CA (2009). Wait times for publicly funded outpatient and community physiotherapy and occupational therapy services: implications for the increasing number of persons with chronic conditions in Ontario, Canada. *Physiotherapy Canada* 61(1): 5- 14.
- [7] B. Cardoen, E. Demeulemeester and J. Beliën, Operating room planning and scheduling: A literature review, *European Journal of Operational Research* 201 (2010), 921–932 .
- [8] N. Meskens, D. Duvivier, A. Hanset, Multi-objective operating room scheduling considering desiderata of the surgical team, *Decision Support Systems* 55 (2013), 650–659.
- [9] M. Oliveira, V. Bélanger, I. Marques et al., Assessing the impact of patient prioritization on operating room schedules, *Operations Research for Health Care* (۲۰۱۹)
- [10] Rahimi SA, Dexter F, Gu X (2018). Prioritizations of individual surgeons' patients waiting for elective procedures: A systematic review and future directions. *Perioperative Care and Operating Room Management* 10: 14-17.
- [11] Anjomshoa H, Dumitrescu I, Lustig I, Smith OJ (2018). An exact approach for tactical planning and patient selection for elective surgeries. *European Journal of Operational Research* 268(2): 728-739.
- [12] Marques I, Captivo ME (2017). Different stakeholders' perspectives for a surgical case assignment problem: Deterministic and robust approaches. *European Journal of Operational Research* 261(1): 260-278
- [13] Bowers JA (2011). Simulating waiting list management. *Health Care Management Science* 14(3): 292-298.
- [14] Cappanera P, Visintin F, Banditori C (2018). Addressing conflicting stakeholders' priorities in surgical scheduling by goal programming. *Flexible Services and Manufacturing Journal* 30: 252- 271.

- [15] Guerriero F, Guido R (2011). Operational research in the management of the operating theatre: a survey. *Health Care Management Science* 14(1): 89–114.
- [16] Testi A, Tànfani E, Valente R, Ansaldo L, Torre C (2006). Prioritizing surgical waiting lists. *Journal of Evaluation in Clinical Practice* 14: 59–64.
- [17] Durán G, Rey PA, Wolff P (2017). Solving the operating room scheduling problem with prioritized lists of patients. *Annals of Operations Research* 258(2): 395-414.
- [18] Rachuba S, Werners B (2014). A robust approach for scheduling in hospitals using multiple objectives. *Journal of the Operational Research Society* 65(4): 546-556
- [19] Min D, Yih Y (2010a). Scheduling elective surgery under uncertainty and downstream capacity constraints. *European Journal of Operational Research* 206(3): 642–652 .
- [20] Min D, Yih Y (2010b). An elective surgery scheduling problem considering patient priority. *Computers & Operation Research* 37: 1091-1099.
- [21] MacCormick AD, Collecutt WG, Parry BR (2003). Prioritizing patients for elective surgery: a systematic review. *ANZ Journal of Surgery* 73(8): 633-642
- [22] Rahimi SA, Jamshidi A, Ruiz A, Ait-Kadi D (2016). A new dynamic integrated framework for surgical patients' prioritization considering risks and uncertainties. *Decision Support Systems* 88: 112-120.