ارائه مدلی برای زمانبندی پویای جراحی قلب باز با درنظر گرفتن محدودیت ضرب‌الاجل جراحی بیمار

ایمان دهقان[۱]، بختیار استادی[۲*]، سعید حسینی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۲

چکیده:

زمینه و هدف: *اتاق‌های عمل در هر مرکز درمانی از حساس‌ترین واحدهای مرکز می‌باشند که زمانبندی و برنامه‌ریزی عملیات آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و بهینه‌سازی آنها تاثیر بسزایی در بهینه سازی کل مجموعه دارد. زمانبندی جراحی قلب علاوه بر محدودیت‌های نیروی انسانی، زمانی و تسهیلاتی، شامل محدودیت ضرب‌الاجل جراحی بیمار نیز می‌باشد که در این پژوهش هدف زمانبندی جراحی‌ها با درنظر گرفتن این پارامتر می‌باشد.*

مواد و روش‌ها: *در این پژوهش کمی که از مطالعات نوع مقالات پژوهشی اصیل می‌باشد یک الگوریتم ۱+۳ فازی پیشنهاد شد. این الگوریتم علاوه‌بر پایش محدودیت ها و ضرب‌الاجل جراحی، به عدم قطعیت نیز توجه دارد. لازم به ذکراست بیماران نیز به دو دسته اورژانسی و غیر اورژانسی تقسیم گردیدند که این الگوریتم صرفا به زمانبندی موارد غیر اورژانسی می‌پردازد. در این پژوهش ۳۴۳ بیمار مورد ارزیابی قرار گرفتند.*

نتایج: *با بررسی اطلاعات مربوط به یک دوره ۶ ماهه از مرکز قلب و عروق شهید رجایی تهران، بهبود ۱۱ درصدی نسبت به فرایند نوبت‌دهی موجود در پایش ضرب‌الاجل بیماران ایجاد شده است. میزان بهینه‌سازی اغلب مربوط به تفاوت در انتخاب بیماران براساس ضرب‌الاجل آنها جهت جراحی می‌باشد که در الگوریتم حاضر سهم عمده‌ای از بیماران انصرافی مورد خدمت‌دهی قرار داده شده اند. همچنین دیگر مزیت الگوریتم پیشنهادی نسبت به فرایند موجود پویای الگوریتم و اعمال عکس‌العمل مناسب در برابر تغییرات بوجود آمده می‌باشد.*

نتیجه‌گیری: *درصورت پایش قطعی ضرب‌الاجل‌ها، هرچه طول صف بیشتر باشد، احتمال پذیرش بیماران غیراورژانسی با ضرب‌الاجل کوتاه‌تر کاهش می‌یابد.*

کلمات کلیدی: *زمانبندی پویا ، جراحی قلب باز ،نوبت دهی، ضرب‌الاجل*

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، بهینه‌سازی سیستم‌ها، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[۲] استادیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. (* نویسنده مسئول)، آدرس: تهران، بزرگراه جلال آل احمد، پل نصر، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، اتاق ۹۰۹،

آدرس الکترونیکی: bostadi@modares.ac.ir، تلفن: ۸۲۸۸۴۳۸۵-۰۲۱، نمابر: ۸۲۸۸۴۳۸۵ - ۰۲۱

[۳] استاد، مرکز تحقیقات بیماریهای دریچه قلب، مرکز آموزشی، تحقیقاتی و درمانی قلب و عروق شهید رجایی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-27]

مقدمه:

هزینه های نظام بهداشت و درمان در کشورهای توسعه یافته روز به روز در حال افزایش می باشد. باتوجه به نیاز به بهبود کیفیت خدمات درمان از یک سو و کاهش هزینه‌ها از طرف دیگر بصورت همزمان، بیمارستان‌ها و مراکز درمانی همواره بدنبال یافتن راه‌هایی به منظور دستیابی به اهداف ذکر شده می‌باشند.(۱) افزایش تقاضا برای خدمات سلامت در کنار افزایش هزینه‌های مرتبط، موجب تلاش مراکز درمانی برای ارتقاء و سازماندهی فرایند ها شده است.(۲) اتاق‌های عمل و نقش آنها در درمان و سلامت بیماران و همچنین سهم بالای آنها در گردش مالی و کسب درآمد مراکز بهداشت و درمان و بیمارستان‌ها، توجه روزافزون پژوهشگران به زمانبندی اتاق عمل را افزایش داده است.(۳)

به منظور ایجاد پویایی بیشتر و تسریع بروزرسانی‌ها و کاهش اثر تغییرات ناگهانی از مدل‌های پویا یا فرایندهای چند قسمتی استفاده شده است تا در صورت مواجهه با تغییرات ناگهانی تمهیدات لازم صورت گیرد و اثر تغییرات حدالمقدور کاهش داده شود.(۴) در زمان‌بندی اتاق عمل، حداکثر مدت زمان انتظار مجاز برای هر بیمار با توجه به نوع و شدت بیماری و تشخیص پزشک تعیین می‌شود و تجاوز از این زمان تعیین‌شده می‌تواند خطرات جانی را برای بیمار به همراه داشته باشد. تخصیص بیماران به جراحان و اتاق‌های عمل به گونه‌ای انجام می‌شود که با توجه به تعداد بیماران، نیازهای آن‌ها و نیز تقویم کاری جراحان و سایر پرسنل، زیان ناشی از دیرکرد عمل بیماران به حداقل برسد.

در کنار این هدف، اهدافی چون افزایش بهره‌وری اتاق‌های عمل، کاهش زمان انتظار جراحان، افزایش درآمد بیمارستان و موارد مانند آن‌ها نیز مطرح شود.(۵) در این باره مفهومی تحت‌عنوان پنجره زمانبندی تعریف می‌شود. پنجره زمانبندی که پارامتری مختص بیمار میباشد بیانگر این است که تا چه زمانی امکان زمانبندی برای بیمار مربوطه وجود دارد و به عبارتی حداکثر مدت زمانی که بیمار برای دریافت خدمت زمان درد را مشخص می‌کند.(۶)

بیمارستان‌ها برای تمامی زمان‌هایی که اتاق عمل یا تیم جراحی آماده خدمت‌دهی باشند هزینه پرداخت می‌کنند. لذا هر مانعی که از استفاده از این زمان ها به منظور جراحی بیماران جلوگیری کند موجب هدررفت منابع گران‌قیمت و درآمدزای بیمارستان می‌شود. از آنجایی که وجود عدم قطعیت استفاده کامل از منابع را به امری غیر ممکن بدل ساخته، زمانبندی مناسب به گونه ای اطلاق می‌شود که میزان هدررفت‌ها و بیکاری‌های تیم جراحی را به حداقل کاهش دهد.(۷) از طرفی در زمانبندی‌های بلندمدت و میان‌مدت، نارضایتی بیماران بیشتر مربوط به تغییرات به وجود آمده در زمانبندی از پیش تعیین‌شده و مدت‌زمان انتظار بیماران بدلیل ناهماهنگی‌های به وجود آمده در قرارهای هماهنگ شده می‌باشد و نسبت به طول مدت زمان سپری شده تا دریافت خدمت کمتر نارضایتی دارند زیرا درصورت عدم وجود ناهماهنگی، حدفاصل دریافت خدمت را می‌توانند به برنامه‌ریزی و رسیدگی به سایر امور بپردازند.(۸)

تجهیزات پزشکی با بیماران ناهمگن اغلب نیاز به تعیین اولویت برای گروه های مختلف بیمار دارند. دو نوع اصلی از اولویت های بیمار وجود دارد که ممکن است بیمار مورد نظر اورژانسی و غیر اورژانسی باشد. بیماران اورژانسی باید در اسرع وقت مورد درمان و جراحی قرار گیرند و زمانبندی خاصی برای آنها ممکن نیست. نوبت‌دهی به این دسته از بیماران اغلب توسط راه‌حل‌های موجود سیستم‌های صف مورد بررسی قرار می‌گیرند.(۹) اما بیماران غیر اورژانسی به محض پذیرش مورد خدمت‌دهی قرار نمی‌گیرند و دریافت خدمت آنها مستلزم زمانبندی می‌باشد. همچنین پذیرش یا عدم پذیرش آنها به عواملی از قبیل ظرفیت زمانبندی، خدمت مورد تقاضای بیمار، تصیمات تخصصی پزشکان و سایر عوامل بستگی دارد.

یک روش متداول برای زمانبندی بیماران غیر اورژانسی تخصیص دادن وزن‌های متفاوت بر اساس شرایط هر دسته از بیماران و ایجاد یک رابطه خطی یا غیر خطی بر حسب زمان برای تعیین نوبت بیماران بعدی می‌باشد.(۱۰) , (۱۱) البته هر دو کلاس از موارد اورژانسی و غیراورژانسی توسط شبیه سازی نیز قابل حل می‌باشند و لازم بذکرست که اولویت بندی بیماران تأثیر قابل توجهی بر زمان انتظار برای بیماران و استفاده از منابع دارد.(۱۲) در برخی از مراکز درصورتی که بیمار مراجع غیراورژانسی باشد و شرایط به گونه‌ای باشد که امکانات و منابع لازم به منظور خدمت دهی به بیمار در پنجره‌ی زمانی وی یا مدت زمان مورد نظر شخص بیمار فراهم نباشد، ثبت‌نام بیمار به‌منظور نوبت دهی جهت دریافت خدمت انجام نخواهد شد و بیمار به پزشک یا مرکز دیگری مراجعه خواهد کرد. یک توافق کلی در پذیرش بیماران، تعادل بین درآمد و هزینه هایی است که از زمان انتظار بیمار و اضافه کاری ارائه دهنده ارائه شده است. سایر عوامل همچون منابع دردسترس برای خدمت‌دهی، ظرفیت موجود، و تقاضای گروه بیماران نیز حائز اهمیت می‌باشد. این تصمیمات اغلب در لحظه و با برنامه‌ریزی‌های درلحظه صورت می‌گیرند.(۱۳) , (۱۴)

یکی از عمده درمان‌های بیماری‌های قلب و عروق جراحی می‌باشد. بیماری‌های قلب و عروق انواع متفاوتی دارند و بسته به شرایط بیمار، نوع جراحی و سایر عوامل، پنجره زمانی

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-27]

مربوط به جراحی هر بیمار مشخص میگردد. نقش پنجره زمانی جراحی در کیفیت جراحی و درمان صورت گرفته تعیین کننده می‌باشد. یکی از خلاهای پژوهش‌های انجام شده در زمینه زمانبندی جراحی با درنظر گرفتن پنجره زمانی (ضرب الاجل) جراحی‌ها، عدم پایش قطعی این پنجره‌های زمانی و ارایه نوبت دهی مبتنی بر سایر محدودیت ها بدون پنجره‌زمانی جراحی بیماران می‌باشد. به عبارتی معمولا در اغلب پژوهش‌ها به پنجره‌های زمانی به عنوان محدودیت‌های نرم توجه شده‌است و پایش آنها به‌صورت قطعی مورد توجه قرار نگرفته است. لذا هدف از این پژوهش ارائه یک فرایند زمانبندی جراحی براساس پنجره زمانبندی موجود برای بیماران می‌باشد.

باتوجه به اهمیت پنجره‌زمانی در جراحی‌های قلب و عروق در کیفیت جراحی و سایر حالات خطای متوجه بیماران قلبی و عروقی نیازمند جراحی، مطالعه موردی صورت گرفته بر بیماران قلب و عروقی بزرگسال می‌باشد و باتوجه به عبارت بالینی موجود برای پنجره زمانی بیماران متقاضی جراحی قلب و عروق[1] در این پژوهش از عبارت "حداکثر ضرب‌الاجل جراحی" بجای پنجره زمانی استفاده می‌شود. لذا هدف این پژوهش ارائه یک فرایند پویای نوبت‌دهی جراحی قلب باز بر اساس حداکثر ضرب‌الاجل موجود برای بیماران می‌باشد.

مواد و روش‌ها:

مسئله مورد بررسی در این پژوهش ارائه فرایندی پویا جهت نوبت‌دهی به بیماران متقاضی انواع جراحی‌های قلبی و عروقی با درنظرگرفتن ضرب‌الاجل‌های موجود برای جراحی موردنیاز آنها می‌باشد که در پاییز و زمستان ۱۳۹۶ مورد نگارش قرار گرفته است. با توجه به مدت‌زمان و ضرب‌الاجل‌های موجود برای بیماران با شرایط و جراحی‌های متفاوت، می‌توان از این فرایند به عنوان یک فرایند زمان‌بندی بلندمدت یا غیر سرپایی نام برد. هدف پژوهش حاضر، بهینه‌سازی در امکانات و تسهیلات موجود در حوزه یکی از عارضه های پرتکرار و حیاتی در کلیه جوامع می‌باشد که اولین آمار مرگ و میر جهانی را دارا می‌باشد(۱۵). لذا اهمیت بهینه‌سازی در این حوزه همواره مورد توجه می‌باشد.

این مطالعه موردی در مرکز قلب شهیدرجایی تهران و بر روی صف متقاضیان یکی از جراحان مرکز مربوطه صورت گرفته است. بررسی‌های صورت گرفته مربوط به کل بیماران متقاضی جراحی توسط جراح مدنظر طرح می‌باشد که در حدفاصل ابتدای مهر سال ۱۳۹۴ تا پایان اسفند ۱۳۹۴ به سیستم مراجعه نموده اند. این تعداد شامل ۳۴۳ نفر بیمار می‌باشد. لازم بذکر است کلیه‌ی بیماران ذکر شده در حدفاصل ۲۸ مهر ماه ۱۳۹۴ لغایت ۲ دی‌ماه ۱۳۹۵ مورد جراحی قرار گرفته‌اند یا به هر دلیلی اعم از تغییرجراح یا فوت بیمار، از جراحی انصراف داده‌اند. تعداد انصرافی ها نیز ۱۶۵ نفر از مجموع ۳۴۳ متقاضی را تشکیل می‌دهد. اطلاعات با مراجعه به واحد انفورماتیک مرکز قلب شهید رجایی و استخراج از بانک اطلاعاتی موجود اخذ گردیده‌اند.

فرایند پیشنهادی ما بابد علاوه‌بر در نظرگرفتن محدودیت‌های وجود در مسائل زمانبندی از قبیل تیم جراحی اتاق عمل و سایر مباحث، ضرب‌الاجل جراحی بیماران را به‌صورت قطعی پایش کند و در صورت پذیرش بیمار متقاضی جراحی، زمان جراحی وی قبل از به پایان رسیدن ضرب‌الاجل جراحی مربوطه را برنامه ریزی کند. علاوه‌براین، پویایی فرایند موردنظر و ایجاد پاسخ مناسب به تغییرات ناگهانی نیز از ملزومات موردانتظار فرایند پیشنهادی می‌باشد.

بهینه‌سازی منابع موجود و استفاده حداکثری از منابع و تیم جراحی در وهله‌ی اول و همچنین توجه به ویژگی‌ها و انتظارات بیماران در مرتبه بعدی نیز مورد انتظار می‌باشد. به منظور ایجاد پویایی و افزایش دقت در این فرایند با الهام از کورتبک و همکاران (4) یک الگوریتم ۱+۳ فازی ارائه شده است که با تخصیص وظایف مربوطه به واحد های مربوطه و پایش پارامترها و منابع هر بخش در حوزه خود به پویایی و افزایش دقت فرایند کمک کند.

در ادامه به معرفی الگوریتم پیشنهادی و فازهای موجود می‌پردازیم. الگوریتم پیشنهادی دارای ۴ فاز می‌باشد که هریک از این فازها در زمان‌های متفاوتی و به‌منظور ارائه فرایندهای مجزایی عمل می‌کنند و هدف غایی آنها زمان‌بندی براساس ضرب‌الاجل خدمت موردنظر با درنظر گفتن آخرین تغییرات موجود در سیستم و مجموعه می‌باشد. به جز فاز ۰ که تنها یک بار و در ابتدای شروع به کار کردن الگوریتم در هر سیستم اجرا می‌شود، سایر فازهای ۱،۲و۳ در هر واحد از افق زمانی خدمت‌گیرنده اجرا می‌شوند. فاز ۰ در این الگوریتم به‌منظور بررسی شرایط اولیه و مشخص‌سازی چارچوب ها اجرا می‌شود. پس از مطالعه انواع خدمات ارائه‌شده در سیستم و ماهیت خدمات فعالیت‌های ذیل اجرا می‌گردد. گام‌های فاز صفر عبارتند از:

۱. مشخص نمودن نحوه محاسبه ضرب‌الاجل: روش‌های متفاوتی به‌منظور تعیین ضرب‌الاجل خدمات وجود دارد. با مطالعه و بررسی خدمت یا خدمات مورد ارائه در سیستم مربوطه، راهکار و نحوه تعیین میزان ضرب‌الاجل خدمت مشخص می‌شود.

[1] Maximum delay

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-27]

۲. تعیین دوره زمانبندی P: براساس لیست خدمات قابل ارائه سیستم، ضرب‌الاجل هر خدمت مشخص و مقدار حداکثر ضرب‌الاجل‌ها تعیین می‌شود. سپس دوره زمان‌بندی برابر با ۱/۱ برابر این مقدار تعیین می‌شود. حتی اگر دوره زمان‌بندی برابر با حداکثر ضرب‌الاجل قرار گیرد مشکلی ندارد ولی با توجه به عدم قطعیت و امکان ارائه خدماتی با ضربالعجل بیشتر در آینده این مقدار ۱۰٪ بیشتر از حداکثر ضرب‌الاجل‌ها درنظر گرفته می‌شود.

۳. تعیین دور اضطرار EM: ژولای و همکاران بیماران را به دو دسته کلی اورژانسی و غیر اورژانسی تقسیم می‌کنند.(۹) بیماران اورژانسی با توجه به شرایط حاد باید در اسرع وقت مورد بررسی قرار گیرند و زمانبندی صرفا برای بیماران غیراورژانسی انجام می‌گیرد. الگوریتم پیشنهادی نیز کلیه خدمات را به دو دسته اضطراری و غیر اضطراری تقسیم می‌کند. با مشخص کردن پارامتری تحت عنوان دوره اضطرار، در صورتی که ضرب‌الاجل خدمت مورد نظر بزرگتر از این پارامتر باشد خدمت مربوطه غیراضطراری و قابل زمانبندی می‌باشد و در غیر اینصورت خدمت مربوطه اضطراری شناخته می‌شود. لذا در گام سوم فاز ۰ پارامتر دوره اضطرار مشخص می‌شود. در ادامه خدمات متقاضی براساس این پارامتر تفکیک می‌شوند.

۴. بارگزاری اطلاعات مربوط به متقاضیان پذیر شده: در صورتی که الگوریتم پیشنهادی در مراکزی که درحال خدمت‌دهی می‌باشند اجرا شود، باید متقاضیان پذیرش شده و خدمت‌دهی نشده در سیستم و زمانبندی‌های آتی لحاظ گردند. لذا اطلاعات مربوط به آنها باید در فرایند پیشنهادی بارگزاری شود و در پذیرش متقاضیان آتی منابع موجود و تقاضای آنها نیز در نظر گرفته شود.

فاز ۰ ماهیت بارگزاری الگوریتم پیشنهادی را دارد و فقط ۱ دفعه قبل از شروع به کار فرایند پیشنهادی اجرا می‌شود. سه فاز بعدی ۱،۲و۳ که در ادامه معرفی می‌شوند هر روز تکرار می‌شوند. فاز ۱ الگوریتم پیشنهادی به منظور بررسی تقاضای متقاضی جدید با توجه به ضرب‌الاجل موردنظر وی و همچنین بررسی صف موجود و امکان پذیرش یا عدم پذیرش متقاضی جهت خدمت دهی طراحی شده است و در طول مدت زمانی که مرکز مورد نظر دایر می‌باشد و متقاضی می‌پذیرد، به ازای هر تقاضای جدید یک مرتبه اجرا می‌شود. گام های فاز ۱ عبارتند از:

۱. محاسبه ضرب‌الاجل خدمت مورد تقاضای متقاضی.

۲. بررسی امکان خدمت‌دهی به متقاضی در ضرب‌الاجل موردنظر وی با توجه به منابع خدمت موجود و خدمات پذیرش شده توسط حل مدل ریاضی مربوط به فاز ۱.

۳. در صورتی که امکان پذیرش متقاضی جدید وجود داشته باشد اطلاعات وی را به متقاضیان پذیرش شده اضافه نموده و در غیر اینصورت از پذیرش وی خودداری می‌شود.

لازم بذکر است که پذیرش هر متقاضی توسط فاز ۱ به معنی امکان خدمت‌دهی به وی در ضرب‌الاجل موردنظر متقاضی می‌باشد ولی زمان دقیق خدمت دهی به وی در ادامه و چند روز قبل از خدمت دهی به وی مشخص می‌شود و با پذیرش وی زمان خدمت دهی به وی اعلام نخواد شد. در ادامه روابط ۱ تا ۳ مدل ریاضی فاز ۱ را معرفی می‌کند.

$$\sum_{i=td+em+1}^{td+dl_j-1} X_{j,i} = 1 \quad , j = 0, \dots, n \qquad (۱)$$

$$\sum_{i=td+dl_j}^{td+p-1} X_{j,i} = 0 \quad , j = 0, \dots, n \qquad (۲)$$

$$\sum_{j=0}^{n} f_j X_{j,i} \le S_i \quad , i = td+EM+1, \dots, td+P \qquad (۳)$$

جدول ۱- تعریف متغییر ها و پارامترهای موجود در روابط ۱،۲و۳

پارامتر با متغییر	تعریف
P	پارامتر دوره زمانبندی
EM	پارامتر دوره اضطرار
n	پارامتر تعداد افراد پذیرش شده تا زمان حال
td	پارامتر زمان حال (امروز)
f(j)	پارامتر میزان منبع مورد نیاز به منظور خدمت دهی برای خدمت jام
dl(j)	پارامتر ضرب‌الاجل موجود برای خدمت jام
s(i)	پارامتر منبع در دسترس در روز iام
X(j,i)	متغییر صفر و یک پذیرش یا عدم پذیرش فرد jام در روز iام

روابط ۱ تا ۳ سه دسته از معادلات خطی صفر و یک می‌باشند که به صورن محدودیت و همزمان مورد بررسی قرار می‌گیرند. در صورتی که حالتی امکان پذیر برای آنها وجود داشته باشد به معنی پذیرش متقاضی خدمت مورد نظر در ضرب‌الاجل مربوطه می‌باشد و در غیر اینصورت به معنی عدم امکان پذیرش وی می‌باشد. لازم بذکر است روابط از نوع ۱ و ۲ به تعداد کل افراد پذیرش شده در صف تکرار می‌شوند و رابطه ۳ به تعداد روزهای زمانبندی از دوره‌ی اضطرار تا دوره

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-27]

زمانبندی می‌باشد. جدول ۱ پارامترهای و متغییرهای موجود در روابط ۱تا ۳ را تعریف می‌کند.

در پایان هر روز کاری با متوقف شدن فاز ۱، فازهای ۲و۳ به ترتیب اجرا می‌شوند. از پویایی الگوریتم پیشنهادی به عنوان یکی از شاخصه‌های مورد اهمیت آن یاد شد. فاز ۲ الگوریتم مربوطه وظیفه پویایی و اعمال آخرین تغییرات را انجام می‌دهد. هدف این فاز از الگوریتم بررسی عملکردهای محول شده به سیستم و همچنین اعمال آخرین تغییرات قابل یا غیر قابل پیش‌بینی در سیستم می‌باشد. به طورکلی وظایف فاز ۲ را می‌توان به دو دسته مجزا تقسیم نمود.

۱. بررسی عملکرد سیستم در زمان‌های سپری‌شده خدمت‌دهی از افق زمانی خدمت‌دهنده در واحد افق زمانی خدمت‌گیرنده جاری

۲. اعمال تغییرات پیش آمده احتمالی که گاها به صورت غیر مترقبه در هر سیستم ایجاد می‌شود.

در هر روز، فاز ۳ پس از اجرای فازهای ۱ و ۲، شروع به کار نموده و زمان‌بندی خدمت‌دهی روز بعد را برنامه‌ریزی می‌کند. بدین ترتیب در پایان هر روز، به‌منظور بررسی انجام یا عدم انجام خدمات زمان‌بندی شده همان روز، فاز ۲ اجرا می‌شود. هرکدام از خدمات زمان‌بندی شده توسط فاز ۳ در روز قبل که طبق زمان‌بندی انجام‌شده‌اند، از لیست خدمات خارج شده و سایرین به لیست خدمات در انتظار دریافت خدمت، به منظور زمان‌بندی مجدد و دریافت خدمت ارجاع داده می‌شوند. وظیفه ثانویه فاز ۲ اعمال تغییرات ناگهانی پیش آمده در سیستم می‌باشد. فرض کنید در یک سیستم خدماتی که روزانه ۲ شیفت کاری به خدمت‌دهی می پردازد، به دلیل یک اتفاق غیر قابل پیش‌بینی در ماه آینده یکی از شیفت های خود را تعطیل کرده باشد یا شیفت جدیدی اضافه کرده باشد. به محض رخداد چنین اتفاقاتی در هریک از روزها و میزان تغییرات به وجود آمده در منابع، فاز ۲ که در پایان همان واحد زمانی خدمت‌گیرنده اجرا می‌شود چنین تغییراتی را اعمال نموده و منابع را بروز رسانی می‌کند. همچنین ممکن است برخی از خدمت‌گیرنده‌گانی که در سیستم پذیرش شده‌اند به دلایلی از دریافت خدمت انصراف دهند. در چنین حالتی آنها نیز از جمع خدمت‌گیرنده‌گان حذف می‌شوند. گام‌های فاز ۲ عبارتند از:

۱. خدماتی که روز گذشته توسط فاز ۳ اولویت‌بندی شده اند را بررسی کن. درصورتی که هر خدمت انجام شده است خدمت وی را از صف متقاضیان خارج و اطلاعات آن را بایگانی کن و در غیراینصورت اطلاعات وی را در صف مربوطه حفظ کن.

۲. درصورتی که متقاضی‌ای از دریافت خدمت انصراف داده است اطلاعات وی را بایگانی کرده و خدمت مربوطه را از لیست متقاضیان خدمت حذف کن.

۳. در صورتی که تغییری در میزان منابع خدمت ایجاد شده است، خدمات مربوطه را اصلاح کن.

حال اطلاعات موجود برای اولویت بندی خدمات حاضر در صف در طبق آخرین تغییرات منظم شده‌اند. آخرین فازی که در هر روز اجرا می‌شود فاز ۳ می‌باشد که وظیفه اولویت‌بندی خدمت‌گیرندگان در روز بعدی را بر عهده دارد. هدف این فاز مشخص کردن اولویت‌های آتی از بین تمامی متقاضیان پذیرش شده توسط فاز ۱ به‌منظور خدمت‌دهی در واحد زمانی بعدی می‌باشد. گام‌های فاز ۳ عبارتند از:

۱. یک واحد به زمان حال (امروز) اضافه کن[1].

۲. از ضرب‌الاجل تمامی خدمات منتظر در صف یک واحد کم کن.

۳. لیست اولویت بندی خدمت دهی در روز بعد را با حل مدل ریاضی مربوط به فاز ۳ استخراج کن.

۴. هماهنگی‌های موردنیاز بمنظور پشتیبانی های لازج جهت دریافت خدمت را ارجاع بده.

لازم بذکرست لیست اولیت بندی مربوطه لیستی با چند برابر ظرفیت خدمت دهی فردا می‌باشد. باتوجه به این که در فاز یک به منظور پذیرش افراد از منابع موجود در زمان حال تا پایان دوره اضطراری (EM) چشم‌پوشی می‌شود، اولویت بندی خدمت دهی نیز به میزان منابع خدمت دهی موجود د همین بازه صورت می‌گیرد تا در صورت نا آماده بودن یکی از متقاضیان فرد دیگری جایگزین وی شود و از هدر رفت منابع جلوگیری شود و همچنین سایر افرادی که در روزهای آینده مورد خدمت دهی قرار می‌گیرند، مطلع و آماده شوند. در ادامه مدل ریاضی صفر و یک خطی که لیست اولویت بندی از جواب آن استخراج می‌گردد طی روابط ۴ الی ۸ معرفی می‌شوند. جدول ۲ پارامترهای اضافه شده و جدید در مدل خطی فاز ۳ را معرفی می‌کند.

$$\min F1 = \sum_{i=td}^{td+em-1}\left(wd_i * \left(S_i - \sum_{j=1}^{m}\left(f_j * X_{j,i}\right)\right)\right) \quad (۴)$$

$$Max\,F2 = \sum_{j=1}^{m}\left(wc_j * \left(\sum_{i=td}^{td+em-1} X_{j,i} * \left(i - a_j\right)\right)\right) \quad (۵)$$

روابط ۴و۵ توابع هدف مدل مربوطه و روابط ۶،۷و۸ محدودیت های مدل می‌باشند.

[1] td=td+1

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-27]

$$\sum_{i=td}^{td-1+dl_j} X_{j,i} = 1 \qquad j = 1, \ldots, m \qquad (۶)$$

$$\sum_{i=td+dl_j}^{td+p-1} X_{j,i} = 0 \qquad j = 1, \ldots, m \qquad (۷)$$

$$\sum_{j=1}^{m} f_j X_{j,i} \le S_i \qquad i = td, \ldots, td+P-1 \qquad (۸)$$

جدول ۲ – تعریف پارامترهای جدید در رابطه های ۴و۵

پارامتر	تعریف
F1	تابع هدف اولویت اول. حداقل سازی هدررفت منابع
F2	تابع هدف اولویت دوم. حداکثر سازی سایر مطلوبیت ها
wd(i)	اهمیت نسبی روز iام
wc(j)	اهمیت نسبی خدمت jام
a(j)	زمان خدمت jام به سیستم

لازم بذکرست مدل ریاضی موجود در فاز ۳، ابتدا با درنظر گرفتن محدودیت‌ها به بهینه‌سازی رابطه ۴ پرداخته و سپس با مساوی قراردادن رابطه ۴ با مقدار بهینه آن بعنوان محدودیتی جدید در کنار محدودیت‌های قبلی، به بهینه‌سازی رابطه ۵ به عنوان تابع هدف بهینه می‌پردازد. در ادامه به اجرای الگوریتم مورد نظر در مرکز قلب شهید رجایی می‌پردازیم. ئیش از اجرای الگوریتم وجود تذکر چند نکته ضروری ست.

۱. نرم افزار های مورد استفاده به منظور اجرای الگوریتم مربوطه متلب و گمز می‌باشد. به‌منظور پالایش اطلاعات، بارگزاری اطلاعات ورود و ساماندهی اطلاعات به منظور ایجاد بردارهای لازم برای برنامه ریزی خطی از متلب استفاده شده و با استفاده از گمز، مدل‌های خطی صفر و یک به منظور یافتن جواب بهینه حل شده‌اند.

۲. s(i) معرف میزان منبع موجود در روز iام برای خدمت‌دهی می‌باشد. باتوجه به این که در این پژوهش عمل جراحی قلب بعنوان خدمت درنظر گرفته شده‌است، واحد s(i) برابر با تعداد جراحی های انجام شده در روز iام می باشد.

۳. با توجه به فرض ۱، و با توجه به این که هر متقاضی دریافت جراحی قلب فقط ۱ دفعه جراحی می‌شود، f(j) برای تمام متقاضیان برابر ۱ درنظر گرفته شده است.

۴. باتوجه به این که اطلاعات بررسی شده در این پژوهش مربوط به زمان گذشته می‌باشد و میزان منابع و تعداد جراحی ها در طول دوره مشخص می‌باشد، و از طرفی بدلیل نقص سیستم جمع‌آوری اطلاعات مرکز مربوطه، میزان هدررفت منابع مشخص نیست، لذا در این بررسی صرفا پذیرش مبتنی بر رعایت ضرب‌الاجل خدمت رعایت شده و امکان بهینه‌سازی بدلیل نقص اطلاعات وجد ندارد.

در ادامه به اجرای الگوریتم پیشنهادی برای بیماران متقاضی جراحی قلب باز یکی از جراحان این مرکز می‌پردازیم.

اجرای فاز صفر:

گام ۱: مشخص نمودن نحوه محاسبه ضرب‌الاجل بیماران

باتوجه به محدودیت‌های ذکر شده درمورد نقص اطلاعات، محاسبه ضرب‌الاجل بیماران گذشته بدون در دست داشتن اطلاعات موردنیاز امکان‌پذیر نمی‌باشد. لذا، محاسبه ضرب‌الاجل بیماران با تکیه بر اطلاعات موجود انجام می‌شود. در این گام فرض شده‌است که زمان ابلاغ شده به متقاضی جراحی در هنگام درخواست نوبت در فرایند نوبت‌دهی مرکز شهید رجایی، حداکثر ضرب‌الاجل موجود برای بیمار می‌باشد. بنابراین، طبق این فرض، ضرب‌الاجل هریک از بیماران برابر است با حدفاصل زمانی که بیمار به منظور دریافت نوبت به پذیرش مراجعه کرده است تا زمانی که به وی برای عمل جراحی ابلاغ شده‌است.

گام ۲: تعیین دوره زمانبندی

دوره زمانبندی در این بررسی برابر با ۹۰ روز درنظر گرفته شد.

گام ۳: تعیین دوره اضطرار

دوره اضطرار نیز برابر با ۵ روز درنظر گرفته شد. به این معنی که بیمارانی که ضرب‌الاجلی بیشتر از ۵ روز دارند مورد بررسی امکان نوبت دهی در صف جراح مورد نظرشان قرار می‌گیرند.

گام ۴: بارگزاری اطلاعات مربوط به متقاضیان پذیرش شده

اطلاعات مربوطه ورد بارگزاری قرار گرفت.

در پایان فاز صفر، الگوریتم مربوطه آماده‌ی کار برای دریافت و ساماندهی اطلاعات می‌باشد و در هر روز کاری بترتیب فاز ۱ به امکان نوبت‌دهی متقاضیان می‌پردازد، پس از پایان روز کاری فاز ۲ به بروز رسانی اطلاعات می‌پردازد و اطلاعات با آخرین تغییرات را به فاز ۳ می‌دهد تا برای خدمت‌دهی روز بعد برنامه ریزی کند و به این ترتیب این سه فاز مانند سه چرخ‌دنده با تاثیر بر روی اطلاعات موجود، زمانبندی جراحی‌ها را انجام می‌دهند.

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-27]

یافته‌ها:

اطلاعات موجود با استفاده از الگوریتم پیشنهادی نیز زمانبندی شدند. بهبود ایجاد شده در الگوریتم پیشنهادی مربوط به رعایت ضرب‌الاجل بیماران انتخابی جهت جراحی می‌باشد که همانطور که مشاهده می‌شود، در الگوریتم پیشنهادی بر خلاف فرایند موجد بیماری خارج از ضرب‌الاجل جراحی خود مورد خدمت‌دهی قرار نگرفته است در حالی که در فرایند موجود ۱۱ از کل بیماران خارج از ضرب‌الاجل مربوطه مورد جراحی قرار گرفته اند. جدول‌های ۳ و ۴ به ترتیب عملکردهای فرایند موجود و الگوریتم پیشنهادی را ارائه داده‌اند.

جدول ۳ – عملکرد فرایند نوبت‌دهی موجود

عنوان	درصد
بیمارانی که در روز مشخص شده جراحی شده اند	20%
بیمارانی که زودتر از روز مشخص شده جراحی شده اند	15%
بیمارانی که دیرتر از زمان مشخص شده جراحی شده اند	11%
بیمارانی که به هر دلیل جراحی نشده اند	54%

جدول ۴ – عملکرد الگوریتم پیشنهادی

عنوان	درصد
بیمارانی که پذیرش شدند و در ضرب‌الاجل خود جراحی شدند	46%
بیمارانی که پذیرش نشدند	54%

بحث:

در پژوهش حاضر به طراحی یک الگوریتم زمانبندی جراحی قلب مبتنی بر ضرب‌الاجل بیماران پرداخته شد. خدمت‌دهی قطعی در ضرب‌الاجل متقاضی به وی درصورت پذیرش متقاضی در صف از نقاط بارز و قابل توجه الگوریتم پیشنهادی می‌باشد. در مقایسه با پژوهش مشابهی که فریفیتا و همکاران ارائه داده اند کارایی بالا تری دارد.(۱۶) ثبت مناسب اطلاعات مربوط به زمانبندی جهت بررسی مسائل زمانبندی و بهبودها و بهینه سازی‌های آتی نیز از دیگر نقاط قوت این پژوهش می‌باشد که بایرامی و همکاران به وجود ضعف‌های مدیریتی و چالش‌های ساختاری اشاره کرده اند.(۱۷) ,

نتیجه گیری:

اتخاذ فرایندها و الگوریتم های کاراتر، امکان بهبود فرایندهای موجود را فراهم می‌کند و باتوجه به رشد میزان تقاضا در حوزه‌های حساس پرداختن به این بهینه‌سازی‌ها قابل توجه می‌باشد. از نقاط ضعف الگوریتم پیشنهادی نیز می‌توان به عدم تعیین زمان خدمت‌دهی به متقاضی در هنگام پذیرش وی اشاره کرد. همچنین به مرور زمان الگوریتم پیشنهادی بدلیل افزایش طول صف و اصرار به خدمت دهی قطعی در ضرب‌الاجل مربوطه، به انتخاب متقاضیان دارای ضرب‌الاجل طولانی‌تر متمایل شده و به گونه ای شانس پذیرش بیماران غیر اورژانسی داری ضرب‌الاجل کوتاه را کاهش می‌دهد و سایر جراحان با طول صف کوتاه‌تر را به بیمار پیشنهاد می‌کنند. در صورتی که ظرفیت صف کامل باشد و در فاز ۲ بدلایلی برخی از منابع نیز لغو شوند، طبیعی‌ست که خدمت‌دهی به بیماران با کمبود مواجه شود. به منظور پوشش این ضعف پیشنهاد می‌شود در فاز ۲ محاسباتی به منظور یافتن حالات غیرممکن و جبران این حالات با ارائه راه حل صورت پذیرد.

افزودن راهکاری به‌منظور پایش مناسب‌تر و جزئی‌تر محدودیت‌ها و برآورد دقیق‌تر آنها نیز به منظور بهبود دقت الگوریتم ارائه شده پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی:

بدین وسیله از پزشکان، پرسنل و کارکنان مرکز آموزشی، تحقیقاتی و درمانی قلب و عروق شهید رجایی وابسته به دانشگاه علوم پزشکی ایران که به نحوی در انجام این پژو هش مارا یاری کردند، تشکر و قدردانی بعمل می آید.

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-27]

References:

1. Qu X, Rardin RL, Williams JAS. A mean–variance model to optimize the fixed versus open appointment percentages in open access scheduling systems. Decision Support Systems. 2012;53(3):554-64.
2. Sarvandi S, Shahroodi K. Assessing the Patients' Hospitalization and Discharge Processes Based on Kaizen approach and Multiple-Criteria Decision Making (MCDM) in a Hospital. Journal of Hospital. 2016;15(3):83-93.
3. Eskandari, H. and Bahrami, M. Multi-Objective Operating Room Scheduling Using Simulation-based Optimization. 2017; 51(1): 1-13. (in Persian)
4. Kortbeek N, Zonderland ME, Braaksma A, Vliegen IM, Boucherie RJ, Litvak N, et al. Designing cyclic appointment schedules for outpatient clinics with scheduled and unscheduled patient arrivals. Performance evaluation. 2014; 80: 5-26.
5. Imani Imanlu, M. and Atighehchian, A. Daily Operating Rooms Scheduling under Uncertainty using Simulation based Optimization Approach. Journal of Industrial Management Perspective, 2018; 7(26): 53-82.
6. Liu N. Optimal choice for appointment scheduling window under patient no-show behavior. Production and Operations ManagEMent. 2016;25(1):128-42.
7. Meskens N, Duvivier D, Hanset A. Multi-objective operating room scheduling considering desiderata of the surgical team. Decision Support Systems. 2013;55(2):650-9.
8. Medway AM, de Riese WT, de Riese CS, Cordero J, editors. Why patients should arrive late: The impact of arrival time on patient satisfaction in an academic clinic. Healthcare; 2016: Elsevier.
9. Ahmadi-Javid A, Jalali Z, Klassen KJ. Outpatient appointment systems in healthcare: A review of optimization studies. European Journal of Operational Research. 2017;258(1):3-34.
10. Patrick J, Puterman ML, Queyranne M. Dynamic multipriority patient scheduling for a diagnostic resource. Operations research. 2008;56(6):1507-25.
11. Conforti D, Guerriero F, Guido R. Non-block scheduling with priority for radiotherapy treatments. European Journal of Operational Research. 2010;201(1):289-96.
12. Hulshof PJ, Kortbeek N, Boucherie RJ, Hans EW, Bakker PJ. Taxonomic classification of planning decisions in health care: a structured review of the state of the art in OR/MS. Health systems. 2012;1(2):129-75.
13. Schuetz H-J, Kolisch R. Capacity allocation for demand of different customer-product-combinations with cancellations, no-shows, and overbooking when there is a sequential delivery of service. Annals of operations research. 2013;206(1):401-23.
14. Chakraborty S, Muthuraman K, Lawley M. Sequential clinical scheduling with patient no-show: The impact of pre-defined slot structures. Socio-Economic Planning Sciences. 2013;47(3):205-19.
15. Akbari motlagh Ali, Najafi Shahram, Identification of human costs caused by futile occupational accidents in South Khorasan province, 1st international conference of HSE in civil, mine petroleom and gas projects, 2014
16. Frifita S, Masmoudi M, Euchi J. General variable neighborhood search for home healthcare routing and scheduling problem with time windows and synchronized visits. Electronic Notes in Discrete Mathematics. 2017;58:63-70.
17. bayrami r, ebrahimipour h, HASANZADEH A. Challenges in Pre hospital emergency medical service in Mashhad: A qualitative study. 2017.

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-27]

Developing a Model for Dynamic Schedule of Heart Surgery based on Patient's Maximum Delay

Iman Dehghan I [1] , Ostadi B[2]*, Hosseini S [3]

Submitted: 2018/5/30 Accepted: 2019/1/12

Abstract:

Background: The operating rooms in each health center are one of the most sensitive units in the center, whereas scheduling and scheduling operations are in particular importance and their optimization has a significant effect on the optimization of the whole complex. The scheduling of heart surgery in addition to the limitations of manpower, time, and facilities includes the limitation of the patient's surgical deadline, which is the purpose of the surgical scheduling given this parameter.

Materials and Methods: In this quantitative study, an algorithm containing 3 + 1 function was proposed. This algorithm also addresses uncertainty while monitoring the limitations of available resources and the maximum delay for surgery. In this study, patients categorize to emergency and non-emergency patients which only the scheduling of non-emergency patients is considered. In this study 343 patient was studied.

Results: Based on a six-month period information reviewing from Shahid Rajaie Cardiovascular Center in Tehran, a 11% improvement has been made in respecting the maximum delay for the patient's referral process. The optimization rate is often related to the difference in patient selection based on their deadline for surgery, which in the present algorithm has been a major contributor to the denial of service patients. Another advantage of the proposed algorithm is the dynamic process of the algorithm and appropriate response to the changes.

Conclusion: The longer the length of the queue, the lower the chance of accepting non-emergency patients with the shorter maximum delays.

Keywords: Dynamic scheduling, Cardiovascular surgery, Appointment scheduling, Maximum delay

[1] M.Sc. Student, Industrial Engineering, School of Industrial and Systems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

[2] Assistant Professor, School of Industrial and Systems Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (*Corresponding author), Address: Room 909, Faculty of Industrial and Systems Engineering, Tarbiat Modares University, Nasr Bridge, Jalal AleAhmad Highway, Tehran, Iran, Email: bostadi@modares.ac.ir, Tel: 021-82884385, Fax: 021-82884385

[3] Professor, Heart Valve Disease Research Center, Rajaie Cardiovascular Medical and Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2024-07-27]