توسعه یک مدل دو مرحله‌ای احتمالی برای مکان‌یابی سلسله‌مراتبی مراکز درمانی بیماری های قلبی با در نظر گرفتن نرخ خدمت‌دهی

(یک مطالعه موردی در مرکز قلب تهران)

زهره کاهه[1]، علی حسین‌زاده کاشان[2*]

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۲۳

چکیده:

زمینه و هدف: *مکان‌یابی مراکز درمانی از جمله مسائل مهمی است که باید از ابعاد متفاوت و با هدف ارتقای خدمت‌دهی به آن توجه شود. در این مقاله، مسئله مکان‌یابی حداکثر پوشش سلسله مراتبی مراکز درمانی بیماری‌های قلبی با دو سطح خدمت‌دهی شامل کلینیک و بیمارستان و با در نظر گرفتن نرخ خدمت‌دهی به بیماران قلبی بررسی شد. هدف اولیه حداقل نمودن نقاط تقاضای پوشش نیافته، و هدف ثانویه کمینه‌سازی نرخ تقاضاهای از دست‌رفته به عنوان معیاری برای حفظ بیماران بالقوه در شعاع پوشش بود.*

روش: *به منظور تحلیل سیستم های صف، سیستم نوبت‌دهی مرکز قلب تهران بررسی شد.روش پیشنهادی یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی دومرحله‌ای احتمالی است . به منظور ارزیابی مدل پیشنهادی چند مثال عددی در نرم افزار GAMSاجرا شد.*

نتایج: *نتایج نشان داد بهترین حالت برای احداث مراکز درمانی، احداث کلینیک در مجاورت یک بیمارستان است.اتخاذ تصمیم در ارتباط با مکان یابی مراکز درمانی،با در نظر گرفتن نرخ خدمت‌دهی به بیماران در هر یک از مراکز درمانی موجب افزایش اعتماد به نتیجه حاصل از مدل بهینه‌سازی و کاهش هزینه‌ها و نرخ تقاضای از دست‌رفته شده است.*

نتیجه‌گیری: *مدل پیشنهادی قادر است با الگو قرار دادن مراکز درمانی در مناطق با طیف جمعیتی مشابه، به تصمیم‌گیرندگان برای استقرار بهینه مراکز درمانی در مناطق محروم یاری رساند.مکان یابی کلینیک‌ها و بیمارستان ها با در نظر گرفتن حالت سلسله مراتبی و نرخ خدمت دهی در آنها، موجب افزایش رفاه بیماران خواهد شد.*

کلمات کلیدی: *سیستم‌های خدمات درمانی، مکان‌یابی سلسله مراتبی، مدل دو مرحله‌ای احتمالی،تئوری صف*

[1] کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، مدیریت سیستم و بهره وری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
[2] استادیار ،مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران ؛(*نویسنده مسئول)،
آدرس الکترونیکی: a.kashan@modares.ac.ir، تلفن: ۰۲۱-۸۲۸۸۴۳۹۸

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

مقدمه:

مکان یابی مراکز درمانی یکی از موضوعات مهمی است که تصمیم‌گیری در مورد آن باید در راستای ارتقای سلامت افراد جامعه باشد. چه بسا در صورتی کهاین تصمیم در رابطه با مراکز درمانی مختلف نظیر بیمارستان، کلینیک ها و ... به صورت یکپارچه و با در نظر گرفتن ارجاع دهی بیماران با توجه به امکانات در هر یک از این مراکز اتخاذ شود، موجب رفاه بیشتر بیماران و مراجعان می‌شود.

سیستم سلسله مراتبی به سیستمی اطلاق می شود که تسهیلات آن به صورت یک طرفه از بالا به پایین و یا از پایین به بالا در سطوح مختلف خدمت دهی، با یکدیگر ارتباط متقابل داشته باشند. سیستم های مراقبت های بهداشتی تعداد سطوح مختلفی می توانند داشته باشند، اما ویژگی اصلی آنها تودرتویی بودن آنهاست، به این صورت که عموما خدماتی را که کلینیک ارائه می دهد بیمارستان نیز به همراه تعدادی خدمات بیشتر ارائه می نماید. ویژگی دیگر این سیستم چند جریانی بودن آن است که بیمار در صورت تمایل می‌تواند به طور مستقیم از هر یک از سطوح خدمات مورد نیازش را دریافت نماید و لازم نیست همواره از طریق سطح پایین به سطح بالاتر ارجاع داده شود(۱).مدل مفهومی مساله به صورت شکل ۱ است.

بدیهی است که ایجاد تسهیلات سطح بالا (نظیر بیمارستان) نسبت به تسهیلات سطح پایین (نظیر کلینیک) هزینه بیشتری را می طلبد. همچنین از آنجا که نیاز اکثر مشتریان شامل خدمات اولیه است که از طریق تسهیلات سطح پایین برطرف می شود، صرف هزینه برای ایجاد آنها منطقی است. بدین منظور از مدل های مسائل سلسله مراتبی استفاده می شود تا مکان بهینه هر یک از این تسهیلات و تعداد بهینه تسهیلات هر سطح با هدف کمینه سازی هزینه و پوشش حداکثری با بهترین بعد مسافت و کمترین زمان دسترسی حاصل شود(۲).

هدف از بررسی صف در مراکز خدماتی در این مساله کمینه نمودن نرخ تقاضای از دست رفته هر یک از مراکز درمانی با دست یابی به یک سطح ایده آل برای متوسط زمان نوبت دهی (انتظار) و زمان بیکاریپرسنل است. در واقع تصمیمات اولیه مربوط به تعداد و مکان مراکز خدماتی دو سطح شامل کلینیک ها و بیمارستان ها تصمیمات استراتژیک، و تصمیمات ثانویه مرتبط با متوسط زمان بیکاریپرسنل و متوسط زمان نوبت دهی (طول صف) از تصمیمات عملیاتی می باشد. این امر قابلیت اطمینان مدل را افزایش می دهد و در نظر گرفتن برنامه ریزی احتمالی سیستم را با توجه به شرایطی که ممکن است رخ دهد، استوار می سازد. قابل توجه است که به علت مدیریت یکسان این مراکز (دولتی) تصمیمات سطح اول و دوم همراستا و در راستای ارتقای سطح خدمت دهی به بیماران هستند.

مدل های مکان یابی سلسله مراتبی عموما در دو دسته اصلی طبقه بندی می شوند: ۱) جریان محور (هزینه از جنس واحد جریان در نظر گرفته می شود)، ۲) تخصیص محور (هزینه بر اساس تخصیص است). برای استقرار سیستم های درمانی عموما از مدل سازی نوع دوم بهره برده می شود.

هنگامی که هزینه ایجاد تسهیلات هزینه زیادی دارد، از مسائل پوشش استفاده می شود. مسائل سلسله مراتبی پوشش نیز به دو دسته پوشش کامل و حداکثر پوشش تقسیم می شوند که هدف پوشش کامل این است که با حداقل هزینه و حداقل تعداد تسهیلات به پوشش کامل برای تمام نقاط تقاضا دست یابد، اما در صورت وجود محدودیت منابع پوشش جزئی مد نظر قرار می گیرد تا بدان وسیله کمترین تعداد از افراد خارج از مسافت خدمات مطلوب قرار گیرند.

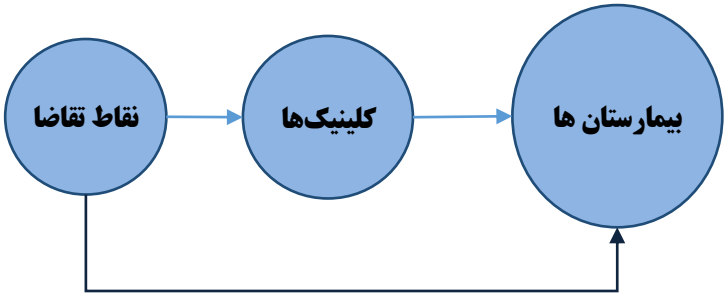
در این مقاله به ارائه مدل برای مساله مکان‌یابی پوشش سلسله مراتبی مراکز درمانی با در نظر گرفتن نرخ امتناع بیماران از دریافت خدمات می‌پردازیم. در واقع مدل ارائه شده برای این مساله، یک مدل حداکثر پوشش نقاط تقاضا است که دو سطح خدمت دهی شامل بیمارستان و کلینیک را برای پوشش دهی بیماران در بردارد. در مدل سیام و کوته (۳) نرخ حفظ بیمار در طول خدمت دهی به سادگی بر اساس مفهوم ساده و متداول شعاع پوشش است که مطابق با آن افراد به تسهیلات با فاصله نزدیک تر جذب می‌شوند.یعنی در تصمیم‌گیری آنها تنها فاصله ملاک در نظر گرفته شده است، اما در حقیقت یکی از عوامل مهم ماندگاری یا امتناع بیماراز دریافت خدمات، نحوه خدمت دهی و زمان انتظار بیماران برای نوبت‌دهی ویزیت است. این امر به این علت است که بیماران با روبرو شدن با نوبت هایی که دیرتر از زمان مورد انتظارشان باشد، به سایر کلینیک ها با کیفیت خدمت رسانی مشابهمراجعه می نمایند و یا آنکه در موارد اورژانسی سلامتی شان در خطر قرار می گیرد.بنابراین در این مقاله سعی شده است که نرخ امتناع بیماران به صورت واقعی‌تری با توجه به نرخ خدمت دهی در مراکز درمانی در مدل لحاظ شود.

از طرف دیگر باید توجه نمائیم که نامعینی یک مساله مهم در طراحی سیستم های پایدار بویژه در سیستم های بیمارستانی است، که مولفه های اصلی این سیستم‌ها نظیر میزان مراجعه بیماران (در شرایط عادی و یا شیوع بیماری) طبیعت احتمالی دارد. بنابراین در این مساله نامعینی ذاتی در تصمیمات عملیاتی مرتبط با نرخ امتناع بیماران را بوسیله تعبیه محدودیت های احتمالی در مدل برنامه ریزی دو مرحله ای در نظر گرفته ایم. توانایی فرآهم آوردن پوشش کافی برای

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

نقاط تقاضا در تمام شرایط به ایجاد یک تعادل بین خدمت دهندگان و تعداد مراجعات بیماران است که در مساله ما با بررسی سیستم صف در شرایط نامعینی امکان پذیر شده است.

بررسی مدل صف در این مساله از این رو اهمیت دارد که در صورت بلندمدت بودن زمانهای نوبت‌دهی در یک مرکز درمانی، بیماران ممکن است به سایر مراکز درمانی که برای پوشش سایر نقاط تقاضا است مراجعه نمایند، که در این صورت مرکز درمانی بیماران بالقوه خود (بیماران در شعاع پوشش) را از دست می دهد،و از آن مهم‌تر اینکه در صورتی که ظرفیت تمام مراکز در فاصله زمانی نزدیک تکمیل باشد و نوبت‌دهی در زمان نزدیک امکان‌پذیر نباشد، امکان ایجاد مشکلات برای سلامتی بیماران وجود دارد. به عنوان مثال اگر بیمار غیر اورژانسی با تماس با یک کلینیک برای یک ماه آینده بتواند نوبت دریافت نماید با فرض کیفیت مشابه مراکز درمانی (مطابق مفروضات در این مقاله همگی مراکز درمانی تحت بررسی، تحت مدیریت یکسان و دولتی می باشند)، ترجیح می دهد به کلینیک دیگری مراجعه نماید و یا در صورتی که تمام مراکز نوبت دهی دیرهنگام داشته باشند ممکن است سلامت بیمار به ویژه اگر وضعیت اورژانسی داشته باشد به خطر بیفتد. بنابراین علی رغم در نظر گرفتن مساله مکانیابی در بعد استراتژیک لازم و ضروری است که مساله از بعد عملیاتی نیز بررسی شود.



شکل ۱- مدل مفهومی و کلی مساله سلسله مراتبی

بنابراین با در نظر گرفتن مساله از دو بعد استراتژیک و عملیاتی، بسیاری از مشکلات را نه پس از احداث مراکز درمانی و صرف هزینه های کلان، بلکه پیش از هر گونه اقدامی و به وسیله تصمیم‌گیری بهینه و هوشمندانه حل نماید، که این امر نکته قوت این پژوهش نسبت به پژوهش های قبلی است.

در ادامه به تعدادی از مطالعات در این حوزه پرداخته می شود و در نهایت جهت گیری پژوهش تبیین می شود.

مور و ریول (۴) به ارائه اولین مدل برای تسهیلات درمانی مبتنی بر مکانیابی سلسله مراتبی پرداختند. همان گونه که در قسمت مقدمه مشاهده می شود، مدل آنها بر اساس پوشش حداکثری نقاط تقاضا بود و جزئیات مسائل واقعی را در بر نمی گرفت.

موضوعات عمده ای که تاکنون در مقالاتی که به مدل های مکانیابی- تخصیص در سیستم های درمانی و سلامت پرداخته اند به این شرح است: مکانیابی بیمارستان در نواحی روستایی (۵)، برنامه ریزی و مکان گزینی سیستم های درمانی با در نظر گرفتن ملاحظات جغرافیایی (۶و۷)،مکانیابی مراکز بانک خون (۸).

سیام و کوته (۳) یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح برای مساله مکانیابی- تخصیص سازمان غیرسودده بیمارستان ارائه نمودند که در مدل آنها نرخ نگهداری بیمار بر اساس مفهوم فاصله بیمار در نظر گرفته می شد (استفاده از تسهیلات نزدیک تر برای بیماران مرجح تر بود.) مدل آنها نیز حالت سلسله مراتبی خدمات درمانی را در برنمی گیرد. آنها این مساله را از طریق الگوریتم شبیه سازی تبرید حل نمودند.

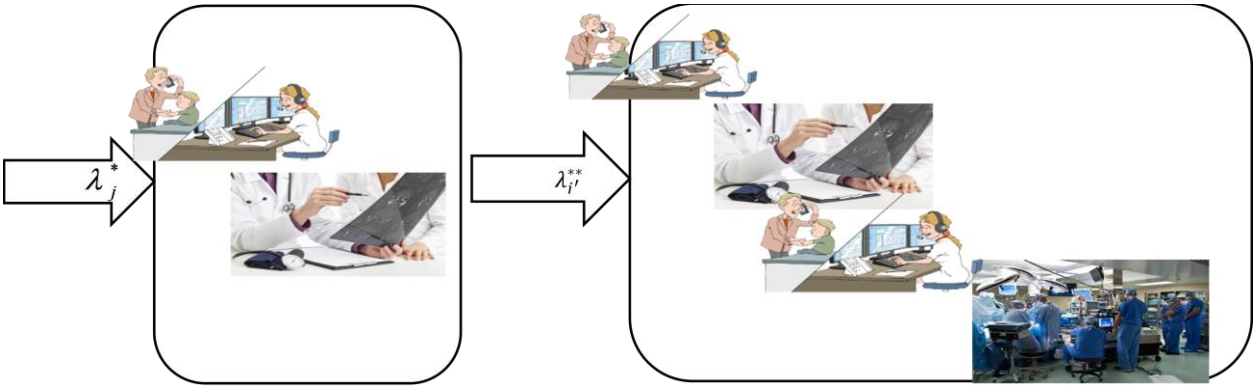
سهین و سورال (۹) مروری بر مدل های مکانیابی سلسله مراتبی تسهیلات داشتند. تیکسریا و آنتونز (۱۰) یک مدل مکانیابی سلسله مراتبی برای برنامه ریزی تسهیلات عمومی ارائه دادند. مهمترین ویژگی مدل آنها در نظر گرفتن چند سطح تقاضا و چند سطح تسهیلات و تودرتویی بودن تسهیلات است.

شریف و همکاران (۱۱) یک مدل مکانیابی پوشش حداکثری با محدودیت ظرفیت متداول بدون در نظر گرفتن حالت سلسله مراتبی سیستم برای سیستم های درمانی مالزی ارائه نمود و مساله را از طریق الگوریتم ژنتیک حل نمود.

ساهین و همکاران (۱۲) یک مدل دو مرحله ای، چند جریانی مبتنی بر تخصیص و با ساختار تو در تویی برای ناحیه بندی مراکز خدمات خونی ایجاد نموده است. آنها یک مساله واقعی با ۲۳ مکان کاندید برای هر دو سطح خدمات خونی و ۸۱ نقطه تقاضا در نظر گرفتند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

شوندی و محلوجی (۱۳) یک مدل مکانیابی-تخصیص فازی برای سیستم های پرازدحام ارائه نمودند. در واقع آنها پارامترهای سیستم صف و همچنین برخی از محدودیت ها را فازی در نظر گرفتند و یک مدل حداکثر پوشش با سیستم صف فازی توسعه دادند. آنها یک الگوریتم ژنتیک برای حل و ارزیابی مدل مساله ارائه نمودند.



شکل۲- مدل مفهومی مساله تحلیل صف در سیستم سلسله مراتبی

کوچران و روشه (۱۴) یک مدل شبکه صف برای یک مرکز اورژانس با هدف افزایش ظرفیت مرکز اورژانس برای درمان بیماران طراحی نمودند.

اولین مدل جایابی حداکثر پوشش مورد انتظار توسط داسکین ارایه شد که هدف آن ماکزیمم نمودن پوشش مورد انتظار با در نظر گرفتن احتمال مشغول بودن مراکز خدمت دهی به علت تقاضای بالا بود.ماریانف و همکاران (۱۵) با بهره گیری ازتئوری صف به ارائه یک مدل مکانیابی پرداختند که در آن اولویت مشتری برای انتخاب خدمت دهنده ها فاصله و زمان انتظار بود.

محمدی و همکاران (۱۶) به منظور طراحی شبکه ارائه خدمات درمانی قابل اطمینان در استان تهران با در نظر گرفتن ظرفیت محدود، یک مدل بهینه سازی چندهدفه فازی-احتمالی ارائه نمودند. آنها از یک رویکرد مبتنی بر تئوری بازی ها و همچنین دو الگوریتم فراابتکاری رقابت استعماری و شبیه سازی تبرید برای حل مل بهینه سازی چندهدفه استفاده شده است. این مدل ضمن برآورده نمودن هدف پوشش نقاط تقاضا، میزان بهینه‌ی تخت‌های مورد نیاز را با توجه به تغییرات در تقاضا و زمان خدمت را مشخص می کند. در پایان نتیجه‌گیری کرده‌اند که با توجه به پیچیده بودن فرآیندهای خدمت‌رسانی استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری می‌تواند در تأیید اولیه‌ی مدل صف استفاده شده بسیار موثر باشد.

برمن و همکاران (۱۷) به ارائه مدلی با هدف حداقل کردن تعداد فروش های از دست رفته پرداختند که در آن مشتری در صورت مراجعه به یک خدمت دهنده مشغول به نزدیک ترین خدمت دهنده مراجعه می نماید و در صورت تکمیل بودن تمام ظرفیت ها فروش از دست رفته پیش می آید.

برالدی و برونی (۱۸) یک مدل احتمالی برای سیستم های اورژانس متراکم ارائه دادند که در آن عدم اطمینان ذاتی تصمیم گیری را بوسیله یک الگوی برنامه ریزی احتمالی جدید که محدودیت های احتمالی را در یک مدل دومرحله‌ای (two-stage) تعبیه شده بود، ارائه نمودند.

واس و سزابو[1] (۱۹) به منظور بهبود جریان بیمار در اورژانس بیمارستان از مدلهای تئوری صف استفاده نمودند. در این پژوهش، نویسندگان اثر میانگین نرخ تقاضا، میانگین زمان خدمت و واریانس هر یک را بر زمان انتظار بیماران در بخش-های گوناگون اورژانس، محاسبه نموده‌اند و تلاش کرده اند تا فواید استفاده از تئوری صف را به صورتی ملموس به رده‌های مدیریتی بیمارستان و پزشکان نشان دهند.

در مقاله حاضر مساله مورد بررسی در دو بعد تصمیمات استراتژیک و عملیاتی بررسی شده است؛ تصمیمات عملیاتی در نظر گرفتن تعداد پرسنل با توجه به نرخ گریز بیمار در اثر نوبت دهی دیرهنگام است که با تحلیل سیستم صف در مساله اصلی، که مکانیابی و پوشش نقاط تقاضا در دو سطح خدمات (تصمیم گیری استراتژیک) است، گنجانده شده است. نوآوری این مقاله در درجه اول در حوزه مدلسازی است، به این صورت که تحلیل سیستم صف در مدل مکانیابی پوشش سلسله‌مراتبی به صورت یک مدل برنامه‌ریزی دوسطحی گنجانده شده‌است، در حوزه عملی نیز یک مدل تصمیم‌گیری کارآمد برای مکانیابی مراکز درمانی ارائه شده است.

[1] Vassa and Szabob

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

مواد و روش ها

روش تحقیق در این پژوهش تحلیلی و کمّی است، در واقع در این مطالعه از مدلسازی ریاضی و تئوری صف به منظور تحلیل سیستم صف و مکانیابی بهینه استفاده شده است. برای جمع آوری داده های مورد نیاز از روش پی‌درپی (Sequential) استفاده شده است ودر مراجعات متوالی داده‌های مورد نیاز از مرکز قلب تهران در بازه زمانی دو ماهه فروردین و اردیبهشت سال ۱۳۹۳ جمع آوری شده است. با توجه به جامعیت روش مورد استفاده و مشابه بودن فرآیند پذیرش و ورود بیماران به ایستگاه های مختلف و در نظر گرفتن سناریوهای مختلف با توجه به شدت بیماری این تحقیق کاملا قابل تعمیم به سایر بیمارستان‌ها هست. در رابطه با ملاحظات اخلاقی، با توجه به اینکه در این تحقیق به تحلیل فرآیند پذیرش و ورود بیماران قلبی به ایستگاه های مختلف پرداخته شده، سعی بر آن بوده که تداخلی در این فرآیند ایجاد نشود.

مدل مکان یابی سلسله مراتبی با در نظر گرفتن نرخ نگهداری مشتری

بررسی سیستم صف در مراکز درمانی

سیستم تحت بررسی یک شبکه شامل مجموعه ای از گره ها و کمان ها است که گره ها معرف نقاط تقاضا و کمان ها مسیر بین آنها است. در هر نقطه تقاضا جمعیتی از بیماران بالقوه قرار دارند که فرض کرده ایم که نرخ تقاضای آنها به خدمات درمانی ارائه شده در کل شبکه احتمالی و از توزیع پوآسون پیروی می کند.

ساختار خدمت دهی کلینیک ها تک ایستگاهی و ساختار خدمت دهی بیمارستان ها شامل دو ایستگاه متوالی در نظر گرفته شده است؛ بدین ترتیب هر یک از مراکز درمانی شامل سیستم‌هایی با چند خدمت دهنده موازی است که در آن تعداد خدمت دهنده ها برابر C در نظر گرفته می شود، بنابراین در هر لحظه به C بیمار خدمت ارائه می نماید.همچنین هر یک از مراکز درمانی شامل بیمارستان ها سیستم سری دو ایستگاهی با تعداد C خدمت دهنده در هر ایستگاه در نظر گرفته شده اند. در این سیستم ابتدا بیمار به بخش تشخیص (ویزیت اولیه) و در صورت نیاز برای اقدامات درمانی در صف قرار گیرد (منتظر نوبت می‌ماند). در بیمارستان چنانچه بیمار از کلینیک ارجاع یافته باشد نیز لازم است روند تشخیص- اقدامات درمانی را طی نماید، به عبارت دیگر امکان دریافت خدمت از ایستگاه دوم بدون مراجعه به ایستگاه اول (تشخیص) امکان پذیر نیست.

باید توجه نمود که در سیستم تک ایستگاهی کلینیک، بیماران با نرخ ثابت λ^*_j وارد کلینیک می شوند. همچنیننرخ ارائه خدمت هر خدمت دهنده نیز ثابت و برابر μ^*_j است. در صورتی که تعداد بیماران در نوبت کلینیک (n)بزرگتر یا مساوی C باشد آنگاه نرخ خروج از سیستم برابر $C\mu^*_j$ است، اما اگرnکوچکتر از C باشد آنگاه نرخ ارائه خدمت برابر $n\mu^*_j$ خواهد بود، که به صورت رابطه ۱ تعریف می شوند:

$$\lambda^*_{nj} = \lambda^*_j (n \geq 0)$$
$$\mu^*_{nj} = \begin{cases} n\mu^*_j & n \leq c \\ c\mu^*_j & n \geq c \end{cases} \qquad (1)$$

بنابراین سیستم خدمت‌دهی در هر کلینیک از نظم صف(M/M/C):(GD/∞/∞)پیروی می نماید. محاسبه شاخص های ارزیابیاینسیستم در کتاب حمدی طاها (۲۰) آورده شده است.

برای تشکیل مدل سیستم خدمت دهی در بیمارستان به عنوان یک سیستم دو ایستگاهه باید وضعیت سیستم در هر لحظه از زمان مشخص شود. هر ایستگاه می تواند یکی از دو حالت آزاد یا مشغول را داشته باشد، همچنین اگر مشتری در ایستگاه اول خدمتش را کامل دریافت کرده باشد اما هنوز ایستگاه دوم آزاد نشده باشد، ایستگاه اول را بلوک می نامیم.

با فرض اینکه علایم ۰ و ۱ و b معرف وضعیت های آزاد، مشغول و بلوک باشند؛ همچنین a وb را معرف وضعیت ایستگاههای ۱ و ۲ در نظر بگیریم، وضعیت سیستم ممکن است یکی از حالات زیر باشد:

{(a,b)}={(0,0),(1,0),(0,1),(1,1),(b,1)}

$P_{ab}(t)$ احتمال قرار گرفتن سیستم در وضعیت (a,b)در هر لحظه از زمان tاست که در کتاب حمدی طاها (۱۸) محاسبه شده است.

در سطح عملیاتی طراحی سیستم های درمانی به منظور یافتن مقدار بهینه متوسط زمان انتظار بیماران به منظور کاهش نرخ امتناع بیماران بر اثر زمان طولانی نوبت دهی و زمان بیکاری خدمتدهندگان در هر یک از مراکز درمانی، و همچنین به علت مشکلات تخمین پارامترهای هزینه در مدل هزینه‌ای (هزینه ارائه خدمت و یا هزینه تاخیر در خدمت دهی) از مدل سطح ایده‌آل استفاده می‌نماییم. در این مدل معیار بهینگی،برآورده شدن سطح ایده‌آلی است که توسط تصمیم‌گیرنده انتخاب می شود. سطوح ایده‌آل به عنوان حد

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

بالای این دو معیار تعریف می شوند و تصمیم گیرنده قصد دارد آنها را متوازن سازد.

به منظور تصمیم گیری در ارتباط با تعداد بهینه خدمت دهندگان در هر یک از مراکز درمانی (در سطح عملیاتی) دو شاخص مرسوم از جمله متوسط زمان انتظار بیماران تا زمان نوبت داده شده(W_S) و درصد زمانهای بیکاری خدمت دهندگان (T) را در نظر می گیریم. سطوح ایده آل برای این دو شاخص را به ترتیب با γ و β نشان می دهیم؛ تعداد خدمت دهندگان Cبه طوری تعیین می شود که در شرط (۲) صدق نماید:

$$W_S \le \gamma \qquad T \le \beta \qquad (۲)$$

عبارت W_Sبرای هر یک از مراکز درمانی از جمله کلینیک ها (به عنوان سیستم تک ایستگاهی با چند خدمت دهنده) و بیمارستان ها (به عنوان سیستم دو ایستگاهی با چند خدمت دهنده) باید محاسبه گردد. همچنین مقدار Tبه ازای مقادیر مختلف Cبر اساس رابطه (۳) محاسبه می گردد(۱۸):

$$T = \frac{100}{C}\sum_{n=0}^{C}(C-n)P_n = 100(1-\frac{\rho}{C}) \qquad (۳)$$

مطالعه موردی

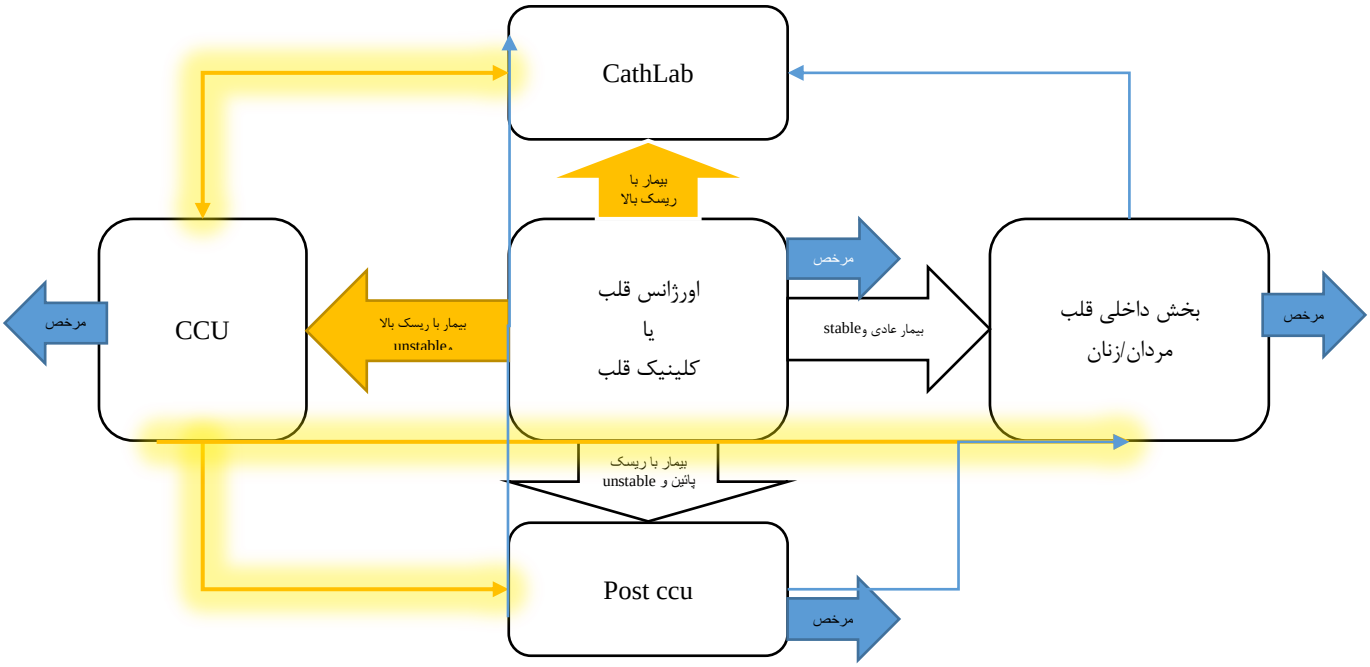
با توجه به مساله مورد نظر در این مقاله تصمیم گیری در مرحله اول یک تصمیم گیری استراتژیک و کلی است و برای هر سیستم خدمت دهی با دو سطح قابل تعمیم است؛ بنابراین اطلاعاتی که در مطالعه موردی اهمیت بیشتری دارد انطباق شرایط واقعی با مفروضات مورد نظر برای تصمیم گیری در مرحله دوم یعنی تصمیم گیری در سطح عملیاتی است. بدین منظور برای ساده سازی شرایط مساله و غیر سودمند بودن بررسی بخش های نامرتبط به طور همزمان، تنها بخش قلب را با توجه به اهمیت فوق العاده آن در سلامت جامعه در نظر گرفتیم. کلیه اطلاعات از پرسنل مرکز قلب تهران بدست آمده است، و قابلیت آن را دارد که برای احداث یک بیمارستان با بخش قلب مشابه الگو قرار داده شود. همچنین قابل ذکر است که با تحلیل سیستم صف در بخش های دیگر این پژوهش قابل تعمیم به بخش های دیگر بیمارستان است.

بر اساس مطالعات انجام گرفته کلینیک ها در دو دسته مستقل از بیمارستان و یا تابع بیمارستان قرار می گیرند.در کلینیک های مستقل از بیمارستان،بیماران توسط پزشکان کلینیک ویزیت می شوند و بر اساس امکانات کلینیک خدمات پاراکلینیک انجام می‌شود، و در صورت نیاز و عدم وجود امکانات لازم در کلینیک بیمار در جهت پیگیری درمان باید به یک بیمارستان مجهز مراجعه نماید. هزینه ها در این نوع کلینیک ها (بر اساس بیمه تحت پوشش) امکان افزایش دارد.از طرف دیگر، در کلینیک های تابع بیمارستان، پزشکان متخصص که در بیمارستان فعالیت درمانی دارند در زمان های خاصی در کلینیک و با هزینه کمتری بیماران راویزیت می نمایند و در صورت نیاز خدمات پاراکلینیکی ارائه می شود.

در ادامه به بررسی این مطلب برای بیماری های قلبی می پردازیم. در صورتی که یک بیمار قلبی به یک کلینیک مستقل مراجعه نماید، معاینه و درمان سطحی با دارو و یا در صورتی که دستگاه اکو موجود باشد یک بررسی بر روی عملکرد عضله قلب انجام می‌شود. اما در صورتی که بیمار به یک کلینیک تابع بیمارستان مراجعه نماید، پس از معاینه پزشک بر اساس اورژانسی بودن و شرایط حاد بیمار، بستری شدن بیمار سریع تر انجام می‌شود، همچنین اگر بیماری با زمینه انفارکتوس میوکارد (سکته قلبی) با درد شدید قلبی به کلینیک مراجعه نماید پزشک با یک نوار قلبی تشخیص می دهد اما از آنجا که در کلینیک رویه درمان وجود ندارد، با مراجعه به کلینیک تابع بیمارستان می تواند سریع تر به اورژانس قلب منتقل شود و سریعا رویه درمان انجام گیرد. این امر برای بسیاری از موارد دیگر نظیر کلینیک اورولوژی و ... صدق می نماید، که به آنها نمی پردازیم.با توجه به در نظر گرفتن سه نوع بیمار با وضعیت عادی، وضعیت ناپایدار با ریسک پایین و وضعیت ناپایدار با ریسک بالا، مسیر بیمار بین بخش های مرتبط را در شکل ۳ نشان داده ایم که با توجه به اینکه بیمار با ریسک بالا را در این تحقیق مد نظر قرار داده ایم مسیر مربوط به آن را هایلایت نموده ایم.

در بحث نامعینی میزان نرخ ورود بیمار به کلینیک ها و بیمارستان ها، اشاره می نماییم که مراجعه بیماران قلبی عموما با نرخ یکنواخت و ثابت نیست بلکه به عنوان مثال در فصل سرما میزان سکته های قلبی و مرگ ناگهانی قلبی شایع‌تراست.ابتلا به عفونت‌های واگیردار مثل سرماخوردگی، آنفلوآنزا و... که در فصل زمستان شایعترند می توانند سبب تشدید بیماری قلبی و یا ظهور یک بیماری قلبی نهفته یا خاموش بصورت حمله قلبی شود.همچنین گاهی انجام یک فعالیت سنگیندر هوای سرد و یا ورزش شدید مثل برف روبی با پارو یا کوهنوردی در یک هوای سرد سبب سکته قلبی در افراد مستعد می شود. بنابراین با توجه به شرایط واقعی و با مشورت با پرسنل بیمارستان های و کلینیک های تحت بررسی، برای میزان نرخ ورود بیمار به هر یک از سیستم ها چند سناریو تعریف می‌نماییم.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]



شکل۳- مسیر بیمارقلبی در بخش های مرتبط بر اساس شدت بیماری (مطابق با اطلاعات جع آوری شده از بیمارستان شهید مدرس تهران)

به منظور تعریف هر یک از سناریوها برای بیماران با ریسک بالا، با مشورت پرسنل بخش قلب سه سناریو برای نرخ مراجعه بیماران در نظر گرفته شده است. سناریو اول نرخ مراجعه پایین که با احتمال ۰/۶ رخ می دهد؛ دومین سناریو نرخ مراجعه بالا در فصل سرد است که با احتمال ۰/۳ رخ می دهد، و در نهایت نرخ مراجعه بالا در فصول دیگر که با احتمال ۰/۱ رخ می دهد.

در بحث تک ایستگاه در نظر گرفتن کلینیک، و دو ایستگاه در نظر گرفتن بیمارستان، باید اشاره نمود که این فرض با واقعیت منطبق است زیرا همان طور که اشاره شد در کلینیک برای ویزیت اولیه نوبت گرفته می شود و خدمات پاراکلینیکی در صورت نیاز در همان نوبت مشخص می شود. همچنین در بیمارستان ابتدا لازم است از پزشک متخصص نوبت ویزیت دریافت شود و خدمات اولیه در همان نوبت قابل دریافت است و در صورت نیاز به پیگیری باید بیمار تحت درمان جدی تر قرار گیرد که تنها در بیمارستانهای مجهز این امکانات موجود است.

مدل قطعی به عنوان پایه مساله در سطح تصمیمات استراتژیک

مدل این مساله بر اساس مدل پایه ای ارائه شده به وسیله مور و ریول (۴) توسعه یافته است. مدل ارائه شده توسط مور و ریول حالت پیشرفته تر مدل های حداکثر پوشش است که در خدمات پزشکی استفاده می شود و به صورت مدل زیر است:

$$\min \sum_i \theta_i \overline{Y}_i \qquad (۴)$$

$$s.t.$$

$$\sum_{i\in N_i^*} x_i^* + \sum_{i\in M_i^{**}} x_i^{**} + \overline{Y}_i \geq 1 \forall i \in I \qquad (۵)$$

$$\sum_{i\in N_i^*} x_i^* + \overline{Y}_i \geq 1 \forall i \in I \qquad (۶)$$

$$\sum_{i\in I} x_i^{**} = p^{**}, \sum_{i\in I} x_i^* = p^* \qquad (۷)$$

$$x_i^*, x_i^{**}, \overline{Y}_i \in (0,1) \qquad (۸)$$

پارامترها و متغیرهای این مدل به شرح زیر هستند:

پارامترها

θ_i	جمعیت گره i
I	مجموعه گره های تقاضا
M_i^{**}	محل های بالقوه در فاصله S^*از نقاط تقاضاi (برای بیمارستان با خدمات سطح پایین)
N_j^{**}	محل های بالقوه در فاصله R^{**}از نقاط تقاضاi(برای بیمارستان با خدمات سطح بالا)
N_j^*	محل های بالقوه در فاصله R^*از نقاط تقاضاi(برای کلینیک با خدمات سطح پایین)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

متغیرها

x_i^{**}	اگر تسهیل بیمارستانی برای پوشش گره i قرار گیرد.
x_i^{*}	اگر تسهیل کلینیکی برای پوشش گره i قرار گیرد.
$\overline{Y_t}$	متغیر صفر و یک برای پوشش یا عدم پوشش نقطه تقاضای i

در مدل مور و ریول دو سطح از خدمات درمانی در نظر گرفته شده است که آن را با ** به عنوان بیمارستان و * به عنوان کلینیک مشخص نموده اند. با فرض اینکه برای پوشش نقاط تقاضا هر دو نوع خدمات سطح بالا و پایین قابل خدمت دهی باشند، به منظور پوشش هر نقطه تقاضا لازم است که در فاصله R^{**}از نقطه تقاضا بیمارستان (سطح بالا) قرار گیرد، و یا در فاصله R^{*}از نقطه تقاضا یک کلینیک با خدمات سطح پایین قرار گیرد.همچنین باید فاصله R^{*}کمتر از R^{**} باشد، زیرا افراد برای مشکلات جزئی به مراکز درمانی نزدیک تر مراجعه می کنند و برای مشکلات جدی تر (که عموما پس از تشخیص اولیه پدیدار می شود) حاضرند مسافت بیشتری طی نمایند. بدین صورت جمعیتی که تحت پوشش این خدمات قرار نمی گیرد به حداقل می رسد. تابع هدف این مدل (۴) درصدد کمینه سازی نقاطی است که پوشش داده نشده است. محدودیت اول مدل فوق (۵) تضمین می کند که نقطه تقاضا پوشش داده نمی شود مگر اینکه حداقل یک بیمارستان در فاصله R^{**} ($\sum_{i\in M_i^{**}} x_i^{**} \geq 1$) یا حداقل یک کلینیک در فاصله S^{*} ($\sum_{i\in N_j^{*}} x_i^{*} \geq 1$) قرار بگیرد، در غیر این صورت به علت آنکه تابع هدف مینیمم سازی است $\overline{Y_t}$ صفر خواهد بود. محدودیت دوم (۶)تضمین می کند که نقطه تقاضا پوشش داده نمی شود مگر اینکه حداقل یک بیمارستان در فاصله R^{**} ($\sum_{i\in M_i^{**}} x_i^{**} \geq 1$) باشد، محدودیت اول و دوم با یکدیگر تضمین می کنند که یک گره تقاضا پوشش داده می شود تنها اگر تحت پوشش خدمات یک بیمارستان (مراجعه مستقیم به بیمارستان) و یا یک بیمارستان و یک کلینیک باشد (مراجعه به کلینیک و ارجاع به بیمارستان). محدودیت سوم(۷) تعداد امکانات ایجاد بیمارستان و کلینیک را مشخص می کند.

در ادامه به منظور توسعه مدل مفروضاتی را برای مساله مطرح می‌نماییم؛ برخی مفروضاتی کهدر مدل ریاضی پیشنهادیلحاظ شده است به صورت زیر می‌باشد:

- امکانات برای احداث بیمارستان و کلینیک محدود است، همچنین هزینه ثابت احداث بیمارستان بیشتر از کلینیک است.
- مختصات گره های شبکه و کوتاهترین مسیر بین هر جفت گره، و نقاط کاندید برای احداث مشخص است.
- مراکز درمانی احداث شده در هر یک از سایت های کاندید ملزم به ارائه خدمات به تقاضا در همان منطقه و نواحی تحت پوشش هستند.
- خدمات ارائه شده در کلینیک ها از لحاظ نوع خدمت و تکنولوژی موجود مشابه یکدیگر و خدمات ارائه شده در بیمارستان ها نیز مشابه یکدیگر است، بنابراین بیمارستان با سطح خدمات بالا و پایین که در مدل مور و ریول وجود دارد مد نظر نیست (M_i^{**} و N_j^{**} در مدل ما یک مفهوم دارد).
- در مساله پوشش از آنجا که هنوز کلینیک ها و بیمارستان ها در دو سطح احداث نشده اند، میزان تقاضا به عنوان پارامتراحتمالی در نظر گرفته شده و بر اساس فاصله تا مرکز درمانی برآورد شده است.
- خدمت دهی هر یک از تسهیلات در سطح اول و دوم با توجه به سیستم صف آنها مورد تحلیل قرار می گیرد.
- در ادامه ابتدا پارامترها افزوده شده بهمدل قطعی مساله و همچنین تغییری که در دو متغیر مساله ایجاد می شود، آورده شده است و سپس تابع هدف تغییر یافته بیان می شود:

پارامترها:

c_i^{*}	هزینه ثابت احداثکلینیک برای پوشش گره i
c_i^{**}	هزینه ثابت احداث بیمارستان برای پوشش گره i

متغیرها

x_{ij}^{**}	اگر تسهیل بیمارستانی j ام برای پوشش گره i قرار گیرد.
x_{ij}^{*}	اگر تسهیل کلینیکی jام برای پوشش گره i قرار گیرد.

تابع هدف مساله با توجه به در نظر گرفتن کمینه سازی هزینه احداث علاوه بر کمینه سازی نقاط پوشش نیافته به صورت معادله (۹) تغییر می یابد. باید توجه نمود که به علت آنکه هزینه های احداث ارقام بزرگی هستند و جنس متفاوتی دارند، نمی تواند همزمان با کمینه سازی تعداد نقاط پوشش نیافته، کمینه شوند. بنابراین مساله دو هدفه خواهد بود.

$$\min Z_1 = \sum_i \theta_i \overline{Y_i}$$
$$\min Z_2 = \sum_i c_i^{*} x_{ij}^{*} + c_i^{**} x_{ij}^{**} \qquad ۹$$

s.t.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

$$\sum_{i\in N_i^*} x_i^* + \sum_{i\in M_i^{**}} x_i^{**} + \overline{Y_i} \geq 1 \forall i \quad (۱۰)$$

$$\sum_{i\in N_i^*} x_i^* + \overline{Y_i} \geq 1 \forall i, j \quad (۱۱)$$

$$x_i^* \leq \sum_j x_{ij}^* \quad (۱۲)$$

$$x_i^{**} \leq \sum_j x_{ij}^{**} \quad (۱۳)$$

$$\sum_{i,j} x_{ij}^{**} = p^{**}, \sum_{i,j} x_{ij}^* = p^* \quad (۱۴)$$

$$x_{ij}^*, x_{ij}^{**}, x_i^*, x_i^{**} \in (0,1) \forall \mathrm{i, j} \quad (۱۵)$$

$$\overline{Y_i} \in (0,1) \forall \mathrm{i} \quad (۱۶)$$

در مدل پایه فوق تنها تصمیمات در سطح استراتژیک در نظر گرفته شده است، اما از آنجا که قصد داریم تصمیمات عملیاتی مرتبط با نرخ خدمت دهی به بیماران با توجه به سیستم های صف را در این مساله در نظر بگیریم، در قسمت بعد مدل احتمالیپیشنهادی برای مدل سازی این مساله را ارائه می نماییم.

مدل دومرحله‌ای احتمالی پیشنهادی

این مدل با توجه به در نظر گرفتن تحلیل صف در هر یک از مراکز درمانی مطابق با مدل سطوح ایده‌آلبر اساس دو شاخص متوسط زمان انتظار بیماران تا زمان نوبت داده شده ودرصد زمانهای بیکاری خدمت دهندگان در نظر گرفته شده است؛ این سطح از مساله به عنوان تصمیم گیری عملیاتی است که به صورت احتمالی در مرحله دوم مدل دو مرحله ای قرار دارد. منبع اصلی نامعینی در مساله ما از تقاضای بیماران در شرایط مختلف (نرخ ورود بیماران) ناشی می شود. باید توجه داشت که نرخ ورود بیماران در مساله ما، ورود فیزیکی بیماران به سیستم نیست بلکه ورود آنها به لیست مراجعان است و امتناع بیماران نه به واسطه دیدن طول صف بلکه به واسطه مدت زمان تا نوبت ارائه شده است، بنابراین فرض در نظر گرفتن طول صف بی نهایت منطقی است.

ما نامعینی موثر در خدمت دهی در مراکز درمانی را به وسیله بردار تصادفی $d(\omega)$بر روی فضای احتمال Ω نمایش می دهیم. با توجه به مساله واقعی این نامعینی را بر روی نرخ ورود بیمار به سیستم، حد ایده آل متوسط زمان انتظار بیماران تا زمان نوبت داده شده و حد ایده‌آل درصد زمانهای بیکاری خدمت دهندگان لحاظ نموده ایم. اندیس s در مدل احتمالی دومرحله‌ای بیانگر سناریوهای مختلف است که احتمال رخداد هر یک از آنها برابر p_sاست.

تعریف سناریوها و احتمال وقوع هر یک از سناریوها با مشورت با پرسنل بیمارستان های تحت بررسی انجام شده است.

متغیرها و پارامترهای اضافه شده به این مدل به شرح زیر می باشند:

متغیرها

λ_j^*	نرخ مراجعه بیمار به تسهیل j در سطح اول (کلینیک)
$\lambda_{j'}^{**}$	نرخ مراجعه بیمار به تسهیل j` در سطح دوم (بیمارستان)
$\overline{\lambda_j^*}$	نرخ مراجعه بیمار به تسهیل j در سطح اول (کلینیک) زمانی که n بیمار در نوبت هستند.
$\overline{\lambda_{j'}^{**}}$	نرخ مراجعه بیمار به تسهیل j` در سطح دوم (بیمارستان) زمانی که n بیمار در نوبت هستند.
ρ_j^*	نسبت نرخ ورودی به خروجی در تسهیل j در سطح اول (کلینیک)
$\rho_{j'}^{**}$	نسبت نرخ ورودی به خروجی در تسهیل j` در سطح دوم (بیمارستان)

پارامترها

g_j^*	تعداد خدمت دهندگان در تسهیل j در سطح اول (کلینیک)
$g_{j'}^{**}$	تعداد خدمت دهندگان در تسهیل j` در سطح دوم (بیمارستان)
$p_{g_j^*}$	احتمال وجود g_j^*خدمت دهندگان در تسهیل j در سطح اول (کلینیک)
d_i^*	نرخ تقاضای بیماران در نقطه تقاضای i برای مراجعه به کلینیک
d_i^{**}	نرخ تقاضای بیماران در نقطه تقاضای i برای مراجعه به بیمارستان

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

μ_j^*	نرخ خروجی در تسهیل j در سطح اول (کلینیک)
$\mu_{j'}^{**}$	نرخ خروجی در تسهیل `j در سطح دوم (بیمارستان)
p_s	احتمال رخداد هر یک از سناریوها
γ^*	حد ایده آل برای زمان انتظار در کلینیک
γ^{**}	حد ایده آل برای زمان انتظار در بیمارستان
β	حد ایده آل برای درصد زمانهای بیکاری خدمت دهندگان

مدل دو مرحله ای احتمالی پیشنهادی به صورت زیر می‌باشد:

$$\min_{\overline{Y_i}} Z_1 = \sum_i \theta_i \overline{Y_i} + c_j^* x_{ij}^* + c_{j'}^{**} x_{ij}^{**} + E_\omega[Q] \quad (17)$$

$$\min_{x_{ij}^*, x_{ij}^{**}} Z_2 = \sum_i c_i^* x_{ij}^* + c_i^{**} x_{ij}^{**}$$

$$\min Z_3 = E_\omega[Q]$$

s.t.

$$\sum_{i\in N_i^*} x_i^* + \sum_{i\in M_i^{**}} x_i^{**} + \overline{Y_i} \geq 1 \forall i \quad (18)$$

$$\sum_{i\in N_i^*} x_i^* + \overline{Y_i} \geq 1 \forall i \quad (19)$$

$$x_i^* \leq \sum_j x_{ij}^* \quad (20)$$

$$x_i^{**} \leq \sum_j x_{ij}^{**} \quad (21)$$

$$\sum_j x_{ij}^{**} = p^{**}, \sum_j x_{ij}^* = p^* \quad (22)$$

$$x_{ij}^*, x_{ij}^{**}, x_i^*, x_i^{**} \in (0,1) \forall \mathrm{i,j} \quad (23)$$

$$\overline{Y_i} \in (0,1) \forall \mathrm{i} \quad (24)$$

where (25)

$$Q = \min_{\lambda_j^*, \lambda_{j'}^{**}} \sum_j (\lambda_j^* - \overline{\lambda_{jk}^*}) + \sum_{j'} (\lambda_{j'}^{**} - \overline{\lambda_{j'k}^{**}})$$

$$\overline{\lambda_j^*} = \lambda_j^* \sum_{n\in N} b_n p_n \quad (26)$$

$$\overline{\lambda_{j'}^{**}} = \lambda_{j'}^{**} \sum_{n\in N} b_n p_n \quad (27)$$

$$\lambda_j^* = \sum_{i\in N_i^*} d_i^* x_{ij}^* \quad (28)$$

$$\lambda_{j'}^{**} = \sum_{i\in N_i^*} d_i^{**} x_{ij}^{**} \quad (29)$$

$$\frac{\left[\frac{g_j^* \rho_j^*}{(g_j^* - \rho_j^*)^2}\right] p_{g_j^*}}{\lambda_j^*} + \frac{1}{\mu_j^*} \leq \gamma^* \quad (30)$$

$$\frac{5\rho_{j'}^{**2} + 4\rho_{j'}^{**}}{\{3\rho_{j'}^{**2} + 4\rho_{j'}^{**} + 2\} \times \{\lambda_{j'}^{**} \times (p_{00} + p_{01})\}} \leq \gamma^{**} \quad (31)$$

$$100(1 - \frac{\rho_j^*}{g_j^*}) \leq \beta \quad (32)$$

$$100(1 - \frac{\rho_{j'}^{**}}{g_{j'}^{**}}) \leq \beta \quad (33)$$

$$\rho_j^* = \frac{\lambda_j^*}{\mu_j^*} \quad (34)$$

$$\rho_{j'}^{**} = \frac{\lambda_{j'}^{**}}{\mu_{j'}^{**}} \quad (35)$$

$$\lambda_j^*, \lambda_{j'}^{**}, \overline{\lambda_j^*}, \overline{\lambda_{j'}^{**}}, \rho_j^*, \rho_{j'}^{**} \geq 0 \forall j, j' \quad (36)$$

معادله ۱۷ بیانگر تابع هدف سطح اولمدل دو مرحله ای است و درصدد کمینه سازی نقاط پوشش نیافتهو هزینه احداث مراکز درمانی در دو است. همچنین در تابع هدف، کمینه سازی متوسط نرخ تقاضاهای از دست رفته در هر یک از مراکز درمانی در دو سطح نیز به عنوان مرحله دوم بهینه سازی تصمیمات و به صورت احتمالی در نظر گرفته شده است. معادله ۱۸ و ۱۹ مشابه محدودیت های مدل مور و ریول هستند، با این تفاوت که در مدل ما کلینیک ها با یکدیگر متمایز و همین طور بیمارستان هانیز با یکدیگر متمایزند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

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

بنابراین دو محدودیت ۲۰ و ۲۱ به مدل افزوده شده اند به این منظور که در صورتی که اگر حداقل یکی از تسهیلات کلینیک ها استقرار یابد پوشش منطقه توسط کلینیک (سطح اول) امکان پذیر می شود، این محدودیت برای بیمارستان‌ها نیز تکرار می شود. معادله ۲۲ تعداد تسهیلات مربوط به کلینیک و بیمارستان را مشخص می کند.

معادله ۲۵ بیانگر تابع هدف مساله در گام دوم (سطح عملیاتی تصمیم گیری) است که قصد دارد مجموع نرخ تقاضاهای از دست رفته در هر یک از مراکز درمانی در دو سطحکلینیک و بیمارستان را کمینه نماید. معادله ۲۶ و ۲۷ متوسط نرخ ورود بیماران به هر یک از مراکز درمانی (به ترتیب برای کلینیک ها و بیمارستان ها) را نشان می دهد که در آن b_nتابع گریز (بی میلی) بیماران است که به صورت $\frac{1}{n^2+1}$ در نظر گرفته ایم. معادله ۲۸و ۲۹مجموع نرخ تقاضاهای تخصیص یافته به تسهیلات هر یک از سطوح را نشان می دهد.

معادلات ۳۰ و ۳۱حد ایده آل برای زمان انتظار در سیستم (به ترتیب برای کلینیک ها و بیمارستان ها) را بیان می کند. معادله ۳۰ بر اساس زمان انتظار در سیستم تک ایستگاهه با نظم (M/M/C):(GD/∞/∞)محاسبه شده است، همچنین معادله ۳۱بر اساس زمان انتظار در سیستم دو ایستگاهه محاسبه شده است که در آنp_{00}و p_{01}احتمال این است که بیمار وارد ایستگاه اول شود، باید توجه نمود که وارد بیمارستان شدن مستلزم ورود به ایستگاه اول یعنی تشخیص است چه در صورتی که بیمار مستقیما به بیمارستان (فرآیند کلینیک تابع بیمارستان-بیمارستان) رفته باشد و چه در صورتی که از کلینیکمستقل به بیمارستان ارجاع یافته باشد؛ این احتمال در نرخ ورود بیمار ضرب شده تا نرخ موثر ورودی در نظر گرفته شود.معادله ۳۲ و ۳۳حد ایده آل برای درصد زمانهای بیکاری خدمت دهندگان (به ترتیب برای کلینیک ها و بیمارستان ها) را بیان می کند.

از آنجایی که محدودیت های ۳۰ تا ۳۳ که محدودیت های مربوط به حد ایده آل هستند، امکان دارد این محدودیت ها به صورت همزمان برقرار نباشند زیرا حداقل کردن زمان بیکاری در سیستم و زمان انتظار بیماران تا نوبت ویزیت به صورت همزمانبه صورت صد درصد در عمل امکان پذیر نیست؛ بنابراین ما علاقه مندیم که در اکثر مواقع برقرار باشند، لذا این محدودیت ها را به صورت رابطه ۴۷ تغییر می دهیم. در این رابطه علاقه مندیم این نامساوی ها با احتمال 1-α که عموما ۹۰ یا ۹۵ درصد در نظر گرفته می شود، برقرار باشند. همچنین در این مدل اندیس s بیانگر سناریوهای مختلف است که احتمال رخداد هر یک از آنها برابر p_sاست و نرخ مراجعه بیمار به هر یک از مراکز درمانی نیز این اندیس را می پذیرد.

$$\min Z_1 = \sum_i \theta_i \overline{Y_i} \qquad (۳۷)$$

$$\min Z_2 = \sum_i c_i^* x_{ij}^* + c_i^{**} x_{ij}^{**}$$

$$\min Z_3 = \sum_i \left\{ \sum_{s=1}^{S} \sum_{j \in *} p_s (\lambda_{js}^* - \overline{\lambda_{js}^*}) + \sum_{s=1}^{S} \sum_{j' \in **} p_s (\lambda_{j's}^{**} - \overline{\lambda_{j's}^{**}}) \right\}$$

s.t.

$$\sum_{i \in N_i^*} x_i^* + \sum_{i \in M_i^{**}} x_i^{**} + \overline{Y_i} \geq 1 \forall i \qquad (۳۸)$$

$$\sum_{i \in N_i^*} x_i^* + \overline{Y_i} \geq 1 \forall i \qquad (۳۹)$$

$$x_i^* \leq \sum_j x_{ij}^* \qquad \forall i \qquad (۴۰)$$

$$x_i^{**} \leq \sum_j x_{ij}^{**} \qquad \forall i \qquad (۴۱)$$

$$\sum_{i,j} x_{ij}^{**} = p^{**}, \sum_{i,j} x_{ij}^* = p^* \qquad (۴۲)$$

$$\overline{\lambda_{js}^*} = \lambda_{js}^* \sum_{n \in N} b_n p_n \qquad (۴۳)$$

$$\overline{\lambda_{j's}^{**}} = \lambda_{j's}^{**} \sum_{n \in N} b_n p_n \qquad (۴۴)$$

$$\lambda_{js}^* = \sum_{i \in N_i^*} d_i^* x_{ij}^* \qquad (۴۵)$$

$$\lambda_{j's}^{**} = \sum_{i \in N_i^*} d_i^{**} x_{ij}^{**} \qquad (۴۶)$$

$$p\left\{ \begin{array}{c} \frac{\left[\frac{g_j^* \rho_j^*}{(g_j^* - \rho_j^*)^2}\right] p_{g_j^*}}{\lambda_j^*} + \frac{1}{\mu_j^*} \leq \gamma^* \\ \frac{5\rho_{j'}^{**2} + 4\rho_{j'}^{**}}{\{3\rho_{j'}^{**2} + 4\rho_{j'}^{**} + 2\} \times \{\lambda_{j'}^{**} \times (p_{00} + p_{01})\}} \leq \gamma^{**} \\ 100(1 - \frac{\rho_j^*}{g_j^*}) \leq \beta \\ 100(1 - \frac{\rho_{j'}^{**}}{g_{j'}^{**}}) \leq \beta \end{array} \right\} \geq 1 - \alpha \qquad (۴۷)$$

$$x_{ij}^*, x_{ij}^{**}, x_i^*, x_i^{**} \in (0,1) \forall i, j \qquad (۴۸)$$

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

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

$$\overline{Y_i} \in (0,1)\forall \mathrm{i} \qquad ۴۹$$

$$\lambda_{js}^{*}, \lambda_{j's}^{**}, \overline{\lambda_{js}^{*}}, \overline{\lambda_{j's}^{**}}, \rho_{js}^{*}, \rho_{j's}^{**} \geq 0 \forall j, j', s \qquad ۵۰$$

مدلسازی قطعی معادل مدل پیشنهادی

به وضوح مشخص است کـه مـدل پیشـنهادی غیـر محـدب است، بنابراین در این بخش مدل قطعی معادل با مدل احتمالی پیشنهادی را با تعریـف محـدودیت هـای M بـزرگ ارائـه مـی نماییم.همانطور که مشاهده می شود، مـدل نهـایی یـک مـدل قطعی با سه هدف می باشد.

$$\min Z_1 = \sum_i \theta_i \overline{Y_i} \qquad ۵۱$$

$$\min Z_2 = \sum_i c_i^{*} x_{ij}^{*} + c_i^{**} x_{ij}^{**}$$

$$\min Z_3 = \sum_i \left\{ \sum_{s=1}^{S} \sum_{j \in *} \mathrm{p}_s (\lambda_{js}^{*} - \overline{\lambda_{js}^{*}}) + \sum_{s=1}^{S} \sum_{j' \in **} \mathrm{p}_s (\lambda_{j's}^{**} - \overline{\lambda_{j's}^{**}}) \right\}$$

s.t.

$$\sum_{i \in N_i^{*}} x_i^{*} + \sum_{i \in M_i^{**}} x_i^{**} + \overline{Y_i} \geq 1 \forall i, j \qquad ۵۲$$

$$\sum_{i \in N_i^{*}} x_i^{*} + \overline{Y_i} \geq 1 \forall i, j \qquad ۵۳$$

$$x_i^{*} \leq \sum_j x_{ij}^{*} \qquad ۵۴$$

$$x_i^{**} \leq \sum_j x_{ij}^{**} \qquad ۵۵$$

$$\sum_{i,j} x_{ij}^{**} = p^{**}, \sum_{i,j} x_{ij}^{*} = p^{*} \qquad ۵۶$$

$$\overline{\lambda_{js}^{*}} = \lambda_{js}^{*} \sum_{n \in N} b_n p_n \qquad ۵۷$$

$$\overline{\lambda_{j's}^{**}} = \lambda_{j's}^{**} \sum_{n \in N} b_n p_n \qquad ۵۸$$

$$\lambda_{js}^{*} = \sum_{i \in N_i^{*}} d_i^{*} x_{ij}^{*} \qquad ۵۹$$

$$\lambda_{j's}^{**} = \sum_{i \in N_i^{*}} d_i^{**} x_{ij}^{**} \qquad ۶۰$$

$$\left[\frac{g_j^{*} \rho_j^{*}}{(g_j^{*} - \rho_j^{*})^2} \right] p_{g_j^{*}} + \frac{1}{\mu_j^{*}} \leq \gamma^{*} + \delta_s M \qquad ۶۱$$

$$\frac{5\rho_{j'}^{**2} + 4\rho_{j'}^{**}}{\{3\rho_{j'}^{**2} + 4\rho_{j'}^{**} + 2\} \times \{\lambda_{j'}^{**} \times (\mathrm{p}_{00} + \mathrm{p}_{01})\}} \leq \gamma^{**} + \delta_s \mathrm{M} \qquad ۶۲$$

$$100(1 - \frac{\rho_j^{*}}{g_j^{*}}) \leq \beta + \delta_s M \qquad ۶۳$$

$$100(1 - \frac{\rho_{j'}^{**}}{g_{j'}^{**}}) \leq \beta + \delta_s M \qquad ۶۴$$

$$\sum_{s=1}^{S} \delta_s p_s \leq 1 - \alpha \qquad ۶۵$$

$$x_{ij}^{*}, x_{ij}^{**}, x_i^{*}, x_i^{**} \in (0,1) \forall \mathrm{i}, \mathrm{j} \qquad ۶۶$$

$$\overline{Y_i} \in (0,1) \forall \mathrm{i} \qquad ۶۷$$

$$\lambda_{js}^{*}, \lambda_{j's}^{**}, \overline{\lambda_{js}^{*}}, \overline{\lambda_{j's}^{**}}, \rho_{js}^{*}, \rho_{j's}^{**} \geq 0 \forall j, j', s \qquad ۶۸$$

$$\delta_s \in \{0,1\} \forall \mathrm{s} \in 1, \ldots, \mathrm{S} \qquad ۶۹$$

در مدل فوق از طریق به کارگیری محـدودیت مسـاله کولـه پشتی، محدودیت های احتمالی اجرا می شوند. به علت وجـود تعداد زیاد محدودیت ها و متغیرهای باینری (پوشش یـا عـدم پوشش نقاط تقاضا، استقرار یا عدم اسـتقرار هـر یـک از مراکـز درمانی شامل کلینیک ها و بیمارستان ها و سـناریوهای مـورد بررسی) مساله درجه سختی بالایی دارد، و به عنوان یک مساله NP-Hard شناخته شده است.

یافته ها

برای حل مساله چند هدفه از روش وزن دهی استفاده می نمائیم. همانطور که اشاره شد مساله مورد نظر (بویژه برای مثـال بـا سایز بزرگ) درجه سختی بالایی دارد، و یک مساله از نوع NP-Hard است. بنابراین در این مقاله، به منظور ارزیابی مدل، تنهـا چند مثال در سایز کوچک را حل می نماییم.داده های مربـوط به مثال‌های عـددی بـا مشـورت پرسـنلو از طریـق نـرم افـزار SPSSبه صورت داده های تصادفی تولید شده است. حل دقیـق

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

از طریق نرم افزار GAMS 22.3 و با حل کننده CPLEX و بر روی یک کامپیوتر CORE i5 با مشخصات حافظه ۴ گیگابایت اجرا شده است.در جدول ۱ مشخصات مربوط به ۳مساله را شرح داده ایم.

جدول۱. مشخصات سه مثال عددی برای ارزیابی مدل

شماره مساله	تعداد نقاط تقاضا	تعداد موردنیاز تسهیلات سطح یک (کلینیک)	تعداد موردنیاز تسهیلات سطح دو (بیمارستان)
۱	۵	۳	۱
۲	۷	۵	۱
۴	۹	۵	۲

نتایج اجرای مدل برای ۳ مساله به شرح جدول ۲و ۳ و ۴ است. با توجه به اینکه تقریبا بیشتر بیماران در مواجهه با کلینیک هایی که برای دریافت زمان ویزیت باید زمان طولانی منتظر بمانند، به کلینیک های مشابه مراجعه می نمایند؛ بنابراین نرخ ورود آنها تابعی کاهنده نسبت به زمان انتظار آنها (یا به عبارتی افرادی که قبل از آنها باید ویزیت شوند) است. بنابراین سیستم همواره در حالت پایدار خواهد ماند زیرا اگر فرض کنیم که تعداد بیماران به سمت بی نهایت میل کند، نرخ ورود بر اساس تابع کاهنده به سمت صفر میل می‌کند.

جدول۲. نتایج اجرای مدل برای مثال عددی اول

تسهیلات فعال	نرخ خدمت دهی	احتمال متناظر	نرخ تقاضا	تعداد نقاط تقاضا
کلینیک۱ و۲	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۵
	۱			
	۲			
	۵			
کلینیک ۱و۲	۱	۰/۶	۰/۵	
	۱/۵			
	۳			
	۷			
کلینیک۳ وبیمارستان ۱	۰/۵	۰/۳	۴	
	۱			
	۲			
	۵			
کلینیک ۲ و ۳	۱	۰/۳	۴	
	۱/۵			
	۳			
	۷			
کلینیک۳ وبیمارستان ۱	۰/۵	۰/۱	۴	
	۱			
	۲			
	۵			
کلینیک ۲ و ۳	۱	۰/۱	۴	
	۱/۵			
	۳			
	۷			

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

جدول ۳. نتایج اجرای مدل برای مثال عددی دوم

تسهیلات فعال	نرخ خدمت‌دهی	احتمال متناظر	نرخ تقاضا	تعداد نقاط تقاضا
کلینیک۱و۳ وبیمارستان ۱	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۷
	۱			
	۲			
	۲/۵			
	۳			
	۵			
کلینیک۱و۲و۴	۱	۰/۶	۰/۵	
	۱/۵			
	۳			
	۳/۵			
	۴			
	۷			
کلینیک۳ و۴ وبیمارستان ۱	۰/۵	۰/۳	۴	
	۱			
	۲			
	۲/۵			
	۳			
	۵			
کلینیک۴ وبیمارستان۱	۱	۰/۳	۴	
	۱/۵			
	۳			
	۳/۵			
	۴			
	۷			
کلینیک۳ و۴ وبیمارستان ۱	۰/۵	۰/۱	۴	
	۱			
	۲			
	۲/۵			
	۳			
	۵			
کلینیک۴ وبیمارستان۱	۱	۰/۱	۴	
	۱/۵			
	۳			
	۳/۵			
	۴			
	۷			

جدول۴. نتایج اجرای مدل برای مثال عددی سوم

تسهیلات فعال	نرخ خدمت‌دهی	احتمال متناظر	نرخ تقاضا	تعداد نقاط تقاضا
کلینیک ۱ و ۳ و۴و۵	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۹
	۱			
	۲			
	۲/۵			
	۳			
	۵			
	۶			
کلینیک۱و۵ وبیمارستان ۱	۱	۰/۶	۰/۵	
	۱/۵			
	۳			
	۳			
	۴			
	۷			
	۹			
کلینیک۳ و۴ و بیمارستان ۲	۰/۵	۰/۳	۴	
	۱			
	۲			
	۲/۵			
	۳			
	۵			
	۶			
کلینیک ۴ و ۵ و بیمارستان ۲	۱	۰/۳	۴	
	۱/۵			
	۳			
	۳			
	۴			
	۷			
	۹			
کلینیک۳ و۴ و بیمارستان ۲	۰/۵	۰/۱	۴	
	۱			
	۲			
	۲/۵			
	۳			
	۵			
	۶			
کلینیک۴ و۵ و بیمارستان ۲	۱	۰/۱	۴	
	۱/۵			
	۳			
	۳/۵			
	۴			
	۷			
	۹			

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله، مساله مکان‌یابی حداکثر پوشش سلسله مراتبی با دو سطح خدمت‌دهی شامل کلینیک و بیمارستان، و با در نظر گرفتن نرخ خدمت‌دهی به بیماران قلبیبررسی شده است. همان طور که بیان شد، هدف اولیه این مساله حداقل نمودن نقاط تقاضای پوشش نیافته، و هدف ثانویه کمینه‌سازی نرخ تقاضاهای از دست‌رفته به عنوان معیاری برای حفظ بیماران بالقوه در شعاع پوشش بوده است.

عموما برای مکانیابی مراکز درمانی تعداد ساکنین منطقه مورد ارزیابی قرار می گیرند. اما به عنوان مثال با بررسی در شهر تهران می توان دریافت که گاها تعداد کلینیک ها بسیار زیاد می باشد که این تصور را ایجاد می کند که آن منطقه به خوبی تحت پوشش دهی قرار گرفته است؛ در حال که به علت خدمت دهی نامناسب، کمبود افراد متخصص، و عدم رعایت سلسله مراتب (ارجاع بیمار به مراکز با امکانات بیشتر در صورت لزوم) حتی علاوه بر هزینه های اضافی برای بیمار، سلامت بیمار را نیز تحت شعاع قرار داده اند. و بنابراین هزینه های زیادی که برای احداث این مراکز انجام شده است در حقیقت نتوانسته باعث ارتقای سلامت بیماران شود. به عنوان نمونه کمبود نیروی متخصص در یک کلینیک در یکی از مناطق تهران (نارمک) و عدم وجود دستگاه دفیر یلاتور باعث مرگ فردی با سابقه فشار خون گشته است، که پرونده پزشکی قانونی این فرد هنوز در جریان می‌باشد. در حالی که اگر کلینیک‌ها با رعایت حالت سلسله مراتبی (از لحاظ امکانات و افراد متخصص) و با در نظر گرفتن تعداد پرسنل و تعداد افراد متخصص (نرخ خدمت دهی)، و به صورت یکپارچه با بیمارستانها مکانیابی شوند، در حداقل زمان از دست رفته عوارض احتمالی به حداقل می رسد و سلامت بیماران با خطر مواجه نمی شود.

در این مقاله تصمیم‌گیری در موردمکانیابی سلسله مراتبی بیمارستان و کلینیک‌ها با در نظر گرفتن ابعاد مختلف مساله در دو بعد استراتژیک و عملیاتی نظیر هزینه‌های احداث، نامعینی تقاضای بیماران، نرخ مراجعه بیماران، و نرخ خدمت دهی در مراکز درمانی بررسی شده است. در واقع در نظر گرفتن این جزئیات هنگام تصمیم‌گیری موجب می شود که تصمیم بهینه اتخاذ شده، در شرایط مختلف و با تغییر شرایط بهینه باقی بماند. این مدل برای مکانیابی مراکز درمانیدر مناطق محروم با الگو گرفتن از مناطق مشابه (به منظور یافتن نرخ خدمت دهی بیمارستان‌ها و کلینیک‌ها) قابل استفاده است.

در ابتدا تصور ما بر آن بود که اگر بیمارستانها و کلینیک ها در فاصله با یکدیگر قرار بگیرند می توانند افراد بیشتری را تحت پوشش قرار دهند که این دیدگاه بر اساس مکانیابی صرفا بر اساس پوشش‌دهی نقاط تقاضا برای ما ایجاد شده بود؛ در حالی که پس از انجام این پژوهش و با ملاحظه نتایج حاصل از آن دریافتیم که بهترین حالت آن است که کلینیک ها تحت پوشش یک بیمارستان نزدیک به خود قرار بگیرند. در حقیقت اگر در مجاورت (و یا حتی فضای داخلی) بیمارستان درمانگاه تخصصی وجود داشته باشد، یک بیمار با شرایط مناسب با ویزیت در کلینیک (مطابق با مورد بررسی ما که بیمار قلبی بوده است) و با انجام یک نوار قلبی ویزیت شده و پس از معاینه پزشک، در صورت صلاحدید پزشک با کمترین زمان از دست رفته در فضای خود بیمارستان نوبت دهی جهت انجام اکو، تست ورزش و یا تالیوم اسکن انجام می شود و یا در صورت داشتن زمان کافی در همان روز کار بیمار انجام می شود. و پزشک با توجه به نتایج آزمایشات برای بیمار تصمیم گیری قطعی می نماید. همچنین اگر بیمار در وضعیت اورژانسی باشد سریعا در بخش اورژانس مرکز بستری شده و اقدامات اورژانسی جهت آنژیو گرافی برای بیمار در نظر گرفته می شود و بیمار و همراهانش کمتر درگیر مشکلات ناشی از پذیرش در بیمارستان دیگر می شوند و تمام پیگیری ها و ارجاع دهی ها توسط پرسنل بیمارستان انجام می شود و هزینه های اضافی بیمار نیز کاهش می یابد. این امر در مقابل حالتی قرار دارد که پذیرش بیماران در سطح بیمارستان به بیمارستان (حتی در داخل یک شهر) انجام می شود؛ به عنوان مثال گاهی از مرکز لقمان به مرکز قلب ارجاع بیمار برای تعبیه پیس دائم یا آنژیوپلاستی اورژانسی انجام می‌شود که نیاز سریع برای پذیرش بیمار و هماهنگی با آمبولانس باعث استرس و نگرانی همراهان می شود و موجب مشکلات جسمی، روحی و مالی برای بیمار و همراهان می گردد. در مورد ارجاع دهی و پذیرش از خارج شهر نیز این مشکلات بیشتر می شود، که لزوم مکانیابی سلسله مراتبی و با توجه به نرخ خدمت دهی با توجه به تعداد پرسنل و متخصصان را بیشتر می نماید. به عنوان مثال گاهی ارجاع از شهرستان های دور نظیر زاهدان یا گنبد برای اعمالی نظیر تعبیه پیس دائم به مرکز قلب انجام می شود، که به علت طولانی بودن رویه های درمانی بیمار و همراهان او با مشکلات متعددی نظیر عدم مکان مناسب برای اقامت، افزایش هزینه های اضافی برای همراهان و هزینه های آمبولانس پیشرفته جهت انتقال به تهران و برگشت روبرو می شوند. با توجه به نمونه های ذکر شده می توانیم نتیجه بگیریم که جواب حاصل از مدل پیشنهادی با آنچه در واقعیت اتفاق می افتد انطباق دارد و می تواند بسیاری از مشکلات را نه پس از احداث مراکز درمانی و صرف هزینه های کلان، بلکه پیش از هر گونه اقدامی و به وسیله تصمیم گیری بهینه و هوشمندانه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

حل نماید، که این امر نکته قوت این پژوهش نسبت به پژوهش های قبلی نظیر محمدی و همکاران (۱۶) و آن و همکاران (۲۱) است. در واقع در دو مقاله فوق تصمیمات مکانیابی و تحلیل صف به صورت همزمان انجام شده است و افق‌های زمانی متفاوت مربوط به تصمیمات استراتژیک و عملیاتی مد نظر قرار داده نشده است. همچنین آنها مساله را به صورت قطعی در نظر گرفته و سناریوهای مختلف را بررسی ننموده اند که این امر موجب شده است کارآمدی مدل پیشنهادی آنها نسبت به مدل پیشنهادی این مقاله کمتر باشد. لازم به ذکر است که کارآمدی مورد بحث دستیابی به اهداف از جمله حداقل نمودن هزینه‌ها، حداقل نمودن نقاط تقاضای پوشش نیافته، و کمینه‌سازی نرخ تقاضاهای از دست‌رفته است.

در مقالات داخلی، چنین رویکردی مد نظر قرار نگرفته است، با این وجود در برخی مطالعات نظیر (۲۲) به ترکیب مسائل مکانیابی و تئوری صف پرداخته شده است. در مطالعه ارکات و زمانی (۲۲)مکان‌یابی شبکه‌ای برای تسهیلات مستعد ازدحام با در نظر گرفتن امکان انصراف مشتریان قبل از ورود، بررسی شده است. با این حال در آن مطالعه نیز افق‌های زمانی متفاوت مربوط به تصمیمات استراتژیک و عملیاتی مد نظر قرار داده نشده است. همچنین آنها مساله را به صورت قطعی در نظر گرفته و سناریوهای مختلف را بررسی ننموده اند. مطالعه آنها خارج از حوزه سلامت بوده است و بنابراین در زمینه کارآمدی و نتایج قابل مقایسه با مدل پیشنهادی نمی‌باشد.

با توجه به اینکه در این مقاله تنها به تحلیل سیستم صف در مراکز درمانی بیماری‌های قلبیپرداخته شده است، در مطالعات آتی می‌توان به بررسی سیستم صف در کلیه بخش‌ها پرداخت تا به نتیجه‌گیری جامع‌تری برای احداث مراکز درمانی با بخش‌های متعدد دست یافت. همچنین با توجه به اینکه در این مقاله مساله در سایز کوچک حل شده است، می‌توان مساله را برای سایز بزرگتر با الگوریتم‌های فراابتکاری حل نمود.

قدردانی

بدین وسیله از کلیه پرسنل مرکز قلب تهران که وقت ارزشمند خود را برای گردآوری اطلاعات در اختیار ما قرار داده اند، تشکر و قدردانی می‌نمائیم.

References

1) Narula, S. C. (1984). Hierarchical location-allocation problems: a classification scheme. European Journal of Operational Research, 15(1), 93-99.
2) Hodgson, M. J. (1988). An hierarchical location-allocation model for primary health care delivery in a developing area. Social Science & Medicine, 26(1), 153-161.
3) Syam, S. S., & Côté, M. J. (2010). A location–allocation model for service providers with application to not-for-profit health care organizations. Omega,38(3), 157-166.[
4) Moore, G. C., & ReVelle, C. (1982). The hierarchical service location problem.Management Science, 28(7), 775-780.
5) Mehrez A. (1996) On the implementation of quantitative facility location models: the case of a hospital in a rural region. Journal of the Operational Research Society;47:612–25.
6) Harper PR, Shahani AK, Gallagher JE, Bowie C. (2005) Planning health services withexplicit geographical considerations: a stochastic location–allocation approach. Omega;33:141–52.
7) Yaghfoori H, Sahrai A, Khalifelo S. (2014) The Landuse Planning of Urban Areas and Optimal Locating with Emphasis on Health Centers: A Case Study of Zone 3 in Zahedan City. jhosp; 13 (2) :9-20.
8) Price W, Turcotte M. (1986) Locating a blood bank. Interfaces;16:17–26.
9) Şahin, G., & Süral, H. (2007). A review of hierarchical facility location models.Computers & Operations Research, 34(8), 2310-2331.
10) Teixeira, J. C., & Antunes, A. P. (2008). A hierarchical location model for public facility planning. European Journal of Operational Research, 185(1), 92-104.
11) Shariff, S. S., Moin, N. H., & Omar, M. (2012). Location allocation modeling for healthcare facility planning in Malaysia. Computers & Industrial Engineering,62(4), 1000-1010.
12) Şahin, G., Süral, H., & Meral, S. (2007). Locational analysis for regionalization of Turkish Red Crescent blood services. Computers & operations research,34(3), 692-704.
13) Shavandi, H. and H. Mahlooji (2006). "A fuzzy queuing location model with a genetic algorithm for congested systems." Applied Mathematics and Computation181(1): 440-456.
14) Cochran, J. K. and K. T. Roche (2009). "A multi-class queuing network analysis methodology for improving hospital emergency department performance." Computers & Operations Research36(5): 1497-1512.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

15) Marianov V, Rios M, Jose Icaza M (2007) "Facility location for market capture when users rank facilities by shorter travel and waiting times".European Journal of Operational Research, doi; 10.1016/ j. ejor. 2007.07.025

16) Mohammadi, M., Dehbari, S., & Vahdani, B. (2014). Design of a bi-objective reliable healthcare network with finite capacity queue under service covering uncertainty. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 72, 15-41

17) Berman Oded. Huang Rongbing, Seokjin Kim and Mozart B. C.Menezes. (2007)" A Locating capacitated facilities to maximize captureddemand ", IIE Transactions 1015–1029.39

18) Beraldi, P. and M. E. Bruni (2009). "A probabilistic model applied to emergency service vehicle location." European Journal of Operational Research196(1): 323-331.

19) Vass, H., & Szabo, Z. K. (2015). Application of Queuing Model to Patient Flow in Emergency Department. Case Study. Procedia Economics and Finance, 32, 479-487.

20) Hamdy Taha: Operations Research: An Introduction, 7th Ed, Prentice Hall of India, Inc, 2005.

21) An, S., Cui, N., Bai, Y., Xie, W., Chen, M., & Ouyang, Y. (2015). Reliable emergency service facility location under facility disruption, en-route congestion and in-facility queuing. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 82, 199-216.

22) Arkat, J and Zamani, S. . Network Location for Congested Facilities Considering Balking, Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems. 2013; 1(1):37-44.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]

Developing a Probabilistic Two-Stage Model for Hierarchical Healthcare Facility Location by Considering the Service Rate

(A Case Study of Tehran Heart Center)

Kaheh Z[1], Husseinzadeh Kashan A*[2]

Submitted: 2014.9.5 Accepted: 2016.8.13

Abstract:

Background: Medical centers location is one of the most important problems which should be considered in different dimensions to improve services delivery. In this paper, the hierarchical maximum covering problem was assessed for bi-level healthcare systems including Clinics and hospitals using taking the service rates into account. The initial objective was minimizing the uncovered demand nodes, and secondary objective was minimizing the lost demand rate as a measure of potentially patients' retention in coverage radius.

Materials and Methods: In order to queue system analysis, the serving system assessed in the Tehran heart center hospital. The proposed method is a mathematical optimization model called probabilistic two-stage programming model. To evaluate this model, a number of numerical problems solved by GAMS software.

Results: Study results revealed that the best condition for locating the medical centers is adjacent to a hospital. Decision making about the location problem considering the service rate in each healthcare centers, increases the reliability to the result of the optimization model, decreasing costs and the lost demand rate.

Conclusion: The proposed model is able to help the decision makers to attain an optimized decision for locating the medical centers in deprived areas, inspired by the medical centers in areas with similar population. Therefore, if the clinics and hospitals locating considered the hierarchical model and their service rates, the patients' welfare will be enhanced.

Keywords: Healthcare systems, Hierarchical healthcare facility location, Probabilistic two-stage model, Queuing theory.

[1] MSc in Industrial Engineering, System Management and Productivity, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

[2] Assistant Professor in Industrial Engineering, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran, (*Corresponding author), Email: a.kashan@modares.ac.ir, Tel: 982182884398

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-27]