

تخصیص و مسیریابی مسئله مراقبت در خانه به همراه تخصیص محل خدمات پسین

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۶

کد مقاله: ۱۶۳۸۵

سینا جمشیدی^۱، راشد صحرایان^۲

چکیده

خدمات مراقبت در منزل شامل خدمات پرستاری، پزشکی و غیره می‌باشد که به صورت هماهنگ شده در منزل بیمار به بیمار توسط کادر درمانی ارائه می‌شوند. خدمات مراقبتی و بهداشتی توسط سازمان‌های خصوصی، سازمان بهداشت منزل، بیمارستان‌ها یا مراکز عمومی سازمان یافته با استفاده از کارکنان مجرب فراهم می‌شوند و یا می‌توان آن را شامل ارائه خدمات حرفه‌ای در این زمینه در محل اقامت بیمار دانست. از این رو برنامه‌ریزی و تخصیص منابع برای سازمان‌های ارائه‌دهنده خدمات یک مساله استراتژیک است که بایستی بدان پرداخته شود. با توجه به مساله خدمات مراقبتی بیماران در منزل، در این پژوهش یک مدل ریاضی چند هدفه با در نظر گرفتن اهداف کمینه سازی هزینه های حمل و نقل و حداکثر سازی رضایت بیماران از دریافت خدمات ارائه شده است. سپس با توجه به چند هدفه بودن مساله مورد مطالعه، از الگوریتم ابتکاری محدودیت افسیلون برای ارزیابی جبهه پارتوی جوابهای بهینه استفاده شده است. سپس از الگوریتم فرا ابتکاری NSGAII برای صحنه گذاری مدل استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد برنامه‌ریزی حوزه ارائه خدمات درمانی در منزل یک راهبرد ویژه می‌باشد که می‌تواند چشم انداز جدیدی را در این حوزه ایجاد نماید و رضایت بیماران را به ارمغان بیاورد. با توجه به تحلیل های صورت پذیرفته نشان داده شده است که در ابعاد کوچک الگوریتم محدودیت افسیلون کارا بوده و در ابعاد بزرگ الگوریتم NSGAII کارا است.

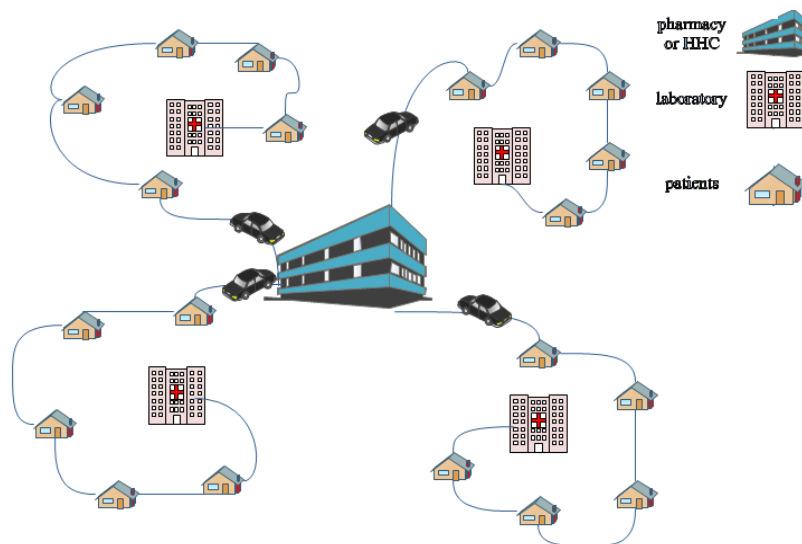
واژگان کلیدی: متن چکیده، متن چکیده، متن چکیده، متن چکیده، متن چکیده،

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته مهندسی صنایع، رشته صنایع، بهینه‌سازی سیستم‌ها، دانشگاه شاهد
۲- استادیار مهندسی صنایع و عضو هیئت علمی مهندسی صنایع، رشته صنایع، بهینه‌سازی سیستم‌ها، دانشگاه شاهد

۱- مقدمه

خدمات مراقبت در منزل^۱ (HHC) شامل خدمات پرستاری، پزشکی و غیره می‌باشد که به صورت هماهنگ شده در منزل بیمار به بیمار ارائه می‌شوند. خدمات مراقبتی و بهداشتی توسط سازمان‌های خصوصی، سازمان بهداشت در منزل، بیمارستان‌ها یا مراکز عمومی سازمان یافته با استفاده از کارکنان مجرب فراهم می‌شوند و یا می‌توان آن را شامل ارائه خدمات حرفه‌ای در این زمینه در محل اقامت بیمار دانست. این خدمات بهداشتی و درمانی شامل پرستاری، فیزیوتراپی، گفتاردرمانی، درمان‌های پزشکی و کمک‌های عمومی به بیماران می‌باشند (بنتی^۲، ۲۰۰۹). بر اساس یک نظرسنجی از شرکت های HHC، روند عملیات اصلی شرکت های HHC را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

- (۱) در مرحله اول، شرکت HHC اطلاعات را از بیماران جمع‌آوری می‌کند. این اطلاعات عبارتند از: نام بیمار، جنس، سن، آدرس، انواع بیماری‌ها، علائم، زمان پیش بینی خدمات و سایر اطلاعات لازم.
 - (۲) سپس شرکت HHC با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده و در عین حال توجه به تأمین خدمات مراقبت بهداشتی خانه با کیفیت بالا (به عنوان مثال، کمک به بیماران در زمان افق اختصاص یافته به آنها و به دست آوردن مقدار مناسب مواد دارویی) و همچنین به حداقل رساندن هزینه‌های حمل و نقل، مسیرهای برنامه‌ریزی شده را طراحی می‌کند.
 - (۳) در مرحله آخر پرستاران قرار است از بیماران بازدید کنند. هر پرستار به یک مسیر برنامه‌ریزی شده اختصاص داده می‌شود و او باید تمام فعالیت های مربوط به سرویس را برای مسیر انجام دهد (لیو، ۲۰۱۳؛ گرانت، ۲۰۱۷).
- دو پنجره‌ی زمانی در نظر گرفته می‌شود. پنجره‌ی زمانی اول مربوط به بیماران می‌باشد که در آن پنجره انتظار دریافت خدمات را دارند و چنانچه پرستار زودتر از پنجره‌ی زمانی در محل حضور یابد، باید صبر کند تا زمان مقرر فرا برسد. پنجره‌ی زمانی بعدی مربوط به ساعت ابتدا و انتهای کاری پرستاران می‌باشد که فقط در آن زمان قادر به ارائه خدمت می‌باشند.



شکل ۱. نمایش شماتیک شرکت HHC

همانطور که در شکل ۱ آمده است، پرستار به همراه وسیله‌ی نقلیه و حمل دارو از شرکت یا داروخانه شروع به حرکت کرده و با حضور در منزل بیمار با توجه به پنجره‌ی زمانی، به ارائه خدمت می‌پردازد. برخی از بیماران نیاز به انجام آزمایش دارند که پرستاران نمونه‌ها را از بیماران گرفته و همراه خود تا ارائه خدمت به آخرین بیمار حمل می‌کنند. از آنجاییکه شرکت با چندین آزمایشگاه قرارداد دارد، باید مسئله به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که با توجه به آخرین مکان حضور پرستار جهت ارائه خدمت و فاصله‌ی آن تا آزمایشگاه انتخابی و همچنین زمان ماندن نمونه آزمایش در صف با توجه به اولویت مشتری کمینه شود و از طرف دیگر برای افزایش رضایت مشتری، مدل به دنبال انتخاب آزمایشگاه با کیفیت بالاتری می‌باشد. در این تحقیق مهارت پرستاران نیز در نظر گرفته شده است. بدین گونه که پرستاران به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند و از طرف دیگر بیماران با توجه به نوع خدمت دریافتی به پرستاران با سطوح مختلف مهارتی نیازمندند. مدل در این مسئله از طرفی به دنبال کمینه کردن هزینه‌های حمل و نقل و آزمایشگاه و از طرف دیگر به بیشینه کردن رضایت مشتریان با در نظر گرفتن حضور پرستار جهت ارائه خدمت در پنجره‌ی زمانی و به خدمت در آوردن پرستاران با سطوح مهارتی مورد نظر بیماران و همچنین ارائه جواب آزمایش در کمترین زمان و بالاترین کیفیت، می‌پردازد. از آنجاییکه شرکت HHC به دنبال حفظ مشتریان خود در راستای افزایش بهره‌وری و سوددهی

1 Home health care (HHC)

2 Bennett

می‌باشد، باید تشخیص نوع بیماری به درستی انجام گیرد که درمان نیز متناسب با آن انجام شود. برای نیل به این موضوع در ابتدای امر باید جواب آزمایش‌ها صحیح باشد که تشخیص نوع بیماری به درستی انجام گیرد. انتخاب آزمایشگاهی با کیفیت بالاتر برای افزایش سوددهی بسیار مهم و حیاتی می‌باشد و شرکت سعی می‌کند برای رسیدن به بهترین عملکرد، به ایجاد تعادل بین هزینه و رضایت مشتریان بپردازد. افزایش طول عمر یکی از مهمترین موفقیت‌های دوران ما است. در سال ۲۰۱۲، افراد بالای ۶۰ سال و بالاتر، ۸/۸ میلیارد و ۱۱ درصد جمعیت جهان بودند. تا سال ۲۰۳۰ تعداد آنها به ۱/۴ میلیارد نفر خواهد رسید و ۱۷٪ جمعیت جهان را تشکیل خواهد داد. تا سال ۲۰۵۰، این تعداد تا ۲۲ درصد افزایش خواهد یافت (گرانثا، ۲۰۱۷). علاوه بر این، افزایش شهرنشینی و مهاجرت باعث می‌شود افراد مسن‌تر به تنهایی زندگی کنند. در سالهای گذشته، جامعه ایرانی با افزایش استثنایی از امید به زندگی روبرو بوده است: در سال ۱۹۶۰ این شاخص در حدود ۴۴ سال بود و در سال ۲۰۱۲ به حدود ۷۳ سال رسیده است (خداپرست، ۲۰۱۸). بهبود خدمات برای افراد مسن نیاز به در نظر گرفتن هر یک از بخش‌های سیستم مراقبت است به عنوان مثال، کلینیک‌های تخصصی، خدمات مراقبت از خانه و خانه‌های سالمندان. تأثیر جامعه پیرامون عمدتاً در بخش مراقبت‌های طولانی مدت به وجود می‌آید که نیازمند طراحی مجدد مراقبت‌های طولانی مدت از جمله مراقبت از خود، مراقبت از خانه و به ویژه پرستاران خانگی است. از آنجا که هرساله شاهد اشتباهات فراوان پزشکی در تشخیص نوع بیماری و درمان آن هستیم و همین امر سبب ایجاد هزینه‌های بسیاری شده است، پی به ضرورت انتخاب آزمایشگاه با کیفیت بالا و درصد خطای پایین می‌بریم. شرکت‌های HHC به دنبال رضایت مشتریان و افزایش متقاضیان می‌باشند. برای نیل به این هدف باید مشتریان وضعیت درمانی خود را رو به بهبود ببینند. این امر بدون تشخیص صحیح نوع بیماری و تجویز دارو و ارائه خدمات متناظر آن میسر نمی‌گردد. در مقالات مرور ادبیات توجهی به ادامه روند درمانی بیمار نمی‌شود که خود خلاف واقعیت بوده است.

۲- پیشینه تحقیق

یوسف زاده (۱۳۹۹) در پژوهش خود با رویکردی ابتکاری جدید مساله زمانبندی و تخصیص تیم‌های پزشکی به بیماران را به صورت یک مساله زمانبندی پروژه با منابع محدود باز تعریف کردند. در این رویکرد با تعریف یک قاعده اولویت پویا و پیاده‌سازی شیوه زمانبندی موازی در قالب یک الگوریتم به حل مساله تخصیص یک تیم پزشکی به یک بیمار در منزل پرداختند. از جمله معیارهای ارزیابی برای بررسی کیفیت جوابهای شذنی حاصل از زمانبندی می‌توان به کمینه کردن مدت زمان سفر اعضای تیم‌های پزشکی، کاهش ساعات اضافه کاری، استفاده حداکثری از پتانسیل نیروهای انسانی اشاره کرد. مجموعه جوابهای شذنی مساله در محدودیت‌هایی مانند مدت زمان کاری قید شده در قرارداد، پنجره زمانی سخت هر خدمت، استراحت اجباری و تخصیص مطلوب تیم پزشکی به بیماران متناسب با نوع خدمت خواسته شده (توسط بیمار) صدق می‌کنند. نتایج عددی حاصل از اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی مسائل کتابخانه ای کولیش، به منظور تجزیه و تحلیل روش پیشنهادی آورده شده است که نشان از توانایی بالای این نوع رویکرد تبدیلی جدید در حل مساله HHC دارد. اکبرپناه (۱۳۹۷) در پژوهش خود مدلی جهت زمانبندی و مسیریابی اعزام کادر پزشکی از مراکز درمانی متفاوت اریه می‌گردد که در آن لزومی به بازگشت کادر پزشکی به همان مرکز درمانی اعزام کننده نمی‌باشد. به بیان دیگر نوعی انعطاف درخصوص استفاده از دپارتمانها و مراکز درمانی با توجه به موقعیت مکانی بیماران در نظر گرفته می‌شود که همین امر از اتلاف زمان بکارگیری کادر پزشکی جلوگیری می‌نماید. مدل ارایه شده از نوع برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته می‌باشد که نتایج حاصل از مدلسازی نشان می‌دهد که هر پرستار از کدام مرکز اعزام و به کدام یک از مراکز بازگردد تا مجموع زمان و هزینه‌ها کاهش یابد. حسینی (۱۳۹۷) در پژوهش خود پذیرش سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی بیمارستانی (HRP) پرداخته شده است. لذا ضمن معرفی این سیستم بیان اهمیت جایگاه ویژه آن در یک جامعه سازمان، به شناسایی معرفی مدل‌های رایج در ارزیابی عوامل موثر در پذیرش سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP) در یک سازمان بصورت عمومی پرداخته شد. سپس با تأکید بر شرایط خاص بیمارستانی عوامل موثر در این سازمان‌های خدماتی، مدلی جهت شناسایی ارزیابی عوامل موثر در پذیرش سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع بیمارستانی (HRP) توسعه داده معرفی می‌شود. توسعه این مدل مبتنی بر مدل‌های پایه رایج بوده با استفاده از نظرات خبرگان بخش خدمات درمان بیمارستانی به روش نمونه گیری گلوله برفی برای مراکز درمانی داخلی بومی سازی شده است. امیرفخریان (۱۳۹۷) در پژوهش خود دسترسی غیرفضایی به خدمات بهداشتی-درمانی در شهر مشهد مورد تحلیل قرار دادند. برای این منظور ابتدا مدل مفهومی تحقیق با استفاده از ۸ شاخص اجتماعی-اقتصادی تأثیرگذار در سطح ۱۲۶۶ حوزه آماری ساخته شد. استفاده از مدل تحلیل عاملی در خصوص ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی حوزه‌ها، منجر به شکل گیری دو عامل اقتصادی و اجتماعی شد که بیش از ۷۴٪ از کل تغییرات واریانس‌ها را تبیین می‌کند. نتیجه به دست آمده از تحلیل عاملی برای هر حوزه به تفکیک هر عامل در محور مختصات (X, Y) ترسیم شد و جایگاه هر حوزه به دست آمد. نتیجه این بررسی نشان داد که در شهر مشهد وضعیت متفاوتی از نظر شاخص‌های دسترسی غیرفضایی قابل مشاهده است؛ به گونه ای که ۲۱٫۶ درصد از جمعیت به دلیل پایین بودن جایگاه شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی، اولویت نخست برنامه‌های بهداشتی-درمانی در خصوص ارتقای شاخص دسترسی غیر فضایی به شمار می‌آیند که این مسئله می‌بایست در خصوص توسعه برنامه‌های بهداشتی و درمانی مورد توجه قرار گیرد. داوهرلی (۲۰۲۰) در پژوهش خود با

انتخاب منظمی از ادبیات منتشر شده از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹، به منظور ایجاد دیدگاه جامعی از برنامه های فعلی روش دینامیک سیستم که به موضوعات پیچیده مراقبت های بهداشتی می پردازد، شکل گرفته است. نتایج نشان می دهد که استفاده از پویایی سیستم از سال ۲۰۱۳ مورد توجه محققان مراقبت های بهداشتی قرار گرفته است. تا به امروز، مقالات مربوط به پویایی سیستم بر روی موضوعات مختلف مراقبت های بهداشتی متمرکز شده اند. محبوب ترین زمینه های تحقیقاتی در بین مقالات بررسی شده شامل موضوعات جریان بیمار، چاقی، تقاضای نیروی کار و HIV / AIDS است. سرانجام، کیفیت مقالات موجود بر اساس سیستم رتبه بندی پیشنهادی ارزیابی شد و روشهای بهبود کیفیت مدل های پویایی سیستم مورد بحث قرار گرفت. بهارند (۲۰۱۶) در پژوهش خود با استفاده از یک سیستم پشتیبان تصمیم و استفاده از شبیه سازی گسسته پیشامد به بررسی نگهداری از سالمندان پرداخته است و نشان داده شد که استفاده از سیستم شبیه سازی می تواند تا حدودی مشکلات مربوط به نگهداری سالمندان را کاهش دهد. هافمستر (۲۰۱۶) در پژوهش خود بیان داشتند که تنها درمان دارویی با مقرون به صرفه بودن هزینه در کاهش ناتوانی مرتبط با سکتة مغزی ایسکمیک حاد (AIS)، ترومبولیز داخل وریدی با فعال کننده پلاسمینوژن بافت نوترکیب است اما میزان استفاده از آن هنوز در اکثر جهان کم است. حداقل نرخ استفاده از ترومبولیز مورد نیاز برای کاهش شیوع ناتوانی مرتبط با سکتة مغزی در سالمندان زن را در سطح جمعیت با استفاده از یک مدل شبیه سازی رویداد گسسته برآورد کردند. این مدل شامل اثربخشی با توجه به زمان درمان تا ۴٫۵ ساعت و چهار سناریو برای استفاده از ترومبولیز داخل وریدی در بیماران واجد شرایط با AIS است: الف) ۲٪، ب) ۱۲٪، ج) ۲۵٪ و د) ۴۰٪. ما با استفاده از داده های مبتنی بر جمعیت، شیوع ناتوانی مربوط به AIS را در هر سناریو محاسبه کردیم. این شبیه سازی از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۷ با استفاده از نرم افزار ARENA انجام شده است. میزان فعلی استفاده از ترومبولیز داخل وریدی ۲٪ حداقل تأثیر جمعیت را دارد. افزایش میزان استفاده به بیش از ۱۲٪ حداقل تأثیر جمعیت بر معلولیت است و باید یک هدف سیاست عمومی باشد. کوون (۲۰۲۰) در پژوهش خود بیان داشتند که در بهداشت عمومی، وضعیت سالخوردهگان تنها با بار اجتماعی و پزشکی جدی همراه است. در این جمعیت آسیب پذیر، عوارض عصب روانپزشکی مانند افسردگی سالخورده و زوال عقل و همچنین شرایط درد مزمن اغلب به طور همزمان اتفاق می افتد. در این پژوهش از یک زن ۸۱ ساله را مورد ارزیابی خدمات مراقبت از درمان با داروهای کره ای در یک محیط بهداشت عمومی ارزیابی نمودند. در طول یک سال، شدت درد او (با استفاده از مقیاس رتبه بندی عددی اندازه گیری شد) پس از افت اولیه و مقیاس های عملکرد شناختی (مقیاس افسردگی سالمندی - فرم کوتاه کره ای و نسخه کره ای از آزمون دولت کوچک روانی برای زوال عقل) متوسط نشان داده شد. از این رو با استفاده از رویکرد روش طراحی آزمایشات به ارزیابی سیاست های اجرایی مراقبت از سالمندان زن پرداخته شد.

۳- روش تحقیق

این پژوهش پیرامون یکی از شاخه های سیستم های سلامت انجام پذیرفته شده که در آن کادر پزشکی جهت ارائه خدمات درمانی به منازل بیماران مراجعه می نمایند. یکی از نوآوری های انجام پذیرفته در این پژوهش، بکارگیری مساله مسیریابی چندانباره یا چند دپارتمان (MDVRP) با فرض انعطاف در انتخاب مبدا و مقصد می باشد. از این رو بیماران پس از اعلام نیاز به کادر درمانی، برنامه ریزی برای حضور و پاسخ به نیاز های بیماران توسط بیمارستان ها و یا نهادهای خصوصی درمانی انجام می پذیرد و یک مساله مسیر یابی در پنجره زمانی برای کادر درمانی معرفی می شود.

اندیس ها و مجموعه ها:

i, j گر ها حضور بیماران برای دریافت خدمات در منزل

V اندیس کادر درمانی برای ارائه خدمات درمانی

پارامترها:

TL_i حد پایین پنجره زمانبندی ارائه خدمات کادر درمانی به بیمار i

TU_i حد بالا پنجره زمانبندی ارائه خدمات کادر درمانی به بیمار i

TR_i مدت زمان ارائه خدمات درمانی به بیمار i

TD_i زمان رسیدن کادر درمانی به محل بیمار برای ارائه خدمات درمانی به بیمار i

Dtd_i احتیاجات ارائه شده توسط بیمار به کادر درمانی وابسته به زمان بیمار i

Din_i احتیاجات مستقل از زمان بیمار i

D_i حداکثر سطح احتیاجات بیمار برای دریافت خدمات درمانی بیمار i

$$D_i = Dtd_i + Din_i \quad (۱)$$

میزان سطح احتیاجات بیمار برای دریافت خدمات درمانی شامل دو بخش می شود که بخش اول مستقل از زمان بوده و بایستی تحویل بیمار گردد و بخش دوم احتیاجات وابسته به زمان است که تحت اجرای کادر درمانی قرار دارد.

k_p ظرفیت ارائه خدمات درمانی توسط کادر درمانی v

T_{VI} زمان مورد نیاز برای ارائه سرویس به بیمار i توسط کادر درمانی v
 TT_{vij} زمان مورد نیاز برای جابجایی کادر درمانی بین بیمار i و j توسط کادر درمانی v
 C_{ij} هزینه زمان سفر بین بیمار i و بیمار j
 M عدد خیلی بزرگ
 W : سود حاصل از ارائه خدمات درمانی به بیماران توسط کادر درمانی
 Te_v حداکثر زمان دسترس کادر درمان V برای ارائه خدمات درمانی

متغیرهای تصمیم

X_{VIj} : متغیر زوجی است که اگر کادر درمانی V از بیمار i به بیمار j حرکت کند برابر یک و در غیراین صورت برابر صفر می‌باشد.

O_i : متغیر زوجی است که اگر کادر درمانی بیمار I را در بازه زمانی مقرر $[0, TL_i]$ ملاقات کند برابر یک و در غیراین صورت برابر صفر می‌باشد.

Q_i : متغیر زوجی است که اگر کادر درمانی بیمار I را در بازه زمانی مقرر $[TL_i, TU_i]$ ملاقات کند برابر یک و در غیراین صورت برابر صفر می‌باشد.

Y_i : متغیر زوجی است که اگر کادر درمانی بیمار I را در بازه زمانی مقرر $[0, TU_i]$ ملاقات کند برابر یک و در غیراین صورت برابر صفر می‌باشد.

Z_i : متغیر زوجی است که اگر کادر درمانی بیمار I را بعد از TU_i ملاقات کند برابر یک و در غیراین صورت برابر صفر می‌باشد.

TD_i : زمان ورود کادر درمانی به محل بیمار I

SH_i : میزان نارضایتی بیمار I از خدمات درمانی دریافت شده

مدل ریاضی

$$\begin{aligned} \text{MIN } z &= \sum_i \sum_j \sum_v C_{ij} * X_{VIj} \\ \text{MAX } Z &= W * \left(\sum_i (O_i * DTD_i + Q_i * \left(\frac{TU_i - TD_i}{TU_i - TL_i} \right) * DTD_i) - SH_i \right) \end{aligned} \quad (2)$$

تابع هدف نیز بدنبال کمینه سازی هزینه های حمل و نقل و تابع هدف دوم حداکثر سازی سود حاصل از رضایت مندی ارائه خدمات درمانی به بیماران در منزل می باشد.

$$s.t \quad \sum_{I=1}^n \sum_v X_{VIj} = 1 \quad \forall j = 2, 3, \dots, N \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_v X_{VIj} = 1 \quad \forall i = 2, 3, \dots, N \quad (4)$$

محدودیت (۳-۴) تضمین می کند هر بیمار از یک کادر درمانی احتیاجاتش را دریافت می کند.

$$\sum_{I=2}^n X_{VIj} - \sum_{I=1}^n X_{VJI} = 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, N \quad V = 1, 2, 3 \dots \quad (5)$$

محدودیت (۵) تضمین می کند که بین بیماران نیاز به مراقبت های درمانی حلقه رخ ندهد

$$\sum_{I=1}^n T_{VI} * \sum_j X_{VIj} + \sum_i \sum_j TT_{vij} * X_{VIj} \leq Te_v \quad V = 1, 2, 3 \dots \quad (6)$$

محدودیت (۶) تضمین می کند که مجموع زمان لازم برای سرویس دهی به بیمار i و زمان مورد نیاز برای سفر بین بیماران i و j نباید بیش از حداکثر زمان دسترس کادر درمانی v کمتر باشد.

$$TD_j = \sum_i TD_i * \sum_v X_{VIj} + \sum_{I=1}^n \sum_v (T_{VI}) * X_{VIj} \quad \forall j = 2, 3, \dots, N \quad (7)$$

محدودیت (۷) محدودیت زمانبندی ورود کادر درمانی برای اجرای مراقبت ها به بیماران می باشد

$$\sum_{I=2}^n (D_i - (DTD_i * Z_i) + SH_i) * \sum_{j=1}^n X_{VIj} \leq K_v \quad V = 1, 2, 3 \dots \quad (8)$$

محدودیت (۸) تضمین می کند که میزان خدمات درمانی ارائه شده کمتر از ظرفیت ارائه خدمات درمانی کادر درمانی بیمارستان است.

$$(TU_i - TD_i) - M * (Y_i) \leq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, N \quad (9)$$

محدودیت (۹) تضمین می کند اگر کادر درمانی به بیمار i زودتر از پنجره زمانبندی برسد تمام احتیاجات مراقبتی بیمار i را انجام می دهد.

$$(TU_i - TD_i) + M * (Z_i) \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, N \quad (10)$$

محدودیت (۱۰) تضمین می کند که کادر درمانی بعد از پنجره زمانی درمانی تعیین شده بیمار را ملاقات کند فقط احتیاجات مستقل از زمان بیمار را انجام می دهد.

$$Z_i + Y_i = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, N \quad (11)$$

محدودیت (۱۱) برای اجرای احتیاجات درمانی در هر دوره یکی از حالت های انجام خدمات مراقبتی در پنجره زمانی رخ می دهد.

$$(TU_i - TD_i) + M * (1 - Q_i) \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, N \quad (12)$$

$$(TL_i - TD_i) + M * (1 - O_i) \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, N$$

$$(TL_i - TD_i) - M * (O_i) \leq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, N$$

$$Q_i + O_i = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, N$$

محدودیت (۱۲) تضمین می کند احتیاجات مراقبتی بیماران در صورت رسیدن کادر درمانی در پنجره زمانی شامل تحویل چه احتیاجات وابسته یا مستقل شود.

$$\sum_{I=2} X_{VI2} = 1 \quad \forall V = 1, 2, 3, \dots, N \quad (13)$$

محدودیت (۱۳) تضمین می کند که شروع فرایند درمانی کادر درمان برای برنامه ریزی مراقبتی بیماران از بیمارستان بوده و خاتمه حرکت هم به بیمارستان برای تحویل گزارشات مراقبتی بیماران اتفاق بیافتد.

$$\sum_{I=1} \sum_V \sum_{J \neq I} X_{VIJ} \leq |S| - R(S) \quad \forall S \in A - \{1\} \quad (14)$$

محدودیت (۱۴) تضمین می کند زیر تور ایجاد نشود.

۴. یافته های پژوهشی

در مساله مورد مطالعه، فرایند اعضاء کادر درمانی برای مراقبت بیماران در خانه بحث و بررسی خواهد شد. با توجه به مدل ریاضی ارائه شده در فصل قبل، جهت ارزیابی مساله، سه بعد مورد ارزیابی و تحلیل قرار میگیرد که مساله مورد مطالعه به لحاظ ارزیابی جامعیت مورد بهره برداری قرار گیرد.

جدول ۱. ابعاد مساله مورد مطالعه

ابعاد	مجموعه کادر درمانی	مجموعه بیماران نیاز به مراقبت
کوچک	۳	۱۰

با توجه به ابعاد مساله مورد مطالعه، مطابق با مدل ریاضی ارائه شده ابتدا اندیس ها و پارامتر های مدل ریاضی معرفی شده و سپس متغیر های تصمیم بدست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت.

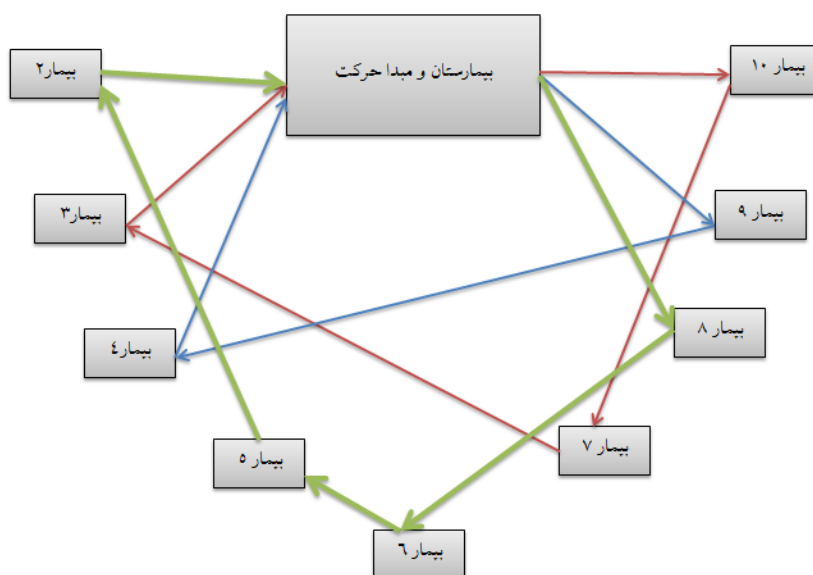
در ابعاد کوچک مساله مورد مطالعه، تعداد کادر درمانی در دسترس ۳ واحد در نظر گرفته شده است و بیماران نیاز به مراقبت خانگی که بایستی فرایند درمانی انجام شود نیز ۱۰ نفر در نظر گرفته شد. از این رو سایر پارامتر های در نظر گرفته شده به شرح ذیل است:

جدول ۲. حد پایین پنجره زمانبندی ارائه خدمات کادر درمانی به بیمار i

زمانبندی	بیمار ۱	بیمار ۲	بیمار ۳	بیمار ۴	بیمار ۵	بیمار ۶	بیمار ۷	بیمار ۸	بیمار ۹	بیمار ۱۰
حد پایین	۲	۵	۷	۵	۸	۸	۵	۸	۱۰	۱۰

جدول ۳. حد بالا پنجره زمانبندی ارائه خدمات کادر درمانی به بیمار i

زمانبندی	بیمار ۱	بیمار ۲	بیمار ۳	بیمار ۴	بیمار ۵	بیمار ۶	بیمار ۷	بیمار ۸	بیمار ۹	بیمار ۱۰
حد بالا	۴	۷	۹	۷	۹	۱۰	۸	۱۰	۱۲	۱۲



شکل ۲. مسیریابی حرکت خدمات درمانی

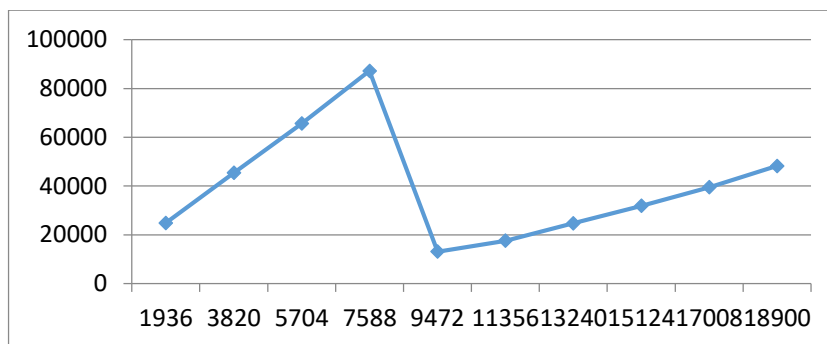
همانطور که مشاهده می شود، در ابعاد کوچک حل شده مدل ریاضی نشان داده شد که هر سه کادر درمانی در حالت خدمت رسانی به بیماران هستند و فرایند درمانی را انجام می دهند. کادر درمانی اول ابتدا به بیمار ۱۰ رفته و فرایند درمانی را انجام می دهد و سپس از بیمار ۱۰ به بیمار شماره ۷ حرکت کرده و سپس از بیمار شماره ۷ به بیمار شماره ۳ و در نهایت به پایگاه بازگشت کرده است. همچنین کادر درمانی شماره ۲ ابتدا به بیمار شماره ۹ رفته و سپس به بیمار شماره ۴ و در نهایت به پایگاه بازگشت می کند. سپس کادر درمانی شماره ۳ ابتدا به بیمار شماره ۸ رفته و سپس به بیمار شماره ۶ و سپس به بیمار شماره ۵ و و در نهایت به بیمار شماره ۲ و پایگاه می رود و فرایند های درمانی را انجام می دهند.

در نهایت مدل اپسیلون تقویت شده را با استفاده از نرم افزار گمز برای هر یک از اپسیلون ها بدست آمده حل کردیم. مجموعه جواب های بهینه پارتو بدست آمده مطابق جدول ۴ است:

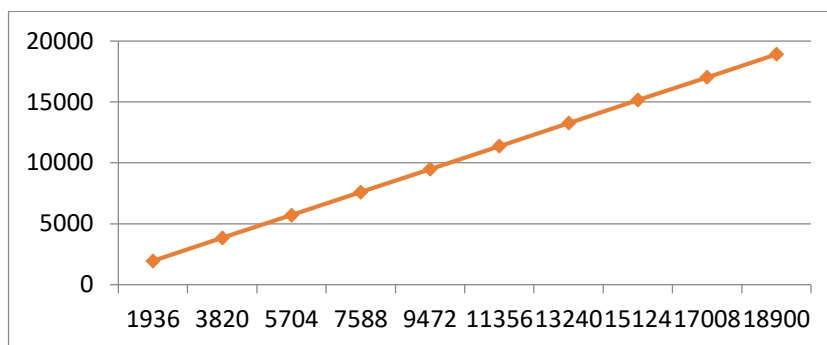
جدول ۴. جبهه پارتو جواب بهینه

میزان تابع هدف دوم	میزان تابع هدف اول	ε
۱۹۵۸	۲۴۸۲۱	۱۹۳۶
۳۸۵۰	۴۵۳۷۶	۳۸۲۰
۵۷۰۵	۶۵۶۲۶	۵۷۰۴
۷۵۹۷	۸۷۱۸۱	۷۵۸۸
۹۴۷۸	۱۳۰۹۱	۹۴۷۲
۱۱۳۶۳	۱۷۵۸۷	۱۱۳۵۶
۱۳۲۵۳	۲۴۷۴۱	۱۳۲۴۰
۱۵۱۴۴	۳۱۸۹۵	۱۵۱۲۴
۱۷۰۰۹	۳۹۵۱۸	۱۷۰۰۸
۱۸۹۰۰	۴۸۲۰۵	۱۸۹۰۰

نمودار پارتو نیز به صورت زیر بدست می آید:

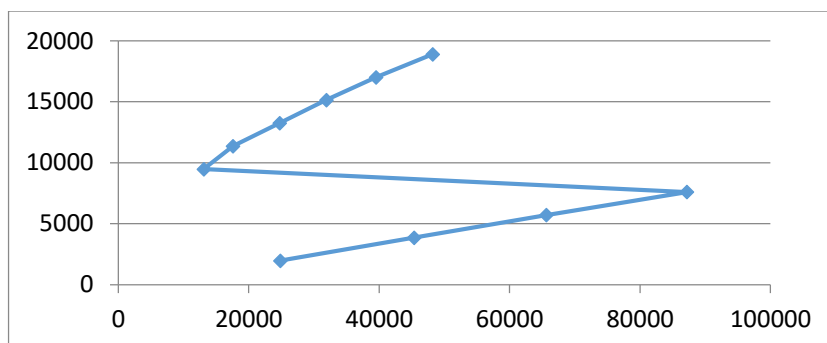


شکل ۳. نسبت تابع هدف اول به مقادیر اِپسیلون



شکل ۴. نسبت تابع هدف دوم به مقادیر اِپسیلون

همانطور که مشاهده می‌گردد نسبت تابع هدف اول به مقادیر اِپسیلون نشان داده است که در تابع هدف اول اثر شکست در فرایند بهینه سازی رخ داده است و با توجه به تحلیل صورت پذیرفته در این بعد نشان داده شده است که در این بعد هزینه بهینه دچار کاهش شده است و تابع هدف دوم نیز روند یکسانی را مطابق با افزایش مقادیر اِپسیلون داشته است. از این رو جبهه پارتوی جواب های بهینه به شرح ذیل می‌باشد:



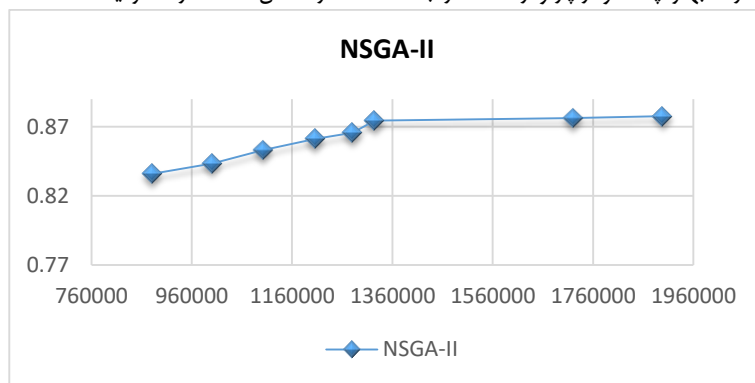
شکل ۵. جبهه پارتوی جواب های بهینه مدل ریاضی

پس از حل مدل ریاضی پیشنهادی با استفاده از روش های نامبرده، در نهایت جدول ۵ نتایج حاصل برای مسأله را نشان می‌دهند.

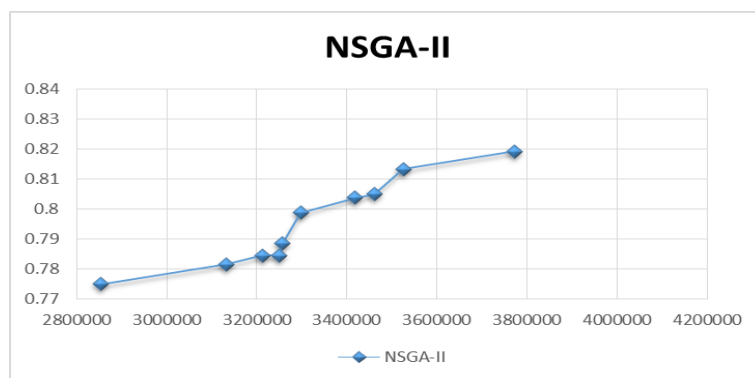
جدل ۵. نتایج محاسباتی از الگوریتم‌ها برای ۱۲ زیرمسئله

مسئله	NPS	CPU Time	MID	مسئله	MS	SNS
	NSGA-II	NSGA-II	NSGA-II		NSGA-II	NSGA-II
۱	۱۲	۵۲.۸۸۱۵	۱.۴۹۰۹	۱	۳۶۴۳۳۷.۸۷۵۳	۲۵۲۵۴۶.۱۶۱۵
۲	۱۲	۱۱۵.۶۶۵۹	۱.۱۱۹	۲	۶۷۳۱۱۴.۵۶۲۳	۶۵۶۶۷۵.۳۴۵۷
۳	۱۵	۱۹۹.۸۱۱۳	۲.۱۱۴۳	۳	۷۲۴۵۶۶.۱۹۸۶	۸۹۶۴۴۰.۱۱۰۳
۴	۸	۳۰۲.۷۰۴۶	۳.۶۱۱۸	۴	۱۰۱۷۲۱۳.۰۲۵	۱۴۳۴۶۹۷.۲۸۳۶
۵	۱۱	۷۴۶.۲۸۱۳	۳.۶۹۵۹	۵	۵۷۴۹۵۶.۴۱۱۲	۱۹۸۴۳۰۶.۲۶۷۴
۶	۱۱	۹۸۹.۷۴۶۹	۳.۱۸۷۶	۶	۹۶۸۳۴۶.۰۰۶۹	۲۴۸۱۶۹۶.۶۴۷۹
۷	۶	۱۱۵۴.۲۴۴۱	۵.۰۱۴۶	۷	۱۰۵۷۲۸۲.۶۲۸	۲۸۶۸۴۲۰.۳۳۷۷
۸	۱۰	۱۹۳۹.۶۲۶	۵.۸۷۵۹	۸	۹۱۹۴۴۲.۹۲۵	۳۵۰۶۲۵۷.۳۱۱۴
۹	۹	۴۶۴۴.۴۱۷۸	۴.۸۴۳۸	۹	۱۸۶۵۵۲۷.۲۹۸۸	۵۳۷۵۸۲۳.۳۷۳۲
۱۰	۱۷	۵۱۱۴.۷۱۴۷	۳.۹۶۳۴	۱۰	۱۸۳۹۹۳۱.۰۸۶۵	۵۴۷۳۴۲۱.۱۷۲۳
۱۱	۱۰	۸۷۷۹.۶۸۰۲	۵.۸۲۷۶	۱۱	۱۳۹۹۵۸۱.۸۵۰۸	۶۰۹۰۸۷۴.۸۸۰۳
۱۲	۲۰	۱۲۰۳۹.۶۳۸۶	۴.۸۷۰۱	۱۲	۱۷۶۱۹۶۰.۴۶۱	۶۲۴۹۱۲۳.۷۹۵۲

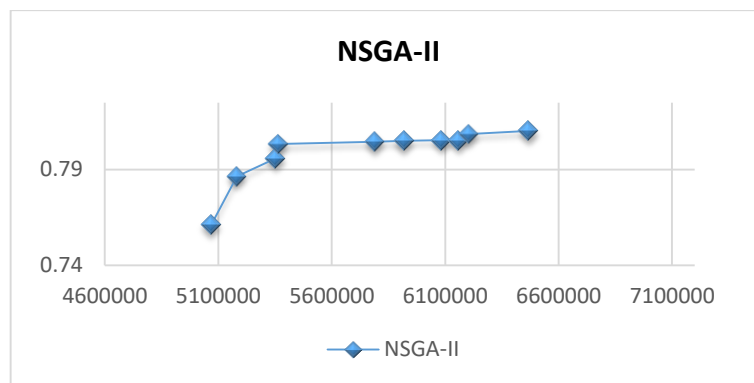
همچنین برای درک بهتر چند نمودار پارتو از مسئله در ابعاد مختلف در اشکال ۶ تا ۷ ارائه گردیده است.



شکل ۶. نمودار پارتو برای ابعاد کوچک مسئله (زیر مسئله ۴)



شکل ۷. نمودار پارتو برای ابعاد متوسط مسئله (زیر مسئله ۸)



شکل ۸. نمودار پارتو برای ابعاد بزرگ مسأله (زیر مسأله ۱۱)

از طرفی پس از محاسبه شاخص‌های استاندارد برای این روش‌ها، مشاهده می‌گردد که نتایج الگوریتم پیشنهادی نزدیک به روش دقیق اپسیلون محدودیت و یا حتی در مواردی بهتر از آن است. جدول ۶ نشان‌دهنده این موضوع است.

جدول ۶. نتایج اعتبارسنجی مدل.

روش‌ها	NPS↑		CPU time↓		MID↓		MS↑		SNS↑	
	value	gap	value	gap	value	gap	value	gap	value	gap
ε-constraint	۱۰	۰.۱۷	۲۶۱.۹۴	۱۵.۸۶	۱.۳۸	۰	۳۶۹۱۷۴.۰۶	۰	۲۹۶۴۷۱.۸۶	۰.۱۸
NSGAII	۱۲	۰	۹۰.۱۴	۴.۸۰	۱.۴۱	۰.۰۲	۳۶۰۱۳۸.۱۹	۰.۰۲۴	۲۸۰۶۸۵.۴۹	۰.۲۳

که در برای محاسبه gap از فرمول زیر استفاده شده است.

$$gap = \left| \frac{a \lg - best}{best} \right|$$

۵. بحث و نتیجه گیری

ماهیت خدمات مراقبت در منزل به گونه‌ای است که بیمار ممکن است به بیش از چند روز ملاقات توسط پرستار نیاز داشته باشد. با توجه به نتایج حاصل از مدل، برنامه‌ریزی هفتگی با در نظر گرفتن مطلوبیت پویا کمک کرد اگر در یک روز ترجیحات بیمار رعایت نشد و مطلوبیت آن پایین آمد، در روز دیگر تا جایی که ممکن است ترجیحات رعایت شده و مطلوبیت بیمار بالا برود. به عبارتی اگر در یک روز مطلوبیت حاصل شده برای بیمار کاهش پیدا کرد در روز بعد سعی در جبران آن شد و افزایش یافت. با این کار مرکز درمانی در پایان هفته حداکثر رضایت و مطلوبیت را برای بیماران خود داشته و سبب بالا بردن اعتبار مرکز نزد بیماران می‌شود. بنابراین توسعه برنامه‌ریزی ارائه خدمات درمانی به بیماران خانگی، مساله کلیدی در حوزه خدمات درمانی است که در این پژوهش بدان پرداخته شده است. از این رو در این پایان نامه در فصل اول به بیان مساله و ضرورت انجام تحقیق پرداخته شده و سپس اهداف و سوالات تحقیق معرفی شدند و پس از آن در فصل دوم پژوهش مبنای نظری و پیشینه تحقیق مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفتند و نشان داد شد که مساله زمانبندی کادر درمانی در حوزه درمان خانگی بیماران یک مساله استراتژیک بوده و سپس ادبیات پژوهش در حوزه مورد مطالعه بحث و تحلیل شدند. در فصل سوم پژوهش مساله مدل ریاضی مطرح شد و ابعاد ارزیابی جواب‌های بهینه و روش حل مدل ریاضی مطرح شد و در فصل چهارم با توجه به ابهام مدل مطرح شده ابتدا صحت گذاری مدل در ابعاد کوچک انجام و سپس جهت اعتبار سنجی مدل ریاضی با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری ابهام مساله تحلیل شدند.

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، نشان داده شد که حوزه زمانبندی کادر درمانی در خدمات مراقبتی در خانه یک مساله بسیار مهم و کلیدی است. از این رو پیشنهادات آتی پژوهش به شرح ذیل معرفی می‌گردد.

۱. در نظر گرفتن مساله عدم قطعیت فازی در پنجره زمانی مورد درخواست بیماران برای دریافت خدمات
۲. در نظر گرفتن برنامه‌ریزی امکانی دکتر پیشوایی برای توسعه روش حل مدل برای نزدیک سازی فضای مدلسازی با فضای واقعی

۳. رتبه بندی بیماران برای ایجاد ارجعیت در ارائه خدمات

۴. در نظر گرفتن مساله عدالت در ارائه خدمات بعنوان تابع هدف سوم

1. Bennett, A. R. (2009). Home health care logistics planning (Doctoral dissertation, Georgia Institute of Technology.)
2. Liu, R., Xie, X., Augusto, V., & Rodriguez, C. (2013). Heuristic algorithms for a vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup and time windows in home health care. *European Journal of Operational Research*, 230(3), 475-486.
3. Liu, R., Xie, X., & Garaix, T. (2014). Hybridization of tabu search with feasible and infeasible local searches for periodic home health care logistics. *Omega*, 47, 17-32.
4. Harris, M. D. (2005). Handbook of home health care administration. Jones & Bartlett Learning.
5. Grant, M., Brown, C., Caiaffa, W. T., Capon, A., Corburn, J., Coutts, C., ... & Hancock, T. (2017). Cities and health: an evolving global conversation.
6. Khodaparasti, S., Bruni, M. E., Beraldi, P., Maleki, H. R., & Jahedi, S. (2018). A multi-period location-allocation model for nursing home network planning under uncertainty. *Operations Research for Health Care*, 18, 4-15.
7. Fikar, C., & Hirsch, P. (2017). Home health care routing and scheduling: A review. *Computers & Operations Research*, 77, 86-95.
8. Cheng, Eddie and Rich, Jennifer Lynn. "A Home Health Care Routing and Scheduling Problem." (1998) <https://hdl.handle.net/1911/101899>.
9. Braekers, K., Hartl, R. F., Parragh, S. N., & Tricoire, F. (2016). A bi-objective home care scheduling problem: Analyzing the trade-off between costs and client inconvenience. *European Journal of Operational Research*, 248(2), 428-443.
10. Grenouilleau, F., Legrain, A., Lahrichi, N., & Rousseau, L. M. (2019). A set partitioning heuristic for the home health care routing and scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 275(1), 295-303.
11. Decerle, J., Grunder, O., El Hassani, A. H., & Barakat, O. (2018). A memetic algorithm for a home health care routing and scheduling problem. *Operations Research for Health Care*, 16(1), 59-71.
12. Yuan, B., Liu, R., & Jiang, Z. (2015). A branch-and-price algorithm for the home health care scheduling and routing problem with stochastic service times and skill requirements. *International Journal of Production Research*, 53(24), 7450-7464.
13. Yuan, B., Liu, R., & Jiang, Z. (2018). Daily scheduling of caregivers with stochastic times. *International Journal of Production Research*, 56(9), 3245-3261.
14. Shi, Y., Boudouh, T., & Grunder, O. (2017). A hybrid genetic algorithm for a home health care routing problem with time window and fuzzy demand. *Expert Systems with Applications*, 72, 160-176.
15. Liu, Ming, et al. "Bi-objective approaches for home healthcare medical team planning and scheduling problem." *Computational and Applied Mathematics* 37.4 (2018): 4443-4474.
16. Shi, Yong, et al. "Modeling and solving simultaneous delivery and pick-up problem with stochastic travel and service times in home health care." *Expert Systems with Applications* 102 (2018): 218-233.
17. Miranda, Douglas Moura, and Samuel Vieira Conceição. "The vehicle routing problem with hard time windows and stochastic travel and service time." *Expert Systems with Applications* 64 (2016): 104-116.
18. Mutingi, M., & Mbohwa, C. (2014). Multi-objective homecare worker scheduling: A fuzzy simulated evolution algorithm approach. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 4(4), 209-216.
19. An, Y. J., Kim, Y. D., Jeong, B., & Kim, S. D. (2012). Scheduling healthcare services in a home healthcare system. *Journal of the Operational Research Society*, 63(11), 1589-1599.
20. Lanzarone, Ettore, and Andrea Matta. "Robust nurse-to-patient assignment in home care services to minimize overtime under continuity of care." *Operations Research for Health Care* 3.2 (2014): 48-58.
21. Macinko, J., Starfield, B., & Shi, L. (2003). The contribution of primary care systems to health outcomes within Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) countries, 1970–1998. *Health services research*, 38(3), 831-865.
22. Harris-Kojetin, L. D., Sengupta, M., Park-Lee, E., & Valverde, R. (2013). Long-term care services in the United States: 2013 overview.
23. World Health Organization. (2012). Home Care Across Europe, current structure and future challenges. Copenhagen: The Organization, 1-156.

24. Genet, N., Boerma, W. G., Kringos, D. S., Bouman, A., Francke, A. L., Fagerström, C., ... & Devillé, W. (2011). Home care in Europe: a systematic literature review. *BMC health services research*, 11(1), 207.
25. Rest, K. D., Trautsamwieser, A., & Hirsch, P. (2012). Trends and risks in home health care. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 2(1), 34-53.
26. Eveborn, P., Flisberg, P., & Rönnqvist, M. (2006). Laps Care—an operational system for staff planning of home care. *European journal of operational research*, 171(3), 962-976.
27. Fernandez, A., Gregory, G., Hindle, A., & Lee, A. C. (1974). A model for community nursing in a rural county. *Journal of the Operational Research Society*, 25(2), 231-239.
28. Wirnitzer, J., Heckmann, I., Meyer, A., & Nickel, S. (2016). Patient-based nurse rostering in home care. *Operations Research for Health Care*, 8(1), 91-102.
29. Gutiérrez, E. V., & Vidal, C. J. (2013). Home health care logistics management: Framework and research perspectives. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 4(3), 173-182.