

ارائه مدل دوهدفه برای مسئله تخصیص کارکنان با در نظر گرفتن آموزش چندگانه

حامد حبیب‌نژاد لداری^۱، مسعود ربانی^{۲*}، بابک جوادی^۳، نسترن قربانی کوتنایی^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

۲. استاد رشته مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

۳. استادیار گروه مهندسی صنایع، پردیس فارابی دانشگاه تهران

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه الزهرا

(تاریخ دریافت ۹۴/۰۵/۱۲ - تاریخ دریافت اصلاح شده ۹۴/۰۷/۳۰ - تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۰۲/۰۹)

چکیده

در این پژوهش یک مدل ریاضی غیرخطی دوهدفه به منظور بررسی مسئله تخصیص کارکنان برای خدمات درمان در منزل در سیستم‌های سلامت با در نظر گرفتن آموزش چندگانه ارائه شده است. تابع هدف اول در پی کمینه کردن هزینه‌های متعادل‌سازی حجم کاری، آموزش چندگانه و هزینه‌های مرتبط با جابه‌جایی کارکنان است، در حالی که تابع هدف دوم به دنبال بیشینه کردن سطح رضایت کارکنان است. چندین محدودیت شامل ظرفیت بودجه، غیبت کارکنان، سطح افزونگی و چندکاره بودن و حداکثر فاصله مجاز جابه‌جایی در مدل لحاظ شده است. داده‌های مورد نیاز از یک شرکت درمان در منزل در تهران جمع‌آوری شده است. براساس نتایج، می‌توان تعیین کرد کدام کارمند برای کدام خدمت آموزش ببیند و چگونه به خدمات مختلف تخصیص داده شود. همچنین، نتایج نشان داد حجم کاری میان کارکنان به‌طور مناسبی به تعادل رسیده و ترجیحات کارکنان ارضا شده است.

واژه‌های کلیدی: آموزش چندگانه، بهینه‌سازی، تخصیص کارکنان، سیستم‌های سلامت.

مقدمه

تغییرات سن جمعیت به افزایش تعداد مشتریان خدمات درمان در منزل منجر شده است [۷، ۸]. شرکت‌ها و تأمین‌کنندگان درمان در منزل برای مدیریت این چالش مجبورند همزمان با کاهش منابع که منجر به کاهش هزینه خواهد شد، قابلیت رقابت‌پذیری را افزایش دهند. در نتیجه، آن‌ها می‌کوشند به مدیریت کارآمد نیروی انسانی دست یابند. این مسئله در ادبیات، تخصیص کارکنان درمان در منزل^۲ شناخته می‌شود که بررسی می‌کند کدام‌یک از کارکنان برای کدام بیمار در نظر گرفته شوند.

یکی از شرایط خاص درمان در منزل، تعداد زیاد بیماران با تغییرات سریع در وضعیت پزشکی و اجتماعی آن‌هاست. در نتیجه، یکی از گام‌های اولیه برای تخصیص کارکنان درمان در منزل آموزش چندگانه^۳ به آن‌هاست. چنین نیروهایی قابلیت‌پذیرش چندین کار را دارند. ایجاد

خدمات درمان در منزل^۱ ارائه خدماتی مانند ویزیت، مراقبت، پرستاری و خدمات پزشکی و غیرپزشکی به بیماران، سالمندان و افراد ناتوان در منزل تعریف می‌شود که شرایطی را برای جایگزینی سیستم قدیمی بستری شدن در بیمارستان‌ها و ماندن شهروندان در خانه خود فراهم کرده است [۱-۴]. خدمات درمان در منزل شامل خدمات غیرپزشکی مانند تمیزکردن، آماده‌سازی غذا، خانه‌داری و خرید و خدمات پزشکی شامل پرستاری، فیزیوتراپی، کاردرمانی، مراقبت از کودکان، سالمندان، افراد ناتوان و مراقبت از افراد با بیماری‌های خاص (مانند ایدز، سرطان، نارسایی‌های عصبی و...) است. مهم‌ترین مزیت درمان در منزل کاهش چشمگیر میزان بستری شدن در بیمارستان‌ها، بهبود کیفیت زندگی و صرفه‌جویی شایان توجه در هزینه‌هاست [۵، ۶]. افزایش هزینه‌های سیستم سلامت و

نیز به دنبال بیشینه کردن سطح رضایت کارکنان بوده است. مدل غیرخطی ارائه شده با استفاده از روش محدودیت اپسیلون تقویت شده^۵ و تکنیک‌های خطی سازی به حالت مدل برنامه ریزی صفر و یک درجه اول تغییر یافته است. رفتار اجزا و ویژگی‌های مختلف مدل در یک شرکت درمان در منزل به عنوان مطالعه موردی ارزیابی شد. چندین محدودیت شامل ظرفیت بودجه، غیبت کارکنان، محدودیت زمانی کارکرد هر کارگر در روز، حداکثر تعداد نوبت‌های متوالی مجاز، سطح چندکاره بودن و افزونگی و حداکثر فاصله مجاز جابه‌جایی در مدل ارائه شده در نظر گرفته شده‌اند. مدل ارائه شده با استفاده از الگوریتم شاخه و کران از طریق نرم‌افزار بهینه‌سازی GAMS ۲۴,۲ براساس داده‌های جمع‌آوری شده از شرکت مورد مطالعه حل شده است.

در ادامه، پیشینه موضوع بررسی می‌شود. سپس مسئله تعریف می‌شود. پس از ارائه مدل ریاضی پیشنهادی، نتایج عددی حاصل از اجرای مدل ارائه می‌شود. در نهایت، نتایج و پیشنهادها بیان می‌شود.

مرور ادبیات

مسئله تخصیص کارکنان درمان در منزل

مسئله تخصیص کارکنان در سیستم‌های سلامت موضوعی جذاب برای محققان در زمینه‌های مختلف است. در ادبیات، بهینه‌سازی معیارهای مالی مختلف مانند هزینه کارکنان، هزینه اضافه کاری، هزینه برون سپاری و هزینه جابه‌جایی، تابع هدف در نظر گرفته شده‌اند. آجیراتی‌کارل و همکاران [۱۵] و رابه و همکاران [۱۶] یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط با هدف کمینه‌سازی مسافت طی شده ارائه دادند. آلاوو و همکاران [۲] یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح با هدف تخمین مسیرهای بهینه ارائه دادند و با استفاده از یک روش فرا ابتکاری بر پایه تجزیه آن را حل کردند. لانزارونه و ماتا [۵] با ارائه یک سیاست ساختاری سلسله‌مراتبی، مسئله تخصیص کارکنان درمان در منزل را مطالعه کردند. منکوسکا و همکاران [۱۷] یک مدل ریاضی به منظور بهینه‌سازی معیارهای عملکردی مرتبط با سطح اقتصادی و خدمات ارائه دادند. همچنین، دوکو و همکاران [۱۸] یک مدل برنامه ریزی دوهدف به منظور کمینه‌سازی

نیروی کار با آموزش چندگانه شامل سه مرحله مهم است [۹]: ۱. استخدام نیروی انسانی با توانایی‌های اساسی مناسب، ۲. ارائه آموزش مناسب به آن‌ها، ۳. تخصیص کارها به آن‌ها به صورتی که تجربه لازم را کسب و حفظ کنند.

آموزش چندگانه مزیت‌های متعددی مانند تأثیر مثبت بر شاخص‌های عملکرد عملیات (برای مثال زمان خروجی)، کنترل مؤثر نوسانات در تأمین منابع انسانی، افزایش احتمال تقسیم حجم کاری، ایجاد فرصت برای گردش کاری و کمینه کردن زمان بیکاری دارد [۱۰، ۱۱]. بیشتر مزیت‌های ذکر شده برای آموزش چندگانه بدون نیاز به ایجاد سیستم آموزش چندگانه کامل (همه افراد برای همه کارها آموزش ببینند) به دست می‌آید. سیستم آموزش چندگانه کامل فقط در صورتی مفید است که هزینه‌های مربوط به آموزش کم باشد [۱۲]. آموزش چندگانه کامل هزینه بسیار زیادی دارد و به کاهش چشمگیر بهره‌وری به دلیل تغییر زیاد افراد بین نوبت‌ها منجر می‌شود. همچنین، دلایل اجتماعی برای محدود کردن میزان آموزش و انعطاف‌پذیری نیروی انسانی در شرکت‌ها وجود دارد. نیروی انسانی با آموزش کامل چندگانه موجب نزدیک شدن و شبیه شدن کارها به یکدیگر می‌شود. این اتفاق موجب آسیب به هویت اجتماعی اشخاص و کاهش انگیزه می‌شود. همچنین، آموزش چندگانه کامل موجب طفره‌روی اجتماعی^۴ می‌شود؛ یعنی شرایطی که در آن هیچ‌کدام از افراد احساس مسئولیتی برای انجام دادن کار ندارند [۱۳، ۱۴]. با توجه به مباحث مطرح شده، در اغلب موارد آموزش چندگانه کامل جواب مناسبی ارائه نمی‌دهد. در نتیجه، این سؤال به وجود می‌آید که چه کسی برای چه کارهایی و به چه میزانی باید آموزش چندگانه ببیند.

در این پژوهش، مسئله تخصیص کارکنان با در نظر گرفتن آموزش چندگانه در سیستم‌های سلامت بررسی شده است. هدف تعیین این بود که کدام شخص برای کدام خدمت آموزش ببیند و آن‌ها چگونه به خدمات مختلف باید تخصیص داده شوند. در این تحقیق، یک مدل برنامه ریزی غیرخطی دوهدفه ارائه شد که در آن تابع هدف اول در پی کمینه کردن هزینه‌های متعادل سازی حجم کاری، آموزش چندگانه و همچنین حفظ و نگهداری این آموزش‌ها و جابه‌جایی کارکنان بوده است. تابع هدف دوم

تعریف مسئله

مرکز خدمات تخصصی درمان در منزل «دم» وابسته به جهاد دانشگاهی علوم پزشکی تهران در سال ۱۳۷۸ به منظور ارتقای سطح ارائه خدمات سلامت و پوشش مطلوب خدمات درمانی در کلان‌شهر تهران زیر نظر معاونت پژوهشی جهاد دانشگاهی تأسیس شد. این مرکز تمام خدمات درمانی و مراقبتی در منزل را در یک پکیج به صورت گروه کامل درمانی در ۲۲ منطقه تهران بزرگ به طور شبانه‌روزی ارائه می‌دهد. فرایند کار با تقاضای مشتری و پذیرش اولیه آغاز می‌شود. هر ویزیت به طور معمول بین ۱ تا ۵ ساعت به طول می‌انجامد. کارشناسان مربوطه با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از فاکتورها مانند وضعیت پزشکی بیمار، مهارت‌های کارمند و سطح آموزش آن‌ها تصمیم می‌گیرند که چه نیرویی برای کدام بیمار در نظر گرفته شود.

هدف سازمان کمینه‌سازی هزینه‌های مرتبط با بالانس حجم کاری، آموزش و حفظ مهارت‌ها و همچنین بیشینه‌سازی سطح رضایت کارکنان است، به صورتی که نیاز مشتری برآورده شود. برای ایجاد یک طرح خدمات در سازمان مورد بررسی، رعایت برخی محدودیت‌ها ضروری است؛ برای مثال، هر کارمند برای حداکثر تعداد مشخصی می‌تواند آموزش ببیند که در ادبیات به آن سطح چندکاره بودن^۷ می‌گویند. چندکاره بودن یک کارمند به معنی تعداد خدماتی است که وی توانایی انجام دادن آن را دارد. همچنین به تعداد کارمندی که توانایی انجام یک خدمت مشخص را دارند و برای آن آموزش دیده‌اند سطح افزونگی^۸ می‌گویند. حداکثر میزان ساعت کاری در روز محدودیت دیگری است که سازمان باید در نظر بگیرد. همچنین، به دلیل وجود ساعت کاری عادی کافی، اضافه کاری و نوبت‌های غیرمعمول لحاظ نشده‌اند. محدودیت دیگر، حداکثر فاصله مجاز جابه‌جایی کارکنان است که باید در مدل لحاظ شود. در نهایت، تعداد نوبت‌های متوالی صبح، عصر و شب نباید از حد مجاز تعیین شده بیشتر شود. هدف این مطالعه، ارائه یک طرح خدمات به منظور کمینه‌کردن هزینه‌های متعادل‌سازی حجم کاری، آموزش چندگانه و حفظ این آموزش و در کنار آن بیشینه‌کردن ترجیحات کارکنان است، به طوری که تمام محدودیت‌های ذکر شده ارضا شوند.

مسافت طی شده توسط خدمت‌دهندگان و بیشینه‌سازی سطح خدمت ارائه دادند.

آموزش چندگانه

به تازگی آموزش چندگانه به مسئله مهمی برای بازارهای جهانی به منظور مدیریت تغییرات حجم تقاضا و نوسانات در تأمین منابع انسانی تبدیل شده است. هم در ادبیات و هم به صورت عملی، اجرای سیاست‌های آموزش چندگانه نقش مهمی در سازمان دارند. کمپبل و دیابی [۱۹] با استفاده از الگوریتم ابتکاری، مسئله تخصیص کارگران با آموزش چندگانه در یک دپارتمان در شروع نوبت کاری را بررسی کردند. همچنین، کمپبل [۲۰] یک مدل ریاضی دومرحله‌ای تصادفی برای تخصیص کارگران با آموزش چندگانه در یک محیط خدماتی با تقاضای تصادفی ارائه داد. بخرست و همکاران [۲۱] یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی عدد صحیح با هدف کمینه‌کردن میانگین زمان جریان و انحراف استاندارد برای ارزیابی سیاست‌های آموزش چندگانه ارائه دادند. اسلامپ و همکاران [۱۰] یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح برای کمینه‌کردن حجم کاری و هزینه‌های آموزش چندگانه ارائه دادند. یو و همکاران [۲۲] سیاست‌های آموزش چندگانه را با در نظر گرفتن پدیده آموزش و فراموشی در محیط کارگاهی بررسی کردند.

والس و همکاران [۲۳] یک الگوریتم ژنتیک ترکیبی سریع و کارآمد برای مسئله پروژه زمان‌بندی و تخصیص کارگران با آموزش چندگانه توسعه دادند. ایستون [۲۴] یک مدل تصادفی دومرحله‌ای برای آموزش، زمان‌بندی و تخصیص کارگران به بخش‌های مختلف با شبیه‌سازی تقاضا ارائه داد. لی و همکاران [۲۵] یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح دوهدفه به منظور کمینه‌کردن میانگین حقوق و بیشینه‌کردن سطح رضایت ارائه دادند. لئو و همکاران [۲۶] یک مدل چندهدفه به منظور متعادل‌سازی زمان پردازش کل و کمینه‌کردن هزینه کل آموزش در سیستم‌های تولیدی سریو^۹ ارائه دادند. ژو و همکاران [۲۷] یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی صفر و یک را به منظور تخصیص کارکنان با آموزش چندگانه با استفاده از الگوریتم NSGA-II بررسی کردند.

تعداد ماه‌های موجود در دوره زمانی	M	در این پژوهش، مسئله تخصیص کارکنان با
تعداد روزهای کاری در یک ماه	D	در نظر گرفتن آموزش چندگانه در سیستم‌های سلامت
مجموعه کارکنان مرد	JM	بررسی شده است. هدف این است که تعیین شود کدام
مجموعه کارکنان زن	JF	شخص برای کدام خدمت آموزش ببیند و آن‌ها چگونه به
مجموعه خدماتی که به کارمند مرد احتیاج دارد	MS	خدمات مختلف باید تخصیص داده شوند. در این مطالعه،
مجموعه خدماتی که به کارمند زن احتیاج دارد	FS	یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی دوهدفه ارائه شد که در آن
مجموعه کارکنان غایب در ماه m روز d و نوبت t	$A_{m dt}$	تابع هدف اول در پی کمینه کردن هزینه‌های متعادل‌سازی
بیشترین افزونگی مجاز برای خدمت i	R_i^+	حجم کاری، آموزش چندگانه و همچنین حفظ و نگهداری
بیشترین چندکاره بودن مجاز برای کارمند j	M_j^+	این آموزش‌ها و جابه‌جایی کارکنان است. تابع هدف دوم
کارآمدی کارمند j وقتی خدمت i را انجام می‌دهد	E_{ij}	به دنبال بیشینه کردن سطح رضایت کارکنان است. مدل
میزان بودجه در دسترس برای آموزش کارکنان	B	غیرخطی ارائه شده با استفاده از روش محدودیت اپسیلون

مدل پیشنهادی

میزان زمان نرمال ویزیت برای خدمت i	$Time_i$	در این بخش، مدل ریاضی دوهدفه پیشنهادی ارائه شده
هزینه حجم کاری کارمند گلوگاه در ماه m	C_m	است که در آن تابع هدف اول به دنبال متعادل کردن حجم
هزینه آموزش کارمند j برای خدمت i	TC_{ij}	کاری و کمینه کردن هزینه آموزش است، در حالی که تابع
هزینه حفظ آموزش کارمند j برای خدمت i	MC_{ij}	هدف دوم به دنبال بیشینه کردن سطح رضایت کارکنان
هزینه جابه‌جایی کارمند j به منطقه r	CD_{jr}	است. براساس نتایج مدل، مشخص می‌شود کدام یک از
فاصله کارمند j تا منطقه r	d_{jr}	کارکنان باید آموزش ببینند و چگونه برای خدمات در نظر
حداکثر فاصله مجاز برای جابه‌جایی کارکنان به مناطق مختلف	DF	گرفته شوند.

میزان تقاضا خدمت i در منطقه r در ماه m روز d و نوبت t	$D_{ir m dt}$	
۱، در صورتی که کارمند j ترجیح می‌دهد خدمت i را انجام دهد؛ در غیر این صورت صفر	CP_{ij}	i شاخص نوع خدمت ($i=1, \dots, I$)
حداکثر میزان مجاز ساعت کار کارمندان در هر روز	K	j شاخص کارکنان ($j=1, \dots, J$)
حداکثر تعداد مجاز نوبت‌های متوالی صبح	U	r شاخص منطقه ($r=1, \dots, R$)
حداکثر تعداد مجاز نوبت‌های متوالی عصر	V	m شاخص ماه ($m=1, \dots, M$)
حداکثر تعداد مجاز نوبت‌های متوالی شب	W	d شاخص روز ($d=1, \dots, D$)
		t شاخص نوبت ($t=1, 2, 3$)

پارامترها

فاکتورهای وزنی	π_1, π_2, π_3	I تعداد خدمات
عدد بزرگ	R	J تعداد کارکنان
		R تعداد مناطق

متغیرهای تصمیم

$$\max z_2 = \sum_{j=1}^J S_j \quad (2)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T Time_i . E_{ij} . X_{ijmtd} \leq WB_{\psi_j, m} \quad (3)$$

$$Z_{ijmtd} \leq RY_{ij} \quad \forall i, j, r, m, d, t \quad (4)$$

$$N_{jmdt} \leq \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R Z_{ijmtd} \quad \forall j, m, d, t \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R Z_{ijmtd} \leq R . N_{jmdt} \quad \forall j, m, d, t \quad (6)$$

$$X_{ijmtd} \leq R . Z_{ijmtd} \quad \forall i, j, r, m, d, t \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ijmtd} = D_{imdt} \quad \forall r, m, d, t, i \notin MS, FS \quad (8)$$

$$\sum_{j \in JM} X_{ijmtd} = D_{imdt} \quad \forall i \in MS, r, m, d, t \quad (9)$$

$$\sum_{j \in JF} X_{ijmtd} = D_{imdt} \quad \forall i \in FS, r, m, d, t \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R Time_i . E_{ij} . X_{ijmtd} \leq K \quad \forall j, m, d, t \quad (11)$$

$$\sum_{t=1}^3 N_{jmdt} \leq 1 \quad \forall j, m, d \quad (12)$$

$$N_{jmd3} + N_{jm(d+1)1} \leq 1 \quad \forall j, m, d \leq D-1 \quad (13)$$

$$N_{jmdt} + N_{jm(d+1)t} + N_{jm(d+2)t} + N_{jm(d+3)t} \leq U \quad \forall j, m, t=1, d \leq D-3 \quad (14)$$

$$N_{jmdt} + N_{jm(d+1)t} + N_{jm(d+2)t} + N_{jm(d+3)t} \leq V \quad \forall j, m, t=2, d \leq D-3 \quad (15)$$

$$N_{jmdt} + N_{jmd+1)t} + N_{jm(d+2)t} \leq W \quad \forall j, m, t=3, d \leq D-2 \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^J Y_{ij} \leq R_i^+ \quad \forall i \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^I Y_{ij} \leq M_j^+ \quad \forall j \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J TC_{ij} Y_{ij} \leq B \quad (19)$$

S_j سطح رضایت کارمند j

WB_m حجم کاری کارمند گلوگاه در ماه m

Y_{ij} ۱، اگر کارمند j برای خدمت i آموزش دیده باشد، در غیر این صورت صفر

N_{jmdt} ۱، اگر کارمند j حداقل به یک خدمت در ماه m روز d و نوبت t تخصیص داده شود؛ در غیر این صورت صفر

Z_{ijmtd} ۱، اگر کارمند j به خدمت i در منطقه r در ماه m روز d و نوبت t تخصیص داده شود؛ در غیر این صورت صفر

X_{ijmtd} تعداد دفعاتی که کارمند j به خدمت i در منطقه r در ماه m در روز d و نوبت t تخصیص داده شده است در این مطالعه فرض شده است آموزش به تعادل حجم کاری در میان کارکنان در شرایط مختلف منجر می شود.

کمینه کردن میزان انحراف حجم کاری کارکنان از میانگین حجم کاری در نوبت های مختلف موجب برابری حجم کاری کارکنان می شود. در مدل پیشنهادی، $t=1$ و $t=2$ و $t=3$ به ترتیب نشان دهنده نوبت های صبح، عصر و شب است. بعضی از خدمات در سازمان به توجه ویژه نیاز دارد. منظور از توجه ویژه، نیاز به کارکنان مرد یا زن است. مجموعه های JF ، JM و MS به همین منظور تعریف شده اند. هزینه آموزش کارمند j برای خدمت i با نماد TC_{ij} نشان داده شده است و برای کارمندی که از قبل آموزش دیده اند این مقدار صفر است. E_{ij} از طریق گروه عملیاتی مشخص می شود. هرچه این مقدار از ۱ کوچک تر باشد، کارمند j برای انجام دادن خدمت i کارا تر است. همچنین، هرچه این مقدار از یک بیشتر باشد، کارایی کارمند j برای انجام دادن خدمت i کاهش می یابد.

مدل ریاضی

(۱)

$$\pi_1 \sum_{m=1}^M C_m WB_m +$$

$$\min z_1 = \pi_2 \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J Y_{ij} [TC_{ij} + MC_{ij}] +$$

$$\pi_3 \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{m=1}^M \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^T CD_{jr} d_{jr} . Z_{ijmtd}$$

دیده باشد. محدودیت‌های ۵ و ۶ تضمین می‌کنند متغیر N_{jmdt} یک است، در صورتی که حداقل یک کار به کارمند j در آن دوره تخصیص داد شده باشد. محدودیت ۷ کارمندان را مجبور می‌کند خدماتی را انجام دهند که به آن تخصیص داده شده‌اند. محدودیت‌های ۸ تا ۱۰ تضمین می‌کنند تقاضا برای خدمات مختلف به کارمندان تخصیص داده می‌شود. محدودیت ۱۱ از کارکردن بیش از حد مجاز در روز جلوگیری می‌کند. براساس محدودیت ۱۲، کارمندان حداکثر در یک نوبت در روز می‌توانند کار کنند، در حالی که محدودیت ۱۳ تضمین می‌کند کارمندان در نوبت‌های شب و صبح به‌طور متوالی کار نکنند. محدودیت‌های ۱۴ تا ۱۶ تضمین می‌کنند تعداد نوبت‌های متوالی صبح، عصر و شب از حد مجاز خود رد نشود. محدودیت‌های ۱۷ و ۱۸ حد بالا برای افزودگی و چندکاره‌بودن را مشخص می‌کند. محدودیت ۱۹ مربوط به بودجه در دسترس برای آموزش است. محدودیت ۲۰ سطح رضایت کارمندان را حساب می‌کند. محدودیت‌های ۲۱ و ۲۲ از تخصیص کار به کارمندانی که دورتر از فاصله مجاز یا غایب هستند جلوگیری می‌کند. محدوده متغیرها نیز از طریق محدودیت‌های ۲۳ و ۲۴ مشخص شده‌اند.

در این مرحله، مدل پیشنهادی با استفاده از روش محدودیت افسیلون تقویت شده [۲۸] به یک تابع هدف تبدیل می‌شود. ابتدا دو تابع هدف از طریق زیر نرمال می‌شوند:

$$FN_1 = \frac{F_1 - y_1^I}{y_1^N - y_1^I} \quad (25)$$

$$FN_2 = \frac{y_2^I - F_2}{y_2^I - y_2^N} \quad (26)$$

که در آن، FN_1 و FN_2 حالت نرمال شده توابع هدف هستند و F_1 و F_2 تابع هدف اول و دوم اولیه هستند. y_1^I و y_1^N نیز نشان‌دهنده مقادیر ایده‌آل و غیرایده‌آل تابع هدف i ام هستند که از طریق جدول موازنه به دست می‌آیند. در نهایت، تابع هدف اول، تابع هدف اصلی انتخاب می‌شود. همچنین، به‌منظور ایجاد اطمینان در تولید جواب‌های کارا در هر رانش، تابع هدف مدل ریاضی تک‌هدفه به‌صورت معادله ۲۷ تغییر می‌کند که در آن δ یک مقدار کوچک بین 10^{-6} و 10^{-3} است و r_2 بیانگر دامنه تغییرات تابع هدف دوم است.

$$S_j = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R \sum_{m=1}^M \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^3 CP_{ij} \cdot Z_{ijmtd}}{\sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R \sum_{m=1}^M \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^3 Z_{ijmtd}} \quad \forall j \quad (20)$$

$$Z_{ijmtd} = 0 \text{ if } [d_{jr} \geq DF] \quad \forall i, j, r, m, d, t \quad (21)$$

$$Z_{ijmtd} = 0 \text{ if } [j \in A_{mtd}] \quad \forall i, j, r, m, d, t \quad (22)$$

$$S_j, WB_m \geq 0 \quad \forall j, m \quad (23)$$

$$X_{ijmtd} \geq 0, \text{ Integer and } Y_{ij}, Z_{ijmtd}, N_{jmdt} = 0 \text{ or } 1 \quad \forall i, j, r, m, d, t \quad (24)$$

تابع هدف اول به دنبال کمینه کردن سه هزینه به صورت زیر است: قسمت اول این تابع هدف مرتبط با کمینه‌سازی هزینه عملیاتی سیستم است و به دنبال متعادل کردن حجم کاری کارکنان است. فرض می‌شود هزینه عملیاتی به صورت خطی با حجم کاری کارمند گلوگاه ارتباط دارد [۱۰]. این فرضیه براساس این ایده است که کارمند گلوگاه، کارایی سازمان را تعیین می‌کند و اگر حجم کاری گلوگاهی کاهش پیدا کند، سازمان کارهای مشابه را در مدت زمان کوتاه‌تری انجام می‌دهد و در نتیجه به کاهش هزینه عملیاتی منجر می‌شود. قسمت دوم این تابع هدف مرتبط با هزینه‌های آموزش و حفظ مهارت‌هاست. در قسمت سوم این تابع هدف به هزینه جابه‌جایی کارمندان توجه شده است و تلاش آن کمینه کردن این هزینه با انتخاب کارمندان نزدیک به مناطق مربوطه است. فاکتورهای π_1 ، π_2 و π_3 فاکتورهای وزنی است و تنظیمات آن‌ها به ایجاد حالت‌های مختلفی در مدل منجر می‌شود. اگر π_1 مقدار زیادی داشته باشد، مشخص می‌شود سازمان بر متعادل کردن حجم کاری تأکید بیشتری دارد. همچنین، محدودیت‌های بودجه برای آموزش به افزایش مقدار π_2 منجر می‌شود. در صورت بالا بودن هزینه‌های جابه‌جایی، مقدار π_3 باید افزایش یابد. تابع هدف دوم به دنبال افزایش سطح رضایت کارکنان خود است.

محدودیت ۳ همه کارکنان را مجبور می‌کند تا میزان حجم کاری آن‌ها کمتر یا برابر با حجم کاری کارمند گلوگاه باشد. محدودیت ۴ تضمین می‌کند یک کارمند زمانی به یک خدمت تخصیص داده می‌شود که برای آن آموزش

$$G_{ijmtd} \leq R \cdot Z_{ijmtd} \quad \forall i, j, r, m, d, t \quad (33) \quad \min z_1 = FN_1 - \delta \sum s_2 / r_2 \quad (27)$$

تابع هدف دوم نیز از طریق محدودیت ۲۸ به مدل اضافه می‌شود.

$$G_{ijmtd} \geq S_j - R \cdot (1 - Z_{ijmtd}) \quad \forall i, j, r, m, d, t \quad (34)$$

$$G_{ijmtd} \geq 0 \quad \forall i, j, r, m, d, t \quad (35)$$

درنهایت، مدل درجه اول از تابع هدف معادله ۲۸ و محدودیت‌های ۳-۱۹، ۲۱-۲۴، ۲۷ و ۳۱-۳۵ تشکیل می‌شود.

$$-FN_2 + s_2 = \varepsilon \quad (28)$$

در این نامعادله، اِپسیلون مجموعه جواب‌های بین y_2^N و y_2^I قرار است.

مدل ارائه شده به دلیل عبارت کسری در محدودیت ۲۰ غیرخطی است که با استفاده از معادله‌های ۲۹ تا ۳۵ به یک مدل برنامه‌ریزی صفر و یک درجه اول تبدیل می‌شود [۲۹].

$$S_j \cdot \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R \sum_{m=1}^M \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^3 Z_{ijmtd} = \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R \sum_{m=1}^M \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^3 CP_{ij} \cdot Z_{ijmtd} \quad \forall i, j, r, m, d, t \quad (29)$$

$$G_{ijmtd} = S_j \cdot Z_{ijmtd} \quad \forall i, j, r, m, d, t \quad (30)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R \sum_{m=1}^M \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^3 G_{ijmtd} = \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R \sum_{m=1}^M \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^3 CP_{ij} \cdot Z_{ijmtd} \quad \forall j \quad (31)$$

$$G_{ijmtd} \leq S_j \quad \forall i, j, r, m, d, t \quad (32)$$

محاسبات عددی

رفتار اجزا و ویژگی‌های مختلف مدل در شرکت درمان در منزل «دم» به‌عنوان مطالعه موردی ارزیابی شد. تمام اطلاعات مورد نیاز از این شرکت جمع‌آوری شده است. برای ساده‌سازی مدل، فقط یکی از مناطق ۲۲ گانه تهران که بیشترین کارمند و تقاضا را دارد بررسی شد و اطلاعات ارائه شده مرتبط با این منطقه است. برای ساده‌سازی و حل مدل با استفاده از نرم‌افزار GAMS، دوره زمانی برای حل این مدل ۱ هفته (۷ روز) است ($D=7$ و $m=1$) و حدود ۱۱۰۰ بیمار با ۵۵ کارمند در این دوره ارزیابی شده‌اند. در جدول ۱، خدمات در نظر گرفته شده و همچنین تقاضای هر کدام از این سرویس‌ها در دوره تعیین شده با جزئیات آورده می‌شود. اطلاعات مربوط به تقاضا از داده‌های تاریخی واقعی سازمان گرفته شده است.

جدول ۱. لیست خدمات و تقاضای مربوط به آن‌ها

ردیف	خدمات	کارکنان	تقاضا
۱	پرستاری	مرد/زن	۳۶۶
۲	پارا کلینیک	مرد/زن	۱۵۸
۳	لیزر درمانی	زن	۱۲
۴	زنان و زایمان	زن	۶۵
۵	فیزیوتراپی	مرد/زن	۲۳۱
۶	مراقبت از افراد با بیماری‌های خاص (مرد)	مرد	۴۱
۷	مراقبت از افراد با بیماری‌های خاص (زن)	زن	۳۸
۸	مراقبت از سالمندان (مرد)	مرد	۶۲
۹	مراقبت از سالمندان (زن)	زن	۷۲
۱۰	مراقبت از کودکان	مرد/زن	۵۵

جدول ۲. پارامترهای مدل پیشنهادی

ردیف	خدمات	$TC_{ij} (10^4)$	$MC_{ij} (10^4)$	$Time_i (h)$
۱	پرستاری	[۳۵۰ ۶۰۰]	[۴۰ ۶۰]	[۱ ۴]
۲	پاراکلینیک	[۱۵۰ ۳۵۰]	[۲۰ ۴۰]	[۱ ۴]
۳	لیزر درمانی	[۸۲۰ ۹۸۰]	[۷۰ ۸۵]	[۲ ۵]
۴	زنان و زایمان	[۴۸۰ ۶۳۰]	[۴۵ ۵۵]	[۱ ۴]
۵	فیزیوتراپی	[۷۵۰ ۹۵۰]	[۶۰ ۷۵]	[۲ ۵]
۶	مراقبت از افراد با بیماری‌های خاص (مرد)	[۳۰۰ ۴۵۰]	[۴۵ ۶۰]	[۲ ۵]
۷	مراقبت از افراد با بیماری‌های خاص (زن)	[۳۰۰ ۴۵۰]	[۴۵ ۶۰]	[۲ ۵]
۸	مراقبت از سالمندان (مرد)	[۱۵۰ ۲۵۰]	[۱۰ ۲۰]	[۲ ۵]
۹	مراقبت از سالمندان (زن)	[۱۵۰ ۲۵۰]	[۱۰ ۲۰]	[۲ ۵]
۱۰	مراقبت از کودکان	[۱۵۰ ۲۵۰]	[۱۰ ۲۰]	[۲ ۵]

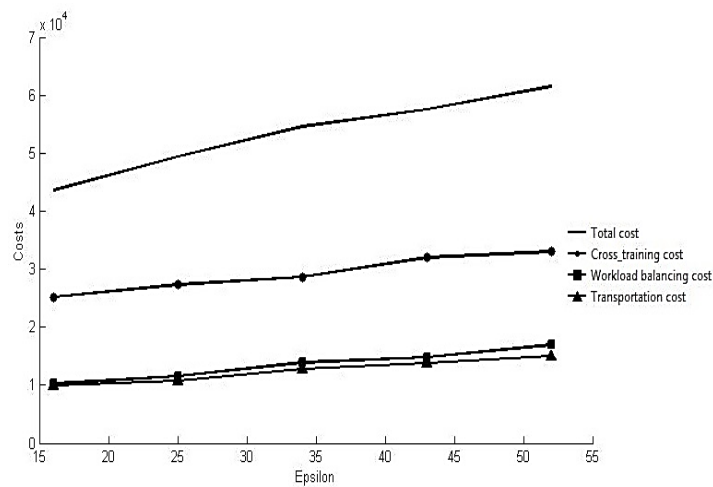
بر اساس مرجع [۱۰] و نظر خبرگان متشکل از افراد دانشگاهی و کارشناسان شرکت مورد بررسی انتخاب شده است. شکل‌های ۱ و ۲ مقادیر تابع هدف به‌ازای مقادیر مختلف فاکتورهای وزنی را نشان می‌دهد. در این شکل‌ها، میزان هزینه‌های متعادل‌سازی حجم کاری، آموزش و جابه‌جایی کارکنان نشان داده شده‌اند. همچنین، در شکل ۳ نمودار جواب‌های پارتو تابع هدف اول و دوم به‌ازای اسیلون‌های مختلف در حالت $\pi_1 = 1$ ، $\pi_2 = 1$ و $\pi_3 = 1$ نشان داده شده است. بر اساس نظر خبرگان متشکل از افراد دانشگاهی و کارشناسان شرکت مورد بررسی، یکی از این جواب‌ها، جواب ایده‌آل محسوب می‌شود. یکی از اسیلون‌ها بر اساس نظر خبرگان یعنی افراد دانشگاهی و کارشناسان مربوط به شرکت مورد مطالعه انتخاب شده است. نتایج مدل پیشنهادی برای اسیلون انتخاب‌شده با $\pi_1 = 10$ ، $\pi_2 = 1$ و $\pi_3 = 1$ در جدول ۴ ارائه می‌شود. علاوه بر این، جدول ۵ نتایج تحلیل کارمندان و حجم کاری آن‌ها را برای ۱۰ کارمند برای فاکتورهای وزنی متفاوت نشان می‌دهد.

در جدول ۲، اطلاعات مربوط به پارامترهای مدل و همچنین اطلاعات مربوط به زمان نرمال ویزیت بیماران برای خدمات مختلف مشاهده می‌شود. تمام این پارامترها از توزیع یکنواخت پیروی می‌کند و داده‌های مورد نظر به صورت تصادفی از بین این بازه‌ها انتخاب می‌شود. همچنین، سازمان پارامترهای U ، V و W را به ترتیب ۳، ۳ و ۲ مشخص کرده‌اند.

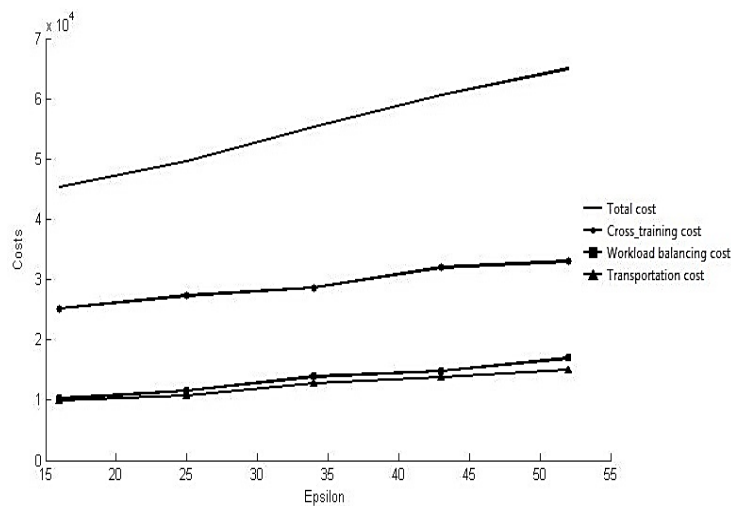
مدل پیشنهادی با الگوریتم شاخه و کران و نرم‌افزار GAMS بر اساس اطلاعات در جدول‌های ۱ و ۲ حل شده است. مدل روی کامپیوتر ۵ هسته‌ای، CPU با سرعت ۱/۸ گیگاهرتز و رم ۶ گیگابایت اجرا شده است. مدل ارائه‌شده به‌ازای اسیلون‌های π_1 ، π_2 و π_3 مختلف اجرا شده است. زمان اجرای مدل با استفاده از الگوریتم استفاده‌شده ۲۳۲۲ ثانیه است. نتایج تابع هدف در جدول ۳ ارائه می‌شود. مقادیر عبارت‌های مختلف تابع هدف شامل هزینه متعادل‌سازی حجم کاری، هزینه آموزش و سطح رضایت کارکنان در جدول ۳ ارائه می‌شود. علامت ۱ در ستون‌ها ۱ نشان‌دهنده $\pi_1 = 1$ ، $\pi_2 = 1$ و $\pi_3 = 1$ و علامت ۲ در ستون‌ها نشان‌دهنده $\pi_1 = 10$ ، $\pi_2 = 1$ و $\pi_3 = 1$ است که

جدول ۳. مقادیر تابع هدف به‌ازای اپسیلون‌های مختلف

زمان اجرا	سطح رضایت	هزینه جابه‌جایی (10^4)		هزینه متعادل‌سازی (10^4)		هزینه آموزش (10^4)		تابع هدف (10^4)		ϵ
		۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	
		۱۶	۹۹۴۴	۹۴۹۵	۱۰۲۲۷	۱۲۲۴۱	۲۵۱۸۷	۲۱۸۳۳	۴۵۳۵۸	
۲۵	۱۰۷۴۳	۱۰۵۱۰	۱۱۴۹۷	۱۳۹۷۳	۲۷۳۵۰	۲۴۹۱۵	۴۹۵۹۰	۴۹۳۹۸	۲۵	
۳۴	۱۲۷۶۶	۱۲۴۳۴	۱۳۹۲۴	۱۵۹۶۱	۲۸۵۹۲	۲۶۲۱۴	۵۵۲۸۲	۵۴۶۰۹	۳۴	
۴۳	۱۳۸۱۲	۱۳۰۴۹	۱۴۸۱۲	۱۶۵۳۶	۳۱۹۶۱	۲۷۹۲۲	۶۰۵۸۵	۵۷۵۰۷	۴۳	
۵۲	۱۴۹۹۸	۱۴۰۳۴	۱۶۹۶۳	۱۸۸۲۰	۳۲۹۶۸	۲۸۶۶۹	۶۴۹۲۹	۶۱۵۲۳	۵۲	



شکل ۱. هزینه‌های کل به‌ازای اپسیلون‌های مختلف و $\pi_1 = 1$ ، $\pi_2 = 1$ و $\pi_3 = 1$



شکل ۲. هزینه‌های کل به‌ازای اپسیلون‌های مختلف و $\pi_1 = 10$ ، $\pi_2 = 1$ و $\pi_3 = 1$



شکل ۳. نمودار جواب های پارتو توابع هدف مسئله

این مهم دست پیدا کرد. علاوه بر این، زمانی که مقدار π_1 مساوی با ۱۰ قرار داده شد، حجم کاری کارکنان نسبت به حالت قبل متعادل تر شد. همچنین، با توجه به نتایج، ترجیحات و رضایت کارکنان تا حدود زیادی برآورده شد و به جز در چند مورد خاص، در بقیه موارد این مقدار بیشتر از ۰/۶۵ است. در نهایت، با افزایش میزان اِپسیلون، سطح رضایت کارکنان نیز افزایش پیدا می کند.

جدول ۴ تعداد کارمندان و هزینه های مرتبط با آموزش آن ها برای هر سرویس را نشان می دهد. براساس نتایج، بالاترین هزینه آموزش، مربوط به خدمت پرستاری است که شامل بیشترین تعداد کارمندان نیز می شود. با توجه به نتایج موجود در جدول ۵، می توان تحلیل های متفاوتی ارائه داد. نتایج نشان می دهد حجم کاری کارکنان به طور نسبی به تعادل می رسد و گلوگاهی برای کارکنان وجود ندارد. همچنین، در صورت اهمیت بالای بالانس حجم کاری و تمرکز شرکت بر این جنبه، می توان با افزایش مقدار π_1 به

جدول ۴. تحلیل هر خدمت با در نظر گرفتن کارکنان و هزینه آموزش آن ها

خدمات	کارکنان	هزینه آموزش (۱۰ ^۴)	تقاضا
پرستاری	۱۸	۱۰۸۰۰	۳۶۶
پارا کلینیک	۸	۲۸۴۱	۱۵۸
لیزر درمانی	۱	۹۸۰	۱۲
زنان و زایمان	۳	۱۸۹۰	۶۵
فیزیوتراپی	۱۲	۱۱۴۰۰	۲۳۱
مراقبت از افراد با بیماری های خاص (مرد)	۲	۹۰۰	۴۱
مراقبت از افراد با بیماری های خاص (زن)	۲	۹۰۰	۳۸
مراقبت از سالمندان (مرد)	۳	۷۵۰	۶۲
مراقبت از سالمندان (زن)	۴	۱۰۰۰	۷۲
مراقبت از کودکان	۲	۵۰۰	۵۵

جدول ۵. تحلیل کارکنان با در نظر گرفتن حجم کاری و سطح رضایت آن‌ها

سطح رضایت	حجم کاری (ساعت)		کارکنان
	$\pi_1=10, \pi_2=1$ $\pi_3=1$	$\pi_1=1, \pi_2=1$ $\pi_3=1$	
۰/۵۵	۱۵۶/۴۱	۱۳۳/۴۸	۱
۱	۱۴۹/۳۲	۱۳۸/۵	۲
۰/۶۵	۱۴۸/۷۹	۱۶۳/۱۷	۳
۱	۱۴۱/۷۶	۱۳۱/۶۱	۴
۱	۱۵۲	۱۳۱/۵۶	۵
۰/۸	۱۵۲/۸۷	۱۴۱/۰۷	۶
۱	۱۵۵/۹۱	۱۴۶/۹۳	۷
۱	۱۵۲/۷۸	۱۵۶/۴۹	۸
۱	۱۴۳/۱۱	۱۴۱	۹
۰/۶۵	۱۶۴/۴۲	۱۵۶/۷۲	۱۰

نتیجه گیری

در این پژوهش، یک مدل ریاضی غیرخطی دوهدفه به منظور بررسی مسئله تخصیص کارکنان با در نظر گرفتن آموزش چندگانه برای خدمات درمان در منزل در سیستم‌های سلامت ارائه شد. تابع هدف اول به دنبال کمینه کردن هزینه‌های مرتبط با متعادل‌سازی حجم کاری، آموزش چندگانه و حفظ این آموزش‌ها بوده است، در حالی که تابع هدف دوم به دنبال بیشینه کردن سطح رضایت کارکنان بوده است. علاوه بر این، چندین محدودیت شامل ظرفیت بودجه، غیبت کارکنان، محدودیت زمانی، حداکثر تعداد نوبت‌های متوالی مجاز، سطح افزونگی و چندکاره بودن مجاز و حداکثر فاصله مجاز جابه‌جایی در نظر گرفته شد. مرکز پزشکی درمان در منزل «دم» به عنوان مطالعه موردی بررسی شد و اطلاعات مورد نیاز از این شرکت جمع‌آوری شد. رفتار ویژگی‌های مختلف مدل بر اساس مورد مطالعاتی یاد شده انجام گرفته است. مدل پیشنهادی با استفاده از روش شاخه و کران و از طریق نرم‌افزار GAMS اجرا شد. با استفاده از روش محدودیت افسیلون تقویت شده، مدل دوهدفه به تک‌هدفه تبدیل شد.

مقدار تابع هدف برای مقادیر متفاوت افسیلون‌ها محاسبه شد و بر اساس نظر مدیریت سازمان یکی از این افسیلون‌ها انتخاب شد. دوره زمانی برای ارائه طرح خدمات یک هفته بود و نتیجه مشخص کرد کدام کارمند برای کدام خدمات آموزش ببیند و چگونه این کارمندان برای خدمات در نوبت‌های مختلف در نظر گرفته شوند. همچنین، نتایج تحلیل‌ها نشان داد حجم کاری بیشتر کارمندان در محدوده تعادل قرار گرفته است و در نتیجه کارمند گلوگاهی که بر عملکرد سیستم تأثیر بگذارد وجود ندارد. علاوه بر این، زمانی که $\pi_1 = 10$ قرار داده شد، حجم کاری کارکنان به طور مناسب‌تری به تعادل رسید. در نهایت، ترجیحات کارکنان ارضا شده و با افزایش مقدار افسیلون، میزان رضایت کارکنان نیز افزایش پیدا کرده است.

یکی از مباحثی که ممکن است برای سازمان‌ها شایان توجه باشد و بر آن‌ها تأثیر بگذارد، در نظر گرفتن عدم قطعیت به دلیل تغییرپذیری بالای کارکنان، منابع و... است. علاوه بر این، ارائه یک الگوریتم کارا که توانایی کنترل تمام این مسائل را در بازه‌های زمانی مختلف داشته باشد موضوع جالب دیگری برای تحقیقات آتی است.

مراجع

1. Rasmussen, M. S., Justesen, T., Dohn, A. and Larsen, J. (2012). "The home care crew scheduling problem: Preference-based visit clustering and temporal dependencies", *European Journal of Operational Research*, Vol. 219, No. 3, PP. 598- 610.
2. Allaoua, H., Borne, S., Létocart, L. and Calvo, R. W. (2013). "A metaheuristic approach for solving a home health care problem", *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, Vol. 41, PP. 471- 478.
3. Borsani, V., Matta, A., Beschi, G. and Sommaruga, F. (2006). "A home care scheduling model for human resources", *Service Systems and Service Management, International Conference on. IEEE*, PP. 449- 454.
4. Benzarti, E., Sahin, E. and Dallery, Y. (2013). "Operations management applied to home care services: Analysis of the districting problem", *Decision Support Systems*, Vol. 55, No. 2, PP. 587- 598.
5. Lanzarone, E. and Matta, A. (2014). "Robust nurse-to-patient assignment in home care services to minimize overtimes under continuity of care", *Operations Research for Health Care*, Vol. 3, No. 2, PP. 48- 58.
6. Lanzarone, E. and Matta, A. (2012). "A cost assignment policy for home care patients", *Flexible Services and Manufacturing Journal*, Vol. 24, No. 4, PP. 465- 495.
7. Denton, M., Brookman, C., Zeytinoglu, I., Plenderleith, J. and Barken, R. (2014). "Task shifting in the provision of home and social care in Ontario, Canada: Implications for quality of care", *Health & social care in the community*, Vol. 23, No. 5, PP. 485-492.
8. Koeleman, P., Bhulai, S. and Van Meersbergen, M. (2012). "Optimal patient and personnel scheduling policies for care-at-home service facilities", *European Journal of Operational Research*, Vol. 219, No. 3, PP. 557- 563.
9. Olivella, J., Corominas, A. and Pastor, R. (2013). "Task assignment considering cross-training goals and due dates", *International Journal of Production Research*, Vol. 51, No. 3, PP. 952- 962.
10. Slomp, J., Bokhorst, J. A. and Molleman, E. (2005). "Cross-training in a cellular manufacturing environment", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 48, No. 3, PP. 609- 624.
11. Slomp, J. and Molleman, E. (2002). "Cross-training policies and team performance", *International Journal of Production Research*, Vol. 40, No. 5, PP. 1193- 1219.
12. Marentette, K. A., Johnson, A. W. and Mills, L. (2009). "A measure of cross-training benefit versus job skill specialization", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 57, No. 3, PP. 937- 940.
13. Wilke, H. and Meertens, R. (1994). "Group performance", *International Series on Communication Skills*.
14. Bokhorst, J. A. and Slomp, J. (2007). "Design and operation of a cross-trained workforce", *Workforce cross training*, In: D. Nembhard (ed.), CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, PP. 3- 63.
15. Akjiratikarl, C., Yenradee, P. and Drake, P. R. (2007). "PSO-based algorithm for home care worker scheduling in the UK", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 53, No. 4, PP. 559- 583.
16. Rabeh, R., Saïd, K. and Eric, M. (2011). "Collaborative model for planning and scheduling caregiver's activities in homecare", *18th IFAC World Congress*, PP. 2877- 2882.
17. Mankowska, D. S., Meisel, F. and Bierwirth, C. (2014). "The home health care routing and scheduling problem with interdependent services", *Health Care Management Science*, Vol. 17, No. 1, PP. 15- 30.
18. Duque, P. M., Castro, M., Sörensen, K. and Goos, P. (2014). "Home care service planning. The case of Landelijke Thuiszorg", *European Journal of Operational Research*, Vol. 243, No. 1, PP. 292- 301.
19. Campbell, G. M. and Diaby, M. (2002). "Development and Evaluation of an Assignment Heuristic for Allocating Cross-trained Workers", *European Journal of Operational Research*, Vol. 138, No. 1, PP. 9- 20.

20. Campbell, G. M. (2010). "A two-stage stochastic program for scheduling and allocating cross-trained workers", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 62, No. 6, PP. 1038- 1047.
21. Bokhorst, J. A., Slomp, J. and Molleman, E. (2004). "Development and evaluation of cross-training policies for manufacturing teams", *Iie Transactions*, Vol. 36, No. 10, PP. 969- 984.
22. Yue, H., Slomp, J., Molleman, E. and Van Der Zee, D. (2008). "Worker flexibility in a parallel dual resource constrained job shop", *International Journal of Production Research*, Vol. 46, No. 2, PP. 451- 467.
23. Valls, V., Pérez, Á. and Quintanilla, S. (2009). "Skilled workforce scheduling in service centres", *European Journal of Operational Research*, Vol. 193, No. 3, PP. 791- 804.
24. Easton, F. F. (2011). "Cross-training performance in flexible labor scheduling environments", *Iie Transactions*, Vol. 43, No. 8, PP. 589- 603.
25. Li, Q., Gong, J., Fung, RY. and Tang, J. (2012). "Multi-objective optimal cross-training configuration models for an assembly cell using non-dominated sorting genetic algorithm-II", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 25, No. 11, PP. 981- 995.
26. Liu, C., Yang, N., Li, W., Lian, J., Evans, S. and Yin, Y. (2013). "Training and assignment of multi-skilled workers for implementing seru production systems", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 69, No. 5-8, PP. 937- 959.
27. Xu, Z., Ming, X. G., Zheng, M., Li, M., He, L. and Song, W. (2015). "Cross-trained workers scheduling for field service using improved NSGA-II", *International Journal of Production Research*, Vol. 53, No. 4, PP. 1255- 1272.
28. Mavrotas, G. (2009). "Effective implementation of the ϵ -constraint method in multi-objective mathematical programming problems", *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 213, No. 2, PP. 455- 465.
29. Rafiei, H. and Ghodsi, R. (2013). "A bi-objective mathematical model toward dynamic cell formation considering labor utilization", *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 37, No. 4, PP. 2308- 2316.

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1. Home Care
2. Home Care Staff Assignment
3. Cross_training
4. Social Loafing
5. Augmented Epsilon Constraint
6. Seru
7. Multifunctionality
8. Redundancy