

طراحی مدل ریاضی برای هماهنگ‌سازی زمان پاسخ زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی با ساختار تصمیم دوسطحی

امیرحسین عبدالعلی پور^{۱*}، جمشید ناظمی^۲، عباس طلوعی اشلقی^۳،
فرهاد حسین زاده لطفی^۴

۱. دانش آموخته دکتری گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. استادیار گروه مهندسی صنایع، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳. استاد گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۴. استاد گروه ریاضی کاربردی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

پذیرش: ۹۲/۱۰/۷

دریافت: ۹۲/۲/۱۵

چکیده

با کاربرد سازگارترین فنون بهبود کیفیت خدمات، باز هم نمی‌توان به‌طور کامل وجود نارسایی‌های خدماتی را از میان برداشت. کمینه‌سازی فاصله زمانی میان درک نارسایی خدماتی و جبران کاستی‌هایی که مشتریان در فرایند خدمات‌رسانی با آن مواجه شده‌اند و با حداقل هزینه، یکی از الزام‌های شرکت‌های پاسخگو در محیط رقابتی است.

در مقاله حاضر، مدل‌سازی زمان پاسخ ترمیم خدمات به‌نحوی که از یک طرف بهینه‌سازی سود زنجیره ترمیم خدمت و از طرفی رضایت مشتریان مواجه شده با نارسایی را در بر داشته باشد، مورد توجه واقع شده است و تعارض بهینه‌سازی سود بین زنجیره کلی ترمیم خدمات و سود موضعی بخش‌ها یا شرکت‌های موجود در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی با رویکرد «برنامه‌ریزی دو سطحی»^۱ مدل‌سازی شده است. بخش یا شرکت اصلی ترمیم‌کننده خدمات به‌عنوان رهبر و در سطح پایین‌تر آن نیز، بخش‌ها یا شرکت‌های موجود در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی به‌عنوان پیرو نقش تصمیم‌گیرنده موضعی را بازی می‌کنند. بنابراین یک تصمیم بهینه به‌صورت مشارکتی در بین شرکت‌های واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی به کار گرفته می‌شود که در آن شرکت اصلی زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی به‌عنوان رهبر به‌صورت تعاملی با سایر شرکت‌های واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی به مذاکره می‌پردازد.

در این مقاله برای حل مدل مربوطه، یک الگوریتم ترکیبی فرا ابتکاری توسعه داده شده و با یک مثال کاربردی نحوه تحلیل نتایج نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

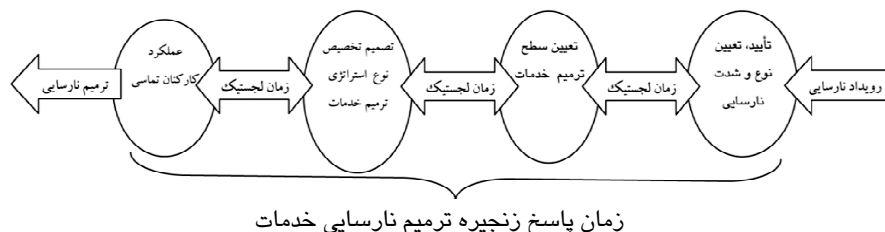
کلیدواژه‌ها: برنامه‌ریزی دوسطحی، زمان پاسخ زنجیره ترمیم، نارسایی خدماتی، واکاوی رگرسیون.

۱- مقدمه

قیمت و مدت زمان پاسخ، دو عامل مهم برای موفقیت شرکت‌ها در بازار رقابتی امروزد. بسیاری از شرکت‌ها از مدت زمان پاسخ کم به‌عنوان سلاح بازاریابی برای جذب مشتریان بیشتر استفاده می‌کنند. نارسایی‌های خدماتی^۲، اظهار نارضایتی مشتریان به شرکت خدماتی یا بخش ثالث است. این نارسایی‌ها به یک خطا یا نارسایی به‌صورت ذهنی یا وجود عیب و خدشه در رفتار خدماتی شرکت اطلاق می‌شود. زمانی که چنین خطاها و نارسایی‌هایی رخ می‌دهد، لازم است که با ترمیم و پاسخ مناسب و چابک، آثار این نارسایی‌ها کمینه شود و رضایت و اعتماد مشتریان بازسازی و اعاده شود. شرط لازم برای رقابت در بازارهای جهانی نیز رضایت مشتریان است [۱، صص ۷۳-۹۱].

به‌منظور حفظ مزیت رقابتی، این شرکت‌ها باید از یک طرف، هزینه‌های عملیاتی را کاهش و از طرف دیگر، خدمات مشتری را به‌طور مداوم بهبود دهند. از این رو ترمیم مناسب خدمات، یکی از عوامل ضروری در زنجیره سود خدمت است که می‌تواند مشتریان را از رویگردانی به عرضه‌کننده دیگر خدمات باز دارد.

یک زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی غیرمتمرکز براساس شکل ۱، مجموعه‌ای از تسهیلات به منظور تأیید رخداد نارسایی، تعیین نوع و شدت نارسایی، تعیین سطح ترمیم خدمات شرکت، تصمیم‌گیری درباره تخصیص نوع استراتژی ترمیم، توزیع خدمات ترمیم یافته از طریق کارکنان سطح تماسی و مشتریان مواجه با نارسایی است. در سازوکار زنجیره ترمیم نارسایی خدمات غیرمتمرکز، جریان اطلاعات و تصمیم‌گیری‌ها از چند رده مختلف عبور می‌کند. در هر رده تصمیم‌گیری در مورد جوانب مختلف چگونگی پاسخ ترمیم یا استراتژی ترمیم به‌تدریج شکل می‌گیرد. هر گونه تغییر در هر رده‌ای می‌تواند عملکرد کلی زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی را تحت تأثیر قرار دهد.



شکل ۱ مدل مفهومی زمان پاسخ زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی

لجستیک ترمیم، قسمت مهمی از فرایند زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی است که شامل طرح‌ها و برنامه‌ها، به‌کارگیری و کنترل کارا و اثربخش جریان‌ها و ذخایر کالاها و خدمات می‌باشد و اطلاعات مرتبط از نقطه شروع تا نقطه مصرف خدمات را به‌منظور برآورده ساختن نیازها و الزام‌های مشتریان در نظر می‌گیرد.

هدف همه بخش‌هایی که در زمینه زنجیره‌های ترمیم خدمات فعالیت می‌کنند، افزایش رقابت‌پذیری یا همان افزایش خدمت به مشتری است، زیرا امروزه از دید مشتری نهایی یک واحد سازمانی، به‌تنهایی در مورد رقابت‌پذیری محصولات یا خدمات مسئول نیست، بنابراین رقابت از شرکت‌ها به سمت زنجیره‌های ترمیم جا به جا شده است [۲، صص ۱۶۹-۱۷۲]. از طرف دیگر با رشد فزاینده عدم اطمینان در محیط‌های اقتصادی اخیر، توانایی سازمان برای تطابق سریع با تغییرات محیطی و شرایط بازارها، موضوعی ضروری برای بقای آنان محسوب می‌شود [۳، صص ۱-۲۵]. در بسیاری موارد مشخص است که عملیات شرکت‌ها باید هر چه بیشتر برای هماهنگ‌سازی عملیات، کاهش زمان پاسخ، کاهش هزینه، ارتقای توانایی رقابتی و بهینه‌سازی سود کلی زنجیره ترمیم خدمت یکپارچه شود. بدیهی است هر چه زمان بین شروع حرکت ترمیم خدمات و زمانی که خدمت نهایی به مشتری عرضه می‌شود، کمتر باشد؛ شرایط عدم اطمینان کمتری در محیط بیرونی و درونی وجود خواهد داشت.

اولین رویکرد پژوهشی بر مرحله نارسایی در زمان دریافت خدمت متمرکز است. این رویکرد، تئوری اسناد^۲ را در عرصه نارسایی‌های خدماتی پیش می‌کشد و کوشش می‌کند تا واکنش‌های مشتریان را درباره نارسایی‌ها تشریح کند. براساس تئوری اسناد در کل، یک

اختلافی بین استفاده‌کننده خدمات و ارائه‌دهنده خدمات برای توصیف نارسایی‌های به وجود آمده، وجود دارد. در اینجا اسناد استفاده‌کننده‌ها از نارسایی خدمت است که واکنش آن‌ها را نسبت به نارسایی‌ها تعیین می‌کند. استفاده‌کننده خدمات به احتمال زیاد ارائه‌دهنده خدمات را مورد نكوهش قرار می‌دهد. دلیل درک شده نارسایی‌ها از طرف مشتری، پایداری این نارسایی‌ها، کنترل‌پذیری آن‌ها مواردی هستند که نیت‌های مشتریان را به سمت شکایت، رضایت، واکنش احساسی به شرکت، انتظارات ترمیم نارسایی‌ها و سایر رفتارهای مشتریان نسبت به شرکت را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین درک اسنادهای مشتریان از نارسایی‌ها به شرکت‌ها در اخذ یک تصمیم ترمیم مؤثر یاری می‌رساند [۴، صص، ۴۹۳-۵۲۵].

دومین رویکرد پژوهشی بر تأثیر ترمیم‌ها بر رضایت مشتریان متمرکز است. این رویکرد پژوهشی با معرفی عدالت درک شده در مدلسازی رضایت مشتریانی که با نارسایی‌ها و ترمیم‌ها مواجه شده‌اند، به مدیران در درک نحوه اثرگذاری این ترمیم‌ها بر رضایت مشتریان یاری می‌رساند [۴، صص، ۴۹۴-۵۲۵].

در زمینه تأثیر ترمیم خدمات بر ارزیابی مصرف‌کنندگان از تحویل خدمات، مطالعه‌ای انجام یافته است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد مصرف‌کنندگانی که چیزی درباره نارسایی خدمات نمی‌گویند، بزرگ‌ترین مشکلات را برای شرکت‌های خدماتی ایجاد می‌کنند و در اصطلاح به قاتلان خاموش بسیاری از شرکت‌ها تبدیل می‌شوند [۵، صص ۱۹۹-۲۰۷].

در بررسی رابطه بین رضایت و استراتژی‌های ترمیم متفاوت در مشتریان بانکداری آمریکا نشان داده شد که درجه رضایت مشتریانه‌طور قوی از نوع استراتژی‌های ترمیم استفاده شده به وسیله بانک‌ها تأثیر می‌گرفت [۶، صص، ۱۱۲-۱۳۲]. در پژوهشی دیگر راجع به استراتژی‌های مؤثر جبران نارسایی خدمات نشان داده شد که مشتریان ترجیح می‌دهند شکلی از جبران خدمات را که با نوع نارسایی خدمت سازگار است، دریافت کنند؛ به‌عنوان مثال، مشتریانی که یک جبران خدمت پولی (به‌عنوان مثال یک کاهش قیمت) را پس از تجربه یک نارسایی در خدمت مادی دریافت می‌کنند، سطوح رضایت و قصد خرید مجدد بالاتری را گزارش می‌کنند و عکس آن برای یک جبران خدمات مربوط به خوشی و لذت (برای مثال، یک پاداش و جایزه رایگان) صحیح است [۷، صص، ۲۱۶-۲۰۲].

در پژوهشی دیگر به ارزیابی آثار سطوح مختلف ترمیم خدمات بر رضایت، قصد خرید مجدد

و دنیای زبان مثبت^۴ پرداخته شده است. نتایج این پژوهش تعیین می‌کند که مناسب با تلاش‌های بالای ترمیم خدمت، سطوح رضایت پس از خرابی، نیت خرید و دنیای زبان مثبت، به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. براساس پژوهش مذکور به نظر می‌رسد که ترمیم‌های ضعیف خدمت، نارضایتی راجع به نارسایی خدمت را تشدید می‌کند. نتایج این پژوهش از پارادوکس ترمیم حمایت نمی‌کند. نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌کند که شرکت‌ها ممکن است همواره از تلاش‌های ترمیم بیش از یک سطح مناسب، سود نبرند [۸، صص ۱۱-۲۴].

در تحقیقی با عنوان «نارسایی در ارائه خدمات، استراتژی‌های ترمیم خدمات و تأثیر آن‌ها بر رفتار مصرف‌کننده» به تعیین میزان ادراک میهمانان خارجی هتل از نارسایی در ارائه خدمات و استراتژی‌های ترمیم انجام شده و نیز به بررسی ارتباط بین نارسایی خدمات، استراتژی‌های ترمیم خدمات و نیت‌های رفتاری آزمون‌شوندگان پرداخته شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که میان ابعاد نارسایی خدمات با استراتژی‌های ترمیم خدمات و استراتژی‌های ترمیم با نیت‌های رفتاری میهمانان ارتباط معناداری وجود دارد، به‌علاوه یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ادراک میهمانان از نارسایی خدمات و استراتژی‌های ترمیم خدمات در مجموع از عوامل مؤثر بر نیت‌های رفتاری میهمانان خارجی هتل می‌باشد [۹، صص ۷۱-۸۶].

در پژوهشی با عنوان «عدالت ادراک شده از ترمیم خدماتی و تأثیر آن بر اعتماد مشتریان در شرکت‌های مسافربری هوایی داخلی» تأثیر هر یک از ابعاد عدالت، به‌ترتیب اهمیت، شامل تعاملی، رویه‌ای و توزیعی بر رضایت از ترمیم خدماتی تأیید شده است [۱۰، صص ۱۷۹-۲۰۲].

در پژوهشی دیگر با عنوان «تجدید نظر در استراتژی‌های ترمیم خدمات» با ارائه چهار فرضیه رابطه میان حسن تفاهم و استراتژی‌های ترمیم خدمات آزمون شده است. با انجام آزمون‌های تحلیل واریانس یک عاملی و چند عاملی فرضیه‌ها در سطح اطمینان ۰/۰۵ تأیید شد و در نتیجه ثابت گردید وجود یک رابطه مناسب میان مشتری و ارائه‌دهنده خدمات می‌تواند موجب افزایش رضایت مشتری پس از بروز نارسایی خدمات، افزایش تمایل به خرید مجدد و کاهش تبلیغات منفی از جانب مشتری شود [۱۱، صص ۱۹۳-۲۰۷].

بررسی جنبه‌های مالی، از دیگر رویکردهای مطالعه ترمیم خدمات است. اطلاعات به‌دست

آمده از شرکت‌های خدماتی پیشروی مانند زیراکس^۵ و فدرال اکسپرس^۶ نشان می‌دهد که هزینه‌های ترمیم جهت برطرف ساختن نارسایی خدمت می‌تواند ۲۰ تا ۳۰ درصد درآمد فروش باشد و در زمان ترمیم، به سبب نیازهای خدماتی ناپیدا یا بسیار زیاد مشتری، حدود ۷۰ درصد تلاش‌های ترمیم در مسیر نادرستی صرف می‌شود [۱۲، صص ۷۲-۷۷].

با وجود خسارت‌های مالی متوالی ناشی از تصمیم‌های زیر بهینه و با وجود درخواست برای سختگیری شدیدتر و پاسخ‌گویی مالی در تصمیم‌های سرمایه‌گذاری خدماتی، پژوهش‌های دانشگاهی بسیار نادری وجود دارد که بر جوانب مالی ترمیم خدماتی در دنیای واقعی متمرکز باشد. طراحی یک مدل ریاضی برای نارسایی‌های خدماتی و استراتژی‌های ترمیم از این طیف پژوهش‌ها است. اندازه نارسایی خدماتی، مقدار درک شده قبلی یک مشتری از خدمات یک شرکت و مقدار هدف ترمیم آن شرکت از مهم‌ترین پارامترها و متغیرهایی مورد اشاره آن مطالعه است. بر مبنای این مدل، استراتژی‌های بهینه ترمیم خدمت استنتاج و واکاوی حساسیت مدل در ازای پارامترهای مختلف آن انجام شده است [۴، صص ۴۹۵، ۵۲۵].

طراحی یک برنامه ترمیم نارسایی خدمت با ملاحظه اثربخشی هزینه، یک نگرانی اولیه در جهت حفظ یک رقابت پایدار است [۱۳، صص ۲۳۰۱-۲۳۱۱].

در پژوهشی دیگر، کارایی استراتژی‌های ترمیم برای نارسایی‌های گوناگون در صنعت رستوران مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش، کارایی از راه اشتیاق مشتریان برای برگشت به رستوران تعیین شده است. یافته‌های این پژوهش پیشنهاد می‌کند که استراتژی‌های ترمیم مبتنی بر تعامل‌های خدمات با مشتریان بر استراتژی‌های ترمیم مبتنی بر جبران مالی غالب است. همچنین نتایج پژوهش مذکور نشان می‌دهد که اغلب نارسایی‌های خدماتی مسئله‌ساز در رفتارهای نامناسب خدماتی و ارائه خدمات با سرعت پایین رخ می‌دهد [۱۴، صص ۷۳۰-۷۴۰].

با مرور ادبیات مسئله کلی را می‌توان به این صورت جمع‌بندی کرد. در یک زنجیره ترمیم خدماتی غیرمتمرکز، تصمیم‌گیری و رقابت‌ها به مدت زمان پاسخ واقعی هریک از تسهیلات واقع در زنجیره ترمیم (مجموع مدت زمان سپری شده بین لحظه تأیید نارسایی تا لحظه انجام یا ترمیم خدمات مربوط به آن در تسهیلات خدماتی مورد نظر و زمان لجستیک ترمیم) بستگی دارد. مشتری خدمت خاصی را در زمان خاص و برای حداکثر دوره خاصی برای تحویل لازم

دارد. همچنین کیفیت خدمت مورد نظر مشتری از لحاظ پاسخ‌گویی و رفع نیاز و سطح کیفی، زمان پاسخ خاصی را می‌طلبد. بنابراین حداقل کردن دوره تحویل خدمتی که حداکثر تطبیق با نیاز مشتری داشته باشد، جزو انتظارهای مشتریان به حساب می‌آید. از طرفی ارائه‌کننده خدمت در یک زنجیره ترمیم خدماتی، سطحی از خدمت (زمان و کیفیت) را ارائه می‌کند که حداکثر سوددهی را به دست آورد. از این رو پس از رخداد نارسایی خدماتی، تصمیم بهینه برای اتخاذ استراتژی ترمیم یک مسئله برنامه‌ریزی در چارچوب دو سطحی تولیدکننده و ارائه‌دهنده خدمات خواهد بود. تصمیم‌گیرنده هر سطح، چندین متغیر تصمیم را به ترتیب کنترل می‌کند.

مشخصات تصمیم هر سطح به شرح زیر می‌باشد [۱۵، صص ۱۰۳۴-۱۰۴۳]:

(۱) تصمیم‌گیرندگان در هر سطح به نوبت تصمیم‌هایی را اخذ می‌کنند؛ گرچه پیرو دارای توان نسبی برای اخذ تصمیم‌های مستقل است، اما پیرو باید مطیع رهبر باشد.

(۲) تصمیم‌گیرندگان سطوح مختلف دارای اهداف متفاوتی هستند که در آن واحد می‌توانند با هم در تعارض باشند.

(۳) تصمیم‌گیرنده هر سطح، چندین متغیر تصمیم را به ترتیب کنترل می‌کند.

(۴) رهبر نخست تصمیمی می‌گیرد، پیرو استراتژی‌های خود را در شرایطی اخذ می‌کند که با شرایط تصمیم رهبر در تعارض نباشد.

(۵) تصمیم رهبر می‌تواند در مجموعه استراتژی پیروان اثرگذار باشد، به طوری که پیرو می‌تواند به بخشی از اهداف خود نائل شود. گرچه رهبر به طور کامل نمی‌تواند تصمیم‌گیری پیرو را کنترل کند، پیرو دارای توان مستقل نسبی برای تصمیم‌گیری است.

(۶) تصمیم پیرو نه تنها می‌تواند بر مدیریت هدف خود اثرگذار باشد بلکه می‌تواند بر مدیریت هدف رهبر نیز اثرگذار باشد. نتیجه اینکه رهبر باید به تصمیم‌گیری پیروان و عکس‌العمل بالقوه آن‌ها بر بهینه‌سازی هدف خود توجه کند.

(۷) مجموعه استراتژی‌های مجاز تمام سطوح معمولاً به هم پیوسته و اغلب یک واحد به هم وابسته را شکل می‌دهند.

در نتیجه، زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی مدلسازی شده در این مقاله، یک سازوکار تصمیم دوسطحی است که در آن شرکت اصلی زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی به عنوان رهبر و مرکز اصلی برنامه‌ریزی و هماهنگ‌سازی زمان پاسخ زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی عمل می‌کند

و تکنک شرکت‌های واقع در زنجیرهٔ ترمیم نارسایی خدماتی با حق تصمیم‌گیری به‌نسبت مستقل مجاز قراردادی به‌عنوان پیرو محسوب می‌شوند.

۲- ابزار و روش‌ها

بیشتر مدل‌های ریاضی که در مورد مسئله حاضر تاکنون مورد بررسی قرار گرفته‌اند، شامل یک تصمیم‌گیرنده و یک تابع هدف هستند که برای برنامه‌ریزی متمرکز به کار می‌روند؛ برای پوشش دادن به مسئله واقعی ترمیم خدمات می‌توان از برنامه‌ریزی ریاضی دوسطحی که برای تصمیم‌گیری غیرمتمرکز توسعه داده شده است، استفاده کرد. در برنامه‌ریزی دوسطحی (BLP) که تصمیم‌گیرندهٔ سطح یک آن را رهبر و سطح دو آن را پیرو می‌نامند، هر تصمیم‌گیرنده سعی می‌کند تابع هدف خود را بدون توجه به هدف قسمت دیگر بهینه کند؛ اما تصمیم هر تصمیم‌گیرنده بر مقدار تابع هدف و فضای تصمیم‌گیری سطح دیگر اثر می‌گذارد. شکل ریاضی برنامه‌ریزی دوسطحی به‌صورت مدل ۱ زیر است [۱۶، صص، ۱۹۷-۲۰۷]:

$$\text{Max}_x F(x, y) = c_1 x + d_1 y$$

$$\text{Max}_x f(x, y) = c_2 x + d_2 y$$

S.to:

$$A_1 x + A_2 y \leq b \quad (\text{مدل ۱})$$

$$x, y \geq 0$$

در مدل ۱، $F(x, y)$ تابع هدف رهبر و $f(x, y)$ تابع هدف پیرو می‌باشد. x و y به‌ترتیب به

معنی بردارهای ستونی π_1 و π_2 بعدی متغیرهای تصمیم‌رهبر و پیرو می‌باشند.

$$x = \{x_1, \dots, x_n\}^T$$

$$y = \{y_1, \dots, y_n\}^T$$

$A_1 x + A_2 y \leq b$ محدودیت مشترک بین تصمیم‌گیرنده در سطح بالاتر (رهبر) و

تصمیم‌گیرنده در سطح پایین‌تر (پیرو) است و A_1 ماتریس ضریب $m \times n_1$ ، A_2 ماتریس ضریب $m \times n_2$ بردار ستونی ثابت m بعدی است.

برای اجرای یک ترمیم خدماتی غیرمتمرکز، گاهی گذر از میان چندین تسهیلات واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی اجتناب‌ناپذیر است تا منجر به برآورده شدن تقاضای مصرف‌کننده نهایی شود. زمان پاسخ فرعی، مجموع زمان انجام خدمات (تولید) و زمان ترمیم لجستیک مربوط به یک شرکت فرضی واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی است. روش‌های ارائه شده برای حل این مسئله را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد [۱۶]، صص ۱۹۷-۲۰۷]:

الف- روش‌هایی براساس شمارش رئوس^۷

ب- روش‌هایی براساس شرایط کان-تاکر^۸

پ- نگرش فازی برای حل مسائل برنامه‌ریزی دوسطحی

ت- روش‌های فرا ابتکاری برای حل مسائل برنامه‌ریزی دوسطحی

مدل برنامه‌ریزی دوسطحی پژوهش حاضر از دو مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح بالاتر و برنامه‌ریزی سطح پایین‌تر تشکیل شده است. اگر زمان رفع نارسایی خدماتی مدنظر مشتریان (یعنی زمان پاسخ زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی) معین باشد، مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح بالاتر می‌تواند به یک مسئله تخصیص زمان در سیستم خدمات (تولید) و تدارکات یکپارچه تقلیل پیدا کند. مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح بالاتر سود مطلق زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی (F) را بهینه می‌سازد و بهترین زمان پاسخ تخصیص یافته به هر شرکت را با توجه به محدودیت ظرفیت خدماتی (تولیدی) آن شرکت فراهم می‌سازد. بنابراین مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح بالاتر به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\max F = \sum_{i=1}^n F_i(x^{(i)}, y_v^{(i)}, y_p^{(i)}) \quad (\text{رابطه ۱})$$

s. to:

$$a^{(i)} \leq x^{(i)} \leq b^{(i)}, i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$a \leq \sum_{i=1}^n x^{(i)} \leq b, i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$x^{(i)} \in \{0, 1, 2, \dots\}, i = 0, 1, \dots \text{ (رابطه ۴)}$$

که F سود مطلق زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی است. بنابراین $F_i(x^{(i)}, y_{\lambda}^{(i)}, y_{\rho}^{(i)})$ سود موضعی شرکت i (م $i = 0, 1, \dots$) محسوب می‌شود. $x^{(i)}$ زمان پاسخ شرکت i ام در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی و متغیر تصمیم مسئله سطح بالاتر است که مقدار آن عدد صحیح غیرمنفی است.

$[a^{(i)}, b^{(i)}]$ دامنه‌ای است که شرکت i ام ($i = 0, 1, \dots$) زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی سود موضعی خود را در این دامنه مجاز بهینه می‌کند. $\sum_{i=0}^n x^{(i)}$ زمان پاسخ کل زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی است. $[a, b]$ فاصله زمانی است که مشتری نیاز دارد. $y_{\lambda}^{(i)}, y_{\rho}^{(i)}$ به ترتیب زمان انجام خدمات و زمان ترمیم لجستیک شرکت i ام ($i = 0, 1, \dots$) زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی و متغیرهای تصمیم مسئله سطح پایین‌تر هستند که مقدار آن‌ها یک عدد صحیح غیرمنفی است.

مدل بخشی برنامه‌ریزی سطح بالاتر یک مسئله برنامه‌ریزی عدد صحیح است. زمانی که $y_{\lambda}^{(i)}$ و $y_{\rho}^{(i)}$ معلوم باشد. مدل بخشی برنامه‌ریزی سطح پایین‌تر بر مسئله تخصیص زمان اجرای خدمات و زمان ترمیم لجستیک در هر شرکت واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی متمرکز است. تابع هدف در راستای ماکزیم‌سازی سود هر شرکت واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی به‌گونه‌ای مدلسازی می‌شود که تضمین کند «نباید مجموع زمان انجام خدمات و زمان ترمیم لجستیک هر شرکت واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی از زمان پاسخ واگذار شده به آن شرکت فراتر رود». بنابراین مدل بخشی برنامه مسئله‌ریزی سطح پایین‌تر به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\begin{aligned} \max F(x, y) &= \sum_{i=0}^n F_i(x^{(i)}, y_{\lambda}^{(i)}, y_{\rho}^{(i)}) \text{ (رابطه ۵)} \\ &= q_i I_i(x^{(i)}, y_{\lambda}^{(i)}, y_{\rho}^{(i)}) q_i \left[\mathcal{P}_i(x^{(i)}, y_{\lambda}^{(i)}, y_{\rho}^{(i)}) - f_i(x^{(i)}, y_{\lambda}^{(i)}, y_{\rho}^{(i)}) \right], i \\ &= 0, 1, \dots \end{aligned}$$

s. to:

$$C_1^{(i)} \leq y_1^{(i)} \leq D_1^{(i)}, i = 0, 1, \dots \text{ (رابطه ۶)}$$

$$C_2^{(i)} \leq y_2^{(i)} \leq D_2^{(i)}, i = 0, 1, \dots \text{ (رابطه ۷)}$$

$$y_1^{(i)} + y_2^{(i)} \leq x^{(i)} \text{ (رابطه ۸)}$$

$$y_1^{(i)} \in \{0, 1, 2, \dots\}, i = 0, 1, \dots \text{ (رابطه ۹)}$$

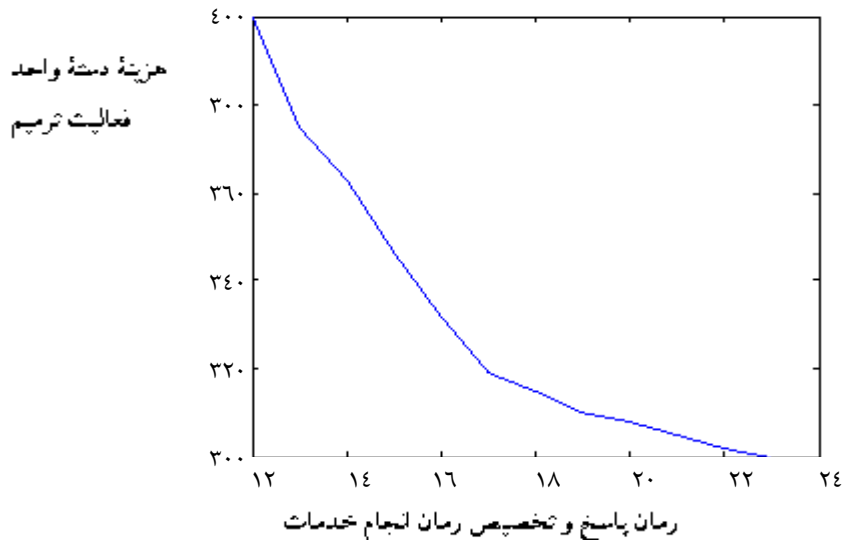
$$y_2^{(i)} \in \{0, 1, 2, \dots\}, i = 0, 1, \dots \text{ (رابطه ۱۰)}$$

که Q_i دسته نارسایی ابراز شده مشتریان و سفارش (یا تقاضای) ترمیم آن دسته نارسایی است. Q_i می‌تواند به صورت یک مقدار ثابت و مشخص بعد از سفارش ترمیم مشتریان تلقی شود. $I_i(x^{(i)}, y_1^{(i)}, y_2^{(i)})$ تابع سود حاصل از ترمیم دسته واحد فعالیت ترمیم نارسایی ابراز شده مشتریان است. $P_i(x^{(i)}, y_1^{(i)}, y_2^{(i)})$ تابع قیمت دسته واحد فعالیت ترمیم است. $f_i(x^{(i)}, y_1^{(i)}, y_2^{(i)})$ تابع هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم است. از آن جایی که قیمت و هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم نارسایی با زمان پاسخ (مجموع زمان انجام خدمات و زمان لجستیک ترمیم) ارتباط دارند، بنابراین $P_i(\cdot)$ و $f_i(\cdot)$ قابل مدلسازی از راه متغیرهای $x^{(i)}$ ، $y_1^{(i)}$ و $y_2^{(i)}$ می‌باشند. $[C_1^{(i)}, D_1^{(i)}]$ و $[C_2^{(i)}, D_2^{(i)}]$ فواصل اصلی هستند که به ترتیب زمان انجام خدمات و زمان ترمیم لجستیک مربوط به شرکت آام زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی را تخصیص می‌دهند.

رابطه ۵ تابع هدف مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح پایین‌تر است. روابط ۶ و ۷ محدودیت‌های مربوط به زمان انجام خدمات و زمان ترمیم لجستیک هستند. رابطه ۸ محدودیتی است که تضمین می‌کند مجموع زمان انجام خدمات (تولید) و زمان ترمیم لجستیک از زمان پاسخ فراتر نرود. روابط ۹ و ۱۰ به ترتیب مقادیر صحیح غیرمنفی در مورد زمان‌های خدمات و ترمیم لجستیک می‌باشند.

در ادامه همبستگی بین تابع قیمت دسته واحد فعالیت ترمیم $P_i(\cdot)$ و $x^{(i)}$ ، $y_1^{(i)}$ ، $y_2^{(i)}$ و همبستگی بین تابع هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم $f_i(\cdot)$ و $x^{(i)}$ ، $y_1^{(i)}$ ، $y_2^{(i)}$ مورد واکاوی قرار می‌گیرد.

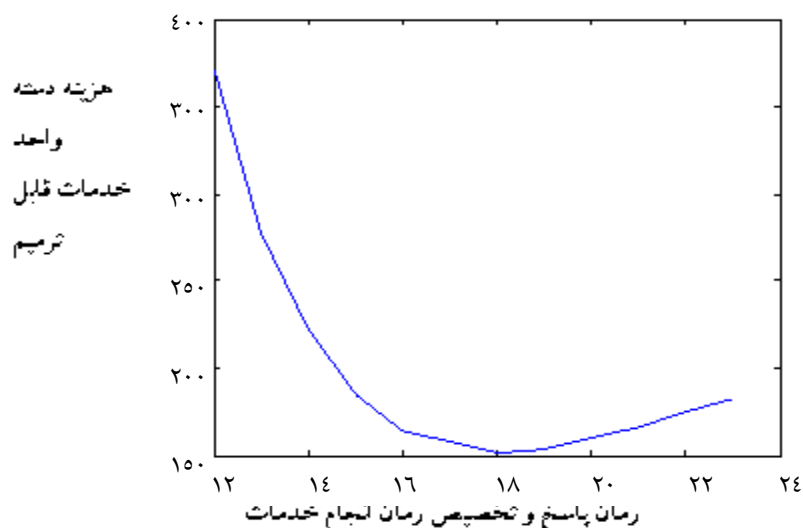
تابع سود دسته واحد فعالیت ترمیم خدمات هر بخش یا شرکت واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی شامل قیمت و هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم است. تابع قیمت دسته واحد فعالیت ترمیم $P_1(\cdot)$ با $X^{(i)}, Y_1^{(i)}, Y_p^{(i)}$ در ارتباط است. برای $Y_1^{(i)}, Y_2^{(i)}$ مفروض، هرچه زمان پاسخ $X^{(i)}$ کوچک‌تر می‌شود، قیمت دسته واحد فعالیت ترمیم $P_1(\cdot)$ بیشتر می‌شود. برعکس هرچه زمان پاسخ $X^{(i)}$ بزرگ‌تر می‌شود، قیمت دسته واحد فعالیت ترمیم $P_1(\cdot)$ کمتر می‌شود. شکل ۲ همبستگی بین قیمت دسته واحد فعالیت ترمیم خدمات ترمیم یافته $P_1(\cdot)$ و زمان پاسخ $X^{(i)}$ را برای $Y_1^{(i)}, Y_p^{(i)}$ مفروض نمایش می‌دهد.



شکل ۲ همبستگی بین قیمت دسته واحد خدمات ترمیم یافته و زمان پاسخ

هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم نیز با $X^{(i)}, Y_1^{(i)}, Y_p^{(i)}$ در ارتباط است. زمان پاسخ و تخصیص زمان انجام خدمات و ترمیم لجستیک می‌تواند روی هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم اثر بگذارند. برای $Y_1^{(i)}, Y_p^{(i)}$ مفروض با افزایش زمان پاسخ $X^{(i)}$ هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم $f_1(\cdot)$ نخست تا حد زیادی کاهش پیدا می‌کند و پس از رسیدن زمان پاسخ $X^{(i)}$ به وضعیت تعادل، اندکی کاهش می‌یابد. شکل ۳ همبستگی بین هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم

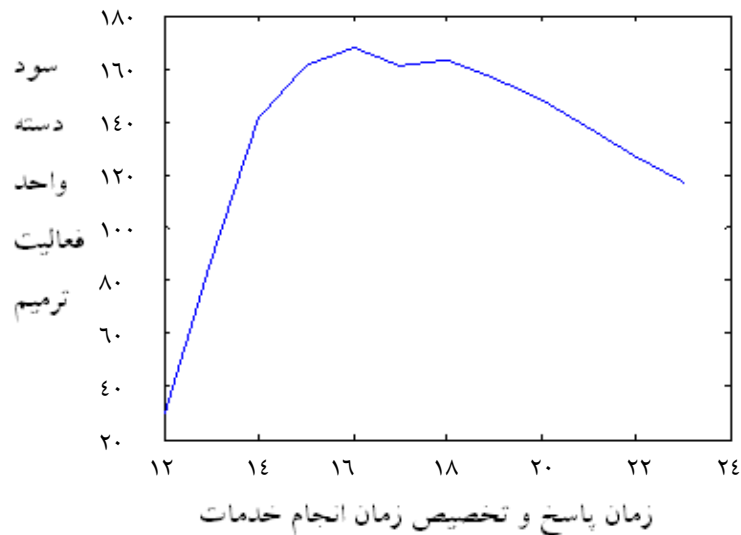
خدمات قابل ترمیم $f_i(\cdot)$ و زمان پاسخ $x^{(i)}$ را برای $y_p^{(i)}, y_v^{(i)}$ مفروض نمایش می‌دهد.



شکل ۳ همبستگی بین هزینه دسته واحد خدمات قابل ترمیم و زمان پاسخ

زمانی که در حدود مجاز زمان پاسخ $[a^{(i)}, b^{(i)}]$ ، قیمت دسته واحد فعالیت ترمیم از هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم بزرگ‌تر باشد، منحنی قیمت دسته واحد فعالیت ترمیم منحنی هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم را در $x^{(i)} = a^{(i)}$ و $x^{(i)} = 2b^{(i)}$ قطع می‌کند و سود دسته واحد فعالیت ترمیم، تفاضل قیمت دسته واحد فعالیت ترمیم و هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم می‌باشد.

شکل ۴ همبستگی بین سود دسته واحد فعالیت ترمیم $I_i(\cdot)$ و زمان پاسخ $x^{(i)}$ را برای $y_p^{(i)}, y_v^{(i)}$ مفروض نمایش می‌دهد.



شکل ۴ همبستگی بین سود دسته واحد فعالیت ترمیم و زمان پاسخ

همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، در حدود مجاز زمان پاسخ $[a^{(i)}, b^{(i)}]$ منحنی سود دسته واحد فعالیت ترمیم $I_i(\cdot)$ یک تابع مقعر است، بنابراین باید یک زمان پاسخ بهینه $x^{(i)*}$ برای ماکزیم کردن سود دسته واحد فعالیت ترمیم وجود داشته باشد. از این رو می‌توان با تعیین مقادیر بهینه زمان انجام خدمات (تولید) و زمان ترمیم لجستیک بهینه $(y_1^{(i)*}, y_p^{(i)*})$ سود شرکت I آام واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی را ماکزیم کرد. شرکت‌های مختلف واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی می‌توانند منحنی‌های زمان پاسخ و قیمت و هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم مختلف داشته باشند، زیرا ظرفیت خدماتی (تولیدی) و محدودیت‌های منابع آن شرکت‌ها با هم یکسان نیست. از این رو می‌توان با به‌کارگیری روش رگرسیون در هر شرکت واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی، برحسب مقادیر متغیرهای زمان پاسخ و قیمت و هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم آن شرکت، توابع هزینه دسته واحد فعالیت ترمیم $f_i(x^{(i)}, y_1^{(i)}, y_p^{(i)})$ و قیمت دسته واحد فعالیت ترمیم $P_i(x^{(i)}, y_1^{(i)}, y_p^{(i)})$ را برآورد کرد.

$$\mathcal{P}_i \left(x^{(i)}, y_{\lambda}^{(i)}, y_{\gamma}^{(i)} \right) = m_{\cdot}^{(i)} + \frac{m_{\lambda}^{(i)}}{x^{(i)}} + \frac{m_{\gamma}^{(i)}}{y_{\lambda}^{(i)}} + \frac{m_3^{(i)}}{y_{\gamma}^{(i)}} \quad i = 0, 1, \dots, n \quad (\text{رابطه } 11)$$

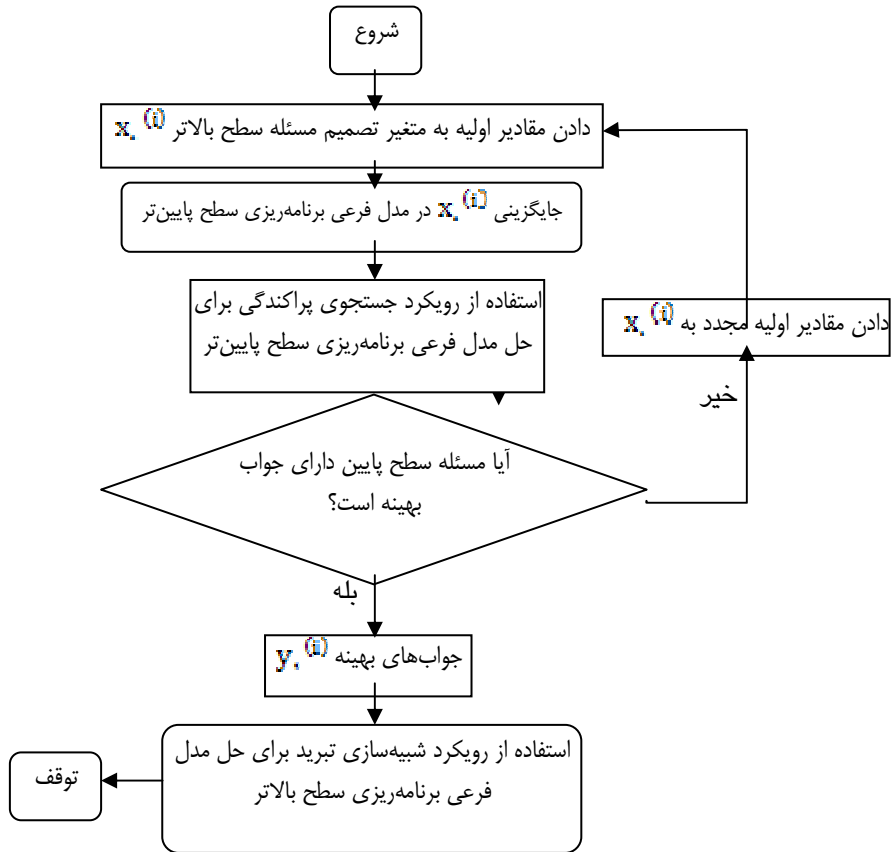
رابطه ۱۱، تابع قیمت دسته واحد خدمات ترمیم یافته است و $m_{\cdot}^{(i)}$ ، $m_{\lambda}^{(i)}$ و $m_3^{(i)}$ ضرایب رگرسیونی می‌باشند.

$$f_i \left(x^{(i)}, y_{\lambda}^{(i)}, y_{\gamma}^{(i)} \right) = n_{\cdot}^{(i)} + n_{\lambda}^{(i)} x^{(i)} + n_{\gamma}^{(i)} x^{(i)2} + n_{\gamma}^{(i)} x^{(i)3} + n_{\xi}^{(i)} x^{(i)\xi} + n_{\circ}^{(i)} x^{(i)\circ} + n_{\gamma}^{(i)} x^{(i)\gamma} \quad (\text{رابطه } 12)$$

رابطه ۱۲ تابع هزینه ترمیم دسته واحد فعالیت ترمیمی از نارسایی‌های ابران شده خدماتی است و $n_{\cdot}^{(i)}$ ، $n_{\lambda}^{(i)}$ ، $n_{\gamma}^{(i)}$ ، $n_{\gamma}^{(i)}$ ، $n_{\xi}^{(i)}$ و $n_{\circ}^{(i)}$ ($i = 0, 1, \dots, n$) ضرایب رگرسیون می‌باشند.

۳- یافته‌ها

براساس مدل‌های فرعی برنامه‌ریزی سطح بالاتر و سطح پایین‌تر و روابط ۱۱ و ۱۲، مشخص است که مدل ارائه شده یک مدل عدد صحیح دوسطحی غیرخطی است. مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح بالاتر را می‌توان با رویکرد شبیه‌سازی تبرید حل کرد و مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح پایین‌تر با رویکرد جستجوی پراکنندگی قابل حل است. متغیر تصمیم زمان پاسخ $x^{(i)}$ تعیین شده به‌وسیله مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح بالاتر (P_{λ}) می‌تواند به‌صورت یک مقدار ثابت در مسیر حل مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح پایین‌تر (P_{γ}) مد نظر قرار گیرد. الگوریتم با دادن مقدار اولیه به متغیر تصمیم مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح بالاتر ($x_{\cdot}^{(i)} \in \Omega$) شروع می‌شود. $x_{\cdot}^{(i)}$ در مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح پایین‌تر (P_{γ}) جایگزین می‌شود. سپس، مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح پایین‌تر (P_{γ}) با رویکرد جستجوی پراکنندگی و مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح بالاتر (P_{λ}) با رویکرد شبیه‌سازی تبرید دوباره حل می‌شوند. براساس نمودار نمایش داده شده در شکل ۵ می‌توان نقطه بهینه مطلق مسئله برنامه‌ریزی دوسطحی مذکور را از راه تکرار گام‌های مذکور به‌دست آورد.



شکل ۵ چارچوب فرایند حل مسئله به روش الگوریتم فرا ابتکاری ارائه شده

مدل طراحی شده سطح پایین‌تر یک مدل ریاضی غیرخطی است که با روش‌های معمول قابل حل نیست. بنابراین یک رویکرد هیورستیک بر مبنای روش شبیه‌سازی تبرید برای حل این مسئله توسعه داده شده است.

الگوریتم تبرید تدریجی یا بازپخت در جستجوی یافتن شیاری است که بتواند در آن حرکت کند و جواب‌های بهتری را پیدا کند و در نهایت به بهترین جواب ممکن برسد. هر چه قدر روند کاهشی دما کندتر باشد، جواب‌هایی که الگوریتم پیدا می‌کند، دقیق‌تر خواهد بود. ثابت شده است

که اگر فرایند کاهش دما به حد کافی کند باشد، رسیدن به جواب بهینه (در صورت وجود) تضمین می‌شود؛ به عبارت دیگر هر چه قدر فرایند بازپخت گسترده‌تر باشد، احتمال آنکه الگوریتم به جواب بهینه سراسری برسد، به یک میل می‌کند. در الگوریتم فرا ابتکاری ارائه شده به دلیل اطمینان از رسیدن به جواب بهینه، از الگوریتم تبرید تدریجی در حل مدل فرعی برنامه‌ریزی سطح بالاتر استفاده شده است.

معمولاً الگوریتم‌های بهبوددهنده که با یک جواب اولیه شروع شده و در طی مراحل بهبود داده می‌شوند، ممکن است بعد از چند تکرار در نقطه بهینه محلی قرار بگیرند که گاهی اوقات نیز از ناحیه جواب نهایی خیلی دور است. فرق الگوریتم تبرید تدریجی با الگوریتم‌های بهینه‌سازی محلی در این است که در الگوریتم بهینه‌سازی محلی، یک جواب در همسایگی جواب قبلی ایجاد می‌شود، اگر تابع هدف به واسطه جواب جدید بهتر شود، جواب جدید قبول شده و در غیر این صورت جواب جدید رد می‌شود. این عمل ممکن است منجر به قرار گرفتن در نقطه بهینه محلی شده و دیگر نتواند از آن خارج شود، در حالی که در روش تبرید تدریجی شبیه‌سازی شده، از توقف در ناحیه بهینه محلی اجتناب کرده و به طور گذرا از آن رد می‌شود [۱۷، صص ۱-۲۴].

در ادامه با ارائه یک نمونه کاربردی، بر عملی بودن الگوریتم ارائه شده صحت گداشته شده است. سیستم زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی را در نظر بگیرید که شامل بخش تأیید، تعیین نوع و شدت نارسایی، بخش تعیین سطح ترمیم خدمات (بخش مرکزی زنجیره) و بخش یا شرکت تخصیص نوع استراتژی ترمیم خدمات است. ارتباط دسته سفارش بین بخش‌های (شرکت‌های) مذکور در سیستم زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی غیر متمرکز در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ ارتباط دسته سفارش بین بخش‌های واقع در سیستم زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی نمونه

تأیید، تعیین نوع و شدت نارسایی	تعیین سطح ترمیم خدمات (بخش مرکزی زنجیره)	تخصیص نوع استراتژی ترمیم خدمات
--------------------------------	--	--------------------------------

دسته

سفارش

ترمیم

خدماتی (q_i)

۱

۲

۶

زمان پاسخ دسته واحد فعالیت ترمیم هر یک از بخش‌ها (یا شرکت‌ها) واقع در سیستم زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی مذکور در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲ زمان پاسخ دسته واحد فعالیت ترمیم بخش‌ها (یا شرکت‌ها) واقع در سیستم زنجیره ترمیم نارسایی نمونه

حدود زمان پاسخ (روز)		زمان پاسخ سیستم ترمیم نارسایی خدماتی	بخش‌ها یا شرکت‌های واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی نمونه
حد بالا	حد پایین		
۱۰۱	۶۸		
۲۳	۱۲	زمان پاسخ $x^{(۰)}$	بخش تعیین سطح ترمیم خدمات (هسته مرکزی زنجیره)
۱۳	۱۰	زمان انجام خدمات (تولید) $y_1^{(۰)}$	
۵	۲	زمان ترمیم لجستیک $y_2^{(۰)}$	
۳۶	۲۵	زمان پاسخ $x^{(۱)}$	بخش تصمیم‌گیری تخصیص نوع استراتژی ترمیم خدمات
۲۶	۲۲	زمان انجام خدمات (تولید) $y_1^{(۱)}$	
۶	۳	زمان ترمیم لجستیک $y_2^{(۱)}$	
۴۲	۳۱	زمان پاسخ $x^{(۲)}$	بخش تأیید، تعیین نوع و شدت نارسایی
۳۰	۲۵	زمان انجام خدمات (تولید) $y_1^{(۲)}$	
۹	۶	زمان ترمیم لجستیک $y_2^{(۲)}$	

یک واکاوی رگرسیون برای ارزیابی رابطه میان پارامتر قیمت کل و پارامتر هزینه به عمل آمده است. بنابراین براساس داده‌های تاریخی ارائه شده در جدول ۳، تابع هزینه ترمیم دسته واحد فعالیت ترمیم نارسایی‌های خدماتی و تابع قیمت دسته واحد فعالیت ترمیمی از نارسایی‌های خدماتی به شرح زیر است:

$$\begin{aligned} \mathcal{P}_0(x^{(0)}, y_1^{(0)}, y_2^{(0)}) &= 136 + \frac{476}{x^{(0)}} + \frac{1240}{y_1^{(0)}} + \frac{101}{y_2^{(0)}} \\ \mathcal{P}_1(x^{(1)}, y_1^{(1)}, y_2^{(1)}) &= -379 + \frac{3711}{x^{(1)}} + \frac{8011}{y_1^{(1)}} + \frac{230}{y_2^{(1)}} \\ \mathcal{P}_2(x^{(2)}, y_1^{(2)}, y_2^{(2)}) &= -87 + \frac{2799}{x^{(2)}} + \frac{1765}{y_1^{(2)}} + \frac{208}{y_2^{(2)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f. (x^{(\cdot)}, y_1^{(\cdot)}, y_2^{(\cdot)}) &= 20.29 - 9.0x^{(\cdot)} - 17.4y_1^{(\cdot)} + 11(y_1^{(\cdot)})^2 - 18y_2^{(\cdot)} \\
 &\quad + 7(y_2^{(\cdot)})^2 \\
 f_1(x^{(1)}, y_1^{(1)}, y_2^{(1)}) &= 5634 - 19x^{(1)} + 0.34(x^{(1)})^2 - 4.02y_1^{(1)} + 7(y_1^{(1)})^2 \\
 &\quad - 44y_2^{(1)} + 4(y_2^{(1)})^2 \\
 f_2(x^{(2)}, y_1^{(2)}, y_2^{(2)}) &= 1418 - 6.0x^{(2)} + 0.829(x^{(2)})^2 - 27y_1^{(2)} + 0.5(y_1^{(2)})^2 \\
 &\quad + 23y_2^{(2)} - 1.8(y_2^{(2)})^2
 \end{aligned}$$

جدول ۳ داده های تاریخی شرکت‌های موجود در زنجیره ترمیم مثال عددی

شماره	بخش تعیین سطح ترمیم خدمات (هسته مرکزی زنجیره)					بخش تصمیم‌گیری تخصیص نوع استراتژی ترمیم خدمات					بخش تأیید، تعیین نوع و شدت نارسایی				
	زمان پاسخ (روز)			قیمت	هزینه	زمان پاسخ (روز)			قیمت	هزینه	زمان پاسخ (روز)			قیمت	هزینه
۱	۱۲	۱۰	۲	۴۰۰	۳۷۰	۲۵	۲۲	۳	۲۴۰	۲۱۲	۳۱	۲۵	۶	۱۰۸	۴۵
۲	۱۳	۱۰	۳	۳۷۵	۲۷۸	۲۶	۲۳	۳	۲۰۸	۱۶۷	۳۲	۲۶	۶	۱۰۳	۳۵
۳	۱۴	۱۰	۳	۳۶۳	۲۲۲	۲۷	۲۴	۳	۱۸۸	۱۲۵	۲۳	۲۷	۶	۹۸	۲۷
۴	۱۵	۱۱	۳	۳۴۶	۱۸۵	۲۸	۲۴	۴	۱۶۸	۱۰۸	۳۴	۲۷	۷	۸۸	۲۰
۵	۱۶	۱۱	۴	۳۲۲	۱۶۴	۲۹	۲۵	۴	۱۶۵	۹۸	۳۵	۲۸	۷	۸۴	۱۹
۶	۱۷	۱۲	۴	۳۱۹	۱۵۸	۳۰	۲۵	۵	۱۶۰	۹۰	۳۶	۲۹	۷	۸۲	۱۸
۷	۱۸	۱۲	۴	۳۱۵	۱۵۲	۳۱	۲۵	۵	۱۴۵	۹۴	۳۷	۲۹	۷	۷۶	۱۹
۸	۱۹	۱۲	۴	۳۱۰	۱۵۴	۳۲	۲۵	۵	۱۴۲	۹۶	۳۸	۲۹	۸	۷۴	۲۰
۹	۲۰	۱۳	۴	۳۰۸	۱۶۰	۳۳	۲۵	۵	۱۳۸	۹۷	۳۹	۲۹	۸	۷۳	۲۱
۱۰	۲۱	۱۳	۴	۳۰۵	۱۶۷	۳۴	۲۶	۵	۱۲۵	۹۹	۴۰	۳۰	۹	۶۵	۲۱
۱۱	۲۲	۱۳	۵	۳۰۲	۱۷۵	۳۵	۲۶	۶	۱۲۲	۱۰۴	۴۱	۳۰	۹	۶۲	۲۶
۱۲	۲۳	۱۳	۵	۳۰۰	۱۸۳	۳۶	۲۶	۶	۱۲۰	۱۱۱	۴۲	۳۰	۹	۶۰	۳۲

بنابراین مدل برنامه‌ریزی دو سطحی زمان پاسخ زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی به شکل

زیر است:



$$\begin{aligned} \text{Max } F(x, y) = & 1 \times \left[1376 + \frac{476}{x^{(1)}} + \frac{1240}{y_1^{(1)}} + \frac{101}{y_2^{(1)}} - 2029 + 9 \cdot x^{(1)} + 174y_1^{(1)} - \right. \\ & 11(y_1^{(1)})^2 + 18y_2^{(1)} - 7(y_2^{(1)})^2 + 2 \times \left[-379 + \frac{3711}{x^{(2)}} + \frac{8011}{y_1^{(2)}} + \frac{230}{y_2^{(2)}} - 5734 + \right. \\ & 19x^{(2)} - 0.34(x^{(2)})^2 + 4.2y_1^{(2)} - 7(y_1^{(2)})^2 + 44y_2^{(2)} - 4(y_2^{(2)})^2 \left. \right] + 7 \times \\ & \left[-87 + \frac{3799}{x^{(3)}} + \frac{1760}{y_1^{(3)}} + \frac{208}{y_2^{(3)}} - 1418 + 6 \cdot x^{(3)} - 0.829(x^{(3)})^2 + 37y_1^{(3)} - \right. \\ & \left. 0.5(y_1^{(3)})^2 - 23y_2^{(3)} + 1.8(y_2^{(3)})^2 \right] \end{aligned}$$

S.to:

$$12 \leq x^{(1)} \leq 23$$

$$25 \leq x^{(2)} \leq 36$$

$$21 \leq x^{(3)} \leq 42$$

$$78 \leq \sum_{i=1}^3 x^{(i)} \leq 101$$

$$\max_{y^{(i)}} F_i(x^{(i)}, y^{(i)})$$

$$\begin{aligned} = & 1 \times \left[1376 + \frac{476}{x^{(1)}} + \frac{1240}{y_1^{(1)}} + \frac{101}{y_2^{(1)}} - 2029 + 9 \cdot x^{(1)} \right. \\ & \left. + 174y_1^{(1)} - 11(y_1^{(1)})^2 + 18y_2^{(1)} - 7(y_2^{(1)})^2 \right] \end{aligned}$$

S.to:

$$10 \leq y_1^{(1)} \leq 13$$

$$2 \leq y_2^{(1)} \leq 5$$

$$y_1^{(1)} + y_2^{(1)} \leq x^{(1)}$$

$$\max_{y^{(1)}} F_1(x^{(1)}, y^{(1)})$$

$$\begin{aligned} = & 2 \times \left[-379 + \frac{3711}{x^{(2)}} + \frac{8011}{y_1^{(2)}} + \frac{230}{y_2^{(2)}} - 5734 + 19x^{(2)} - 0.34(x^{(2)})^2 \right. \\ & \left. + 4.2y_1^{(2)} - 7(y_1^{(2)})^2 + 44y_2^{(2)} - 4(y_2^{(2)})^2 \right] \end{aligned}$$

S.to:

$$22 \leq y_1^{(2)} \leq 36$$

$$2 \leq y_2^{(2)} \leq 7$$

$$y_1^{(2)} + y_2^{(2)} \leq x^{(2)}$$

$$\max_{y^{(2)}} F_2(x^{(2)}, y^{(2)})$$

=7

$$\times \left[-87 + \frac{2799}{x^{(2)}} + \frac{1760}{y_1^{(2)}} + \frac{208}{y_2^{(2)}} - 1418 + 6 \cdot x^{(2)} - 0.83(x^{(2)})^2 + 27y_1^{(2)} - 0.5(y_1^{(2)})^2 - 23y_2^{(2)} + 1.8(y_2^{(2)})^2 \right]$$

بر اساس الگوریتم پیشنهادی، نخست مقادیر اولیه به متغیر تصمیم سطح بالاتر $(x^{(i)})$ به

صورت زیر داده می‌شود:

$$x^{(0)} = 25, x^{(1)} = 30, x^{(2)} = 30$$

و با فرض اینکه دمای اولیه تبرید (T) و دفعات تکرار شبیه‌سازی (k) و ثابت‌های الگوریتم

(β) و (δ) به صورت زیر باشند:

$$T = 200, k = 1000, \delta = 2, \beta = 1$$

آن‌گاه مقادیر اولیه به متغیرهای تصمیم سطح بالاتر متناظر $(y^{(i)})$ به صورت زیر داده

می‌شود:

$$y^{(0)} = (14, 5), y^{(1)} = (24, 7), y^{(2)} = (27, 8)$$

کیفیت جواب‌های الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده نسبت به پارامترهای کنترلی حساسیت بالایی دارد و تعیین پارامترهایی که جواب‌های خوب را ایجاد کند، مشکل می‌باشد [۱۷، صص ۲۴-۱].

برای برنامه‌نویسی الگوریتم ترکیبی از زبان MATLAB، بهره برده و جواب بهینه مطلق به صورت زیر حاصل شده است:

$$\begin{aligned} F^* &= 738, x^{(1)} = 28, x^{(2)} = 33 \\ F_1^* &= 181, y_1^{(0)} = 12, y_2^{(0)} = 4 \\ F_1^* &= 133, y_1^{(1)} = 24, y_2^{(1)} = 4 \\ F_2^* &= 422, y_1^{(2)} = 27, y_2^{(2)} = 6 \end{aligned}$$

۴- نتیجه‌گیری

برای غلبه بر تعارض بهینه‌سازی سود شرکت‌های موجود در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی، یک سازوکار برنامه‌ریزی هماهنگ مبتنی بر اطلاعات و منابع سهیم در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی جهت مدیریت عملیات زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی پیشنهاد شده است. برای یک عملیات سودمند در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی، شرکت اصلی زنجیره ترمیم

نارسایی خدماتی به‌عنوان هسته مرکزی طراحی، تشکیل و عملیات زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی نخست دامنه سود هر شرکت موجود در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی را تعیین می‌نماید. سپس، هر یک از بخش‌ها یا شرکت‌های موجود در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی سود موضعی خود در حدود دامنه مجاز تعیین شده را بهینه می‌کنند و تصمیم خود را به بخش یا شرکت اصلی زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی بازخور می‌نمایند. درنهایت، بخش یا شرکت اصلی زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی تصمیم بهینه مطلق را بر مبنای تصمیم‌های بخش‌ها یا شرکت‌های واقع در زنجیره ترمیم نارسایی خدماتی اخذ می‌نماید. برای این منظور یک مدل هماهنگ‌سازی زمان پاسخ زنجیره ترمیم نارسایی خدمات برای تسهیل برنامه‌ریزی همزمان سطح بالاتر و سطح پایین‌تر توسعه داده شده است.

با مقایسه نتایج به دست آمده از مثال عددی با عملکرد زنجیره ترمیم و بخش‌ها یا شرکت‌های فعال در زنجیره ترمیم نارسایی، مدل برنامه‌ریزی دوسطحی توسعه داده شده می‌تواند با تخصیص زمان پاسخ بین بخش‌ها یا شرکت‌های زنجیره ترمیم و تخصیص منطقی زمان اجرای ترمیم خدمات و زمان لجستیک ترمیم خدمات به هر بخش یا شرکت موجود در زنجیره ترمیم، به طور مؤثر به هماهنگی طرح زنجیره ترمیم خدماتی بپردازد و یک ابزار تصمیم‌گیری اثربخش جهت کمک در طرح‌ریزی زمان پاسخ زنجیره ترمیم خدمات محسوب شود.

۵- پی‌نوشت‌ها

1. Service Failure
2. Attribution Theory
3. Positive World of Mouth
4. Xerox
5. Federal Express
6. Vertex Enumerating
7. Kuhn Tacker

۶- منابع

- [1] Shahin A., Salehzadeh R., Gandahari.M.; "Combinating clustering, AHP and KANO methods to give explanation SAMAN bank services (Case study: Qom)"; *Journal of Management Research in Iran*, 1, pp. 73-91, 2013.
- [2] Kazazi A., Azar A., Zangoyenezhad A.; "An algorithm to compute supply chain's service capability with fuzzy MCDM approach"; *Journal of Management Research in Iran*, 2, pp. 149-172, 2011.
- [3] Azar A., Tizro A., Mogbel A., Anvari rostami A.; "Designing a lean supply chain, with an approach to structural instruction modeling"; *Journal of Management Research in Iran*, 4, pp. 1-25, 2011.
- [4] Zhu Z., Sivakumar K. Parasuraman A.; "A mathematical model of service failure and recovery strategies"; *Decision Sciences*, 35(3), pp. 493-525, 2004.
- [5] Hocutt M.A., Bowers M.R., Donovan D.T.; "The art of service recovery: Fact or fiction?"; *Journal of Services Marketing*, 20/3, pp. 199-207, 2006.
- [6] Duffy J. A.M., Miller J.M., Bexley J.B.; "Banking customers' varied reactions to service recovery strategies"; *International Journal of Bank Marketing*, Vol. 24, No. 2, pp. 112-132, 2004.
- [7] Huang W.H., Lin T. D.; "Developing effective service compensation strategies"; Is a price reduction more effective than a free gift?"; *Journal of Service Management*, Vol. 22, No. 2, pp. 202-216, 2010.
- [8] Maxham III J.; "Service recovery's influence on consumer satisfaction positive word-of-mouth, and purchase intentions"; *Journal of Business Research* 54, pp. 11 - 24, 2001.
- [9] Samadi M., Hajipour B., Farsizadeh H.; "Failure in service, service recovery strategies and their affects on customer behavior"; *Journal of Business Management*, printed in Farsi language, 1, pp. 71-86, 2009.
- [10] Kazemi M., Barid nazif Y.; "Equity perception from service recovery and their effects on customer trust in Iranian airlines"; *Journal of Management Research*

Paper, 2, pp. 179-202, 2011.

- [11] DeWitt T. Brady M. K.; "Rethinking service recovery strategies"; *Journal of Service Research*, Vol. 6, No. 2, pp.193-207, 2003.
- [12] Carr L.; "Applying cost of quality to a service business"; *Sloan Management Review*, 33(Summer), pp. 72-77, 1992.
- [13] Tsai M., Lin Ping S., Chan Y.; "Service failures identification: The involvement of the interrelation effect in service practices"; *African Journal of Business Management*, Vol. 5, No. 6, pp. 2301-2311, 2011.
- [14] Silber I., Bustin A., Zvi O. B.; "Recovery strategies for service failures: The case of restaurants"; *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 18, pp. 730-740, 2009.
- [15] Yang W., Li L. Ma S.; "Coordinating supply chain response-time: A bi-level programming approach"; *Int. J. Adv Manuf Technol*, Vol. 31, pp. 1034-1043, 2007.
- [16] Hejazi. S.R., Memariani A.A., Jahanshahloo G.R.; "Solving bi-level programming problem via tabu search algorithm"; *Technical College Journal*, Printed in Farsi language, 2, pp. 197-207, 2002.
- [17] Zare Mehrjerdi Y., Barghi S., Momeni H.A.; "Applying a simulated annealing super heuristic algorithm to solve supply chain problems"; *Operational Research and its Applicants*, 3, pp. 1-24, 2012.