مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال نوزدهم، شماره چهارم (پیاپی ۷۵)، زمستان ۰۱، ص ص ۱۶-۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

تخصیص مجدد منابع در شبکه با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های دوسطحی

مرتضی شفیعی[۱]، محسن رستمی مال‌خلیفه[۲]، هیلدا صالح[۳*]

۱- دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

۲- دانشیار، گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

رسید مقاله: ۱۰ بهمن ۱۳۹۹

پذیرش مقاله: ۲۰ تیر ۱۴۰۰

چکیده

کمبود منابع اولیه تجدیدناپذیر، یکی از چالش‌های جدی است که در دهه‌های اخیر صنایع مختلف با آن مواجه بوده‌اند. از این رو مدیران به دنبال راهکارهای مناسب به منظور استفاده بهینه از این منابع می‌باشند تا با استفاده‌ی حداکثری از امکانات و منابع در دسترس، کارایی زیرمجموعه‌های تحت مدیریت خود را ارتقا بخشند.

یکی از پرکاربردترین تکنیک‌ها در یافتن تخصیص بهینه منابع، تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. بنابراین در این مقاله به ارایه مدلی جدید برای تخصیص مجدد منابع در شبکه‌های موازی می‌پردازیم. سپس با استفاده از برنامه‌ریاضی دوسطحی تکنیکی جدید را برای حل مدل پیشنهادی معرفی می‌کنیم و درنهایت مدل پیشنهادی را به منظور تخصیص مجدد منابع اولیه در صنعت پتروشمی به کار می‌گیریم و نتایج به‌دست آمده را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهیم.

کلمات کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، ارزیابی عملکرد، تخصیص مجدد منابع، برنامه‌ریزی ریاضی دوسطحی.

۱ مقدمه

تخصیص عادلانه منابع ازجمله بودجه، نیروی‌کار، تقاضا، منابع اولیه وغیره در هرسازمانی یکی از مسایل مهم و تاثیرگذار در تصمیم‌گیری‌های مدیران است. در حالت کلی مساله تخصیص منابع بر فرایندی دلالت دارد که به مدیران اجازه می‌دهد که به منظور دست‌یابی به یک هدف نهایی، منابع محدود را در میان زیرمجموعه‌های تحت مدیریت خود به صورت منصفانه تقسیم کنند. هنت و محجوب در سال (۲۰۱۰) نشان دادند که اشتراک منابع موجود در میان اعضا نسبت به زمانی که اعضا به صورت جداگانه کار کنند می‌تواند باعث افزایش سود گردد که البته نکته کلیدی در این زمینه تخصیص عادلانه می‌باشد [۱]. چرا که میزان مشارکت اعضا در یک سیستم به

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: Hilda_saleh@yahoo.com

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

منظور افزایش بازده متفاوت است؛ بنابراین اعضا زمانی مشتاق به همکاری برای افزیش سود می‌باشند که تخصیص عادلانه و منطقی منابع رخ داده باشد. بنابراین تخصیص عادلانه منابع محدود یکی از مسایل مهم در حوزه مدیریت به شمار می‌رود و محققین بسیاری تاکنون در این زمینه مطالعه نموده‌اند و تکنیک‌های متعددی در این زمینه به کار گرفته شده است. ازجمله این تکنیک‌ها تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد.

تحلیل پوششی‌داده‌ها (DEA) که برای اولین بار در سال (۱۹۵۷) توسط فارل ارایه شد، [۲] سپس به وسیله چارنز و همکاران (۱۹۷۸) [۳] و بنکر و همکاران (۱۹۸۴)گسترش یافت [۴]، ابزاری قوی برای به دست آوردن تخصیص بهینه منابع می‌باشد. یکی از اولین مطالعات در زمینه تخصیص منابع با استفاده از DEA توسط کک و کرس (۱۹۹۹) انجام شد ولی روش ارایه‌شده توسط آن‌ها دارای پیچیدگی محاسباتی بالایی بود [۵]؛ بنابراین این روش توسط جهانشاهلو و همکاران اصلاح شد [۶]. همچنین آتناسوپالوس (۱۹۹۹) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی آرمانی روشی را به منظور پیدا کردن یک تخصیص بهینه ارایه نمود[۷]. بسیلی (۲۰۰۳) ابتدا میانگین کارایی همه واحدها را ماکسیمم نمود، سپس یک تخصیص بهینه برای هزینه ثابت در میان همه واحدها را مورد محاسبه قرار داد [۸]. کورهورن و سیرکیجان (۲۰۰۴) با استفاده از یک روشی ترکیبی، با استفاده از DEA و برنامه‌ریزی چندهدفه روشی را به منظور به‌دست آوردن تخصیص بهینه معرفی نمودند [۹]. سپس در تحقیقی دیگر، روش جدیدی توسط کک و ژو (۲۰۰۵) برای تخصیص یک هزینه جدید در یک سازمان ارایه شد [۱۰]. در ادامه لین (۲۰۱۱) با گسترش روش پیشنهادی توسط کک و ژو، مدلی جدید را برای تخصیص منابع در واحدهای تحت ارزیابی ارایه نمود [۱۱].

امیرتیموری و همکاران (۲۰۰۵) در ابتدا کارایی همه واحدها را محاسبه نموده و بدین ترتیب وزن بهینه مورد محاسبه قرار گرفت و سپس با استفاده از وزن‌های بهینه، تخصیص بهینه را محاسبه نمودند [۱۲]. همچنین لوزانو و ویلا (۲۰۱۱) یک مدل غیرشعاعی را به منظور به دست آوردن یک تخصیص بهینه با نظر گرفتن محدودیت داده‌های صحیح ارایه نمودند [۱۳]. امیرتیموری و امروزنژاد (۲۰۱۱ و ۲۰۱۲) مدل‌های جدیدی را به‌منظور تعیین تخصیص عادلانه معرفی کردند به طوری که کارایی واحدها بعد از تخصیص نسبت به قبل از آن بهبود یابد [۱۴، ۱۵]. در ادامه حسین‌زاده لطفی وهمکاران (۲۰۱۳) با استفاده از وزن مشترک، مدلی را به منظور تعیین تخصیص بهینه پیشنهاد نمودند به طوری‌که کارایی همه DMUها به صورت هم‌زمان افزایش می‌یافتند [۱۶]. لی و همکاران (۲۰۱۳) در مرحله اول حداقل و حداکثر تخصیص بهینه را محاسبه نمودند و سپس در مرحله بعد بیشترین درجه رضایت را برای هریک از واحدها محاسبه نمودند [۱۷]. دو و همکاران (۲۰۱۴) ابتدا کارایی هزینه واحدها را محاسبه نمودند سپس با استفاده از یک فرایند تکرارشونده، تخصیص بهینه هزینه ثابت را برای هریک از واحدها محاسبه نمودند [۱۸]. کردرستمی و همکاران تخصیص مجدد منابع را درسازمان‌هایی با فرآیندهای تولید چندگانه به منظور مینیمم کردن کل ورودی های همنوع مورد بررسی قرار دادند [۱۹]. همچنین در مطالعه‌ای دیگر کردرستمی و همکاران تخصیص مجدد مقیدشده منابع را میان واحدهای مستقل یک واحد تجمعی با هدف بهینه کردن مصرف ورودی ارایه نمودند به طوری‌که نقطه تصویر هر یک از واحدهای مستقل مربوط به واحد تجمعی تحت بررسی را در هر منطقه، با حفظ پایداری مرزهای کارا ارایه دادند [۲۰]. همچنین رضویان [۲۱] تخصیص

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

منابع متمرکز را از دیدگاه هزینه‌ای، درآمد و سود به منظور تخصیص با کم‌ترین هزینه و بیش‌ترین درآمد و سود کلی مورد بررسی قرار داد. به منظور محاسبه کارایی و تعیین تخصیص بهینه در منابع بیمارستانی، آزاد و همکاران [۲۲] و همچنین کتابی و همکاران به منظور تخصیص منابع به بخش‌های مختلف بیمارستانی، روش تحلیل پوششی داده‌های متمرکز را به کار گرفتند و نشان دادند که میزان مجموع کاهش ورودی‌های به‌دست‌آمده از مدل متمرکز، بیشتر از میزان کاهش مجموع ورودی‌های به‌دست‌آمده از مدل‌های کلاسیک بود [۲۳]. صانعی و غلام آزاد مدل‌های تخصیص را برای داده‌های کسری و بازه‌ای توسعه دادند و مدلی جدید را برای تخصیص منصفانه هزینه بین واحدها با حضور داده‌های بازه‌ای وکسری با در نظر گرفتن اصل عدم تغییر کارایی واحدها معرفی نمودند [۲۴].

با توجه به این‌که امروزه توسعه پایدار به عنوان مهم‌ترین مساله در مسیر توسعه اقتصادی کشورهاست و برای دستیابی به پایداری در توسعه، کشورها باید توجه ویژه‌ای به جنبه‌های زیست محیطی داشته باشند؛ بنابراین مومنی و همکاران در مطالعه‌ای یک مدل متمرکز تحلیل پوششی داده‌ها برای تخصیص عادلانه مجوزهای انتشار ارایه نمودند. مدل ارایه‌شده کارایی کشورها را در حضور ورودی‌های قابل کنترل و غیرقابل کنترل برای توزیع مجوزهای انتشار ارزیابی می‌کند [۲۵]. همچنین با توجه به این که این بودن برخی هزینه‌های ثابت در بانک‌ها گاهی از اصلی‌ترین چالش‌های در نظام بانکداری محسوب می‌شود، از این رو نیازی و همکاران اثرات کارایی تخصیص هزینه‌های ثابت و متغییر را بر کیفیت گزارشگری مالی را در بانک‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها اندازه‌گیری نمودند [۲۶]. همچنین امیری همکاران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی تعداد بهینه اپراتور برای تخصیص به هر بخش و همچنین توالی بهینه انجام کارها با هدف دستیابی به افزایش بهره‌وری و کاهش زمان سیکل هر قطعه، در یک شرکت تولیدکننده قطعات را تعیین نمودند [۲۷].

اگرچه استفاده از DEA برای تخصیص منابع نتایج خوبی به همراه داشته است ولی نادیده انگاشتن فرایندهای درونی یک سازمان در تخصیص عادلانه منابع، مساله‌ای اساسی است که مدل‌های کلاسیک تحلیل-پوششی‌داده‌ها به طور جدی با آن مواجه‌اند. به عبارت دیگر در مطالعات انجام شده هر یک از واحدهای تحت ارزیابی به صورت یک مرحله‌ای در نظر گرفته شده‌اند؛ در حالی‌که درعمل بسیاری از سازمان‌ها به صورت چندمرحله‌ای عمل می‌کنند.

فار و گراسکوف در سال (۱۹۹۶) برای اولین‌بار تحلیل پوششی‌داده‌های شبکه‌ای را مطرح نمودند پس از آن، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به سرعت گسترش یافت و به عنوان ابزاری قوی مورد استفاده قرار گرفت [۲۸]. در مطالعات انجام‌شده بر روی واحدهای چندمرحله‌ای معمولا به ارزیابی عملکرد و محاسبه کارایی این واحدها پرداخته شده است [۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶] ؛ ولی به منظور به‌دست آوردن تخصیص بهینه در شبکه مطالعات کمی انجام شده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

۱-۱ تخصیص هزینه ثابت در شبکه

از جمله اولین مطالعات انجام گرفته برای یافتن تخصیص بهینه در شبکه توسط یو و همکاران انجام شد. در این تحقیق یک شبکه دو مرحله‌ای ساده با یک هزینه ثابت به عنوان یک ورودی مستقل برای مراحل ۱ و ۲ در نظر گرفته شده است و با استفاده از یک فرایند تکرارشونده تخصیص بهینه محاسبه شد [۳۷]. در ادامه ژو و همکاران علاوه بر تخصیص هزینه ثابت یک تخصیص بهینه برای منابع مشترک را نیز در یک شبکه دو مرحله‌ای در نظر گرفتند؛ ولی جواب بهینه به‌دست آمده از این مدل همیشه رضایت بخش نمی‌باشد [۳۸]. لی و همکاران (۲۰۱۹) الگوریتمی را برای تعیین تخصیص بهینه و منحصر به فرد هزینه ثابت در شبکه‌های دو مرحله‌ای ارایه نمودند [۳۹]. برخلاف روش‌های قبلی، چو و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از تعادل نش و مساله رهبر- پیرو و ترکیب آن NDEA یک روش جدید برای تخصیص بهینه یک هزینه ثابت ارایه نمودند؛ بنابراین استفاده از تعادل نش به طور اتوماتیک تضمین می‌کند که تخصیص به‌دست آمده منحصربه‌فرد است. همچنین در این مقاله یک تعریف جدید برای سطح رضایت‌مندی ارایه نمودند [۴۰].

۱-۲ تخصیص منابع در شبکه

از جمله اولین مطالعات انجام گرفته در این زمینه توسط بی وهمکاران (۲۰۱۱) انجام گرفت. در این تحقیق که بر روی شبکه‌های موازی انجام گرفته است تخصیص مجدد ورودی به منظور کاهش ناکارایی واحدها انجام گرفته است [۴۱]. همچنین چن و شرما (۲۰۱۰) [۴۲] و طلوع و همکاران (۲۰۱۶) [۴۳] شبکه‌های دومرحله‌ای را به منظور تعیین تخصیص بهینه بر روی ورودی مشترک بین مراحل ۱و ۲ مورد بررسی قرار دادند. آن و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از نظریه بازی‌ها تخصیص بهینه را بر روی شبکه‌های سری سه مرحله‌ای گسترش دادند [۴۴]. همچنین محبی و همکاران تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای را به منظور طراحی یک زنجیره تأمین سبز دومرحله‌ای با تخصیص بهینه یک تأمین‌کننده سبز به یک تولیدکننده سبز بر اساس ماکزیمم کارایی و در نظرگرفتند [۴۵].

همان طور که مشاهده می‌کنید در تحقیقاتی که تاکنون انجام شده است در تخصیص مجدد منابع در شبکه صرفا بر روی به‌دست آوردن تخصیص بهینه برای افزایش کارایی نسبی واحدهای تحت ارزیابی تمرکز شده است. در این مقاله به دنبال ارایه مدلی جدید برای به‌دست آوردن تخصیص مجدد منابع در شبکه‌های موازی به منظور افزایش کارایی هزینه و کارایی سود هستیم.

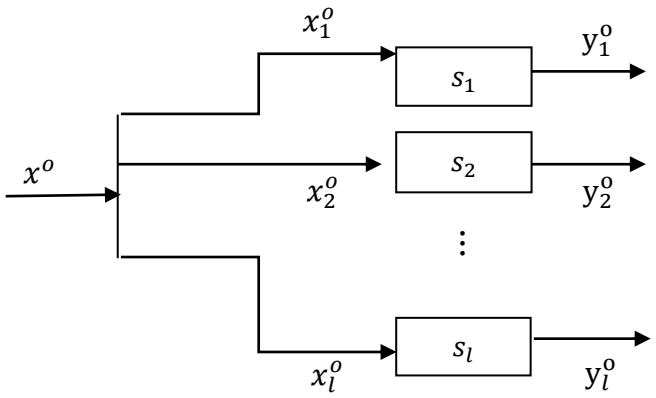
در این مقاله ابتدا در بخش۲، مدلی جدید برای تخصیص مجدد منابع در شبکه‌های موازی ارایه شده است. سپس در بخش ۳، باستفاده از تحلیل پوششی داده‌های دوسطحی یک روش حل برای مدل ارایه‌شده، پیشنهاد گردیده است. درادامه در بخش ۴، مدل ارایه‌شده برروی یک مطالعه واقعی در صنعت پتروشیمی به کار گرفته شده است. در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات کاربردی برای تحقیقات آتی بیان شده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

۲ تخصیص مجدد منابع در شبکه

در حالت کلی یک واحد تولیدی با m خط تولید موازی را به‌صورت زیر در نظر بگیرید.



شکل ۱. شبکه موازی یک مرحله‌ای

فرض کنید بردار منابع اولیه x^j موجود باشد و به هر یک از خطوط تولید سهمی به اندازه $x_k^j = (x_{k1}^j, ..., x_{km}^j)$ اختصاص یابد به طوری که $\sum_k x_k^j = x^j$. بدین ترتیب هر یک از خطوط تولید با مصرف بردار x_k^j بردار خروجی $y_k^j = (y_{k1}^j, ..., y_{ks}^j)$ را تولید می‌کنند.

در این بخش به دنبال ارایه روشی برای تخصیص مجدد منابع اولیه در خطوط تولید برای بهبود عملکرد کل شبکه تحت ارزیابی، هستیم. البته قبل از شروع بحث توجه به چند نکته ضروری است:

۱) تخصیص مجدد منابع به عنوان یک جریان داخلی در نظر گرفته شده است و از تبادلات خارجی صرف نظر شده است.

۲) تخصیص مجدد ممکن است دارای هزینه‌هایی باشد در ابتدا این هزینه را صفر در نظر می‌گیریم

۳) تخصیص مجدد ممکن است دارای محدودیت‌هایی باشد که در ابتدا از این محدودیت‌ها چشم‌پوشی می‌کنیم.

۴) در برخی از سازمان‌ها، برخی از ورودی‌ها ممکن است قابلیت تخصیص مجدد را نداشته باشند.

حال مدل (۱) را برای به‌دست آوردن جریان تخصیص بهینه به صورت زیر معرفی می‌کنیم.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

$$
\begin{aligned}
&\min \quad t \\
&s.t. \quad \sum_k x_{ki} = x_i^o, && i = ۱,...,n, \\
&\quad x_{ki} \geq ۰, && i = ۱,...,m, k = ۱,...,d, \\
&t = \max \sum_k \varphi_k \\
&s.t. \quad \sum_j \lambda_k^j x_{ki}^j \leq x_{ki}, && i = ۱,...,m, k = ۱,...,d, \\
&\quad \sum_j \lambda_k^j y_{kr}^j \geq \varphi_k y_{kr}^o, && r = ۱,...,s, k = ۱,...,d, \\
&\quad \lambda_k^j \geq ۰, && j = ۱,...,n, k = ۱,...,d, \\
&\quad y_{rk} \geq ۰, && r = ۱,...,s, k = ۱,...,d.
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

همان طور که مشاهده می‌کنید مدل (۱) یک مدل دو سطحی است که در ابتدا در سطح ۱ با استفاده از قید $\sum_k x_{ki} = x_i^o$ یک تخصیص جدید از منابع به عنوان یک جواب شدنی برای سطح ۲ معرفی می‌شود از این مرحله به بعد تخصیص به‌دست آمده از سطح ۱ به عنوان مقدار ثابت برای سطح ۲ در نظر گرفته می‌شوند. در سطح ۲ به ازای این تخصیص جدید همانند مدل‌های موجود در شبکه‌های موازی φ_k^* برای هر مرحله و سپس $\sum_k \varphi_k^*$ برای شبکه محاسبه می‌شود و در نهایت از میان همه $\sum_k \varphi_k^*$ محاسبه‌شده به ازای هریک از تخصیص‌های شدنی بهترین آن‌ها (کمترین $\sum_k \varphi_k^*$) در سطح ۱ انتخاب می‌شود.

حال فرض کنید محدودیتی برای جابه‌جایی بردار ورودی x_{ki} از بردار x_k^o در سازمان مورد نظروجود داشته باشد. به عنوان مثال فرض کنید براساس سیاست‌های درونی سازمان در هر خط تولید حداقل ۱ و حداکثر ۳ کارگر متخصص مورد نیاز می‌باشد بنابراین همواره داریم: $۱ \leq x_{ki} \leq ۳$. در هر حالت کلی برای در نظر گرفتن چنین شرایطی می‌توان قید $a_{ki}^o \leq x_{ki} \leq b_{ki}^o$ را به مدل (۱) اضافه کرد. توجه داشته باشید که a_{ki}^o و b_{ki}^o مقادیر ثابتی هستند که توسط مدیر شبکه مشخص می‌شوند. در مرحله بعدی فرض کنید هر جابجایی هزینه‌ای به اندازه c_{ki}^o را به سازمان تحمیل کند. (به عنوان مثال هزینه لازم برای آموزش کارگران تازه وارد به خط تولید) از طرفی شرکت بودجه‌ای به اندازه $\bar{c}$ را برای تخصیص مجدد در نظر گرفته است و هزینه‌ای بیش از این مقدار برای شرکت مقدور نمی‌باشد. برای در نظر گرفتن چنین شرایطی قید $\sum_k \sum_i c_{ki}^o \leq \bar{c}$ را به مدل (۱) اضافه می‌کنیم.

حال فرض کنید هزینه به‌کارگیری ۱ واحد از ورودی اولیه i ام در واحد o برابر با c_i^o باشد در این صورت واحد o برای استفاده از منابع اولیه i ام باید هزینه‌ای به اندازه $c_i^o x_i^o$ را پرداخت کند. بنابراین هزینه اولیه در واحد o برابربا $c^o x^o$ می‌باشد. همچنین فرض کنید درآمد حاصل از تولید ۱ واحد از خروجی r ام به انداز p_r^o باشد در این حالت واحد o با تولید خروجی y^o درآمدی به اندازه $p^o y^o$ خواهد داشت و سود شرکت برابر با $p^o y^o - c^o x^o$ می‌باشد. حال سوال جدیدی به صورت زیر برای مدیران مطرح می‌شود:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

"آیا می‌توان منابع اولیه را در میان خطوط تولید مجددا طوری تخصیص داد که سود حاصله افزایش یابد؟" برای پاسخ به این سوال مدل (۱)به صورت زیر پیشنهاد می‌شود.

$$\begin{aligned}
&\max\ p^o y - c^o x \\
&s.t.\ \sum_k x_{ik} = x_i^o, && i = ۱,...,n, \\
&\quad x_{ik} \geq ۰, && i = ۱,...,m, k = ۱,...,d, \\
&\max\ p^o y \\
&\quad s.t\ \sum_j \lambda_k^j x_{ki}^j \leq x_{ik}, && i = ۱,...,m, k = ۱,...,d, \\
&\quad \sum_j \lambda_k^j y_{kr}^j \geq y_{rk}, && r = ۱,...,s, k = ۱,...,d, \\
&\quad \lambda_k^j \geq ۰, && j = ۱,...,n, k = ۱,...,d, \\
&\quad y_{rk} \geq ۰, && r = ۱,...,s, k = ۱,...,d.
\end{aligned} \qquad (۲)$$

بدین ترتیب در سطح ۱ ابتدا یک تخصیص شدنی پیشنهاد می‌شود سپس در سطح ۲ به ازای این تخصیص جدید خروجی‌های جدید و درآمد حاصله از تولید جدید محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از تابع هدف سطح ۱ سود حاصله از این تخصیص یعنی $p^o y - c^o x$ به‌دست می‌آید و در نهایت در میان همه تخصیص‌های شدنی تخصیصی که دارای بیشترین سود است معرفی می‌شود. همان طور که مشاهده شد در هر یک از مدل سازی‌های انجام‌شده در این قسمت نیاز به حل یک مساله برنامه ریزی دو سطحی می‌باشد؛ بنابراین در قسمت بعد روش حل یک مساله دو سطحی را توضیح می‌دهیم.

۳ برنامه‌ریزی ریاضی دوسطحی

مسایل برنامه‌ریزی چندسطحی به مسایلی اطلاق می‌شود که در یک ساختار سلسله مراتبی به بهینه‌سازی اهداف گوناگون می‌پردازند. در این گونه مسایل چندین سطح تصمیم‌گیری وجود دارد که هر سطح تابع هدف مخصوص به خود را دارا می‌باشد و هر تابع هدف در هر یک از سطوح سلسله مراتبی دارای محدودیت‌های مربوط به خود می‌باشد. درحالت خاص چنانچه مساله دارای دو سطح باشد به آن، مساله برنامه‌ریزی دو سطحی می‌گویند. به عبارت دیگر مساله برنامه‌ریزی دوسطحی، یک برنامه‌ریزی ریاضی است که در آن یک مساله بهینه‌سازی در محدودیت‌های یک مساله بهینه‌سازی دیگر قرار دارد. تصمیم‌گیرنده سطح بالاتر (HLDM) [1] را رهبر و تصمیم‌گیرنده سطح پایین (LLDM) [2] را پیرو می‌نامند.

برای حل مسایل برنامه‌ریزی چندسطحی روش‌های متفاوتی تاکنون ارایه شده است. در حالت کلی، این روش‌ها را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

[1] Higher-Level Decision Maker
[2] Lower-Level Decision Maker

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

۱) روش‌های جستجو مانند الگوریتم k-best
۲) روش‌های انتقال مانند انشعاب-تحدید
۳) روش‌های فراابتکاری مانند الگوریتم ژنتیک
۴) روش‌های تکاملی مانند الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان
۵) روش‌های مبتنی بر مفاهیم فازی

۳-۱ تحلیل پوششی داده‌های دوسطحی

تحلیل پوششی داده‌های دوسطحی، نوع خاصی از برنامه‌ریزی خطی دوسطحی می باشد که وجود عوامل متعددی در ماهیت آن باعث پیچیدگی‌های خاصی در این نوع از مسایل گردیده است. بنابراین ساختارهای سلسله مراتبی با تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها کمتر مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. از جمله مطالعات انجام گرفته می‌توان به تحقیقات حکیم و همکاران (۲۰۱۶) [۴۶] و رضوی حاجی‌آقا و همکاران (۲۰۱۹) اشاره نمود [۴۷] .

با توجه به این که در روش‌های حل مبتنی بر مفاهیم فازی جواب‌های به‌دست آمده رضایت‌بخش می‌باشند؛ لذا در این تحقیق با استفاده از روش ارایه‌شده توسط محمود و ابوسینا (۲۰۰۱) به ارزیابی ساختارهای دوسطحی می‌پردازیم [۴۸].

در ابتدا فرض کنید:

$$G=\{(x,y)\,|\,\sum_k x_k=x^o,\sum_j \lambda_k^j x_k^j\le x_k,\sum_j \lambda_k^j y_{kr}^j\ge y_{rk},x_{ik}\ge 0,y_{rk}\ge 0,\lambda_k^j\ge 0\}$$

همچنین فرض کنید f_o^* و $\overline{f}_o$ به ترتیب بهترین و بدترین مقدار تابع هدف سطح H بر روی G می‌باشد. به عبارت دیگر f_o^* جواب بهینه مدل زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned}
&\max\ p^o y-c^o x\\
&s.t.\sum_k x_{ik}=x_i^o, && i=1,\dots,n,\\
&x_{ik}\ge 0, && i=1,\dots,m,k=1,\dots,d\\
&\sum_j \lambda_k^j x_{ki}^j\le x_{ik}, && i=1,\dots,m,k=1,\dots,d\\
&\sum_j \lambda_k^j y_{kr}^j\ge y_{rk}, && r=1,\dots,s,k=1,\dots,d,\\
&\lambda_k^j\ge 0, && j=1,\dots,n,k=1,\dots,d,\\
&y_{rk}\ge 0, && r=1,\dots,s,k=1,\dots,d.
\end{aligned}\qquad (۳)$$

همچنین به منظور محاسبه $\overline{f}_o$ ، جواب بهینه مدل (۴) را به‌دست می‌آوریم:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

$$
\begin{aligned}
&\min\ p^o y - c^o x \\
&s.t. \\
&\sum_k x_{ik} = x_i^o, && i = 1,...,n, \\
&x_{ik} \geq 0, && i = 1,...,m, k = 1,...,d, \\
&\sum_j \lambda_k^j x_{ki}^j \leq x_{ik}, && i = 1,...,m, k = 1,...,d, \\
&\sum_j \lambda_k^j y_{kr}^j \geq y_{rk}, && r = 1,...,s, k = 1,...,d, \\
&\lambda_k^j \geq 0, && j = 1,...,n, k = 1,...,d, \\
&y_{rk} \geq 0, && r = 1,...,s, k = 1,...,d.
\end{aligned}
\tag{۴}
$$

حال به منظور محاسبه سطح رضایت‌مندی از جواب بهینه، تابع رضایت‌مندی زیر را با استفاده از مفهوم تابع عضویت در تئوری فازی تعریف می‌کنیم:

$$
\mu_{f_o}[f_o(x,y)] = \begin{cases} 1, & f_o(x,y) \geq f_o^* \\ \dfrac{f_o(x,y) - \overline{f}_o}{f_o^* - \overline{f}_o}, & \overline{f}_o < f_o(x,y) < f_o^* \\ 0, & f_o(x,y) \leq \overline{f}_o \end{cases}
$$

حال به منظور یافتن جوابی که کم‌ترین فاصله را از جواب رضایت‌بخش در سطح H دارا می‌باشد، مساله زیر را حل می‌کنیم:

$$
\begin{aligned}
&\max\ \lambda \\
&s.t. \\
&(x,y) \in G, \\
&\mu_{f_o}[f_o(x,y)] \geq \lambda, \\
&0 \leq \lambda \leq 1.
\end{aligned}
\tag{۵}
$$

جواب بهینه مدل (۵) را به صورت (λ^H, x^H, y^H) نمایش می‌دهیم. در مرحله بعد به طور مشابه، $\mu_{f_1}[f_1(\overline{x})]$ را با استفاده از رابطه زیر به‌دست می‌آوریم:

$$
\mu_{f_1}[f_1(x,y)] = \begin{cases} 1, & f_1(x,y) > f_1^* \\ \dfrac{f_1(x,y) - \overline{f}_1}{f_1^* - \overline{f}_1}, & \overline{f}_1 < f_1(x,y) < f_1^* \\ 0, & f_1(x,y) \leq \overline{f}_1 \end{cases}
$$

به طوری‌که f_1^* و $\overline{f}_1$ به ترتیب بهترین و بدترین مقدار تابع هدف سطح L بر روی G می‌باشد. به منظور محاسبه جوابی که کم‌ترین فاصله از جواب رضایت‌بخش را در سطح L دارا می‌باشد مساله زیر را حل می‌کنیم

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

$$\begin{aligned}&\max\ \beta\\&s.t.\\&(x,y)\in G,\\&\mu_{f_1}[f_1(x,y)]\geq\beta,\\&0\leq\lambda\leq 1.\end{aligned}\qquad(۶)$$

جواب بهینه مدل (۶) را به صورت (λ^L, x^L, y^L) نمایش می‌دهیم.

با توجه به این که ماهیت هر دو سطح با یکدیگر متفاوت است به طور معمول جواب‌های به‌دست آمده با استفاده از حل مدل‌های (۵) و (۶) با یکدیگر در تضاد خواهند بود. بنابراین به منظور دست‌یابی به جوابی که مورد قبول هر دوسطح باشد، در ابتدا HLDM یک تلرانس برای جواب سطح H تعریف می‌کند. در نتیجه $\mu_x(x)$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_x(x)=\begin{cases}\dfrac{x-(x^H-t_1)}{t_1}, & (x^H-t_1)\leq x\leq x^H\\[2ex]\dfrac{(x^H+t_1)-x}{t_1}, & x^H\leq x\leq(x^H+t_1)\\[2ex]0, & o.w\end{cases}$$

همچنین از یک طرف از نظر HLDM هر مقدار بیشتر از f_o^H صد درصد مورد قبول است و از طرف دیگر، اگر $f_o<f_o'=f_o(x^l,y^l)$ آن‌گاه این جواب در عمل رضایت‌بخش نمی‌باشد؛ بنابراین سطح رضایت‌مندی از جواب بهینه را برای HLDM با استفاده از تابع زیر تعریف می‌کنیم:

$$\mu_{f_o}[f_o(x,y)]=\begin{cases}1, & f_o(x,y)\geq f_o^H\\[2ex]\dfrac{f_o(x,y)-f_o'}{f_o^H-f_o'}, & f_o'<f_o(x,y)<f_o^H\\[2ex]0, & f_o(x,y)\leq f_o'\end{cases}$$

به طور مشابه با HLDM، سطح رضایت‌مندی از جواب بهینه را برای LLDM، به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$\mu_{f_o}[f_o(x,y)]=\begin{cases}1, & f_1(x,y)>f_1^L\\[2ex]\dfrac{f_1(x,y)-f_1'}{f_1^L-f_1'}, & f_1'<f_1(x,y)<f_1^L\\[2ex]0, & f_1(x,y)\leq f_1'\end{cases}$$

به طوری‌که: $f_1'=f_1(x^H,y^H)$. در نهایت برای منظور به‌دست آوردن جواب مورد قبول هر دو تصمیم‌گیرنده مساله زیر را حل می‌کنیم.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

$$
\begin{aligned}
&\max\ \delta \\
&s.t. \\
&(x,y)\in G, \\
&\frac{x-(x^H-t_1)}{t_1}\geq \delta, \\
&\frac{(x^H+t_1)-x}{t_1}\geq \delta, \\
&\frac{f_o(x,y)-f_o'}{f_o^H-f_o'}\geq \delta, \\
&\frac{f_1(x,y)-f_1'}{f_1^L-f_1'}\geq \delta, \\
&x,y\geq 0, \\
&0\leq \delta\leq 1.
\end{aligned}
\qquad (۷)
$$

حال اگر جواب به‌دست آمده مورد قبول هر دو سطح باشد کار تمام است؛ در غیراین‌صورت باید با معرفی تلورانس جدید مجدد مراحل را تکرار کرد.

٤ مطالعه موردی

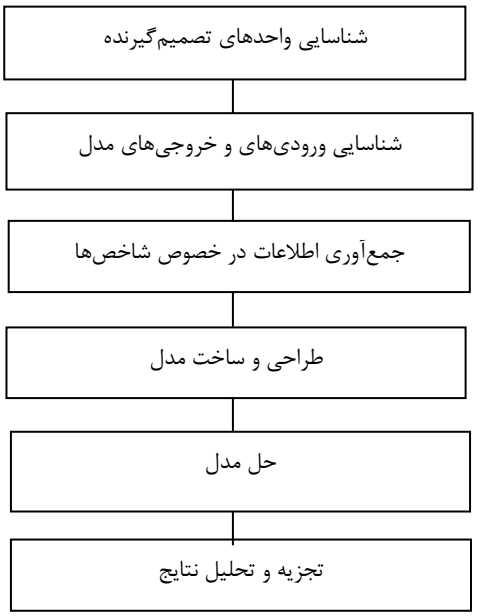
شرکت‌های پتروشیمی بخشی از محیط گسترده سازمان‌های تولیدی هستند، که با وجود دارا بودن معیارهای غیرمالی بسیار، همواره به یک سیستم ارزیابی عملکرد فراگیر نیازمندند که علاوه بر حفظ معیارهای مالی، معیارهای غیرمالی متعدد آنان را نیز مورد ارزیابی قرار دهد. با توجه به نقاط ضعف سیستم‌های فعلی اندازه‌گیری عملکرد، بسیاری از سازمان‌های پیشرو به طراحی و استقرار سیستم‌های جامع‌تری که وظایف سازمانی را با اهداف استراتژیک پیوند داده و با ارایه مجموعه متوازنی از شاخص‌های مالی و غیرمالی، فعالیت‌های سازمان را به سمت خواست و نیاز مشتریان هدایت کند، پرداختند. هم‌چنین علاوه بر دلایل مطرح شده، دلایل ذیل برای نشان دادن اهمیت صنعت پتروشیمی به صورت خلاصه بیان می‌شود:

۱. صنعت پتروشیمی در تامین مواد مورد نیاز برای سایر صنایع نقش محوری دارد و عملا توسعه صنعت کشور به توسعه صنعت پتروشیمی وابسته است.
۲. نفت و گاز مهم‌ترین ورودی‌های صنعت پتروشیمی هستند. با توجه به رو به پایان بودن سوخت‌های فسیلی و عدم تجدیدپذیری این منابع می‌توان گفت برای استفاده بهینه از این منابع نیازمند کاراتر نمودن صنعت پتروشیمی و تلاش در جهت استمرار و بهبود وضعیت بهره‌وری موجود در این صنعت هستیم.

بنابراین مراحل انجام کار در نمودار زیر بیان شده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

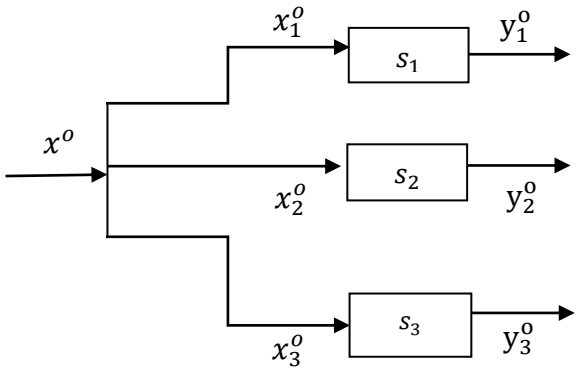


نمودار ۱. مراحل انجام تحقیق

در ادامه هر یک از فرایندهای بیان‌شده در نمودار فوق تشریح می‌شوند.

٤-١ شناسایی واحدهای تصمیم‌گیرنده و تعیین ورودی و خروجی آن‌ها

پژوهش حاضر برروی یک گروه صنعتی انجام گرفته است که در ۵ منطقه مختلف فعالیت می‌کنند. هر منطقه شامل ۲ واحد تولیدی است. عملیات تولیدی در این پنج منطقه تولیدی بدین گونه است که از ۷ منبع اولیه برای تولید یک محصول استفاده می‌کند؛ به عبارت بهتر، آب خنک کن در گردش، آب بدون املاح، هوای فشرده، ازت، برق، گاز خوراک، گاز سوخت به هریک از خطوط تولید انتقال می‌یابند و در نهایت هر کدام از خطوط تولید با استفاده از روش تولید مستقل خود اقدام به تولید آمونیاک می‌کند. شکل ۲، چگونگی عملکرد این خطوط تولید را نشان می‌دهد.



شکل۲. شبکه موازی سه مرحله‌ای

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

به طوری‌که x^o ورودی مشترک در هر منطقه تولیدی است که بین هریک از ۳ واحد تولیدی توزیع می‌گردد. سپس هر واحد تولیدی با استفاده از ورودی مختص به خود و با تکنولوژی مورد استفاده در آن واحد تولیدی خروجی‌های مورد نظر را همانند آنچه در جدول۱ نشان داده شده است تولید می‌نماید.

جدول ۱. شاخص‌های ورودی و خروجی

خروجی	ورودی						
آمونیاک	گاز سوخت	گاز خوراک	برق	ازت	هوای فشرده	آب بدون املاح	آب خنک کن در گردش

همان طور که مشاهده می‌کنید ورودی‌های این پژوهش همگی جز منابع طبیعی تجدیدناپذیر شامل آب، سوخت‌های فسیلی، گاز طبیعی خوراک و گاز طبیعی سوخت هستند؛ لذا استفاده بهینه از این منابع دارای اهمیتی دو چندان است.

٤-۲ جمع‌آوری اطلاعات در خصوص شاخص‌ها

اطلاعات کمی مورد نیاز در رابطه با شاخص‌های ورودی و خروجی برای هر گروه از طریق شرکت سهامی پتروشیمی شیراز به دست آمد. که در جدول ۲ بیان شده است.

٤-۳ تحلیل پوششی داده‌های دو سطحی

در این مرحله با استفاده از مدل (۲) و داده‌های جدول ۲ و با استفاده از نرم افزار GAMS تخصیص بهینه را برای هریک از خطوط تولید محاسبه می‌کنیم. نتایج به‌دست آمده دردر جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲. مقادیر شاخص‌های ورودی و خروجی

خروجی	ورودی							زیر واحدها	واحدهای تحت ارزیابی
آمونیاک	گاز سوخت	گاز خوراک	برق	ازت	هوای فشرده	آب بدون املاح	آب خنک کن در گردش		
۵۸۹۶۲	۲۳۲۵۰۵۵۲	۴۲۴۰۵۳۹۰	۵۹۹۲۳۰۰	۴۱۶۶۴۰	۴۱۹۵۰۰	۸۳۴۳۰	۱۳۵۴۹۲۰۰	۱-۱	۱
۶۲۲۴۴	۲۴۲۶۹۷۰۶	۴۶۰۹۳۰۳۰	۶۱۷۳۶۰۰	۴۱۵۹۵۰	۴۲۰۶۰۰	۷۹۷۰۰	۱۳۴۸۴۰۰۰	۱-۲	
۵۳۶۸۲	۲۲۹۵۶۲۸۱	۴۳۳۸۱۴۹۰	۶۲۵۷۶۰۰	۴۲۱۸۵۰	۶۳۳۱۰۰	۸۱۹۲۰	۱۳۲۶۸۰۰۰	۲-۱	۲
۶۳۲۸۸	۲۳۲۶۶۶۳۷	۴۳۹۴۴۷۴۰	۵۷۴۳۷۰۰	۴۲۲۱۰۰	۶۳۲۲۰۰	۹۸۳۵۰	۱۵۲۲۰۲۰۰	۲-۲	
۵۲۵۶۵	۲۱۰۹۲۴۴۷	۳۸۹۱۱۴۸۰	۵۰۳۰۳۰۰	۴۳۱۳۰۰	۶۸۶۰۰	۱۰۴۳۹۰	۱۳۶۰۲۰۰۰	۳-۱	۳
۵۹۹۶۱	۲۳۳۴۴۵۰۷	۴۴۳۲۵۴۱۰	۵۱۹۷۳۰۰	۴۸۹۰۵۰	۶۷۶۳۰۰	۱۱۶۸۷۰	۹۴۲۸۰۰۰	۳-۲	
۶۰۰۴۱	۲۲۰۰۰۸۴۹	۴۱۵۰۶۹۱۰	۴۸۴۸۷۰۰	۴۸۸۹۵۰	۶۹۲۶۰۰	۱۰۱۹۱۰	۱۳۸۳۲۳۰۰	۴-۱	۴
۵۹۹۹۳	۲۲۵۷۰۶۹۴	۴۳۰۹۰۶۲۰	۴۸۵۷۹۰۰	۴۸۹۷۵۰	۶۹۲۸۰۰	۱۰۹۰۴۰	۱۳۸۴۲۲۰۰	۴-۲	
۶۲۶۴۲	۲۲۵۳۲۸۲۳	۴۳۷۵۴۱۸۰	۴۶۶۱۶۰۰	۴۰۸۹۶۰	۷۵۱۷۰۰	۱۰۹۹۸۰	۱۴۰۶۳۴۰۰	۵-۱	۵
۵۰۹۹۳	۲۲۰۴۹۳۵۶	۴۱۵۷۷۷۵۰	۴۹۹۳۴۰۰	۴۸۰۸۰۰	۷۵۶۰۰۰	۱۲۱۰۰۰	۱۴۷۷۰۲۰۰	۵-۲	

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

جدول ۳. تخصیص بهینه برای هریک از خطوط تولید

واحدهای تحت ارزیابی	زیر واحدها	آب خنک کن در گردش	آب بدون املاح	هوای فشرده	ازت	برق	گاز خوراک	گاز سوخت	آمونیاک
۱	۱-۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۱-۲	۲۷۰۳۳۲۰۰	۱۶۳۱۳۰	۸۴۰۱۰۰	۸۳۲۵۹۰	۱۲۱۶۵۹	۸۸۴۹۸۴۲۰	۴۷۵۲۰۲۵۸	۶۰۰۳۱/۸۱
۲	۲-۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۲-۲	۲۸۴۸۸۲۰۰	۱۸۰۲۷۰	۱۲۶۵۳۰۰	۸۴۳۹۵۰	۱۲۰۰۱۳۰۰	۸۷۳۲۶۲۳۰	۴۶۲۲۲۹۱۸	۶۱۴۷۵/۷۵
۳	۳-۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	۳-۲	۲۳۰۳۰۰۰۰	۲۲۱۲۶۰	۱۳۶۲۳۰۰	۹۲۰۳۵۰	۱۰۲۲۷۶۰۰	۸۳۲۳۶۸۹۰	۴۴۴۳۶۹۵۴	۵۴/۵۷۹۷۱
۴	۴-۱	۲۷۵۶۵۸۰۹	۲۰۵۳۵۴/۷	۱۳۷۷۶۱۳	۹۰۱۹۹۲/۵	۹۶۴۶۶۸۷	۸۴۰۸۶۴۸۵	۴۴۲۰۵۳۸۲	۶۰۳۰۷/۰۴
	۴-۲	۱۰۸۶۹۱/۲	۵۵۹۵/۳۲	۷۷۸۷/۴۸	۷۶۷۰۷/۴۷	۵۹۹۱۲/۸۶	۵۱۱۰۴۴/۹	۳۶۶۱۶۰/۵	۴۵۱/۹۶
۵	۵-۱	۲۷۸۷۵۵۹۹	۲۱۲۲۸۹/۳	۱۴۴۷۳۱۵	۶۲۳۵۸۴	۹۴۸۰۶۴۲	۵۴۲۱۸۹۲۱	۴۴۵۱۵۶۰۱	۶۱۳۶۵/۳۲
	۵-۲	۹۵۸۰۰۰/۸	۱۸۶۹۰/۶۷	۶۰۳۸۴/۹۹	۲۶۶۱۷۶	۱۷۴۳۵۸/۵	۳۱۱۱۳۰۰۹	۶۶۵۷۸/۳۶	۴۹۷/۸۳

همان‌طور که مشاهده می‌کنید با توجه به نتایج به‌دست آمده در مناطق ۱،۲و ۳، تولید در برخی از خطوط تولید در این مناطق به صرفه نیست و بنابراین مدیران این خطوط باید در استراتژی‌ها و مدیریت هزینه‌های خود تجدیدنظر کنند. در غیر این صورت، تولید در این خطوط باید متوقف شود. ولی در مناطق ۴ و ۵، هر دو خط تولید باید با تخصیص پیشنهادی جدید به فعالیت خود ادامه دهند.

۵ نتیجه‌گیری

تخصیص عادلانه منابع ازجمله بودجه، نیروی‌کار، تقاضا، منابع اولیه و غیره درسازمان‌ها، یکی از مسایل مهم و تاثیرگذار در تصمیم‌گیری‌های مدیران است. در حالت کلی مساله تخصیص منابع بر فرایندی دلالت دارد که به مدیران اجازه می‌دهد که به منظور دست‌یابی به یک هدف نهایی، منابع محدود را در میان زیرمجموعه‌های تحت مدیریت خود به صورت منصفانه تقسیم کنند به خصوص اهمیت این موضوع برای منابع تجدیدناپذیر دو چندان می‌باشد. بنابراین با توجه به این‌که در زمینه تخصیص مجدد منابع در فرایندهای چندمرحله‌ای مطالعاتی اندکی انجام شده است در این تحقیق، مدلی جدید برای تعیین تخصیص بهینه در شبکه‌های دو مرحله‌ای فازی ارایه شده است. و با توجه به اهمیت صنعت پتروشیمی، مدل ارایه شده در این صنعت برای محاسبه تخصیص بهینه منابع به کار گرفته شده است که نتایج این مطالعه در بخش ۴ بیان شده است.

همچنین با توجه به این که در بسیاری از مطالعات ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای تحت ارزیابی به صورت غیرقطعی و یا فازی می‌باشند؛ بنابراین می‌توان در تحقیقات آتی این موضوع را مورد توجه قرار داد و مدل ارایه‌شده را برای شرایطی که ورودی یا خروجی به صورت غیرقطعی و یا فازی می‌باشند نیز گسترش داد. همچنین با توجه به این که مدل ارایه‌شده صرفا برای شبکه‌های موازی مورد استفاده است می‌توان در تحقیقات بعدی، فرایند مدل‌سازی را برای شبکه‌های سری و مختلط نیز تعمیم داد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

منابع

[1] Hennet, J. C., Mahjoub, S., (2010). Toward the fair sharing of profit in a supply network formation. International Journal of Production Economics, 127(1), 112-120.

[2] Farrell, M. J., (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General), 120(3) 253–281.

[3] Charnes, A., Cooper, W. W., (1962). Programming with linear fractional functionals. Naval Research Logistics Quarterly, 9, 181-186.

[4] Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30(9) 1078–1092.

[5] Cook, W. D., Kress, M., (1999). Characterizing an equitable allocation of shared costs: A DEA approach. European Journal of Operational Research, 119, 652–661.

[6] Jahanshahloo, G.R., F.Hosseinzadeh Lotfi, F., Moradi, M., (2004). A DEA approach for fair allocation of common revenue. Applied Mathematics and Computation, 160(3) 719-724.

[7] Athanassopoulos, A. D., (1998). Decision support for target-based resource allocation of public services in multiunit and multi-level systems. Management Science, 44(2), 173–187.

[8] Beasley, J. E., (2003). Allocating fixed costs and resources via data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 147(1), 197–216.

[9] Korhonen, P., Syrjänen, M., (2004). Resource allocation based on efficiency analysis. Management Science, 50(8), 1134–1144.

[10] Cook, W. D., Zhu, J., (2005). Allocation of shared costs among decision making units: A DEA approach. Computers & Operations Research, 32, 2171–2178.

[11] Lin, R., (2011). Allocating fixed costs or resources and setting targets via data envelopment analysis. Applied Mathematics and Computation, 217, 6349–6358.

[12] Amirteimoori, A., Kordrostami, S., (2005). Allocating fixed costs and target setting: A DEA-based approach. Applied Mathematics and Computation, 171, 136–151.

[13] Lozano, S., Villa, G., Canca, D., (2011). Application of centralized DEA approach to capital budgeting in Spanish ports. Computers & Industrial Engineering, 60, 455–465.

[14] Amirteimoori, A., Emrouznejad, A., (2011). Input/output deterioration in production processes. Expert Systems with Applications, 38(5), 5822–5825.

[15] Amirteimoori, A., Emrouznejad, A., (2012). Optimal input/output reduction in production processes. Decision Support Systems, 52, 742–747.

[16] Hosseinzadeh Lotfi, F., Hatami-Marbini, A., Agrell, P. J., Aghayi, N., Gholami, K., (2013). Allocating fixed resources and setting targets using a common-weights DEA approach. Computers & Industrial Engineering, 64(2), 631–640.

[17] Li, Y.J., Yang, M., Chen, Y., Dai, Q.Z., Liang, L., (2013). Allocating a fixed cost based on data envelopment analysis and satisfaction degree. Omega, 41(1), 55–60.

[18] Du, J., Cook, W.D., Liang, L., Zhu, J., (2014). Fixed cost and resource allocation based on DEA cross-efficiency. European Journal of Operational Research, 235(1), 206–214.

[19] Kordrostami, S., Amir Timuri, A. Farmer Gildeh, F. (2009). Reallocation of Resources between Multiple Production Processes Taking into Account the Efficiency of the Processes, Journal of Operational Research and Its Applications, 22(3)23-33.

[20] Kurd Rostami, S., Amir Teymouri, A., Fazeli Sandiani, S., (2012). Reallocation of Resources with the Stability of Efficient Borders in the Regions. Operations research in its applications 8(4) 93-105.

[21] Razavian S., (2016). Allocate Centralized Resources with the Lowest Cost and Highest Revenue and Profit in the Presence of Variable and Uncertain Prices in Data Envelopment Analysis. Operations research in its applications, 12(4)117-136.

[22] Azad, A., Ketabi., S., Soltani, A., Bagherzadeh, M., (2010). Efficiency Analysis and Hospital Resource Allocation to different wards of Shariati Hospital Using Data Envelopment Analysis, Journal of Health Information Management, 8(7)938-947.

[23] Ketabi, S., Ghandehari, M., Bolandi, D., (2020). Efficiency Analysis and Hospital Resource Allocation Using Centralized Data Envelopment Analysis, Journal of Production and Operations Management,11(3)1-16.

[24] Razavian S., (2016). Allocate Centralized Resources with the Lowest Cost and Highest Revenue and Profit in the Presence of Variable and Uncertain Prices in Data Envelopment Analysis. Operations research in its applications, 12(4)117-136.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]

[25] Alishiri, H., Taklif, A., Amadeh, H., Arbab, H. R., Khademvatani, A., Sajadifar, S. H., (2018) Efficient Allocation of CO2 Emissions in Selected OPEC Member Based on Zero Sum Gains (ZSG-DEA) Data Envelopment Analysis Model, Journal of Applied Theories of Economics. 5(1)213-236.
[26] Ali Niazi, A., Nikoomaram, H., Zomorodian, G. H., Hosseinzadeh Lotfi, F., (2020). The effect of allocating a fixed and variable costs based on a DEA-game and GMM cross efficiency approach on financial reporting, Journal of Management Accounting and Auditing Knowledge. 9(36)297-312.
[27] Amiri, F., Shirazi, B., Tajedin, A., (2020). Multi-objective simulation optimization for operator assignment and job sequence considering uncertainty in flexible job shop. Industrial Management Studies.
[28] Färe, R., Grosskopf, S., (1996). Productivity and intermediate products: A frontier approach. Economics Letters, 50, 65-70.
[29] Kao, C., Hwang, S. N., (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. European Journal of Operational Research,185(1)418-429.
[30] Chen, Y., Cook, W. D., Li, N., Zhu, J., (2009). Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. European Journal of Operational Research, 196(3), 1170–1176.
[31] Tone, K., Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. European Journal of Operational Research, 197, 243-252.
[32] Li, Y., Chen, Y., Liang, L., Xie, J. (2012). DEA models for extended two-stage network structures. Omega, 40, 611-618.
[33] Zhou, Z., Sun, L., Yang, W., Liu, W., Ma, C. (2013). A bargaining game model for efficiency decomposition in the centralized model of two-stage systems. Computers & Industrial Engineering,64(1)103-108.
[34] Despotis, D. K., Koronakos, G., Sotiros, D. (2016). The "weak-link" approach to network DEA for two-stage processes. European Journal of Operational Research, 254, 481-492.
[35] Despotis, D. K., Sotiros, D., Koronakos, G. (2016). A network DEA approach for series multi-stage processes. Omega, 61, 35-48.
[36] Kao, C. (2017). Network data envelopment analysis: Foundations and extensions. Springer, 10, 26-33.
[37] Yu, M-M., Chen, L-H., Hsiao. B., (2016). A fixed cost allocation based on the two-stage network data envelopment approach. Journal of Business Research. 69(5), 1817-1822.
[38] Zhu, W., Zhang, Q., Wan, H., (2019). fixed costs and shared resources allocation in two stage network DEA. Annals of Operations Research, 278(2), 177-194.
[39] Li, F., Zhu, Q., Chen, Z., (2019). Allocating a fixed cost across the decision making units with two-stage network structures. Omega 83, 139–154.
[40] Chu, J., Wu, J., Chu, Ch., Zhang, T., (2020). DEA-based fixed cost allocation in two-stage systems: leader-follower and satisfaction degree bargaining game approaches. Omega, 94, 102054.
[41] Bi, G., Ding, J., Luo, Y., & Liang, L. (2011). Resource allocation and target setting for parallel production system based on DEA. Applied Mathematical Modelling, 35, 4270–4280.
[42] Chen, Y., Du, J., Sherman, H. D., & Zhu, J. (2010). DEA model with shared resources and efficiency decomposition. European Journal of Operational Research, 207(1), 339-349.
[43] Toloo M., A. Emrouznejad and P. Moreno (2016). A linear relational DEA model to evaluate two-stage processes with shared inputs, Computational and Applied Mathematics, 36 (1), 45–61.
[44] An, Q., Wen, Y., Ding, T., Li Y. (2019). Resource sharing and payoff allocation in a three-stage system: integrating network DEA with the Shapley value method, 85, 16-25.
[45] Mohebbi, H., Azar, A., Heidari, A. A., Khadivar, A., (2019). Designing a Mathematical Model for Optimum Assignment in the Two-stage Green Supply Chain using Network Data Envelopment Analysis and Electrical Circuits, Industrial Management Studies, 17(54)1-23.
[46] Hakim, S., Seifi, A., Ghaemi, A. (2016). A bi-level formulation for DEA-based centralized resource allocation under efficiency constraints, Computers & Industrial Engineering, 93, 28-35.
[47] Razavi Hajjigha., S. H., Amoozed Mahdiraji, H., Tavana, M. (2019). A new bi-level data envelopment analysis model for efficiency measurement and target setting, Measurement, 147, 106877.
[48] Abo-Sinna, M. A. (2001). A bi-level non-linear multi-objective decision making under fuzziness, OPSEARCH, 38(5), 484–495.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jamlu.19.4.1]