Archive of SID

دسترسی در سایتِ http://jnrm.srbiau.ac.ir
سال ششم، شماره بیست و پنجم، مرداد و شهریور ۱۳۹۹
شماره شاپا: ۲۵۸۸-۵۸۸X

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

پژوهش‌های نوین در ریاضی

ارزیابی عملکرد زنجیره ارزش پروژه‌های تحقیق و توسعه برای سیستم‌ها و محصولات پیچیده: رویکرد تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای فازی

پژمان پیکانی[۱]، جعفر قیدر خلجانی[۲*]

[۱] دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.
[۲] استادیار، مجتمع دانشگاهی مدیریت و فناوری‌های نرم، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

تاریخ ارسال مقاله: ۹۸/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۰۳/۱۷

چکیده

هدف از پژوهش پیش رو، ارائه یک سیستم ارزیابی عملکرد با قابلیت در نظر گرفتن ساختار شبکه‌ای زنجیره ارزش پروژه‌های تحقیق و توسعه برای سیستم‌ها و محصولات پیچیده تحت عدم قطعیت داده‌ها می‌باشد. از این رو به منظور دستیابی به این هدف، از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و برنامه‌ریزی امکانی برای ارائه یک رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی بهره گرفته شده است. لازم به ذکر است که ساختار حاکم بر زنجیره ارزش در قالب سه مرحله شامل تحقیق و توسعه، ساخت و تست و در نهایت عملیات در نظر گرفته شده است. در نهایت رویکرد پیشنهادی پژوهش با استفاده از داده‌های مربوط به ده پروژه تحقیق و توسعه برای سیستم‌ها و محصولات پیچیده در ایران پیاده‌سازی و اجرا گردید که نتایج حاکی از توانمندی و کاربردی بودن رویکرد پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای فازی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پروژه تحقیق و توسعه، سیستم‌ها و محصولات پیچیده، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، زنجیره ارزش، عدم قطعیت.

* عهده‌دار مکاتبات: Email: kheljani@mut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

امروزه توانمندی، توسعه و استقلال واقعی کشورها، به میزان زیادی به توانـایی آنهـا در تولید و انتشار علم مرتبط است. به عبارت دیگر، تولید دانش و توسعه آن، یکی از عوامل بسیار مهم و کلیدی در توسعه همه جانبه و پایدار کشورها می‌باشد. زیرا، پیشرفت صـنعتی، اقتصـادی و اجتمـاعی هـر کشـور، بسـتگی انکار ناپذیری بـه پـژوهش و تحقیقات مداوم در تمام زمینه‌های علمی دارد. به‌طوری که امروزه کشورهای مختلف براساس توانـایی در تولید و کاربرد دانش، مورد طبقه‌بندی واقع می‌شوند.

با توجه به توضیحات مذکور و اهمیت فراوان سرآمد بودن کشورها در حوزه‌های مختلف علمی و پژوهشی، حجم وسیع و قابل توجهی از منابع کشورهای پیشرفته در سال‌های اخیر، صرف فعالیت‌های تحقیـق و توسـعه (R&D[1]) شده است. لازم به توضیح است که هر پروژه R&D، یک تلاش سازمان یافته برای دست یابی به هدفی معین هم چون ایجاد یا بهبود یک محصول، کالا یا خدمات و یا یک فرآیند منحصر به فرد، با توجه به منابع در دسترس هم چون بودجه، زمان، نیروی انسانی، ابزار و تجهیزات در یک بازه زمانی مشخص می‌باشد. به بیان دیگـر، R&D یـک فراینـد سـازمان یافتـه شامل تولید، انتشار و به کارگیری دانش است.

یکی از کاربردهای مهم R&D در سیستم‌ها و محصولات پیچیده[2] می‌باشد. بدون شک، عملکرد مناسب و مطلوب در صنایع فوق پیشرفته[3] می‌تواند تحت یک برنامه‌ریزی هدفمند، منجر به ارتقاء جایگاه جهانی، استقلال کشور، افزایش صادرات و سهم از بازارهای جهانی، پیشگام بودن در پروژه‌های توسعه چند محصولی[4] و کاهش وابستگی به دیگر کشورها در حوزه‌های فناوری و نوآوری گردد. از این رو، در اسناد ملی و علمی کشور هم چون برنامه توسعه و سند چشم انداز، نقش جامع علمـی کشـور و هم چنین سطوح کلان سیاست گذاری و تصمیم‌گیری، بـر ضرورت توجه ویژه به پروژه‌های R&D و زنجیره ارزش[5] حاصله از این پروژه‌ها تاکید شده است.

۲- تعریف مسئله

دولت‌ها، سرمایه‌گذاران و محققان، به نقـش برجسـته فعالیت‌های تحقیـق و توسـعه در رشد اقتصادی بسیار تأکید کرده‌اند و اغلب اقتصاددانان معتقدند که فعالیت‌های R&D دولت‌ها، منجر به رشد اقتصادی پایدار خواهد شد. لذا با توجه به اهمیت و جایگاه کلیدی فعالیت‌های R&D در رشد اقتصادی کشورها، ارزیابی عملکرد بخش R&D و فعالیت‌های آن در سطوح مختلف کشور و سازمان‌های مربوطه، امری ضروری است. از این رو ارائه هدف از پژوهش پیش‌رو، ارائه رویکردی هدفمند و کارآمد با هدف ارزیابی عملکرد زنجیره ارزش پروژه‌های R&D برای سیستم‌ها و محصولات پیچیده می‌باشد.

یکی از رویکردهای پرکاربرد و مطرح در حوزه ارزیابی عملکرد، رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[6]) می‌باشد. DEA، رویکردی ناپارامتریک و مبتنی بر برنامه ریزی ریاضی است که اولین بار ایده آن توسط فارل [1] مطرح شد و سپس توسط چارنز و همکاران [2] و بنکر و همکاران [3] به منظور ارزیابی عملکرد مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده[7] متجانس ارائه گردید [4]. لازم به ذکر است که با توجه به توانمندی و کارآمدی رویکرد DEA، به کارگیری این رویکرد در حوزه ارزیابی پروژه‌های R&D بسیار مورد توجه پژوهشگران بوده است و تاکنون مطالعات قابل توجهی در این زمینه توسط محققین مختلف صورت پذیرفته است.

توجه به این نکته ضروری است که گام پیش نیاز و بسیار مهم در به کار گیری رویکرد DEA در ارزیابی عملکرد پروژه‌های R&D، شناسایی معیارهای ورودی و خروجی و ساختار حاکم بر فرآیند تحقیق و توسعه می‌باشد. به عبارت دیگر، ساختار حاکم بر فرآیند R&D، بایستی متناسب با نوع سازمان و پروژه مربوطه طراحی و بازنگری گردد. از این رو با توجه به نظرات خبرگان و هم

1. Research & Development (R&D)
2. Complex Products and Systems (CoPS)
3. High-Tech Industry
4. Multi-Product Development (MPD)
5. Value-Chain
6. Data Envelopment Analysis (DEA)
7. Decision Making Units (DMUs)

www.SID.ir

Archive of SID

چنین مطالعات صورت گرفته در ادبیات، ساختار پیشنهادی پژوهش پیش رو به منظور ارزیابی زنجیره ارزش تحقیق و توسعه در قالب شکل (۱) نشان داده شده است.

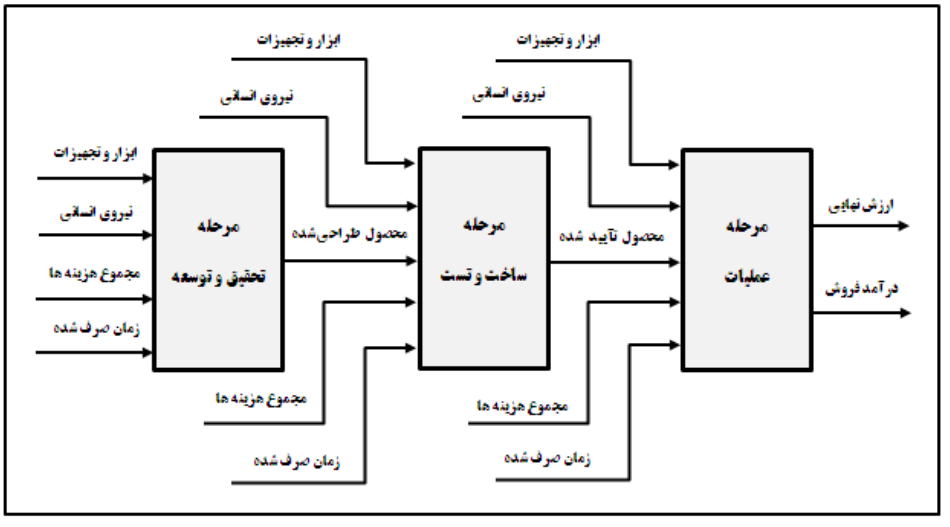
اکنون پس از آشنایی با ساختار کلی حاکم بر زنجیره ارزش پروژه‌های R&D و هم چنین لزوم ارزیابی عملکرد آنها با استفاده از رویکرد توانمند تحلیل پوششی داده‌ها، بایستی به دو نکته بسیار مهم توجه شود:

- لزوم در نظر گرفتن ساختار شبکه‌ای و روابط داخلی فی ما بین مراحل در ارزیابی عملکرد پروژه‌های تحقیق و توسعه و عدم ساده‌سازی ساختار مذکور در قالب یک سری ورودی‌ها و خروجی‌ها [5-8].
- ضرورت در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در داده‌ها و هم چنین کمی‌سازی معیارهای کیفی، متغیرهای کلامی و نظرات خبرگان در ارزیابی عملکرد پروژه‌های تحقیق و توسعه [9-13].

از این رو در پژوهش پیش رو، به منظور لحاظ نمودن این دو نکته اساسی و بسیار مهم، یک رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای غیر قطعی با قابلیت در نظر گرفتن ساختار شبکه‌ای پروژه‌های R&D و هم چنین پیاده سازی در حضور داده‌های غیر قطعی و کلامی ارائه می‌گردد.

۳- پیشینه تجربی پژوهش

لیو و لو [14] برای اولین بار از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به جای مدل‌های کلاسیک DEA، به منظور ارزیابی عملکرد پروژه‌های R&D استفاده نموده‌اند. لی و همکاران [15] با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای مبتنی بر رویکرد بازی مشارکتی و غیر مشارکتی به ارزیابی عملکرد روند تحقیق و توسعه در چین پرداخته‌اند. چیو و همکاران [16]، کارایی زنجیره ارزش تحقیق و توسعه در صنایع فوق پیشرفته در چین را با استفاده از رویکرد DEA شبکه‌ای محاسبه نموده‌اند. وانگ و همکاران [17] با بهره‌گیری از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، زنجیره ارزش R&D در صنایع فوق پیشرفته تایوانی را در قالب کارایی سودآوری و کارایی بازاریابی ارزیابی نموده‌اند. چون و همکاران [18] به بررسی اندازه شرکت و نوع صنعت در کارایی تحقیق و توسعه در قالب دو مرحله نوآوری و تجاری‌سازی در شرکت‌های تولیدی کره ای با استفاده از مدل DEA دو مرحله‌ای پرداخته‌اند.



شکل ۱: ساختار زنجیره ارزش تحقیق و توسعه در صنایع فوق پیشرفته

www.SID.ir

Archive of SID

لو و همکاران [19]، کارایی برنامه‌های توسعه فناوری را از دیدگاه‌های R&D و اجتماعی و اقتصادی را با بهره‌گیری از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای مورد ارزیابی و بررسی قرار داده‌اند. ژو و گوآن [20] با استفاده از مدل DEA شبکه‌ای مبتنی بر نظریه بازی‌ها و ساختار موازی به ارزیابی عملکرد پروژه‌های R&D در چین پرداخته‌اند. ژیونگ و همکاران [21]، با استفاده از یک مدل DEA پویای دو مرحله‌ای کارایی تحقیق و توسعه در پژوهشکده‌های آکادمی علوم چین را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. چن و همکاران [22] کارایی سیستم‌های تحقیق و توسعه منطقه‌ای در چین را طی دوره‌های مختلف با بهره‌گیری از مدل تحلیل پوششی داده‌های پویا اندازه‌گیری نموده‌اند. لیو و همکاران [23] به ارزیابی عملکرد R&D در شرکت‌های صنعتی چینی با استفاده از یک رویکرد DEA دو مرحله‌ای پرداخته‌اند. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد تا کنون در هیچ یک از مطالعات صورت گرفته در موضوع پژوهش، عدم قطعیت داده ها و چگونگی برخورد با آن در نظر گرفته نشده است که این نکته بیانگر شکاف تحقیقاتی مهم در این حوزه می‌باشد.

۴- پیشینه نظری پژوهش

در این بخش، به ارائه مبانی نظری تحقیق شامل رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، چگونگی تلفیق روش تحلیل پوششی داده‌ها با برنامه‌ریزی عدم قطعیت و در نهایت مفاهیم و فرمول‌های برنامه‌ریزی امکانی به منظور برخورد با عدم قطعیت فازی پرداخته می‌شود.

۴-۱- رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای

مدل های کلاسیک DEA برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده، واحدها را به‌صورت جعبه سیاهی در نظر می‌گیرند که از ورودی‌های اولیه برای تولید خروجی‌های نهایی استفاده می‌کند. حال آنکه که در بسیاری از مواقع، فرایند تولید خروجی نهایی در واحد تحت بررسی طی چندین مرحله صورت می‌پذیرد. اگر برای ارزیابی این چنین واحدهایی از مدل‌های سنتی DEA استفاده شود، نتایج مناسبی به دست نمی‌آید. زیرا در این صورت ساختار درونی واحدها و روابط درون سازمانی در محاسبه کارایی در نظر گرفته نمی‌شود و اگر یکی از مراحل یا زیر واحدها خوب عمل نکند، این ناکارایی در محاسبه کارایی شناسایی نمی‌شود و این موضوع پیامدهای نامطلوبی به همراه خواهد داشت.

از این رو برای ارزیابی عملکرد زنجیره ارزش R&D که دارای یک ساختار شبکه‌ای دو مرحله‌ای می‌باشد، بایستی از رویکرد نوین DEA با قابلیت در نظر گرفتن ساختار داخلی زنجیره استفاده شود. در دو دهه اخیر محققان حوزه DEA، برای برطرف نمودن مشکلات مذکور و در نظر گرفتن ساختار درونی واحدها در محاسبه کارایی، مدل تحلیل پوششی داده های شبکه‌ای (NDEA[1]) را مطرح نمودند [24]. لازم به ذکر است که تا کنون روش‌های مختلفی به منظور مدل‌سازی و ارزیابی عملکرد ساختارهای شبکه‌ای ارائه شده‌اند که در ادامه به تعدادی از مهم‌ترین رویکردهای مدل‌سازی NDEA اشاره می‌شود:

- رویکرد مبتنی بر مجموعه امکان تولید: در این روش کارایی کل و مراحل در قالب یک مدل یکپارچه و با توجه به روابط حاکم بر مجموعه امکان تولید محاسبه می‌شوند [25].
- رویکرد مبتنی بر نظریه بازی (پیشرو-پسرو): در این روش فرض بر این است کارایی یکی از مراحل از درجه اهمیت بالاتری برخوردار است و براساس جواب بهینه این مرحله، کارایی مرحله دیگر و در نهایت کارایی کل محاسبه می‌شوند [26].
- رویکرد رابطه ای ضربی (میانگین هندسی): در این روش فرض بر این است کارایی کل واحد تصمیم‌گیرنده برابر با حاصل ضرب کارایی مراحل می‌باشد [27].
- رویکرد رابطه‌ای جمعی (میانگین حسابی): در این روش فرض بر این است کارایی کل واحد تصمیم‌گیرنده برابر با مجموع وزن‌دار شده کارایی هر یک از مراحل می‌باشد [28].

1. Network Data Envelopment Analysis (NDEA)

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به ذکر است که در این پژوهش، با توجه به نقاط قوت و ضعف رویکردهای موجود در حوزه NDEA و هم چنین ساختار شبکه زنجیره ارزش که از نوع سه مرحله‌ای توسعه یافته می‌باشد، از رویکرد رابطه‌ای جمعی به منظور مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای بهره گرفته می‌شود.

۲-۴ رویکرد تحلیل پوششی داده‌های غیر قطعی

همان‌طور که پیش‌تر نیز توضیح داده شد، نکته بسیار مهم دیگر در ارزیابی عملکرد زنجیره ارزش تحقیق و توسعه، ضرورت برخورد با عدم قطعیت موجود در داده می‌باشد. زیرا یکی از مفروضات اساسی در استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، لزوم دقیق و قطعی بودن داده‌های ورودی و خروجی می‌باشد و وجود کوچک‌ترین انحرافی در داده‌ها می‌تواند موجب تغییر قابل توجهی در نتایج مربوط به کارایی و رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده گردد. این در حالی است که در بسیاری از شرایط و مسائل دنیای واقعی به خصوص پروژه‌های R&D، تعیین مقدار دقیق عددی برای برخی از ورودی‌ها و یا خروجی‌ها امکان‌پذیر نیست.

از این رو در چنین شرایطی، نیاز به ارائه و استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌هایی است که بتوانند کارایی واحدها را در حضور عدم قطعیت داده‌ها، ارزیابی نمایند. بدین منظور، محققین با توجه به نوع عدم قطعیت داده‌ها و با استفاده از رویکردهای پر کاربرد حوزه برنامه ریزی عدم قطعیت هم چون برنامه‌ریزی تصادفی[1]، برنامه‌ریزی ریاضی فازی[2] و بهینه‌سازی استوار[3] به ارائه مدل‌های DEA غیر قطعی پرداخته‌اند:

- تحلیل پوششی داده‌های استوار: از رویکرد بهینه سازی استوار زمانی استفاده می‌شود که داده‌ها دارای عدم قطعیت عمیق باشند و تنها مقادیر ابتدایی و انتهایی بازه مربوط به آنها در دسترس است. هم چنین از این رویکرد در حضور داده‌های مبتنی بر سناریو نیز استفاده می‌شود [29-32].
- تحلیل پوششی داده‌های فازی: تلفیق مدل‌های قطعی تحلیل پوششی داده‌ها و مفاهیم فازی در قالب مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی، این امکان را فراهم می‌کند که بتوان کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده را در حضور داده‌های غیر دقیق و فازی ارزیابی نمود. لازم به ذکر است که این رویکرد قابلیت پیاده‌سازی در حضور داده‌های کیفی و کلامی را نیز دارا می‌باشد [33-35].
- تحلیل پوششی داده‌های تصادفی: در صورتی که امکان برآورد یک تابع توزیع آماری و یا سناریوهای مختلف برای ورودی‌ها یا خروجی‌های غیر قطعی موجود در مدل DEA وجود داشته باشد، می‌توان از تحلیل پوششی داده‌های تصادفی به منظور برخورد نمودن با عدم قطعیت بهره گرفت [36-38].

لازم به توضیح است که در پژوهش پیش رو، ماهیت برخی از معیارها و شاخص‌ها هم چون ارزش نهایی محصول دارای ماهیت کیفی و از نوع متغیر کلامی می‌باشند. هم چنین در استخراج برخی از داده‌ها از نظرات خبرگان نیز بهره گرفته شده است. از این رو در این پژوهش، از مفاهیم فازی و برنامه‌ریزی امکانی به منظور برخورد با عدم قطعیت فازی موجود درد داده‌ها بهره گرفته می‌شود.

۳-۴- برنامه‌ریزی امکانی

رویکرد برنامه‌ریزی امکانی، یکی از رویکردهای پرکاربرد در این حوزه می‌باشد. زاده [39] اصول اساسی نظریه امکان را در نظریه مجموعه فازی ارائه نمود و پیشنهاد کرد که با متغیرهای فازی دارای توزیع امکان، همانند متغیرهای تصادفی دارای توزیع احتمالی رفتار شود. در مدل برنامه‌ریزی خطی فازی، ضرایب فازی و محدودیت‌های مدل می‌توانند به ترتیب به عنوان متغیرهای فازی و رویدادهای فازی در نظر گرفته شوند. از این رو، احتمال وقایع فازی (یعنی محدودیت‌های فازی) را می‌توان با استفاده از نظریه امکان و اندازه‌های امکان، الزام و اعتبار و غیره تعیین کرد. به طور کلی از برنامه‌ریزی امکانی به منظور مقابله با عدم قطعیت ناشی

1. Stochastic Programming
2. Fuzzy Mathematical Programming
3. Robust Optimization

www.SID.ir

Archive of SID

از فقدان داده یا عدم دانش در مورد مقدار دقیق پارامترهای مسئله، بهره گرفته می‌شود.

به منظور آشنایی با اندازه پرکاربرد امکان و هم چنین چگونگی تبدیل محدودیت‌های شانسی تصادفی به معادل قطعی‌شان در یک سطح اطمینان مورد نظر ξ تحت این اندازه، عدد فازی ذوزنقه‌ای $\tilde{\tau}(\tau_1,\tau_2,\tau_3,\tau_4)$ با شرایط $\tau_1<\tau_2<\tau_3<\tau_4$ و ضابطه ارائه شده در رابطه (۱) و هم چنین عدد قطعی γ را در نظر بگیرید.

$$\mu(\tau)=\begin{cases}\dfrac{\tau-\tau_1}{\tau_2-\tau_1}, & if\ \tau_1\le\tau\le\tau_2;\\ 1, & if\ \tau_2\le\tau\le\tau_3;\\ \dfrac{\tau_4-\tau}{\tau_4-\tau_3}, & if\ \tau_3\le\tau\le\tau_4;\\ 0, & otherwise.\end{cases} \quad (۱)$$

توجه به این نکته ضروری است که عدد فازی ذوزنقه‌ای دارای کاربرد فراوان می‌باشد و در صورتی که $\tau_2=\tau_3$ قرار داده شود، تبدیل به عدد فازی مثلثی می‌گردد. با در نظر گرفتن عدد فازی ذوزنقه‌ای $\tilde{\tau}$ در فضای امکان $(\Omega,P(\Omega),Pos)$، امکان رخداد های فازی $\{\tilde{\tau}\le\gamma\}$ و $\{\tilde{\tau}\ge\gamma\}$ بر اساس روابط (۲) و (۳) به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$Pos\{\tilde{\tau}\le\gamma\}=\begin{cases}1, & if\ \tau_2\le\gamma;\\ \dfrac{\gamma-\tau_1}{\tau_2-\tau_1}, & if\ \tau_1\le\gamma\le\tau_2;\\ 0, & if\ \tau_1\ge\gamma.\end{cases} \quad (۲)$$

$$Pos\{\tilde{\tau}\ge\gamma\}=\begin{cases}1, & if\ \tau_3\ge\gamma;\\ \dfrac{\tau_4-\gamma}{\tau_4-\tau_3}, & if\ \tau_3\le\gamma\le\tau_4;\\ 0, & if\ \tau_4\le\gamma.\end{cases} \quad (۳)$$

هم چنین براساس اندازه امکان، به منظور تبدیل یک محدودیت شانسی فازی به معادل قطعی آن در یک سطح اطمینان مشخص ξ، از روابط (۴) و (۵) به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$Pos\{\tilde{\tau}\le\gamma\}\ge\xi\Leftrightarrow(1-\xi)\tau_1+(\xi)\tau_2\le\gamma \quad (۴)$$

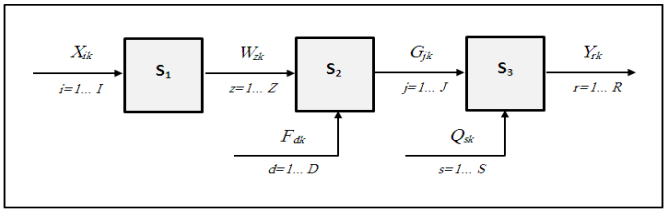
$$Pos\{\tilde{\tau}\ge\gamma\}\ge\xi\Leftrightarrow(\xi)\tau_3+(1-\xi)\tau_4\ge\gamma \quad (۵)$$

لازم به توضیح است که در این پژوهش از اندازه امکان به منظور برخورد با عدم قطعیت فازی موجود در محدودیت‌های غیر قطعی مدل NDEA بهره گرفته می‌شود. توجه به این نکته ضوروی است که می‌توان متناسب با نظر تصمیم‌گیرنده، از اندازه‌های پرکاربرد دیگر هم چون اندازه‌های الزام و اعتبار به منظور مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی نیز بهره گرفت.

با توجه به توضیحات ارائه شده در این بخش، بدون شک اهمیت و ضرورت ارائه و استفاده از یک رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای غیر قطعی با قابلیت در نظر گرفتن ساختار شبکه‌ای پروژه‌های R&D و هم چنین عدم قطعیت موجود در داده‌ها، به وضوح ملاحظه و احساس نیاز می‌گردد. لذا در پژوهش پیش رو تلاش می‌گردد تا یک رویکرد نوین تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی مبتنی بر برنامه‌ریزی امکانی با هدف برطرف نمودن نقاط ضعف مطالعات پیشین و هم چنین قابلیت پیاده‌سازی در حضور داده‌ای فازی و متغیرهای کیفی و کلامی ارائه شود.

۵- رویکرد پیشنهادی پژوهش

اکنون پس از آشنایی با مفاهیم و مبانی نظری پژوهش، به مدل‌سازی رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی امکانی پرداخته می‌شود. بدین منظور، ساختار سه مرحله‌ای ارائه شده در شکل (۲) را در نظر بگیرید.



شکل ۲: نمایش ساختار سه مرحله‌ای پژوهش

www.SID.ir

Archive of SID

فرض کنید K واحد تصمیم‌گیرنده سه مرحله‌ای وجود داشته باشد به طوری که $\mathrm{DMU}_k\ (k=1,...,K)$ دارای ورودی‌های $X_{ik}\ (i=1,...,I)$ در مرحله اول، اندازه‌های میانی $W_{zk}\ (z=1,...,Z)$ در مرحله دوم، ورودی‌های مازاد $F_{dk}\ (d=1,...,D)$ در مرحله دوم، اندازه‌های میانی $G_{jk}\ (j=1,...,J)$ در مرحله سوم، ورودی‌های مازاد $Q_{sk}\ (s=1,...,S)$ در مرحله سوم و در نهایت خروجی‌های $Y_{rk}\ (r=1,...,R)$ در مرحله سوم باشند و هم‌چنین متغیرهای نامنفی $\alpha_i\ (i=1,...,I)$، $\beta_z\ (z=1,...,Z)$، $\eta_d\ (d=1,...,D)$، $\delta_j\ (j=1,...,J)$، $\mu_s\ (s=1,...,S)$ و $\omega_r\ (r=1,...,R)$، به ترتیب بیانگر وزن اختصاص یافته به هر یک از آنها هستند.

درگام نخست، بایستی ابتدا مدل تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای پژوهش براساس رویکرد رابطه‌ای جمعی (میانگین حسابی) مدل‌سازی گردد. با توجه به رویکرد چن و همکاران [28]، مدل (۶)، بیانگر مدل قطعی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پژوهش برای محاسبه کارایی کل Θ_0^{T} واحد تحت بررسی می‌باشد:

$$
\begin{aligned}
&\Theta_0^{\mathrm{T}} = \mathrm{Max}\ \sum_{z=1}^{Z}\beta_z W_{z0} \\
&+\sum_{j=1}^{J}\delta_j G_{j0}+\sum_{r=1}^{R}\omega_r Y_{r0} \\
&\text{S.t.}\quad \sum_{i=1}^{I}\alpha_i X_{i0}+\sum_{z=1}^{Z}\beta_z W_{z0}+\sum_{d=1}^{D}\eta_d F_{d0} \\
&+\sum_{j=1}^{J}\delta_j G_{j0}+\sum_{s=1}^{S}\mu_s Q_{s0}=1 \\
&\sum_{z=1}^{Z}\beta_z W_{zk}-\sum_{i=1}^{I}\alpha_i X_{ik}\le 0,\quad \forall k \\
&\sum_{j=1}^{J}\delta_j G_{jk}-\sum_{z=1}^{Z}\beta_z W_{zk} \\
&-\sum_{d=1}^{D}\eta_d F_{dk}\le 0,\quad \forall k \\
&\sum_{r=1}^{R}\omega_r Y_{rk}-\sum_{j=1}^{J}\delta_j G_{jk} \\
&-\sum_{s=1}^{S}\mu_s Q_{sk}\le 0,\quad \forall k \\
&\alpha_i,\beta_z,\eta_d,\delta_j,\mu_s,\omega_r\ge\varepsilon, \\
&\forall i,z,d,j,s,r
\end{aligned}
\qquad (۶)
$$

لازم به ذکر است که مدل (۶) می‌تواند جواب بهینه چندگانه داشته باشد، لذا تجزیه اندازه کارایی کلی، ممکن است یکتا نباشد. بنابراین طبق روش پیشنهادی کائو و هوانگ (۲۰۰۸)، می‌توان با ثابت نگه داشتن اندازه کارایی کلی حاصله از مدل (۶)، به ترتیب کارایی هر یک از مراحل را که برای تصمیم‌گیرنده ارجحیت دارد را محاسبه نمود. حال فرض نمایید پارامترهای مدل (۶) دارای عدم قطعیت فازی با توزیع ذوزنقه‌ای باشند. در این صورت از اندازه امکان به منظور برخورد با عدم قطعیت مذکور به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$
\begin{aligned}
&\Theta_0^{\mathrm{T}} = \mathrm{Max}\ \ \Psi \\
&\text{S.t.}\quad Pos\left\{\sum_{z=1}^{Z}\beta_z \tilde{W}_{z0}+\sum_{j=1}^{J}\delta_j \tilde{G}_{j0}+\sum_{r=1}^{R}\omega_r \tilde{Y}_{r0}\ge\Psi\right\}\ge\pi \\
&Pos\left\{\sum_{i=1}^{I}\alpha_i \tilde{X}_{i0}+\sum_{z=1}^{Z}\beta_z \tilde{W}_{z0}+\sum_{d=1}^{D}\eta_d \tilde{F}_{d0}\right. \\
&\left.+\sum_{j=1}^{J}\delta_j \tilde{G}_{j0}+\sum_{s=1}^{S}\mu_s \tilde{Q}_{s0}\le 1\right\}\ge\pi \\
&Pos\left\{\sum_{z=1}^{Z}\beta_z \tilde{W}_{zk}-\sum_{i=1}^{I}\alpha_i \tilde{X}_{ik}\le 0\right\}\ge\pi,\quad \forall k \\
&Pos\left\{\sum_{j=1}^{J}\delta_j \tilde{G}_{jk}-\sum_{z=1}^{Z}\beta_z \tilde{W}_{zk}-\sum_{d=1}^{D}\eta_d \tilde{F}_{dk}\le 0\right\}\ge\pi,\quad \forall k \\
&Pos\left\{\sum_{r=1}^{R}\omega_r \tilde{Y}_{rk}-\sum_{j=1}^{J}\delta_j \tilde{G}_{jk}-\sum_{s=1}^{S}\mu_s \tilde{Q}_{sk}\le 0\right\}\ge\pi,\quad \forall k \\
&\alpha_i,\beta_z,\eta_d,\delta_j,\mu_s,\omega_r\ge\varepsilon, \\
&\forall i,z,d,j,s,r
\end{aligned}
\qquad (۷)
$$

توجه به این نکته ضروری است که به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت در تمامی پارامتر ها، تابع هدف با استفاده از متغیر کمکی Ψ تبدیل به محدودیت شده است. هم چنین محدودیت مربوط به مجموع موزون ورودی‌های واحد تحت بررسی می‌تواند همانند مدل (۷)،

www.SID.ir

Archive of SID

به صورت کوچکتر مساوی در نظر گرفته شود و این موضوع تغییری در جواب بهینه نخواهد داشت [40-41]. اکنون با استفاده از روابط (۴) و (۵)، معادل قطعی محدودیت‌های شانسی فازی مدل (۷)، تحت سطح اطمینان مورد نظر π با استفاده از اندازه امکان به صورت مدل (۸) نوشته می‌شود:

$$
\begin{aligned}
&\Theta_{0\pi}^{\mathrm{T}} = \mathrm{Max} \quad \Psi \\
&\mathrm{S.t.} \quad \sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((\pi)W_{z0}^{3}+(1-\pi)W_{z0}^{4}\right) \\
&+\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((\pi)G_{j0}^{3}+(1-\pi)G_{j0}^{4}\right) \\
&+\sum_{r=1}^{R}\omega_r\left((\pi)Y_{r0}^{3}+(1-\pi)Y_{r0}^{4}\right)\geq\Psi \\
&\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\left((1-\pi)X_{i0}^{1}+(\pi)X_{i0}^{2}\right) \\
&+\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((1-\pi)W_{z0}^{1}+(\pi)W_{z0}^{2}\right) \\
&+\sum_{d=1}^{D}\eta_d\left((1-\pi)F_{d0}^{1}+(\pi)F_{d0}^{2}\right) \\
&+\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((1-\pi)G_{j0}^{1}+(\pi)G_{j0}^{2}\right) \\
&+\sum_{s=1}^{S}\mu_s\left((1-\pi)Q_{s0}^{1}+(\pi)Q_{s0}^{2}\right)\leq 1 \\
&\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((1-\pi)W_{zk}^{1}+(\pi)W_{zk}^{2}\right)- \\
&\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\left((\pi)X_{ik}^{3}+(1-\pi)X_{ik}^{4}\right)\leq 0, \quad \forall k \\
&\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((1-\pi)G_{jk}^{1}+(\pi)G_{jk}^{2}\right) \\
&-\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((\pi)W_{zk}^{3}+(1-\pi)W_{zk}^{4}\right) \\
&-\sum_{d=1}^{D}\eta_d\left((\pi)F_{dk}^{3}+(1-\pi)F_{dk}^{4}\right)\leq 0, \quad \forall k \\
&\sum_{r=1}^{R}\omega_r\left((1-\pi)Y_{rk}^{1}+(\pi)Y_{rk}^{2}\right) \\
&-\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((\pi)G_{jk}^{3}+(1-\pi)G_{jk}^{4}\right) \\
&-\sum_{s=1}^{S}\mu_s\left((\pi)Q_{sk}^{3}+(1-\pi)Q_{sk}^{4}\right)\leq 0, \quad \forall k \\
&\alpha_i,\beta_z,\eta_d,\delta_j,\mu_s,\omega_r\geq\varepsilon, \\
&\forall i,z,d,j,s,r
\end{aligned}
\tag{۸}
$$

پس از اندازه‌گیری کارایی کل $\Theta_{0\pi}^{\mathrm{T}*}$ بر اساس مدل (۸)، کارایی مرحله اول $\Theta_{0\pi}^{\mathrm{S1}}$ با ثابت نگه داشتن مقدار بهینه کارایی کل حاصله به ازای سطح اطمینان π، با بهره گیری از مدل (۹) به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$
\begin{aligned}
&\Theta_{0\pi}^{\mathrm{S1}} = \mathrm{Max} \quad \Psi \\
&\mathrm{S.t.} \quad \sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((\pi)W_{z0}^{3}+(1-\pi)W_{z0}^{4}\right)\geq\Psi \\
&\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\left((1-\pi)X_{i0}^{1}+(\pi)X_{i0}^{2}\right)\leq 1 \\
&\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((\pi)W_{z0}^{3}+(1-\pi)W_{z0}^{4}\right) \\
&+\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((\pi)G_{j0}^{3}+(1-\pi)G_{j0}^{4}\right) \\
&+\sum_{r=1}^{R}\omega_r\left((\pi)Y_{r0}^{3}+(1-\pi)Y_{r0}^{4}\right) \\
&-\Theta_{0\pi}^{\mathrm{T}*}\left(\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\left((1-\pi)X_{i0}^{1}+(\pi)X_{i0}^{2}\right)\right. \\
&+\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((1-\pi)W_{z0}^{1}+(\pi)W_{z0}^{2}\right) \\
&+\sum_{d=1}^{D}\eta_d\left((1-\pi)F_{d0}^{1}+(\pi)F_{d0}^{2}\right) \\
&\left.+\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((1-\pi)G_{j0}^{1}+(\pi)G_{j0}^{2}\right)\right. \\
&\left.+\sum_{s=1}^{S}\mu_s\left((1-\pi)Q_{s0}^{1}+(\pi)Q_{s0}^{2}\right)\right)\geq 0 \\
&\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((1-\pi)W_{zk}^{1}+(\pi)W_{zk}^{2}\right) \\
&-\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\left((\pi)X_{ik}^{3}+(1-\pi)X_{ik}^{4}\right)\leq 0, \quad \forall k \\
&\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((1-\pi)G_{jk}^{1}+(\pi)G_{jk}^{2}\right) \\
&-\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((\pi)W_{zk}^{3}+(1-\pi)W_{zk}^{4}\right) \\
&-\sum_{d=1}^{D}\eta_d\left((\pi)F_{dk}^{3}+(1-\pi)F_{dk}^{4}\right)\leq 0, \quad \forall k \\
&\sum_{r=1}^{R}\omega_r\left((1-\pi)Y_{rk}^{1}+(\pi)Y_{rk}^{2}\right) \\
&-\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((\pi)G_{jk}^{3}+(1-\pi)G_{jk}^{4}\right)
\end{aligned}
\tag{۹}
$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$
\begin{aligned}
&-\sum_{s=1}^{S}\mu_s\left((\pi)Q_{sk}^{3}+(1-\pi)Q_{sk}^{4}\right)\le 0, \quad \forall k\\
&\alpha_i,\beta_z,\eta_d,\delta_j,\mu_s,\omega_r\ge\varepsilon,\\
&\forall i,z,d,j,s,r
\end{aligned}
$$

به همین ترتیب، به منظور محاسبه کارایی مرحله دوم، از مدل (۱۰) به‌صورت زیر بهره گرفته می‌شود که در آن $\Theta_{0\pi}^{\mathrm{T}*}$ و $\Theta_{0\pi}^{\mathrm{S1}*}$ به ترتیب جواب‌های بهینه مدل‌های (۸) و (۹) به ازای سطح اطمینان مورد نظر می‌باشند:

$$
\begin{aligned}
&\Theta_{0\pi}^{\mathrm{S2}} = \mathrm{Max}\quad \Psi\\
&\text{S.t.}\quad \sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((\pi)G_{j0}^{3}+(1-\pi)G_{j0}^{4}\right)\ge\Psi\\
&\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((1-\pi)W_{z0}^{1}+(\pi)W_{z0}^{2}\right)\\
&+\sum_{d=1}^{D}\eta_d\left((1-\pi)F_{d0}^{1}+(\pi)F_{d0}^{2}\right)\le 1\\
&\left(\begin{array}{l}\displaystyle\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((\pi)W_{z0}^{3}+(1-\pi)W_{z0}^{4}\right)\\ \displaystyle+\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((\pi)G_{j0}^{3}+(1-\pi)G_{j0}^{4}\right)\end{array}\right)\\
&+\sum_{r=1}^{R}\omega_r\left((\pi)Y_{r0}^{3}+(1-\pi)Y_{r0}^{4}\right)\Bigg)\\
&-\Theta_{0\pi}^{\mathrm{T}*}\left(\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\left((1-\pi)X_{i0}^{1}+(\pi)X_{i0}^{2}\right)\right.\\
&+\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((1-\pi)W_{z0}^{1}+(\pi)W_{z0}^{2}\right)\\
&+\sum_{d=1}^{D}\eta_d\left((1-\pi)F_{d0}^{1}+(\pi)F_{d0}^{2}\right)\\
&\left.+\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((1-\pi)G_{j0}^{1}+(\pi)G_{j0}^{2}\right)\right.\\
&\left.+\sum_{s=1}^{S}\mu_s\left((1-\pi)Q_{s0}^{1}+(\pi)Q_{s0}^{2}\right)\right)\ge 0\\
&\left(\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((\pi)W_{z0}^{3}+(1-\pi)W_{z0}^{4}\right)\right)\\
&-\Theta_{0\pi}^{\mathrm{S1}*}\left(\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\left((1-\pi)X_{i0}^{1}+(\pi)X_{i0}^{2}\right)\right)\ge 0\\
&\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((1-\pi)W_{zk}^{1}+(\pi)W_{zk}^{2}\right)\\
&-\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\left((\pi)X_{ik}^{3}+(1-\pi)X_{ik}^{4}\right)\le 0, \quad \forall k
\end{aligned}
\tag{۱۰}
$$

$$
\begin{aligned}
&\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((1-\pi)G_{jk}^{1}+(\pi)G_{jk}^{2}\right)\\
&-\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((\pi)W_{zk}^{3}+(1-\pi)W_{zk}^{4}\right)\\
&-\sum_{d=1}^{D}\eta_d\left((\pi)F_{dk}^{3}+(1-\pi)F_{dk}^{4}\right)\le 0, \quad \forall k\\
&\sum_{r=1}^{R}\omega_r\left((1-\pi)Y_{rk}^{1}+(\pi)Y_{rk}^{2}\right)\\
&-\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((\pi)G_{jk}^{3}+(1-\pi)G_{jk}^{4}\right)\\
&-\sum_{s=1}^{S}\mu_s\left((\pi)Q_{sk}^{3}+(1-\pi)Q_{sk}^{4}\right)\le 0, \quad \forall k\\
&\alpha_i,\beta_z,\eta_d,\delta_j,\mu_s,\omega_r\ge\varepsilon,\\
&\forall i,z,d,j,s,r
\end{aligned}
$$

در نهایت نیز کارایی مرحله سوم با استفاده از مدل (۱۱) و به صورت زیر محاسبه می‌گردد که در آن همانند مدل‌های پیشین، $\Theta_{0\pi}^{\mathrm{T}*}$، $\Theta_{0\pi}^{\mathrm{S1}*}$ و $\Theta_{0\pi}^{\mathrm{S2}*}$، به ترتیب جواب‌های بهینه حاصله از حل مدل‌های (۸)، (۹) و (۱۰) به ازای سطح اطمینان π می‌باشند:

$$
\begin{aligned}
&\Theta_{0\pi}^{\mathrm{S2}} = \mathrm{Max}\quad \Psi\\
&\text{S.t.}\quad \sum_{r=1}^{R}\omega_r\left((\pi)Y_{r0}^{3}+(1-\pi)Y_{r0}^{4}\right)\ge\Psi\\
&\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((1-\pi)G_{j0}^{1}+(\pi)G_{j0}^{2}\right)\\
&+\sum_{s=1}^{S}\mu_s\left((1-\pi)Q_{s0}^{1}+(\pi)Q_{s0}^{2}\right)\le 1\\
&\left(\begin{array}{l}\displaystyle\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((\pi)W_{z0}^{3}+(1-\pi)W_{z0}^{4}\right)\\ \displaystyle+\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((\pi)G_{j0}^{3}+(1-\pi)G_{j0}^{4}\right)\end{array}\right)\\
&+\sum_{r=1}^{R}\omega_r\left((\pi)Y_{r0}^{3}+(1-\pi)Y_{r0}^{4}\right)\Bigg)\\
&-\Theta_{0\pi}^{\mathrm{T}*}\left(\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\left((1-\pi)X_{i0}^{1}+(\pi)X_{i0}^{2}\right)\right.\\
&+\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((1-\pi)W_{z0}^{1}+(\pi)W_{z0}^{2}\right)\\
&+\sum_{d=1}^{D}\eta_d\left((1-\pi)F_{d0}^{1}+(\pi)F_{d0}^{2}\right)
\end{aligned}
\tag{۱۱}
$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$+\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((1-\pi)G_{j0}^{1}+(\pi)G_{j0}^{2}\right)$$
$$+\sum_{s=1}^{S}\mu_s\left((1-\pi)Q_{s0}^{1}+(\pi)Q_{s0}^{2}\right)\Bigg)\geq 0$$

$$\left(\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((\pi)W_{z0}^{3}+(1-\pi)W_{z0}^{4}\right)\right)$$
$$-\Theta_{0\pi}^{S1*}\left(\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\left((1-\pi)X_{i0}^{1}+(\pi)X_{i0}^{2}\right)\right)\geq 0$$

$$\left(\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((\pi)G_{j0}^{3}+(1-\pi)G_{j0}^{4}\right)\right)$$
$$-\Theta_{0\pi}^{S2*}\left(\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((1-\pi)W_{z0}^{1}+(\pi)W_{z0}^{2}\right)\right.$$
$$\left.+\sum_{d=1}^{D}\eta_d\left((1-\pi)F_{d0}^{1}+(\pi)F_{d0}^{2}\right)\right)\geq 0$$

$$\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((1-\pi)W_{zk}^{1}+(\pi)W_{zk}^{2}\right)$$
$$-\sum_{i=1}^{I}\alpha_i\left((\pi)X_{ik}^{3}+(1-\pi)X_{ik}^{4}\right)\leq 0,\quad \forall k$$

$$\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((1-\pi)G_{jk}^{1}+(\pi)G_{jk}^{2}\right)$$
$$-\sum_{z=1}^{Z}\beta_z\left((\pi)W_{zk}^{3}+(1-\pi)W_{zk}^{4}\right)$$
$$-\sum_{d=1}^{D}\eta_d\left((\pi)F_{dk}^{3}+(1-\pi)F_{dk}^{4}\right)\leq 0,\quad \forall k$$

$$\sum_{r=1}^{R}\omega_r\left((1-\pi)Y_{rk}^{1}+(\pi)Y_{rk}^{2}\right)$$
$$-\sum_{j=1}^{J}\delta_j\left((\pi)G_{jk}^{3}+(1-\pi)G_{jk}^{4}\right)$$
$$-\sum_{s=1}^{S}\mu_s\left((\pi)Q_{sk}^{3}+(1-\pi)Q_{sk}^{4}\right)\leq 0,\quad \forall k$$

$$\alpha_i,\beta_z,\eta_d,\delta_j,\mu_s,\omega_r\geq\varepsilon,$$
$$\forall i,z,d,j,s,r$$

لازم به ذکر است که در صورت متفاوت بودن اولویت و ارجحیت مراحل نسبت به یکدیگر، می‌توان متناسب با نظر تصمیم‌گیرنده، اقدام به مدل‌سازی و حل مدل‌های (۹) الی (۱۱) با تقدم و تاخر متفاوت و براساس جواب‌های بهینه مدل‌های دیگر، نمود. به‌عبارت دیگر همان‌طور که در روش پیشنهادی کائو و هوانگ (۲۰۰۸) مطرح شده است، به منظور دست‌یابی به یک تجزیه کارایی منحصر به فرد بایستی درجه اهمیت مراحل از دیدگاه تصمیم گیرنده تعیین و مدل‌سازی با توجه به این نکته صورت پذیرد.

۶- مطالعه موردی و نتایج عددی

همان‌طور که در ساختار زنجیره ارزش تحقیق و توسعه در صنایع فوق پیشرفته مشاهده گردید، در مرحله اول تلاش می‌شود تا با استفاده از نیروی انسانی، ابزار و تجهیزات و هزینه‌های مختلف، اقدام به طراحی یک محصول جدید یا بازنگری در نسخه پیشین یک محصول گردد. سپس در مرحله دوم، محصول آزمایشی در مرحله ساخت و تست مورد اعتبار سنجی و ارزیابی قرار می‌گیرد. در نهایت در صورت تایید در مرحله دوم، به تولید انبوه محصول و تجاری‌سازی آن با هدف کسب درآمد و ارزش افزوده، پرداخته می‌شود. در واقع در زنجیره ارزش تحقیق و توسعه، تمامی مراحل از چگونگی پیدایش یک ایده و ساخت محصول آزمایشی تا تولید نهایی آن، در نظر گرفته می‌شوند.

اکنون در این بخش به بررسی و تحلیل رویکرد پیشنهادی پژوهش در قالب یک مطالعه موردی پرداخته می‌شود. بدین منظور ده پروژه تحقیق و توسعه در ایران به عنوان مطالعه موردی انتخاب و رویکرد تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای فازی با استفاده از داده‌های مربوط به آنها در قالب مدل‌های (۸) الی (۱۱) پیاده‌سازی و اجرا شده است. لازم به توضیح است که نتایج مربوط به ارزیابی کل، مرحله اول ، مرحله دوم و مرحله سوم به ازای پنج سطح اطمینان مختلف شامل ۰٪، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ به ترتیب در جداول (۱) الی (۴) ارائه شده است:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۱): نتایج ارزیابی عملکرد کل زنجیره ارزش پروژه های تحقیق و توسعه

پروژه‌ها	سطوح اطمینان				
	0%	25%	50%	75%	100%
پروژه ۱	1.18173	1.12427	1.06970	1.01786	0.96859
پروژه ۲	1.37270	1.30537	1.24147	1.18080	1.12316
پروژه ۳	1.44513	1.37347	1.30551	1.24104	1.17984
پروژه ۴	1.08468	1.02799	0.97428	0.92339	0.87515
پروژه ۵	1.48512	1.41212	1.34286	1.27714	1.21473
پروژه ۶	1.09367	1.03525	0.97999	0.92772	0.87825
پروژه ۷	1.46427	1.39188	1.32321	1.25805	1.19619
پروژه ۸	1.38487	1.31606	1.25080	1.18887	1.13008
پروژه ۹	1.45906	1.38684	1.31835	1.25335	1.19165
پروژه ۱۰	1.47328	1.40067	1.33179	1.26642	1.20436

جدول (۲): نتایج ارزیابی عملکرد مرحله اول زنجیره ارزش پروژه‌های تحقیق و توسعه

پروژه‌ها	سطوح اطمینان				
	0%	25%	50%	75%	100%
پروژه ۱	1.49383	1.42034	1.35062	1.28444	1.22161
پروژه ۲	1.49383	1.42034	1.35062	1.28444	1.22161
پروژه ۳	0.41551	0.39505	0.37564	0.35722	0.33973
پروژه ۴	0.71396	0.67883	0.64551	0.61388	0.58384
پروژه ۵	1.49383	1.42034	1.35062	1.28444	1.22161
پروژه ۶	0.38903	0.36987	0.35170	0.33446	0.31808
پروژه ۷	0.65794	0.62557	0.59485	0.56570	0.53802
پروژه ۸	0.75575	0.71856	0.68327	0.64978	0.61798
پروژه ۹	0.74238	0.70583	0.67115	0.63823	0.60698
پروژه ۱۰	1.49383	1.42034	1.35062	1.28444	1.22161

جدول (۳): نتایج ارزیابی عملکرد مرحله دوم زنجیره ارزش پروژه‌های تحقیق و توسعه

پروژه‌ها	سطوح اطمینان				
	0%	25%	50%	75%	100%
پروژه ۱	1.49383	1.42034	1.35062	1.28444	1.22161
پروژه ۲	1.49383	1.42034	1.35062	1.28444	1.22161
پروژه ۳	0.86808	0.82529	0.78469	0.74617	0.70959
پروژه ۴	1.49383	1.42034	1.35062	1.28444	1.22161
پروژه ۵	1.49383	1.42034	1.35062	1.28444	1.22161
پروژه ۶	1.03239	0.98154	0.93330	0.88752	0.84404
پروژه ۷	1.18050	1.12236	1.06721	1.01486	0.96516
پروژه ۸	1.49383	1.42034	1.35062	1.28444	1.22161
پروژه ۹	1.42271	1.35377	1.28836	1.22628	1.16711
پروژه ۱۰	1.22965	1.16909	1.11163	1.05710	1.00532

www.SID.ir

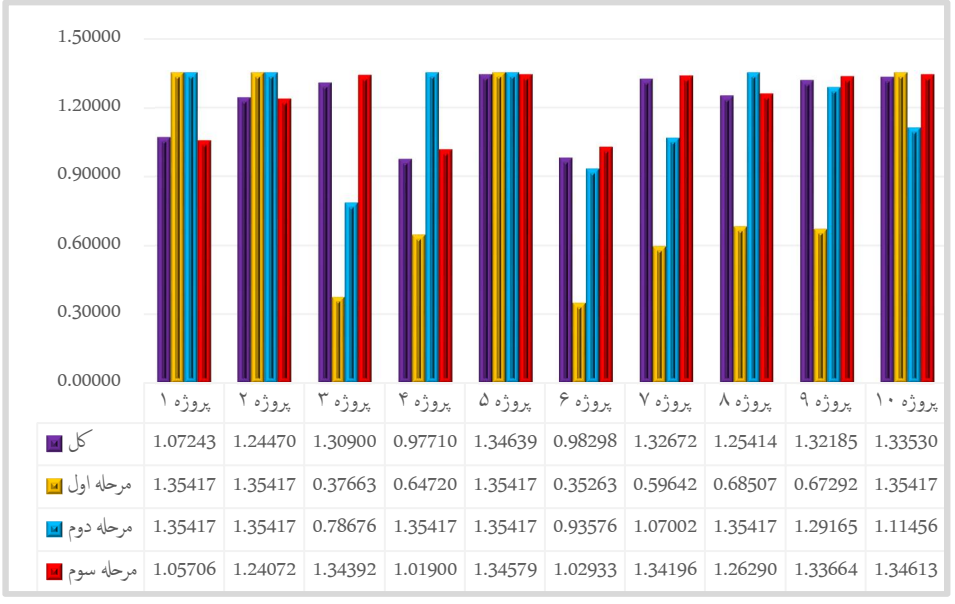
Archive of SID

جدول (۴): نتایج ارزیابی عملکرد مرحله سوم زنجیره ارزش پروژه‌های تحقیق و توسعه

پروژه‌ها	سطوح اطمینان				
	0%	25%	50%	75%	100%
پروژه ۱	1.16483	1.10818	1.05437	1.00325	0.95467
پروژه ۲	1.36834	1.30121	1.23750	1.17700	1.11954
پروژه ۳	1.48281	1.40972	1.34039	1.27458	1.21210
پروژه ۴	1.12585	1.06963	1.01629	0.96566	0.91758
پروژه ۵	1.48448	1.41150	1.34226	1.27655	1.21416
پروژه ۶	1.14616	1.08456	1.02624	0.97100	0.91867
پروژه ۷	1.48074	1.40771	1.33843	1.27268	1.21026
پروژه ۸	1.39431	1.32515	1.25955	1.19730	1.13820
پروژه ۹	1.47505	1.40221	1.33311	1.26753	1.20528
پروژه ۱۰	1.48523	1.41203	1.34259	1.27669	1.21412

همان طور که در جداول (۱) الی (۴) ملاحظه می‌شود، با افزایش سطح اطمینان، سخت‌گیری و محافظه‌کاری رویکرد پیشنهادی نیز افزایش یافته است. به‌عبارت دیگر با افزایش π، همان گونه که انتظار می‌رفت، مقادیر کارایی واحدها کاهش یافته است. لازم به ذکر است که در نهایت به منظور جمع‌بندی نتایج به دست آمده از رویکرد پیشنهادی پژوهش، میانگین مقادیر کارایی به ازای تمامی سطوح اطمینان محاسبه شده است که مقادیر مذکور در قالب شکل (۳) آورده شده است.

با توجه به شکل (۳) به وضوح ملاحظه می‌گردد که زنجیره ارزش مربوط به پروژه ۵ دارای بهترین عمکرد و رتبه از لحاظ عملکرد کل، مرحله اول، مرحله دوم و سوم می‌باشد. هم چنین پروژه ۶ در مجموع دارای بدترین عملکرد از لحاظ تمامی جوانب می‌باشد که بایستی تلاش گردد تا با الگو قرار دادن پروژه ۵، نقاط ضعف آن در کل زنجیره و هر یک از مراحل برطرف گردد.



	پروژه ۱	پروژه ۲	پروژه ۳	پروژه ۴	پروژه ۵	پروژه ۶	پروژه ۷	پروژه ۸	پروژه ۹	پروژه ۱۰
کل	1.07243	1.24470	1.30900	0.97710	1.34639	0.98298	1.32672	1.25414	1.32185	1.33530
مرحله اول	1.35417	1.35417	0.37663	0.64720	1.35417	0.35263	0.59642	0.68507	0.67292	1.35417
مرحله دوم	1.35417	1.35417	0.78676	1.35417	1.35417	0.93576	1.07002	1.35417	1.29165	1.11456
مرحله سوم	1.05706	1.24072	1.34392	1.01900	1.34579	1.02933	1.34196	1.26290	1.33664	1.34613

شکل۳: نتایج نهایی ارزیابی کل زنجیره ارزش و زیر مراحل آن

www.SID.ir

Archive of SID

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

در پژوهش پیش رو تلاش گردید تا یک رویکرد نوین تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای غیر قطعی با قابلیت ارزیابی عملکرد زنجیره ارزش پروژه‌های تحقیق و توسعه برای سیستم‌ها و محصولات پیچیده تحت شرایط عدم قطعیت ارائه گردد. بدین منظور و با توجه نوع عدم قطعیت فازی داده‌ها، از برنامه‌ریزی امکانی بهره گرفته شد. همچنین رویکرد پیشنهادی پژوهش با استفاده از داده‌های مربوط به ده پروژه تحقیق و توسعه در ایران پیاده‌سازی و نتایج حاصله دلالت بر توانمندی رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای امکانی داشتند. لازم به ذکر است که به منظور مطالعات آتی، می‌توان به توسعه رویکرد پیشنهادی تحقیق برای ساختارهای دیگر شبکه‌ای هم جون موازی و ترکیبی در کاربرد ها و مسائل دیگر دنیای واقعی پرداخت. هم چنین می‌توان از رویکردهای دیگر حوزه برنامه‌ریزی عدم قطعیت هم چون بهینه‌سازی استوار و برنامه‌ریزی تصادفی به منظور برخورد با انواع دیگر عدم قطعیت داده‌ها استفاده نمود [42-45]. هم چنین می‌توان از رویکردهای یادگیری ماشین نیز در پیش‌بینی مقادیر شاخص‌ها، معیارها و تلفیق با نظرات خبرگان به منظور افزایش دقت داده‌ها بهره گرفت [46-49].

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع

[1] Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, *120*(3), 253-290.

[2] Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, *2*(6), 429-444.

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

[4] Peykani. P, Mohammadi. E, & Seyed Esmaeili. F.S. (2018). Measuring performance, estimating most productive scale size, and benchmarking of hospitals using DEA approach: A case study in Iran. *International Journal of Hospital Research, 7*(2), 21-41.

[5] Kao, C. (2014). Network data envelopment analysis: A review. *European Journal of Operational Research*, *239*(1), 1-16.

[6] Peykani, P., & Mohammadi, E. (2020). Window network data envelopment analysis: an application to investment companies. *International Journal of Industrial Mathematics*, *12*(1), 89-99.

[7] Peykani, P., & Mohammadi, E. (2018). Interval network data envelopment analysis model for classification of investment companies in the presence of uncertain data, *Journal of Industrial and Systems Engineering*, *11*(Special issue: 14th International Industrial Engineering Conference), 63-72.

[8] Kao, C. (2009). Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model. *European journal of operational research*, *192*(3), 949-962.

[9] Peykani, P., Mohammadi, E., & Seyed Esmaeili, F.S. (2018). The classification of investment companies using the interval network data envelopment analysis model. *14th International Conference on Industrial Engineering, Iran*.

[10] Lotfi, F. H., Navabakhs, M., Tehranian, A., Rostamy-Malkhalifeh, M., & Shahverdi, R. (2007). Ranking bank branches with interval data the application of DEA. *International Mathematical Forum, 2*(9), 429-440.

[11] Peykani, P., & Mohammadi, E. (2018). Portfolio selection problem under uncertainty: a robust optimization approach. *3th International Conference on Intelligent Decision Science, Iran*.

[12] Peykani, P., Mohammadi, E., Rostamy-Malkhalifeh, M., & Hosseinzadeh Lotfi, F. (2019). Fuzzy data envelopment analysis approach for ranking of stocks with an application to Tehran stock exchange. *Advances in Mathematical Finance and Applications*, *4*(1), 31-43.

[13] Peykani, P., & Mohammadi, E. (2018). Robust data envelopment analysis with hybrid uncertainty approaches and its applications in stock performance measurement. *14th International Conference on Industrial Engineering, Iran*.

[14] Liu, J. S., & Lu, W. M. (2010). DEA and ranking with the network-based approach: a case of R&D performance. *Omega*, *38*(6), 453-464.

www.SID.ir

Archive of SID

[15] Li, Y., Chen, Y., Liang, L., & Xie, J. (2012). DEA models for extended two-stage network structures. *Omega*, *40*(5), 611-618.

[16] Chiu, Y. H., Huang, C. W., & Chen, Y. C. (2012). The R&D value-chain efficiency measurement for high-tech industries in China. *Asia Pacific Journal of Management*, *29*(4), 989-1006.

[17] Wang, C. H., Lu, Y. H., Huang, C. W., & Lee, J. Y. (2013). R&D, productivity, and market value: An empirical study from high-technology firms. *Omega*, *41*(1), 143-155.

[18] Chun, D., Chung, Y., & Bang, S. (2015). Impact of firm size and industry type on R&D efficiency throughout innovation and commercialisation stages: evidence from Korean manufacturing firms. *Technology Analysis & Strategic Management*, *27*(8), 895-909.

[19] Lu, W. M., Kweh, Q. L., Nourani, M., & Huang, F. W. (2016). Evaluating the efficiency of dual-use technology development programs from the R&D and socio-economic perspectives. *Omega*, *62*, 82-92.

[20] Zuo, K., & Guan, J. (2017). Measuring the R&D efficiency of regions by a parallel DEA game model. *Scientometrics*, *112*(1), 175-194.

[21] Xiong, X., Yang, G. L., & Guan, Z. C. (2018). Assessing R&D efficiency using a two-stage dynamic DEA model: a case study of research institutes in the Chinese academy of sciences. *Journal of Informetrics*, *12*(3), 784-805.

[22] Chen, K., Kou, M., & Fu, X. (2018). Evaluation of multi-period regional R&D efficiency: an application of dynamic DEA to China's regional R&D systems. *Omega*, *74*, 103-114.

[23] Liu, H. H., Yang, G. L., Liu, X. X., & Song, Y. Y. (2019). R&D performance assessment of industrial enterprises in China: a two-stage DEA approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, 100753.

[24] Peykani, P., & Mohammadi, E. (2018). Fuzzy network data envelopment analysis: a possibility approach. *3th International Conference on Intelligent Decision Science, Iran*.

[25] Chen, Y., & Zhu, J. (2004). Measuring information technology's indirect impact on firm performance. *Information Technology and Management*, *5*(1-2), 9-22.

[26] Liang, L., Cook, W. D., & Zhu, J. (2008). DEA models for two-stage processes: game approach and efficiency decomposition. *Naval Research Logistics (NRL)*, *55*(7), 643-653.

[27] 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.

[28] 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.

[29] Peykani, P., Mohammadi, E., & Seyed Esmaeili, F.S. (2019). Stock evaluation under mixed uncertainties using robust DEA model. *Journal of Quality Engineering and Production Optimization*, *4*(1), 73-84.

[30] Peykani, P., Mohammadi, E., Jabbarzadeh, A., & Jandaghian, A. (2016). Utilizing robust data envelopment analysis model for measuring efficiency of stock, a case study: Tehran stock

www.SID.ir

Archive of SID

[38] Cooper, W. W., Deng, H., Huang, Z., & Li, S. X. (2002). Chance constrained programming approaches to technical efficiencies and inefficiencies in stochastic data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, *53*(12), 1347-1356.

[39] Zadeh, L. A. (1978). Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, *1*(1), 3-28.

[40] Peykani, P., Mohammadi, E., Pishvaee, M.S., Rostamy-Malkhalifeh, M., & Jabbarzadeh, A. (2018). A novel fuzzy data envelopment analysis based on robust possibilistic programming: possibility, necessity and credibility-based approaches. *RAIRO-Operations Research, 52*(4), 1445-1463.

[41] Peykani, P., Mohammadi, E., Emrouznejad, A., Pishvaee, M.S., & Rostamy-Malkhalifeh, M. (2019). Fuzzy data envelopment analysis: an adjustable approach. *Expert Systems with Applications, 136*, 439-452.

[42] Olesen, O. B., & Petersen, N. C. (2016). Stochastic data envelopment analysis - a review. *European Journal of Operational Research*, *251*(1), 2-21.

[43] Ghassemi, A., Hu, M., & Zhou, Z. (2017). Robust planning decision model for an integrated water system. *Journal of Water Resources Planning and Management, 143*(5), 05017002.

[44] Ghassemi, A. (2019). System of Systems Approach to Develop an Energy-Water Nexus Model Under Uncertainty, *Doctoral Dissertation, University of Illinois at Chicago*.

[45] Peykani, P., Mohammadi, E., Farzipoor Saen, R., Sadjadi, S. J., & Rostamy-Malkhalifeh, M. (2020). Data envelopment analysis and robust exchange. *Journal of New Research in Mathematics, 1*(4), 15-24.

[31] Peykani, P., Mohammadi, E., Sadjadi, S. J., & Rostamy-Malkhalifeh, M. (2018). A robust variant of radial measure for performance assessment of stock. *3th International Conference on Intelligent Decision Science, Iran*.

[32] Peykani. P, Seyed Esmaeili. F.S, Hosseinzadeh Lotfi. F, & Rostamy-Malkhalifeh. M. (2019). Estimating most productive scale size in DEA under uncertainty. *11th National Conference on Data Envelopment Analysis, Iran*.

[33] Emrouznejad, A., & Tavana, M. (2014). *Performance measurement with fuzzy data envelopment analysis*. Springer.

[34] Peykani. P, Seyed Esmaeili. F.S, Rostamy-Malkhalifeh. M, & Hosseinzadeh Lotfi. F. (2018). Measuring productivity changes of hospitals in Tehran: the fuzzy Malmquist productivity index. *International Journal of Hospital Research, 7*(3), 1-17.

[35] Peykani. P, Seyed Esmaeili. F.S, Rostamy-Malkhalifeh. M, Hosseinzadeh Lotfi. F, & Tehrani. R. (2019). Fuzzy range directional measure: the pessimistic approach. *11th National Conference on Data Envelopment Analysis, Iran*.

[36] Huang, Z., & Li, S. X. (2001). Stochastic DEA models with different types of input-output disturbances. *Journal of Productivity Analysis*, *15*(2), 95-113.

[37] Cooper, W. W., Deng, H., Huang, Z., & Li, S. X. (2004). Chance constrained programming approaches to congestion in stochastic data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, *155*(2), 487-501.

www.SID.ir

Archive of SID

optimization: a review. *Expert Systems*, e12534.

[46] Shahhosseini, M., Hu, G., & Pham, H. (2019). Optimizing ensemble weights and hyperparameters of machine learning models for regression problems. *ARXIV:1908.05287*.

[47] Shahhosseini, M., Martinez-Feria, R. A., Hu, G., & Archontoulis, S. V. (2019). Maize yield and nitrate loss prediction with machine learning algorithms. *Environmental Research Letters, 14*(12), 124026.

[48] Shahhosseini, M., Hu, G., & Pham, H. (2019). Optimizing Ensemble Weights for Machine Learning Models: A Case Study for Housing Price Prediction. *INFORMS International Conference on Service Science*, 87-97. Springer, Cham.

[49] Shahhosseini, M., Hu, G., & Archontoulis, S. V. (2020). Forecasting corn yield with machine learning ensembles. *ARXIV:2001.09055*.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir