مدلسازی ریاضی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد رویکرد بهینه‌سازی استوار- فازی مورد مطالعه: دانشگاه تربیت مدرس

عادل آذر[۱]، محمّدرضا امینی[۲]، پرویز احمدی[۳]
۱- استاد گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس
AZARA@modares.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه تربیت مدرس
Mr.amini.im@gmail.com
۳- دانشیار گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس
ahmadi@sadad.co.ir

چکیده

الزامات قانونی و علمی تغییر ساختار بودجه‌ریزی در نظام دانشگاهی از برنامه‌ای به عملکردی سبب شد تا مطالعات بسیاری در پی الزامات این تغییر صورت پذیرد. با بررسی ادبیات موضوع، مدل ریاضی که دربرگیرنده ساختار دوگانه بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد[۱] (PBB) در دانشگاه باشد، مشاهده نشد. از اینرو هدف این تحقیق ارائه مدل استوار- فازی RFPBB بوده به نحوی که از یک سو تخصیص بودجه به برنامه‌ها براساس اهمیت هر برنامه و از سوی دیگر تخصیص بودجه به دانشکده‌ها بر اساس سرانه دانشجویی مصوب وزارت علوم،تحقیقات و فناوری مورد توجه قرار گیرد. با درنظرگرفتن معیارهای گوناگون در دانشگاه، و با توجه به عدم قطعیت‌های تصادفی و فازی موجود در تعیین پارامترهای مسأله، دو سناریوی مورد بررسی قرار گرفت. سناریوی اول مدل استوار- فازی با حدود پایین بودجه قطعی و سناریوی دوم مدل استوار- فازی با حدود پایین بودجه فازی در نظر گرفته شد. در این مدل به منظور تعیین ضریب اهمیت هرگروه آموزشی جهت تخصیص بودجه به آن از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) با مدل پایه CCR نهاده‌گرا استفاده شد. همچنین وزن آرمان‌ها و میزان اهمیت هر برنامه براساس مقایسات زوجی توسط خبرگان تعیین گردید. این مدل ریاضی استوار- فازی دارای ۵ آرمان، ۱۱۴۲ محدودیت و ۹۹۴ متغیر تصمیم است.

نتایج ارائه شده در دو سطح کلان و عملیاتی و همچنین شبیه‌سازی مدل قطعی و استوار- فازی، نشان از قابلیت بسیار بالای مدل استوار- فازی نسبت به مدل قطعی، در پاسخگویی به عدم قطعیت موجود در پارامترهای مسأله و همچنین مدیریت سطح ریسک تصمیم دارد.

کلید واژه:

بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد، بهینه‌سازی استوار، برنامه‌ریزی آرمانی تحلیل پوششی داده‌ها، بودجه دانشگاه

۱- Performance Based Budgeting

۱- مقدمه

نهادهای بودجه‌ریزی به طور تاریخی در روند تدریجی حرکت کشورها به سوی حکمرانی شایسته و پاسخ‌گو نقش قابل توجهی ایفا کردنـد. بودجه‌ریزی ابزاری راهبردی برای انضباط اقتصادی و مالی دولتهاست و در شکل امـروزی آن زمینـه دولـت شایسـته و پاسـخگو را فـراهم می‌کند و مشارکت شهروندان را بر می‌انگیزد [۱: ص۱].

بودجه‌ریزی در دانشگاه‌های دولتی را نمی‌توان از محیطی که در آن فعالیت می‌کنند و یا از اقتصاد و محـیط سیاسـی عمـومی مجـزا نمـود. بنابراین مفهوم بودجه‌ریزی و مدیریت عملکرد برای دانشگاه‌های دولتی نیازمند ملاحظه عوامل خاص همچون کنترل دولتـی، پاسـخگویی اجتماعی و تأمین وجه از طریق مالیات‌ها می‌باشد [۲۴]. امروزه دانشگاه‌ها در عین حال که با رشد سریع متقاضیان خود روبـرو بـوده‌انـد، در مواجهه با بسیاری از محدودیت‌ها که مهمترین آن محدودیت‌های مالی بوده، مجبور به بازبینی و سـازماندهی مجـدد سـازوکارهای کسـب درآمد و تخصیص منابع خود نیز بوده‌اند. واقعیت حاکی از آن است که اگرچه قدر مطلق منابع در دسترس دانشگاه‌ها افزایش یافته، اما منابع دریافتی به ازای هر دانشجو یا به عبارتی بودجه سرانه به همان اندازه افزایش نیافته است. لذا گذشته از موارد مرتبط به اثربخشـی، کـاهش منابع سرانه حکم می‌کند که دانشگاه‌ها در مصرف منابع در دسترس خود، دقیق‌تر و کارآتر عمل کنند [۱۱].

عدم استفاده از تئوری‌های کمی و ریاضی در بودجه دانشگاه‌ها که در آن برای اجرای برنامه سالیانه، منابع مالی لازم پیش‌بینـی و اعتبـارات هزینه‌ای و تملک دارایی‌های سرمایه‌ای (عمرانی) تعیین می‌شود، باعث سردرگمی و عدم تخصیص بهینه به منـابع در دسـترس مـی‌شـود. بدیهی است چنانچه فعالیت‌ها و محیط تصمیم‌گیری از پیچیدگی برخوردار نباشند، استفاده از مدل‌های ریاضـی چنـدان اهمیـت نـدارد. امـا اهمیت رویکردهای ریاضی زمانی روشن می‌شود که تعداد متغیرهای تصمیم و فعالیت‌ها و اهداف به گونه‌ای سرسام آور افزایش پیدا می‌کند [۴]. تحقیق در عملیات یا علم مدیریت، یک رویکرد علمی و ریاضی برای حل این مسائل می‌باشد. کاربرد موفقیت‌آمیز برنامه‌ریـزی خطـی در تحقیق در عملیات، بیشترین تأثیر را در بدست آوردن جواب‌های بهینه مسائل تخصیص منابع داشته است. برنامه‌ریزی خطی یـک روش ریاضی برای مشخص نمودن تخصیص بهینه منابع می‌باشد که با توجه به محدودیتهای منابع و سود انجام می‌گیرد [۷ : ص۳].

به طور کلی سابقه تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی به تئوریهای معادلات و نامعادلات خطی و غیر خطی می‌رسد. جـرج دنتزیـگ کـه بـه عنوان پدر برنامه‌ریزی خطی شناخته شده است، برای اولین بار در دهه ۱۹۴۰ شروع به جستجوی تکنیک‌هایی برای حـل برنامـه‌ریزیهـای نظامی نمود؛ و سپس تحقیقات وی توسط نیومن و کوپمن ادامه یافت که به برنامه‌ریزی خطی منتج گردید. از دهه ۱۹۵۰ به بعـد دیگـران نیز شروع به بسط تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی نمودند. از مهمترین آنها می‌توان به مدل چارنز و کوپر در سال ۱۹۷۱ برای سیستم بودجه طرح و برنامه، مدل لی وشیم در سال ۱۹۸۴ برای بودجه‌ریزی بر مبنای صفر، مدل مین هوکی در سال ۱۹۸۸ برای مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی تعاملی در تخصیص منابع دانشگاهی، مدل حبیب در سال ۱۹۹۱ برای اقتصاد نیجریه، مدل گـرین برگـر و نوناماکـار در سـال ۱۹۹۴ برای بخش عمومی، مدل عادل آذر در سال ۱۳۷۴ برای تخصیص بودجه در سازمان‌های دولتی با استفاده از رویکرد برنامه‌ریـزی آرمـانی و رویکرد استنتاج فازی [۲] و [۳]، مدل نجفی در سال ۱۳۹۰ برای "مدل ریاضی بودجه‌ریزی در بخش عمومی: با رویکرد استوار"، مدل آذر و همکاران [۵] در ارائه مدل برنامه‌ریزی خطی با رویکرد استوار برای بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد و همچنین زاناکیس [۲۶] کـواک و لـی [۱۹]، کابالر و همکاران [۱۶] و آذر و همکاران [۴] و [۶] اشاره نمود.

بررسی گسترده ادبیات موضوع در زمینه بودجه‌ریزی، بخصوص بودجه‌ریزی در دانشگاه، نشان داد تا بحال هیچ تحقیقی به منظور بررسـی همزمان ساختار هزینه‌ای دانشگاهی در قالب برنامه‌ها و بودجه اختصاصی به هر دانشکده و ارتباط بین این دو ارائه نشده است. لذا هـدف از انجام این پژوهش آن است تا با بهره‌گیری از مدل ارائه شده توسط آذر [۲] مدلی متناسب با ساختار هزینه‌ای دانشگاه ارائـه شـود کـه هـم بتواند بودجه مورد نیاز هر برنامه و ردیف هزینه را تعیین نماید، و هم میزان بودجه تخصیصی به هر دانشکده و گروه آموزشی را متناسب بـا استانداردهای وزارت علوم مبتنی بر سرانه دانشجویی مشخص نماید. سپس با توجه به عدم قطعیت‌های موجود در پارامترهای مسأله، مـدل همتای استوار- فازی آن طراحی گردد. به این ترتیب می‌توان در برابر عدم قطعیت‌های تصادفی ایمن بوده و با تغییرات پارامترها، بهینگی و موجه بودن فضای بودجه دچار مخاطره نشوند.

آدرس دبیرخانه: تهران- فرمانیه- خیابان لواسانی- خیابان سعیدی- کوچه حمید- پلاک۱۶-کدپستی ۱۹۵۴۶۱۳۹۵۳
مرکز مطالعات مدیریت و بهره‌وری ایران (وابسته به دانشگاه تربیت مدرس) تلفن دبیرخانه کنفرانس: ۲۲۳۰۶۷۷۴ تلفکس: ۲۲۳۰۶۷۷۸

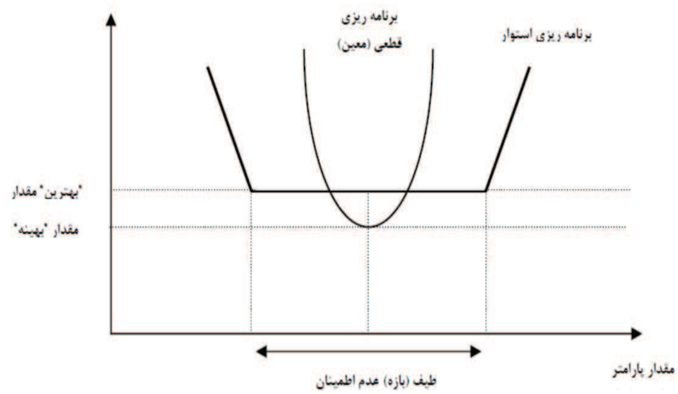
۲- رویکردهای کلاسیک مقابله با عدم اطمینان

رویکردهای زیادی برای بهینه‌سازی در شرایط غیرقطعی مورد استفاده قرار گرفته است که از آن‌جمله، کمینه کـردن امیـد ریاضـی، کمینـه کردن انحراف از آرمان‌ها، کمینه‌کردن بیشترین هزینه‌ها و بهینه‌سازی بر روی محدودیتهای نرم را می‌توان نام برد. در این میـان مـی‌تـوان سه رویکرد اصلی را متمایز کرد: برنامه‌ریزی احتمالی[1]، برنامه‌ریزی فازی[2] و برنامه‌ریزی پویای احتمالی[3] [۱۰، ص۵۷].
در روش‌های کلاسیک برای در نظر گرفتن عدم قطعیت داده‌ها از رویکرد تحلیل حساسیت نیز بهره‌می‌گیرند. در این رویکرد متخصصـین و مدل‌سازها در ابتدا از تأثیر عدم قطعیت داده‌ها بر روی مدل چشم پوشی کرده و متعاقباً برای صحه گذاشتن بر جواب بدست آمده از تحلیـل حساسیت استفاده می‌کنند. اما تحلیل حساسیت تنها ابزاری برای تحلیل خوب بودن جواب است و نمی‌توان از آن بـرای تولیـد جـواب‌هـای استوار استفاده نمود. علاوه بر آن انجام تحلیل حساسیت تؤام در مدل‌هایی که به تعداد زیادی داده غیر قطعی دارند، عملـی نمـی‌باشـد [۸، ص۳].

۲-۱- رویکرد بهینه سازی استوار

رویکرد دیگری که در سال‌های اخیر برای مقابله با عدم قطعیت داده‌ها، بسط داده شده است، بهینه‌سازی اسـتوار مـی‌باشـد. روی در سـال ۲۰۱۰ در مقاله‌ای با عنوان "استواری در تحقیق در عملیات و کمک تصمیم: یک بحث چند بعدی" مبحث اسـتواری در حـوزه تحقیـق در عملیات و کمک تصمیم را به لحاظ مفهومی مورد بحث قرار می‌دهد. وی مروری گذرا بر مطالعات انجام شده در زمینـه اسـتواری داشـته و سه معیار را برای سنجش استواری مطرح می‌کند که عمدتاً مرتبط با واژه‌های Maxmin و Minmax می‌باشد [۲۱].
بحث استواری مدل از مباحث بسیار مهمی بوده که در اخلاق در مدلسازی و متعاقباً اخلاق در تحقیق در عملیات نیز مطرح شـده اسـت. در حقیقت اگر مدل‌ها استوار باشند، خطر بکارگیری اشتباه یا استفاده غلط آن بسیار کمتر خواهد شد و استواری به این مفهوم است که خروجی مدل نباید خیلی نسبت به مقادیر دقیق پارامترها و ورودی‌های مدل حساس باشد [۹، ص۴۱].
بطور کلی می‌توان مفهوم و مزایای برنامه‌ریزی استوار را در حالت عمومی در شکل ۱ ملاحظه کرد. این شکل نشان می‌دهد که روش‌های قطعی (غیر استوار) مقادیر معینی را برای پارامترها در نظر می‌گیرند و جواب بهینه‌ای را حاصل می‌کنند. در مقابل روش‌های استوار جوابی را نزدیک به بهینه ارائه می‌کنند و هزینه را بالاتر نشان می‌دهند، اما جواب بدست آمده با اطمینان بالایی قابل اتکا و معتبر است. به عبارتی با لحاظ تغییرپذیری مقادیر پارامترها روی یک طیفی (بازه ای) از مقادیر جواب همچنان با اطمینان بالایی قابل اتکا می‌باشند [۹، ص۵۳].

۱- Stochastic Programming
۲- Fuzzy Programming
۳- Stochastic Dynamic Programming



شکل ۱- تأثیر برنامه‌ریزی استوار بر هزینه کل زنجیره تأمین

بحث استواری عمدتا با واژه‌هایی چون عدم قطعیت یا عدم اطمینان، عدم دقت، تغییرپذیری مستمر و ... همراه است. به عبارتی استواری و مدل‌های مربوطه به منظور مقابله با عدم اطمینان و واژه‌هایی مشابه مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه روش‌های دیگری چون برنامه‌ریزی احتمالی و تحلیل حساسیت در مقابله با عدم اطمینان وجود دارد [۹، ص۴۲].

برنامه‌ریزی پیرامون استواری را می‌توان در غالب سه نوع مدل ریاضی استوار معرفی نمود، که عبارتند از:

۱- مدل‌های برنامه‌ریزی استوار با داده‌های بازه‌ای

۲- مدل استوار سناریویی

۳- مدل برنامه‌ریزی خطی استوار فازی (FRLP) [۹، ص۴۶].

با توجه به هدف این تحقیق بهره‌گیری از مدل‌های برنامه‌ریزی استوار با داده‌های بازه‌ای استفاده خواهد شد. در میان مدل‌های استوار بازه‌ای، مدل سویستر در سال۱۹۷۰ به عنوان یک مدل بهینه‌سازی خطی شناخته می‌شود که بهترین جواب موجه برای تمامی داده‌های ورودی را به ما می‌دهد، بطوری که هر داده ورودی می‌تواند هر مقداری را از یک بازه بگیرد. این رویکرد تمایل به یافتن جواب‌هایی دارد که بیش محافظه‌کارانه می‌باشند. به این معنا که برای اطمینان از پایدار بودن جواب در این رویکرد به مقدار زیادی از بهینگی مسأله اسمی دور می‌شویم [۲۳]. بن-تال و نمیروفسکی [۱۲و ۱۳و ۱۴] با فرض اینکه داده‌ها در مجموعه‌های بیضوی دارای عدم قطعیت هستند، الگوریتم‌های کارایی برای حل مسائل بهینه‌سازی محدب تحت عدم قطعیت داده ها ارائه کرده‌اند. فرموله بندی‌های استوار به دست آمده از این روش از نوع درجه دو مخروطی می‌باشند.

برتسیمس و سیم در سال ۲۰۰۴ رویکرد متفاوتی را برای کنترل سطح محافظه‌کاری معرفی کرده‌اند. این رویکرد از این مزیت برخوردار است که منجر به یک مدل بهینه‌سازی خطی می‌گردد و بنابراین قابل اعمال بر روی مدل‌های بهینه‌سازی گسسته نیز می‌باشد [۱۵]. چندی بعد ربیعه و آذر (۱۳۹۰) با بهره‌گیری از منطق فازی و توسعه مدل استوار برتسیمس و سیم، مدل استوار- فازی ارائه نمودند که علاوه بر ویژگی‌های مدل مذکور، قابلیت‌های جدیدی را نیز به تصمیم‌گیرندگان می‌دهد. محققین با توجه به عدم آگاهی از شکل توزیع برخی از پارامترها، این نوع پارامترها به صورت عدد تصادفی نوسان کننده در بازه‌ای متقارن لحاظ نموده‌اند. در مدل‌های بهینه‌سازی استوار مثل برتسیمس و سیم، عدد وسط بازه‌ها به عنوان مقدار اسمی نام‌گذاری شده است. در مواردی از مسائل واقعی برای تصمیم‌گیرنده تعیین دقیق طول بازه‌ای که این عدد اسمی در آن نوسان می‌کند، آسان نمی‌باشد و تعیین طول بازه با ابهاماتی مواجه است. به عبارتی اگر تصمیم‌گیرنده طول بازه را بالا لحاظ کند، سطح محافظه‌کاری را افزایش و هزینه بالاتری متحمل می‌شود. برعکس اگر طول بازه را پایین

لحاظ کند ریسک تصمیم‌گیری را بالا برده است. علاوه بر بحث توازن بین ریسک و هزینه، در مواقعی به طور واقعی تصمیم‌گیرنده طول بازه را با ابهام بیان می‌کند. به منظور رفع این مشکل، محققان رویکرد ابداعی را ارائه کردند که تصمیم‌گیرنده قادر است طول بازه‌ها را به صورت عددی فازی بیان کنند و ریسک متعادلی داشته باشد. مدل ربیعه و آذر (۱۳۹۰) به شرح ذیل تعریف می‌گردد:

مسئله بهینه‌سازی زیر را بصورت کلی در نظر می‌گیریم:

$$\text{Minimize} \quad c^T x$$
$$\text{Subject to} \quad Ax \le b$$
$$l \le x \le u$$

بازه‌های عدم قطعیت بصورت زیر تعریف می‌شوند:

هرکدام از ضرایب محدودیت‌ها $a_{ij}, j \in N = \{1,2,\dots,n\}$ به صورت یک متغیر تصادفی مستقل، با توزیع متقارن ولی ناشناخته $\tilde{a}_{ij}, j \in N$ مدل می‌شود که در بازه $[a_{ij} - \hat{a}_{ij}\ ,\ a_{ij} + \hat{a}_{ij}]$ مقدار می‌گیرد که $\hat{a}_{ij}$ نشان دهنده انحراف از ضریب اسمی a_{ij} است.

هرکدام از ضرایب تابع هدف $c_j, j \in N$ به صورت در بازه $[c_j - d_j\ ,\ c_j + d_j]$ مقدار می‌گیرد که d_j نشان دهنده انحراف از ضریب اسمی c_j است. قابل ذکر است که از آنجا که تابع هدف می‌نیمم سازی است و هدف مدل‌های استوار بدست آوردن ماکزیمم تاسف[1] است تنها یک طرف بازه مذکور یعنی مورد استفاده قرار می‌گیرد یعنی فرض می‌شود که c_j در بازه $[c_j\ ,\ c_j + d_j]$ مقدار می‌گیرد. برای فرموله‌بندی همتای پایدار مسئله، Γ_i به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$\text{Max } z = \lambda$$

$$\text{S.t:} \quad c'x + z_o\Gamma_o + \sum_{j\epsilon j_o} p_{oj} + (Z^1 - Z^o)\lambda = Z^1$$

$$\sum_j a_{ij}x_j + z_i\Gamma_i + \sum_{j\in j_i} p_{ij} + q_i \le c_i \qquad \forall i$$
$$z_0 + p_{0j} \ge d_j y_j \qquad \forall j \in J_0$$
$$z_i + p_{ij} \ge \hat{a}_{ij} y_j \qquad \forall i \ne 0, j \in J_i$$
$$z_0 + p_{i0} - \lambda(\hat{C}_i - \hat{C}_{i\,min}) \ge \hat{C}_{i\,min} \qquad \forall i, j \in J_i$$
$$p_{ij} \ge 0 \qquad \forall i, j \in J_i$$
$$y_j \ge 0 \qquad \forall j$$
$$z_i \ge 0 \qquad \forall i$$
$$-y_j \le x_j \le y_j \qquad \forall j$$
$$l_j \le x_j \le u_j \qquad \forall j$$

در صورتی که عدم قطعیت بر روی b تعریف شود نیز می‌توان به سادگی آن را در یک متغیر مانند X' ضرب نمود و همانند ضرایب فنی با آن عمل نمود. با رعایت این نکته که $X' = 1$ باشد.

در این تحقیق در راستای کاهش ریسک تصمیم‌گیری و مقابله با عدم قطعیت موجود در برخی پارامترها، ابتدا مدل اسمی PBB طراحی، و با بهره‌گیری از روش استوار- فازی ربیعه و آذر (۱۳۹۰)، همتای استوار- فازی مدل PBB با عنوان RFPBB طراحی گردید. سپس با توجه به عدم اطمینان موجود در پارامترهای مسأله، مدل RFPBB در قالب دو سناریو مورد بررسی قرار گرفت که در ادامه از نظر خواهد گذشت.

---

[1]- Regret

آدرس دبیرخانه: تهران- فرمانیه- خیابان لواسانی- خیابان سعیدی- کوچه حمید- پلاک ۱۶- کدپستی ۱۹۵۴۶۱۳۹۵۳
مرکز مطالعات مدیریت و بهره وری ایران (وابسته به دانشگاه تربیت مدرس) تلفن دبیرخانه کنفرانس: ۲۲۳۰۶۷۷۴ تلفکس: ۲۲۳۰۶۷۷۸

۳- مدل ریاضی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد اسمی (قطعی) (CPBB) در دانشگاه

مسئله بودجه‌ریزی در دانشگاه متناسب با ساختار هزینه‌ای دانشگاه از دو بُعد برخوردار است. ساختار فوق از یک سو، برنامه‌ها و فعالیت‌هایی که در طول سال انجام می‌گیرد و از سوی دیگر هزینه‌های صورت گرفته توسط هر دانشکده و براساس سرانه دانشجویی مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را مورد توجه قرار می‌دهد. به طور خلاصه می‌توان مسئله این پژوهش را تخصیص بودجه به برنامه‌ها و فعالیت‌ها از یک سو و دانشکده‌ها و گروه‌ها از سوی دیگر عنوان نمود بطوری که آرمانهای مورد نظر مسئولان و تصمیم‌گیران نظام دانشگاهی برآورده گردد

در این مقاله مدلی ریاضی برای بودجه‌ریزی در دانشگاه ارائه شده و با استفاده از مدل استوار- فازی ربیعه و آذر (۱۳۹۰) مدل مذکور به مدل استوار- فازی تبدیل شده است و با اعداد و ارقام بودجه سال ۱۳۸۹ حل شده است، در مقاله حاضر تنها به مدل‌ها اشاره شده و از ارائه توضیحات اجزاء مدل، خودداری شده است. خوانندگان در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر می‌توانند به منبع مذکور مراجعه نمایند. در این تحقیق با توجه به بررسی ادبیات تحقیق و مصاحبه مستمر با خبرگان بودجه از میان تمامی آرمان‌های موجود در نظام بودجه‌ریزی دانشگاه، ۵ هدف اصلی شناسایی و به عنوان آرمان‌های تحقیق انتخاب شدند که عبارتند از:

جدول ۱- آرمان‌های موجود در مدل بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد

شماره آرمان	نوع آرمان	تعریف آرمان
آرمان اول	Max	تابع هدف حداکثر کردن مطلوبیت حاصل از تخصیص بودجه به برنامه‌ها
آرمان دوم	Max	نسبت مطلوب بودجه پژوهشی به بودجه کل برنامه‌ها
آرمان سوم	Max	حداکثر کردن مطلوبیت حاصل از تخصیص بودجه به هر گروه
آرمان چهارم	Min	نسبت مطلوب بودجه پشتیبانی به بودجه کل برنامه‌ها
آرمان پنجم	Optimum	نسبت مطلوب بودجه مقطع کارشناسی ارشد به بودجه دکتری

مدل ریاضی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد اسمی[۱] (CPBB) در دانشگاه" عبارتست از:

$$\square\square\square\, Z = U_۱ d_۱^- + U_۲ d_۲^- + U_۳ d_۳^- + U_۴ d_۴^+ + U_۵ d_۵^+ + U_۵ d_۵^-$$

Subject to:

$$[۱] \quad \left(\sum_{t=۱}^{m} \sum_{p=۱}^{n} W_{tp.}\, Y_{tp.} \right) + d_۱^- \geq \square_۱$$

$$[۲] \quad Y_{t۲.} - \square_۲ \sum_{\square=۱}^{P} Y_{tp.} + d_۲^- \geq ۰ \qquad t = ۱, ۲, \ldots, T$$

$$[۳] \quad \sum_{t=۱}^{T} \sum_{f=۱}^{F} \sum_{g=۱}^{G} E_{tfg.}\, X_{tfg.} + d_۳^- \geq \square_۳$$

۱- Crisp Performance Based Budgeting (CPBB)

$$[۴]\quad Y_{t۳.} - \square_{۴}\sum_{p=۱}^{P} Y_{tp.} - d_{۴}^{+} \leq ۰$$

$$[۵]\quad \sum_{t=۱}^{T}\sum_{f=۱}^{F}\sum_{g=۱}^{G} X_{tfg۱} - \square_{۵}\sum_{t=۱}^{T}\sum_{f=۱}^{F}\sum_{g=۱}^{G} X_{tfg۲} + d_{۵}^{-} - d_{۵}^{+} = ۰$$

$$[۶]\quad X_{t...} = \sum_{f=۱}^{F} X_{tf..} \qquad t = ۱,۲,\dots,T$$

$$[۷]\quad X_{tf..} = \sum_{g=۱}^{G} X_{tfg.} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\ , \qquad f = ۱,۲,\dots,F$$

$$[۸]\quad X_{tfg.} = \sum_{g=۱}^{G} X_{tfgm} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\ , \qquad f = ۱,۲,\dots,F$$

$$[۹]\quad Y_{t..} = \sum_{p=۱}^{\gamma} Y_{tp.} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\,; \quad p = ۱,۲,\dots,P\,;$$

$$[۱۰]\quad Y_{tp.} = \sum_{a=۱}^{\alpha} Y_{tpa} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\,; \quad p = ۱,۲,\dots,P\,; \quad a = ۱,۲,\dots,A$$

$$[۱۱]\quad X_{tfg\square} = \sum_{t=۱}^{\alpha}\sum_{p=۱}^{\gamma}\sum_{a=۱}^{\beta} \lambda_{tpa} Y_{tpa} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\,; \quad f = ۱,۲,\dots,F\,; \quad g = ۱,۲,\dots,G$$

$$[۱۲]\quad \bar{L}_{t...}^{(X)} \leq X_{t...} \leq \bar{U}_{t...}^{(X)} \qquad t = ۱,۲,\dots,T$$

$$[۱۳]\quad \bar{L}_{tf..}^{(X)} \leq X_{tf..} \leq \bar{U}_{tf..}^{(X)} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\,, \quad f = ۱,۲,\dots,F$$

$$[۱۴]\quad \bar{L}_{tfg.}^{(X)} \leq X_{tfg.} \leq \bar{U}_{tfg.}^{(X)} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\,, \quad f = ۱,۲,\dots,F \quad g = ۱,۲,\dots,G$$

$$[۱۵]\quad \bar{L}_{t..}^{(y)} \leq Y_{t..} \leq \bar{U}_{t..}^{(y)} \qquad t = ۱,۲,\dots,T$$

$$[۱۶]\quad \bar{L}_{tp.}^{(y)} \leq Y_{tp.} \leq \bar{U}_{tp.}^{(y)} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\,, p = ۱,۲,\dots,P$$

$$[۱۷]\quad \bar{L}_{tpa}^{(y)} \leq Y_{tpa} \leq \bar{U}_{tpa}^{(y)} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\,, p = ۱,۲,\dots,P\,, a = ۱,۲,\dots,A$$

$$[۱۸]\quad \sum_{i=۱}^{m} U_{\square} = ۱$$

$$[۱۹]\quad \sum_{p=۱}^{P} W_{tp.} = ۱$$

همچنین باتوجه به عدم اطمینان موجود در حدود بالا بودجه، تمامی این حدود به عنوان پارامترهای نامطمئن که در بازه‌های متقارن نوسان می‌کنند، تعریف می‌شوند. متغیرها و پارامترهای اصلی مدل در جداول ذیل ارائه شده‌اند.

جدول ۲- تعریف متغیرهای اصلی مدل

تعریف متغیر	نماد اصلی
بودجه دانشگاه در سال t ام	$X_{t...}$
بودجه دانشکده f ام در سال t ام	$X_{tf..}$
بودجه گروه g ام در دانشکده f ام در سال t ام	$X_{tfg.}$
بودجه مقطع m ام در گروه g ام در دانشکده f ام در سال t ام	X_{tfgm}
بودجه اختصاص یافته به سال t ام	$y_{t..}$
بودجه اختصاص یافته به برنامه p ام در سال t ام	$y_{tp.}$
بودجه اختصاص یافته به ماده a ام در برنامه p ام در سال t ام	y_{tpa}
متغیر انحراف از آرمان (انحراف مثبت)	d_r^+
متغیر انحراف از آرمان (انحراف منفی)	d_r^-

جدول ۳- تعریف پارامترهای قطعی

تعریف پارامتر های قطعی (اسمی)	نماد اصلی
میزان مطلوبیت هر آرمان در تابع هدف	$\square_i$
کسری از Y_{tpa} خواهد بود که مجموع حاصلضرب آنها در β برنامه و α ماده هزینه در سال t، بودجه اختصاص داده شده به گروه g مربوط به دانشکده f در سال t را تشکیل می‌دهد.	λ_{tpa}
نسبت مطلوب بودجه پژوهشی به کل	$G_{۲}$
نسبت مطلوب بودجه پشتیبانی به کل	$G_{۴}$
نسبت مطلوب بودجه مقطع ارشد به مقطع دکتری	$G_{۵}$
مطلوبیت هر ریال بودجه اختصاصی به برنامه p در سال t	$W_{tp.}$
کارایی گروه g در دانشکده f در سال t	$E_{tfg.}$
مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به کل برنامه‌ها در سال t	$\bar{U}^{y}_{t..}$
مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به کل برنامه‌ها در سال t	$\bar{L}^{y}_{t..}$
مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به برنامه p در سال t	$\bar{U}^{y}_{tp.}$
مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به برنامه p در سال t	$\bar{L}^{y}_{tp.}$
مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به ردیف a در برنامه p در سال t	$\bar{U}^{y}_{tpa}$
مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به ردیف a در برنامه p در سال t	$\bar{L}^{y}_{tpa}$
مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به کل دانشکده‌ها در سال t	$\bar{U}^{x}_{t...}$
مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به کل دانشکده‌ها در سال t	$\bar{L}^{x}_{t...}$
مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به دانشکده f در سال t	$\bar{U}^{x}_{tf..}$
مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به دانشکده f در سال t	$\bar{L}^{x}_{tf..}$
مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به گروه g در دانشکده f و در سال t	$\bar{U}^{x}_{tfg.}$
مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به گروه g در دانشکده f و در سال t	$\bar{L}^{x}_{tfg.}$

٤- همتای استوار- فازی مدل PBB

در مسأله این تحقیق پارامترهای حدود بالا و پایین بودجه تخصیصی دارای دو نوع عدم اطمینان به شرح ذیل می‌باشند: ۱) عدم قطعیت بازه‌ای ۲) عدم اطمینان فازی
به نحوی که از یک سو پارامترهای حدود بالای بودجه تخصیصی دارای نوسان بوده و از سوی دیگر با توجه به نظرخواهی از خبرگان در ارائه ارقام مربوط به حدود بالای بودجه، این پارامترها با ابهام مواجه بوده‌اند. به منظور پاسخگویی به این عدم اطمینان های موجود در مسأله مدل استوار- فازی PBB[۱] (RFPBB) طراحی گردید.
در این مدل تنها حدود بالا در سطوح شش‌گانه دانشگاه (کل دانشگاه، برنامه، ردیف، کل دانشکده‌ها، دانشکده، گروه) دارای عدم اطمینان تصادفی (نوسان در مقدار پارامترهای حدود بالا) می‌باشد و نیم طول بازه‌های نوسان این حدود به صورت فازی در نظر گرفته شده است. با توجه به مدل ربیعه و آذر (۱۳۹۰)، مدل CLB–RFPBB در دانشگاه عبارتست از:

$$\square\square\square\, Z = U_1 d_1^- + U_2 d_2^- + U_3 d_3^- + U_4 d_4^+ + U_5 d_5^+ + U_5 d_5^-$$

Subject to:

$$[1]\quad \left(\sum_{t=1}^{m}\sum_{p=1}^{n} W_{tp.}\, Y_{tp.}\right) + d_1^- \geq \square_1$$

$$[2]\quad Y_{t2.} - \square_2 \sum_{\square=1}^{P} Y_{tp.} + d_2^- \geq 0$$

$$[3]\quad \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} E_{tfg.}\, X_{tfg.} + d_3^- \geq \square_3$$

$$[4]\quad Y_{t3.} - \square_4 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} - d_4^+ \leq 0$$

$$[5]\quad \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} X_{tfg1} - \square_5 \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} X_{tfg2} + d_5^- - d_5^+ = 0$$

$$[6]\quad X_{t...} = \sum_{f=1}^{F} X_{tf..}$$

$$[7]\quad X_{tf..} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfg.}$$

$$[8]\quad X_{tfg.} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfgm}$$

$$[9]\quad Y_{t..} = \sum_{p=1}^{\gamma} Y_{tp.}$$

۱- Robust- Fuzzy Performance Based Budgeting(CLB - RFPBB)

$$[۱۰]\quad Y_{tp.} = \sum_{a=۱}^{\alpha} Y_{tpa}$$

$$[۱۱]\quad X_{tfg\square} = \sum_{t=۱}^{\alpha}\sum_{p=۱}^{\gamma}\sum_{a=۱}^{\beta} \lambda_{tpa} Y_{tpa}$$

$[۱۲]\ Y_{t..} + Z_{t..}\Gamma_{t..} + q_{t..} \leq \bar{U}^{y}_{t..}$

$[۱۳]\ Z_{t..} + q_{t..} \gtreqless \hat{\bar{\square}}^{\square}_{\square..}$

$[۱۴]\ Y_{tp.} + Z_{tp.}\Gamma_{tp.} + q_{tp.} \leq \bar{U}^{y}_{tp.}$

$[۱۵]\ Z_{tp.} + q_{tp.} \gtreqless \hat{\bar{\square}}^{\square}_{\square\square.}$

$[۱۶]\ Y_{tpa} + Z_{tpa}\Gamma_{tpa} + q_{tpa} \leq \bar{U}^{y}_{tpa}$

$$[۱۷] Z_{tpa} + q_{tpa} \gtreqless \hat{\bar{\square}}^{\square}_{\square\square\square}$$

$[۱۸]\ \bar{L}^{y}_{t..} \leq Y_{t..}$

$$[۱۹]\ \bar{\square}^{\square}_{\square\square.} \leq Y_{tp.}$$

$[۲۰]\ \bar{L}^{y}_{tpa} \leq Y_{tpa}$

$[۲۱]\ X_{t...} + Z^{x}_{t...}\Gamma^{x}_{t...} + r_{t...} \leq \bar{\square}^{\square}_{\square...}$

$[۲۲]\ Z^{x}_{t...} + r_{t...} \gtreqless \hat{\bar{U}}^{x}_{t...}$

$[۲۳]\ X_{tf..} + Z^{x}_{tf..}\Gamma^{x}_{tf..} + r_{tf..} \leq \bar{U}^{x}_{tf..}$

$$[۲۴]\ Z^{x}_{tf..} + r_{tf..} \gtreqless \hat{\bar{U}}^{x}_{tf..}$$

$$[۲۵]\ X_{tfg.} + Z^{x}_{tfg.}\Gamma^{x}_{tfg.} + r_{tfg.} \leq \bar{U}^{x}_{tfg.}$$

$[۲۶]\ Z^{x}_{tfg.} + r_{tfg.} \gtreqless \hat{\bar{U}}^{x}_{tfg.}$

$$[۲۷]\ \bar{\square}^{\square}_{\square.} \leq X_{t...}$$

$[۲۸]\ \bar{L}^{x}_{tf..} \leq X_{tf..}$

$$[۲۹]\ \bar{L}^{x}_{tfg.} \leq X_{tfg.}$$

$$[۳۰]\quad \sum_{i=۱}^{m} U_{\square} = ۱$$

$$[۳۱]\quad \sum_{p=۱}^{P} W_{tp.} = ۱$$

$$q_{t..} \geq ۰, q_{tp.} \geq ۰, q_{tpa} \geq ۰, \acute{q}_{t..} \geq ۰, \acute{q}_{tp.} \geq ۰, \acute{q}_{tpa} \geq ۰, r_{t...} \geq ۰, \acute{r}_{t...} \geq ۰, r_{tf..} \geq ۰, \acute{r}_{tf..} \geq ۰, r_{tfg.} \geq ۰, \acute{r}_{tfg.} \geq ۰, Z_{t..} \geq ۰, \acute{Z}_{t..} \geq ۰, Z_{tp.} \geq ۰, \acute{Z}_{tp.} \geq ۰, Z_{tpa} \geq ۰, \acute{Z}_{tpa} \geq ۰, Z^{x}{}_{t...} \geq ۰, \acute{Z}^{x}{}_{t...} \geq ۰, Z^{x}{}_{tf..} \geq ۰, \acute{Z}^{x}{}_{tf..} \geq ۰, Z^{x}{}_{tfg.} \geq ۰, \acute{Z}^{x}{}_{tfg.} \geq ۰$$

❖

مدل RFPBB قطعی شده[۱]

با توجه به آنچه پیرامون قطعی‌سازی مدل استوار- فازی (ربیعه) اشاره شد، در این قسمت مدل CLB–RFPBB قطعی شده ارائه خواهد شد:

$$\square\square\square\, Z = \lambda$$

Sobject to:

$$U_{۱}d_{۱}^{-} + U_{۲}d_{۲}^{-} + U_{۳}d_{۳}^{-} + U_{۴}d_{۴}^{+} + U_{۵}d_{۵}^{+} + U_{۵}d_{۵}^{-} + \lambda(\square^{۱} - \square^{۰}) \leq \square^{۱}$$

Subject to:

$$[۱]\quad \left(\sum_{t=۱}^{m}\sum_{p=۱}^{n} W_{tp.}\, Y_{tp.}\right) + d_{۱}^{-} \geq \square_{۱}$$

$$[۲]\quad Y_{t۲.} - \square_{۲}\sum_{\square=۱}^{P} Y_{tp.} + d_{۲}^{-} \geq ۰ \qquad t = ۱,۲,\dots,T$$

$$[۳]\quad \sum_{t=۱}^{T}\sum_{f=۱}^{F}\sum_{g=۱}^{G} E_{tfg.}\, X_{tfg.} + d_{۳}^{-} \geq \square_{۳}$$

$$[۴]\quad Y_{t۳.} - \square_{۴}\sum_{p=۱}^{P} Y_{tp.} - d_{۴}^{+} \leq ۰$$

$$[۵]\quad \sum_{t=۱}^{T}\sum_{f=۱}^{F}\sum_{g=۱}^{G} X_{tfg۱} - \square_{۵}\sum_{t=۱}^{T}\sum_{f=۱}^{F}\sum_{g=۱}^{G} X_{tfg۲} + d_{۵}^{-} - d_{۵}^{+} = ۰$$

$$[۶]\quad X_{t...} = \sum_{f=۱}^{F} X_{tf..} \qquad t = ۱,۲,\dots,T$$

$$[۷]\quad X_{tf..} = \sum_{g=۱}^{G} X_{tfg.} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\ , \qquad f = ۱,۲,\dots,F$$

$$[۸]\quad X_{tfg.} = \sum_{g=۱}^{G} X_{tfgm} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\ , \qquad f = ۱,۲,\dots,F$$

$$[۹]\quad Y_{t..} = \sum_{p=۱}^{\gamma} Y_{tp.} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\,; \quad p = ۱,۲,\dots,P\,;$$

$$[۱۰]\quad Y_{tp.} = \sum_{a=۱}^{\alpha} Y_{tpa} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\,; \quad p = ۱,۲,\dots,P\,; \quad a = ۱,۲,\dots,A$$

$$[۱۱]\quad X_{tfg\square} = \sum_{t=۱}^{\alpha}\sum_{p=۱}^{\gamma}\sum_{a=۱}^{\beta} \lambda_{tpa}\, Y_{tpa} \qquad t = ۱,۲,\dots,T\,; \quad f = ۱,۲,\dots,F\,; \quad g = ۱,۲,\dots,G$$

$$[۱۲]\quad Y_{t..} + Z_{t..}\Gamma_{t..} + q_{t..} \leq \bar{U}_{t..}^{y}$$

۱- Difuzzication

آدرس دبیرخانه: تهران- فرمانیه- خیابان لواسانی- خیابان سعیدی- کوچه حمید- پلاک ۱۶-کدپستی ۱۹۵۴۶۱۳۹۵۳
مرکز مطالعات مدیریت و بهره‌وری ایران (وابسته به دانشگاه تربیت مدرس) تلفن دبیرخانه کنفرانس: ۲۲۳۰۶۷۷۴ تلفکس: ۲۲۳۰۶۷۷۸

$$[۱۳]\ Z_{t..} + q_{t..} - \lambda\, d^{u}_{t..} \geq \widehat{U}^{y}_{t..} - d^{u}_{t..}$$
$$[۱۴]\ Y_{tp.} + Z_{tp.}\Gamma_{tp.} + q_{tp.} \leq \overline{U}^{y}_{tp.}$$
$$[۱۵]\ Z_{tp.} + q_{tp.} - \lambda\, d^{u}_{tp.} \geq \widehat{U}^{y}_{tp.} - d^{u}_{tp.}$$
$$[۱۶]\ Y_{tpa} + Z_{tpa}\Gamma_{tpa} + q_{tpa} \leq \overline{U}^{y}_{tpa}$$
$$[۱۷]\ Z_{tpa} + q_{tpa} - \lambda\, d^{u}_{tpa} \geq \widehat{U}^{y}_{tpa} - d^{u}_{tpa}$$
$$[۱۸]\ \overline{L}^{y}_{t..} \leq Y_{t..}$$
$$[۱۹]\ \overline{L}^{y}_{tp.} \leq Y_{tp.}$$
$$[۲۰]\ \overline{L}^{y}_{tpa} \leq Y_{tpa}$$
$$[۲۱]\ X_{t...} + Z^{x}_{t...}\Gamma^{x}_{t...} + r_{t...} \leq \overline{U}^{x}_{t...}$$
$$[۲۲]\ Z^{x}_{t...} + r_{t...} - P^{u}_{t...}\lambda \geq \widehat{U}^{x}_{t...} - P^{u}_{t...}$$
$$[۲۳]\ X_{tf..} + Z^{x}_{tf..}\Gamma^{x}_{tf..} + r_{tf..} \leq \square^{\square}_{\square\square..}$$
$$[۲۴]\ Z^{x}_{tf..} + r_{tf..} - P^{u}_{tf..}\lambda \geq \widehat{U}^{x}_{tf..} - P^{u}_{tf..}$$
$$[۲۵]\ X_{tfg.} + Z^{x}_{tfg.}\Gamma^{x}_{tfg.} + r_{tfg.} \leq \overline{U}^{x}_{tfg.}$$
$$[۲۶] Z^{x}_{tfg.} + r_{tfg.} - P^{u}_{tfg.}\lambda \geq \widehat{U}^{x}_{tfg.} - P^{u}_{tfg.}$$
$$[۲۷]\ \square^{\square}_{\square.} \leq X_{t...}$$
$$[۲۸]\ \square^{\square}_{\square\square..} \leq X_{tf..}$$
$$[۲۹]\ \overline{L}^{x}_{tfg.} \leq X_{tfg.}$$
$$[۳۰]\ \sum_{i=۱}^{m} U_{\square} = ۱$$
$$[۳۱]\ \sum_{p=۱}^{P} W_{tp.} = ۱$$

در فرم عمومی مدل ارائه شده، هر متغیر دارای حدود بالا نامطمئن خواهد بود. بنابراین به ازای هـر متغیـر یـک پـارامتر نـامطمئن تعریـف گردیده است همچنین به منظور تعیین تعداد متغیرهای مدل استوار باید توجه نمود که به ازای هر پـارامتر نـامطمئن (مثـل $Y_{t..}$) دو متغیـر استواری (بطور مثال $q_{t..}$ و $Z_{t..}$) به مدل اضافه خواهد شد. بنابراین به منظور تعریف تعداد متغیرهای مدل همتای استوار- فازی می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

تعداد متغیرهای مدل استوار-فازی درفرم عمومی=[تعداد متغیرهای مدل قطعی] + [تعداد پارامترهای نامطمئن × ۲] +۱

البته با توجه به منطق بهینه‌سازی استوار که منجر به کاهش فضای موجه می‌شود، و با در نظر گرفتن منطق مقابله با عدم قطعیت بودجه – هر چه عدم قطعیت بیشتر باشد، بودجه اختصاصی نیز کمتر خواهد بود- تنها پارامترهای حدود بالای بودجه به صورت پارامترهای نامطمئن

(نوسان کننده) لحاظ شده‌اند. بدیهیست در صورت نیاز می‌توان پارامترهای حدود پایین را نیز همانند پارامترهای حدود بالا استوار نمود. پس از استوار نمودن مدل مربوطه، نوبت به حل مدل و بررسی نتایج آن خواهد رسید.

۵- پارامترهای مدل

در حالت کلی پارامترهای مدل را می‌توان به دو دسته عمده تقسیم کرد که عبارتند از:

- پارامترهای عمومی و قطعی: ضرایب تابع هدف، مقادیر آرمان‌ها، حدود پایین بودجه در سناریوی اول و ...
- پارامترهای غیرقطعی: حدود بالای بودجه (عدم قطعیت تصادفی)، حدود پایین بودجه در سناریوی دوم (عدم قطعیت فازی).

با توجه به اینکه بحث اصلی این تحقیق، تخصیص مقدار بهینه بودجه به برنامه‌ها و دانشکده‌ها به منظور دستیابی به آرمان‌های مورد نظر می‌باشد، مدل‌های استوار- فازی بر اساس داده‌های سال ۱۳۸۹ در دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. در این مقاله به دلیل حجم زیاد داده‌ها از ارائه اعداد پارامترهای مدل خودداری می‌شود.

٦- نتایج حل و شبیه‌سازی مدل استوار- فازی

به منظور حل هر مدل استوار- فازی، ابتدا تعداد متغیرها و محدودیت‌های مدل مشخص و سپس به نتایج حل اشاره شود. این مدل از نوع برنامه‌ریزی آرمانی استوار- فازی بوده که دارای ۵ آرمان،۹۹۴ متغیر ۱۱۴۲ محدودیت می‌باشد. جزئیات بیشتر در جدول (۴) بیان شده است.

جدول ٤- تشریح نوع و تعداد متغیرها و محدودیت‌ها در مدل

شرح	نوع	نوع مدل	
		اسمی (قطعی)	RFPBB
متغیرها	اصلی	۵۰۱	۵۰۱
	استوار	–	۴۸۶
	فازی	–	۱
	انحراف از آرمان	۶	۶
	کل	۵۰۷	۹۹۴
محدودیت‌ها	اصلی	۸۹۳	۶۵۰
	استواری	–	۲۴۳
	فازی	–	۱
	استوار- فازی	–	۲۴۳
	آرمانی	۵	۵
	کل	۸۹۸	۱۱۴۲

به منظور بررسی نتایج حاصل از حل مدل استوار- فازی، جواب‌ها در دو سطح کلان و عملیاتی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بـه نحـوی کـه سطح کلان بیانگر مقدار تابع هدف مدل استوار- فازی و مجموع انحرافات (تابع هدف مسأله استوار) و سطح عملیـاتی کـه بیـانگر بودجـه پیشنهادی برای تخصیص به سطوح مختلف دانشگاه می‌باشد.

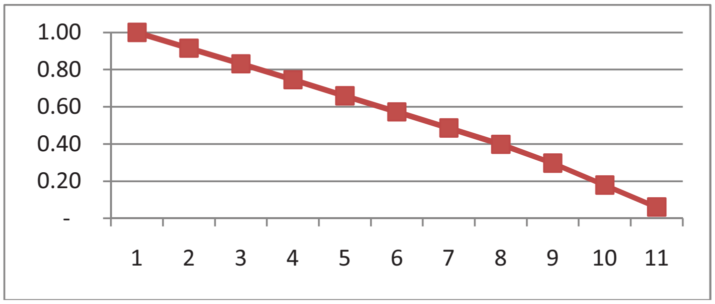
٦- ١- نتایج حل مدل استوار در سطح کلان

در این بخش نتایج حاصل از حل RFPBB ارائه خواهد شد. با توجه به اینکه در حل مدل استوار- فازی ۱۱ سطح حفاظت انتخاب شده است و به دلیل حجم بالای تعداد خروجی‌ها، و به منظور تحلیل نتایج مدل استوار- فازی، تنها به بررسی رابطه سطح محافظه‌کاری (حفاظت) با مقدار تابع هدف مدل استوار- فازی و مقدار کل انحرافات (تابع هدف مدل اصلی) خواهیم پرداخت. جدول ۵ بیانگر نتایج حل مدل استوار- فازی می‌باشد:

جدول ۵- مقایسه مقدار انحراف کل و تابع هدف در دو مدل استوار- فازی

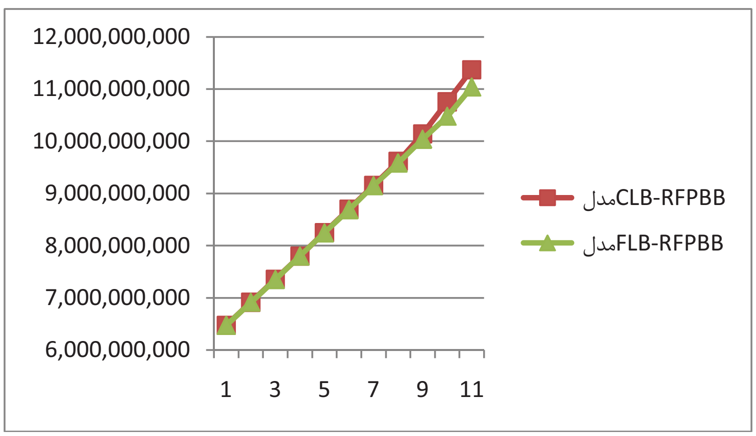
طرح حفاظت (Γ)	ارزش ریالی انحراف از آرمان					مقدار کل انحرافات	تابع هدف (λ)
		d					
صفر	ĬưIŏ ư ıı	Ĭ	ŏıư ŏ	II ưIĬŏư Ĭư I	Ŏư ıĬư IŎưĬĬŏ	ưŏ ıư I ıưŏŎı	I
ĬĬI	IưĬŎ ưI ưĬıŏ	Ĭ	ư ŏI ư	IIıư Iư ŎIŏưı I	Ŏưŏ ıưĬ Ĭŏư Ĭ	ư I ưı ư Ŏı	Ĭĕ I
ĬĬı	Iư ŏưı ŏĬưIı	Ĭ	IưI Ĭư IưŎ Ŏ	IĬ ư Iıư Ŏ ưI Ŏ	ŎưŏıŎư Ĭ ư Ŏ	ưŎ Ŏư ıưŎŏ	ĬĬ Ŏ I
ĬĬŎ	ıư Ĭ ư Ŏ ư Ŏ	Ĭ	Iư Ĭ ưĬ ư Ĭı	IĬŏư ŏĬư ı ưĬIŎ	ŎưŎ ưı ŎưĬI	ư ĬĬưŎ ưIIĬ	ĬĬ ŏ
ĬĬŏ	Ŏư I ưĬ ư Ĭ	Ĭ	ıư ıŎưI IŎư ŏ	IĬĬư ŏIư ưŏ Ŏ	Ŏưı Ĭư ư	ưıŏ ư ưŏŎ	ĬĬ
ĬĬ	ŏư ưĬ ıưĬI	Ĭ	ŎưıŎŏưı Iư Ĭ	ư ĬIư ıưŎı	Ŏưıııư Ĭŏư	ư ưI ŎưĬI	ĬĬ Ŏ
ĬĬ	ư ıưŏ Ĭ ư ŏ	Ĭ	Ŏư ıưŎ I ưĬ	Iư Ĭıưŏ ıưI Ŏ	ŎưI ŏư ưŏ Ŏ	ưI Ŏư Ŏ ưŏŎŏ	ĬĬŏ
ĬĬ	ư ŎưŎ ư ıI	Ĭ	ŏư ı ư Ŏ ưĬŎ	ưŎ Ĭư ư	ŎưIı ư ưĬ	ư I ưŏŏ ư I	ĬĬŎ
ĬĬ	ư ưı ŎưĬ	Ĭ	ư ıư ŏ ưĬĬı	ıư ı ư ưŎĬ	ŎưĬŏıư ư	IĬưIŏIư ııư IŎ	ĬĬı
ĬĬ	ư ŎưI ư	Ĭ	ưı ư ŏŎưŎI	Ĭư ı ư ưŎŎ	ıư ıư ŏ ưŎ	IĬư ŏư ưŏ ŏ	ĬĬI
I	ư ĬIưĬ ıIư ŏI	Ĭ	ư ŏưı Ŏư	ưĬ ŏư Ĭ ưIŏI	ıư Iưı ưŎ I	IIưŎ ư Ĭư ŏ	ĬĬĬ I

به منظور تحلیل بهتر اعداد ارائه شده در جدول ۵ که بیانگر نتایج حل مدل استوار- فازی می‌باشد، دو نمودار ذیل ارائه می‌گردد. همانطور که از جدول ۵ قابل استنباط است با افزایش سطوح حفاظت، سطح اقناع محدودیت‌ها کاهش یافته است. این مطلب منطقی بوده و نشان از آن است که افزایش سطوح حفاظت (کاهش ریسک)، دستیابی به سطح اقناع را سخت‌تر می‌کند. شکل ۲ نیز روند کاهشی سطح اقناع را با افزایش سطح حفاظت بخوبی نشان می‌دهد.



شکل ۲- میزان اقناع محدودیت‌ها در مدل‌های استوار- فازی به ازای سطوح حفاظت مختلف

از جدول ۵ و نموادر ۳ واضح است که با افزایش سطح حفاظت مقدار کل انحراف از آرمان‌ها بدتر می‌شود (مقدار تابع هدف مینیمم، بیشتر می‌شود). در واقع هرچه سطح حفاظت افزایش یافته، مدل مقادیر متغیرها را به نحو سختگیرانه‌تری در بازه مجاز انتخاب کرده و نهایتاً جواب تابع هدف بدتر می‌شود. بنابراین تغییر سطح محافظه کاری می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عایدی تصمیم‌گیرنده داشته باشد. بطوریکه مقدار کل انحراف در حالت ۱۱ به حالت ۱ تقریباً ۱/۷ برابر شده است و این از اهمیت توجه به سطح حفاظت حکایت دارد به نحوی که تصمیم‌گیرنده با برقراری توازنی بین سطح ریسک و میزان دستیابی به اهداف، تصمیمی معقولانه اتخاذ نماید.



شکل ۳- رابطه سطح حفاظت و تابع هدف مدل آرمانی (مجموع انحرافات) در مدل‌های استوار- فازی

همانطورکه ملاحظه می‌گردد، با افزایش سطح حفاظت مقدار تابع هدف (مجموع انحرافات) بدتر می‌شود که این امر با منطق ریاضیاتی استوار سازی مدل کاملا سازگار است. به نحوی که هرچقدر که تصمیم‌گیرنده بخواهد عدم اطمینان بیشتری را برای مدل درنظر بگیرد، جواب‌های محافظه‌کارانه‌تری را دریافت خواهد نمود. که این افزایش محافظه‌کاری در تخصیص بودجه منجر به کاهش مقدار بودجه تخصیصی خواهد شد. البته همانطور که از نظر گذشت، به دلیل حجم بالای مقادیر حاصل از حل مدل‌ها، نتایج در سطح کلان، فقط مقدار

توابع هدف و مجموع انحرافات گزارش شده است. اگرچه تغییر در مقادیر انحرافات هر آرمان بخوبی نمایانگر کاهش بودجه تخصیص یافته به سطوح مختلف دانشگاه می‌باشد.

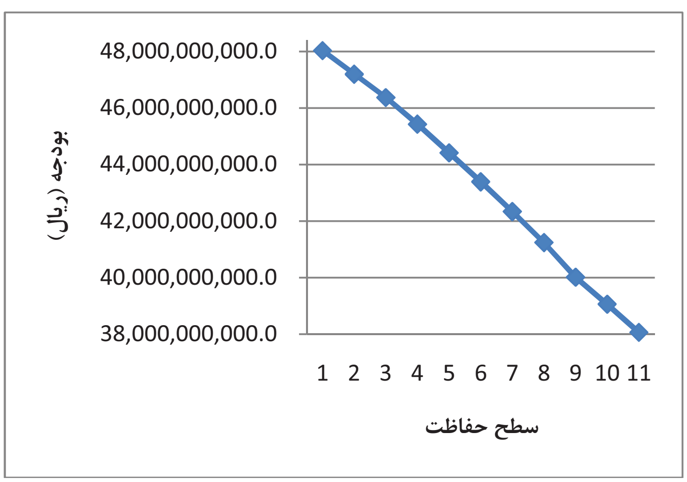
٦- ٢- نتایج حل مدل استوار در سطح عملیاتی

اگرچه مقادیر انحرافات و آرمان‌ها به نوعی بیانگر وضعیت ارقام بودجه می‌باشد. با این حال با توجه به حجم بسیار بالای متغیرهای مدل و به منظور نمایش تفاوت ارقام بودجه به ازای سطوح مختلف مدل استوار- فازی و مقایسه آن با مدل قطعی، بودجه برنامه‌ها و مجموع بودجه دانشکده‌ها ارائه خواهد شد و از ارائه نتایج مربوط به ردیف هزینه‌ها، دانشکده‌ها، گروه‌های آموزشی و مقاطع تحصیلی اجتناب گردید.

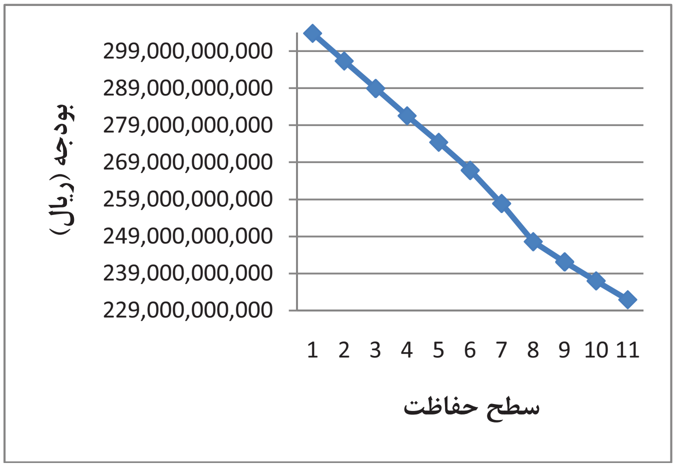
جدول ٦- نتایج بودجه پیشنهادی برنامه‌ها و مجموع دانشکده ها به ازای سطوح مختلف حفاظت در مدل‌های استوار- فازی

سطح حفاظت (Γ)	مدل RFPBB	
	کل دانشگاه (مجموع برنامه‌ها)	بودجه مجموع دانشکده‌ها
۱	ŎĭŎúׅ I u ́ uŎŏ	ŏ uĭŎŎuĭ uŎII
۲	ı uŎŏŎuı Iu ı	ŏ uI u ŏŏu ŏ
۳	ı u Ŏĭu uI ĭ	ŏ uŎ Ŏuŏ u ŏ
۴	ı Iu ŏıuIŏIu Ŏ	ŏ uŏı u I u
۵	ı ŏuŏI uŏ ıu	ŏŏuŏIIu ĭu
۶	ı u IŏuIIıuı	ŏŎuŎ uŏ u ŏI
۷	ı u uŏ ıu I	ŏıuŎŎıuŏ u Ŏŏ
۸	ıŏ u ŏuŏ u ŏŏ	ŏIuıŎ uŏĭıu
۹	ıŏıuĭ uI uIŏ	ŏĭuĭĭ u u ı
۱۰	ıŎ u u uı	Ŏ uĭ ŎuŎ u
۱۱	ıŎIu ĭıu IıuŎŏ	Ŏ uĭ uŎ Iu

همانطورکه در جدول ۶ ملاحظه می‌گردد بهره‌گیری از مدل استوار سبب می‌شود تا با افزایش سطح حفاظت، مقدار بودجه تخصیصی به هر برنامه و همچنین مجموع بودجه تخصیصی به دانشکده‌ها کاهش یابد که این امر با منطق استوار سازی مدل به خوبی سازگار می‌باشد. در واقع هرچه عدم اطمینان تصادفی بر روی پارامترهای حدود بالای بودجه (حداکثر مقداری که تصمیم‌گیرنده‌گان می‌توانند آن را تخصیص دهند) بیشتر شود، مقادیر بودجه به محتاطانه‌تری تخصیص خواهد یافت. نمودار ذیل نیز بیانگر این امر می‌باشند.



شکل ٤- بودجه اختصاصی به دانشکده‌ها به ازای سطوح حفاظت مختلف



شکل ۵- بودجه اختصاصی به برنامه‌ها به ازای سطوح حفاظت مختلف

نکته قابل توجه در مورد این نمودار، توجه به ارزش ریالی بودجه پیشنهادی برای تخصیص می‌باشد. بـه نحـوی کـه در بـا افـزایش سـطح حفاظت، مقدار بودجه تخصیصی کاهش می‌یابد. که این امر با منطق استوار سازی مدل سازگار است.

۷- بررسی کیفیت جوابها

به منظور بررسی کیفیت جواب‌های حاصل از حل مدل، دو گام ذیل انجام خواهد گرفت:

۱) حل مدل استوار- فازی در شرایط حدی (خوشبینانه و بدبینانه)

۲) شبیه‌سازی

۷-۱- حل مدل استوار- فازی در شرایط حدی (خوشبینانه و بدبینانه)

در بخش حل بیان شد که پس محاسبه پارامترهای مدل (مقادیر آرمان‌ها و Sup f و inf f)، به ازای هر سطح حفاظت باید یکبار مـدل را حل نمود که با توجه به سطوح ۱۱ گانه حفاظت در این پژوهش، در مجموع ۱۱ بار مدل استوار- فازی حل گردید.

با توجه به اینکه جواب‌های مدل استوار- فازی ربیعه و آذر (۱۳۹۰) نسبت به مدل مبنای آن (برتسیمس و سیم) باید انعطاف‌پذیری بیشتری داشته باشد؛ لذا به منظور اثبات این مطلب، مدل را به ازای حالت‌های مختلف در وضعیت‌های بدبینانـه ($\lambda = ۱$) و خوشـبینانه ($\lambda =$ صفر) حل می‌کنیم. واضح است که با این توصیف هر کدام از مدل‌های استوار- فازی (نوع اول و نوع دوم) باید ۲۲ بار دیگر حـل شـوند (اگرچـه هیچ الزامی در حل این ۲۲ بار حل مدل وجود ندارد و تنها به منظور اثبات صحت عملکرد مدل مذکور و انعطاف پذیری آن می‌باشد).

به منظور تسهیل در تعریف و نام‌گذاری آنها را به این ترتیب معرفی می‌نماییم:

حل آلفا: ۱۱ بار حل مدل استوار- فازی در حالت عادی به ازای وجود ۱۱ سطح حفاظت

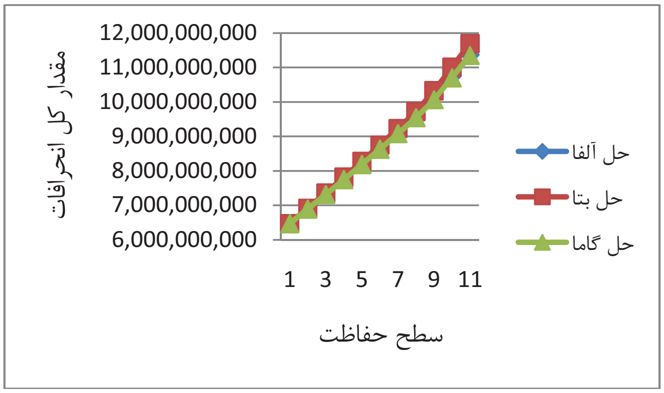
آدرس دبیرخانه: تهران- فرمانیه- خیابان لواسانی- خیابان سعیدی- کوچه حمید- پلاک ۱۶- کدپستی ۱۹۵۴۶۱۳۹۵۳
مرکز مطالعات مدیریت و بهره وری ایران (وابسته به دانشگاه تربیت مدرس) تلفن دبیرخانه کنفرانس: ۲۲۳۰۶۷۷۴ تلفکس: ۲۲۳۰۶۷۷۸

حل بتا: ۱۱ بار حل مدل استوار- فازی در حالت وجود محدودیت (۱ = λ) به ازای وجود ۱۱ سطح حفاظت
حل گاما: ۱۱ بارحل مدل استوار- فازی درحالت وجود محدودیت (صفر = λ) به ازای وجود ۱۱ سطح حفاظت
بدیهی است که نتایج حل مدل آلفا بایست بین دو حل بتا و گاما قرار بگیرد. در ادامه به بررسی حل آلفا و بتا و گاما در مدل استوار- فـازی خواهیم پرداخت.
در این قسمت نتایج حاصل از حل هر سناریو (آلفا، بتا و گاما) مدل استوار- فازی ارائه می‌گردد. در جدول ذیل به ازای هر حالت و نوع حـل مقدار کل انحراف ارائه شده است.

جدول ۷- مقادیر کل انحرافات از آرمان‌ها در حل آلفا، بتا و گاما و در سطوح حفاظت مختلف

سطح حفاظت (T)	حل آلفا		حل بتا		حل گاما	
	مقدار λ	مقدار کل انحراف از آرمان‌ها	مقدار λ	مقدار کل انحراف از آرمان‌ها	مقدار λ	مقدار کل انحراف از آرمان‌ها
۱	I	ưŏ ıư Iıưŏŏı	I	ưŏ ıư Iıưŏŏı	ĭ	ưŏ ıư Iıưŏŏı
۲	ĭĭ I	ư I ưı ư Ŏı	I	ư I ưI ıư ŏ	ĭ	ư ŏư ŏĭư
۳	ĭĭ ŎI	ưŎ Ŏư ıưŎŏ	I	ưŎ IưŎ ŎưII	ĭ	ưŎI ư ưĭ ı
۴	ĭĭ ŏ	ư ĭĭưŎ ưIIĭ	I	ư I ư ŏ ưıı	ĭ	ư ŏ ư ŏ ư ŏ
۵	ĭĭ	ưıŏ ư ưŏŎ	I	ưı ư ŎŎưı I	ĭ	ưI ư Iư ĭ
۶	ĭĭ Ŏ	ư ưI ŎưĭI	I	ư ŏ ư ŏư I	ĭ	ư ŎIưŎ ư ŏ
۷	ĭĭŏ	ưI Ŏư Ŏ ưŏŎŏ	I	ưıı ưŎı ư ŏ	ĭ	ưĭ Ŏư ĭıư ı
۸	ĭĭŎ	ư I ưŏŏ ư I	I	ư ıIưı ư I	ĭ	ư ŏ ư ıIư ŏ
۹	ĭĭı	IĭưIŏIư ııư IŎ	I	IĭưŎıŏưĭııư	ĭ	Iĭưĭ ư Iưĭ ı
۱۰	ĭĭI	Iĭư ŏư ưŏ ŏ	I	IIưĭĭ ưŎIIưı ŏ	ĭ	Iĭư ư ŎIưŏŏI
۱۱	ĭĭĭ I	IIưŎ ư ĭư ŏ	I	IIư ĭư ư	ĭ	IIưŎŏ ư ư Iı

از جدول فوق چنین بر می‌آید که مقادیر تابع هدف استوار- فازی (حل آلفا) نسبت به دو حالت دیگر (حل‌های بتا و گاما) در تعادل قرار دارد (اگرچه هرسه از نقطه‌ای مشترک شروع می‌شوند). این نکته مؤید انعطاف‌پذیری مدل استوار- فازی و اثبات صحت عملکرد آن در قیاس با حالت‌های خوشبینانه و بدبینانه دارد.
از طرفی ملاحظه می‌گردد که هر چه سطح حفاظت بیشتر می‌شود نمودارها از یکدیگر فاصله بیشتری می‌گیرند. به عبارتی فازی بودن طول بازه‌ها یا تأثیر طول بازه‌ها در سطوح حفاظت بالاتر، بیشتر نمایان می‌گردد.



شکل ٦- قیاس مقدار کل انحرافت از آرمان‌ها در سه مدل آلفا، بتا و گاما (مدل استوار- فازی نوع دوم)

۷-۲- آنالیز عدم قطعیت

به منظور نمایش ضرورت استوار نمودن مدل اسمی طراحی شده از تکنیک شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده شد. ابتدا مدل قطعی و سپس مدل استوار- فازی مورد شبیه‌سازی قرار گرفت که نتایج در ادامه ارائه شده است:

۷-۲-۱- شبیه‌سازی مدل اسمی با پارامترهای نامطمئن

به منظور نمایش ضرورت استوار نمودن مدل طراحی شده، به شبیه‌سازی مدل قطعی پرداختیم تا متوجه شویم اگر از مدل قطعی استفاده نماییم و پارامترهای نامطمئن در بازه نوسانی خود، تغییر داشته باشند، چند درصد احتمال نقض محدودیت‌ها و درنتیجه ناموجه بودن مدل و نتایج حاصل از آن وجود دارد. برای این منظور مدل PBB قطعی در دانشگاه، برای ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی شد که نتایج به شرح جدول ذیل می‌باشد:

جدول ۸- نتایج ۱۰,۰۰۰ بار شبیه سازی مدل اسمی

نوع محدودیت	تعداد کل محدودیت حاوی پارامتر نامطمئن	تعداد محدودیت‌های ناموجه	درصد نقض محدودیت‌ها
محدودیت برنامه - ردیف	۱۰۰۰۰۰۰	۳۹۷۸۱۷	٪۳۹/۷
محدودیت دانشکده‌ها- گروه‌ها	۱۴۳۰۰۰۰	۵۵۵۹۹۴	٪۳۸/۸۶
کل محدودیت‌ها	۲۴۳۰۰۰۰	۹۵۳۸۱۱	٪۲۵/۳۹

۷-۲-۲- شبیه‌سازی مدل استوار- فازی با پارامترهای نامطمئن

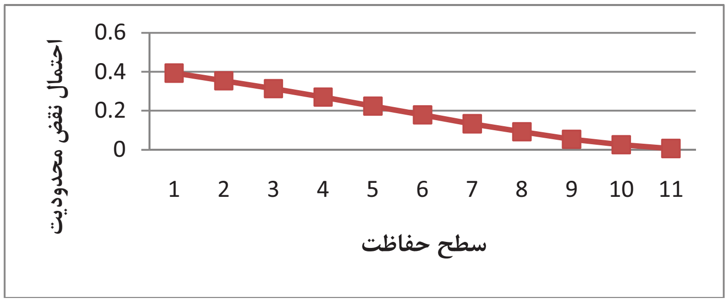
مدل‌های استوار- فازی به نحوی عمل می‌کند که سطح ریسک تصمیم در ازای افزایش سطح حفاظت، کاهش می‌یابد. در این قسمت به منظور اثبات استوارسازی صحیح و همچنین ارائه اطلاعاتی پیرامون چگونگی توازن بین سطح ریسک در سطح مختلف حفاظت، مدل استوار- فازی نیز مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. جدول ذیل بیانگر ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل استوار- فازی با پارامترهای نامطمئن بوده که به ازای هر سطح حفاظت صورت گرفته است:

جدول ۹- مقایسه احتمال نقض محدودیت‌های سه مدل استوار در ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی به ازای هر سطح حفاظت

سطح حفاظت	احتمال نقض محدودیت برنامه	احتمال نقض محدودیت دانشکده	احتمال نقض کل مدل
۱	ĬĕŎ	ĬĕŎ	ĬĕŎ Ŏ
۲	ĬĕŎ I	ĬĕŎ	ĬĕŎ Ŏ
۳	ĬĕŎIı	ĬĕŎI	ĬĕŎIŎ
۴	Ĭĕı	Ĭĕı ı	Ĭĕı Ĭ
۵	Ĭĕııı	Ĭĕıı	ĬĕııŎ
۶	ĬĕI	ĬĕI ı	ĬĕI
۷	ĬĕIı	ĬĕIŎ	ĬĕIŎŎ
۸	ĬĕĬ I	ĬĕIĬ	ĬĕĬ ı
۹	ĬĕĬŎı	ĬĕĬ	ĬĕĬ Ŏ
۱۰	ĬĕĬI	ĬĕĬŎI	ĬĕĬı
۱۱	ĬĕĬĬĬ	ĬĕĬIŎ	ĬĕĬĬ

جدول فوق بیانگر نتایج حاصل از ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل استوار- فازی به ازای هر سطح حفاظت (در مجموع ۲۲ بار شبیه‌سازی به ازای ۱۱ سطح حفاظت) می‌باشد. در این جدول که احتمال نقض محدودیت‌ها به ازای هر سطح حفاظت شبیه‌سازی شده، ملاحظه می‌گردد که هر چه سطح محافظه کاری بالاتری اتخاذ شود، احتمال نقض محدودیت‌ها (سطح ریسک تصمیم) کاهش می‌یابد که انطباق این امر بر مفهوم مدل‌سازی استوار، بیانگر استوار سازی صحیح مدل می‌باشد.

از سوی دیگر بدیهی است انتخاب بدبینانه‌ترین وضعیت ممکن (یازدهمین سطح حفاظت) منجر به از دست دادن مقدار زیادی از آرمان‌های مدل می‌شود. بنابراین تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با بررسی شرایط تصمیم و بهره‌گیری از اطلاعات شبیه‌سازی، توازنی را بین سطوح حفاظت و احتمال نقض محدودیت‌ها (سطح ریسک تصمیم) برقرار نمایند. نمودار ۷ بیانگر ارتباط احتمال نقض محدودیت‌ها (سطح ریسک تصمیم) به ازای سطوح مختلف حفاظت می‌باشد. بدیهیست احتمال نقض محدودیت‌ها با افزایش سطح محافظه کاری روندی نزولی را طی می‌کند. نمودار ذیل نیز به خوبی بیانگر این امر می‌باشد.



شکل ۸- احتمال نقض محدودیت‌ها به ازای سطوح حفاظت مختلف در ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل‌های استوار- فازی

۸- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

لزوم تغییر ساختار بودجه‌ریزی دانشگاهی از برنامه‌ای به عملکردی سبب شد تا مطالعات بسیاری در پی الزامات این تغییر صورت پذیرد. با بررسی ادبیات موضوع، مدل ریاضی که دربرگیرنده ساختار دوگانه بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد (PBB) در دانشگاه باشد، مشاهده نشد. از اینرو هدف این تحقیق ارائه مدل PBB بوده به نحوی که از یک سو تخصیص بودجه به برنامه‌ها براساس اهمیت هر برنامه و از سوی دیگر تخصیص بودجه به دانشکده‌ها بر اساس سرانه دانشجویی مصوب وزارت علوم،تحقیقات و فناوری مورد توجه قرارگیرد. با در نظر گرفتن معیارهای گوناگون در دانشگاه، مدل برنامه‌ریزی آرمانی PBB در دانشگاه طراحی گردید. نکته مهم درطراحی مدل، استفاده از ضریب کارایی- محاسبه شده براساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) با مدل پایه CCR نهاده‌گرا- جهت تعیین ضریب اهمیت هرگروه آموزشی بمنظور تخصیص بودجه به آن می‌باشد.
همچنین پس از طراحی مدل برنامه‌ریزی آرمانی قطعی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد در دانشگاه و به منظور مقابله با عدم قطعیت‌های چندگانه (تصادفی و فازی) موجود در پارامترهای حدود بالا و پایین بودجه، مدل اسمی بر اساس مدل ربیعه و آذر (۱۳۹۰) به مدل استوار- فازی تبدیل گردید.
به منظور بررسی انواع عدم قطعیت موجود و بر اساس مدل ربیعه و آذر (۱۳۹۰) همتای استوار- فازی مدل PBB طراحی گردید. در این مدل تنها حدود بالای بودجه به عنوان پارامتر نامطمئن نوسان کننده و نیم طول بازه نوسان این حدود نیز بصورت فازی لحاظ گردید. نتایج ارائه شده در دو سطح کلان و عملیاتی و همچنین شبیه‌سازی مدل قطعی و استوار، نشان از قابلیت بسیار بالای مدل استوار- فازی نسبت به مدل قطعی، در پاسخگویی به عدم قطعیت موجود در پارامترهای مسأله دارد.
با توجه به اینکه هر ساله تنها بخشی از بودجه مصوب، تحقق می‌یابد، تصمیم‌گیرندگان بودجه در دانشگاه‌ها می‌توانند با بهره‌گیری از نتایج حاصل از حل مدل و شبیه سازی مدل استوار- فازی، متناسب با بودجه‌ی تحقق یافته، نسبت به تخصیص آن به برنامه‌ها و دانشکده‌ها اقدام نمایند. به این ترتیب با توجه به عدم اطمینان موجود در پارامترهای حدود بالا در سطوح مختلف دانشگاه، بهره‌گیری از مدل‌های استوار- فازی سبب می‌گردد تا عدم قطعیت‌های موجود در بودجه به نحوی مطلوبی قابل مدیریت باشد.
به محققان و علاقه‌مندان پیشنهادات می‌گردد تا در مطالعات خود به بررسی موارد ذیل بپردازند:

۱) به منظور تعیین حدود بالا و پایین بودجه، از مدل‌های پیش‌بینی استفاده گردد.
۲) ارائه روش‌هایی کارا و منطقی به منظور تعیین تعداد حالات لحاظ شده سطوح حفاظت.
۳) توسعه مدل‌های استوار- فازی به شرایطی که عدم اطمینان بازه‌ای بر روی ضرایب فنی و تابع هدف بصورت فازی تعریف شود.

۴) امکان‌سنجی مدل استوار- فازی برای مدل‌های دیگر استوارسازی غیر از برتسیمس و سیم.

۹- منابع

۱) آذر، عادل، امیرخانی، طیبه «بودجه‌ریزی عمومی- نهادهای بودجه‌ریزی و بودجه محلی»، تهران، انتشارات سمت، ۱۳۹۰.

۲) آذر، عادل، سید اصفهانی، میرمهدی «رویکرد قطعی ریاضی در تنظیم بودجه»، مجله دانش مدیریت، شماره ۳۱و ۳۲، سال ۱۳۷۴-۱۳۷۵، صص ۱۰-۱۹.

۳) آذر، عادل «طراحی مدل ریاضی برنامه‌ریزی هزینه در سازمان‌های دولتی کشور- رویکرد قطعی و فازی»، مجله دانش مدیریت، شماره ۳۵و۳۶، سال ۱۳۷۵- ۱۳۷۶، ،صص ۱۲-۲۸.

۴) آذر، عادل، نجفی، ابراهیم، نجفی، سجاد، «مدلسازی ریاضی استوار، رویکردی نوین در بودجه‌ریزی عمومی ایران»، مجله مدرس علوم انسانی- پژوهش‌های مدیریت در ایران، دوره ۱۵، شماره۲، سال ۱۳۹۰، صص ۱-۱۹.

۵) آذر، عادل- خدیور، آمنه- امین ناصری، محمدرضا- انوار رستمی، علی‌اصغر «ارائه معماری نظام بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد با رویکرد سیستم پشتیبان تصمیم هوشمند»، فصلنامه علمی- پژوهشی پژوهش‌های مدیریت در ایران- مدرس علوم انسانی، دوره ۱۵، شماره۳، پاییز۱۳۹۰، صص۱- ۲۲.

۶) آذر، عادل- خدیور، آمنه- امین ناصری، محمدرضا- انوار رستمی، علی‌اصغر «ارائه مدل برنامه‌ریزی خطی با رویکرد استوار برای بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد (PBB)»، نشریه مدیریت دولتی، دوره ۳، شماره ۸، زمستان ۱۳۹۰، صص ۹۳- ۱۲۰.

۷) خلوصی، فاطمه، «طراحی مدل ریاضی تخصیص بهینه منابع مالی به پروژه‌های ایمیدرو»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۹.

۸) فیض‌اللهی، محمدجواد؛ شکوهی، امیرحسین؛ مدرس یزدی، محمد، «مسأله تخصیص درجه دو استوار»، تهران، پنجمین کنفرانس مهندسی صنایع، ۱۳۸۶.

۹) ربیعه، مسعود، «طراحی مدل ریاضی استوار زنجیره تأمین»، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس ۱۳۸۹.

۱۰) نجفی، سجاد، «طراحی مدل ریاضی بودجه‌ریزی در بخش عمومی: رویکرد استوار»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهد،۱۳۹۰؛

۱۱) کجوری، جواد، لطفی، فرهاد، امینی، میترا، پیلەور، علی، اسماعیل‌زاده، زهره «محاسبه هزینه سرانه تربیت دانشجو در مقطع دکتری حرفه‌ای پزشکی عمومی در دانشکده پزشکی شیراز در سال ۱۳۸۶»، مجله مرکز مطالعات و توسعه آموزش پزشکی، دوره هفتم، شماره اول، ۱۳۸۶، صص۹-۱۶.

۱۲) Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. *Robust convex optimization*. ۲۳, ۱۹۹۸, pp ۷۶۹–۸۰۵.

۱۳) Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. *Robust solutions to uncertain programs*. (۲۵), ۱۹۹۹, pp. ۱-۱۳

۱۴) Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data. (۸۸), ۲۰۰۰, pp. ۴۱۱–۴۲۴.

۱۵) Bertsimas, D., & Sym, M. *The Price of the Robustness*. (۵۲), ۲۰۰۴, pp. ۳۵–۵۳.

۱۶) Caballero, R. Golache T. Gomez T., Molina J. and Torrico A. Efficient Assignment of Financial Resources Within a University System: Study of the University of Malaga. Eruopean Journal of Operational Research, Vol. ۱۳۳, ۲۰۰۱.

۱۷) Charnes A., Cooper, W. W. Studies In Mathematical and Managerial Economics, s.l. : North-Holland Publishing Company, ۱۹۷۱, PP. ۱۶۶–۱۸۰

۱۸) Greenberg R.R. and T.R.Nunamakar ,"Integrating the Analytic Hierarchy Process into the Multi Objective Budgeting Models of Public Sector Organization",Socio-Economic Planning Science,Vol.۲۳,No.۳،, ۱۹۹۴,pp.۱۹۷-۲۰۶.

۱۹) Kwak, N. K. and Lee, Changwon lee. "A multi decision-making approach to university resource allocation and information infrastructure planning". European Journal of Oprational Research, vol.۱۱۰۱۹۹۸, p.p ۲۳۴-۲۴۲.

۲۰) Min, Hokey. "Three-phase Hierarchical Allocation of University Resources Via Interactive Fuzzy Goal Programming". Cocio. Econ.Plann.Sci. Vol.۲۲, No.۵, ۱۹۸۸, pp.

۲۱) Roy, B., "Robustness in operational research and decision aiding: A multi-faceted issue", European Journal of Operational Research, Vol. ۲۰۰,۲۰۱۰, pp. ۶۲۹–۶۳۸.

۲۲) Shim J. P., Lee M. S. ; Zero-base budgeting: Dealing with conflicting objective; Long Range Planning, Vol. ۱۷, No. ۵., ۱۹۸۴.

۲۳) Soyster, A. Convex programming with set-inclusive constraints and applications to inexact linear programming. (۲۱), ۱۹۷۳, pp ۱۱۵۴-۱۱۵۷

۲۴) Yamamoto Kiyoshi, "Performance-Oriented Budgeting in Public Universities: The Case of a National University in Japan", The Journal of Finance and Management in Colleges and Universities, number۷, ۲۰۱۰, pp ۴۳-۶۰.

۲۵) Y. A. Habeeb; Adapting multi-criteria planning to the Nigerian economy; Journal of Operational Research Society, Vol. ۴۲, No. ۱۰. ۱۹۹۱

۲۶) Zanakis S.H, "A Multi Criteria Approach for library Needs Assesment and Budget Allocation", Socio-Economic Planning Science ,Vol.۲۵۱, No.۳, pp۱۹۹.