مدل بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد استوار- فازی
رویکردی در مدیریت خطرپذیری تخصیص بودجه

عادل آذر[1]*، محمّدرضا امینی[2]، پرویز احمدی[3]

۱- استاد گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- کارشناسی ارشد مدیریت سیستم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳- دانشیار گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

دریافت: ۹۱/۸/۲۸ پذیرش: ۹۲/۲/۲۳

چکیده

الزام‌های قانونی و علمی تغییر ساختار بودجه‌ریزی در نظام دانشگاهی از برنامه‌ای به عملکردی سبب شد تا مطالعات بسیاری در پی الزام‌های این تغییر صورت پذیرد. با بررسی ادبیات موضوع، مدل ریاضی که دربرگیرنده ساختار دوگانه بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد در دانشگاه باشد، مشاهده نشد. از این رو هدف این تحقیق ارائه مدل استوار- فازی بوده است، 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 درنظرگرفتن معیارهای گوناگون در دانشگاه، و با توجه به عدم قطعیت‌های تصادفی و فازی موجود در تعیین پارامترهای مسئله، دو سناریوی بررسی شد.

۱) مدل بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد استوار- فازی با حدود پایین بودجه قطعی

۲) مدل بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد استوار- فازی با حدود پایین بودجه فازی.

نکته معنادار در این دو مدل اینست که به منظور تعیین ضریب اهمیت هر گروه آموزشی برای 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 مقایسه‌های زوجی به‌وسیله خبرگان تعیین شد. این مدل ریاضی استوار- فازی دارای ۵ آرمان، ۱۱۴۲ محدودیت و ۹۹۴ متغیر تصمیم است.

* نویسندۀ مسؤول مقاله: E-mail: Azara@modares.ac.ir

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 مسئله و همچنین مدیریت سطح ریسک تصمیم دارد.

کلیدواژه‌ها: بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد، بهینه‌سازی استوار- فازی، شبیه سازی، تحلیل پوششی داده‌ها، بودجه دانشگاه

۱- مقدمه

نهادهای بودجه‌ریزی به طور تاریخی در روند تدریجی حرکت کشورها به سوی حکمرانی شایسته و پاسخگو نقش قابل توجهی ایفا کردند. بودجه‌ریزی ابزاری راهبردی برای انضباط اقتصادی و مالی دولت‌ها است و در شکل امروزی آن زمینه دولت شایسته و پاسخگو را فراهم می‌کند و مشارکت شهروندان را بر می‌انگیزد [۱]. بودجه‌ریزی در دانشگاه‌های دولتی را نمی‌توان از محیطی که در آن فعالیت می‌کنند و یا از اقتصاد و محیط سیاسی عمومی مجزا نمود. بنابراین مفهوم بودجه‌ریزی و مدیریت عملکرد برای دانشگاه‌های دولتی نیازمند ملاحظه عوامل خاص همچون کنترل دولتی، پاسخگویی اجتماعی و تأمین وجه از طریق مالیات‌ها می‌باشد [۲]. امروزه دانشگاه‌ها در عین حال که با رشد سریع متقاضیان خود روبه‌رو بوده‌اند، در مواجهه با بسیاری از محدودیت‌ها- که مهم‌ترین آن محدودیت‌های مالی بوده- مجبور به بازبینی و سازماندهی مجدد سازوکارهای کسب درامد و تخصیص منابع خود نیز بوده‌اند. واقعیت نشان می‌دهد که اگرچه قدر مطلق منابع در دسترس دانشگاه‌ها افزایش پیدا کرده، اما منابع دریافتی به ازای هر دانشجو یا به عبارتی بودجه سرانه به همان اندازه افزایش پیدا نکرده است. در این صورت گذشته از موارد مرتبط به اثربخشی، کاهش منابع سرانه حکم می‌کند که دانشگاه‌ها در مصرف منابع در دسترس خود، دقیق‌تر و کاراتر عمل کنند [۳].

استفاده نکردن از تئوری‌های کمی و ریاضی در بودجه دانشگاه‌ها که در آن برای اجرای برنامه سالیانه، منابع مالی لازم پیش‌بینی و اعتبارهای هزینه‌ای و تملک دارایی‌های سرمایه‌ای (عمرانی) تعیین می‌شود، باعث سردرگمی و عدم تخصیص بهینه به منابع در دسترس می‌شود. بدیهی است

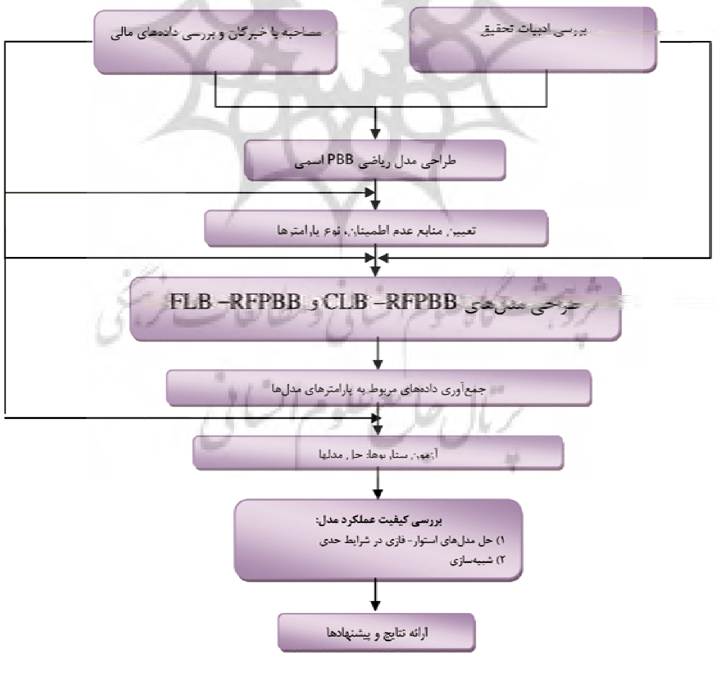
چنانچه فعالیت‌ها و محیط تصمیم‌گیری از پیچیدگی برخوردار نباشند، استفاده از مدل‌های ریاضی چندان اهمیت ندارد. اما اهمیت رویکردهای ریاضی زمانی روشن می‌شود که تعداد متغیرهای تصمیم و فعالیت‌ها و اهداف به گونه‌ای سرسام آور افزایش پیدا می‌کند [٤]. تحقیق در عملیات یا علم مدیریت، یک رویکرد علمی و ریاضی برای حل این مسائل می‌باشد. کاربرد موفقیت‌آمیز برنامه‌ریزی خطی در تحقیق در عملیات، بیش‌ترین تأثیر را در به‌دست آوردن جواب‌های بهینه مسائل تخصیص منابع داشته است. برنامه‌ریزی خطی یک روش ریاضی برای مشخص کردن تخصیص بهینه منابع می‌باشد که با توجه به محدودیت‌های منابع و سود انجام می‌گیرد [٥].

به طور کلی سابقه روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی به تئوری‌های معادلات و نامعادلات خطی و غیرخطی می‌رسد. جرج دنتزیگ (که به عنوان پدر برنامه‌ریزی خطی شناخته شده است) برای اولین بار در دهه ۱۹٤۰ شروع به جستجوی روش‌هایی برای حل برنامه‌ریزی‌های نظامی نمود و سپس تحقیقات وی به‌وسیله نیومن و کوپمن ادامه پیدا کرد که به برنامه‌ریزی خطی منتج شد. از دهه ۱۹٥۰ به بعد دیگران نیز شروع به بسط روش‌های برنامه‌ریزی خطی کردند. از مهم‌ترین آنها می‌توان به مدل چارنز و کوپر در سال ۱۹۷۱ برای سیستم بودجه طرح و برنامه [٦]، مدل لی وشیم در سال ۱۹۸٤ برای بودجه‌ریزی بر مبنای صفر [۷]، مدل مین هوکی در سال ۱۹۸۸ برای مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی تعاملی در تخصیص منابع دانشگاهی[۸]، مدل حبیب در سال ۱۹۹۱ برای اقتصاد نیجریه[۹]، مدل گرین برگر و نوناماکار در سال ۱۹۹٤ برای بخش عمومی[۱۰]، مدل عادل آذر در سال ۱۳۷٤ برای تخصیص بودجه در سازمان‌های دولتی با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی و رویکرد استنتاج فازی [۱۱ و ۱۲]، مدل نجفی در سال ۱۳۹۰ برای "مدل ریاضی بودجه‌ریزی در بخش عمومی با رویکرد استوار" [۱۳]، مدل آذر و همکاران [۱٤] در ارائه مدل برنامه‌ریزی خطی با رویکرد استوار برای بودجه‌ریزی برمبنای عملکرد و همچنین زاناکیس، کواک و لی، کابالر و همکاران و آذر و همکاران و اشاره کرد [٤و ۱٥ و ۱٦ و ۱۷].

بررسی گسترده ادبیات موضوع در زمینه بودجه‌ریزی، به‌خصوص بودجه‌ریزی در دانشگاه نشان داد که تا به‌حال هیچ تحقیقی به منظور بررسی همزمان ساختار هزینه‌ای دانشگاهی در قالب برنامه‌ها و بودجه اختصاصی به هر دانشکده و ارتباط بین این دو ارائه نشده است. لذا هدف از انجام این پژوهش آن است تا با بهره‌گیری از مدل ارائه شده توسط آذر [۱۱]، مدلی متناسب با ساختار هزینه‌ای دانشگاه ارائه شود که هم بتواند بودجه مورد نیاز هر برنامه و ردیف هزینه را

تعیین کند و هم میزان بودجه تخصیصی به هر دانشکده و گروه آموزشی را متناسب با استانداردهای وزارت علوم مبتنی بر سرانه دانشجویی مشخص نماید. از نکات قابل توجه در این مدل برقراری ارتباط بین پایین‌ترین سطوح هر شاخه (فعالیت‌ها و مقطع تحصیلی) می‌باشد. شایان ذکر است چارچوب اصلی مدل ارائه شده در این مقاله بر گرفته از مدل ارائه شده توسط آذر بوده است [۱۱]. اگرچه متناسب با ساختار هزینه‌ای دانشگاه تعدیلات لازم صورت پذیرفته است.

مدل‌های ارائه شده در زمینه بودجه‌ریزی بر ابعاد مختلف آن تأکید داشته‌اند، به طوری که برخی از محققان از رویکرد فازی بهره گرفته و برخی دیگر رویکرد استوار را متناسب با سطح عدم اطمینان موجود در پارامترهای مسئله مورد توجه قرار داده‌اند. با این حال مدل بودجه‌ریزی که هر دو نوع عدم قطعیت را در برگیرد، تعریف نشده است. بنابراین با توجه به عدم قطعیت‌های موجود در پارامترهای مسئله، مدل همتای استوار- فازی آن طراحی شود. به این ترتیب می‌توان در برابر عدم قطعیت‌های تصادفی ایمن بوده و با تغییرات پارامترها، بهینگی و موجه بودن فضای بودجه دچار مخاطره نشوند.



شکل ۱ چارچوب کلی تحقیق

۲- رویکردهای کلاسیک مقابله با عدم اطمینان

رویکردهای زیادی برای بهینه‌سازی در شرایط غیرقطعی استفاده شده است که از آن جمله، کمینه کردن امید ریاضی، کمینه کردن انحراف از آرمان‌ها، کمینه‌کردن بیش‌ترین هزینه‌ها و بهینه‌سازی روی محدودیت‌های نرم را می‌توان نام برد. در این میان می‌توان سه رویکرد اصلی را متمایز کرد:

۱- برنامه‌ریزی احتمالی[1]؛

۲- برنامه‌ریزی فازی[2]؛

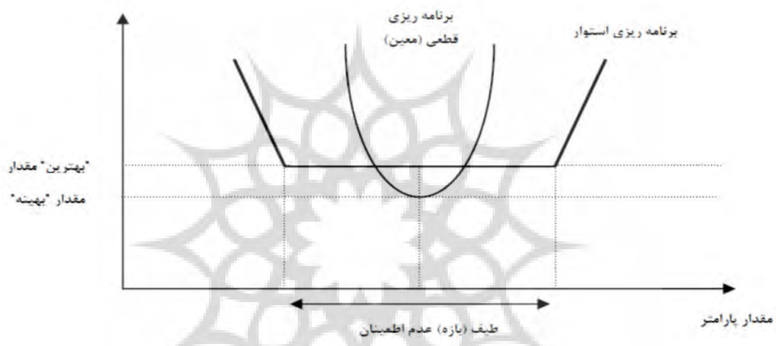
۳- برنامه‌ریزی پویای احتمالی[3] [۱۸].

در روش‌های کلاسیک برای در نظر گرفتن عدم قطعیت داده‌ها از رویکرد تحلیل حساسیت نیز بهره می‌گیرند. در این رویکرد متخصصان و مدل‌سازها نخست از تأثیر عدم قطعیت داده‌ها روی مدل چشم پوشی کرده و به‌دنبال آن برای صحه گذاشتن بر جواب به‌دست آمده از تحلیل حساسیت استفاده می‌کنند. اما تحلیل حساسیت تنها ابزاری برای تحلیل خوب بودن جواب است و نمی‌توان از آن برای تولید جواب‌های استوار استفاده کرد. علاوه بر آن انجام تحلیل حساسیت توأم در مدل‌هایی که به تعداد زیادی داده غیر قطعی دارند، عملی نمی‌باشد [۱۹].

۲-۱- رویکرد بهینه‌سازی استوار

رویکرد دیگری که در سال‌های اخیر برای مقابله با عدم قطعیت داده‌ها، بسط داده شده است، بهینه‌سازی استوار می‌باشد. روی در سال ۲۰۱۰ در مقاله‌ای با عنوان « استواری در تحقیق در عملیات و کمک تصمیم: یک بحث چند بعدی» مبحث استواری در حوزه تحقیق در عملیات و کمک تصمیم را به لحاظ مفهومی مورد بحث قرار داد. وی مروری گذرا بر مطالعات انجام شده در زمینه استواری داشت. او سه معیار را برای سنجش استواری مطرح می‌کند که به‌طور عمده مرتبط با واژه‌های ماکزیمم و مینیمم می‌باشد [۲۰]. بحث استواری مدل از مباحث بسیار مهمی بوده است که برای اخلاق در مدلسازی و به دنبال آن اخلاق در تحقیق در عملیات نیز مطرح شده است. در حقیقت اگر مدل‌ها استوار باشند، خطر به‌کارگیری 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. به‌طور کلی می‌توان مفهوم و مزایای برنامه‌ریزی استوار را در حالت عمومی در شکل ۲ 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 به‌دست آمده با اطمینان بالایی قابل اتکا و معتبر است؛ به عبارتی با لحاظ تغییرپذیری مقادیر پارامترها روی یک طیفی (بازه‌ای) از مقادیر جواب هم‌چنان با اطمینان بالایی قابل اتکا می‌باشند[۲۱].



شکل ۲ تأثیر برنامه ریزی استوار بر هزینه کل [۲۱]

بحث استواری به طور عمده 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 [۲۱].

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

۱- مدل‌های برنامه‌ریزی استوار با داده‌های بازه‌ای

۲- مدل استوار سناریویی

۳- مدل برنامه‌ریزی خطی استوار فازی (FRLP) [۲۱].

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 سال ۱۹۷۰ به عنوان یک مدل بهینه‌سازی خطی شناخته می‌شود که بهترین جواب موجه برای تمامی داده‌های ورودی را به ما می‌دهد، به طوری 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 مسئله اسمی دور می‌شویم [۲۲]. بن- تال و نمیروفسکی [۲۳ و ۲٤ و ۲۵] با فرض اینکه داده‌ها در مجموعه‌های بیضوی دارای عدم قطعیت هستند، الگوریتم‌های کارایی برای حل مسائل بهینه‌سازی محدب تحت عدم قطعیت داده‌ها ارائه کرده‌اند. فرموله‌بندی‌های استوار به دست آمده از این روش از نوع درجه دو مخروطی می‌باشند.

برتسمیس و سیم در سال ۲۰۰٤ رویکرد متفاوتی را برای کنترل سطح محافظه‌کاری معرفی کرده‌اند. این رویکرد از این مزیت برخوردار است که منجر به یک مدل بهینه‌سازی خطی می‌شود و بنابراین قابل اعمال روی مدل‌های بهینه‌سازی گسسته نیز می‌باشد [۲٦]. چندی بعد آذر و ربیعه [۲۷] با بهره‌گیری از منطق فازی و توسعه مدل استوار برتسیمس و سیم، مدل استوار- فازی ارائه کردند که علاوه بر ویژگی‌های مدل مذکور، قابلیت‌های جدیدی را نیز به تصمیم‌گیرندگان می‌دهد. محققان با توجه به آگاهی نداشتن از شکل توزیع برخی از پارامترها، این نوع پارامترها به صورت عدد تصادفی نوسان‌کننده 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، خطرپذیری تصمیم‌گیری را بالا برده است. علاوه بر بحث توازن بین خطرپذیری 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 خطرپذیری متعادلی داشته باشد.

در این تحقیق در راستای کاهش خطرپذیری تصمیم‌گیری و مقابله با عدم قطعیت موجود در برخی پارامترها، نخست مدل اسمی PBB طراحی و با بهره‌گیری از روش استوار- فازی آذر و ربیعه [۲۷]، همتای استوار- فازی مدل PBB با عنوان RFPBB طراحی شد. سپس با توجه به عدم اطمینان موجود در پارامترهای مسئله، مدل RFPBB در قالب دو سناریو بررسی شد که در ادامه از نظر خواهد گذشت.

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

مسئله بودجه‌ریزی در دانشگاه متناسب با ساختار هزینه‌ای دانشگاه از دو بّعد برخوردار است. ساختار بالا از یک سو، برنامه‌ها و فعالیت‌هایی که در طول سال انجام می‌گیرد و از سوی دیگر هزینه‌های صورت گرفته به‌وسیله 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، به طوری که آرمان‌های مورد نظر مسئولان و تصمیم‌گیران نظام دانشگاهی برآورده شود.

در این مقاله مدلی ریاضی برای بودجه‌ریزی در دانشگاه ارائه شد که با استفاده از مدل استوار- فازی آذر و ربیعه [۲۷] 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 و از ارائه توضیحات اجزای مدل خودداری شده است. 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

۱

مدل ریاضی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد قطعی[٤] (CPBB) در دانشگاه" عبارت است از:

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

Subject to:

$$[1]\quad \left(\sum_{t=1}^{m}\sum_{p=1}^{n} W_{tp.}\, Y_{tp.}\right) + d_1^- \ge G_1 \quad ; \qquad [2]\quad Y_{t2.} - G_2 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} + d_2^- \ge 0$$

$$[3]\quad \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} E_{tfg.}\, X_{tfg.} + d_3^- \ge G_3 \quad ; \qquad [4]\quad Y_{t3.} - G_4 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} - d_4^+ \le 0$$

$$[5]\quad \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} X_{tfg1} - G_5 \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} X_{tfg2} + d_5^- - d_5^+ = 0$$

$$[6]\quad X_{t...} = \sum_{f=1}^{F} X_{tf..} \quad ; \qquad [7]\quad X_{tf..} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfg.} \quad ; \qquad [8]\quad X_{tfg.} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfgm}$$

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

$$[10]\quad Y_{tp.} = \sum_{a=1}^{\alpha} Y_{tpa} \quad ; \qquad [11]\quad X_{tfgm} = \sum_{t=1}^{\alpha}\sum_{p=1}^{\gamma}\sum_{a=1}^{\beta} \lambda_{tpa}\, Y_{tpa}$$

$$[12]\quad \bar{L}_{t...}^{(X)} \le X_{t...} \le \bar{U}_{t...}^{(X)} \quad ; \qquad [13]\quad \bar{L}_{tf..}^{(X)} \le X_{tf..} \le \bar{U}_{tf..}^{(X)} \quad ; \qquad [14]\quad \bar{L}_{tfg.}^{(X)} \le X_{tfg.} \le \bar{U}_{tfg.}^{(X)}$$

$$[15]\quad \bar{L}_{t..}^{(y)} \le Y_{t..} \le \bar{U}_{t..}^{(y)} \quad ; \qquad [16]\quad \bar{L}_{tp.}^{(y)} \le Y_{tp.} \le \bar{U}_{tp.}^{(y)} \quad ; \qquad [17]\quad \bar{L}_{tpa}^{(y)} \le Y_{tpa} \le \bar{U}_{tpa}^{(y)}$$

$$[18]\quad \sum_{i=1}^{m} U_i = 1 \quad ; \qquad [19]\quad \sum_{p=1}^{P} W_{tp.} = 1$$

همچنین با توجه 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.

محدودیت شماره ٦، بیانگر برابری مجموع بودجه تخصیص به هر دانشکده با بودجه کل تخصیصی به دانشگاه می‌باشد. محدودیت شماره ۷، بیانگر برابری مجموع بودجه تخصیص به گروه‌های هر دانشکده با بودجه تخصیصی به آن دانشکده می‌باشد. محدودیت شماره ۸، بیانگر برابری مجموع بودجه تخصیص به مقاطع تحصیلی هر گروه آموزشی با بودجه تخصیصی به آن گروه آموزشی می‌باشد.

محدودیت‌های شماره ۹ و ۱۰ تعادل بودجه در سطح زمان، برنامه و ردیف هزینه را تنظیم می‌کنند. محدودیت شماره ۹، بیانگر برابری مجموع بودجه تخصیص به برنامه‌های دانشگاه با بودجه کل دانشگاه می‌باشد. محدودیت شماره ۱۰ نیز بیانگر برابری مجموع بودجه تخصیص به ردیف‌های هزینه هر برنامه با بودجه تخصیصی به آن برنامه می‌باشد.

محدودیت ۱۱ بیانگر تعادل بین ساختار درونی بودجه با بودجه قابل اختصاص به هر مقطع از گروه‌های دانشکده‌ها می‌باشد. λ_{tpa} 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.

هر متغیر تصمیم در مدل یک حد پایین و حد بالا خواهد داشت، این امر از ویژگی‌های بارز بودجه در ایران است چرا که اصولاً حذف یک برنامه و یا حذف بودجه یک گروه آموزشی امری منطقی به حساب نمی‌آید.

این محدودیت‌ها در قالب دو دسته محدودیت‌های مربوط به دانشکده‌ها و محدودیت‌های مربوط به برنامه‌ها، به شرح زیر می‌باشد:

الف) محدودیت کراندار دانشگاه (مجموع دانشکده‌ها)، دانشکده و گروه: حدود بالا و پایین بودجه دانشگاه، دانشکده، گروه به‌ترتیب محدودیت‌های ۱۲، ۱۳ و ١٤ می‌باشد. این محدودیت‌ها موجب می‌شود بودجه هیچ دانشکده و گروهی به‌طور کامل حذف نشود و بر اساس استانداردهای موجود دارای یک حداقل باشد.

ب) حدود بالا و پایین بودجه دانشگاه (مجموع برنامه‌ها)، برنامه و ردیف‌های هر برنامه به ترتیب محدودیت‌های ۱۵، ١٦ و ۱۷ می‌باشد. این محدودیت‌ها نیز سبب می‌شود تا هر برنامه از حداقل بودجه مورد نیاز برخوردار شود.

محدودیت ۱۸ و ۱۹ بیانگر اهمیت و اولویت هر برنامه نسبت به سایر برنامه‌ها و همچنین اهمیت هر آرمان در مقایسه با سایر آرمان‌ها می‌باشد. برای مثال از آن جایی که .Ytp بیانگر بودجه ریالی اختصاص داده شده به برنامه p در سال t است؛ بنابراین .Wtp بیانگر مطلوبیت حاصل از هر ریال بودجه اختصاص داده شده به برنامه p در سال t می‌باشد. بنابراین $\sum_{p=1}^{P} \boldsymbol{W_{pt.}} = 1$ است. U_i نیز بیانگر مطلوبیت حاصل از تحقق هر آرمان بوده و شرط $\sum_{i=1}^{m} U_i = 1$ برقرار است

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 پارامترهای قطعی (اسمی)	نماد اصلی
میزان مطلوبیت هر آرمان در تابع هدف	U_i
کسری از Y_{tpa} خواهد بود که مجموع حاصلضرب آنها در β برنامه و $\propto$ 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_2
نسبت مطلوب بودجه پشتیبانی به کل	G_4
نسبت مطلوب بودجه مقطع ارشد به مقطع دکتری	G_5
مطلوبیت هر ریال بودجه اختصاصی به برنامه p در سال t	$W_{tp.}$

ادامه **جدول ۳**

نماد اصلی	تعریف پارامترهای قطعی (اسمی)
$E_{tfg.}$	کارایی گروه g در دانشکده f در سال t
$\bar{U}^{y}_{t..}$	مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به کل برنامه‌ها در سال t
$\bar{L}^{y}_{t..}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به کل برنامه‌ها در سال t
$\bar{U}^{y}_{tp.}$	مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به برنامه p در سال t
$\bar{L}^{y}_{tp.}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به برنامه p در سال t
$\bar{U}^{y}_{tpa}$	مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به ردیف a در برنامه p در سال t
$\bar{L}^{y}_{tpa}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به ردیف a در برنامه p در سال t
$\bar{U}^{x}_{t...}$	مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به کل دانشکده‌ها در سال t
$\bar{L}^{x}_{t...}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به کل دانشکده‌ها در سال t
$\bar{U}^{x}_{tf..}$	مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به دانشکده f در سال t
$\bar{L}^{x}_{tf..}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به دانشکده f در سال t
$\bar{U}^{x}_{tfg.}$	مقدار اسمی حد بالا بودجه قابل تخصیص به گروه g در دانشکده f و در سال t
$\bar{L}^{x}_{tfg.}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به گروه g در دانشکده f و در سال t

۴-همتای استوار- فازی مدل PBB در دانشگاه

در مسئله این تحقیق پارامترهای حدود بالا و پایین بودجه تخصیصی، دو نوع عدم اطمینان به شرح زیر دارند:

۱- عدم قطعیت بازه‌ای

۲- عدم اطمینان فازی

یکی از مهم‌ترین عدم اطمینان‌هایی که در تخصیص بودجه به دانشگاه وجود دارد، بحث عدم اطمینان در تحقق بودجه پیشنهادی می‌باشد. چرا که در بسیاری مواقع حجم بالایی (به طور مثال در حدود ۳۰ درصد از کل مبلغ) از مبلغ پیش بینی شده تحقق پیدا نمی‌کند و این امر موجب می‌شود تا پاسخ ارائه شده از پایایی لازم برخوردار نباشد. بنابراین به منظور مقابله با این نوع عدم قطعیت، پارامترهای حدود بالای بودجه تخصیصی دارای نوسان در نظر گرفته شد و از سوی دیگر با توجه به نظرخواهی از خبرگان در ارائه ارقام مربوط به حدود بالا و پایین بودجه، این پارامترها با ابهام مواجه بوده‌اند. به منظور بررسی صحیح‌تر عدم قطعیت‌های

موجود در مسئله دو سناریو به شرح زیر بررسی شد:

۱- مدل بودجه ریزی بر مبنای عملکرد استوار- فازی با حدود پایین بودجه قطعی[5] (CLB–RFPBB)

۲- مدل بودجه ریزی بر مبنای عملکرد استوار- فازی با حدود پایین بودجه فازی[6] (FLB-RFPBB)

سناریوی اول که با نام CLB–RFPBB معرفی می‌شود، بیانگر مدلی است که 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 و حدود پایین دارای پارامترهای قطعی می‌باشد.

سناریوی دوم که با نام CLB–RFPBB معرفی می‌شود، همانند سناریوی اول می‌باشد با این تفاوت که حدود پایین نیز به دلیل ابهام موجود در ارائه ارقام به‌صورت فازی در نظر گرفته شده است.

۴-۱- سناریوی اول: مدل CLB–RFPBB

با توجه به مدل آذر و ربیعه [۲٦]، مدل CLB–RFPBB در دانشگاه عبارت است از:

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

Subject to:

$$[1] \quad \left(\sum_{t=1}^{m}\sum_{p=1}^{n} W_{tp.}\, Y_{tp.}\right) + d_1^- \geq G_1 \quad ; \quad [2] \quad Y_{tr.} - G_2 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} + d_2^- \geq 0$$

$$[3] \quad \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} E_{tfg.}\, X_{tfg.} + d_3^- \geq G_3 \quad ; \quad [4] \quad Y_{tr.} - G_4 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} - d_4^+ \leq 0$$

$$[5] \quad \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} X_{tfg1} - G_5 \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} X_{tfg2} + d_5^- - d_5^+ = 0$$

[6] $X_{t...} = \sum_{f=1}^{F} X_{tf..}$; [7] $X_{tf..} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfg.}$; [8] $X_{tfg.} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfgm}$

[۹] $Y_{t..} = \sum_{p=1}^{\gamma} Y_{tp.}$; [۱۰] $Y_{tp.} = \sum_{a=1}^{\alpha} Y_{tpa}$; [۱۱] $X_{tfgm} = \sum_{t=1}^{\alpha}\sum_{p=1}^{\gamma}\sum_{a=1}^{\beta} \lambda_{tpa} Y_{tpa}$

[۱۲] $Y_{t..} + Z_{t..}\Gamma_{t..} + q_{t..} \le \bar{U}^{y}_{t..}$; [۱۳] $Z_{t..} + q_{t..} \gtrapprox \hat{\bar{U}}^{y}_{t..}$

[۱۴] $Y_{tp.} + Z_{tp.}\Gamma_{tp.} + q_{tp.} \le \bar{U}^{y}_{tp.}$; [۱۵] $Z_{tp.} + q_{tp.} \gtrapprox \hat{\bar{U}}^{y}_{tp.}$

[۱۶] $Y_{tpa} + Z_{tpa}\Gamma_{tpa} + q_{tpa} \le \bar{U}^{y}_{tpa}$; [۱۷] $Z_{tpa} + q_{tpa} \gtrapprox \hat{\bar{U}}^{y}_{tpa}$

[۱۸] $\bar{L}^{y}_{t..} \le Y_{t..}$; [۱۹] $\bar{L}^{y}_{tp.} \le Y_{tp.}$; [۲۰] $\bar{L}^{y}_{tpa} \le Y_{tpa}$

[۲۱] $X_{t...} + Z^{x}_{t...}\Gamma^{x}_{t...} + r_{t...} \le \bar{U}^{x}_{t...}$; [۲۲] $Z^{x}_{t...} + r_{t...} \gtrapprox \hat{\bar{U}}^{x}_{t...}$

[۲۳] $X_{tf..} + Z^{x}_{tf..}\Gamma^{x}_{tf..} + r_{tf..} \le \bar{U}^{x}_{tf..}$; [۲۴] $Z^{x}_{tf..} + r_{tf..} \gtrapprox \hat{\bar{U}}^{x}_{tf..}$

[۲۵] $X_{tfg.} + Z^{x}_{tfg.}\Gamma^{x}_{tfg.} + r_{tfg.} \le \bar{U}^{x}_{tfg.}$; [۲۶] $Z^{x}_{tfg.} + r_{tfg.} \gtrapprox \hat{\bar{U}}^{x}_{tfg.}$

[۲۷] $\bar{L}^{x}_{t.} \le X_{t...}$; [۲۸] $\bar{L}^{x}_{tf..} \le X_{tf..}$; [۲۹] $\bar{L}^{x}_{tfg.} \le X_{tfg.}$; [۳۰] $\sum_{i=1}^{m} U_i = 1$; [۳۱] $\sum_{p=1}^{P} W_{tp.} = 1$

$q_{t..} \ge 0, q_{tp.} \ge 0, q_{tpa} \ge 0, \acute{q}_{t..} \ge 0, \acute{q}_{tp.} \ge 0, \acute{q}_{tpa} \ge 0, r_{t...} \ge 0, \acute{r}_{t...} \ge 0, r_{tf..} \ge 0, \acute{r}_{tf..} \ge 0, r_{tfg.} \ge 0, \acute{r}_{tfg.} \ge 0, Z_{t..} \ge 0, \acute{Z}_{t..} \ge 0, Z_{tp.} \ge 0, \acute{Z}_{tp.} \ge 0, Z_{tpa} \ge 0, \acute{Z}_{tpa} \ge 0, Z^{x}_{t...} \ge 0, \acute{Z}^{x}_{t...} \ge 0, Z^{x}_{tf..} \ge 0, \acute{Z}^{x}_{tf..} \ge 0, Z^{x}_{tfg.} \ge 0, \acute{Z}^{x}_{tfg.} \ge 0$

۴-۱-۱- مدل CLB–RFPBB قطعی شده در دانشگاه

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

$$\max Z = \lambda$$

Subject to:

$$U_1 d_1^- + U_2 d_2^- + U_3 d_3^- + U_4 d_4^+ + U_5 d_5^+ + U_5 d_5^- + \lambda(Z^1 - Z^0) \le Z^1$$

Subject to:

[۱] $\left(\sum_{t=1}^{m}\sum_{p=1}^{n} W_{tp.} Y_{tp.}\right) + d_1^- \ge G_1$; [۲] $Y_{t2.} - G_2 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} + d_2^- \ge 0$

[۳] $\sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} E_{tfg.} X_{tfg.} + d_3^- \ge G_3$; [۴] $Y_{t2.} - G_4 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} - d_4^+ \le 0$

[۵] $\sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} X_{tfg1} - G_5 \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} X_{tfg2} + d_5^- - d_5^+ = 0$

[۶] $X_{t..} = \sum_{f=1}^{F} X_{tf.}$; [۷] $X_{tf.} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfg.}$; [۸] $X_{tfg.} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfgm}$

[۹] $Y_{t..} = \sum_{p=1}^{\gamma} Y_{tp.}$; [۱۰] $Y_{tp.} = \sum_{a=1}^{\alpha} Y_{tpa}$; [۱۱] $X_{tfgm} = \sum_{t=1}^{\alpha}\sum_{p=1}^{\gamma}\sum_{a=1}^{\beta} \lambda_{tpa} Y_{tpa}$

[۱۲] $Y_{t..} + Z_{t..}\Gamma_{t..} + q_{t..} \leq \bar{U}^{y}_{t..}$; [۱۳] $Z_{t..} + q_{t..} - \lambda d^{u}_{t..} \geq \hat{U}^{y}_{t..} - d^{u}_{t..}$

[۱۴] $Y_{tp.} + Z_{tp.}\Gamma_{tp.} + q_{tp.} \leq \bar{U}^{y}_{tp.}$; [۱۵] $Z_{tp.} + q_{tp.} - \lambda d^{u}_{tp.} \geq \hat{U}^{y}_{tp.} - d^{u}_{tp.}$

[۱۶] $Y_{tpa} + Z_{tpa}\Gamma_{tpa} + q_{tpa} \leq \bar{U}^{y}_{tpa}$; [۱۷] $Z_{tpa} + q_{tpa} - \lambda d^{u}_{tpa} \geq \hat{U}^{y}_{tpa} - d^{u}_{tpa}$

[۱۸] $\bar{L}^{y}_{t..} \leq Y_{t..}$; [۱۹] $\bar{L}^{y}_{tp.} \leq Y_{tp.}$; [۲۰] $\bar{L}^{y}_{tpa} \leq Y_{tpa}$

[۲۱] $X_{t...} + Z^{x}_{t...}\Gamma^{x}_{t...} + r_{t...} \leq \bar{U}^{x}_{t...}$; [۲۲] $Z^{x}_{t...} + r_{t...} - P^{u}_{t...}\lambda \geq \hat{U}^{x}_{t...} - P^{u}_{t...}$

[۲۳] $X_{tf..} + Z^{x}_{tf..}\Gamma^{x}_{tf..} + r_{tf..} \leq \bar{U}^{x}_{tf..}$; [۲۴] $Z^{x}_{tf..} + r_{tf..} - P^{u}_{tf..}\lambda \geq \hat{U}^{x}_{tf..} - P^{u}_{tf..}$

[۲۵] $X_{tfg.} + Z^{x}_{tfg.}\Gamma^{x}_{tfg.} + r_{tfg.} \leq \bar{U}^{x}_{tfg.}$; [۲۶] $Z^{x}_{tfg.} + r_{tfg.} - P^{u}_{tfg.}\lambda \geq \hat{U}^{x}_{tfg.} - P^{u}_{tfg.}$

[۲۷] $\bar{L}^{x}_{t.} \leq X_{t...}$; [۲۸] $\bar{L}^{x}_{tf..} \leq X_{tf.}$; [۲۹] $\bar{L}^{x}_{tfg.} \leq X_{tfg.}$; [۳۰] $\sum_{i=1}^{m} U_i = 1$; [۳۱] $\sum_{p=1}^{P} W_{tp.} = 1$

در فرم عمومی مدل ارائه شده، هر متغیر دارای حدود بالا نامطمئن خواهد بود. بنابراین به ازای هر متغیر یک پارامتر نامطمئن تعریف شده است. هم‌چنین به منظور تعیین تعداد متغیرهای مدل استوار- فازی باید توجه کرد که به ازای هر پارامتر نامطمئن (مثل $Y_{t..}$) دو متغیر استواری (به‌طور 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 کرد:

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

۲-۴- سناریوی دوم: مدل FLB-RFPBB

همان طور که از نظر گذشت در مدل FLB-RFPBB، حدود بالا همانند مدل CLB-RFPBB خواهد بود درحالی که پارامترهای حدود پایین به‌صورت فازی در نظر گرفته شده‌اند. با توجه به آنچه پیرامون قطعی‌سازی مدل استوار- فازی [۲۶] اشاره شد، مدل FLB-RFPBB قطعی شده عبارت است از:

۲-۴- ۱- مدل FLB-RFPBB قطعی شده در دانشگاه

$$\max Z = \lambda$$

Sobject to:

$$U_1 d_1^- + U_2 d_2^- + U_3 d_3^- + U_4 d_4^+ + U_5 d_5^+ + U_5 d_5^- + \lambda(Z^1 - Z^0) \le Z^1$$

Subject to:

$$[1]\ \left(\sum_{t=1}^{m}\sum_{p=1}^{n} W_{tp.}\, Y_{tp.}\right) + d_1^- \ge G_1 \quad ; \quad [2]\ Y_{t2.} - G_2 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} + d_2^- \ge 0$$

$$[3]\ \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} E_{tfg.}\, X_{tfg.} + d_3^- \ge G_3 \quad ; \quad [4]\ Y_{t3.} - G_4 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} - d_4^+ \le 0$$

$$[5]\ \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} X_{tfg1} - G_5 \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} X_{tfg2} + d_5^- - d_5^+ = 0$$

$$[6]\ X_{t...} = \sum_{f=1}^{F} X_{tf..} \quad ; \quad [7]\ X_{tf..} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfg.} \quad ; \quad [8]\ X_{tfg.} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfgm}$$

$$[9]\ Y_{t..} = \sum_{p=1}^{\gamma} Y_{tp.} \quad ; \quad [10]\ Y_{tp.} = \sum_{a=1}^{\alpha} Y_{tpa} \quad ; \quad [11]\ X_{tfgm} = \sum_{t=1}^{\alpha}\sum_{p=1}^{\gamma}\sum_{a=1}^{\beta} \lambda_{tpa} Y_{tpa}$$

$$[12]\ Y_{t..} + Z_{t..}\Gamma_{t..} + q_{t..} \le \bar{U}_{t..}^{y} \quad ; \quad [13]\ Z_{t..} + q_{t..} - \lambda\, d_{t..}^{u} \ge \hat{U}_{t..}^{y} - d_{t..}^{u}$$

$$[14]\ Y_{tp.} + Z_{tp.}\Gamma_{tp.} + q_{tp.} \le \bar{U}_{tp.}^{y} \quad ; \quad [15]\ Z_{tp.} + q_{tp.} - \lambda\, d_{tp.}^{u} \ge \hat{U}_{tp.}^{y} - d_{tp.}^{u}$$

$$[16]\ Y_{tpa} + Z_{tpa}\Gamma_{tpa} + q_{tpa} \le \bar{U}_{tpa}^{y} \quad ; \quad [17]\ Z_{tpa} + q_{tpa} - \lambda\, d_{tpa}^{u} \ge \hat{U}_{tpa}^{y} - d_{tpa}^{u}$$

$$[18]\ Y_{t..} - d_{t..}^{l}\lambda \ge L_{t..}^{y} - d_{t..}^{l} \quad ; \quad [19]\ Y_{tp.} - d_{tp.}^{l}\lambda \ge L_{tp.}^{y} - d_{tp.}^{l}$$

$$[20]\ Y_{tpa} - d_{tpa}^{l}\lambda \ge L_{tpa}^{y} - d_{tpa}^{l} \quad ; \quad [21]\ X_{t...} + Z_{t...}^{x}\Gamma_{t...}^{x} + r_{t...} \le \bar{U}_{t...}^{x}$$

$$[22]\ Z_{t...}^{x} + r_{t...} - P_{t...}^{u}\lambda \ge \hat{U}_{t...}^{x} - P_{t...}^{u} \quad ; \quad [23]\ X_{tf..} + Z_{tf..}^{x}\Gamma_{tf..}^{x} + r_{tf..} \le \bar{U}_{tf..}^{x}$$

$$[24]\ Z_{tf..}^{x} + r_{tf..} - P_{tf..}^{u}\lambda \ge \hat{U}_{tf..}^{x} - P_{tf..}^{u} \quad ; \quad [25]\ X_{tfg.} + Z_{tfg.}^{x}\Gamma_{tfg.}^{x} + r_{tfg.} \le \bar{U}_{tfg.}^{x}$$

$$[26]\ Z_{tfg.}^{x} + r_{tfg.} - P_{tfg.}^{u}\lambda \ge \hat{U}_{tfg.}^{x} - P_{tfg.}^{u} \quad ; \quad [27]\ X_{t...} - P_{t...}^{(l)}\lambda \ge L_{t...}^{(x)} - P_{t...}^{(l)}$$

$$[28]\ X_{tf..} - P_{tf..}^{l}\lambda \ge L_{tf..}^{x} - P_{tf..}^{l} \quad ; \quad [29]\ X_{tfg.} - P_{tfg.}^{l}\lambda \ge L_{tfg.}^{x} - P_{tfg.}^{l}$$

$$[30]\ \sum_{i=1}^{m} U_i = 1 \qquad [31]\ \sum_{p=1}^{P} W_{tp.} = 1$$

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 (نوسان‌کننده) لحاظ شده‌اند. بدیهی است که در صورت نیاز می‌توان پارامترهای حدود پایین را نیز همانند پارامترهای حدود بالا استوار کرد. پس از استوار کردن مدل مربوط به آن، 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.

۶- نتایج حل و شبیه‌سازی مدل‌های استوار- فازی

به منظور حل هر دو مدل استوار- فازی، نخست باید تعداد متغیرها و محدودیت‌های هر کدام مشخص و سپس به نتایج حل اشاره شود. این مدل‌ها از نوع برنامه‌ریزی آرمانی استوار- فازی بوده که ٥ آرمان،٩٩٤ متغیر ١١٤٢ محدودیت دارند. جزئیات بیشتر در جدول ٤ بیان شده است.

جدول ۴ تشریح نوع و تعداد متغیرها و محدودیت‌ها در مدل

شرح	نوع	نوع مدل	
		CLB-RFPBB	FLB-RFPBB
متغیرها	اصلی	۵۰۱	۵۰۱
	استوار	٤٨٦	٤٨٦
	فازی	١	١
	انحراف از آرمان	٦	٦
	کل	٩٩٤	٩٩٤
محدودیت‌ها	اصلی	٦٥٠	٤٠٧
	استواری	٢٤٣	٢٤٣
	فازی	١	٢٤٤
	استوار- فازی	٢٤٣	٢٤٣
	آرمانی	٥	٥
	کل	١١٤٢	١١٤٢

به منظور بررسی نتایج حاصل از حل مدل‌های استوار- فازی، جواب‌ها در دو سطح کلان و عملیاتی بررسی می‌شود؛ به نحوی که سطح کلان بیانگر مقدار تابع هدف مدل استوار- فازی و مجموع انحرافات (تابع هدف مسئله استوار) و سطح عملیاتی که بیانگر بودجه پیشنهادی برای تخصیص به سطوح مختلف دانشگاه می‌باشد.

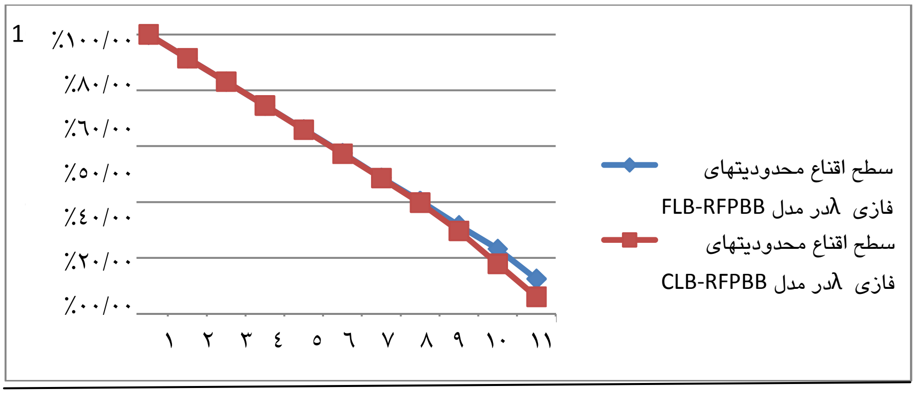
۶- ۱- نتایج حل مدل استوار- فازی در سطح کلان

در این بخش نتایج حاصل از حل دو سناریوی CLB-RFPBB و FLB-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 مقایسه مدل‌های 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 مدل‌های استوار- فازی می‌باشد.

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

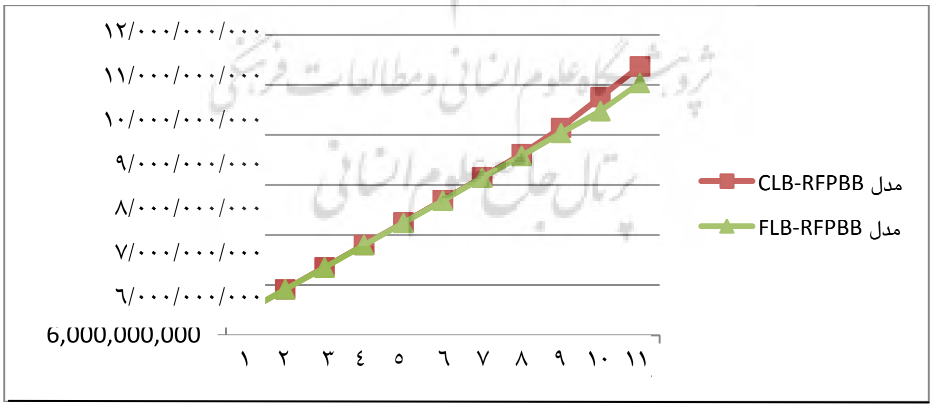
سطح حفاظت (Γ)	مدل CLB-RFPBB		مدل FLB-RFPBB	
	مقدار کل انحرافات	تابع هدف	مقدار کل انحرافات	تابع هدف
۱	٤٣٢،٩١٢،٤٧٢،٦	۱	٥٤٩،٩٠٣،٤٧٢،٦	۰/۹۹۹۳
۲	٦٣٢،٢٦٩،٩١٥،٦	۰/۹۱۵	٦٩١٤١٤٥٠٣٩	۹۱٤۸/۰
۳	۷۳۵۳۸۹۲۳٤۵	۰/۸۳۱	٧،٣٥١،٦٧٤،٢٦٧	۰/۸۳۱۰
٤	١١٠،٣٦٦،٨٠٠،٧	۰/۷٤٦	٨٩٥،١٤١،٩٧٩،٧	۰/۷٤٥٦
٥	۸۲٤۹۹٥۹٤۳۸	۰/٦٥۹	۸۲٤۳۲۰۲٦۳۳	۰/٦٦۰۲
٦	۸٦۹۹۱٥۳۰۱٥	۰/٥۷۳	۸٦۸۷۹۱۳۹٦۲	۰/٥۷٥۱
۷	۹۱٥۳۸۳٦٤۳٤	۰/٤۸٦	۹۱٤٦۸٤۸۳۱۲	۰/٤۸۷۲
۸	۹٦۱٥٤٤۹۷٥۱	۰/۳۹۸	۹٥۸۱۳۸۰٥۷۱	۰/٤۰۳۹
۹	۱۰۱٤۱٥۲۲۹۱۳	۰/۲۹۷	۱۰۰۳۷٦۷۰۱۱۹	۰/۳۱٦٦
۱۰	۱۰۷٥٤۹٦۸٤٦٤	۰/۱۷۹	۱۰٤۷٦۸۹۷۱۷٦	۰/۲۳۲٤
۱۱	۱۱۳٦۹۹٥۰۹۸٤	۰/۰٦۱	۱۱۰۳٦۸٦۳٦۱۷	۰/۱۲٥۲

به منظور تحلیل بهتر اعداد ارائه شده در جدول ٥ که بیانگر نتایج حل دو مدل استوار- فازی می‌باشد، دو نمودار زیر ارائه می‌شود. همان طور که از جدول ٥ 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 خطرپذیری)، دستیابی به سطح اقناع را سخت‌تر می‌کند. شکل ۳ نیز روند کاهشی سطح اقناع را با افزایش سطح حفاظت به‌خوبی نشان می‌دهد.



شکل ۳ میزان اقناع محدودیت‌ها در مدل‌های استوار- فازی به ازای سطوح حفاظت مختلف

از جدول ٥ و شکل ٤ واضح است که با افزایش سطح حفاظت مقدار کل انحراف از آرمان‌ها بدتر می‌شود (مقدار تابع هدف مینیمم، بیشتر می‌شود). در واقع هر چه سطح حفاظت افزایش یافته، مدل مقادیر متغیرها را به نحو سختگیرانه‌تری در بازه مجاز انتخاب کرده و درنهایت جواب تابع هدف بدتر می‌شود. بنابراین تغییر سطح محافظه کاری می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عایدی تصمیم‌گیرنده داشته باشد، به‌طوری که 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 خطرپذیری و میزان دستیابی به اهداف، تصمیمی معقولانه اتخاذ نماید.



شکل ۴ رابطه سطح حفاظت و تابع هدف مدل آرمانی (مجموع انحرافات) در مدل‌های استوار- فازی

همان طور که ملاحظه می‌شود، با افزایش سطح حفاظت مقدار تابع هدف (مجموع انحرافات) بدتر می‌شود که این امر با منطق ریاضیاتی استوارسازی مدل کاملاً سازگار است، به نحوی که هر چه قدر تصمیم‌گیرنده بخواهد عدم اطمینان بیش‌تری را برای مدل در نظر بگیرد، جواب‌های محافظه‌کارانه‌تری را دریافت خواهد کرد که این افزایش محافظه‌کاری در تخصیص بودجه منجر به کاهش مقدار بودجه تخصیصی خواهد شد. البته همان طور 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. اگر چه تغییر در مقادیر انحرافات هر آرمان به‌خوبی نمایانگر کاهش بودجه تخصیص یافته به سطوح مختلف دانشگاه می‌باشد.

نتایج مدل FLB-RFPBB به مراتب بهتر از مدل CLB-RFPBB می‌باشد. بهبود نتایج به ترتیبی که در بالا ذکر شد، امری منطقی می باشد چون که فازی کردن حدود موجب گسترش فضای ممکن برای جواب می‌شود. در واقع حدود پایین بودجه در تمامی سطوح در مدل FLB-RFPBB به‌صورت فازی لحاظ شده و این موجب انعطاف‌پذیری بیشتر آن نسبت به حالتی می‌شود که حدود پایین بودجه قطعی (مدل CLB-RFPBB) در نظر گرفته شده باشند.

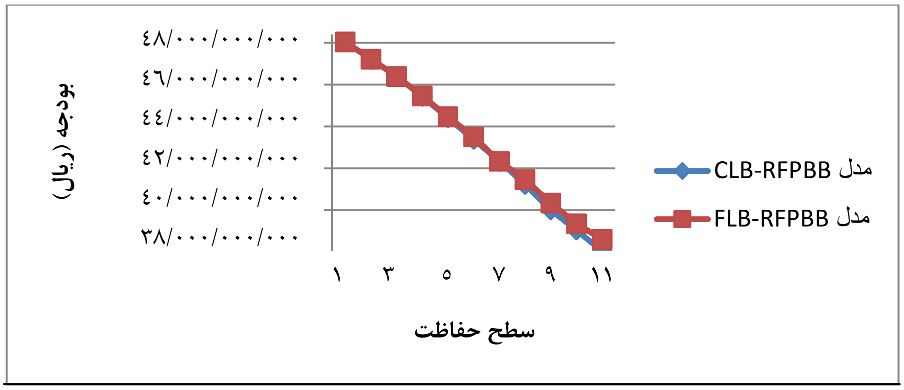
۶- ۲- نتایج حل مدل استوار- فازی در سطح عملیاتی

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 شد.

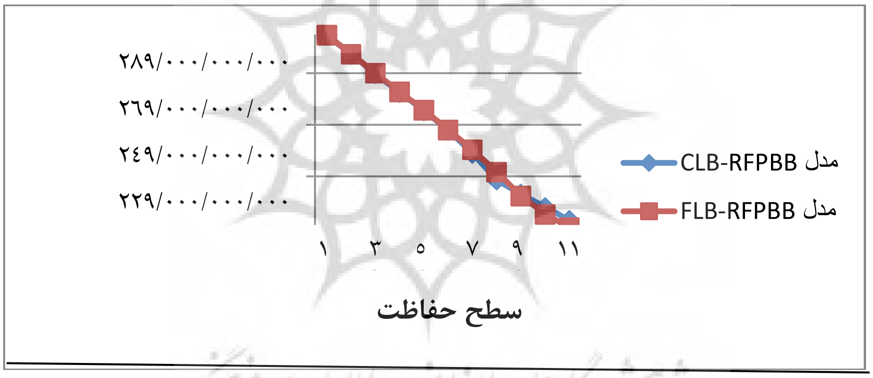
جدول ۶ نتایج بودجه پیشنهادی برنامه‌ها و مجموع دانشکده‌ها به ازای سطوح مختلف حفاظت در مدل‌های استوار- فازی

سطح حفاظت (Γ)	کل دانشگاه (مجموع برنامه‌ها)		بودجه مجموع دانشکده‌ها	
	مدل **CLB-RFPBB**	مدل **FLB-RFPBB**	مدل **CLB-RFPBB**	مدل **FLB-RFPBB**
۱	٣٠٣،٨١٨،٧٧٨،٣٤٩	٣٠٣،٨١٩،٥٢٠،٧٢٧	٤٨،٠٣٣،٠٥٧،٣١١	٤٨،٠٣٣،١٢٧،١٩٤
۲	٢٩٦،٣٤٣،٢٨١،٧٨٢	٢٩٦،٤٢٢،٠٦٨،٦٦٤	٤٧،١٩٩،٧٤٤،٩٨٤	٤٧،٢٠٩،٢٣٠،٠٢٦
۳	٢٨٨،٩٣٠،٨٩٥،١٩٠	٢٨٩،٠٨٦،٩٢٢،٨٢٩	٤٦،٣٧٣،٤٦٧،٦٨٤	٤٦،٣٩٢،٢٥٣،٤٢٧
۴	٢٨١،٥٤٢،١٤١،٥٣٦	٢٨١،٧٧٧،٠٤٦،٥٤٩	٤٥،٤٢٨،٨١٥،٨٥٥	٤٥،٤٥٥،٨٣٥،٤٣٦
۵	٢٧٤،٤١٥،٤٥٢،٨٧٨	٢٧٤،٧١٥،٢٢٦،٩٠٦	٤٤،٤١١،٨٦٠،٨٧٨	٤٤،٤٧٤،٢٨٧،٩٦٠
۶	٢٦٦،٨١٤،١١٢،٢٥٨	٢٦٧،٠١٩،٨١٩،٦٤٦	٤٣،٣٨٧،٤٥٧،٨٤١	٤٣،٥٠٢،٦٩٧،٣٤٩
۷	٢٥٧،٨٥٧،٤٦٢،٨٦١	٢٥٩،٣٣٠،٢٥٤،٦٤٨	٤٢،٣٣٢،٤٨٦،٥٣٤	٤٢،٣٣٩،٦٩٧،٩٩٤
۸	٢٤٧،٥٥٤،٤٧٦،٨٤٤	٢٥٠،٦٤٥،٥٦٠،٣٤٢	٤١،٢٣٥،٤٠٢،٧٦٧	٤١،٤٦٩،٨٧١،٣٩٠
۹	٢٤٢،٠٨٨،١٧٦،١٤٥	٢٤١،٣٩٨،٣٨٦،٢١٨	٤٠،٠٠٨،٩٥٧،٩٥٢	٤٠،٣٥٢،٩٦٢،١٦٠
۱۰	٢٣٦،٩٦٩،٦٥٩،٢٥٩	٢٣٤،٢٣٤،٦٢٩،٥٦١	٣٩،٠٥٣،٣٥٨،٦٥٧	٣٩،٣٦٦،٠٤٥،٩٨٦
۱۱	٢٣١،٩٠٢،٧١٢،٤٤٨	٢٢٩،١٠٣،٥٩٩،٠٨١	٣٨،٠٥٦،٣٥١،٩٦٨	٣٨،٦١٦،٦٦٥،٩٥١

همان طور که در جدول ٦ ملاحظه می‌شود، بهره‌گیری از مدل استوار- فازی سبب می‌شود تا با افزایش سطح حفاظت، مقدار بودجه تخصیصی به هر برنامه و هم‌چنین مجموع بودجه تخصیصی به دانشکده‌ها کاهش پیدا کند که این امر با منطق استوارسازی مدل به خوبی سازگار می‌باشد. در واقع هرچه عدم اطمینان تصادفی روی پارامترهای حدود بالای بودجه (حداکثر مقداری که تصمیم‌گیرندگان می‌توانند آن را تخصیص دهند) بیشتر شود، مقادیر بودجه به محتاطانه‌تری تخصیص پیدا خواهد کرد. نمودار زیر نیز بیانگر این امر می‌باشد.



شکل ۵ بودجه اختصاصی به دانشکده‌ها به ازای سطوح حفاظت مختلف



شکل ۶ بودجه اختصاصی به برنامه‌ها به ازای سطوح حفاظت مختلف

نکته قابل توجه در مورد نمودار شکل ٦، توجه به ارزش ریالی بودجه پیشنهادی برای تخصیص می‌باشد، به نحوی که در هر دو مدل با افزایش سطح حفاظت، مقدار بودجه تخصیصی کاهش پیدا می‌کند. البته ارزش ریالی بودجه تخصیصی به دانشکده‌ها در مدل FLB-RFPBB پاسخ‌های بهتری را نسبت به مدل مدل CLB-RFPBB ارائه می‌کند. علت این امر را می‌توان در بیشینه بودن آرمان سوم دانست. این آرمان مطلوبیت تخصیص بودجه به

گروه‌های تحصیلی را بیشینه می‌کند.

۶-۳- آنالیز عدم قطعیت

به منظور نمایش ضرورت استوارسازی مدل اسمی طراحی شده از روش شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده شد. نخست مدل قطعی و سپس مدل‌های استوار- فازی مورد شبیه سازی قرار گرفت که نتایج در ادامه ارائه شده است.

۶-۳-۱- شبیه‌سازی مدل اسمی با پارامترهای نامطمئن

به منظور نمایش ضرورت استوار کردن مدل طراحی شده، به شبیه‌سازی مدل قطعی پرداخته شد تا استنباط شود که اگر از مدل قطعی استفاده شود 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 ۷ می‌باشد.

جدول ۷ نتایج ۱۰،۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل اسمی

نوع محدودیت	تعداد کل محدودیت حاوی پارامتر نامطمئن	تعداد محدودیت‌های ناموجه	درصد نقض محدودیت‌ها
محدودیت برنامه - ردیف	۱،۰۰۰،۰۰۰	۸۱۷،۳۹۷	٪۳۹/۷
محدودیت دانشکده‌ها- گروه‌ها	۱،۴۳۰،۰۰۰	۹۹٤،۵۵۵	٪۳۸/۸٦
کل محدودیت‌ها	۱،۴۳۰،۰۰۰	۸۱۱،۹۵۳	٪۳۹/۲۵

۶-۳-۲- شبیه‌سازی مدل استوار- فازی با پارامترهای نامطمئن

مدل‌های استوار- فازی به نحوی عمل می‌کند که سطح خطرپذیری 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 خطرپذیری در سطح مختلف حفاظت، هر دو مدل استوار- فازی نیز مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. جدول ۸ بیانگر ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل‌های

استوار- فازی با پارامترهای نامطمئن بوده که به ازای هر سطح حفاظت صورت گرفته است:

جدول ۸ احتمال نقض محدودیت‌های دو مدل استوار- فازی در ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی به ازای هر سطح حفاظت

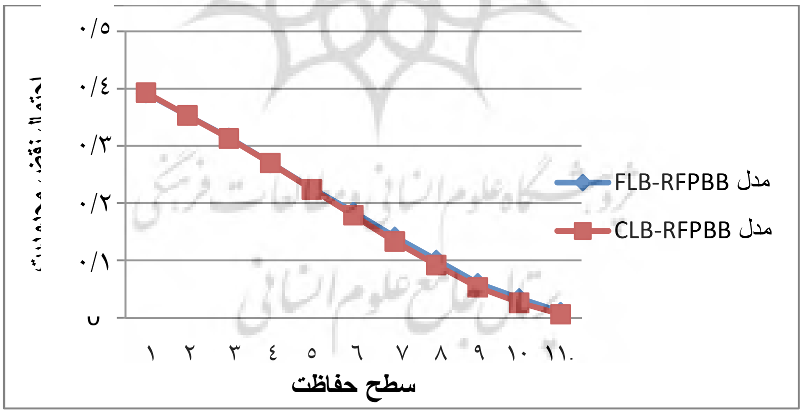
سطح حفاظت	احتمال نقض محدودیت (سطح خطرپذیری تصمیم)	
	مدل CLB-RFPBB	مدل FLB-RFPBB
۱	۰/۳۹۳	۰/۳۹۲
۲	۰/۳۵۳	۰/۳۵۳
۳	۰/۳۱۳	۰/۳۱٤
٤	۰/۲۷	۰/۲۷
۵	۰/۲۲٤	۰/۲۲۵
٦	۰/۱۷۹	۰/۱۸۵
۷	۰/۱۳۳	۰/۱٤۱
۸	۰/۰۹۲	۰/۱۰۱
۹	۰/۰۵۳	۰/۰٦
۱۰	۰/۰۲٦	۰/۰۳٤
۱۱	۰/۰۰٦	۰/۰۱

جدول ۸ بیانگر نتایج حاصل از ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی هر یک از مدل‌های استوار- فازی به ازای هر سطح حفاظت (در مجموع ۲۲ بار شبیه‌سازی به ازای ۱۱ سطح حفاظت برای هر مدل) می‌باشد. در این جدول - که احتمال نقض محدودیت‌ها به ازای هر سطح حفاظت شبیه‌سازی شده- ملاحظه می‌شود که هر چه سطح محافظه‌کاری بالاتری اتخاذ شود، احتمال نقض محدودیت‌ها (سطح خطرپذیری تصمیم) کاهش پیدا می‌کند که انطباق این امر بر مفهوم مدلسازی استوار، بیانگر استوارسازی صحیح مدل می‌باشد.

از سوی دیگر بدیهی است که 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 خطرپذیری تصمیم) برقرار نمایند. نمودار ٦ بیانگر ارتباط احتمال نقض محدودیت‌ها (سطح خطرپذیری خطرپذیری تصمیم) به ازای سطوح مختلف حفاظت می‌باشد. بدیهی است که احتمال نقض محدودیت‌ها با افزایش سطح محافظه‌کاری روندی نزولی را طی می‌کند.

در این صورت می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه با افزایش سطح حفاظت، خطرپذیری تصمیم در هر دو مدل به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند، هر چه سطح حفاظت افزایش یابد، خطرپذیری تصمیم در مدل CLB-RFPBB کمتر از مدل FLB-RFPBB خواهد بود (به عبارتی دیگر در سطح حفاظت برابر، احتمال نقض مدل CLB-RFPBB کمتر از مدل FLB-RFPBB می‌باشد). علت این امر را می‌توان در فازی بودن حدود پایین در مدل FLB-RFPBB دانست. چراکه در اصل فازی لحاظ کردن حدود پایین، باعث انعطاف‌پذیری افزایشی فضای جواب (گسترش فضای موجه) می‌شود. در حالی که منطق تعریف استوارسازی حدود بالا و پایین، اصولا منجر به کاهش فضای جواب خواهد شد، به نحوی که فضای کمتری را به عنوان فضای موجه مدل تعریف کرده و انتخاب سختگیرانه‌تری را به دنبال خواهد داشت. شکل ۷ نیز به خوبی بیانگر این موضوع می‌باشد.



شکل ۷ احتمال نقض محدودیت‌ها به ازای سطوح حفاظت مختلف در ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل‌های استوار- فازی

۷-نتیجه‌گیری

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 این رو هدف این تحقیق ارائه مدل PBB بوده است، به نحوی که از یک سو تخصیص بودجه به برنامه‌ها بر اساس 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 درنظرگرفتن معیارهای گوناگون در دانشگاه، مدل برنامه‌ریزی آرمانی PBB در دانشگاه طراحی شد. 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 هر گروه آموزشی به‌منظور 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 پایه آذر و ربیعه [۲۷] به مدل استوار- فازی تبدیل شد.

به منظور بررسی انواع عدم قطعیت موجود در مسئله دو سناریو بررسی شد که در سناریوی اول تنها حدود بالای بودجه به عنوان پارامتر نامطمئن نوسان‌کننده و نیم طول بازه نوسان این حدود نیز به‌صورت فازی و حدود پایین بودجه به‌صورت مقادیر اسمی لحاظ شد. در سناریوی دوم علاوه بر عدم قطعیت‌های مورد توجه در مدل قبل، حدود پایین بودجه نیز به‌صورت فازی درنظر گرفته شد. نتایج ارائه شده در دو سطح کلان و عملیاتی و هم‌چنین شبیه‌سازی مدل‌های قطعی و استوار- فازی، نشان از قابلیت بسیار بالای مدل استوار- فازی نسبت به مدل قطعی در پاسخ‌گویی به عدم قطعیت موجود در پارامترهای مسئله دارد.

مرور گسترده ادبیات بودجه‌ریزی نشان از تلاش محققان بسیاری پیرامون طراحی مدل ریاضی بوده است. از جمله مهم‌ترین مواردی که تا حدودی مشابه تحقیق حاضر می‌باشد، مدل آذر [۱۲]، مدل آذر و نجفی [٤] و هم‌چنین مدل آذر و خدیور [۱۳] می‌باشد. همان طور که مطرح شد، مدل آذر [۱۲] یک مدل عمومی برای بودجه می‌باشد که بسیاری از مطالعات بودجه‌ریزی از

آن به عنوان مبنای مدلسازی استفاده می‌کنند. در این مدل عدم اطمینان فازی مورد توجه قرار گرفته است. مدل آذر و نجفی [٤] و آذر و خدیور [١٣] نیز به طراحی مدل بودجه‌ریزی با رویکرد استوار پرداخته‌اند. هر دو این مدل‌ها تنها یک نوع عدم قطعیت را مورد توجه قرار داده‌اند. مدل طراحی شده در این مقاله علاوه بر اینکه تمامی جنبه‌های مورد استفاده در مدل آذر و نجفی [٤] را در برمی‌گیرد، با عدم اطمینان ناشی از ابهام هم مقابله می‌کند و این از نکات برتری مدل حاضر نسبت به مدل مذکور می‌باشد. همچنین مدل طراحی شده به‌وسیله آذر، خدیور [١٣] از جمله مدل‌هایی می‌باشد که مکانیسم هزینه‌یابی را در مدل ریاضی لحاظ کرده‌اند. شایان ذکر است که این نکته از برتری مدل آذر و خدیور [١٣] نسبت به مدل ارائه شده در این مقاله می‌باشد. با این حال نقطه برتری مدل ارائه شده در این مقاله نسبت به مدل آذر و خدیور، در نظر گرفتن عدم اطمینان فازی علاوه بر عدم اطمینان تصادفی می‌باشد. البته نکته حایز اهمیت این است که با مرور ادبیات بودجه‌ریزی، مدلی متناسب با ساختار دوگانه هزینه‌ای دانشگاه ملاحظه نشد که ارائه این مدل می‌تواند به عنوان یک الگو مورد استفاده مدیران و محققان دانشگاهی قرار گیرد.

با توجه به اینکه هر ساله تنها بخشی از بودجه مصوب، تحققپیدا می‌کند، تصمیم‌گیرندگان بودجه در دانشگاه‌ها می‌توانند با بهره‌گیری از نتایج حاصل از حل مدل و شبیه‌سازی مدل استوار- فازی، متناسب با بودجه‌ی تحقق یافته، نسبت به تخصیص آن به برنامه‌ها و دانشکده‌ها اقدام کنند. به این ترتیب با توجه به عدم اطمینان موجود در پارامترهای حدود بالا و ابهام موجود در تعریف حدود پایین بودجه در سطوح مختلف دانشگاه، بهره‌گیری از مدل‌های استوار- فازی سبب می‌شود تا عدم قطعیت‌های موجود در بودجه به نحوی مطلوبی قابل مدیریت باشد.

٧-١- پیشنهادها

به محققان و علاقه‌مندان نیز پیشنهاد می‌شود تا در مطالعات خود به بررسی موارد زیر بپردازند:

١) به منظور تعیین حدود بالا و پایین بودجه، از مدل‌های پیش‌بینی استفاده شود؛

٢) 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 روی ضرایب فنی و تابع هدف به‌صورت فازی تعریف شود؛

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

۸- پی‌نوشت‌ها

1. Stochastic programming
2. Fuzzy programming
3. Stochastic dynamic programming
4. Crisp Performance Based Budgeting (CPBB)
5. Crisp Lower bound Robust- Fuzzy Performance Based Budgeting (CLB - RFPBB)
6. Fuzzy Lower bound Robust- Fuzzy Performance Based Budgeting (FLB - RFPBB)

۹- منابع

[1] Azar, A, Amirkhani, T., "Public Budgeting: Budgetary Institutions and Local Budget" Tehran, SAMT publication, 2011 .

[2] Y. 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*, No. 7, pp. 43-60, 2010.

[3] Kajuri, J. Lotfi, F, Amini, M. Peelevar, A. Esmaeelzadeh, Z., "Calculating the per capita cost of educating a student in Ph.D. medical professionals in Shiraz Medical School in 2007", *Journal of Medical Education Development and Study Center*, Volume VII, No. I, pp. 9-16, 2007 .

[4] Azar, A. Najafi, E., Najafi, S., "Robust mathematical modeling: A new approach in Iran's public budgeting", *Journal of Managment in Iran*, Volume 15, Number 2, pp. 1-19, 2011 .

[5] Kholusi, S., "Design of Mathematical Model of Finance Allocation to IMIDRO Projects", M.S. Thesis, Tarbiat Modares University, 2010 .

[6] Charnes A., Cooper, W.W., Studies in Mathematical and Managerial Economics: North-Holland Publishing Company, pp. 166-180, 1971.

[7] Shim J.P., Lee M.S., "Zero-based Budgeting: dealing with conflicting objective", *Long Range Planning*, Vol. 17, No. 5, 1984.

[8] Min, Hokey. "Three-phase hierarchical allocation of university resources via interactive fuzzy goal programming". Cocio. Econ. Plann. Sci. Vol. 22, No. 5, pp. 1988.

[9] Y. A. Habeeb, "Adapting multi-criteria planning to the Nigerian economy", *Journal of Operational Research Society*, Vol. 42, No. 10, 1991.

[10] Greenberg R.R. & T.R. Nunamakar, "Integrating the analytic hierarchy process into the multi-objective budgeting models of public sector organizations", *Socio-Economic Planning Science,* Vol. 23, No. 3, pp. 197-206, 1994.

[11] Azar, A. Seyed Esfahani M., "Deterministic mathematical approach in budgeting", *Journal of Management Knowledge*, No. 31 and 32, pp. 10-19, 1995-1996 .

[12] Azar, A. ; "Mathematical cost program modelling in government organizations - Fuzzy and crisp approach", *Journal of Management Knowledge*, NO.35 and 36, 1996-1997 .

[13] Azar, A. Ameneh, KH. Aminnaseri, Mr. Anvarrostami, A., "Linear programming model with the robust approach for performance-based budgeting*", Journal of Public Management,* Volume 3, Issue 8, Winter, pp. 93-120, 2011 .

[14] Zanakis S.H., "A multi-criteria approach for library needs assesment and budget allocation", *Socio-Economic Planning Science* ,Vol. 251, No. 3, 1991.

[15] Kwak, N. K. & Lee, Changwon Lee, "A multi-decision-making approach to university resource allocation and information infrastructure planning". *European Journal of Oprational Research*, Vol. 110, pp. 234-242, 1998.

[16] 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. 133, 2001.

[17] Azar, A. Ameneh, K.H., Aminnaseri, Mr. Anvarrostami A., "Provide architecture of performance-based budgeting system with intelligent decision support systems approach", *Journal of Managment in Iran*, Volume 15, Number 3, pp. 1-22, 2011 .

[18] Najafi, S., "Robust mathematical modeling: A new approach in Iran's public budgeting", M.Sc. Thesis, Shahed University, 2011 .

[19] Feizollahi, M. Shokuhi, A. Modares yazdi, M. ; "Robust Quadratic Assignment Problem", Iran, Tehran, Fifth Industrial engineering conference, 2007 .

[20] Roy, B., "Robustness in operational research and decision aiding: A multi-faceted issue", *European Journal of Operational Research*, Vol. 200, pp. 629–638, 2010.

[21] Rabieh, M., "designing robust mathematical model of supply chain" Doctoral dissertation, Tarbiat Modares University, 2010 .

[22] Soyster, A., Convex programming with set-inclusive constraints and applications to inexact linear programming. (21), pp. 1154-1157, 1973.

[23] Ben-Tal, A., & Nemirovski, A,. Robust convex optimization. 23, 769-805, 1998.

[24] Ben-Tal, A., & Nemirovski, A., Robust solutions to uncertain programs. (25), pp. 1-13, 1999.

[25] Ben-Tal, A., & Nemirovski, A., Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data. (88), pp. 411-424, 2000.

[26] Bertsimas, D., & Sym, M., The Price of the Robustness. (52), pp. 35-53, 2004

[27] Azar, A. Rabieh, M. Modares Yazdi, M. Fetanatfard, H.M., "A robust-fuzzy multi-objective sourcing mathematical model: an approach to managing the risk of Irankhodro SCM", *Journal Modares Managment Researches In Iran*, pp. 51-76, 2011 .