مدل بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد: رویکرد بهینه‌سازی استوار (مورد مطالعه دانشگاه تربیت مدرس)

عادل آذر | azara@modares.ac.ir
استاد گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس
محمّدرضا امینی | Mr.amini.im@gmail.com
دانشجوی دکتری رشته مدیریت سیستم، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده‌مسئول)
پرویز احمدی | ahmadi@sadad.co.ir
دانشیار گروه مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس

دریافت: ۱۳۹۲/۱/۱۶ | پذیرش: ۱۳۹۳/۱/۲۱

چکیده: با بررسی ادبیات موضوع، مدل ریاضی که دربرگیرنده ساختار دوگانه بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد در دانشگاه باشد، مشاهده نشد. ازاین‌رو، هدف این پژوهش ارایه مدل PBB است به‌طوری‌که تخصیص بودجه به برنامه‌ها، براساس اهمیت هر برنامه و تخصیص بودجه به دانشکده‌ها، براساس سرانه دانشجویی مصوب توجه شود. با درنظر گرفتن معیارهای گوناگون در دانشگاه و با توجه به عدم قطعیت تصادفی موجود درتعیین پارامترهای حدود بالای بودجه درتمام سطوح دانشگاه، مدل برنامه‌ریزی آرمانی استوار، در دانشگاه طراحی شد. نکته مهم در طراحی مدل، استفاده از ضریب کارایی برای تعیین ضریب اهمیت هرگروه آموزشی به منظور تخصیص بودجه به آن است. همچنین وزن آرمان‌ها و میزان اهمیت هر برنامه براساس مقایسه‌های زوجی توسط خبرگان تعیین شد. این مدل استوار دارای پنج آرمان، ۱۶۲۷محدودیت و ۱۲۳۶ متغیر تصمیم است؛ نتایج ارایه شده در دو سطح کلان و عملیاتی و همچنین شبیه‌سازی مدل‌ها، نشان از قابلیت بسیار بالای مدل استوار نسبت به مدل قطعی، در پاسخگویی به عدم قطعیت موجود در پارامترهای مساله و همچنین مدیریت سطح ریسک تصمیم داشت. همچنین با تحقق نسبی بودجه مصوب برای هر دانشگاه، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با بهره‌گیری از نتایج حاصل از حل مدل و شبیه‌سازی مدل استوار، متناسب با بودجه تحقق‌یافته، نسبت به تخصیص آن اقدام کنند.

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

طبقه‌بندی JEL: C02, C61, H61.

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه | شاپا (چاپی) ۲۲۵۱-۹۰۹۲ | نمایه در ISC
سال نوزدهم | شماره ۱ | بهار ۱۳۹۳ | ص ص ۸۴-۵۳

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

نهادهای بودجه‌ریزی در طی تاریخ، در روند تدریجی حرکت کشورها به سوی حکمرانی شایسته و پاسخ‌گو، نقش قابل توجهی ایفا کردند. بودجه‌ریزی ابزاری راهبردی برای انضباط اقتصادی و مالی دولت‌هاست و در شکل امروزی آن زمینه دولت شایسته و پاسخ‌گو را فراهم می‌کند و مشارکت شهروندان را بر می‌انگیزد (آذر و امیرخانی، ۱۳۹۰، ۱).

بودجه‌ریزی در دانشگاه‌های دولتی را نمی‌توان از محیطی که در آن فعالیت می‌کنند یا از اقتصاد و محیط سیاسی عمومی مجزا کرد. بنابراین، مفهوم بودجه‌ریزی و مدیریت عملکرد برای دانشگاه‌های دولتی نیازمند ملاحظه عوامل خاص همچون کنترل دولتی، پاسخگویی اجتماعی و تامین وجه از طریق مالیات‌هاست (Yamamoto ,2010, 45). امروزه، دانشگاه‌ها با رشد سریع متقاضیان خود، روبرو و در مواجهه با بسیاری از محدودیت‌ها ـ که مهم‌ترین آن محدودیت‌های مالی است ـ مجبور به بازبینی و سازمان‌دهی مجدد سازوکارهای کسب درآمد و تخصیص منابع خود شده‌اند. واقعیت حاکی از آن است که قدر مطلق منابع در دسترس دانشگاه‌ها افزایش یافته، اما منابع دریافتی به ازای هر دانشجو یا به‌عبارتی، بودجه سرانه، به همان اندازه افزایش نیافته است. بنابراین، گذشته از موارد مرتبط به اثربخشی، کاهش منابع سرانه حکم می‌کند که دانشگاه‌ها در مصرف منابع در دسترس خود، دقیق‌تر و کارآتر عمل کنند (کجوری و همکاران، ۱۳۸۹، ۱۰).

استفاده نکردن از نظریه‌های کمّی و ریاضی در بودجه دانشگاه‌ها ـ که در آن برای اجرای برنامه سالیانه، منابع مالی لازم پیش‌بینی و اعتبارات هزینه‌ای و تملک دارایی‌های سرمایه‌ای (عمرانی) تعیین می‌شود ـ باعث سردرگمی و عدم تخصیص بهینه به منابع در دسترس می‌شود. بدیهی است اگر فعالیت‌ها و محیط تصمیم‌گیری از پیچیدگی برخوردار نباشند، استفاده از مدل‌های ریاضی چندان اهمیت نداشته باشد؛ اما اهمیت رویکردهای ریاضی، زمانی روشن می‌شود که تعداد متغیرهای تصمیم و فعالیت‌ها و اهداف به‌گونه‌ای سرسام‌آور افزایش پیدا می‌کند (خلوصی، ۱۳۸۹، ۳۵). پژوهش در عملیات یا علم مدیریت، یک رویکرد علمی و ریاضی برای حل این مسائل است. کاربرد موفقیت‌آمیز برنامه‌ریزی خطی در پژوهش در عملیات، بیشترین تاثیر را در بدست آوردن جواب‌های بهینه مسائل تخصیص منابع داشته است. برنامه‌ریزی خطی یک روش ریاضی برای مشخص کردن تخصیص بهینه منابع است که با توجه به محدودیت‌های منابع و سود، انجام می‌گیرد (خلوصی، ۱۳۸۹، ۳).

به‌طور کلی، سابقه تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی به نظریه‌های معادلات و نامعادلات خطی و غیرخطی می‌رسد. Dantzig ـ که پدر برنامه‌ریزی خطی شناخته شده است ـ اولین بار در دهه

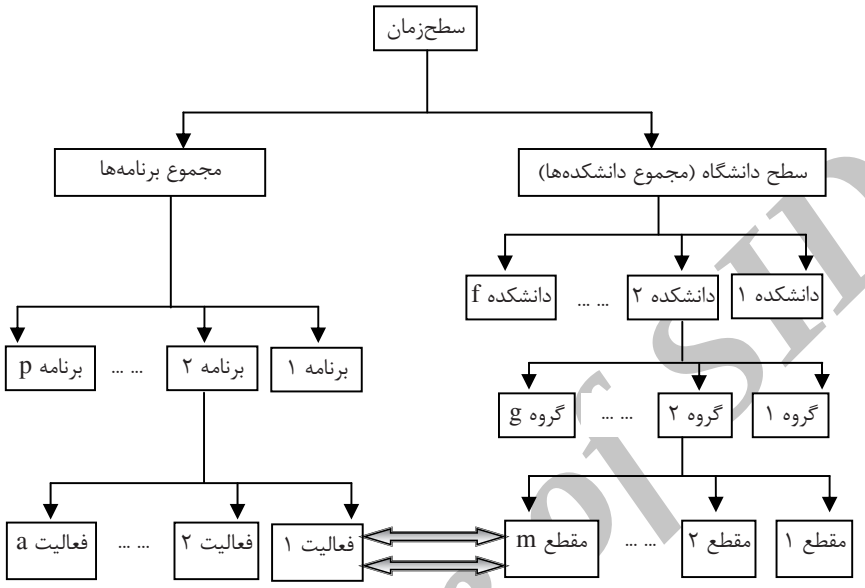
Archive of SID
www.SID.ir

۱۹۴۰ شروع به جستجوی تکنیک‌هایی برای حل برنامه‌ریزی‌های نظامی کرد. سپس پژوهش‌های وی را Newmann & Copman ادامه دادند که به برنامه‌ریزی خطی منتج شد. از دهه ۱۹۵۰ به بعد، دیگران نیز شروع به بسط تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی کردند که از مهم‌ترین‌شان می‌توان به مدل چارنز و کوپر (۱۹۷۱) برای سیستم بودجه طرح و برنامه؛ مدل لی و شیم (۱۹۸۴) برای بودجه‌ریزی بر مبنای صفر؛ مدل مین‌هوکی (۱۹۸۸) برای مدل برنامه‌ریزی آرمانی[1] فازی تعاملی در تخصیص منابع دانشگاهی؛ مدل حبیب (۱۹۹۱) برای اقتصاد نیجریه؛ مدل گرینبرگ و نوناماکار (۱۹۹۴) برای بخش عمومی؛ مدل عادل آذر (۱۳۷۴) برای تخصیص بودجه در سازمان‌های دولتی با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی و رویکرد استنتاج فازی (۵-۱۳۷۴) و (۶-۱۳۷۵)؛ مدل نجفی (۱۳۹۰) برای «مدل ریاضی بودجه‌ریزی در بخش عمومی: با رویکرد استوار»؛ مدل آذر و همکاران (۱۳۹۰) در ارایه مدل برنامه‌ریزی خطی با رویکرد استوار برای بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد؛ Caballero *et al.* (2001), Kwak & Lee (1998), Zanakis (1991)؛ آذر و همکاران (۱۳۹۰) برای «مدل‌سازی ریاضی استوار، رویکردی نوین در بودجه‌ریزی عمومی ایران»؛ و آذر و همکاران (۱۳۹۰) برای « ارایه معماری نظام بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد با رویکرد سیستم پشتیبان تصمیم هوشمند» اشاره کرد.

بررسی گسترده ادبیات موضوع در زمینه بودجه‌ریزی، به‌خصوص بودجه‌ریزی در دانشگاه، نشان داد تاکنون پژوهشی به منظور بررسی هم‌زمان ساختار هزینه‌ای دانشگاهی در قالب برنامه‌ها و بودجه اختصاصی به هر دانشکده و ارتباط بین این دو ارایه نشده است. از این‌رو، هدف از انجام این پژوهش آن است تا با بهره‌گیری از مدل ارایه شده توسط آذر (۵-۱۳۷۴)، مدلی متناسب با ساختار هزینه‌ای دانشگاه ارایه 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 کند. سپس با توجه به عدم قطعیت تصادفی موجود در پارامترهای مساله، مدل همتای استوار آن طراحی شود. به این‌ترتیب، می‌توان در برابر عدم قطعیت‌های تصادفی ایمن بود و با تغییرات پارامترها، بهینگی و موجه بودن فضای بودجه دچار مخاطره نشوند. از نکات قابل توجه در این مدل، برقراری ارتباط بین پایین‌ترین سطوح هر شاخه (فعالیت‌ها و مقطع تحصیلی) است. شکل (۱) بیانگر ساختار بودجه در نظام دانشگاهی است:

1. Goal Programming

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱: مدل مفهومی بودجه‌ریزی دانشگاه

به این ترتیب می‌توان دو پرسش اصلی پژوهش را به شرح زیر مطرح کرد.

۱) در طراحی مدل بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد چه متغیرهایی وجود دارند؟

۲) در پاسخ به عدم قطعیت بازه‌ای موجود در پارامترهای مساله، مدل بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد از چه پارامترهایی تشکیل شده است؟

سازمان‌دهی مقاله به این صورت است که در بخش دوم مبانی نظری، رویکردهای کلاسیک مقابله با عدم اطمینان و رویکرد بهینه‌سازی استوار توضیح داده می‌شود. در بخش سوم، به روش پژوهش اشاره می‌شود و در بخش پایانی، نتایج حاصل از حل مدل‌ها و کاربردپذیری آنها از فنون شبیه‌سازی Montcarlo بهره گرفته خواهد شد.

Archive of SID
www.SID.ir

مبانی نظری پژوهش

رویکردهای کلاسیک مقابله با عدم اطمینان

رویکردهای بسیاری 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 بر روی محدودیت‌های نرم را می‌توان نام برد. دراین‌میان، می‌توان سه رویکرد اصلی را متمایز کرد: برنامه‌ریزی احتمالی[1]، برنامه‌ریزی فازی[2] و برنامه‌ریزی پویای احتمالی[3] (ربیعه، ۱۳۹۰، ۵۷).

در روش‌های کلاسیک برای در نظر گرفتن عدم قطعیت داده‌ها از رویکرد تحلیل حساسیت نیز بهره می‌گیرند. در این رویکرد، متخصصان و مدل‌سازها در ابتدا از تاثیر عدم قطعیت داده‌ها بر روی مدل چشم‌پوشی و متعاقباً برای صحه گذاشتن بر جواب بدست 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. علاوه‌برآن، انجام تحلیل حساسیت تؤام، در مدل‌هایی که تعداد زیادی داده غیرقطعی دارند، عملی نیست (فیض‌اللهی، ۱۳۸۶، ۳).

رویکرد بهینه‌سازی استوار

رویکرد دیگر که در سال‌های اخیر برای مقابله با عدم قطعیت داده‌ها، بسط یافته است، بهینه‌سازی استوار است. Roy (2010) در مقاله «استواری در پژوهش در عملیات و کمک تصمیم: یک بحث چند بعدی»، درباره مبحث استواری در حوزه پژوهش در عملیات و کمک تصمیم، به لحاظ مفهومی، بحث می‌کند. وی مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه استواری، گذرا، مرور و سه معیار را برای سنجش استواری مطرح می‌کند که عمدتاً مرتبط با واژه‌های Maxmin و Minmax است.

بحث استواری مدل از مباحث بسیار مهمی بوده که در اخلاقِ مدل‌سازی و متعاقباً اخلاقِ پژوهش در عملیات نیز مطرح شده است. در حقیقت اگر مدل‌ها استوار باشند، خطر بکارگیری اشتباه یا استفاده غلط از 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 (ربیعه، ۱۳۹۰، ۴۱).

با توجه به هدف این پژوهش، بهره‌گیری از مدل‌های برنامه‌ریزی استوار، با داده‌های بازه‌ای انجام

1. Stochastic Programming
2. Fuzzy Programming
3. Stochastic Dynamic Programming

Archive of SID
www.SID.ir

خواهد شد. در میان مدل‌های استوار بازه‌ای، مدل سویستر[1] (۱۹۷۳) به عنوان یک مدل بهینه‌سازی خطی شناخته می‌شود که بهترین جواب موجه برای تمامی داده‌های ورودی را به ما می‌دهد، به‌طوری که هر داده ورودی می‌تواند هر مقداری را از یک بازه بگیرد. این رویکرد تمایل به یافتن جواب‌هایی دارد که بیش‌محافظه‌کارانه است، به این معنا که برای اطمینان از پایدار بودن جواب در این رویکرد به مقدار زیادی از بهینگی مساله اسمی دور می‌شویم. Ben-Tal & Nemirovski (2000 ،1999 ،1998) با فرض اینکه داده‌ها در مجموعه‌های بیضوی دارای عدم قطعیت هستند، الگوریتم‌های کارایی برای حل مسائل بهینه‌سازی محدب، تحت عدم قطعیت داده‌ها ارایه کرده‌اند. فرمول‌بندی‌های استوار به دست آمده از این روش، از نوع درجه دو مخروطی است.

Bertsimas & Sym (2004) 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 بر روی مدل‌های بهینه‌سازی گسسته نیز قابل اعمال است.

در این پژوهش، در راستای کاهش ریسک تصمیم‌گیری و مقابله با عدم قطعیت موجود در برخی پارامترها، ابتدا مدل اسمی PBB[2] طراحی، سپس با بهره‌گیری از روش استوارسازی Bertsimas & Sym، همتای استوار مدل PBB طراحی شد. همچنین با توجه به عدم آگاهی از شکل توزیع برخی از پارامترها، این نوع پارامترها به صورت عدد تصادفی نوسان‌کننده در بازه‌ای متقارن لحاظ شده‌اند.

روش پژوهش

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

در این پژوهش مساله بودجه‌ریزی در دانشگاه متناسب با ساختار ارایه شده در شکل (۱) از دو بُعد برخوردار است. ساختار فوق هم، به برنامه‌ها و فعالیت‌هایی که در طی سال انجام می‌گیرد و هم به هزینه‌های صورت گرفته توسط هر دانشکده و براساس سرانه دانشجویی مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، توجه می‌کند. به طور خلاصه می‌توان مساله این پژوهش را تخصیص بودجه به برنامه‌ها و فعالیت‌ها، همچنین دانشکده‌ها و گروه‌ها عنوان کرد به طوری که آرمان‌های مورد نظر مسئولان و تصمیم‌گیران نظام دانشگاهی برآورده شود.

در این‌گونه مدل‌ها، اگر تنها حداکثر کردن مطلوبیت در مدل مد نظر قرار گیرد، سالانه فقط

1. Soyster
2. Performance Based Budgeting

Archive of SID
www.SID.ir

پرمطلوبیت‌ترین تخصیص انتخاب می‌شود که در عمل چنین انتخابی به دلایلی از قبیل منابع و مصارف قابل تخصیص، محدودیت‌های قانونی و... ممکن نیست، بنابراین لازم است محدودیت‌هایی در تخصیص اعمال شود تا جواب به دست آمده از طریق مدل، قابل پیاده‌سازی باشد. همچنین با توجه به عدم اطمینان موجود در حدود بالای بودجه، تمامی این حدود به عنوان پارامترهای نامطمئن که در بازه‌های متقارن نوسان می‌کنند، تعریف می‌شوند. متغیرها و پارامترهای مدل در جدول (۱) ارایه شده‌اند.

جدول ۱: تعریف متغیرهای اصلی مدل

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

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲: تعریف پارامترهای قطعی

نماد اصلی	تعریف پارامترهای قطعی (اسمی)
U_i	میزان مطلوبیت هر آرمان در تابع هدف
λ_{tpa}	کسری از Y_{tpa} خواهد بود که مجموع حاصل‌ضرب آنها در β برنامه و $\propto$ ماده هزینه در سال t، بودجه اختصاص داده‌شده به گروه g مربوط به دانشکده f در سال t را تشکیل می‌دهد.
n_1	نسبت مطلوب بودجه پژوهشی به کل
n_2	نسبت مطلوب بودجه پشتیبانی به کل
n_3	نسبت مطلوب بودجه مقطع ارشد به مقطع دکتری
$W_{tp.}$	مطلوبیت هر ریال بودجه اختصاصی به برنامه p در سال t
$E_{tfg.}$	کارایی گروه g در دانشکده f در سال t
$\overline{U}^{y}_{t..}$	مقدار اسمی حد بالای بودجه قابل تخصیص به کل برنامه‌ها در سال t
$\overline{L}^{y}_{t..}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به کل برنامه‌ها در سال t
$\overline{U}^{y}_{tp.}$	مقدار اسمی حد بالای بودجه قابل تخصیص به برنامه p در سال t
$\overline{L}^{y}_{tp.}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به برنامه p در سال t
$\overline{U}^{y}_{tpa}$	مقدار اسمی حد بالای بودجه قابل تخصیص به ردیف a در برنامه p در سال t
$\overline{L}^{y}_{tpa}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به ردیف a در برنامه p در سال t
$\overline{U}^{x}_{t...}$	مقدار اسمی حد بالای بودجه قابل تخصیص به کل دانشکده‌ها در سال t
$\overline{L}^{x}_{t...}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به کل دانشکده‌ها در سال t
$\overline{U}^{x}_{tf..}$	مقدار اسمی حد بالای بودجه قابل تخصیص به دانشکده f در سال t
$\overline{L}^{x}_{tf..}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به دانشکده f در سال t
$\overline{U}^{x}_{tfg.}$	مقدار اسمی حد بالای بودجه قابل تخصیص به گروه g در دانشکده f و در سال t
$\overline{L}^{x}_{tfg.}$	مقدار اسمی حد پایین بودجه قابل تخصیص به گروه g در دانشکده f و در سال t

www.SID.ir

جدول۳: تعریف پارامترهای نامطمئن

نماد اصلی	تعریف پارامترهای نامطمئن (طول بازه نوسان)
$\widehat{U}^{y}_{t..}$	طول بازه نوسان حد بالا بودجه کل برنامه‌ها در سال t
$\widehat{U}^{y}_{t1.}$	طول بازه نوسان حد بالا بودجه برنامه آموزشی در سال t
$\widehat{U}^{y}_{t2.}$	طول بازه نوسان حد بالا بودجه برنامه پژوهشی در سال t
$\widehat{U}^{y}_{t3.}$	طول بازه نوسان حد بالا بودجه برنامه پشتیبانی ـ خدماتی و رفاهی در سال t
$\widehat{U}^{y}_{t1a}$	طول بازه نوسان حد بالای بودجه ماده a در برنامه آموزشی در سال t
$\widehat{U}^{y}_{t2a}$	طول بازه نوسان حد بالای بودجه ماده a در برنامه پژوهشی در سال t
$\widehat{U}^{y}_{t3a}$	طول بازه نوسان حد بالای بودجه ماده a در برنامه پ ـ خ و رفاهی در سال t
$\widehat{U}^{x}_{t...}$	طول بازه نوسان حد بالای بودجه کل دانشکده‌ها در سال t
$\widehat{U}^{x}_{tf..}$	طول بازه نوسان حد بالای بودجه دانشکده f در سال t
$\widehat{U}^{x}_{tfg.}$	طول بازه نوسان حد بالای بودجه گروه g در دانشکده f در سال t

در این پژوهش با توجه به بررسی ادبیات پژوهش و مصاحبه مستمر با خبرگان بودجه، از میان تمامی آرمان‌های موجود در نظام بودجه‌ریزی دانشگاه، پنج هدف اصلی شناسایی و به عنوان آرمان‌های پژوهش انتخاب شد. «مدل ریاضی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد اسمی (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:

$$\left(\sum_{t=1}^{m}\sum_{p=1}^{n} W_{tp.}\, Y_{tp.}\right) + d_1^- \geq G_1 \qquad (۱)$$

$$Y_{t2.} - G_2 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} + d_2^- \geq 0 \qquad (۲)$$

$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} E_{tfg.}\, X_{tfg.} + d_3^- \geq G_3 \qquad (۳)$$

$$Y_{t3.} - G_4 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} - d_4^+ \leq 0$$

Archive of SID
www.SID.ir

(۴)

$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{\bar{G}} X_{tfg1} - G_5 \sum_{t=1}^{T}\sum_{f=1}^{F}\sum_{g=1}^{G} X_{tfg2} + d_5^- - d_5^+ = 0 \quad (۵)$$

$$X_{t...} = \sum_{f=1}^{F} X_{tf..} \quad (۶)$$

$$X_{tf..} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfg.} \quad (۷)$$

$$X_{tfg.} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfgm} \quad (۸)$$

$$Y_{t..} = \sum_{p=1}^{\gamma} Y_{tp.} \quad (۹)$$

$$Y_{tp.} = \sum_{a=1}^{\alpha} Y_{tpa} \quad (۱۰)$$

$$X_{tfgm} = \sum_{t=1}^{\alpha}\sum_{p=1}^{\gamma}\sum_{a=1}^{\beta} \lambda_{tpa}\, Y_{tpa} \quad (۱۱)$$

$$\bar{L}_{t...}^{(X)} \le X_{t...} \le \bar{U}_{t...}^{(X)} \qquad t = 1, 2, \dots, T \quad (۱۲)$$

$$\bar{L}_{tf..}^{(X)} \le X_{tf..} \le \bar{U}_{tf..}^{(X)} \quad (۱۳)$$

$$\bar{L}_{tfg.}^{(X)} \le X_{tfg.} \le \bar{U}_{tfg.}^{(X)} \quad (۱۴)$$

$$\bar{L}_{t..}^{(y)} \le Y_{t..} \le \bar{U}_{t..}^{(y)} \quad (۱۵)$$

$$\bar{L}_{tp.}^{(y)} \le Y_{tp.} \le \bar{U}_{tp.}^{(y)} \quad (۱۶)$$

$$\bar{L}_{tpa}^{(y)} \le Y_{tpa} \le \bar{U}_{tpa}^{(y)} \quad (۱۷)$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در مدل بالا، تمامی پارامترهای نامطمئن (حدود بالای بودجه) نیز به‌طور اسمی لحاظ شده‌اند. در ادامه به تشریح آرمان‌ها و محدودیت‌های مدل می‌پردازیم:

Archive of SID
www.SID.ir

آرمان‌ها

آرمان اول: تابع هدف حداکثر کردن مطلوبیت حاصل از تخصیص بودجه به برنامه‌ها

یکی از مهم‌ترین اهداف در سیستم بودجه‌ریزی دانشگاهی، تخصیص بهینه منابع مالی، به برنامه‌های مختلفی است که در طی سال و در قالب مواد هزینه قابل اجراست. یکی از اهداف این مدل، تخصیص بهینه منابع مالی به برنامه‌ها بر اساس ضریب اهمیت هر برنامه است به نحوی که هرچه اهمیت برنامه‌ای بیشتر باشد، ضریب بالاتری را برای تخصیص بودجه داشته باشد. در دانشگاه تربیت مدرس، تمامی برنامه‌ها در قالب سه برنامه آموزشی، برنامه پژوهشی و برنامه خدماتی ـ پشتیبانی دسته‌بندی شده‌اند و هدف، بیشینه کردن مطلوبیت حاصل از تخصیص بودجه به برنامه‌هاست.

آرمان دوم: نسبت مطلوب بودجه پژوهشی به بودجه کل برنامه‌ها

آرمان‌های نسبت بودجه بر اساس فعالیت‌ها در هر سال، بیانگر نسبت‌های مطلوبی هستند که رعایت آنها آرزوی هر تصمیم‌گیرنده و مدیری است. برای نمونه، نسبت بودجه پژوهشی به کل بودجه سالانه در مراکز دانشگاهی، یکی از آرمان‌هایی است که دارای استاندارد مشخص در تخصیص بودجه است. سطح مطلوب مورد نظر (مقدار ثابت آرمان) بسته به نوع خود ممکن است از نوع Max یا Min باشد. به این ترتیب، آرمان دوم این پژوهش، نسبت مطلوب بودجه پژوهشی به بودجه کل برنامه‌ها بوده است.

آرمان سوم: حداکثر کردن مطلوبیت حاصل از تخصیص بودجه به هر گروه

با توجه به اینکه این مدل به تعیین سهم هر دانشکده و گروه از بودجه اختصاصی به کل دانشگاه می‌پردازد، لازم است تا مطلوبیت حاصل از این تخصیص نیز بیشینه شود. در این آرمان از ضریب کارایی به عنوان وزن هر گروه آموزشی در تابع هدف استفاده شده است. به نحوی که هر گروه آموزشی که کارایی بالاتری داشته باشد، سهم بیشتری از بودجه کل خواهد داشت.

آرمان چهارم: نسبت مطلوب بودجه پشتیبانی به بودجه کل برنامه‌ها

یکی از اصلی‌ترین برنامه‌های هر دانشگاه، برنامه پشتیبانی، رفاهی و خدماتی است که معمولاً سهم عمده‌ای از بودجه دانشگاه دارد. البته اختصاص بیش از حد بودجه کل به این برنامه، برای

Archive of SID

www.SID.ir

تصمیم‌گیرندگان امری ناخوشایند بوده است. بنابراین آرمان چهارم مربوط به حداکثر سهم بودجه برنامه پشتیبانی از بودجه کل است.

آرمان پنجم: نسبت مطلوب بودجه مقطع کارشناسی ارشد به بودجه دکتری

در مدل‌های تخصیص منابع برای آموزش عالی، یکی از آرمان‌های مورد نظر، مطلوبیت نسبت تعداد دانشجویان ارشد به دکتری است. با توجه به اینکه مدل این پژوهش مدل بودجه‌ریزی عملیاتی است، پس از مشورت با خبرگان بودجه‌ریزی، نسبت بودجه مورد استفاده برای هر مقطع ارشد به دکتری، به عنوان آرمان پنجم مدل در نظر گرفته شد. با توجه به مطلوبیت نسبت مورد اشاره، انحرافات این محدودیت آرمانی d_5^+ و d_5^- است.

محدودیت‌های مدل

محدودیت‌های مدل، شامل سه نوع محدودیت تعادلی، کران‌دار و استاندارد به شرح زیر می‌شود:

محدودیت‌های تعادلی

محدودیت‌های تعادلی ۶ تا ۸: محدودیت‌هایی هستند که تعادل بودجه را در سطح زمان، دانشکده، گروه و مقطع تنظیم می‌کنند. برای نمونه، محدودیت شماره ۷، بیانگر برابری مجموع بودجه گروه‌های آموزشی هر دانشکده، با بودجه تخصیصی به آن دانشکده است. این تعادل در سطح دانشگاه، دانشکده، گروه و مقطع تحصیلی رعایت خواهد شد.

محدودیت‌های تعادلی ۹ و ۱۰ : این محدودیت نیز همانند محدودیت ۶ تا ۸ بوده با این تفاوت که تعادل بودجه را در سطح زمان، سطح برنامه و مواد بودجه تنظیم می‌کنند.

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

محدودیت‌های کران‌دار

هر متغیر تصمیم در مدل، یک حد پایین و حد بالا خواهد داشت، این امر از ویژگی‌های بارز

Archive of SID
www.SID.ir

بودجه دولتی در ایران است چرا که اصولاً حذف یک برنامه 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 است:

الف) محدودیت کران‌دار دانشگاه و دانشکده و گروه: حدود بالا و پایین بودجه دانشگاه، دانشکده، گروه به ترتیب محدودیت‌های ۱۲، ۱۳ و ۱۴ است. این محدودیت‌ها موجب می‌شود بودجه هیچ دانشکده و گروهی به طور کامل حذف نشود و بر اساس استانداردهای موجود دارای یک حداقل باشد.

ب) حدود بالا و پایین بودجه کل برنامه‌ها، هر برنامه و ردیف‌های هر برنامه به ترتیب محدودیت‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷ است. این محدودیت‌ها نیز سبب می‌شود تا هر برنامه، از حداقل بودجه مورد نیاز برخوردار شود.

با توجه به عدم اطمینان موجود در تعیین حدود بالای بودجه، حدود بالای بودجه در تمامی سطوح، به صورت پارامترهای نامطمئن که در بازه‌ای متقارن نوسان می‌کنند در نظر گرفته شد.

همتای استوار مدل PBB در دانشگاه

همان‌طور که مطرح شد، به منظور استوار نمودن مدل اسمی، از مدل برتسیمس و سیم بهره‌گیری شده است. در ادامه ساختار کلی این مدل ارایه شده است:

مساله بهینه‌سازی زیر را به صورت کلی در نظر بگیرید:

$$\text{Minimize} \quad c^T x \qquad (۱۸)$$
$$\text{Subject to} \quad Ax \leq b$$
$$l \leq x \leq u$$

Bertsimas & Sym (2004)[۱] اثبات کردند که همتای استوار مدل بالا، در صورتی که عدم قطعیت تصادفی بر روی ضرایب فنی و یا ضرایب تابع هدف باشد، عبارت است از:

۱. در این مقاله از ارایه اثبات مدل استوار Bertsimas & Sym خودداری شده است. علاقه‌مندان می‌توانند به منبع اشاره شده، رجوع کنند.

Archive of SID
www.SID.ir

$$\text{Minimize } c^T x + z_0 \Gamma_0 + \sum_{j \in J_0} p_{0j} \qquad (۱۹)$$

Subject to:

$$\sum_j a_{ij} x_j + z_i \Gamma_i + \sum_{j \in J_i} p_{ij} \le b_i \qquad \forall i$$

$$z_0 + p_{0j} \ge d_j y_j \qquad \forall j \in J_0$$

$$z_i + p_{ij} \ge \hat{a}_{ij} y_j \qquad \forall i \ne 0, j \in J_i$$

$$p_{ij} \ge 0 \qquad \forall i, j \in J_i$$

$$y_j \ge 0 \qquad \forall j$$

$$z_i \ge 0 \qquad \forall i$$

$$-y_j \le x_j \le y_j \qquad \forall j$$

$$l_j \le x_j \le u_j \qquad \forall j$$

در صورتی که عدم قطعیت بر روی b تعریف شود، نیز می‌توان به‌سادگی آن را در یک متغیر مانند X ضرب و همانند ضرایب فنی با آن عمل کرد. با ذکر این نکته که ۱= X است.

با توجه به مدل بالا، همتای استوار مدل PBB 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:

$$\left(\sum_{t=1}^{m} \sum_{p=1}^{n} W_{tp.} Y_{tp.} \right) + d_1^- \ge G_1 \qquad (۲۰)$$

$$Y_{t2.} - G_2 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} + d_2^- \ge 0 \qquad (۲۱)$$

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{f=1}^{F} \sum_{g=1}^{G} E_{tfg.} X_{tfg.} + d_3^- \ge G_3 \qquad (۲۲)$$

$$Y_{t3.} - G_4 \sum_{p=1}^{P} Y_{tp.} - d_4^+ \le 0 \qquad (۲۳)$$

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{f=1}^{F} \sum_{g=1}^{G} X_{tfg1} - G_5 \sum_{t=1}^{T} \sum_{f=1}^{F} \sum_{g=1}^{G} X_{tfg2} + d_5^- - d_5^+ = 0 \qquad (۲۴)$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$X_{t...} = \sum_{f=1}^{F} X_{tf..} \quad (۲۵)$$

$$X_{tf..} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfg.} \quad (۲۶)$$

$$X_{tfg.} = \sum_{g=1}^{G} X_{tfgm} \quad (۲۷)$$

$$Y_{t..} = \sum_{p=1}^{\gamma} Y_{tp.} \quad (۲۸)$$

$$Y_{tp.} = \sum_{a=1}^{\alpha} Y_{tpa} \quad (۲۹)$$

$$X_{tfgm} = \sum_{t=1}^{\alpha}\sum_{p=1}^{\gamma}\sum_{a=1}^{\beta} \lambda_{tpa}\, Y_{tpa} \quad (۳۰)$$

$$Y_{t..} + Z_{t..}\Gamma_{t..} + q_{t..} \le \bar{U}^{y}_{t..} m^{y}_{t..} \quad (۳۱)$$

$$Z_{t..} + q_{t..} \ge \hat{U}^{y}_{t..}\, y^{u}_{t..} \quad (۳۲)$$

$$Y_{tp.} + Z_{tp.}\Gamma_{tp.} + q_{tp.} \le \bar{U}^{y}_{tp.} m^{y}_{tp.} \quad (۳۳)$$

$$Z_{tp.} + q_{tp.} \ge \hat{U}^{y}_{tp.} y^{u}_{tp.} \quad (۳۴)$$

$$Y_{tpa} + Z_{tpa}\Gamma_{tpa} + q_{tpa} \le \bar{U}^{y}_{tpa} m^{y}_{tpa} \quad (۳۵)$$

$$Z_{tpa} + q_{tpa} \ge \hat{U}^{y}_{tpa} y^{u}_{tpa} \quad (۳۶)$$

$$\bar{L}^{y}_{t..} \le Y_{t..} \quad (۳۷)$$

$$\bar{L}^{y}_{tp.} \le Y_{tp.} \quad (۳۸)$$

$$\bar{L}^{y}_{tpa} \le Y_{tpa}$$

$$X_{t...} + Z^{x}_{t...}\Gamma^{x}_{t...} + r_{t...} \le \bar{U}^{x}_{t...}\ m^{x}_{t...}$$

$$Z^{x}_{t...} + r_{t...} \ge \hat{U}^{x}_{t...} y'^{u}_{t...} \quad (۴۰)$$

$$X_{tf..} + Z^{x}_{tf..}\Gamma^{x}_{tf..} + r_{tf..} \le \bar{U}^{x}_{tf..}\ m^{x}_{tf..} \quad (۴۱)$$

$$Z^{x}_{tf..} + r_{tf..} \ge \hat{U}^{x}_{tf..} y'^{u}_{tf..} \quad (۴۲)$$

$$X_{tfg.} + Z^{x}_{tfg.}\Gamma^{x}_{tfg.} + r_{tfg.} \le \bar{U}^{x}_{tfg.}\ m^{x}_{tfg.} \quad (۴۳)$$

$$Z^{x}_{tfg.} + r_{tfg.} \ge \hat{U}^{x}_{tfg.} y'^{u}_{tfg.} \quad (۴۴)$$

$$\bar{L}^{x}_{t.} \le X_{t...} \quad (۴۵)$$

Archive of SID
www.SID.ir

$$L^{x}_{tf..} \le X_{tf..} \quad (۴۶)$$
$$L^{x}_{tfg.} \le X_{tfg.} \quad (۴۷)$$
$$-y^{u}_{t...} \le m^{y}_{t..} \le y^{u}_{t...} \quad (۴۸)$$
$$-y^{u}_{tp.} \le m^{y}_{tp.} \le y^{u}_{tp.} \quad (۴۹)$$
$$-y^{u}_{tpa} \le m^{y}_{tpa} \le y^{u}_{tpa} \quad (۵۰)$$
$$-y'^{u}_{t...} \le m^{x}_{t...} \le y'^{u}_{t...} \quad (۵۱)$$
$$-y'^{u}_{tf..} \le m^{x}_{tf..} \le y'^{u}_{tf..}$$
$$-y'^{u}_{tfg.} \le m^{x}_{tfg.} \le y'^{u}_{tfg.} \quad (۵۲)$$
$$m^{y}_{t..}, m^{y}_{tp.}, m^{y}_{tpa}, m^{x}_{t...}, m^{x}_{tf..}, m^{x}_{tfg.} = 1$$
$$y^{u}_{t...}, y^{u}_{tp.}, y^{u}_{tpa}, y^{l}_{t..}, y^{l}_{tp.}, y^{l}_{tpa}, y'^{u}_{t...}, y'^{u}_{tf..}, y'^{u}_{tfg.}, y'^{l}_{t...}, y'^{l}_{tf..}, y'^{l}_{tfg.} \ge 0 \quad (۵۳)$$
$$q_{t..} \ge 0, q_{tp.} \ge 0, q_{tpa} \ge 0, \acute{q}_{t..} \ge 0, \acute{q}_{tp.} \ge 0, \acute{q}_{tpa} \ge 0, r_{t...} \ge 0, \acute{r}_{t...} \ge 0, r_{tf..} \ge 0, \acute{r}_{tf..} \ge 0, r_{tfg.} \ge 0, \acute{r}_{tfg.} \ge 0, Z_{t..} \ge 0, \acute{Z}_{t..} \ge 0, Z_{tp.} \ge 0, \acute{Z}_{tp.} \ge 0, Z_{tpa} \ge 0, \acute{Z}_{tpa} \ge 0, Z^{x}_{t...} \ge 0, \acute{Z}^{x}_{t...} \ge 0, Z^{x}_{tf..} \ge 0, \acute{Z}^{x}_{tf..} \ge 0, Z^{x}_{tfg.} \ge 0, \acute{Z}^{x}_{tfg.} \ge 0$$

در فرم عمومی مدل ارایه شده، هر متغیر دارای حدود بالای نامطمئن خواهد بود. بنابراین به ازای هر متغیر، یک پارامتر نامطمئن تعریف شده است. همچنین، به منظور تعیین تعداد متغیرهای مدل استوار باید توجه کرد که به ازای هر پارامتر نامطمئن (مثل $Y_{t..}$)، سه متغیر استوار (برای نمونه $m^{y}_{t..}$ و $q_{t..}$ و $Z_{t..}$) به مدل اضافه خواهد شد. بنابراین، به منظور تعریف تعداد متغیرهای مدل همتای استوار، می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

تعداد متغیرهای مدل استوار = [تعداد متغیرهای مدل قطعی] + [۳ × تعداد پارامترهای نامطمئن]

البته با توجه به منطق بهینه‌سازی استوار ـ که منجر به کاهش فضای موجه می‌شود ـ و با در نظر گرفتن منطق مقابله با عدم قطعیت بودجه ـ که هرچه عدم قطعیت بیشتر باشد، بودجه اختصاصی نیز کمتر خواهد بود ـ تنها پارامترهای حدود بالای بودجه به صورت پارامترهای نامطمئن لحاظ شده‌اند. بدیهی است، در صورت نیاز، می‌توان پارامترهای حدود پایین را نیز همانند پارامترهای حدود بالا استوار کرد. پس از استوار کردن مدل مربوطه، نوبت به حل مدل و بررسی نتایج آن خواهد رسید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

حل مدل بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد استوار در دانشگاه

به منظور حل مدل استوار، ابتدا تعداد متغیرها و محدودیت‌ها مشخص و سپس به نتایج حل اشاره خواهد شد. این مدل از نوع برنامه‌ریزی آرمانی استوار است که دارای پنج آرمان، ۱۲۳۶ متغیر و ۱۶۲۷

Archive of SID
www.SID.ir

محدودیت است. جزئیات بیشتر در جدول (۴) بیان شده است.

جدول ۴: تشریح نوع و تعداد متغیرها و محدودیت‌ها در مدل

شرح	نوع	تعداد
متغیرها	اصلی	۵۰۱
	استوار	۷۲۹
	انحراف از آرمان	۶
	کل	۱۲۳۶
محدودیت‌ها	اصلی (تعادلی و حد پایین بودجه)	۶۵۰
	استوار (برای کران بالای بودجه)	۹۷۲
	آرمانی	۵
	کل	۱۶۲۷

پارامترهای مدل و چگونگی تعیین هر یک

پارامترهای اصلی در این مدل شامل موارد زیر است:

۱. ضرایب اهمیت آرمان‌ها در تابع هدف (U_i): با بهره‌گیری از نظر خبرگان و با استفاده از پرسش‌نامه مقایسه‌های زوجی آرمان‌ها، تمامی آرمان‌ها، دوبه‌دو، مقایسه و وزن هر آرمان در جدول (۵) تعیین شد:

جدول ۵: وزن هر آرمان در تابع هدف

آرمان	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
وزن	۰/۶۱۸	۰/۱۳۸	۰/۱۳۸	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳

۲. مطلوبیت حاصل از تخصیص بودجه به برنامه‌ها (W_{tp}): با بهره‌گیری از نظر خبرگان و با استفاده از پرسش‌نامه مقایسه‌های زوجی برنامه‌ها، تمامی برنامه‌ها، دوبه‌دو، مقایسه و وزن هر برنامه در جدول (۶) تعیین شد:

جدول ۶: وزن هر برنامه در آرمان اول

برنامه	آموزشی	پژوهشی	پشتیبانی ـ رفاهی ـ خدماتی
وزن	۰/۴۶۷	۰/۴۶۷	۰/۰۶۶

Archive of SID
www.SID.ir

۳. ضرایب کارایی برای هر گروه (E_{tfg}): به منظور محاسبه کارایی هر گروه، از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مدل پایه CCR نهاده‌گرا استفاده شد. اطلاعات مورد نیاز در مورد نهاده‌ها و ستانده‌های مدل، تحلیل پوششی داده‌ها از سیستم‌های اطلاعاتی دانشگاه دریافت شد. برای این منظور، چهار ورودی و چهار خروجی مد نظر قرار گرفت که در جدول (۷) به آنها اشاره شده است:

جدول ۷: نهاده‌ها و ستانده‌ها در مدل تحلیل پوششی داده‌ها

نهاده	ستانده
تعداد دانشجوی ارشد هر گروه آموزشی	تعداد دانش‌آموخته ارشد هر گروه آموزشی
تعداد دانشجوی دکتری هر گروه آموزشی	تعداد دانش‌آموخته دکتری هر گروه آموزشی
بودجه هر گروه آموزشی	امتیاز مقالات
وزن هیات علمی	امتیاز تالیف ـ ترجمه ـ و ثبت اختراع هر گروه آموزشی

۴. مقدار آرمان‌ها (G_i): به منظور تعیین مقدار آرمان‌های اول و سوم، مدل، یک بار به ازای آرمان اول و یک بار به ازای آرمان سوم حل شد تا بهترین مقدار خود را حاصل کند. این مقادیر به عنوان آرمان در نظر گرفته شد.

G_2: نسبت بودجه برنامه پژوهشی به بودجه کل: با بهره‌گیری از بخش‌نامه وزارت علوم و مشورت با خبرگان، این عدد حداقل ۱۰ درصد درنظر گرفته شده است.

G_4: نسبت بودجه برنامه پشتیبانی به بودجه کل: پس از مشورت با خبرگان بودجه‌ریزی در دانشگاه این عدد حداکثر ۳۰ درصد لحاظ شد.

G_5: نسبت بودجه مقطع ارشد به مقطع دکتری: با توجه به استاندارد بودجه دو برابری دانشجویان دکتری نسبت به ارشد در دوره زمانی حدوداً دوبرابری، نسبت بودجه دانشجویان ارشد به دکتری، یک در نظر گرفته شد. با توجه به نکات ذکر شده، مقادیر آرمان‌ها در قالب جدول (۸) ملاحظه می‌شود:

جدول ۸: مقادیر بهینه آرمان‌ها

شماره آرمان	مقدار بهینه آرمان
آرمان اول	۵۸۵۷۲۰۰۰۰۰۰
آرمان دوم	حداقل ۱۰ درصد
آرمان سوم	۳۳۶۱۳۰۰۰۰۰۰
آرمان چهارم	حداکثر ۳۰ درصد
آرمان پنجم	برابر با یک

Archive of SID
www.SID.ir

۵. محاسبه λ_{tpa} برای هر مقطع: این عدد از تقسیم هزینه‌های هر ردیف a برای هر مقطع تحصیلی هر گروه آموزشی، به هزینه کل آن ردیف حاصل شده است.

۶. حدود پایین بودجه اسمی برنامه‌ها و دانشکده‌ها: این حدود با توجه به ارقام موجود در کتاب سالانه بودجه در سال‌های قبل و با مشورت خبرگان بودجه‌ریزی در نظر گرفته شد. همچنین مبنای تعیین بودجه هر دانشکده، شاخص تخصیص بودجه بر اساس سرانه دانشجویی است که از جانب وزارت علوم اعلام شده است. با مشورت با خبرگان و انجام تعدیلاتی در ارقام بودجه، حد ۸۰ درصد به منظور حد پایین بودجه دانشکده‌ها، استفاده شد.

۷. پارامترهای حدود بالای بودجه در تمامی سطوح دانشگاه (دانشکده، گروه، برنامه، ردیف):

به منظور تعیین پارامترهای حدود بالا، با دو دسته پارامتر مواجه هستیم:

دسته اول؛ عدد اسمی پارامترهای غیرقطعی

به منظور تعیین عدد اسمی پارامترهای غیرقطعی حدود بالای بودجه برنامه‌ها و دانشکده‌ها از مقادیر موجود در کتاب سالانه بودجه در سال‌های قبل و همچنین مشورت با خبرگان بودجه‌ریزی استفاده شد. همچنین مبنای تعیین بودجه هر دانشکده، شاخص تخصیص بودجه بر اساس سرانه دانشجویی است که از جانب وزارت علوم اعلام شده است. با مشورت با خبرگان و انجام تعدیلاتی در ارقام بودجه، حد ۱۳۰ درصد به منظور مقدار اسمی حد بالای بودجه دانشکده‌ها، استفاده شد.

دسته دوم؛ نیم‌طول بازه پارامترهای غیرقطعی

به منظور تعیین نیم‌طول بازه نوسان برای حدود بالا ـ که با نماد $\hat{\theta}$ معرفی شده است ـ پس از مصاحبه با خبرگان امر بودجه‌ریزی، مقدار طول بازه ($\hat{\theta}$) برای حدود بالای بودجه و به تفکیک هر سطح مطابق با جدول (۹) مشخص شد:

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹: مقدار نیم‌طول‌های قطعی

نماد	تعداد	عدد قطعی نیم‌طول بازه
$\hat{U}^{y}_{t..}$	۱	۲۰ درصد از کل بودجه
$\hat{U}^{y}_{t1.}$	۱	۳۰ درصد از کل بودجه آموزشی
$\hat{U}^{y}_{t2.}$	۱	۱۰ درصد از کل بودجه پژوهشی
$\hat{U}^{y}_{t3.}$	۱	۳۰ درصد از کل بودجه پ ـ خ ـ رفاهی
$\hat{U}^{y}_{t1a}$	۱۴	۳۰ درصد از بودجه ردیف a
$\hat{U}^{y}_{t2a}$	۲۴	۱۰ درصد از کل بودجه ردیف a
$\hat{U}^{y}_{t3a}$	۵۸	۳۰ درصد از کل بودجه ردیف a
$\hat{U}^{x}_{t...}$	۱	۲۰ درصد از بودجه کل دانشکده‌ها
$\hat{U}^{x}_{tf..}$	۱۳	۲۰ درصد از کل بودجه دانشکده f
$\hat{U}^{x}_{tfg.}$	۱۲۹	۲۰ درصد از بودجه گروه g در دانشکده f
جمع کل پارامترهای نیم طول بازه	۲۴۳	---

به علت حجم زیاد ارقام مربوط به اعداد نیم‌طول بازه نوسان حدود بالای بودجه، از ارایه این ارقام پرهیز شده است.

۸) پارامترهای استواری مدل استوار:

پارامترهای استواری مدل، پارامترهایی هستند که به منظور تنظیم سطح حفاظت در مدل استوار به مدل اضافه می‌شوند. این پارامترهای استواری به طور خاص در مدل Bertsimas & Sym پارامترهایی هستند که با کنترل آن سطح محافظه‌کاری یا سطح حفاظت مورد نظر تصمیم‌گیرنده قابل تنظیم است. با توجه به اینکه در هر محدودیت نامطمئن، یک پارامتر نامطمئن وجود دارد، پس تعداد سطوح حفاظت برای هر محدودیت باید در بازه [۱ و ۰] قرار گرفته و به ازای هر بار تعریف سطح حفاظت، یک‌بار مدل حل شود. با توجه به گستردگی تعداد پارامترهای نامطمئن، زمان‌بری حل و سدیگر محاسبات مورد نیاز، از جمله شبیه‌سازی، تعداد سطوح حفاظت باید محدود باشد. بنابراین در این پژوهش مطابق جدول (۱۰)، تعداد بازده سطح حفاظت در نظر گرفته شد.

جدول ۱۰: سطوح حفاظت پارامترهای استواری مدل استوار

حالت‌های سطح حفاظت (S)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
حدود بالای بودجه دانشگاه در تمام سطوح Γ_i	۰	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج حل مدل استوار در دو سطح کلان و عملیاتی

به منظور بررسی نتایج حاصل از حل مدل استوار، جواب‌ها در دو سطح کلان و عملیاتی، بررسی می‌شود به نحوی که سطح کلان، بیانگر مقدار تابع هدف مساله و انحراف‌های هر آرمان و سطح عملیاتی، بیانگر بودجه پیشنهادی برای تخصیص به سطوح مختلف دانشگاه است.

نتایج حل مدل استوار در سطح کلان

در این بخش، نتایج حاصل از حل مدل استوار ارایه خواهد شد. با توجه به اینکه در حل مدل استوار Bertsimas & Sym، یازده سطح حفاظت انتخاب شده است و به علت حجم بالای تعداد خروجی‌های مدل استوار، در این بخش تنها به بررسی وضعیت استواری نتایج خواهیم پرداخت که جدول (۱۱) بیانگر نتایج حل مدل استوار است:

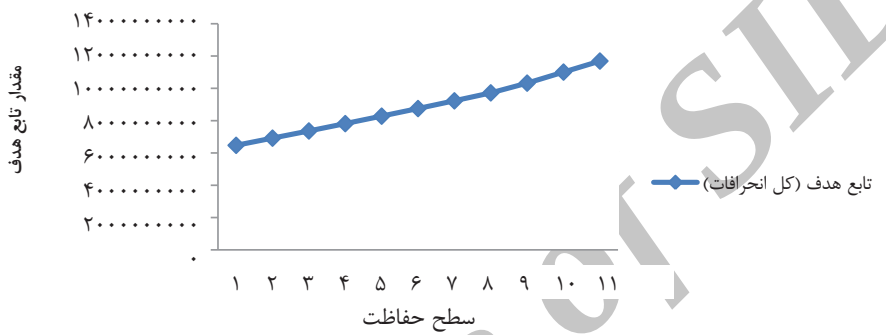
جدول ۱۱: مقادیر انحراف از آرمان‌ها و تابع هدف مدل استوار در حالت‌های مختلف سطح حفاظت

سطح حفاظت (Γ)	انحراف‌های آرمان‌ها					مقدار تابع هدف
	d_1^-	d_2^-	d_3^-	d_4^+	d_5^-	
۱	۹۰۱۴۹۲۲۸	۰	۴۲۹۹۴	۱۱۷۱۰۴۹۸۰۹۷۱	۳۵۲۰۸۱۳۰۰۴	۶۴۷۲۹۱۲۴۳۲
۲	۱۰۴۰۲۱۵۳۷۰	۰	۵۸۰۴۰۱۷۰۹	۱۱۲۹۷۳۸۰۲۱۳۸	۳۴۷۱۷۹۷۱۲۹	۶۹۱۷۱۵۲۷۷۴
۳	۱۹۹۰۲۸۱۵۱۲	۰	۱۱۶۰۷۶۰۴۲۴	۱۰۸۸۴۲۶۲۳۳۰۴	۳۴۲۲۷۸۱۲۵۵	۷۳۶۱۳۹۳۱۱۶
۴	۲۹۴۳۲۷۸۱۰۴	۰	۱۸۳۵۹۰۳۶۸۰	۱۰۴۶۸۰۶۷۴۷۳۷	۳۳۵۵۷۸۴۴۲۴	۷۸۱۷۹۴۵۲۲۵
۵	۳۸۸۲۳۶۹۶۸۵	۰	۲۵۵۳۴۵۲۸۴۱	۱۰۰۶۶۴۷۲۸۸۰۱	۳۲۷۷۳۶۶۳۳۲	۸۲۷۸۹۳۳۲۸۱
۶	۳۸۸۲۳۶۹۶۸۵	۰	۳۳۱۹۴۹۴۷۱۶	۹۶۲۵۹۵۱۸۳۸۶	۳۲۱۳۷۷۰۶۶۷	۸۷۴۹۵۸۴۹۱۹
۷	۵۹۵۹۸۶۳۵۴۳	۰	۴۰۹۲۹۵۵۳۰۳	۹۰۵۴۰۰۷۴۶۰۶	۳۱۴۴۹۸۲۵۶۱	۹۲۲۸۳۲۷۷۹۴
۸	۷۰۶۶۷۹۹۱۶۳	۰	۴۹۵۲۹۹۷۹۷۸	۸۴۷۶۱۷۶۶۲۵۳	۳۱۱۲۲۲۷۵۴۱	۹۷۲۱۲۷۹۵۹۱
۹	۸۰۸۶۹۷۰۶۹۱	۰	۵۷۶۶۲۱۰۲۹۲	۸۲۲۳۸۳۴۹۰۶۰	۳۰۱۶۶۶۲۶۰۷	۱۰۳۲۴۰۲۲۷۶۸
۱۰	۹۲۰۶۷۳۳۳۵۳	۰	۶۵۴۸۸۹۳۰۵۱	۸۰۱۵۸۶۵۵۰۸۷	۲۹۱۵۱۵۹۶۹۶	۱۱۰۰۷۳۱۱۲۶۴
۱۱	۱۰۳۲۶۴۹۶۰۱۶	۰	۷۳۳۱۵۷۵۸۰۹	۷۸۰۷۸۹۶۱۱۱۴	۲۸۱۳۶۵۶۷۸۶	۱۱۶۹۰۵۹۹۷۵۹

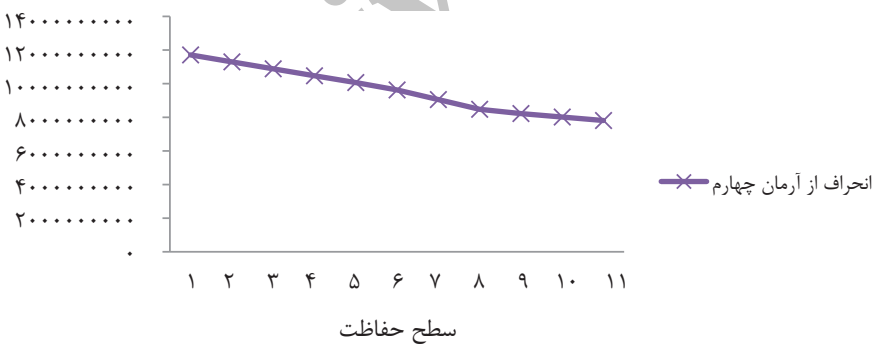
همان‌طور که در ابتدای این بخش ارایه شد، در جدول بالا، با توجه به حجم بالای خروجی‌های حاصل از حل مدل به ازای یازده بار حل مدل استوار، تنها اطلاعات مربوط به ارزش ریالی انحرافات (برای آرمان‌های دوم، چهارم و پنجم که به صورت نسبت هستند) و مقدار تابع هدف ارایه شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

در این قسمت به تحلیل نتایج در سطح کلان (انحراف‌ها و تابع هدف) پرداخته شده است. به منظور تحلیل بهتر اطلاعات ارایه شده در جدول (۱۱)، به سه نمودار (۲ و ۳ و ۴) توجه کنید. این سه نمودار رابطه سطح حفاظت و مقدار تابع هدف (مجموع انحراف‌ها) و انحراف از آرمان‌ها را نشان می‌دهد:

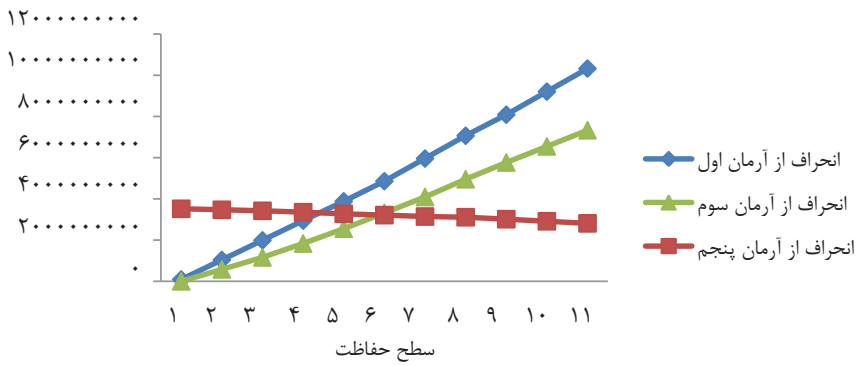


نمودار ۱: رابطه سطح حفاظت و تابع هدف مدل استوار (مجموع انحراف‌ها)



نمودار ۲: رابطه سطح حفاظت و انحراف از آرمان چهارم

Archive of SID
www.SID.ir



نمودار ۳: رابطه سطح حفاظت و مقدار تابع هدف و انحراف از آرمان اول، سوم و پنجم

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با افزایش سطح حفاظت مقدار انحرافات و همچنین تابع هدف (مجموع انحراف‌ها) بدتر می‌شود که این امر با منطق ریاضیاتی استوارسازی مدل، کاملاً سازگار است؛ به نحوی که هرچه تصمیم‌گیرنده بخواهد عدم اطمینان بیشتری را برای مدل درنظر بگیرد، جواب‌های محافظه‌کارانه‌تری دریافت خواهد کرد 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 به ارایه مقادیر انحرافات هر آرمان و مقدار تابع هدف، گزارش شده است، گرچه تغییر در مقادیر انحرافات هر آرمان بخوبی نمایانگر کاهش بودجه تخصیص یافته به سطوح مختلف دانشگاه است.

در سه نمودار (۱، ۲، ۳)، با افزایش سطح حفاظت، مقادیر انحراف از آرمان‌های اول و سوم ـ که ارتباط مستقیمی با بودجه تخصیص به دانشگاه دارد ـ افزایش می‌یابد. آرمان دوم، نیز کاملاً محقق شده و هیچ انحرافی نداشته است. انحراف آرمان چهارم و پنجم نیز، تا حدودی کاهش می‌یابد. دلیل این کاهش در انحرافات را می‌توان در نوع آرمان چهارم و پنجم دانست. با توجه به اینکه این دو آرمان به صورت نسبت بودجه تخصیصی هستند، اگرچه هر دو مقدار بودجه در صورت و مخرج آرمان کاهش یافته‌اند، اما نرخ کاهش صورت، بیشتر بوده و به همین جهت، انحراف از آرمان با کاهش مواجه شده است. همچنین، مقدار تابع هدف (کل انحراف‌ها) نیز با افزایش سطح حفاظت، به‌طور قابل ملاحظه‌ای، بدتر شده است.

با توجه به اینکه مقدار انحراف آرمان چهارم نسبت به دیگر انحراف‌ها، در سطح بسیار بالاتری قرار

Archive of SID
www.SID.ir

دارد، نمودار مربوط به این انحراف به صورت مجزا ارایه شده است.

نتایج حل مدل مدل استوار در سطح عملیاتی

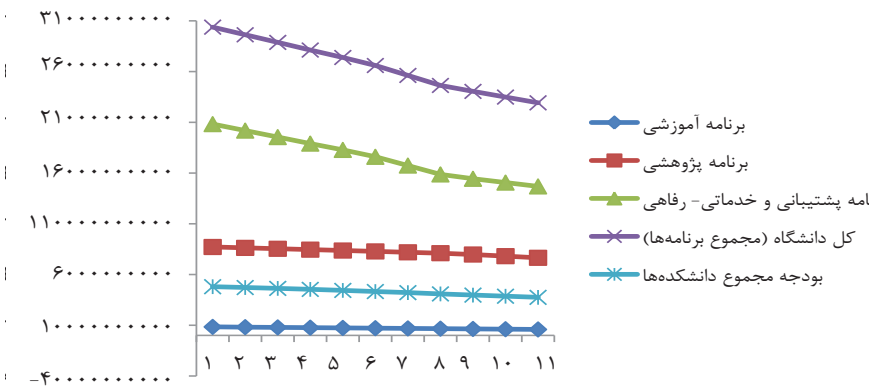
اگرچه مقادیر انحرافات و آرمان‌ها، به نوعی بیانگر وضعیت ارقام بودجه است، با این حال، با توجه به حجم بسیار بالای متغیرهای مدل و به منظور نمایش تفاوت ارقام بودجه به ازای سطوح مختلف مدل استوار و مقایسه آن با مدل قطعی، بودجه برنامه‌ها و مجموع بودجه دانشکده‌ها ارایه خواهد شد و از ارایه نتایج مربوط به ردیف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

جدول ۱۲: نتایج بودجه پیشنهادی برنامه‌ها و مجموع دانشکده‌ها به ازای سطوح مختلف حفاظت در مدل استوار

سطح حفاظت (Γ)	برنامه آموزشی	برنامه پژوهشی	برنامه پشتیبانی و خدماتی ـ رفاهی	کل دانشگاه (مجموع برنامه‌ها)	بودجه مجموع دانشکده‌ها
۱	۸۴۱۳۱۸۴۰۰۰	۸۷۱۵۴۹۷۹۸۷۳	۲۰۸۲۵۰۶۱۴۴۷۶	۳۰۳۸۱۸۷۷۸۳۴۹	۴۸۰۳۳۰۵۷۳۱۱
۲	۸۱۶۰۷۸۸۴۸۰	۸۶۲۸۳۴۳۰۰۷۴	۲۰۱۸۶۷۲۳۹۵۷۷	۲۹۶۳۱۱۴۵۸۱۳۱	۴۷۱۹۶۱۹۷۵۲۲
۳	۷۹۰۸۳۹۲۹۶۰	۸۵۴۱۱۸۸۰۲۷۶	۱۹۵۴۸۳۸۶۴۶۷۸	۲۸۸۸۰۴۱۳۷۹۱۴	۴۶۳۵۹۳۳۷۷۳۳
۴	۷۶۵۵۹۹۷۴۴۰	۸۴۵۴۰۳۳۰۴۷۷	۱۸۹۰۵۶۵۳۳۰۱۷	۲۸۱۲۵۲۸۶۰۹۳۴	۴۵۳۹۰۲۸۹۹۷۸
۵	۷۴۰۳۶۰۱۹۲۰	۸۳۶۶۸۷۸۰۶۷۸	۱۸۲۸۳۷۷۷۶۵۴۴	۲۷۳۹۱۰۱۵۹۱۴۲	۴۴۳۶۷۱۸۹۴۴۳
۶	۷۱۵۱۲۰۶۴۰۰	۸۲۷۹۷۲۳۰۸۷۹	۱۷۶۰۶۲۹۲۷۹۵۷	۲۶۶۰۱۱۳۶۵۲۳۶	۴۳۲۶۵۴۴۱۲۰۲
۷	۶۸۹۸۸۱۰۸۸۰	۸۱۹۲۵۶۸۱۰۸۱	۱۶۷۴۱۰۶۰۳۱۳۵	۲۵۶۲۳۵۰۹۵۰۹۶	۴۲۱۵۹۵۴۳۳۴۵
۸	۶۶۴۶۴۱۵۳۶۰	۸۱۰۵۴۱۳۱۲۸۲	۱۵۸۶۷۴۱۸۶۰۶۵	۲۴۶۳۷۴۷۳۲۷۰۷	۴۰۹۱۴۰۱۴۵۱۰
۹	۶۳۹۴۰۱۹۸۴۰	۷۹۷۳۱۸۳۷۶۰۰	۱۵۴۳۹۴۴۳۷۵۶۰	۲۴۰۵۲۰۲۹۵۰۰	۳۹۷۵۲۰۰۵۷۳۵
۱۰	۶۱۴۱۶۲۴۳۲۰	۷۸۱۲۳۱۱۵۰۴۶	۱۵۰۶۲۵۸۲۴۱۳۹	۲۳۴۸۹۰۵۶۳۵۰۵	۳۸۶۴۴۲۶۱۷۲۹
۱۱	۵۸۸۹۲۲۸۸۰۰	۷۶۵۱۴۳۹۲۴۹۳	۱۴۶۸۵۷۲۱۰۷۱۷	۲۲۹۲۶۰۸۳۲۰۱۰	۳۷۵۳۶۵۱۷۷۲۳

همان‌طور که در جدول (۱۲) ملاحظه می‌شود، 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 استوارسازی مدل به‌خوبی سازگار است. در واقع، هرچه عدم اطمینان تصادفی بر روی پارامترهای حدود بالای بودجه (حداکثر مقداری که تصمیم‌گیرندگان می‌توانند آن را تخصیص دهند) بیشتر شود، مقادیر بودجه، محتاطانه‌تر تخصیص خواهد یافت. نمودار (۴) نیز بیانگر این موضوع است.

Archive of SID
www.SID.ir



نمودار ۴: بودجه اختصاصی به برنامه‌ها و دانشکده‌ها به ازای سطوح حفاظت مختلف

نکته قابل توجه در مورد این نمودار، توجه به ارزش ریالی بودجه پیشنهادی برای تخصیص است، که هر چه مقدار بودجه بیشتر باشد، میزان کاهش آن بیشتر خواهد بود.

آنالیز عدم قطعیت

به منظور نمایش ضرورت استوارسازی مدل اسمی طراحی‌شده از تکنیک شبیه‌سازی Mont carlo استفاده شد. ابتدا مدل قطعی و سپس مدل استوار مورد شبیه سازی قرار گرفت که نتایج در ادامه ارایه شده است:

شبیه‌سازی مدل قطعی با پارامترهای نامطمئن

برای مدل قطعی شبیه‌سازی انجام شد تا متوجه شویم اگر از مدل قطعی استفاده کنیم و پارامترهای نامطمئن در بازه نوسانی خود، تغییر داشته باشند، چند درصد احتمال نقض محدودیت‌ها و در نتیجه 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 (۱۳) است:

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱۳: نتایج ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل قطعی

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

همان‌طور که در جدول (۱۳) ملاحظه می‌شود، پس از ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل قطعی با پارامترهای نامطمئن، در مجموع حدود ۳۹ درصد مواقع با نقض محدودیت‌ها مواجه شده‌ایم.

در این جدول، آمار شبیه‌سازی به تفکیک هر دو ساختار (برنامه و دانشکده) نیز ارایه شده است، که احتمال نقض محدودیت‌های مربوط به برنامه‌ها برابر با ۳۹/۱۴ درصد و احتمال نقض محدودیت‌های مربوط به دانشکده‌ها، برابر با ۳۸/۸۶ درصد است.

به این ترتیب، استوار کردن مدل، امری ضروری است تا با بهره‌گیری از منطق ریاضیاتی مباحث استواری، ریسک تصمیم‌گیری (احتمال نقض مدل) کاهش یابد.

شبیه‌سازی مدل استوار با پارامترهای نامطمئن

مدل‌های استوار 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 ارایه اطلاعاتی پیرامون چگونگی توازن بین سطح ریسک در سطح مختلف حفاظت، مدل استوار نیز شبیه‌سازی شد. جدول زیر، بیانگر ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل استوار با پارامترهای نامطمئن بوده که به ازای هر سطح حفاظت صورت گرفته است:

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱۴: نتایج ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل استوار به ازای هر سطح حفاظت

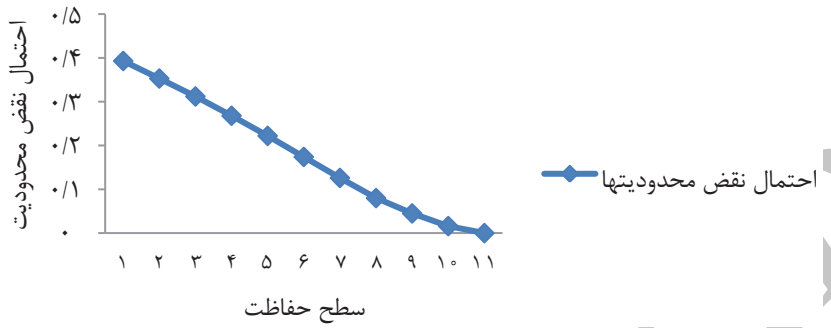
سطح حفاظت	احتمال نقض محدودیت برنامه، ردیف	احتمال نقض محدودیت دانشکده، گروه	احتمال نقض کل مدل
۱	۰/۳۸۹	۰/۳۹۸	۰/۳۹۳
۲	۰/۳۵۰	۰/۳۵۷	۰/۳۵۳
۳	۰/۳۱۱	۰/۳۱۴	۰/۳۱۲
۴	۰/۲۶۷	۰/۲۷۰	۰/۲۶۸
۵	۰/۲۲۱	۰/۲۲۳	۰/۲۲۲
۶	۰/۱۷۱	۰/۱۷۸	۰/۱۷۴
۷	۰/۱۲۱	۰/۱۳۲	۰/۱۲۶
۸	۰/۰۶۸	۰/۰۹۸	۰/۰۸۰
۹	۰/۰۳۵	۰/۰۶۱	۰/۰۴۵
۱۰	۰/۰۰۶	۰/۰۲۹	۰/۰۱۶
۱۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

جدول (۱۴)، بیانگر نتایج حاصل از ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل استوار به ازای هر سطح حفاظت (در مجموع یازده بار شبیه‌سازی به ازای یازده سطح حفاظت) است. در این جدول ـ که احتمال نقض محدودیت‌ها به ازای هر سطح حفاظت شبیه‌سازی شده ـ ملاحظه می‌شود که هر چه سطح محافظه‌کاری بالاتری اتخاذ شود، احتمال نقض محدودیت‌ها (سطح ریسک تصمیم) کاهش می‌یابد که انطباق این امر بر مفهوم مدل‌سازی استوار، بیانگر استوارسازی صحیح مدل است.

همچنین، 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 کنند. نمودار (۵)، بیانگر ارتباط احتمال نقض محدودیت‌ها (سطح ریسک تصمیم) به ازای سطوح مختلف حفاظت است. بدیهی است احتمال نقض محدودیت‌ها با افزایش سطح محافظه‌کاری روندی نزولی را طی می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۵: احتمال نقض محدودیت‌ها به ازای سطوح حفاظت مختلف در ۱۰۰۰۰ بار شبیه‌سازی مدل استوار

پس از بررسی نتایج حاصل از حل مدل استوار و مقایسه آن با مدل قطعی (سطح صفر در مدل استوار)، می‌توان به دو پرسش اساسی پژوهش پاسخ داد:

- در طراحی مدل مناسب تخصیص بودجه به دانشگاه چه متغیرهایی وجود دارند؟

در طراحی مدل تخصیص بودجه به دانشگاه، دو نوع متغیر اصلی شامل متغیرهای تخصیص بودجه به دانشکده‌ها و زیرمجموعه آن و همچنین، متغیرهای تخصیص بودجه به برنامه‌های دانشگاه تعریف شد. همچنین با توجه به حل مدل به صورت برنامه‌ریزی آرمانی، تعدادی متغیر با عنوان متغیر انحراف از آرمان نیز تعریف شد. با در نظر گرفتن عدم اطمینان بازه‌ای موجود در مساله یک، به ازای هر پارامتر نامطمئن، سه متغیر استواری نیز به مدل اضافه شد.

- در پاسخ به عدم قطعیت بازه‌ای موجود در پارامترهای مساله، مدل بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد از چه پارامترهایی تشکیل شده است؟

همچنین، در طراحی این مدل از پارامترهای گوناگونی استفاده شد. با توجه به عدم اطمینان بازه‌ای موجود در ارقام بودجه، پارامترهای این مدل در قالب دو دسته کلی پارامترهای قطعی یا اسمی و پارامترهای استواری تعریف شد.

پارامترهای قطعی مدل، شامل آرمان‌ها و میزان مطلوبیت آنها، کارایی گروه‌های آموزشی، مطلوبیت برنامه‌های دانشگاه و حدود بالا و پایین بودجه در سطوح مختلف است. همچنین، به منظور مقابله با عدم اطمینان بازه‌ای موجود در پارامترهای اسمی حدود بالای بودجه، پارامترهای استواری برای حدود بالا بودجه در سطوح مختلف تعریف شد.

Archive of SID
www.SID.ir

همان‌طور که در مدل ملاحظه شد، تنها پارامترهای حدود بالای بودجه به عنوان پارامترهای نامطمئن لحاظ شد. دلیل این امر را می‌توان در منطق وجود یا عدم وجود ریسک در تحقق بودجه یافت. به‌طور طبیعی ارایه حدود بالا و پایین بودجه به منظور کنترل سطح منطقی بودجه تخصیصی به سطوح مختلف تنظیم شده است. اما نکته اینجاست که عدم اطمینان بازه‌ای، تنها بر روی حدود بالای بودجه وجود دارد. به بیان دیگر، مدیران بودجه‌ریزی در تحقق حدود پایین بودجه هیچ تردیدی ندارند بنابراین میزان عدم اطمینان حدود پایین بودجه صفر است.

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 شامل ساختار دوگانه بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد (PBB) در دانشگاه باشد، مشاهده نشد. ازاین‌رو، هدف این پژوهش ارایه مدل PBB بود به نحوی که هم به تخصیص بودجه به برنامه‌ها براساس اهمیت هر برنامه و هم به تخصیص بودجه به دانشکده‌ها، بر اساس سرانه دانشجویی مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری توجه شود.

با درنظرگرفتن معیارهای گوناگون در دانشگاه، مدل برنامه‌ریزی آرمانی PBB در دانشگاه طراحی شد. نکته مهم در طراحی مدل، استفاده از ضریب کارایی ـ محاسبه شده براساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[1]) با مدل پایه CCR[2] نهاده‌گرا ـ برای تعیین ضریب اهمیت هرگروه آموزشی به منظور تخصیص بودجه به آن است.

همچنین، پس از طراحی مدل برنامه‌ریزی آرمانی قطعی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد در دانشگاه و به منظور مقابله با عدم قطعیت تصادفی موجود در پارامترهای حدود بالای بودجه، مدل اسمی بر اساس مدل Bertsimas & Sym به مدل استوار تبدیل شد. نتایج ارایه شده در دو سطح کلان و عملیاتی و همچنین شبیه‌سازی مدل قطعی و استوار، نشان از قابلیت بسیار بالای مدل استوار نسبت به مدل قطعی، در پاسخگویی به عدم قطعیت موجود در پارامترهای مساله دارد. در واقع، بهره‌گیری از مدل استوار سبب می‌شود تا تمامی فضای عدم اطمینان مورد توجه خبرگان بودجه (در این پژوهش حدود بیست‌درصد از حدود بالای بودجه)، در قالب سناریوهای گوناگون، ارزیابی شود و با فراهم کردن اطلاعات دقیقی از میزان ریسک تصمیم در این فضای نامطمئن، تصویر مناسبی در اختیار مدیران بودجه‌ریز دانشگاه قرار دهد. همان‌طور که ملاحظه شد، مدیران می‌توانند با بهره‌گیری از مدل استوار، نسبت به اتخاذ درجه مشخصی از ریسک (احتمال نقض مدل

1. Data Envelopement Analysis
2. Charnes, Cooper, Rhodes

Archive of SID
www.SID.ir

یا عدم تحقق بودجه پیش‌بینی‌شده) در ازای پرداخت هزینه بیشتر (که در سطح کلان به معنی فاصله بیشتر از آرمان‌ها و در سطح عملیاتی، به معنی تخصیص بودجه کمتر به دانشکده‌هاست) بپردازند. بدیهی است، بهره‌گیری از مدل استوار به عنوان ابزاری کارآمد در مدیریت سطح ریسک تخصیص بودجه است و نسبت به مدل‌های قطعی می‌تواند به مراتب کنترل مدیران بودجه‌ای را افزایش دهد.

مرور گسترده ادبیات بودجه‌ریزی نشان از تلاش پژوهش‌گران بسیاری پیرامون طراحی مدل ریاضی بوده است. از جمله مهم‌ترین مواردی که تا حدودی مشابه این پژوهش است، مدل آذر (۵-۱۳۷۴)، مدل آذر و نجفی (۱۳۹۰) و همچنین مدل آذر و خدیور (۱۳۹۰) است. همان‌طور که مطرح شد مدل آذر (۵-۱۳۷۴) یک مدل عمومی برای بودجه است که بسیاری از مطالعات بودجه‌ریزی از آن به عنوان مبنای مدل‌سازی استفاده می‌کنند. در این مدل، به عدم اطمینان فازی توجه شده است.

مدل آذر و نجفی (۱۳۹۰) و آذر و خدیور (۱۳۹۰) نیز به طراحی مدل بودجه‌ریزی با رویکرد استوار پرداخته‌اند. هر دو این مدل‌ها، نیز به عدم قطعیت تصادفی توجه کرده‌اند.

مدل طراحی شده در این مقاله، علاوه بر اینکه عدم قطعیت تصادفی موجود در پارامترهای مساله را در برمی‌گیرد، ساختاری دوگانه از بودجه دانشگاه را نیز مطرح می‌کند که در دیگر مطالعات به آن، توجه نشده است. همچنین، مدل طراحی شده توسط آذر و خدیور (۱۳۹۰)، از جمله مدل‌هایی است که مکانیسم هزینه‌یابی را در مدل ریاضی لحاظ کرده‌اند که این نکته از برتری‌های مدل آذر و خدیور (۱۳۹۰) نسبت به مدل ارایه شده در این مقاله است. البته نکته حائز اهمیت این است که با مرور ادبیات بودجه‌ریزی، مدلی متناسب با ساختار دوگانه هزینه‌ای دانشگاه ملاحظه نشد و ارایه این مدل، می‌تواند مدلی برای استفاده مدیران و پژوهش‌گران دانشگاهی باشد.

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 شبیه‌سازی مدل استوار، 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 بالای بودجه در سطوح مختلف دانشگاه، بهره‌گیری از مدل‌های استوار سبب می‌شود تا عدم قطعیت موجود در بودجه، به نحوی مطلوب قابل مدیریت باشد.

پیشنهادها

به پژوهش‌گران و علاقه‌مندان نیز پیشنهاد می‌شود تا در مطالعات خود به بررسی این موارد بپردازند:

- به منظور تعیین حدود بالا و پایین بودجه، از مدل‌های پیش‌بینی استفاده شود.

Archive of SID
www.SID.ir

- ارایه روش‌هایی کارا و منطقی به منظور تعیین تعداد حالات لحاظ‌شده سطوح حفاظت.
- توسعه مدل بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد استوار بالا، به شرطی که به محرک هزینه در سیستم بودجه دانشگاهی نیز توجه شود.

منابع

الف) فارسی

آذر، عادل و امیرخانی، طیبه (۱۳۹۰). *بودجه‌ریزی عمومی ـ نهادهای بودجه‌ریزی و بودجه محلی*. تهران: انتشارات سمت.

آذر، عادل و سیداصفهانی، میرمهدی (۱۳۷۴-۱۳۷۵). رویکرد قطعی ریاضی در تنظیم بودجه. *مجله دانش مدیریت*، دوره ۳۱ و ۳۲، صص ۱۹-۱۰.

آذر، عادل (۱۳۷۵- ۱۳۷۶). طراحی مدل ریاضی برنامه‌ریزی هزینه در سازمان‌های دولتی کشور ـ رویکرد قطعی و فازی. *مجله دانش مدیریت*، دوره ۳۵ و ۳۶، صص ۲۸-۱۲.

آذر، عادل؛ نجفی، ابراهیم، و نجفی، سجاد (۱۳۹۰). مدل‌سازی ریاضی استوار، رویکردی نوین در بودجه‌ریزی عمومی ایران. *مجله مدرس علوم انسانی ـ پژوهش‌های مدیریت در ایران*، دوره ۱۵، شماره ۲، صص ۱۹-۱.

آذر، عادل؛ خدیور، آمنه؛ امین ناصری، محمدرضا، و انوار رستمی، علی‌اصغر (۱۳۹۰). ارایه معماری نظام بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد با رویکرد سیستم پشتیبان تصمیم هوشمند. *فصلنامه علمی ـ پژوهشی پژوهش‌های مدیریت در ایران*، دوره ۱۵، شماره ۳، صص ۱-۲۲.

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

خلوصی، فاطمه (۱۳۸۹). *طراحی مدل ریاضی تخصیص بهینه منابع مالی به پروژه‌های ایمیدرو*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس.

فیض‌اللهی، محمدجواد؛ شکوهی، امیرحسین، و مدرس یزدی، محمد (۱۳۸۶). *مساله تخصیص درجه دو استوار*. پنجمین کنفرانس مهندسی صنایع، تهران.

ربیعه، مسعود (۱۳۹۰). *طراحی مدل ریاضی استوار زنجیره تامین*. رساله دکتری دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس.

نجفی، سجاد (۱۳۹۰). *طراحی مدل ریاضی بودجه‌ریزی در بخش عمومی: رویکرد استوار*. پایان‌نامه

Archive of SID

www.SID.ir

کارشناسی‌ارشد رشته مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد.

کجوری، جواد، لطفی، فرهاد، امینی، میترا، پیله‌ور، علی، و اسماعیل‌زاده، زهره (۱۳۸۶). محاسبه هزینه سرانه تربیت دانشجو در مقطع دکتری حرفه‌ای پزشکی عمومی در دانشکده پزشکی شیراز. *مجله مرکز مطالعات و توسعه آموزش پزشکی*، دوره هفتم، شماره اول، صص ۱۶-۹.

ب) انگلیسی

Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. (1998). Robust convex optimization. *Mathematics of Operations Research* . 23(4), pp.769-805.

Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. (1999). Robust solutions to uncertain linear programs, *Operation Research Letters*. 25(1), pp.1-13

Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. (2000). Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data. *Mathematical Programming*. 88(3), pp 411-424.

Bertsimas, D., & Sym, M. (2004). The Price of the Robustness, *Operations. Research*. 52(1), pp. 35-53.

Caballero, R., Golache, T., Gomez, T., Molina, J., & Torrico, A. (2001). Efficient assignment of financial resources within a university system: study of the Malaga University of Malaga. *Eruopean Journal of Operational Research;* 133(2), pp. 298-309.

Charnes A., & Cooper, W. W. (1971). *Studies In Mathematical and Managerial Economics*. North-Holland Publishing Company, pp. 166-180

Greenberg, R.R., &Nunamakar, T. R. (1994). Integrating the analytic hierarchy process into the multi objective budgeting models of public sector organization. *Socio-Economic Planning Science*, 23(3), pp. 197-206.

Kwak, N. K., & Lee, C. lee. (1998). A multi decision-making approach to university resource allocation and information infrastructure planning. *European Journal of Oprational Research,* 1 (110), pp. 234-242.

Min, H. (1988). Three-phase Hierarchical Allocation of University Resources Via Interactive Fuzzy Goal Programming. *Socio-Economic Planning Sciences*. 22(5), pp. 229-239

Roy, B., (2010). Robustness in operational research and decision aiding: A multi-faceted issue. E*uropean Journal of Operational Research,* 200(3), pp. 629–638.

Shim J. P., & Lee, M. S. (1984). Zero-base budgeting: Dealing with conflicting objective. *Long Range Planning,* 17(5), pp. 103-110.

Soyster, A. (1973). Convex programming with set-inclusive constraints and applications to inexact linear programming. *Operations Research,* 21(5), pp. 1154-1157

Yamamoto, K. (2010). Performance-Oriented Budgeting in Public Universities: The Case of a National University in Japan. *The Journal of Finance and Management in Colleges and Universities,* in japan (7), pp. 43-60.

Habeeb, Y. A. (1991). Adapting multi-criteria planning to the Nigerian economy. *Journal of Operational Research Society,* 42(10), pp. 885-888.

Zanakis, S.H. (1991). A Multi Criteria Approach for library Needs Assesment and Budget Allocation. *Socio-Economic Planning Science,* 251(3), pp. 233-245.

Archive of SID

www.SID.ir