

ارائه مدلی جهت تعیین تعداد مطلوب دانشجویان دانشکده حسابداری و مدیریت دانشگاه علامه طباطبائی بر مبنای رویکرد فازی

علی خاتمی فیروزآبادی* - جهانیار بامداد صوفی**
حسین محبی*** - محسن رحیمی مزرعه شاهی****

(تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۳۰)

چکیده

یافتن ترکیب بهینه دانشجویان ورودی جدید به دانشگاه‌ها همواره مشکلی است که برای مراکز آموزش عالی وجود دارد. این مسئله از لحاظ نظری، یک مسئله پیچیده بهینه‌سازی محسوب می‌شود. در این مقاله، رویکردی نظام‌مند با کمک مدل ریاضی ارائه شده است تا به این وسیله، نرخ مطلوب ورودی‌های جدید به دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی را بیابد. داده‌های مدل از منابع مختلف دانشکده جمع‌آوری شد. به منظور سازگاری مدل با واقعیت‌های موجود دانشکده و به علت وجود برخی از داده‌های کیفی، از منطق فازی در مدل بهره گرفته شد. نتایج مدل نشان داد که تعداد دانشجویان جدید ورودی به دانشکده مزبور نه تنها با تسهیلات آموزشی موجود در دانشکده تطابق خوبی ندارد بلکه تسهیلات ارائه شده رفاهی به دانشجویان نیز کافی به نظر نمی‌رسد. بنابراین دانشکده نیاز دارد تا سیاست پذیرش دانشجو را به گونه‌ای تغییر دهد که با واقعیت‌های موجود سازگاری داشته باشد.

کلمات کلیدی: مدل ریاضی، منطق فازی، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه
علامه طباطبائی، ورودی‌های دانشگاه

مقدمه

از مشکلات کنونی دانشگاه‌های کشور، عدم تناسب میزان پذیرش دانشجویان با امکانات آموزشی و رفاهی است. مؤسسات آموزشی در شروع هر ترم تحصیلی نه تنها با مسئله زمان‌بندی تحصیلی که همان برنامه‌ریزی دروس برای یک دوره زمانی مشخص است روبه‌رو هستند بلکه مشکل اساسی دیگری که وجود دارد ظرفیت پذیرش بیش از حد دانشجویان در مقاطع مختلف تحصیلی است. این نوع مسائل در دانشگاه‌ها، به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی پیچیده مطرح است و یافتن یک ترکیب بهینه از دانشجویان ورودی به دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی به یکی از چالش‌های مهم مؤسسات آموزشی تبدیل شده‌است. در سال‌های اخیر به دلیل وجود محدودیت‌های مختلف و عدم برنامه‌ریزی صحیح، مشکلات فراوانی در سیستم آموزشی کشور ایجاد شده‌است. این مشکلات بیشتر به لحاظ عدم تناسب میزان پذیرش سالیانه دانشجویان با امکانات آموزشی و رفاهی شکل گرفته است. مقاله حاضر بر آن است تا با نگرش سیستمی و ارائه یک مدل ریاضی، تعداد مطلوب دانشجویان ورودی به دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی را پیشنهاد نماید.

در طراحی مدل از اطلاعات مربوط به واحدهای خدماتی دانشگاه از جمله ظرفیت‌های سایت کامپیوتر، غذاخوری دانشجویان، ظرفیت آموزشی دانشکده، تعداد دانشجویان فعلی و فارغ‌التحصیل در سال جاری در مقاطع گوناگون تحصیلی استفاده شده است و به جهت تطابق بیشتر مدل پیشنهادی با واقعیت‌های عینی، از محدودیت‌های فازی بهره گرفته شده‌است.

ادبیات تحقیق

در این بخش تلاش بر یافتن تحقیقات مرتبط با این موضوع تحقیق می‌باشد. تاکنون تحقیقات زیادی در خصوص برنامه‌ریزی سیستم‌های آموزشی انجام شده‌است که ذیلاً به برخی از آنها اشاره می‌شود. خاتمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۸۸) مسئله زمان‌بندی دوره‌های تحصیلی را در مؤسسات آموزشی مورد توجه قرار دادند. در این تحقیق با به‌کارگیری مدل ریاضی، زمان‌بندی مؤسسات آموزش عالی برنامه‌ریزی شد. منظور از زمان‌بندی، برنامه‌ریزی زمانی دروس برای یک دوره معین مانند یک هفته است. تخصیص مدرس به کلاس، عدم همپوشانی بین ساعات درسی مدرس، عدم تداخل زمانی امتحانات مدرس، عدم تداخل زمانی دروس ارائه شده برای دانشجویان از جمله عواملی است که در مدل‌سازی مورد توجه قرار گرفت.

علوی (۱۳۷۱) یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای بررسی تنگناهای نظام آموزش و پرورش ایران استفاده و مدل را برای استان اصفهان به کار گرفته است. محدودیت‌های در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل فضای آموزشی، تعداد معلمان، نرخ فارغ‌التحصیلی و موارد مرتبط با نظام آموزش و پرورش بود. هدف مدل مزبور، به حداکثر رساندن ارزش فعلی منابع در نظر گرفته شده بود.

فرجی خورشیدی (۱۳۷۷) از یک مدل ریاضی تجزیه دانتزیگ-ولف برای تعیین تعداد مطلوب دانشجویان ورودی دانشگاه تربیت مدرس استفاده کرده است. در این تحقیق، پارامترهای مدل کاملاً قطعی بوده و هدف مدل، به حداکثر رساندن مطلوبیت کل حاصل از پذیرش دانشجویان در دانشگاه مزبور بوده است. محدودیت‌های در نظر گرفته شده در این تحقیق، شامل محدودیت‌های فضای آموزشی، ظرفیت ناهارخوری دانشجویان، فضای سایت رایانه و مواردی از این دست است.

همچنین در این زمینه مرادی (۱۳۸۰) مدلی ریاضی برای تخصیص مناسب دانشجویان به مراکز و مؤسسات آموزش عالی کشور طراحی کرد. در این تحقیق، محدودیت‌ها به مانند مورد علوی (۱۳۷۱) و فرجی خورشیدی (۱۳۷۷) و هدف مدل به حداکثر رساندن تعداد کل پذیرفته شدگان در مراکز آموزش عالی کشور بود.

توکلی مقدم و اسلامی (۱۳۸۵) از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح برای برنامه زمان‌بندی نیروی انسانی استفاده و به علت تعداد زیاد متغیرهای، مسئله را با الگوریتم ژنتیک حل نمودند. رشیدی کمیجان (۱۳۸۸) نیز مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح را برای برنامه‌ریزی تیم پرواز به کار گرفت. یعقوب‌زاده فرد (۱۳۷۴) از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مرکب برای بهینه‌سازی حمل‌ونقل شهری در شرکت واحد اتوبوس‌رانی تبریز و حومه استفاده کرده است. مالکی (۱۳۷۳) از مدل برنامه‌ریزی خطی صفر یا یک برای تجهیز هنرستان‌های صنعتی ایران استفاده کرده است. زمان‌بندی نیروی انسانی در شرایط نوبت‌کاری نیز توسط نبیئی (۱۳۷۸) با به کارگیری مدل ریاضی در سازمان صداوسیما جمهوری اسلامی انجام شده است.

از جمله تحقیقات دیگری که به برنامه‌ریزی برای مؤسسات آموزش عالی ارتباط دارد ولی مربوط به زمان‌بندی کلاس‌ها و ساعات تدریس می‌شود، تحقیقات شائرف (۱۹۹۹)، بورک و همکاران (۲۰۰۴)، کارتر و لاپرته (۱۹۹۸)، دیورا (۱۹۹۶)، سوشا و همکاران (۲۰۰۲) و رودوا و مورای (۲۰۰۳) است. در این تحقیقات مسئله برنامه زمان‌بندی کلاس‌ها و امتحانات در

مؤسسات مورد بررسی قرار گرفته است و از الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل این نوع مسائل استفاده نموده‌اند. محققانی نظیر جانگیرگر (۱۹۸۶) و اشمیت و استرولین (۱۹۷۹) از ابزار شبیه سازی برای برنامه زمان‌بندی دوره‌های تحصیلی استفاده کردند. برنامه‌ریزی عدد صحیح نیز توسط محققان مختلفی مورد استفاده در این نوع مسائل قرار گرفته است که از جمله می‌توان به تحقیقات داسکالاکی و بیرباس (۲۰۰۵) و تریپاتی (۱۹۹۲) اشاره کرد. برنامه‌ریزی شبکه نیز توسط یوشیکاوا و همکاران (۱۹۹۶) برای این نوع مسائل به کار گرفته شده است.

همان‌طور که از ادبیات مرتبط با تحقیق روشن است بیشتر تحقیقات انجام شده در حوزه زمان‌بندی کلاس‌های درس و برنامه امتحانات انجام گرفته است و بر روی سیستم پذیرش دانشجو تحقیق کمتری انجام شده است. این مورد به‌خصوص برای تحقیقات خارجی بیشتر مصداق پیدا کرده است. البته تحقیقات داخلی بر این موضوع تأکید کرده‌اند و تحقیقاتی در این زمینه نیز انجام شده است. این تحقیقات بیشتر بر روی ابزار مورد استفاده تأکید کرده‌اند (مانند استفاده از الگوریتم تجزیه) و همچنین پارامترهای در نظر گرفته شده از سوی محققین، ثابت و غیرقابل تغییر فرض شده‌اند.

در این تحقیق علاوه بر مدل‌سازی ریاضی برای تعیین تعداد بهینه دانشجویان از منطق فازی استفاده شده است که علت آن، وجود عدم قطعیت در پیش‌بینی‌ها و عبارات‌های ابهام برانگیز است که افراد مختلف در مواجهه با پرسش‌ها از خود بروز می‌دهند که این عبارات از دید افراد گوناگون، معانی مختلفی را به ذهن متبادر می‌سازد. از این رو برای برطرف کردن این نوع عبارات، از منطق فازی استفاده می‌شود.

متدولوژی تحقیق

مرحله اول: تعیین عناصر مؤثر بر سطح مطلوبیت (کتابخانه، سلف، بودجه و ...).
در این مرحله به کمک ابزارهایی مانند مصاحبه و مشاهده عناصر قابل کنترل که بر سطح مطلوبیت دانشکده تأثیرگذار بوده و افزایش یا کاهش تعداد دانشجویان در سطح خدمت‌رسانی آن‌ها مؤثر است شناسایی و لیست گردیدند. برای نمونه می‌توان به عناصری مانند بودجه، خدمات‌رسانی کتابخانه، سلف سرویس، واحد تکثیر و ... اشاره نمود.

مرحله دوم: جمع‌آوری داده‌های وضعیت کنونی. براساس عناصر شناسایی شده در مرحله اول اطلاعات و داده‌های مورد نظر تعیین و برای گردآوری آن‌ها برنامه‌ریزی گردید. به این

منظور بسته به نوع اطلاعات پرسشنامه، مصاحبه و آمار مربوطه تهیه و در اختیار مسئولین و مخاطبان هدف قرار گرفت. برای نمونه با مشاهده و ثبت اطلاعات و همچنین استفاده از آمار تعداد غذاهای سرو شده در سلف سرویس درصد مراجعه به سلف سرویس و پارامترهایی مانند حد بالا و پایین مطلوبیت برای آن محاسبه و ثبت شد.

مرحله سوم: گردآوری استانداردهای مربوط به فضاهای آموزشی. با مراجعه به مقالات و استانداردهای تدوین شده در خصوص سطح خدمات رفاهی و آموزشی در مؤسسات آموزشی و همچنین کسب آمار و عملکرد دانشگاه های برتر در منطقه و مقایسه با شرایط و فضای آموزشی بومی ایران، تا حد ممکن معیارهایی جهت ارزیابی مطلوبیت واحدهای خدماتی و آموزشی دانشکده تدوین گردید. در مواردی نیز به کمک مصاحبه و مشاوره با مسئولین ذی ربط، اعداد و ارقام مطمئن و قابل اتکایی در این خصوص استخراج و مورد استفاده قرار گرفت.

مرحله چهارم: اولویت بندی عناصر مؤثر به کمک روش تحلیل سلسله مراتبی. جهت ارزیابی صحیح تر و رسیدن به نتایج کاربردی و قابل اجرا لازم است اهمیت عناصر تعیین شده در مرحله اول مشخص و با استفاده از ضرایب تابع هدف در مدل در نظر گرفته شود. به این منظور از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی گروهی استفاده گردید و ضرایب مربوطه با سازگاری مطلوبی تخمین زده شد.

مرحله پنجم: طراحی مدل مسئله. به کمک اطلاعات به دست آمده و همچنین اصول و مبانی حاکم بر مجموعه ها و متغیرهای فازی تابع هدف و محدودیت های مدل تعریف و مدل ریاضی مناسب برای هر یک استخراج شد.

مرحله ششم: حل مدل به کمک نرم افزار LINGO. به دلیل تعداد بالای متغیرها و محدودیت های مسئله جهت حل باید از یک نرم افزار بهینه سازی استفاده می گردید که در اینجا از نرم افزار معتبر و شناخته شده LINGO برای حل استفاده کردیم. در پیوست الف کدهای مربوط به مدل مسئله در این نرم افزار ارائه شده است.

مرحله هفتم: تحلیل و ارزیابی وضعیت مطلوب و فاصله آن با وضعیت کنونی. پس از حل مدل به کمک نرم افزار و به دست آمدن جواب های نهایی، مطلوبیت عناصر مؤثر محاسبه و مورد ارزیابی قرار گرفت و با توجه به اینکه سعی شده بود کلیه اطلاعات و داده ها از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار باشند و همچنین از آنجا که نتایج به دست آمده با مشاهدات تجربی همخوانی

داشت نتایج تأیید شدند. با توجه به این نتایج و اطلاعات در دسترس حساسیت پارامترهای مختلف تحلیل و ارزیابی شد و راهکارهایی در خصوص توسعه و رشد مطلوبیت هر یک ارائه شد.

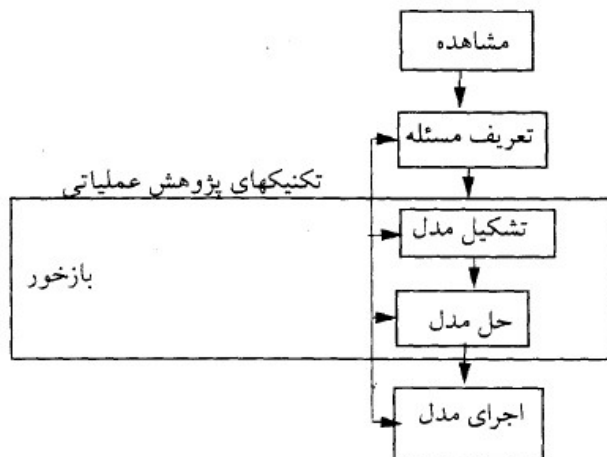
توصیف وضعیت دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی

دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی در مردادماه ۱۳۶۰ ایجاد شد. در حال حاضر دانشکده حسابداری و مدیریت با حدود ۲۶۶۶ دانشجو در مقطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری و ۵۸ نفر عضو هیئت علمی یکی از قدیمی و مطرح‌ترین دانشکده‌های مدیریت و حسابداری در سطح کشور قلمداد می‌شود. رشته‌هایی که در دانشکده مدیریت و حسابداری تدریس می‌شوند عبارتند از: مدیریت صنعتی، مدیریت بازرگانی، مدیریت دولتی، مدیریت جهانگردی، حسابداری، مدیریت بیمه، مدیریت گمرک و هتلداری. این دانشکده علاوه بر استفاده از امکانات مشترک، خود نیز امکاناتی برای سرویس‌دهی به دانشجویان دارند. محدود بودن امکانات مشترک محدودیت‌های مشترک و محدود بودن امکانات و ظرفیت‌های آموزشی دانشکده‌ها محدودیت‌های فرعی را ایجاد می‌نماید. دانشگاه باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی نماید که علاوه بر استفاده مطلوب از امکانات مشترک به نظرات و پیشنهادات دانشکده‌ها در ارتباط با خواست‌ها، محدودیت‌ها و ظرفیت‌های آموزشی آن‌ها نیز توجه نماید.

مدل‌سازی ریاضی

باید توجه داشت که مدل‌سازی ریاضی در واقع بخشی از فرآیند تحقیق در عملیات است. نگرش حل مسائل تحقیق در عملیات، نگرشی منطقی و نظام‌مند در حل مشکلات سازمان‌ها به‌شمار می‌رود. نگرش مزبور مطابق آنچه در شکل (۱) نشان داده شده‌است دربردارنده ۵ مرحله مختلف است (تیلور، ۲۰۱۱). اولین مرحله در فرآیند مزبور، تشخیص وجود مشکل در سازمان است. یک سیستم باید به‌طور پیوسته مشاهدات مربوط به مسئله یا مشکل را مورد توجه قرار دهد و نسبت به تغییرات به‌وجودآمده در آن حساس باشد. معمولاً مشکلاتی که در سازمان‌ها روی می‌دهند جنبه بحرانی نداشته و می‌توان برای رفع آن برنامه‌ریزی کرد. با مشخص شدن وجود مشکل در سیستم، لازم است تعریف دقیقی از مشکل ارائه شود. تعریف نامناسب از مسئله موجب خواهد شد تا نتایجی که از حل مسئله به‌دست می‌آید نتواند مشکل را برطرف کند. بنابراین هماهنگی با سایر بخش‌های سازمان که وجود مشکل را درک کرده‌اند یکی از

ضروریات به شمار می‌رود. در تعریف مسئله، باید هدف از حل مسئله کاملاً واضح و روشن بیان شود.



شکل (۱): فرآیند حل مسائل تحقیق در عملیات

یک مدل تحقیق در عملیات بیان‌کننده وضعیت مسئله است. مدل را می‌توان به اشکال مختلفی نشان داد اما آنچه در تحقیق در عملیات مورد توجه است مدل‌های ریاضی است که در آن سعی می‌شود تا عوامل اصلی تأثیرگذار برای حل یک مشکل در سازمان شناسایی شده و سپس با مفروضات ساده‌کننده دنیای واقعی، به صورت یک مدل ریاضی تبیین شود. مزیت ساده‌سازی این است که می‌توان نتایج حاصل از مدل را به سادگی افراد مختلف تشریح کرد و آن‌ها را از وضعیت موجود و وضعیت بهبوددهنده آن آگاه کرد. یک مدل ریاضی دربردارنده تابع یا توابع هدفی است که سیستم قصد بهینه‌سازی آن را دارد. بدیهی است برای دستیابی به هدف یا اهداف موردنظر، سیستم‌ها با محدودیت منابع (نظیر نیروی انسانی، بودجه و ...) مواجه هستند. منابع محدود هستند که موجب می‌شوند تا سیستم نتواند عملکرد مطلوب از خود بروز دهد. درواقع هنر مدیریت، بهینه‌سازی سیستم با توجه به همین منابع کمیاب است. در مرحله بعد از فرآیند تحقیق در عملیات، حل مدل تشکیل‌شده با توجه به مشاهدات و کمبودهای موجود است. با توجه به حجم گسترده مدل‌های کاربردی، لازم است در این مرحله از نرم‌افزارهای موجود برای حل مدل‌ها استفاده شود. البته باید توجه داشت که پس از مدل‌سازی مسئله و به‌دست آوردن جواب، لازم است اعتبار مدل نیز سنجیده شود به این معنی که مدل تشکیل‌شده با شرایط موجود، بتواند به آنچه مورد انتظارش بوده است دست پیدا کند.

در آخرین مرحله، اجرای نتایج حاصل از حل مدل است که در این پژوهش، به این بخش پرداخته نخواهد شد و صرفاً جواب‌های مدل به دست‌اندرکاران دانشکده یا مسئولین بالاتر ارائه خواهد شد. چنانکه در شکل نیز می‌توان مشاهده کرد برای هر یک از مراحل، سیستم بازخوری وجود دارد به این معنی که در مواقع مختلف می‌توان اصلاحات مورد نظر را بر روی مدل انجام داد.

برنامه‌ریزی ریاضی فازی

در مدل‌های برنامه‌ریزی، قطعی ریاضی، ضرایب تابع هدف، اعداد سمت راست و ضرایب متغیرها در محدودیت‌ها همگی اعدادی دقیق و معین هستند. از حل چنین مدلی مقادیر به دست آمده برای تابع هدف و متغیرهای تصمیم نیز اعدادی دقیق و معین خواهند بود. حال اگر مقدار یکی از پارامترهای ذکر شده نادقیق باشد، (که در عالم واقع اکثراً چنین است، می‌توان با استفاده از اعداد و بازه فازی* تطابق بیشتری بین مدل و واقعیت‌های بیرونی برقرار ساخت. روش‌های مختلفی برای حل مدل‌های برنامه‌ریزی فازی وجود دارد که یکی از آن‌ها، روش تبدیل مدل به مدل برنامه‌ریزی قطعی است. البته بسته به اینکه کدام داده‌ها یا متغیرها فازی هستند می‌توان از روش‌های مختلف برای حل این نوع مدل‌ها بهره جست.

الف) فازی بودن تابع هدف

وابسته بودن مقدار تابع هدف به قضاوت انسانی منجر به در نظر گرفتن آن به صورت فازی می‌گردد. در این صورت می‌توان برای تابع هدف ۲ مقدار z^0 و z^1 در نظر گرفت که $\mu(z^0) = 0$ و $\mu(z^1) = 1$ باشد:

* تابع هدف به صورت حداکثرسازی

$$\mu(z) = \begin{cases} 0 & z \leq z^0 \\ \frac{z - z^0}{z^1 - z^0} & z^0 < z < z^1 \\ 1 & z \geq z^1 \end{cases}$$

* تابع هدف به صورت حداقلسازی

$$\mu(z) = \begin{cases} 0 & z \geq z^0 \\ \frac{z^1 - z}{z^1 - z^0} & z^1 < z < z^0 \\ 1 & z \leq z^1 \end{cases}$$

* برای آشنایی با تعاریف اعداد و بازه فازی به منبع زیر مراجعه شود:
طاهری، سید محمود، آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۱۳۷۵.

در این حالت شکل برنامه ریزی خطی مدل مذکور به صورت زیر خواهد بود:

$$\max \lambda$$

s.t.

$$\lambda \leq \frac{z - z^0}{z^1 - z^0}$$

اگر z^0 و z درست انتخاب شوند، λ با اختیار مقداری بین صفر و یک، شدت و ضعف ارضاء تابع هدف اولیه را نشان خواهد داد (تشنه لب و همکاران، ۱۳۸۵).

ب) متغیرهای تصمیم فازی

در این صورت نیز با در نظر گرفتن متغیرهای تصمیم به شکل اعداد یا بازه فازی می توان مدل را به شکل برنامه ریزی خطی به صورت زیر فرموله نمود:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x < a^0 \\ \frac{x - a^0}{a^1 - a^0} & a^0 \leq x < a^1 \\ 1 & a^1 \leq x < b^1 \\ \frac{x - b^1}{b^0 - b^1} & b^1 \leq x < b^0 \\ 0 & x \geq b^0 \end{cases}$$

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x - a^0}{a^1 - a^0} & a^0 \leq x < a^1 \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

$$x \geq b^0, \quad b^1 \leq x < b^0, \quad \mu(x) = \begin{cases} \frac{x - b^0}{b^1 - b^0} \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

فرم برنامه ریزی خطی مدل مذکور به صورت زیر خواهد بود:

$$\text{Max } \lambda$$

s.t:

$$\lambda \leq \frac{x - a^0}{a^1 - a^0}$$

$$\lambda \leq \frac{x - b^0}{b^1 - b^0}$$

$$\lambda \leq 1$$

باید توجه داشت اگر متغیر تصمیم بخواهد مقداری بزرگتر از b^0 یا کمتر از a^0 را اختیار کند مدل فاقد جواب خواهد بود. محدودیت $\lambda \leq 1$ به جهت ارضاء کامل متغیر تصمیم در محدوده $a^1 - b^1$ به مدل اضافه شده است. (تشنه لب و همکاران، ۱۳۸۵)

شرح مدل

مدل دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبایی برای یک دوره یک ساله طراحی شده است. این مدل بر آن است تا هر سال با استفاده از داده‌های مربوط به ظرفیت آموزشی و سایر محدودیت‌ها، تعداد مطلوب دانشجویان ورودی رشته‌های مختلف در مقاطع گوناگون را پیشنهاد نماید. در ساخت مدل از محدودیت‌های فازی استفاده شده است. استفاده از محدودیت‌های فازی این امکان را فراهم می‌آورد که شرایط موجود به گونه‌ای مناسب و مطابق با واقعیت مدل‌سازی شود.

مدل مزبور با محدودیت‌های فازی از چهار جزء اساسی زیر تشکیل شده است:

الف- متغیرهای تصمیم

ب- متغیرهای مطلوبیت

ج- محدودیت‌ها (شامل محدودیت‌های سیستمی و فازی)

د- تابع هدف

متغیرهای تصمیم

متغیرهای تصمیم در این مدل متغیرهای مستقلی هستند که مقدارشان نامشخص بوده و تصمیم‌گیرنده باید مقدار این متغیرها را پس از حل مدل به دست آورد. این متغیرها در این مدل به صورت x_{ij} نشان داده می‌شوند. این متغیر تعداد مطلوب دانشجویان ورودی رشته j ام در مقطع i ام را بیان می‌کند.

متغیرهای مطلوبیت

متغیرهای مطلوبیت درجه ارضای هر یک از محدودیت‌های فازی را بیان می‌کند. این متغیرها در مدل به صورت y_k نشان داده می‌شوند. از آنجا که ارضای محدودیت‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است و در واقع میزان ارضای هر یک از آن‌ها مورد توجه قرار دارد برای هر یک از

محدودیت‌ها، متغیرهای مطلوبیت جداگانه‌ای در نظر گرفته شده‌است. از طرفی جهت برخورداری تمام گروه‌های یک دانشکده از سطح مطلوبیت یکسان، متغیرهای مطلوبیت آن‌ها یکسان در نظر گرفته شده‌است. مقدار این متغیرها بین صفر و یک قرار می‌گیرد. مقدار یک به معنی ارضای کامل محدودیت فازی و مقدار صفر به معنی عدم‌ارضای آن است. هر چه این مقدار به صفر نزدیک‌تر باشد نشانگر آن است که مشکلات ناشی از عدم‌ارضای کامل محدودیت فازی مربوطه بیشتر خواهد بود. مثلاً اگر ظرفیت خدمت‌دهی مطلوب کتابخانه دانشگاه بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ دانشجو باشد و تعداد دانشجویان ۶۰۰ باشد در این صورت مقدار متغیر مطلوبیت محدودیت فازی کتابخانه دانشگاه کمتر از یک خواهد شد و با اختیار مقادیری بین صفر و یک، شدت و ضعف ایجاد مشکل در خدمت‌دهی کتابخانه دانشگاه بیان خواهد نمود.

محدودیت‌های مدل به دو دسته محدودیت‌های سیستمی و محدودیت‌های فازی تقسیم می‌شوند. محدودیت‌های سیستمی همان محدودیت‌های متعارفی هستند که در مدل‌های برنامه‌ریزی خطی با آن‌ها سروکار داریم. این محدودیت‌ها بیانگر محدودیت‌های قطعی بوده که هیچ انحرافی از آن‌ها امکان‌پذیر نیست. مثلاً محدودیت بودجه از جمله این محدودیت‌ها به‌شمار می‌رود چراکه معمولاً نمی‌توان بیشتر از بودجه تخصیص داده شده هزینه نمود. این محدودیت‌ها، قبل از توجه به محدودیت‌های فازی باید ارضاء شوند. محدودیت‌های فازی حالت منعطف داشته و درجه ارضای هر یک از آن‌ها می‌تواند متفاوت از دیگری باشد.

به‌کارگیری همزمان دو قالب سیستمی و فازی در بسیاری از محدودیت‌های واقعی بسیار مفید است. جزء سیستمی محدودیت، قطعیت‌ها و جزء فازی ابهامات را بیان می‌کند. در صورت عدم‌ارضای جزء سیستمی محدودیت، مدل بدون جواب می‌ماند و در صورت ارضای آن، جزء فازی شدت و ضعف ارضای محدودیت را نشان می‌دهد. مثلاً با اعمال برش α (α -cut) بر محدودیت فازی و ایجاد محدودیت سیستمی $\lambda \geq 0.5$ میتوان درجه انعطاف‌پذیری محدودیت فازی را محدود کرد.

محدودیت‌ها

محدودیت‌های مدل عبارتند از: بودجه، کتابخانه، رستوران خواهران و برادران، خوابگاه‌های متأهلی و مجردی، مرکز کامپیوتر و واحد کپی و تکثیر دانشکده. در تمام محدودیت‌ها از علائم و نمادهای زیر استفاده می‌شود.

$$I_0 = \text{تعداد دانشجویان فعلی}$$

$$E_0 = \text{تعداد دانشجویانی که تا پایان سال جاری فارغ التحصیل می‌شوند}$$

$$x_{ij} = \text{تعداد مطلوب دانشجویان ورودی رشته } j \text{ ام در مقطع } i \text{ ام}$$

$$\text{تعداد دانشجویان سال بعد} = \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right)$$

$$i = \text{تعداد مقاطع تحصیلی مورد مطالعه}$$

$$j = \text{تعداد رشته‌های تحصیلی دانشکده}$$

محدودیت بودجه

بودجه برنامه دولت یا سازمان دولتی است که در آن درآمدها و سایر منابع تأمین اعتبار لازم برای هزینه‌های اجرای عملیات و سایر پرداخت‌ها برای مدت معین (معمولاً یک سال مالی) برآورد شده باشد. تجویز استفاده از مبالغ معینی از اعتبارات مصوب سالانه در دوره‌های زمانی مشخص (سه ماهه، چهارماهه، شش ماهه و ...) صورت می‌گیرد. تعداد دانشجوی طی سال تحصیلی باید به گونه‌ای باشد که اعتبارات تخصیصی به دانشکده، جمع هزینه‌های ثابت و متغیر (بر حسب دانشجو) را پوشش دهد. بنابراین مجموع هزینه‌های ثابت (F cost) و هزینه‌های متغیر دانشکده در یک دوره مالی باید کمتر از بودجه مصوب دانشکده (bgt) باشد.

$$F \text{ cost} + V \text{ cost} * \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \leq bgt$$

که در آن داریم:

$$F \text{ cost} = \text{هزینه‌های ثابت دانشکده}$$

$$V \text{ cost} = \text{هزینه‌های متغیر به ازای هر دانشجو}$$

$$Bgt = \text{بودجه مصوب دانشکده در سال آتی}$$

لازم به ذکر است که در تقسیم‌بندی بودجه دانشگاه به تفکیک برنامه، هر یک از دانشکده‌ها دارای اعتبار مصوب مشخصی‌اند که براین اساس بودجه در نظر گرفته شده است.

سایر محدودیت‌ها به دلیل ماهیت خدماتی بودن فعالیت آن‌ها، به صورت فازی در نظر گرفته شده است. این محدودیت‌ها با اعداد فازی ذوزنقه‌ای نشان داده می‌شوند. در فاصله ULk و URk مطلوبیت خدمت‌دهی واحدهای خدماتی صددردصد بوده و با کاهش تعداد دانشجو به

dk (به جهت عدم استفاده مطلوب از امکانات موجود) یا افزایش تعداد دانشجو به Dk (به جهت عدم خدمت‌دهی مناسب به آن‌ها)، این مطلوبیت به صفر کاهش می‌یابد.

محدودیت کتابخانه

کتابخانه دانشکده علاوه بر خدمت‌دهی به دانشجویان دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبایی، به دانشجویان سایر دانشگاه‌ها نیز خدمات ارائه می‌دهد. نسبت این دانشجویان به دانشجویان دانشکده مدیریت و حسابداری علامه طباطبایی p_2 درصد می‌باشد. فرض بر این است که نسبت به دست‌آمده در هر سال، برای سال بعد ثابت است. با ضرب تعداد دانشجویان سال بعد در $(1+p_2)$ تعداد کل دانشجویان استفاده‌کننده از خدمات کتابخانه به دست می‌آید. با این وجود محدودیت فازی کتابخانه به شرح زیر خواهد بود:

$$y_2 \leq \left[(1 - p_2)^{-1} \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_2 \right] / UL_2 - d_2$$

$$y_2 \leq \left[D_2 (1 - p_2)^{-1} \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \right] / D_2 - UR_2$$

که در آن داریم:

y_2 = متغیر مطلوبیت ارضای محدودیت فازی کتابخانه

d_2 = حداقل دانشجو جهت استفاده از امکانات کتابخانه

D_2 = حداکثر دانشجو جهت حداقل خدمت‌دهی به دانشجویان

$UL_2 - UR_2$ = دامنه مطلوبیت کامل کتابخانه

p_2 = درصد خدمت‌دهی به دانشجویان سایر دانشگاه‌ها

دامنه مطلوبیت کتابخانه و درصد خدمت‌دهی به دانشجویان سایر دانشگاه‌ها براساس اطلاعات موجود در کتابخانه و نظر کارشناسان مربوطه به دست آمده‌است.

محدودیت رستوران دانشکده

با توجه به محدودیت‌های موجود (دستگاه‌های شست‌وشو، فضای موجود، کمبود وسائل و سایر امکانات) رستوران برادران در فاصله و دامنه $UL_3 - UR_3$ و رستوران خواهران در فاصله $UL_4 - UR_4$ مطلوبیت قرار دارند. استفاده‌کنندگان اصلی رستوران، دانشجویان دانشکده می‌باشند. در این صورت، محدودیت رستوران برادران و خواهران به شرح زیر خواهد بود.

محدودیت رستوران برادران

$$y_3 \leq \left[\left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_3 \right] / UL_3 - d_3$$

$$y_3 \leq \left[D_3 - \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \right] / D_3 - UR_3$$

که در آن داریم:

- y_3 = متغیر مطلوبیت ارضای محدودیت فازی رستوران برادران
- d_3 = حداقل دانشجوی پسر جهت حداقل استفاده از امکانات رستوران برادران
- D_3 = حداکثر دانشجوی پسر جهت حداقل خدمت دهی به آنها
- UL_3-UR_3 = دامنه مطلوبیت کامل رستوران برادران

محدودیت رستوران خواهران

$$y_4 \leq \left[\left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_4 \right] / UL_4 - d_4$$

$$y_4 \leq \left[D_4 - \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \right] / D_4 - UR_4$$

که در آن داریم:

- p_4 = متغیر مطلوبیت ارضای محدودیت فازی رستوران خواهران
- d_4 = حداقل دانشجوی دختر و کارکنان زن جهت حداقل استفاده از امکانات رستوران خواهران
- D_4 = حداکثر دانشجوی دختر جهت حداقل خدمت دهی به آنها
- UL_4-UR_4 = دامنه مطلوبیت کامل رستوران خواهران
- دامنه مطلوبیت رستوران برادران و خواهران براساس تعداد صندلی های موجود در رستوران، مدت زمان خدمت دهی و متوسط زمان صرف نهار توسط یک فرد محاسبه شده است.

محدودیت خوابگاه متأهلی و مجردی

دامنه مطلوب دانشجویان خوابگاه های مجردی برادران، خواهران و متأهلی به ترتیب در فاصله UL_5-UR_5 ، UL_6-UR_6 و UL_7-UR_7 قرار دارد. با فرض ثابت بودن این نسبت ها برای سال

بعد، تعداد دانشجویان برادر مجرد، خواهر مجرد و متأهلین در سال بعد به ترتیب برابر $p_7^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right)$ و $p_6^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right)$ و $p_5^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right)$ خواهد بود. به این ترتیب، محدودیت فازی خوابگاه‌های مجردی برادران، مجردی خواهران متأهلی به شرح زیر خواهد بود:

$$y_t \leq \left[p_t^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_t \right] / (UL_t - d_t) \quad t = 5, 6, 7$$

$$y_t \leq \left[D_t - p_t^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \right] / (D_t - UR_t) \quad t = 5, 6, 7$$

که در آن داریم:

$t =$ بیانگر نوع خوابگاه است: خوابگاه مجردی برادران ($t=5$)، خوابگاه مجردی خواهران ($t=6$) و خوابگاه متأهلی ($t=7$)

$y_t =$ متغیر مطلوبیت ارضای محدودیت فازی خوابگاه ام

$p_t =$ درصد دانشجویان خوابگاه ام به کل دانشجویان

$d_t =$ حداقل دانشجوی خوابگاه ام جهت حداقل استفاده از امکانات آن

$D_t =$ حداکثر دانشجوی خوابگاه ام جهت حداقل خدمت‌دهی به دانشجویان

$UL_t - UR_t =$ دامنه مطلوبیت کامل خوابگاه ام

محدودیت مرکز کامپیوتر

توان خدمت‌دهی مطلوب این مرکز با توجه به امکانات فعلی در فاصله $UL_8 - UR_8$ قرار دارد. اضافه شدن تعداد دانشجو نیاز به توسعه امکانات (تعداد کامپیوتر، افزایش خط اینترنت، ...) و متعاقب آن فضای مناسب دارد. محدودیت فازی این مرکز به صورت زیر است:

$$y_8 \leq \left[p_8^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_8 \right] / (UL_8 - d_8)$$

$$y_8 \leq \left[D_8 - p_8^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \right] / (D_8 - UR_8)$$

که در آن داریم:

$$y_8 = \text{متغیر مطلوبیت ارضای محدودیت فازی مرکز کامپیوتر}$$

$$d_8 = \text{حداقل دانشجو جهت حداقل استفاده از امکانات مرکز کامپیوتر}$$

$$D_8 = \text{حداکثر دانشجو جهت حداقل خدمت‌دهی به دانشجویان}$$

$$UL_8 - UR_8 = \text{دامنه مطلوبیت کامل مرکز کامپیوتر}$$

محدودیت واحد کپی و تکثیر

با توجه به سپرده‌شدن کلیه امور این واحد به پیمانکار تنها محدودیت فضای لازم جهت خدمت‌دهی مناسب به دانشجویان است. این محدودیت نیز همچون محدودیت مرکز کامپیوتر به شرح زیر است:

$$y_9 \leq \left[p_9 \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_9 \right] / (UL_9 - d_9)$$

$$y_9 \leq \left[D_9 - p_9 \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \right] / (D_9 - UR_9)$$

که در آن داریم:

$$y_9 = \text{متغیر مطلوبیت ارضای محدودیت فازی واحد کپی و تکثیر}$$

$$d_9 = \text{حداقل دانشجو جهت حداقل استفاده از امکانات واحد کپی و تکثیر}$$

$$D_9 = \text{حداکثر دانشجو جهت حداقل خدمت‌دهی به دانشجویان}$$

$$UL_9 - UR_9 = \text{دامنه مطلوبیت کامل واحد کپی و تکثیر}$$

محدودیت تعداد مطلوب دانشجویان هر یک از رشته‌های تحصیلی

تعداد مطلوب هر یک از رشته‌های تحصیلی دامنه‌ای است که از ظرفیت‌های آموزشی با توجه به محدودیت‌های موجود (تعداد اعضای هیئت علمی، گنجایش کلاس‌های درس از لحاظ تعداد مناسب دانشجو در کلاس و ...) به بهترین نحو استفاده شود. واضح است که هرگونه افزایش (به جهت عدم خدمت‌دهی مناسب) یا کاهش (به جهت عدم استفاده مطلوب از امکانات) منجر به کاهش مطلوبیت خواهد شد. این محدودیت‌ها فازی بوده و با اعداد فازی ذوزنقه‌ای نشان داده شده اند. تعداد مطلوب دانشجویان رشته‌های مختلف با استفاده از پرسش‌نامه از مدیران گروه‌های مختلف جمع‌آوری شده است. بدین ترتیب محدودیت‌های مربوطه به شرح زیر خواهد بود:

$$y_{i+9} \leq [(x_{ij} + I_{ij} - E_{ij}) - d_{ij}] / (UL_{ij} - d_{ij}) \quad i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, q$$

$$y_{i+9} \leq [D_{ij} - (x_{ij} + I_{ij} - E_{ij})] / (D_{ij} - UR_{ij}) \quad i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots$$

که در آن داریم:

j = تعداد رشته‌های تحصیلی هر یک از دانشکده‌ها.

y_{i+9} = متغیر مطلوبیت ارضای محدودیت تعداد مطلوب دانشجویان دانشکده

I_{ij} = تعداد دانشجویان فعلی رشته j ام در دانشکده

E_{ij} = تعداد دانشجویان فعلی رشته j ام دانشکده که در سال جاری فارغ التحصیل می‌شوند

d_{ij} = حداقل دانشجوی رشته j ام دانشکده جهت حداقل استفاده از امکانات فعلی

D_{ij} = حداکثر دانشجوی رشته j ام دانشکده جهت حداقل خدمت‌دهی به دانشجویان

$UL_{ij} - UR_{ij}$ = دامنه مطلوبیت کامل رشته j ام دانشکده

محدودیت کلاس‌های درس

محدودیتی که در این بخش به مدل‌سازی و تشریح جزئیات آن می‌پردازیم محدودیتی است که در اثر قیده‌های ناشی از تعداد و ظرفیت کلاس‌های درس محیط آموزشی باید در نظر گرفته شود. با این وجود با توجه به برنامه تغییر فضای دانشکده و جابه‌جایی از محل فعلی به محل جدید و در اختیار نداشتن اطلاعات و داده‌های کافی در خصوص دانشکده جدید و با این فرض که فضای ایجاد شده به حد کافی بزرگ و تعداد کلاس‌ها بیشتر از محل فعلی است، در مدل نهایی، این محدودیت غیر مؤثر فرض شده است و در نتیجه در نظر گرفته نمی‌شود. البته لازم به ذکر است که مراحل مدل‌سازی و همچنین نمونه پارامتری این محدودیت در این قسمت شرح داده شده است. در صورتی که مسئولان برنامه‌ریزی آموزشی دانشکده به این نتیجه برسند که در محل جدید محدودیت تعداد و ظرفیت کلاس‌ها محدودیتی مؤثر و فعال است می‌توان با جمع‌آوری اطلاعات لازم و اضافه نمودن محدودیت مربوطه به این مدل آن را تکمیل و کاربردی نمایند.

دانشکده براساس کلاس‌های درس اختصاص داده شده به آن‌ها، برنامه زمان‌بندی کلاس‌ها را تنظیم می‌نماید. اگر تعداد کلاس‌های درس دانشکده را به N و زمان بالقوه استفاده از هر کلاس در هر هفته را به T_i نشان دهیم، در این صورت ظرفیت کلاس‌ها براساس «ساعت-کلاس» به شرح زیر خواهد بود:

$$C_i = N \times T_i$$

دامنه استفاده مطلوب از کلاس‌ها حتی در بهترین شرایط نیز به جهت هم‌زمانی کلاس‌ها و تجمع آن‌ها در روزهای خاص کمتر از ظرفیت بالقوه خواهد بود. بنابراین منطقی است که برنامه‌ریزی بر اساس دامنه مطلوب استفاده از کلاس‌ها صورت گیرد نه ظرفیت بالقوه آن‌ها. مثلاً اگر ۲ کلاس به مدت ۵ روز در هفته، هر روز ۱۰ ساعت در اختیار داشته باشیم، زمان بالقوه استفاده از هر کلاس در هفته $T = 5 \times 10 = 50$ و ظرفیت بالقوه کلاس‌ها $C = N \times T = 2 \times 50 = 100$ ساعت-کلاس خواهد بود.

دامنه مطلوب استفاده از کلاس‌ها را می‌توان بین ۷۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت بالقوه برابر ۷۰ تا ۸۰ ساعت در نظر گرفت و بر مبنای آن برنامه‌ریزی نمود. در این صورت اگر نیاز به کلاس در دامنه مطلوب قرار گیرد با بهترین حالت مواجه هستیم، زیرا نه تنها در برنامه‌ریزی کلاس‌ها دچار مشکل نخواهیم شد بلکه از ظرفیت بالقوه کلاس‌ها نیز استفاده مطلوب به دست می‌آید. بنابراین بهتر است ظرفیت کلاس‌ها را با اعداد فازی ذوزنقه‌ای نشان دهیم تا در فاصله مطلوب استفاده از کلاس‌ها، متغیر مطلوبیت محدودیت کلاس‌های درس مقدار ۱ و در غیر این صورت با اختیار مقداری بین صفر و یک شدت و ضعف ایجاد مشکل در برنامه زمان‌بندی یا عدم استفاده مطلوب از کلاس‌ها را نشان دهد. درصد استفاده از کلاس‌ها در مطلوب‌ترین شرایط در فاصله $PL_i - PR_i$ ، در بدترین شرایط Pd_i و در بهترین شرایط PD_i در نظر گرفته شده است. بدین ترتیب ظرفیت کلاس‌ها در شرایط مختلف عبارتند از:

$$Cd_i = N \times T_i \times Pd_i$$

$$CL_i = N \times T_i \times PL_i$$

$$CR_i = N \times T_i \times PR_i$$

$$CD_i = N \times T_i \times PD_i$$

زمان استفاده از کلاس‌ها به تعداد دانشجو، تعداد واحدهای تحصیلی و پیش‌نیاز، طول دوره تحصیلی و متوسط دانشجو در کلاس بستگی دارد. طول دوره تحصیل و متوسط دانشجو در کلاس برای مقاطع مختلف یکسان در نظر گرفته شده است. متوسط واحدها در هر ترم از تقسیم تعداد کل واحدها V_{ij} بر ترم‌های تحصیلی (MT) و متوسط تعداد کلاس‌های مورد نیاز از ضرب متوسط واحدها در تعداد دانشجو X_{ij} و تقسیم بر متوسط دانشجو در کلاس (MD) به دست آمده است. بدین ترتیب محدودیت کلاس‌های درس دانشکده به شرح زیر خواهد بود:

$$y_{i+14} \leq \left[\left(\sum_{q_{ij} \in Q_{ij}} \frac{V_{ij} * (x_{ij} + I_{ij} - E_{ij})}{MTI * MDI} \right) - Cd_i \right] / (CL_i - Cd_i) \quad i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, 3$$

$$y_{i+14} \leq \left[CD_i - \left(\sum_{q_{ij} \in Q_{ij}} \frac{V_{ij} * (x_{ij} + I_{ij} - E_{ij})}{MTI * MDI} \right) \right] / (CD_i - CR_i) \quad i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, 3$$

که در آن داریم:

V_{ij} = تعداد کل واحدهای درسی با پیش‌نیاز رشته زام دانشکده

MTI = متوسط ترم‌های تحصیلی مقطع ۱

MDI = متوسط تعداد دانشجو در کلاس در مقطع ۱

Cd = ظرفیت کلاس‌های دانشکده در بدترین شرایط

$CL_i - CR_i$ = دامنه مطلوب ظرفیت کلاس‌های درس دانشکده

ظرفیت کلاس‌های درس دانشکده در بهترین شرایط (همراه با ریسک ایجاد مشکل در

خدمت‌دهی به دانشجویان)

I = مقاطع تحصیلی

$q_{ij} \in Q_{ij}$ = رشته‌های تحصیلی مختلف دانشکده در مقطع ۱

تابع هدف

تابع هدف مسائلی که با محدودیت‌های فازی فرموله می‌شوند به صورت حداکثرسازی جمع

متغیرهای مطلوبیت می‌باشد. ضریب متغیرهای مطلوبیت در تابع هدف با استفاده از تکنیک

AHP محاسبه شده‌است. با این وجود تابع هدف این مسأله به صورت زیر خواهد بود:

$$\max \sum_k w_k \cdot y_k \cdot ms$$

که در آن داریم:

w_k = ضریب متغیرهای مطلوبیت در تابع هدف

y_k = متغیر مطلوبیت محدودیت فازی k ام

نکته قابل توجه اینکه در مسائلی که با محدودیت‌های فازی فرموله می‌شوند قبل از تشکیل

تابع هدف به فرم ذکر شده، تابع دیگری وجود داشته‌است که با ورود متغیرهای مطلوبیت در

تابع هدف، باید به گونه‌ای مدنظر قرار گیرند. در مدل این تابع را می‌توان حداکثرسازی بهره

وری دانشکده دانست که از طریق کاهش قیمت تمام شده هر دانشجو با افزایش تعداد دانشجو در چارچوب محدودیت‌های تعریف شده رابطه‌ای مستقیم دارد. بنابراین افزایش تعداد دانشجویان در چارچوب محدودیت‌های تعریف شده می‌تواند جایگزین مناسبی برای تابع هدف افزایش بهره‌وری در مدل‌های معمولی برنامه‌ریزی خطی باشد. تعداد دانشجویان آرمانی U در نظر گرفته شده و تبدیل به محدودیت فازی شده است. متغیر مطلوبیت این محدودیت فازی در تابع هدف و خود محدودیت در محدودیت‌ها آورده شده است.

$$y_1 \leq \left[\left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_1 \right] / (U_1 - d_1)$$

مدل دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبایی با محدودیت‌های

فازی

تابع هدف

$$\max \sum_k w_k \cdot y_k$$

محدودیت‌ها

• بودجه

$$F \text{ cost} + V \text{ cost} \cdot \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \leq bgt$$

• تعداد مطلوب دانشجویان دانشگاه (توجه به افزایش بهره‌وری)

$$y_1 \leq \left[\left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_1 \right] / (U_1 - d_1)$$

• کتابخانه دانشگاه

$$y_2 \leq \left[(1 - p_2) \cdot \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_2 \right] / (UL_2 - d_2)$$

$$y_2 \leq \left[D_2 (1 - p_2) \cdot \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \right] / (D_2 - UR_2)$$

• رستوران برادران

$$y_3 \leq \left[p_3 \cdot \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) + IM_0 - d_3 \right] / (UL_3 - d_3)$$

$$y_3 \leq \left[D_3 - p_3 \cdot \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) + IM_0 \right] / (D_3 - UR_3)$$

• رستوران خواهران

$$y_4 \leq \left[p_4^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) + Iw_0 - d_4 \right] / UL_4 - d_4$$

$$y_4 \leq \left[D_4 - p_4^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) + Iw_0 \right] / D_4 - UR_4$$

• خوابگاه‌های مجردی و متأهلی

$$y_t \leq \left[p_t^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_t \right] / (UL_t - d_t) \quad t = 5, 6, 7$$

$$y_t \leq \left[D_t - p_t^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \right] / (D_t - UR_t) \quad t = 5, 6, 7$$

• مرکز کامپیوتر دانشکده

$$y_8 \leq \left[p_8^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_8 \right] / (UL_8 - d_8)$$

$$y_8 \leq \left[D_8 - p_8^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \right] / (D_8 - UR_8)$$

• واحد کپی و تکثیر دانشکده

$$y_9 \leq \left[p_9^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) - d_9 \right] / (UL_9 - d_9)$$

$$y_9 \leq \left[D_9 - p_9^- \left(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q x_{ij} + I_0 - E_0 \right) \right] / (D_9 - UR_9)$$

سایر محدودیت‌ها

• تعداد مطلوب دانشجویان هریک از رشته‌های تحصیلی

$$y_{i+9} \leq \left[(x_{ij} + I_{ij} - E_{ij}) - d_{ij} \right] / (UL_{ij} - d_{ij}) \quad i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, q$$

$$y_{i+9} \leq \left[D_{ij} - (x_{ij} + I_{ij} - E_{ij}) \right] / (D_{ij} - UR_{ij}) \quad i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, q$$

• کلاس‌های درس ۱

$$y_{i+14} \leq \left[\left(\sum_{q_i \in Q_j} \frac{V_{ij} * (x_{ij} + I_{ij} - E_{ij})}{MTI * MDI} \right) - Cd_i \right] / (CL_i - Cd_i) \quad i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, 3$$

$$y_{i+14} \leq \left[CD_i - \left(\sum_{q_i \in Q_j} \frac{V_{ij} * (x_{ij} + I_{ij} - E_{ij})}{MTI * MDI} \right) \right] / (CD_i - CR_i) \quad i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, 3$$

^۱. با توجه به توضیح ارائه شده در بخش ۳-۶-۲ این محدودیت در مدل نهایی در نظر گرفته نشده است.

برآورد ضرایب تابع هدف به کمک روش AHP

جهت ساخت تابع هدف مسئله، ضرایب اهمیت هر یک از متغیرهای مطلوبیت محدودیت های فازی در تابع هدف را با استفاده از تکنیک AHP و بر مبنای مقایسات زوجی به دست آوردیم. در این روش، شاخص های مختلف با هم به طور دوه دو مقایسه شده و سپس بر اساس یکی از روش های نرمال سازی و محاسبه وزن، اوزان مربوطه به دست می آید. حال می توان ساختار درخت سلسله مراتب را برای مثال طرح شده چنین نوشت:

سطح یک (هدف): اولویت بندی اهمیت پارامترهای تابع هدف مدل

سطح دو (عوامل): ارتقای سطح آموزشی، ارتقای سطح رفاهی، ارتقای سطح خدماتی

سطح سه (گزینه های رقیب): شامل سلف سرویس، کتابخانه، سایت کامپیوتر، واحد تکثیر و تعداد دانشجویان هر رشته

شکل زیر روابط بین این سه سطح را به وضوح نشان می دهد. از این مرحله به بعد عملیات ریاضی AHP به منظور رسیدن به هدف (تصمیم بهینه) آغاز می گردد.

پس از تنظیم پرسشنامه های مقایسات زوجی در سطح معیارها و سطح گزینه ها و جداول مربوطه و تکمیل آن توسط نمونه ای از دانشجویان و اساتید، ضرایب به دست آمده برای تابع هدف به شرح زیر محاسبه گردید:

ضریب عبارت مربوط به سلف پسران در تابع هدف: $0/094221$

ضریب عبارت مربوط به سلف دختران در تابع هدف: $0/094221$

ضریب عبارت مربوط به خوابگاه پسران در تابع هدف: $0/106784$

ضریب عبارت مربوط به خوابگاه دختران در تابع هدف: $0/106784$

ضریب عبارت مربوط به کتابخانه در تابع هدف: $0/100504$

ضریب عبارت مربوط به سایت در تابع هدف: $0/081658$

ضریب عبارت مربوط به کپی در تابع هدف: $0/069095$

ضریب عبارت مربوط به هر کدام از رشته - مقطع ها در تابع هدف: $0/014447$ (جمعاً)

$(0/346733)$

نرخ سازگاری کلیه جداول نیز محاسبه گردید و با حذف چند پرسشنامه ناسازگار، سازگاری کل تأیید شد و با به دست آمدن C.R معادل $0/0803$ و تحلیل آن می توان گفت که مقایسات زوجی گروهی از سازگاری برخوردار است. چرا که مقدار از مقدار تجربی ۱ کمتر است.

بحث و نتیجه گیری

پس استخراج اطلاعات موردنیاز از واحد آموزش دانشکده، پرسشنامه‌ها و مصاحبه‌های تکمیلی صورت گرفته با مسئولین ذی‌ربط، مدل ریاضی تعیین تعداد مطلوب دانشجویان به فرمت نرم‌افزار لینگو نوشته شد و توسط این نرم‌افزار حل گردید که تعداد مطلوب دانشجویان ورودی رشته‌های مختلف دانشگاه و میزان مطلوبیت واحدهای خدماتی مثل کتابخانه، رستوران، خوابگاه و غیره به دست آمد. مدل مذکور دارای ۵۲ متغیر و ۸۹ محدودیت می‌باشد و پس از ۵۱ تکرار به جواب رسید. پس از حل مدل این نتیجه حاصل شد که تعداد دانشجویان در سال آینده در کلیه رشته‌ها باید در حدود ۱۶۲۵ نفر باشد که در مقایسه با سال جاری که ۱۹۰۰ نفر هستند به طور قابل توجهی کاهش یافته است و این نکته را به ذهن می‌رساند که امکانات و تجهیزات و فضای آموزشی دانشکده قادر به برآورده نمودن انتظارات تعداد دانشجویان فعلی به صورت کاملاً مطلوب و استاندارد نمی‌باشد. با توجه به اینکه حدوداً تعداد ۶۰۰ نفر از دانشجویان فعلی در سال جاری فارغ‌التحصیل می‌شوند لذا کل دانشجویان جاری برابر ۱۳۰۰ نفر خواهد بود ($1900 - 600 = 1300$). از آنجا که تعداد کل دانشجویان طبق جواب مدل باید حدود ۱۶۲۵ نفر باشد با توجه به ۱۳۰۰ دانشجوی موجود، لازم است بیشتر از ۳۲۵ نفر برای سال جاری پذیرش نشوند ($1625 - 1300 = 325$). با در نظر داشتن این تعداد دانشجوی ورودی در سال آینده میزان مطلوبیت واحدهای مختلف به شرح جدول زیر خواهد بود.

جدول (۱): میزان مطلوبیت واحدهای خدماتی دانشکده

میزان مطلوبیت	واحد خدماتی
۱۰۰٪	کتابخانه
۱۰۰٪	رستوران برادران
۱۰۰٪	رستوران خواهران
۵/۶۱٪	خوابگاه برادران
۱۰۰٪	خوابگاه خواهران
۷۵٪	مرکز کامپیوتر
۵/۶۲٪	واحد تکثیر

نتایج بالا با تجربیات و مشاهدات نیز همخوانی دارد و می‌توان گفت در کلیه موارد به جزء مقوله خوابگاه، مرکز کامپیوتر و واحد تکثیر مطلوبیت نزدیک به ۱۰۰٪ وجود دارد. برای نمونه مشاهده عینی سلف سرویس نشان می‌دهد با توجه به تعداد دانشجویان متقاضی استفاده از آن و همچنین گستره ساعت کاری سلف سرویس کمبودی در این خصوص وجود ندارد و رضایت نسبی در این رابطه وجود دارد. همچنین به دلایلی مانند عدم استفاده از خدمات کتابخانه در طول مدت ترم تحصیلی توسط اکثریت دانشجویان مقطع کارشناسی که سهم بزرگی از کل دانشجویان را به خود اختصاص داده‌اند ظرفیت کتابخانه در حال حاضر جواب‌گوی نیازهای دانشکده بوده و از مطلوبیت ۱۰۰٪ برخوردار است. البته باید گفت در مقاطع زمانی خاص برای نمونه مدت زمان امتحانات پایان ترم به دلیلی رشد مراجعه ظرفیت خدمات برای مثال سالن مطالعه کافی نیست. البته از آنجا که نتایج این تحقیق میانگین ظرفیت واحدهای آموزشی، رفاهی و خدماتی را در کل طول سال تحصیلی مدنظر قرار داده نتیجه نهایی مطلوبیت ۱۰۰٪ را ارائه داده‌است.

در خصوص مرکز کامپیوتر و واحد تکثیر نیز مشاهدات و تجربیات نشان می‌دهد این دو واحد قادر به پاسخ‌گویی مناسب و کامل به مراجعان نیستند که استفاده اکثریت دانشجویان از کامپیوترهای شخصی و همچنین استفاده از خدمات تکثیر در خارج از دانشکده و یا انتظارهای چند روزه برای تحویل درخواست‌ها از واحد مذکور این موضوع را به خوبی تأیید می‌کند. تعداد دانشجویان در سال آینده نیز در رشته‌های مختلف به شرح جدول زیر است:

جدول (۲): تعداد دانشجویان هر رشته مقطع در سال آینده

رشته	دکتری	فوق لیسانس	لیسانس
مدیریت صنعتی	۵۰	۴۹	۱۰۵
مدیریت بازرگانی	۲۵	۳۸	۱۵۶
مدیریت دولتی	۱۲	۱۷۷	۱۹۸
جهانگردی	۰	۱۳۳	۱۶۳
حسابداری	۲۰	۶۴	۲۰۱
بیمه	۰	۰	۷۸
گمرک	۰	۰	۹۶
هتلداری	۰	۰	۶۰

بر اساس تعداد دانشجویان مطلوب در سال آینده، مطلوبیت برای هر رشته مقطع به صورت زیر خواهد بود:

جدول (۳): میزان مطلوبیت هر رشته مقطع در سال آینده

رشته	دکتری	فوق لیسانس	لیسانس
مدیریت صنعتی	۵۰٪	۱۰۰٪	۶۰٪
مدیریت بازرگانی	۱۰۰٪	۸۶٪	۹۹٪
مدیریت دولتی	۵۷٪	۰٪	۱۰۰٪
جهانگردی	-	۰٪	۹۵٪
حسابداری	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪
بیمه	-	-	۱۰۰٪
گمرک	-	-	۱۰۰٪
هتل داری	-	-	۶۰٪

با اطلاعات به دست آمده، می توان تعداد دانشجویانی که در سال آینده در هر رشته باید جذب شوند را طبق جدول زیر بیان نمود:

جدول (۴): تعداد جذب دانشجویان هر رشته مقطع برای سال آینده

رشته	دکتری	فوق لیسانس	لیسانس
مدیریت صنعتی	-۲	۷	۷
مدیریت بازرگانی	-۲	۹	۶
مدیریت دولتی	۱	-۶	۵
جهانگردی	۰	۳	۵
حسابداری	۲	۹	۴
بیمه	۰	۰	۱۳
گمرک	۰	۰	۴
هتلداری	۰	۰	۵

برای نمونه با توجه به اینکه تعداد کل دانشجویانی که در مقطع کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی در سال جاری تحصیل می‌کنند معادل ۴۴ نفر است و از این تعداد ۱۵ نفر در این سال فارغ‌التحصیل می‌شوند می‌توان نتیجه گرفت ۲۹ نفر باقی می‌مانند که برای رساندن این تعداد به تعداد محاسبه شده توسط نرم‌افزار (۳۸ نفر) باید ۹ نفر دیگر به آن‌ها اضافه نمود که همان تعداد دانشجویانی است که در سال آینده باید در این رشته - مقطع جذب شوند.

با توجه به ارقام ارائه‌شده در بالا می‌توان مشاهده نمود که در برخی از رشته‌ها ارقام منفی هستند و به این معناست که در سال جاری نباید ورودی پذیرند و با این حال نیز تعداد دانشجویان در این رشته بیشتر از حد مطلوب است.

جهت بررسی بیشتر نتایج به دست آمده در این قسمت سعی شده است تحلیلی مشابه تحلیل حساسیت برای ارقام و نتایج به دست آمده ارائه گردد. تحلیل حاضر براساس این موضوع بنیان نهاده شده که در صورتی که بخواهیم تعداد دانشجویان کل را در همین سطح فعلی حفظ کنیم یعنی ارائه خدمات به ۱۹۰۰ نفر دانشجو در مقاطع مختلف، سطوح خدماتی و بودجه‌ای دانشگاه تا چه میزان باید ارتقاء یابند تا به سطح مطلوب حداقلی برسیم.

با توجه به اینکه بودجه کل برآوردشده ۱۰۰۰ میلیون تومان تعریف شده است و با فرض ثابت ماندن هزینه‌های ثابت و هزینه‌های متغیر هر دانشجو، محدودیت بودجه حداکثر تعداد ۱۷۵۰ دانشجو را پشتیبانی خواهد کرد که این تعداد ۱۵۰ عدد کمتر از تعداد فعلی است. در نتیجه با افزایش بودجه به بیش از مقدار ۱۰۶۰ میلیون تومان (حداقل ۶٪ افزایش بودجه) پیش‌بینی می‌شود بودجه لازم جهت ارائه خدمات مطلوب به دانشجویان تأمین گردد.

در رابطه با محدودیت‌های فازی مسئله نیز پس از بررسی‌های انجام شده مشخص شد خدمات کتابخانه، سلف پسران و دختران با افزایش تعداد دانشجویان به ۱۹۰۰ نفر همچنان سطح مطلوبیت ۱۰۰٪ خود را حفظ می‌کنند با این نکته که فاصله آن‌ها تا مرز چپ مطلوبیت کمتر می‌شود. برای نمونه در صورتی که تعداد کل دانشجویان به بیش از ۲۰۰۰ نفر برسد (طبق ترکیب جنسیتی فعلی) مطلوبیت سلف پسران رو به کاهش خواهد داشت و از محدوده مطلوبیت کامل خارج خواهد شد.

طبق نتایج ارائه شده می‌توان مشاهده نمود که مطلوبیت خوابگاه پسران حتی با کاهش تعداد دانشجویان به ۱۶۲۵ نفر نیز برابر با ۵/۶۱٪ برآورد شده است. شایان ذکر است طبق استانداردهای زندگی خوابگاهی (استانداردهای تعدیل‌شده دانشگاه‌های معتبر کشورهای

همسایه) درجه مطلوبیت وضعیت کنونی با حدود ۵۳۰ دانشجوی در فضای فعلی خوابگاه‌های پسران در محدوده مطلوبیت صفر است و در خوابگاه دختران نیز درجه مطلوبیت ۶/۶۵٪ می باشد. طبق آمار برای رساندن درجه مطلوبیت فضای خوابگاهی فعلی به مطلوب حداقلی (مرز راست ۱۰۰٪) لازم است فضاهای موجود برای پسران به میزان حدود ۳۲٪ و برای دختران حدود ۸٪ توسعه یابند.

در رابطه با مرکز کامپیوتر نیز بیان شد که با تعداد ۱۶۲۵ نفر مطلوبیت معادل ۷۵٪ است که محاسبات نشان می‌دهد در حالت فعلی (۱۹۰۰ نفر) مطلوبیت مرکز کامپیوتر از لحاظ استانداردهای مطرح شده حدود ۲۰٪ است و در نتیجه جهت رسیدن به مرز مطلوبیت ۱۰۰٪ در این زمینه باید فضا و امکانات مرکز کامپیوتر حداقل ۶/۲۶٪ رشد یابد. این موضوع در رابطه با خدمات تکثیر نیز صادق است به گونه‌ای که در حالت فعلی مطلوبیت آن حدود ۱۶٪ است و طبق محاسبات لازم است خدمات آن ۷/۳۵٪ رشد یابند تا به مرز ۱۰۰٪ مطلوبیت برسد.

پیشنهادات

- بررسی دقیق و جزئی‌تر نسبت به سطح کیفی هر یک از عناصر مورد توجه در این تحقیق. برای نمونه پارامترهای مؤثر بر کیفیت ارائه کتابخانه، سلف و غیره.
- انجام تحقیقی جهت تدوین استاندارد بومی و ایرانی در رابطه با فضاهای دانشگاهی.
- تهیه و تدوین مدلی جامع جهت برنامه‌ریزی جذب دانشجویان در دانشگاه علامه طباطبائی و یا در هر دانشکده به صورت مجزا.
- با توجه به اینکه در این تحقیق به دلایلی مانند برنامه جابه‌جایی محل دانشکده بررسی پارامترهایی مانند ظرفیت و تعداد کلاس‌ها در نظر گرفته نشد، پیشنهاد می‌شود پس از جابه‌جایی و امکان گردآوری اطلاعات لازم، محدودیت‌های مذکور به مدل اضافه شده و نقش آن بر نتایج تحلیل و بررسی گردد.
- به دلیل استفاده از اساتید مدعو و همچنین تغییرات متعددی که در تعداد اساتید دانشکده در ترم‌های مختلف تحصیلی صورت می‌گیرد، ارائه محدودیتی در این خصوص و در نظر گرفتن آن در مدل این تحقیق مناسب دیده نشد و این در حالی است که با توجه به تعدد و دردسترس

بودن اساتید به نظر می‌رسد محدودیت مذکور در صورت ارائه نیز محدودیت فعالی نباشد و تأثیر چندانی بر نتایج نگذارد. با این حال در دانشکده‌هایی که این امر محدودیت حس می‌شود و اطلاعات و داده‌های مربوطه پایدار و قابل تسری به سال‌های بعد نیز می‌باشد توصیه می‌شود این محدودیت در مدل مد نظر قرار گیرد.

منابع

- بشیری، مهدی؛ تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتشارات دانشگاه شاهد، چاپ اول، ۱۳۹۰.
- تشنه لب، محمد؛ صفارپور، نیما؛ افیونی، داریوش، سیستم‌های فازی و کنترل فازی، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، چاپ سوم، ۱۳۸۵.
- توکلی مقدم، رضا؛ اسلامی، شیدا؛ ارائه یک مدل ریاضی جدید برای برنامه زمان‌بندی نیروی انسانی و حل آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک؛ فصلنامه علمی و پژوهشی شریف، زمستان ۱۳۸۵، شماره سی و هشتم، ص. ۲۱-۳۱.
- خاتمی فیروزآبادی، علی؛ محتشمی، علی؛ رحیمی مزرعه شاهی، محسن؛ مدل‌سازی مسئله زمان‌بندی دوره‌های تحصیلی در یک مؤسسه آموزشی کوچک، فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، دانشگاه علامه طباطبائی، دانشکده مدیریت و حسابداری، شماره ۲۱، زمستان ۱۳۸۸.
- خاتمی فیروزآبادی، علی؛ تحقیق در عملیات (جلد اول)، ترجمه کتاب انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی، چاپ دوم، ۱۳۸۸. (این کتاب ترجمه‌ای است از: *Operations Research: an introduction (Hamdy, A. Taha)*).
- درویش متولی، محمد؛ درویش متولی، محمود؛ اسفندیار، محمد؛ ارائه یک مدل ریاضی جدید برای برنامه زمان‌بندی نیروی انسانی و حل آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک؛ مجله بین المللی علوم مهندسی علم و صنعت ایران، زمستان ۱۳۸۸، جلد ۳۴، ص. ۲۵-۱۹.
- رشیدی کمیجان، علیرضا؛ ارائه یک مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی تیم پرواز؛ فصلنامه پژوهشگر، زمستان ۱۳۸۸، شماره شانزدهم، ص. ۳۰-۴۵.
- عطایی، محمد؛ تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، چاپ اول، ۱۳۸۹.
- علوی، ابوالقاسم؛ یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی خطی برای بررسی تنگناهای نظام آموزش و پرورش ایران؛ پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، رشته مهندسی صنایع؛ دانشگاه صنعتی اصفهان؛ ۱۳۷۱.
- فرجی خورشیدی، حجت؛ طراحی مدل ریاضی تجزیه دنتزیگ-ولف تعیین تعداد دانشجویان ورودی در دانشگاه تربیت مدرس؛ پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، رشته مدیریت صنعتی؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۷۷.
- قدسی پور، سید حسن؛ فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ ششم، ۱۳۸۷.

مالکی، محمد مهدی؛ طراحی مدل ریاضی برای تجهیز هنرستان های فنی تهران؛ پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، رشته مدیریت صنعتی؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۷۳.

مرادی، علی؛ طراحی یک مدل ریاضی جهت تخصیص دانشجو به مراکز و مؤسسات آموزش عالی ایران؛ پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، رشته مهندسی صنایع؛ دانشگاه تهران؛ ۱۳۸۰.

نبیثی، محمد مهدی؛ زمان بندی نیروی انسانی در شرایط نوبت کاری در پخش سازمان صدا و سیما جمهوری اسلامی ایران؛ پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، رشته مهندسی سیستم های اقتصادی-اجتماعی؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۷۸.

یعقوبزاده فرد، جلیل؛ طراحی مدل ریاضی بهینه سازی حمل و نقل شهری در شرکت واحد اتوبوس رانی تبریز و حومه؛ پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، رشته مدیریت صنعتی؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۷۴.

Burke, E.K., Kingstone, J., and de Werra, D. (2004). "Applications to timetabling". Handbook of Graph Theory, Chapman and Hall, CRC Press, 445-474.

Carter, M.W., and Laporte, G. (1998). "Recent developments in practical course timetabling", The practice and theory of automated timetabling (Part II), Toronto, Canada, Lecture notes in computer science 1408, Springer-Verlag, 3-19.

Daskalaki, S., and Birbas, T. (2005). "Efficient solutions for a university timetabling problem through integer programming", European Journal of Operational Research, Vol. 160 (1), 106-120.

De Werra, D. (1996). "Some combinatorial models for course scheduling", The practice and theory of automated timetabling, 1st international conference on the practice and theory of automated timetabling (Part I), Edinburgh, U.K., Lecture notes in computer science 1153, Springer-Verlag, 296-308.

Junginger, W. (1986). "Timetabling in Germany-a survey", Interfaces, Vol. 16, 66-74.

Osman, A., Abo-Sinna, B., Amer, C., and Emam, C. (2004). "A multi-level non-linear multi-objective decision-making under fuzziness", Applied Mathematics and Computation, Vol. 153, 239-252.

Rudova, H., and Murray, K. (2003). "*University course timetabling with soft constraints*", The practice and theory of automated timetabling, 4th international conference on the practice and theory of automated timetabling (Part IV), Gent, Belgium, Lecture notes in computer science 2740, Springer-Verlag, 310-328.

Senthilkumar, P., and Rajendran, G. (2010). "*On the Solution of Fuzzy Linear Programming Problem*", International Journal of Computational Cognition, VOL. 8, NO. 3.

Schaerf, A. (1999). "*A survey of automated timetabling*", Artificial Intelligence Review, Vol. 13, 87-127.

Schmidt, G., and Strolin, T. (1979). "*Timetable Construction-an annotated bibliography*", The Computer Journal, Vol. 23 (4), 307-316.

Socha, K., Knowles, J., and Samples, M. (2002). "*A max-min ant system for the university course timetabling problem*", The 3rd international workshop on ant algorithms (ANTS 2002), Lecture notes in computer science 2463, Springer-Verlag, 1-13.

Taylor, B.W. (2011). "*Intoduction to Management Science*", Prentice Hall, 10th edition.

Tripathy, G. (1992). "*Computerized decision aid for timetabling-a case analysis*", Discrete Applied Mathematics, Vol. 35 (3), 313-323.

Youshikawa, M., Kaneko, K., Yamanouchi, T., and Watanabe, M. (1996). "*A constraint-based high school scheduling system*", IEEE Expert, Vol. 11 (1), 63-72.

Zimmermann, H. J. (1978). "*Fuzzy programming and linear programming with several objective functions*", Fuzzy Sets and Systems, 1:45-55.