ارائه مدلی دو هدفه برای حل مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی با در نظر گرفتن رضایتمندی اساتید: مطالعهٔ موردی

جواد بهنامیان*[1]، بهاره آقابابایی[2]، آرش نوبری[3]

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۸/۱۸

چکیده

مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی از جمله مسائلی است که اخیراً به صورت قابل ملاحظه‌ای مورد توجه دانشگاه‌ها و گروه‌های آموزشی قرار گرفته است. در این مقاله، مدلی دو هدفه برای یک مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های درسی ارائه شده است که از یک طرف به دنبال کمینه‌سازی هزینهٔ تخصیص دروس به اساتید در کلاس‌های موجود و در دوره‌های زمانی از روزهای مختلف هفته است و از طرف دیگر سعی دارد با کیمنه‌سازی مجموع زمان بیکاری اساتید در محیط دانشگاه، رضایتمندی اساتید را که همواره مورد توجه بوده است، افزایش دهد. همچنین در این مقاله، به منظور در نظر گرفتن هزینه‌های تخصیص دروس برخلاف مطالعات گذشته که مقادیری از پیش تعیین شده برای این ضرایب در نظر می‌گرفتند از رویکرد تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است که گروه‌های آموزشی تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا معیارهای مختلفی را برای اندازه‌گیری ضریب هزینه‌های تخصیص در نظر بگیرند. در نهایت به منظور بررسی کارایی مدل پیشنهادی یک مطالعهٔ موردی بر روی دپارتمان مهندسی صنایع دانشگاه بوعلی سینا همدان مورد انجام شده است. رویکرد مذکور امکان ایجاد اولویت میان روزهای هفته، دوره‌های زمانی در طول روز، کلاس‌های درس و حتی اساتید ارائه دهنده را فراهم می‌آورد. بعلاوه با استفاده از این رویکرد می‌توان فاصلهٔ خالی بین ارائهٔ کلاس‌های درس را کاهش داد و جابجایی دانشجویان میان کلاس‌ها را نیز به حداقل مقدار خود می‌رسد.

کلمات کلیدی: مسألهٔ زمانبندی درس‌های دانشگاهی، مدل چند هدفه، رویکرد تحلیل سلسله‌مراتبی، رضایتمندی اساتید.

---

۱. دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا؛ Behnamian@basu.ac.ir

۲. دانش‌آموخته مهندسی صنایع ، دانشکده مهندسی ، دانشگاه بوعلی سینا، bahar.aghababaei@yahoo.com

۳. دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا؛ arashnob@basu.ac.ir

۱- مقدمه

مسألهٔ زمانبندی از جمله مسائلی است که طی سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. این مسأله در زمینه‌های مختلفی در دنیای واقعی کاربرد دارد. یکی از جنبه‌های عملی که مسألهٔ زمانبندی در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارت از مسألهٔ زمانبندی دروس دانشگاهی است که به عنوان یک مسألهٔ پیچیدهٔ تصمیم‌گیری در ابتدای هر نیمسال تحصیلی برای گروه‌های آموزشی دانشگاه‌ها مطرح می‌شود. همواره گروه‌های آموزشی در دانشگاه‌ها با توجه به نیازها و قوانین آموزشی در پی ارائهٔ دروس و داشتن برنامهٔ زمانی مناسبی بوده‌اند که این مسأله در سال‌های اخیر بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته و امروزه به شکل یک مسألهٔ تصمیم‌گیری مطرح گردیده است. به وجود آمدن نرم‌افزارهایی که به ارائهٔ برنامه‌های زمانی پرداخته و مختص دانشگاه‌ها می‌باشد نظیر نرم‌افزار ILOC، خود نشان‌دهندهٔ اهمیت موضوع زمانبندی و پیچیدگی این موضوع می‌باشد [۴].

اساس یک برنامهٔ آموزشی در بسیاری از دانشگاه‌ها با استفاده از روش‌های آزمایشی و سعی و خطا ایجاد می‌گردد و در نهایت برنامه‌های ایجاد شده با تغییرات جزئی مورد استفاده قرار می‌گیرند، حال آنکه با استفاده از اصول مهندسی صنایع و آشنایی با مسألهٔ زمانبندی می‌توان این برنامه را به صورت سیستمی و در قالب یک مسألهٔ تصمیم‌گیری مورد بررسی قرار داد. هدف اصلی از مسألهٔ زمانبندی دروس دانشگاهی، ارائهٔ یک برنامهٔ زمانی مناسب برای دروس هر نیمسال با توجه به محدودیت‌های نیمسال مورد نظر از جمله محدودیت در ارائهٔ دروس توسط اساتید و زمان حضور هر یک از آن‌ها در دانشگاه، محدودیت‌های مربوط به کلاس‌ها و تجهیزات هر یک از آن‌ها، محدودیت مربوط به عدم همزمانی برخی از دروس در یک نیمسال و غیره می‌باشد [۶-۵].

با توجه به اهمیت موضوع طی سال‌های گذشته از رویکردهای مختلفی برای مدلسازی مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی استفاده شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به روش‌های مبتنی بر نظریهٔ گراف[۹-۷] ، مدلسازی ریاضی مسأله در قالب برنامه‌ریزی عدد صحیح و خطی [۱۱-۱۰] ، رویکردهای فازی مطالعهٔ جامعی برای مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی صورت گرفته است.

در بین رویکردهای ارائه شده، روش مدلسازی ریاضی مسألهٔ زمانبندی دروس دانشگاهی با توجه به سهولت و راحتی در فهم بیش از سایر رویکردها مورد توجه قرار گرفته است. این رویکرد مسألهٔ زمانبندی را به صورت یک مدل ریاضی که دارای یک تابع هدف ریاضی و تعدادی محدودیت است فرموله می‌کند. از آنجا که برنامه‌ریزی کلاس‌های درسی عمدتاً توسط گروه‌های آموزشی که ممکن است آشنایی با مفاهیم تخصصی نداشته باشند، انجام می‌گیرد، لذا رویکرد مدلسازی ریاضی که مسألهٔ واقعی را در قالب یک مدل ریاضی فرموله می‌کند، می‌تواند در عمل روش مناسبی برای استفاده باشد.

ارائهٔ مسألهٔ زمانبندی دروس دانشگاهی در قالب یک مدل ریاضی صفر و یک نخستین بار توسط داسکالکی مطرح شد [۱۶]. او سپس این مدل را به صورت یک مطالعهٔ موردی پیاده‌سازی نمود. از آن پس تحقیقات بسیاری به توسعهٔ مدل مذکور پرداخته و مسألهٔ زمانبندی را در قالب یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مورد بررسی قرار می‌دهند. حاجی یخچالی و همکاران مسأله زمابندی را در قالب یک مدل برنامه‌ریزی صفر و یک که به دنبال کمینه‌سازی هزینه‌های مربوط به تخصیص دروس به اساتید بوده فرموله کرده و ارجحیت اساتید برای تدریس درس‌های مختلف را در کنار محدودیت‌هایی نظیر ظرفیت کلاس‌ها، برنامهٔ حضور اساتید و غیره در نظر گرفته‌اند. همچنین می‌توان اشاره کرد که در قالب یک مدل برنامه‌ریزی صفر ویک، نارضایتی اساتید و دانشجویان را از برنامهٔ زمانبندی با توجه به ارجحیت اساتید در انتخاب دروس مورد بررسی قرار دادند. به منظور آشنایی با تحقیقات دیگر در این زمینه می‌توان به [۴] مراجعه کرد.

در این مقاله به ارائهٔ یک مدل ریاضی صفر و یک دو هدفه برای مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های درسی دانشگاهی می‌پردازیم. در این مدل سعی شده است علاوه بر تابع هدف کمینه‌سازی هزینه‌های برنامهٔ زمانبندی، به صورت همزمان، هدف دیگری شامل رضایت اساتید از برنامهٔ زمانی در نظر گرفته شود. از آنجا که برنامه زمانی حضور اساتید در دانشگاه در ابتدای هر ترم مشخص می‌شود، بسیاری از استادان ترجیح می‌دهند در طول زمان حضور خود در دانشگاه به صورت بهینه‌ای به کلاس‌ها تخصیص داده شده و کمترین زمان بیکاری

را در دانشگاه داشته باشند. به این منظور، در این مقاله معیاری برای در نظر گرفتن زمان بیکاری اساتید در دانشگاه در نظر گرفته شده است و کمینه‌سازی این معیار، به عنوان تابع هدف دوم در مسألهٔ زمانبندی دروس دانشگاهی در این مقاله مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

از طرف دیگر، در بسیاری از تحقیقات صورت گرفته که به محاسبهٔ هزینهٔ برنامهٔ زمانبندی پرداخته‌اند، از ضرایبی تحت عنوان ضریب هزینهٔ تخصیص دروس مختلف استفاده شده است. در عمدهٔ این تحقیقات ضرایب مذکور به عنوان پارامترهای ورودی مسأله بوده و مقادیر آن‌ها مشخص در نظر گرفته شده است [۱]. این در حالی است که ضرایب هزینه می‌توانند در فرآیند تصمیم‌گیری مؤثر بوده، لذا باید در تعیین مقدار هر یک از آن‌ها نهایت دقت را به کار برد. از این رو، در این مقاله سعی شده است با استفاده از رویکرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نخست به تعیین مقادیر ضرایب هزینه مربوطه پرداخته، سپس از این مقادیر به عنوان ورودی‌های مدل دو هدفه استفاده شود.

در این مقاله برخلاف مطالعات گذشته که ضریب هزینهٔ تخصیص را به صورت ورودی‌هایی مشخص در نظر می‌گرفتند، از رویکرد AHP به منظور در نظر گرفتن معیارهای مختلفی برای محاسبهٔ ضریب هزینهٔ تخصیص دروس استفاده خواهد شد. با بهره‌گیری از رویکرد پیشنهادی، گروه‌های آموزشی قادرند نظر دانشجویان، اساتید و شرایط کلاس را به عنوان معیارهای مختلف ارزیابی کلاس‌ها برای ارائهٔ دروس در نظر بگیرند. همچنین در این مقاله یک مدل ریاضی صفر و یک دو هدفه ارائه خواهد شد که علاوه بر تابع هزینهٔ متداولی که در مطالعات گذشته در این زمینه مورد استفاده قرار گرفته است، بیشینه‌سازی رضایتمندی اساتید از برنامهٔ آموزشی را از طریق کاهش زمان‌های بیکاری اساتید در محیط دانشگاه، به همراه دارد.

در ادامه مقاله، به این صورت ساختاربندی شده است: در بخش ۲ مدل ریاضی دوهدفهٔ پیشنهادی برای مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی ارائه می‌شود. همچنین در این بخش رویکردی به منظور محاسبهٔ ضریب هزینه معرفی می‌شود. در بخش ۳، یک مثال عددی واقعی برای مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی ارائه و حل شده است و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای تحقیقات آتی بیان شده است.

۲- تعریف مسئله

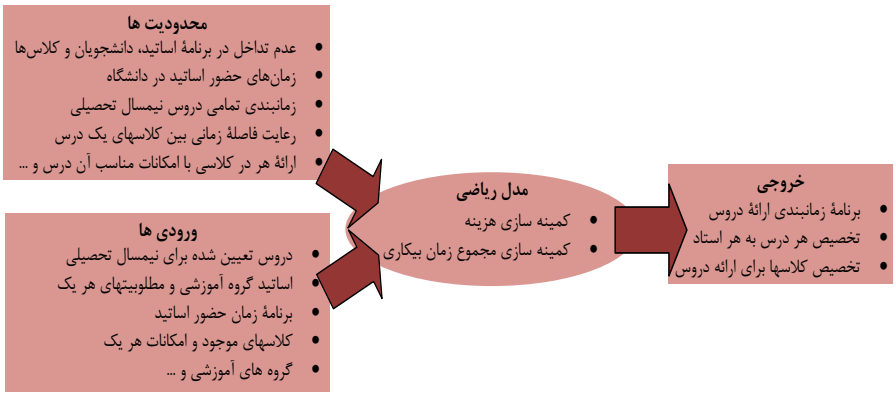
مسئلهٔ زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی طبق تعریف عبارت است از فرآیند تخصیص دروس دانشگاهی به زمان‌های مشخص از برنامه هفتگی با در نظر گرفتن کلاس مناسب و امکانات مورد نیاز ارائه دروس تعریف می‌گردد [۱]. در این گونه مسائل در نظر گرفتن تمامی محدودیت‌ها و شرایط حاکم بر مسئلهٔ واقعی و بررسی آن‌ها امری دشوار و شاید غیرممکن می‌باشد. از سویی فرضیات در نظر گرفته شده برای این مسئله دور از واقعیت نیست و بسیار وابسته به نحوهٔ ارائهٔ دروس در دانشگاه و چگونگی استفاده از منابع دانشگاهی برای زمانبندی کلاس‌ها است [۱].

در این مقاله یک مدل دو هدفه براس مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های درسی با توجه به محدودیت‌های نظیر زمان حضور اساتید در دانشگاه، ظرفیت مربوط به کلاس‌های درسی، تداخل برنامهٔ درسی دانشجویان و غیره ارائه خواهد شد. دو تابع هدف مسأله عبارتند از:

۱. حداقل نمودن هزینهٔ تخصیص: در این تابع هدف از یک طرف هزینهٔ تخصیص دروس به اساتید در نظر گرفته شده است و در عین حال از طرف دیگر با در نظر گرفتن ضریبی تحت عنوان ضریب هزینهٔ ارجحیت تردیس (p_{lm}) که نشان‌دهندهٔ علاقهٔ هر استاد برای تدریس درسی خاص است سعی می‌شود تا تخصیص دروس با مطلوبیت کمتر به هر استاد کمینه شود.

۲. حداقل نمودن مجموع زمان بیکاری همهٔ اساتید: از آنجا که اساتید در زمان‌های حضور خود در دانشگاه ترجیح می‌دهند، به صورت مفید مشغول به تدریس باشند، لذا در اینجا مجموع زمان بیکاری اساتید به صورت اختلاف مجموع زمان‌هایی که در تمام روزها و دوره‌های زمانی اساتید در دانشگاه حضور دارند و مجموع زمان‌هایی که در تمام روزها و دوره‌های زمانی مشغول به تدریس می‌باشند، تعریف می‌گردد. در نهایت سعی می‌شود، مجموع زمان بیکاری اساتید کمینه شود.

شکل (۱)، نمایی کلی از مدل مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های درسی را با توجه به ورودی‌های مسأله، محدودیت‌ها و خروجی‌ها ارائه می‌کند.



شکل (۱) نمای کلی مدل مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های درسی

۲-۱- پارامترها و متغیرهای تصمیم

در ادامه پارامترها و متغیرهای تصمیم مسأله معرفی می‌شوند.

M: مجموعهٔ دروس.

L: مجموعهٔ اساتید.

N: مجموعهٔ کلاس‌ها.

S: مجموعهٔ دروس از پیش برنامه‌ریزی شده شامل دروسی که از سایر دانشکده‌ها دریافت می‌شوند.

$M_l = \{m | m \in M\}$: مجموعهٔ دروسی که توسط استاد l ارائه می‌شوند.

$L_m = \{l \mid l \in L\}$: مجموعهٔ اساتیدی که درس m را ارائه می‌کنند.

$N_m = \{n \mid n \in N\}$: مجموعهٔ کلاس‌هایی که برای ارائهٔ درس m مناسب هستند.

a_{ij}: برابر یک است اگر استاد l در روز i و دورهٔ زمانی j آمادگی ارائه درسی را داشته باشد، در غیر اینصورت برابر صفر است.

b_{mp}: برابر یک است اگر دو درس m و p باید با هم در یک نیمسال قرار داشته باشند، در غیر اینصورت مقدار صفر می‌گیرد.

c_m: برابر یک است اگر درس m در نیمسالی که برای آن برنامه‌ریزی صورت می‌گیرد، ارائه گردد، در غیر اینصورت مقدار صفر می‌گیرد.

D_m: تعداد دوره‌های زمانی مورد نیاز برای ارائهٔ درس m به طور مثال، مقدار d_m برای دروس سه واحدی برابر ۲ می باشد.

e_{mn}: برابر یک است اگر کلاس n دارای امکانات مناسب برای ارائه درس m باشد، در غیر اینصورت مقدار صفر می گیرد.

f_{lm} : برابر یک است اگر استاد l مایل به ارائهٔ درس m باشد، در غیر اینصورت مقدار صفر می گیرد.

$s_{i,j,m,n}$: ضریب هزینهٔ تخصیص درس m در دورهٔ زمانی j از روز i در کلاس n که معیارهای مختلفی نظیر مطلوبیت دانشجویان، اساتید و غیره در آن مؤثر می‌باشند.

$p_{l,m}$: ضریب هزینهٔ ارجحیت تدریس درس m توسط استاد l که با توجه به مطلوبیت تدریس هر درس توسط استاد و بر اساس نظرسنجی از اساتید تعریف می‌شود.

$x_{i,j,l,m,n}$: متغیر تصمیم. برابر یک اگر درس m در کلاس n توسط استاد l در روز i و در دورهٔ زمانی j ارائه گردد، در غیر اینصورت برابر صفر.

$Y_{l,m}$: متغیر تصمیم. برابر یک اگر استاد l درس m را ارائه دهد؛ در غیر اینصورت برابر صفر.

۲-۲- مدل ریاضی مسأله زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی

در ادامهٔ یک مدل برنامه‌ریزی صفر و یک دو هدفه برای مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های درسی با توجه به محدودیت‌های مختلف ارائه می‌شود.

$$Min\ z_1 = \sum_{l\in L}\sum_{m\in M_l}\sum_{n\in N_m}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} s_{i,j,m,n}.x_{i,j,l,m,n} + \sum_{l\in L}\sum_{m\in M_l} p_{l,m}.y_{l,m} \qquad (۱)$$

$$Min\ Z_2 = \sum_{i\in I}\sum_{l\in L}\left\{\sum_{j\in J} a_{i,j,l} - \sum_{j\in J}\sum_{m\in M_l}\sum_{n\in N_m} x_{i,j,l,m,n}\right\} \qquad (۲)$$

$$s.t.$$

$$\sum_{m\in M_l}\sum_{n\in N_m} x_{i,j,l,m,n} \le 1 \qquad \forall i, j, l \qquad (۳)$$

$$\sum_{l\in L_m}\sum_{n\in N} x_{i,j,l,m,n} + \sum_{l\in L}\sum_{n\in N} x_{i,j,l,m,n} \le b_{mp} + 2\left(1-b_{mp}\right) \qquad \forall i, j, m, p \qquad (۴)$$

$$\sum_{l\in L}\sum_{m\in M_l} x_{i,j,l,m,n} \le 1 \qquad \forall i,j,n \tag{۵}$$

$$\sum_{m\in M_l}\sum_{n\in N} x_{i,j,l,m,n} \le a_{i,j,l} \qquad \forall i,j,l \tag{۶}$$

$$\sum_{n\in N_m}\sum_{l\in L_m}\sum_{j\in J}\sum_{i\in I} x_{i,j,l,m,n} = c_m.d_m \qquad \forall m \tag{۷}$$

$$\sum_{n\in N_m}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_{i,j,l,m,n} = d_m.f_{l,m}.y_{l,m} \qquad \forall m,l \tag{۸}$$

$$\sum_{l\in L_m} y_{l,m} = 1 \qquad \forall m \in M \tag{۹}$$

$$\sum_{n\in N} x_{i,j,l,m,n} + \sum_{n\in N} x_{i,j+1,l,m,n} \le 1 \qquad \forall i,j,m,l \in L_m \tag{۱۰}$$

$$\sum_{l\in L_m} x_{i,j,l,m,n} \le e_{m,n} \qquad \forall i,j,m,n \tag{۱۱}$$

$$x_{i,j,l,m,n} = 1 \qquad \forall (i,j,l,m,n) \in S \tag{۱۲}$$

$$x_{i,j,l,m,n} = \{0,1\}, Y_{l,m} = \{0,1\} \qquad \forall i,j,l,m,n \tag{۱۳}$$

رابطهٔ (۱) به دنبال کمینه‌سازی هزینهٔ تخصیص می‌باشد. عبارت اول در این تابع هدف مربوط به هزینهٔ تخصیص هر درس در هر دورهٔ زمانی از هر روز به اساتید و کلاس‌ها می باشد. عبارت دوم هم با توجه به علاقهٔ اساتید برای ارائهٔ هر درس، هزینهٔ تخصیص هر درس به اساتید را مشخص می‌کند. رابطهٔ (۲)، نشان‌دهندهٔ مجموع زمان بیکاری اساتید در دانشگاه است که عبارت اول در این رابطه بیانگر مجموع زمان‌هایی که اساتید در دانشگاه حضور دارند و قسمت دوم مجموع زمان‌هایی که اساتید به تدریس مشغول هستند. رابطهٔ (۳) تضمین می‌کند که یک استاد در یک دورهٔ زمانی، حداکثر در یک کلاس مشغول به تدریس باشد. رابطهٔ (۴) تضمین می‌کند که اگر قرار است دو درس در یک نیمسال ارائه شوند، با یکدیگر تداخل نداشته باشند. رابطهٔ (۵) نشان می‌دهد که هر کلاس در هر دورهٔ زمانی، حداکثر برای ارائهٔ یک درس در نظر گرفته می‌شود. رابطهٔ (۶)، محدودیت زمان‌های حضور اساتید در

دانشگاه را تضمین می‌کند. رابطهٔ (۷) تضمین می‌کند که تمامی دروس مشخص شده باید در نیمسال تحصیلی برنامه‌ریزی شوند. رابطهٔ (۸) تعداد جلسات مورد نیاز برای ارائهٔ یک درس را نشان می‌دهد. رابطهٔ (۹) نشان می‌دهد که هر درس فقط توسط یک استاد ارائه می‌گردد. رابطهٔ (۱۰) فاصلهٔ زمانی مورد نیاز برای ارائهٔ یک درس را تضمین می‌کند. این محدودیت که هر کلاس تنها زمانی برای ارائهٔ درسی انتخاب می‌شود که دارای امکانات مورد نیاز آن درس باشد در رابطهٔ (۱۱) در نظر گرفته شده است. رابطهٔ (۱۲) محدودیت مربوط به دروس از پیش برنامه‌ریزی شده است. رابطهٔ (۱۳) محدودیت‌های مربوط به متغیر تصمیم است.

۲-۳- رویکرد حل مسأله

از آنجا که مدل ارائه شده یک مدل دو هدفه است، به منظور حل مدل مورد نظر می‌توان روش Lp-metric را بکار برد. این روش که عمدتاً در مسائل تصمیم‌گیری‌های چند معیاره مورد بحث قرار می‌گیرد، از جمله روش‌هایی است که از طریق ترکیب اهداف، برای تبدیل یک مسألهٔ بهینه‌سازی چند هدفه به یک مسألهٔ تصمیم‌گیری تک هدفه مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۹-۲۰].

به منظور استفاده از روش Lp-metric ابتدا باید مسأله یک بار به صورت جداگانه به ازای هر یک از توابع هدف با در نظر گرفتن محدودیت‌های مسأله حل شود و مقادیر بهینه برای هر یک از اهداف $\left(f_i^*\right)$ بدست آید. سپس جهت تبدیل مسألهٔ بهینه‌سازی دو هدفه به مسألهٔ بهینه‌سازی تک هدفه، باید با استفاده از رابطهٔ (۱۴) تابع هدف جدیدی را در نظر گرفت که این تابع هدف سعی دارد مجموع انحرافات توابع هدف مختلف از مقادیر بهینه‌شان را کمینه سازد. در نهایت باید این تابع هدف (رابطهٔ (۱۴)) با توجه به محدودیت‌های مسأله حل می‌گردد. مدل نهایی مسألهٔ تک هدفه در ادامه آمده است:

$$Min\ \ Z_3 = \left(\sum_{i=1}^{2} \left(\frac{f_i^* - f_i}{f_i^*} \right) \right)^p \qquad (۱۴)$$

$$s.t.\ \ (۳)-(۱۳)$$

لازم به ذکر است که در رابطهٔ (۱۴)، p درجهٔ تأکید بر میزان انحراف است که در این مقاله $p=1$ در نظر گرفته شده است.

۲-٤- برآورد ضریب $s_{i,j,m,n}$ تابع هدف

همانطور که گفته شد، $s_{i,j,m,n}$ ضریب هزینه ارائهٔ درس m در روز i و در دورهٔ زمانی j در کلاس n می‌باشد. در تحقیقات گذشته مقایر عددی برای این ضرایب به صورت فرضی در نظر گرفته شده است و این در حالی است که در شرایط واقعی تعیین این ضرایب که در نتایج مسألهٔ زمانبندی مؤثر است، نیازمند تحلیل دقیق می‌باشد. در نتیجه در این مقاله به منظور افزایش دقت در تعیین ضرایب هزینه و همچنین در نظر گرفتن معیارهای مختلف برای در نظر گرفتن آن‌ها از رویکردی مشابه روش AHP برای محاسبهٔ این مقادیر استفاده شده است. روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) اولین بار توسط توماس ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ ارائه گردید. این روش بر پایه مقایسات زوجی استوار و بررسی گزینه‌های مختلف با توجه به معیارهای مختلف می‌باشد. در این روش شاخص‌های مختلف با هم به طور دو به دو مقایسه شده و سپس بر اساس یکی از روش‌های نرمال‌سازی و محاسبهٔ وزن، اوزان مربوط به دست می‌آید [۲].

در این مقاله نیز برای محاسبهٔ ضریب هزینه با در نظر گرفتن معیارهای مختلف از رویکردی مشابه روش AHP استفاده می‌گردد که در ادامه این رویکرد تشریح خواهد شد.

۲-٤-۱- محاسبهٔ ضریب هزینهٔ $s_{i,j,m,n}$

در این مقاله ابتدا ضریب مطلوبیت ارائهٔ یک درس در یک کلاس در یک دورهٔ زمانی از یک روز مشخص ($s'_{i,j,m,n}$) با توجه به معیارهای مختلفی نظیر علاقمندی دانشجویان، اساتید و غیره محاسبه می‌شود. سپس با توجه به اینکه ضریب مطلوبیت عاملی مثبت می‌باشد برای محاسبهٔ ضریب هزینه از رابطهٔ $s_{i,j,m,n}=1-s'_{i,j,m,n}$ استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که در این مقاله از آنجا که ارجحیت اساتید در تخصیص دروس با ضریب هزینهٔ جداگانهٔ p_{lm} در مدل ریاضی مسأله در نظر

گرفته شده است، لذا ضریب هزینهٔ $s_{i,j,m,n}$ به ازای اساتید مختلف یکسان بوده و تنها تحت أثیر دوره‌های زمانی و کلاس‌ها است. مراحل محاسبهٔ ضریب هزینه عبارتند از:

۱. تعریف معیارهای ارزیابی دوره‌های زمانی (کلاس‌ها) نظیر مطلوبیت اساتید، دانشجویان و غیره.

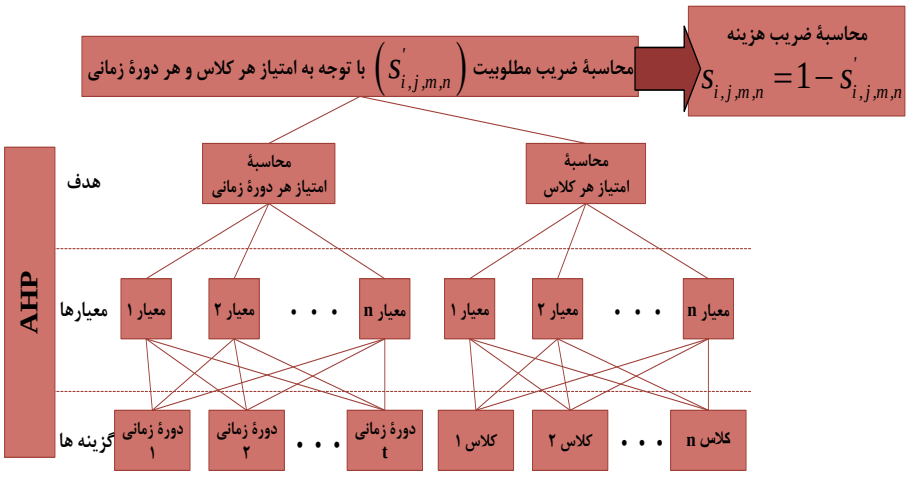
۲. محاسبهٔ امتیاز دوره‌های زمانی مختلف برای ارائهٔ هر درس در هر دورهٔ زمانی از روز، با توجه به مقایسات زوجی معیارهای تعریف شده به صورت دو به دو.

۳. محاسبهٔ امتیاز هر کلاس برای ارائهٔ درس با توجه به به مقایسات زوجی معیارهای تعریف شده به صورت دو به دو.

۴. محاسبهٔ مطلوبیت $s'_{i,j,m,n}$ با توجه به امتیاز دوره‌های زمانی و کلاس‌ها

۵. محاسبهٔ ضریب هزینه با استفاده از رابطهٔ $s_{i,j,m,n}=1-s'_{i,j,m,n}$.

شکل (۲)، به صورت کلی مراحل رویکرد پیشنهادی برای محاسبهٔ ضریب هزینهٔ را نشان می‌دهد.



شکل (۲) رویکرد محاسبهٔ ضریب هزینهٔ $s_{i,j,m,n}$

از جمله مزایای محاسبهٔ ضریب هزینه با استفاده از رویکرد مذکور در نظر گرفته معیارهای مختلف در ضریب هزینهٔ نهایی است. در نتیجه می‌توان نظر دانشجویان، اساتید و گروه آموزشی را به عنوانی معیارهایی در محاسبهٔ ضریب هزینهٔ نهایی لحاظ کرد. بر این

اساس این آزادی عمل برای گروه‌های آموزشی وجود خواهد داشت تا با در نظر گرفتن ضریب هزینه، به برنامه‌های زمانی دست یابند که در آن بیشتر دروس در چند کلاس مطلوب ارائه شده و در نتیجه جابجایی دانشجویان میان کلاس‌ها که همواره مورد نظر دانشجویان است، کمتر صورت گیرد.

۳- مطالعه موردی: دپارتمان مهندسی صنایع دانشگاه بوعلی سینا

به منظور ارزیابی مدل ارائه شده، در این قسمت بر اساس داده‌های واقعی جمع‌آوری شده از دپارتمان مهندسی صنایع دانشگاه بوعلی سینا، مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های درسی حل شده است. جدول (۱)، پارامترهای مثال مورد بررسی را نشان می‌دهد.

جدول (۱) پارامترهای مثال عددی

دروس نیمسال تحصیلی	احتمال، تحقیق در عملیات ۲، حمل و نقل، شبیه سازی، تجزیه و تحلیل تصمیم گیری، اقتصاد مهندسی، کنترل پروژه، ارزیابی کار و زمان، موجودی، تئوری مدیریت، مدیریت مالی و کاربرد کامپیوتر
کلاس های آموزشی	۱۰، ۱۹، ۲۵ و سمینار صنایع
اساتید	H، S، D، C، E، N، A،B
روزهای هفته	شنبه، یک شنبه، دوشنبه، سه شنبه و چهارشنبه
دوره های زمانی	۸-۱۰، ۱۰-۱۲، ۱۴-۱۶، ۱۶-۱۸، ۱۸-۲۰

۳-۱- محاسبهٔ ضریب هزینه

به عنوان مثال برای محاسبهٔ ضریب هزینهٔ درس تئوری احتمالات، قدم‌های زیر صورت گرفته‌اند.

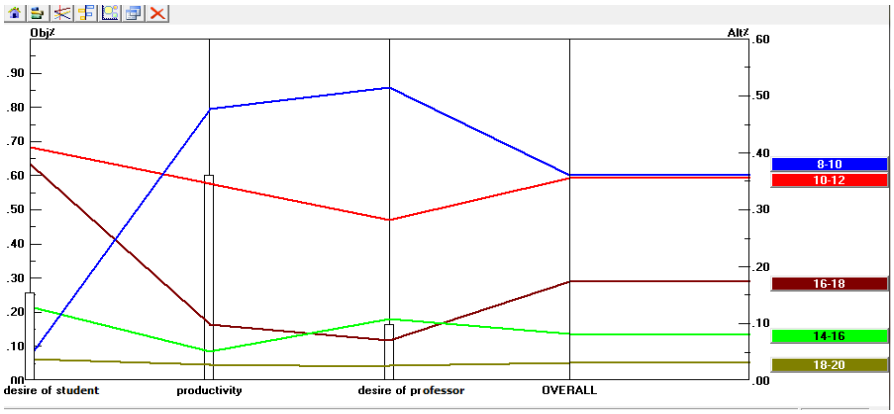
۱- تعریف معیارهای ارزیابی: سه معیار علاقه‌مندی دانشجو، بهروری، علاقه‌مندی اساتید برای ارزیابی دوره‌ها و کلاس‌های مورد نظر برای ارائه دروس در نظر گرفته شده‌اند.

۲- محاسبهٔ امتیاز هر دوره برای ارائهٔ درس تئوری احتمالات: برای مثال امتیاز هر دوره برای ارائهٔ درس تئوری احتمالات با استفاده از رویکرد تشریح شده در بخش ۲-۴ بر اساس

سه معیار علاقه‌مندی دانشجو، بهروری و علاقه‌مندی اساتید در جدول (۲) نشان داده شده است. شکل (۳) علاوه بر امتیاز کلی هر دوره، امتیازات هر دوره به ازای هر یک از سه معیار را نیز به صورت جزئی نمایش می‌دهد.

جدول (۲) امتیاز دوره‌های زمانی برای ارائه درس تئوری احتمالات مختلف با استفاده از روش AHP

دورهٔ زمانی	امتیاز
۱۰-۸	۰,۳۶
۱۲-۱۰	۰,۳۶
۱۴-۱۶	۰,۰۸
۱۶-۱۸	۰,۱۷
۱۸-۲۰	۰,۰۳



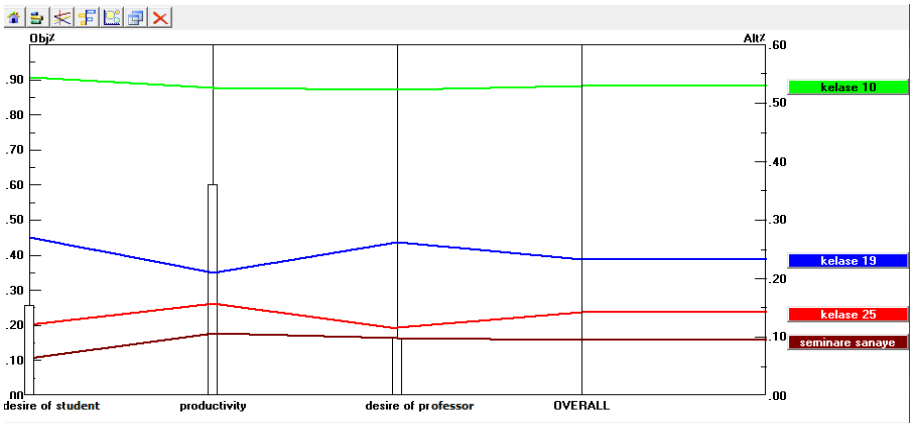
شکل (۳) نمودار درصد مطلوبیت دوره‌های زمانی برای ارائهٔ درس تئوری احتمالات بر اساس سه معیار علاقه‌مندی دانشجو، بهره‌وری و علاقه‌مندی اساتید

همانطور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، برای درس تئوری احتمالات، دورهٔ زمانی ۱۰-۸ و ۱۲-۱۰ اولویت بیشتری نسبت به سایر دوره‌ها دارند و لذا هزینهٔ کمتری بر سیستم تحمیل می‌کنند.

۳- محاسبهٔ امتیاز هر کلاس برای ارائهٔ درس تئوری احتمالات: به دست آوردن امتیاز هر کلاس با استفاده از روش تشریح شده در بخش ۲-۴ صورت گرفته و در نهایت جدول (۳) حاصل شده است. شکل (۴) نیز امتیاز هر کلاس به ازای هر معیار را به صورت جداگانه نشان می‌دهد.

جدول (۳) امتیاز کلاس‌ها برای ارائه درس تئوری احتمالات با استفاده از روش AHP

کلاس	امتیاز
۱۹	۰,۲۳
۲۵	۰,۱۴
۱۰	۰,۵۳
سمینار	۰,۱



شکل (٤) نمودار درصد مطلوبیت کلاس‌ها برای ارائهٔ درس تئوری احتمالات با در نظر گرفتن سه معیار علاقه‌مندی دانشجو، بهره‌وری و علاقه‌مندی اساتید

شکل (۴) نشان می‌دهد که کلاس ۱۰ امتیاز بیشتری نسبت به سایر کلاس‌ها دارد.

۴- محاسبهٔ ضریب مطلوبیت برای درس تئوری احتمالات در هر دوره و هر کلاس: با ضرب امتیاز هر دوره در امتیاز هر کلاس، ضریب مطلوبیت هر کلاس در آن دوره برای ارائهٔ درس

تئوری احتمالات محاسبه می‌شود. جدول (۴) ضریب مطلوبیت کلاس‌ها را در دوره‌های زمانی مختلف برای ارائهٔ درس تئوری احتمالات نشان می‌دهد.

جدول (٤) ضریب مطلوبیت کلاس‌ها در دوره‌های زمانی مختلف برای ارائهٔ درس تئوری احتمالات

کلاس	دوره				
	۱۰-۸	۱۲-۱۰	١٤-١٦	١٦-١٨	١٨-٢٠
۱۹	۰,۰۸۳	۰,۰۸۳	۰,۰۱۸۴	۰,۰۳۹۱	۰,۰۰۶۹
۲۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۱۱۲	۰,۰۲۳۸	۰,۰۰۴۲
۱۰	۰,۱۱۹	۰,۱۱۹	۰,۰۴۲۴	۰,۰۹۰۱	۰,۰۱۵۹
سمینار	۰,۰۳۶	۰,۰۳۶	۰,۰۰۸	۰,۰۱۷	۰,۰۰۳

همانطور که در جدول (۳) قابل مشاهده است، کلاس ۱۰ در تمام دوره‌ها امتیاز بیشتری نسبت به سایر کلاس ها دارد.

۵- محاسبهٔ ضریب هزینه: در نتیجه با توجه به رابطهٔ $\text{ضریب هزینه} = \left(\text{مطلوبیت ضریب} - ۱\right)$ جدول (۵) حاصل می‌شود که ضریب هزینهٔ هر کلاس در هر دورهٔ زمانی بر ای درس تئوری احتمالات را نشان می‌دهد.

جدول (۵) ضریب هزینهٔ کلاس‌ها در دوره‌های زمانی مختلف برای ارائهٔ درس تئوری احتمالات

کلاس	دوره				
	۱۰-۸	۱۲-۱۰	١٤-١٦	١٦-١٨	١٨-٢٠
۱۹	۰,۹۱۷	۰,۹۱۷	۰,۹۸۲	۰,۹۶۱	۰,۹۹۳
۲۵	۰,۹۵	۰,۹۹۵	۰,۹۸۹	۰,۹۷۶	۰,۹۹۶
۱۰	۰,۸۸۱	۰,۸۸۱	۰,۹۵۷۶	۰,۹۰۹۹	۰,۹۸۴
سمینار	۰,۹۶۴	۰,۹۶۴	۰,۹۹۲	۰,۹۸۳	۰,۹۹۷

مطابق آنچه که برای درس تئوری احتمالات گفته شد، ضریب هزینه سایر دروس نیز بدست می‌آید. این مقادیر به عنوان ورودی‌های مدل ریاضی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پس از محاسبهٔ ضرایب هزینه برای تمامی کلاس‌ها با توجه به معیارهای گفته شده، مدل ریاضی مربوط به مثال عددی مطابق آنچه که در بخش ۲-۲ گفته شد تشکیل می‌شود.

۳-۲- حل مدل ریاضی

در این مقاله به منظور حل مدل دو هدفهٔ حاصل، از رویکرد Lp-metric استفاده شده است. بدین صورت که ابتدا مسئله فقط با تابع هدف اول و به ازای تمامی محدودیت‌ها حل شده و مقدار بهینهٔ آن بدست آمده (مقدار بهینه تابع هدف اول $f_1^* = 34.83$)، سپس به طریق مشابه مقدار بهینهٔ تابع هدف دوم به ازای تمامی محدودیت‌ها بدست آمده (مقدار بهینه تابع هدف دوم $f_2^* = 114$) و در نهایت با استفاده از رابطهٔ (۱۴) مدلی تک هدفه با تابع هدف رابطهٔ (۱۴) و محدودیت‌های (۳) الی (۱۳) ایجاد شده است که سعی دارد مجموع انحرافات نسبی اهداف از مقدار بهینهٔ هر یک از اهداف را حداقل کند.

جدول (۶) برنامهٔ زمانبندی کلاس‌های درسی حاصل از حل مدل تک هدفه با استفاده از نرم‌افزار GAMS را نشان می‌دهد.

جدول (٦) برنامهٔ زمانبندی کلاس‌های درسی برای مثال عددی

دوره‌های زمانی		۸-۱۰		۱۰-۱۲		۱٤-۱٦		۱٦-۱۸		۱۸-۲۰	
روزهای هفته	کلاس	استاد	درس	استاد	درس	استاد	درس	استاد	درس	استاد	درس
شنبه	۱۹										
	۲۵										
	۱۰	H	شبیه‌سازی	D	تحقیق در عملیات۲	S	تئوری مدیریت	N	حمل‌ونقل		
	سمینار										
یکشنبه	۱۹										
	۲۵									S	مدیریت مالی
	۱۰	D	اقتصاد مهندسی	E	تجزیه‌وتحلیل تصمیم‌گیری	B	کاربرد کامپیوتر	C	کنترل پروژه		
	سمینار										
دوشنبه	۱۹										
	۲۵										
	۱۰	D	تحقیق در عملیات ۲	E	تجزیه‌وتحلیل تصمیم‌گیری	C	کنترل پروژه	N	حمل‌ونقل		
	سمینار										

دوره‌های زمانی		۸-۱۰		۱۰-۱۲		۱٤-۱٦		۱٦-۱۸		۱۸-۲۰	
روزهای هفته	کلاس	استاد	درس	استاد	درس	استاد	درس	استاد	درس	استاد	درس
سه‌شنبه	۱۹										
	۲۵										
	۱۰	H	شبیه‌سازی	B	تئوری احتمالات	A	ارزیابی کار و زمان	B	کنترل موجودی		
	سمینار										
چهارشنبه	۱۹										
	۲۵										
	۱۰	D	اقتصاد مهندسی	B	تئوری احتمالات	B	کنترل موجودی	A	ارزیابی کار و زمان		
	سمینار										

٤- نتیجه‌گیری

مسألهٔ زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی از جمله مسائلی است که محیط‌های آموزشی همواره با آن روبرو بوده‌اند. در این مقاله تلاش شده است با در نظر گرفتن مسئلهٔ زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی به صورت دو هدفه مدلی توسعه داده شود که از یک هزینهٔ ناشی از تخصیص دروس به کلاس‌ها و اساتید کمینه شود و از سویی دیگر رضایتمندی و مطلوبیت اساتید با توجه به زمان‌های بیکاری اساتید تا حد امکان برآورده گردد. تابع هدف دوم ارائه شده در مدل ریاضی که به دنبال افزایش رضایت اساتید با توجه به کمینه کردن مجموع زمان‌های بیکاری است و همچنین نحوهٔ بدست آوردن ضریب هزینهٔ ناشی از تخصیص دروس به دوره‌های زمانی و کلاس‌های مختلف با بهره‌گیری از رویکردی مشابه روش AHP از جمله نوآوری‌های این مقاله می‌باشد. رویکرد مذکور امکان ایجاد اولویت میان روزهای هفته، دوره‌های زمانی در طول روز، کلاس‌های درس و حتی اساتید ارائه دهنده را فراهم می‌آورد. بعلاوه با استفاده از این رویکرد می‌توان فاصلهٔ خالی بین ارائهٔ کلاس‌های درس را کاهش داد و جابجایی دانشجویان میان کلاس‌ها را نیز به حداقل مقدار خود می‌رسد.

مطالعهٔ حاضر را می‌توان توسعه داد، برای مثال می‌تواند اهداف دیگری نظیر رضایتمندی دانشجویان از برنامهٔ تحصیلی را در مسألهٔ زمانبندی در نظر گرفت. در این مقاله ضرایب هزینه در دوره‌های یکسان از روزهای مختلف، برابر در نظر گرفته شده است که می‌توان اثر روزهای مختلف در ضریب هزینه را به عنوان مورد دیگری برای توسعهٔ تحقیق حاضر پیشنهاد کرد.

منابع

۱. زنجیرانی فراهانی، ر.، حاجی یخچالی، س.، (۱۳۸۴). مدل عدد صحیح برای مسئله زمانبندی کلاسهای دانشگاهی یک مطالعه موردی، چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، تهران.

۲. مؤمنی، م.، (۱۳۸۹). مباحث نوین تحقیق در عملیات، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

3. Schaerf, A., (1999). A survey of automated timetabling. Artificial Intelligence Review, 13 (2), 87–127.
4. Babaei, H., Karimpour, J., Hadidi, A., (2015). A Survey of Approaches for University Course Timetabling Problem. Computers & Industrial Engineering, 86, 43-59.
5. Red, T. A., (2004). A Study of University Timetabling that Blends Graph Coloring with the Satisfaction of Various Essential and Preferential Conditions, Ph.D. Thesis, Rice University, Houston, Texas.
6. Asmuni, H., (2008). Fuzzy Methodologies for Automated University Timetabling Solution Construction and Evaluation. Ph.D. Thesis, School of Computer Science University of Nottingham.
7. Gotlib, C.C., (1963). The Construction of Class-Teacher Time-Tables. Proc. IFIP Congress, 62, 73-77.
8. DeWerra, D., (1985). An Introduction to TimeTabling. European Journal of Operational Research, 19, 151-162.
9. Hafizah, A.R., Zaidah, I., (2010). Bipartite Graph Edge Coloring Approach to Course Timetabling. IEEE, 229-234.
10. Aubin, J., Ferland, J.A., (1989). A large scale timetabling problem. Computers and Operations Research, 16, 67-77.
11. Lewis, M.R.R., (2006). Metaheuristics for University Course Timetabling. Ph.D. Thesis, Napier University.
12. Obit, J.H., (2010). Developing Novel Meta-heuristic, Hyper-heuristic and Cooperative Search for Course Timetabling Problems. Ph.D. Thesis, School of Computer Science University of Nottingham.
13. Amintoosi, M., Haddadnia, J., (2005). Fuzzy C-means Clustering Algorithm to Group Students in A Course into Smaller Sections. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 147–160.
14. Golabpour, A., Mozdorani Shirazi, H., Farahi, A., Kootiani, M., Beige H., (2008). A fuzzy solution based on Memetic algorithms for timetabling. IEEE International Conference on MultiMedia and Information Technology, 108-110.
15. University Course TimeTable Problem. International Journalo of Advance in Soft Computing and Application., 2(1).
16. Daskalaki, S., Birbas, T., (2005). Efficient solutions for a university timetabling problem through integer programming. European Journal of Operational Research, 160 , 106–120.
17. Daskalaki, S., Birbas T., Housos E., (2004). An integer programming formulation for a case study in university timetabling. European Journal of Operational Research, 153 , 117–135.

18. Bakir, M. A., Aksop, C., (2008). A 0-1 integer programming approach to a university timetabling problem. Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics, 37 (1), 41-55.
19. Asgharpour, M. J., (1998). Multiple Criteria Decision Making. Tehran, Tehran University Press.
20. Deb, K., (2001). Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms. New York: Wiley.
21. GAMS Development Corporation., (2013). General Algebraic Modeling System (GAMS). Washington DC, USA.

A bi-objective Model for a University Course Time Tabling Problem Considering Professors Satisfaction: A Case Study

Javad Behnamian*[1], Bahareh Aghababaei[2], Arash Nobari[3]

Received: 17/03/2019 Accepted: 09/11/2019

Abstract

Context: Among the various aspects of human problems, morality and ethics have a special position. From the beginning, economic review have emphasized the role of ethics on explaining and setting up economic theory, and economics born in moral philosophy bed. According to the association,purpose of research is 144 country categorized based on Global Competitiveness Index.

Method: In this research based on the extracted feature from competitive global index, classification countries are considered in 144 countries while ethical features is divided in 5 subsets which is defined Individual , small groups , Business ,and king ethics and all of the subsets. This study is executed on data mining which is K means algorithm.

Finding: rank of Iran is second in personal and Social network ethics ,and is fourth in Corporate and small group and rulers ethics and Morality . rank of Developed countries e.g. America and Britain is first in Morality ,and Malaysia which is Islamic country is first in all categorize except personal ethic.

Results: The results show that the developed countries from the developing world have better grades.result of this research is categrized countries based on ethics nevertheless such studies can help explain to growth and economic development causes.

Key words: Business Ethics, Moral Economy, Ethics and Economics, Ranking Ethical countries,

---

1. Associate Professor, Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. Behnamian@basu.ac.ir
2. BSc, Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. bahar.aghababaei@yahoo.com
3 . PhD, Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. arashnob@basu.ac.ir