مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال هجدهم، شماره سوم (پیاپی ۷۰)، پاییز ۰۰، ص ص ۳۰-۱۵
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

مدل‌سازی چند هدفه زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی با در نظر گرفتن دوره تناوب دو هفته‌ای: مطالعه موردی

سکینه بیگی[۱]، الهام بصیری[۲*]

۱- مربی، دانشگاه کوثر بجنورد، گروه مهندسی صنایع، بجنورد، ایران

۲- استادیار، دانشگاه کوثر بجنورد، گروه ریاضیات و کاربردها، بجنورد، ایران

رسید مقاله: ۳۰ فروردین ۱۳۹۸

پذیرش مقاله: ۲۲ فروردین ۱۴۰۰

چکیده

تهیه جدول زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی یک فرآیند تصمیم‌گیری بسیار زمانبر است که در هر نیمسال تحصیلی در مراکز آموزش عالی و با در نظر گرفتن محدودیت‌های بسیاری انجام می‌شود. در این تحقیق، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی چندهدفه برای زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی ارایه شده است. تابع هدف این تحقیق شامل سه تابع کمینه‌سازی مجموع اختلاف زمان آغاز و پایان کلاس‌ها در هر روز برای گروه‌های مختلف دانشجویان، بیشینه‌سازی مطلوبیت حاصل از ارایه درس‌ها و کمینه‌سازی تعداد درس‌هایی است که فاصله بین جلسه‌های آن‌ها کمتر از یک روز است. محدودیت‌های مساله شامل محدودیت‌های مربوط به عدم تداخل برنامه‌ی استادان، کلاس‌ها و دانشجویان و همچنین محدودیت‌های مربوط به نحوه ارایه درس‌های مختلف است. در مدل پیشنهادی تحقیق، نحوه ارایه درس‌های سه واحدی با دوره تناوب دو هفته‌ای در نظر گرفته شده است. در پایان، کارایی مدل پیشنهادی تحقیق با استفاده از نرم‌افزار گمز برای یک مثال واقعی نشان داده شده است.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی چندهدفه، بهینه‌سازی، زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی، دوره تناوب دو هفته‌ای.

۱ مقدمه

طراحی و پیاده‌سازی سیستم زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی که منطبق با نیازهای دانشجویان و قوانین آموزشی باشد، موردنیاز بسیاری از مراکز آموزش عالی است. در بسیاری از دانشگاه‌ها تهیه جدول زمان‌بندی درس‌ها با صرف زمان قابل توجهی به صورت دستی انجام می‌شود. در تهیه یک برنامه زمان‌بندی مناسب علاوه بر رعایت بسیاری از محدودیت‌ها، بایستی رضایت و مطلوبیت مورد انتظار دانشجویان و استادان نیز مدنظر قرار گیرد. مساله تهیه جدول زمان‌بندی کلاس‌های درسی از جمله مسایل بهینه‌سازی تحقیق در عملیات است. در حالت کلی روش‌های حل مسایل بهینه‌سازی را می‌توان به دو دسته الگوریتم‌های دقیق والگوریتم‌های تقریبی تقسیم‌بندی

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: elham_basiri2000@yahoo.com

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]

[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

کرد؛ الگوریتم‌های دقیق با صرف زمان و هزینه بیشتری به جواب بهینه‌ی مساله دست می‌یابند. به علاوه در این روش‌ها یا تمامی جواب‌های ممکن مورد بررسی قرار گرفته، سعی می‌شود از میان آن‌ها بهترین جواب به‌دست آید و یا اینکه جواب‌ها دسته‌بندی شده، در هر مرحله دسته‌ای از جواب‌ها به علت دلایل منطقی کنار گذاشته می‌شود. در مقابل، الگوریتم‌های تقریبی در یک زمان اندک به جواب می‌رسد، هرچند که ممکن است جواب مربوطه متناسب با اندازه‌ی مساله، دارای دقت کمتری نسبت به جواب الگوریتم‌های دقیق باشد. این روش‌ها خود به سه دسته الگوریتم‌های ابتکاری، فرابتکاری و ترکیبی دسته‌بندی می‌شود [۱]. برای مطالعه جزئیات بیشتر درمورد روش‌های حل مسایل خطی و غیرخطی بهینه‌سازی می‌توان به [۲] مراجعه کرد.

تاکنون پژوهش‌گران زیادی مساله بهینه‌سازی زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی را مورد مطالعه قرار داده‌اند. به‌عنوان مثال، در تحقیق [۳] نویسندگان با معرفی روشی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک از آن برای حل مساله بهینه‌سازی جدول زمانی درس‌های دانشگاهی استفاده کرده‌اند و روش پیشنهادی خود را برای تعیین زمان‌بندی درس‌های یک دانشکده فرضی به کار برده‌اند. آن‌ها سپس مقایسه‌ای را بین الگوریتم ژنتیک پیشنهادی و الگوریتم ژنتیک معمولی انجام داده‌اند و نقاط قوت الگوریتم پیشنهادی را ارایه کرده‌اند. پژوهش‌گران دیگری برای حل مساله برنامه‌ریزی درس‌ها از الگوریتم‌های جستجوی محلی استفاده کرده‌اند و یک برنامه هفتگی که محدودیت‌های سخت در آن رعایت شده است، را بهبود داده‌اند. الگوریتم‌های مورد استفاده در این پژوهش، الگوریتم تپه‌نوردی اولین انتخاب، الگوریتم شبیه‌سازی حرارت و الگوریتم بهینه‌سازی تکراری تصادفی با همسایگی‌های ترکیبی بوده‌اند. در نهایت، برای ارزیابی این الگوریتم‌ها از داده‌های واقعی مربوط به یک نیمسال تحصیلی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شاهد بهره برده‌اند [۴].

یک مدل ریاضی صفر و یک برای مساله زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی با در نظر گرفتن ترجیح‌های استادان در مورد بازه‌های زمانی و موضوع‌های درسی و همچنین دسترس‌پذیری درس‌ها برای دانشجویان در [۵] انجام شده است. در این پژوهش ابتدا کلیه درس‌ها اعم از دو یا سه واحدی در بازه‌های زمانی متناسب با درس‌های سه واحدی برنامه‌ریزی شده‌اند که این کار تعداد متغیرها و محدودیت‌های مساله را کاهش داده است. سپس جواب به‌دست آمده به‌عنوان ورودی مدل‌های خطی صفر و یک جدید استفاده شده است. در این مدل‌ها با جابه‌جایی مجدد درس‌های دو واحدی در بازه‌های مجاز، جواب حاصل ارتقا یافته است. دو الگوریتم فرابتکاری کلونی مورچگان و شبیه‌سازی تبرید برای حل مساله به‌کار گرفته شده است [۵].

در پژوهش [۶] دو مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح برای مساله زمان‌بندی کلاس‌های درسی ارایه شده است. سپس دو مدل با استفاده از نرم‌افزار گمز مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. مدل اول این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مبتنی بر متغیر و مدل دوم یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مبتنی بر فعالیت است. به‌طوری که در مدل دوم تعداد متغیرهای تصمیم به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. نتایج نشان داده است که مدل دوم توانایی مدل‌سازی مساله‌های با اندازه‌های بزرگ را داشته و از پیچیدگی اندازه و محاسباتی کمتری برخوردار است. در انتها، این مدل برای زمان‌بندی درس‌های یک نیمسال تحصیلی در دانشکده اقتصاد و علوم

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

اداری دانشگاه اصفهان پیاده‌سازی شده است [۶]. پژوهشی مشابه با توسعه مدل ارایه شده در [۶] با سعی در کاهش تعداد متغیرها در مدل مبتنی بر فعالیت، کارایی محاسباتی مدل را افزایش داده است [۷].

در پژوهش [۸] از رویکرد برنامه‌ریزی محدودیت برای حل مساله زمان‌بندی استفاده شده است. در مدل پیشنهادی این تحقیق، از تابع هزینه‌ای برای حداقل‌سازی تخطی از محدودیت‌های نرم استفاده شده است. ضرایب این تابع هزینه از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه شده‌اند. در نهایت مدل پیشنهادی برای گروه مدیریت دانشگاه اصفهان اجرا شده است. در پژوهش [۹] نیز نویسندگان به ارایه یک مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی درس‌های دانشگاهی پرداختند که علاوه بر ارضای محدودیت‌هایی از قبیل عدم تداخل در برنامه استادان، عدم تشکیل هم‌زمان دو گروه از یک درس، ترجیح استادان هیات علمی به حق‌التدریس و حداکثر تعداد مجاز درس ارایه شده برای هر استاد در هر روز، کیفیت برنامه‌ریزی آموزشی را نیز در نظر گرفته است. آن‌ها یکی از ابعاد ارزیابی کیفیت را با دو محدودیت ارایه تمام گروه‌های یک درس و حداقل‌سازی دروس ارایه شده در دوره آخر هر روز در نظر گرفتند. در مدل پیشنهادی این تحقیق محدودیت‌های دیگری از قبیل عدم تداخل محل تشکیل کلاس‌ها، ظرفیت محل تشکیل کلاس‌ها، ظرفیت استادان برای تدریس و برگزاری همزمان درس‌های پیش‌نیاز و پس‌نیاز در نظر گرفته شده است. در پایان، برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی یک مثال عددی با نرم‌افزار لینگو حل شده است. در پژوهش [۱۰] یک مدل ریاضی دوهدفه با در نظر گرفتن ترجیح‌های دانشجویان و استادان طراحی شده است. تابع هدف اول این مدل حداکثرسازی ترجیحات استادان را شامل می‌شود و در تابع هدف دوم حداکثرسازی ترجیحات دانشجویان در نظر گرفته شده است. به‌دلیل پیچیدگی مدل پیشنهادی، مدل با روش‌های مرسوم مسایل غیرخطی قابل حل نیست و نویسندگان از الگوریتم فراابتکاری شبیه‌سازی تبرید برای حل مدل بهره گرفته‌اند.

در خارج از ایران نیز پژوهش‌های مشابهی تاکنون انجام شده است. به‌عنوان مثال، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح برای تخصیص درس‌ها به بازه‌های زمانی و کلاس‌ها در پژوهشی ارایه شد. هدف مدل ارایه شده، بیشینه‌نمودن مطلوبیت تخصیص برنامه‌های آموزشی به بازه‌های زمانی بود [۱۱]. پژوهشی دیگر با ارایه یک مدل صفر و یک و تعریف یک تابع هزینه خطی به مطالعه زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی پرداخت. در این تحقیق، مطلوبیت تخصیص درس‌ها به بازه‌های زمانی مختلف متفاوت فرض شد و برای تخصیص درس‌ها به بازه‌های زمانی هزینه‌ای در نظر گرفته شد و هدف کمینه‌کردن این هزینه تعریف شد [۱۲]. در پژوهشی دیگر یک الگوریتم جست‌وجوی ممنوع تطبیقی برای حل مساله زمان‌بندی درس‌ها ارایه داده شد. نتایج بهینه بودن این الگوریتم با پیاده‌سازی یک مجموعه داده‌ی مشخص به همراه مقایسه‌ی آن با سایر الگوریتم‌ها نیز در این پژوهش ارایه شده است [۱۳]. پژوهش‌گران دیگری مدلی برای حل مسایل زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی با استفاده از برنامه‌ریزی عدد صحیح ارایه داده‌اند. در این پژوهش، تابع هدف، انعکاس ترجیح‌های دانشجویان و استادان در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از پژوهش نشان‌دهنده‌ی ارضای تمامی محدودیت‌های سخت و نرم بود [۱۴].

در پژوهش [۱۵] زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی با استفاده از الگوریتم جستجوی همسازی ارایه‌شده است. سپس، کارایی الگوریتم با داده‌های چند نمونه واقعی از دانشگاه نیپر و در اندازه و محدودیت‌های مختلف

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

مورد بررسی قرار گرفته است. درنهایت، نتیجه‌های حاصل با برخی الگوریتم‌های دیگر از جمله جستجوی ممنوع مورد مقایسه قرار گرفته است. در پژوهش دیگری نویسندگان برنامه‌ریزی درس‌های دانشگاهی را مورد مطالعه قرار داده‌اند که با وجود حجم بالای مساله، برای حل آن روش‌های دقیق استفاده شده است. در پایان مدل طراحی شده با استفاده از اطلاعات دانشگاه اوکلند پیاده‌سازی شده است [۱۶]. در تحقیق [۱۷] با استفاده از روشی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی به نحوی انجام شده است که مصرف انرژی در کلاس‌های درس کمینه شود. نتایج به دست آمده با استفاده از اطلاعات دانشکده هنرهای لیبرال در دانشگاه ملی سئول در کره جنوبی نشان داده است که با استفاده از مدل پیشنهادی تحقیق مصرف انرژی در ساختمان‌های درسی تا ۵ درصد کاهش داشته است. در [۱۸] نویسندگان مساله زمان‌بندی را به دو بخش زمان‌بندی و تخصیص کلاس تقسیم کرده‌اند. آن‌ها از الگوریتم بندر برای تولید شکاف‌هایی که زمان‌بندی و تخصیص کلاس را به هم مرتبط می‌کند، استفاده کرده‌اند. در نهایت الگوریتم ارایه‌شده با سایر روش‌های موجود مورد مقایسه قرار گرفته است. با به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک پژوهش‌های دیگری به حل مساله زمان‌بندی درس‌های دانشگاهی پرداخته‌اند [۱۹ و ۲۰].

از آن‌جا که مساله زمان‌بندی کلاس‌های دانشگاهی از اهمیت زیادی برخوردار است، هر روشی که باعث بهبود جدیدی شود درخور توجه خواهد بود. درس‌های سه واحدی در بسیاری از دانشگاه‌ها به صورت یک جلسه ثابت در هفته و یک جلسه هفته در میان برگزار می‌شوند. اما این نحوه برگزاری جلسه‌های درس در مقاله‌هایی که تاکنون منتشر شده‌اند، در نظر گرفته نشده است. عدم پراکندگی برنامه هفتگی دانشجویان نیز از جمله هدف‌های مهمی است که در برنامه‌ریزی درس‌های هر نیمسال تحصیلی در مراکز آموزش عالی مورد توجه قرار می‌گیرد. این هدف مهم در تحقیق‌هایی از جمله تحقیق [۱۳] دیده شده است اما نحوه مدل‌سازی این تحقیق منجر به ارایه مدلی ریاضی با تابع هدف و محدودیت‌های غیرخطی شده است. در تحقیق [۲۱] نیز با به کاربردن مفهومی مشابه، از روشی مبتنی بر الگوریتم جستجوی همسایگی متغیر[1] که یک روش جستجوی محلی است برای کمینه‌سازی تعداد حفره‌های زمانی بین کلاس‌ها و کمینه‌سازی درس‌های جدا افتاده در هر نیم‌روز استفاده شده است.

مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی ارایه‌شده در تحقیق حاضر شامل مهم‌ترین هدف‌هایی است که مدیران گروه‌های آموزشی برای برنامه‌ریزی در هر نیمسال تحصیلی در نظر می‌گیرند و به دلیل ماهیت پیچیده این مساله و وجود محدودیت‌های فراوان با وجود صرف زمان قابل توجه ممکن است به سطح مطلوبی از این اهداف دست نیابند. مدل ریاضی ارایه‌شده در این تحقیق شامل سه تابع هدف کمینه‌سازی مجموع اختلاف زمان بین آغاز تا پایان کلاس‌های هر گروه از دانشجویان در هر روز، بیشینه‌سازی مطلوبیت حاصل از تخصیص درس‌ها به بازه‌های زمانی مختلف و کمینه‌سازی تعداد درس‌های سه واحدی که فاصله بین جلسه‌های آن‌ها در یک هفته کمتر از یک روز است، می‌شود. کارایی مدل پیشنهادی با استفاده از اطلاعات یک مثال واقعی نشان داده شده است.

[1] Variable Neighborhood Search (VNS)

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

این مقاله در پنج بخش تهیه شده است. در بخش ۲ به بیان مساله، نمادگذاری و محدودیت‌های مساله پرداخته شده است. مدل‌سازی مساله در بخش ۳ ذکر شده است. در بخش ۴ یک مثال عددی واقعی که داده‌های مربوط به یک نیمسال تحصیلی گروه مهندسی صنایع دانشگاه کوثر بجنورد است، بررسی شده است. در پایان پیشنهادها و نتایج حاصل از این تحقیق در بخش ۵ ارایه شده است.

۲ بیان مساله

مدیران گروه در دانشگاه‌ها در هر نیمسال تحصیلی با صرف زمان زیادی برنامه‌ریزی درس‌های دانشگاهی را انجام می‌دهند. برنامه‌ریزی درس‌ها در رشته‌های تحصیلی که شامل چندین گروه دانشجو و دانشجویانی با شرایط تحصیلی خاص هستند (دانشجویانی که به دلایل مختلف از جمله پاس نشدن درس‌های پیشنیاز، برنامه پیشنهادی هر نیمسال تحصیلی را رعایت نکرده‌اند) سخت‌تر خواهد بود. درس‌های ارایه‌شده در گروه‌های مختلف معمولا شامل درس‌های یک واحدی، دو واحدی و سه واحدی هستند. درس‌های یک واحدی و دو واحدی یک جلسه در هفته و درس‌های سه واحدی معمولا به صورت یک جلسه ثابت و یک جلسه هفته در میان تشکیل می‌شوند. استادان معمولا مایلند که جلسه‌های یک درس در طول هفته دارای حداقل یک روز فاصله باشد. با این حال با توجه به محدودیت‌های بسیاری که در زمان‌بندی درس‌ها وجود دارد، ممکن است این ترجیح برای برخی از درس‌ها رعایت نشود. علاوه براین، مدیران گروه اغلب در تلاش هستند تا برنامه گروه‌های مختلف دانشجویان در هر روز طوری تنظیم شود که زمان بیکاری دانشجویان بین جلسه‌های درس هر روز زیاد نباشد. برای یادگیری بهتر برخی درس‌ها، زمان‌هایی برای ارایه درس پیشنهاد می‌شوند که هر کدام از آن‌ها مطلوبیت متفاوتی دارند. در مدل ریاضی ارایه‌شده در این تحقیق معیارهای ذکر شده برای تهیه برنامه درسی دانشجویان در نظر گرفته شده است.

تابع هدف این تحقیق شامل سه تابع کمینه‌سازی مجموع اختلاف زمان پایان آخرین کلاس و زمان آغاز اولین کلاس در هر روز برای گروه‌های مختلف دانشجویان، بیشینه‌سازی مطلوبیت حاصل از ارایه درس‌ها و کمینه‌سازی تعداد درس‌هایی که فاصله بین جلسه‌های آن‌ها کمتر از یک روز است، می‌شود.

فرض‌های عمده مساله عبارتند از:

۱) درس‌های یک واحدی و دو واحدی یک جلسه در هفته برگزار می‌شوند و زمان برگزاری آن‌ها در هفته زوج و هفته فرد مشابه هم است.

۲) درس‌های سه واحدی به صورت یک جلسه ثابت و یک جلسه متغیر در دو هفته متوالی برگزار می‌شوند و زمان برگزاری جلسه ثابت آن‌ها در هفته زوج و هفته فرد مشابه هم است.

۳) دوره‌های زمانی در طول هفته شامل ۶ جلسه درسی از ۸ صبح الی ۸ بعدازظهر در روزهای شنبه تا چهارشنبه به علاوه زمان نماز و ناهار است.

برخی از محدودیت‌های مساله که بایستی رعایت شوند، عبارتند از:

۱) در یک روز، ساعت و کلاس مشخص حداکثر یک استاد، یک درس را تدریس می‌نماید.

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

۲) هر استاد در روز و ساعت مشخص حداکثر در یک کلاس حضور دارد و یک درس را تدریس می‌نماید.
۳) در هیچ کلاسی هم‌زمان بیش از یک درس تدریس نمی‌شود.
۴) ساعت‌های اعلام‌شده استادان برای ارایه درس‌هایشان رعایت می‌شود.
۵) کلاس باید ظرفیت و شرایط (ویدیو پروژکتور و ...) مورد نیاز برای ارایه درس را داشته باشد.
۶) زمانی یک درس در روز و ساعت مشخص به یک کلاس تخصیص می‌یابد که در آن روز و ساعت مشخص، آن کلاس در دسترس باشد.

ورودی‌های مساله شامل اطلاعاتی است که برای حل مساله مورد نیاز است. این اطلاعات بایستی از آموزش دانشکده، استادان و دانشجویان جمع‌آوری شود و شامل موارد زیر است:

۱) درس‌های ارایه‌شده در هر نیمسال: مجموعه درس‌هایی که نیاز است تا در نیمسال تحصیلی ارایه شوند شامل کد درس، تعداد واحد درس، ساعت‌های مورد نیاز برای ارایه درس و ظرفیت مورد نظر برای برگزاری درس باید مشخص شود.
۲) استادان ارایه‌دهنده درس‌ها: بایستی مشخص شود که هر درس را چه استادانی می‌توانند ارایه دهند.
۳) امکانات مورد نیاز ارایه درس‌ها: اگر برای درسی امکانات خاصی از قبیل ویدیو پروژکتور و غیره لازم است، به عنوان ورودی ذکر می‌گردد.
۴) ساعت پیشنهادی استادان: هر یک از استادان زمان‌هایی را برای حضور در کلاس‌های درس مدنظر دارند که این زمان‌ها به عنوان ورودی مساله در نظر گرفته می‌شود.
۵) تعداد گروه‌های مختلف دانشجویان: دانشجویانی که دارای شرایط انتخاب واحد مشابهی هستند، به عنوان یک گروه در نظر گرفته می‌شوند.
۶) درس‌های انتخابی توسط گروه دانشجویان: مجموعه درس‌هایی که برای هر گروه از دانشجویان بایستی ارایه شود، مشخص می‌شود. برخی درس‌ها ممکن است بین دو یا چند گروه مختلف مشترک باشند.
۷) تعداد و امکانات کلاس‌ها و دسترسی به آن‌ها: تعداد کلاس‌ها، روز و ساعت دسترسی به آن‌ها در هر نیمسال تحصیلی، ظرفیت هر یک از کلاس‌ها و همچنین امکانات آموزشی مورد نیاز برای ارایه هر درس از جمله ویدیو پروژکتور به‌عنوان ورودی مشخص می‌شوند. استفاده از برخی از کلاس‌ها از جمله کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌هایی که بیرون از دانشگاه قرار دارند، ممکن است تنها در روزها و ساعت‌های مشخصی امکان‌پذیر باشد.

خروجی‌های این مساله برنامه درسی نیمسال تحصیلی شامل نام درس، نام استاد، زمان برگزاری کلاس درس و مکان تشکیل کلاس است. همچنین خروجی‌های دیگری مانند برنامه نیمسال استادان، کلاس‌ها و دانشجویان از جواب مساله قابل حصول است.

جدول ۱ اندیس‌ها و پارامترهای مدل پیشنهادی را معرفی می‌کند. متغیرهای مساله عبارتند از:

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

$xf_{i,d,j,k,l}$ ($xz_{i,d,j,k,l}$): متغیر باینری تخصیص درس i در روز d و در دوره زمانی j به کلاس k و استاد l در هفته فرد (هفته زوج)

$x_{i,l}$: متغیرباینری تخصیص درس i به استاد l

$ef_{d,g}$ ($ez_{d,g}$): متغیر زمان خاتمه کلاس‌های گروه g از دانشجویان در روز d در هفته فرد (هفته زوج)

$sf_{d,g}$ ($sz_{d,g}$): متغیر زمان آغاز کلاس‌های گروه g از دانشجویان در روز d در هفته فرد (هفته زوج)

جدول ۱. اندیس‌ها و پارامترها

k, k'	اندیس کلاس
l	اندیس استاد
i	اندیس درس
i'	اندیس درس‌های یک واحدی
i''	اندیس درس‌های دو واحدی
i'''	اندیس درس‌های سه واحدی
d, d', d''	اندیس روزهای هفته
j, j', j''	اندیس بازه زمانی برگزاری کلاس
g	اندیس گروه‌های مختلف دانشجویان
C_i	مجموعه کلاس‌هایی که می‌توان در آن‌ها درس i را تدریس نمود.
F_l	مجموعه درس‌هایی که استاد l می‌تواند تدریس کند.
T_i	مجموعه استادانی که می توانند درس i را تدریس نمایند.
H_g	مجموعه درس‌های ارایه شده برای گروه g از دانشجویان
s_j	زمان شروع کلاس ساعت jام
e_j	زمان خاتمه کلاس ساعت jام
$a_{l,d,j}$	پارامتر باینری، هرگاه استاد l در روز dام و بازه زمانی jام مایل به برگزاری جلسه درس باشد، مقدار آن یک و در غیر این‌صورت مقدار آن برابر صفر است.
$b_{d,j,k}$	پارامتر باینری، اگر کلاس k در روز d و در بازه زمانی j در دسترس باشد مقدار یک و در غیر این‌صورت مقدار صفر می‌گیرد.
$U_{i,j}$	مطلوبیت حاصل از ارایه درس i در بازه زمانی j
q_l	حداقل تعداد واحدهایی که بایستی به استاد l تخصیص یابد (برای در نظر گرفتن واحدهای موظف تدریس استادان هیات علمی)
$rf_{i'''}$ ($rz_{i'''}$)	متغیر باینری هرگاه فاصله بین دو جلسه درس سه واحدی i''' در هفته فرد (هفته زوج) کمتر از یک روز باشد، مقدار آن برابر یک و درغیراین‌صورت برابر صفر است.

۳ مدل‌سازی

در این بخش، با توجه به نمادهای بیان شده در بخش قبل، توابع هدف و محدودیت‌های مساله بررسی می‌شوند.

$$\min Z_1 = \sum_d \sum_g \left[\left(ef_{d,g} - sf_{d,g} \right) + \left(ez_{d,g} - sz_{d,g} \right) \right], \qquad (1)$$

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

$$\max Z_2 = \sum_{l\in T_i}\sum_{\substack{k\in C_i \\ b_{d,j,k}=1}}\sum_{j}\sum_{d}\sum_{i} xf_{i,d,j,k,l}U_{i,j} + \sum_{l\in T_i}\sum_{\substack{k\in C_i \\ b_{d,j,k}=1}}\sum_{j}\sum_{d}\sum_{i} xz_{i,d,j,k,l}U_{i,j}, \quad (۲)$$

$$\min Z_3 = \sum_{i'''}\left(rf_{i'''} + rz_{i'''}\right). \quad (۳)$$

در روابط (۱) تا (۳)، تابع هدف Z_1 نشان‌دهنده مجموع اختلاف زمان بین آغاز تا پایان کلاس‌های هر گروه از دانشجویان در هر روز است. تابع هدف Z_2 مطلوبیت حاصل از تخصیص درس‌ها به بازه‌های زمانی مختلف را نشان می‌دهد و تابع هدف Z_3 نیز بیانگر تعداد درس‌های سه واحدی است که فاصله بین جلسه‌های آن‌ها در یک هفته کمتر از یک روز است.

محدودیت‌های (۴) برای محاسبه مقادیر متغیرهای مثبت در تابع هدف Z_1 به‌کار می‌روند.

$$\begin{aligned}
&sf_d \le s_j + M\left(1 - xf_{i,d,j,k,l}\right) && \forall i \in F_l, d, j, k \in C_i, l\\
&sz_d \le s_j + M\left(1 - xz_{i,d,j,k,l}\right) && \forall i \in F_l, d, j, k \in C_i, l\\
&ef_d \ge e_j \times xf_{i,d,j,k,l} && \forall i \in F_l, d, j, k \in C_i, l\\
&ez_d \ge e_j \times xz_{i,d,j,k,l} && \forall i \in F_l, d, j, k \in C_i, l\\
&ef_d \ge sf_d && \forall d\\
&ez_d \ge sz_d && \forall d
\end{aligned} \quad (۴)$$

محدودیت‌های (۵) بیان می‌کنند که درس‌های سه واحدی در هر هفته حداقل یک جلسه برگزار شوند. (درس‌های سه واحدی دارای یک جلسه ثابت در هفته و یک جلسه متغیرند که به صورت هفته در میان برگزار می‌شوند.)

$$\begin{aligned}
&\sum_{l\in T_{i'''}}\sum_{d}\sum_{j}\sum_{\substack{k\in C_{i'''} \\ b_{d,j,k}=1}} xf_{i''',d,j,k,l} \ge 1\\
&\sum_{l\in T_{i'''}}\sum_{d}\sum_{j}\sum_{\substack{k\in C_{i'''} \\ b_{d,j,k}=1}} xz_{i''',d,j,k,l} \ge 1
\end{aligned} \qquad \forall i''' \quad (۵)$$

محدودیت (۶) نشان می‌دهد که درس‌های سه واحدی بایستی به تعداد ۳ جلسه در دو هفته متوالی برگزار شوند.

$$\sum_{d}\sum_{j}\sum_{\substack{k\in C_{i'''} \\ b_{d,j,k}=1}} xf_{i''',d,j,k,l} + \sum_{d}\sum_{j}\sum_{\substack{k\in C_{i'''} \\ b_{d,j,k}=1}} xz_{i''',d,j,k,l} = 3x_{i''',l} \qquad \forall i''', l \in T_{i'''} \quad (۶)$$

محدودیت‌های (۷) موجب می‌شوند که چنانچه جلسه‌های درس‌های سه واحدی در یک هفته دارای حداقل یک روز فاصله نباشند مقدار جریمه برای تابع هدف سوم در نظر گرفته شود.

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

$$\begin{matrix}\sum_{j}\sum_{\substack{k\in C_{i'''}\\ b_{d-1,j,k}=1}} xf_{i''',d-1,j,k,l}+\sum_{j}\sum_{\substack{k\in C_{i'''}\\ b_{d,j,k}=1}} xf_{i''',d,j,k,l}-rf_{i'''}\le 1\\ \sum_{j}\sum_{\substack{k\in C_{i'''}\\ b_{d-1,j,k}=1}} xz_{i''',d-1,j,k,l}+\sum_{j}\sum_{\substack{k\in C_{i'''}\\ b_{d,j,k}=1}} xz_{i''',d,j,k,l}-rz_{i'''}\le 1\end{matrix}\quad \forall i'''\in F_l,l,d \qquad (۷)$$

محدودیت‌های (۸) نشان می‌دهد درس‌های یک واحدی و دو واحدی یک جلسه در هفته برگزار می‌شوند و زمان برگزاری آن‌ها در هفته زوج و هفته فرد مشابه هم است.

$$\begin{matrix}xf_{i',d,j,k,l}=xz_{i',d,j,k,l}\\ \sum_{l\in T_{i'}}\sum_{d}\sum_{j}\sum_{\substack{k\in C_{i'}\\ b_{d,j,k}=1}} xf_{i',d,j,k,l}=1\quad \forall i'\in F_l,d,j,k\in C_{i'},l\\ xf_{i'',d,j,k,l}=xz_{i'',d,j,k,l}\\ \sum_{l\in T_{i''}}\sum_{d}\sum_{j}\sum_{\substack{k\in C_{i''}\\ b_{d,j,k}=1}} xf_{i'',d,j,k,l}=1\quad \forall i''\in F_l,d,j,k\in C_{i''},l\end{matrix} \qquad (۸)$$

محدودیت‌های (۹) موجب می‌شوند تا زمان برگزاری جلسه ثابت درس‌های سه واحدی در هفته‌های زوج و فرد مشابه هم باشد.

$$\begin{matrix}xz_{i''',d,j,k,l}\le xf_{i''',d,j,k,l}+2\left(3-\sum_{\substack{k'\in C_{i'''}\\ b_{d,j',k'}=1}} xf_{i''',d,j',k',l}-\sum_{d''}\sum_{j''}\sum_{\substack{k'\in C_{i'''}\\ b_{d'',j'',k'}=1}} xf_{i''',d'',j'',k',l}\right)\\ xf_{i''',d,j,k,l}\le xz_{i''',d,j,k,l}+2\left(3-\sum_{\substack{k'\in C_{i'''}\\ b_{d,j',k'}=1}} xz_{i''',d,j',k',l}-\sum_{d''}\sum_{j''}\sum_{\substack{k'\in C_{i'''}\\ b_{d'',j'',k'}=1}} xz_{i''',d'',j'',k',l}\right)\end{matrix} \qquad (۹)$$

$$\forall i'''\in F_l,d\ne d',j,j',k\in C_{i'''},l$$

محدودیت‌های (۱۰) نشان می‌دهند در یک روز، ساعت و کلاس مشخص حداکثر یک استاد، یک درس را تدریس می‌کند.

$$\begin{matrix}\sum_{i}\sum_{l\in T_i} xf_{i,d,j,k,l}\le 1\\ \sum_{i}\sum_{l\in T_i} xz_{i,d,j,k,l}\le 1\end{matrix}\quad \forall d,j,k\in C_i,b_{d,j,k}=1 \qquad (۱۰)$$

محدودیت‌های (۱۱) نشان می‌دهند هر استاد در روز و ساعت مشخص حداکثر در یک کلاس حضور دارد و یک درس را تدریس می‌کند.

$$\begin{matrix}\sum_{i}\sum_{\substack{k\in C_i\\ b_{d,j,k}=1}} xf_{i,d,j,k,l}\le 1\\ \sum_{i}\sum_{\substack{k\in C_i\\ b_{d,j,k}=1}} xz_{i,d,j,k,l}\le 1\end{matrix}\quad \forall d,j,l \qquad (۱۱)$$

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

محدودیت‌های (۱۲) از برگزاری هم‌زمان درس‌های مربوط به یک گروه از دانشجویان جلوگیری می‌کند.

$$\sum_{i\in H_g}\sum_{\substack{k\in C_i\\ b_{d,j,k}=1}} xf_{i,d,j,k,l}\le 1$$
$$\sum_{i\in H_g}\sum_{\substack{k\in C_i\\ b_{d,j,k}=1}} xz_{i,d,j,k,l}\le 1 \qquad \forall d,j,l,g \qquad (12)$$

محدودیت‌های (۱۳) موجب می‌شود که ساعت‌های پیشنهادی استادان برای حضور در کلاس درس رعایت شود.

$$\sum_{i\in F_l}\sum_{\substack{k\in C_i\\ b_{d,j,k}=1}} xf_{i,d,j,k,l}\le a_{l,d,j}$$
$$\sum_{i\in F_l}\sum_{\substack{k\in C_i\\ b_{d,j,k}=1}} xz_{i,d,j,k,l}\le a_{l,d,j} \qquad \forall d,j,l \qquad (13)$$

محدودیت (۱۴) بیان می‌کند که هر درس تنها به یک استاد بایستی تخصیص یابد و محدودیت (۱۵) مربوط به حداقل تعداد واحدهایی است که بایستی به هر استاد تخصیص یابد.

$$\sum_{l\in T_i} x_{i,l}=1 \qquad \forall i \qquad (14)$$

$$3\sum_{i'''\in F_l} x_{i''',l}+2\sum_{i''\in F_l} x_{i'',l}\ge q_l \qquad \forall l \qquad (15)$$

برای حل مدل سه هدفه می‌توان از روش وزن‌دهی (رابطه (۱۶)) استفاده کرد. به این ترتیب هر یک از توابع هدف بنابر نظر اعضای گروه وزن‌دهی خواهند شد و برنامه خروجی گروه آموزشی مشخص خواهد شد.

$$\min Z = W_1\frac{Z_1}{Z_1^{opt}} - W_2\frac{Z_2}{Z_2^{opt}} + W_3\frac{Z_3}{Z_3^{opt}}, \qquad (16)$$

که در آن Z_1^{opt}، Z_2^{opt} و Z_3^{opt} جواب‌های بهینه حاصل ازحل مدل‌های تک هدفه هستند.

٤ مثال عددی

در این بخش برای ارزیابی مدل پیشنهادی تحقیق به ارایه یک مثال عددی واقعی پرداخته می‌شود. اطلاعات این مثال مربوط به برنامه درسی دوره کارشناسی مهندسی صنایع در نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۸-۹۹ در دانشگاه کوثر بجنورد است. در این مثال، ۱۲ استاد ($l=1,\dots,12$)، ۲۴ درس ($i=1,\dots,24$) که شامل ۸ درس یک و دو واحدی (درس‌های ۵، ۱۲، ۱۳، ۱۹، ۲۰، ۲۲، ۲۳ و ۲۴) و ۱۶ درس سه واحدی است، پنج روز هفته ($d=1,\dots,5$)، پنج دوره زمانی ($j=1,\dots,5$)، چهار کلاس در هر بازه زمانی ($k=1,\dots,4$) و چهار گروه دانشجو ($g=1,\dots,4$) در نظر گرفته شده است. کلاس چهار مربوط به کارگاه‌های آموزشی است و تنها در دو نوبت انتهایی هر روز در دسترس هستند. سایر کلاس‌ها در تمامی روزها در دسترسند.

ابتدا مجموعه درس‌هایی که استاد l می‌تواند تدریس کند (F_l)، درس‌های مربوط به هر گروه از دانشجویان که نباید هم‌زمان برگزار شوند (H_g)، ساعت‌های حضور استادان در دانشگاه ($a_{l,d,j}$)، مطلوبیت

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

حاصل از تخصیص هر درس به هر بازه زمانی ($U_{i,j}$)، کلاس‌هایی که امکان برگزار هر درس در آنجا وجود دارد (C_i) و بازه‌های زمانی که هر کلاس در دسترس است ($b_{d,j,k}$) تعیین شد.

مطلوبیت حاصل از ارایه درس‌های ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۵ و ۱۷ برای بازه زمانی دوم دو برابر بازه زمانی سوم در نظر گرفته شده است و به ازای بقیه درس‌ها و بازه‌های زمانی مقدار صفر دارد. به عبارت دیگر، برای ارایه مطلوب سایر درس‌ها بازه زمانی اهمیتی ندارد. درس‌های ۱۳، ۱۸، ۲۰، ۲۲، ۲۳ و ۲۴ که مربوط به کارگاه‌های آموزشی است در کلاس چهار برگزار می‌شوند و سایر درس‌ها می‌توانند در کلاس‌های ۱ تا ۳ برگزار شوند. جزییات مربوط به ورودی‌های مساله در جدول‌های ۲ تا ۴ آمده است. در گام بعدی، با حل مدل پیشنهادی تحقیق در نرم‌افزار گمز نسخه ۲۴.۱.۲ به کمک حل‌کننده CPLEX ۱۲.۵.۱.۱، برنامه زمان‌بندی درس‌های هر گروه از دانشجویان تعیین شد. نتایج درجدول ۵ گزارش شده است. لازم به ذکر است که برای حل مدل چندهدفه پیشنهادی تحقیق، وزن مربوط به تابع هدف‌ها یکسان فرض شده است و به این ترتیب مدل چندهدفه تبدیل به مدلی یک هدفه شده است. مقدار جواب بهینه مدل یک هدفه برای مثال عددی ذکر شده عدد یک به دست آمده است. به عبارتی دیگر، برنامه زمان‌بندی پیشنهادی این مدل هر یک از توابع هدف را نیز بهینه کرده است. در جدول ۵ سلول‌هایی که با رنگ خاکستری مشخص شده‌اند مربوط به جلسه‌های درسی هستند که به صورت هفته در میان برگزار می‌شوند.

جدول۲. مجموعه درس‌هایی که استاد l می‌تواند تدریس کند (F_l)

استاد l	درس F_l	استاد l	درس F_l
۱	۷	۷	۱و۹
۲	۱۴	۸	۲
۳	۲۲	۹	۱۰و۱۵
۴	۱۲و۶و۵	۱۰	۴
۵	۱۷و۱۱و۸	۱۱	۱۳و۱۶و۱۸و۲۱و۲۳و۲۵
۶	۲۰	۱۲	۳

جدول۳. درس‌های مربوط به هر گروه از دانشجویان (H_g)

درس‌ها/ شماره گروه دانشجویان	۱	۲	۳	۴	درس‌ها/شماره گروه دانشجویان	۱	۲	۳	۴
۱	*				۱۳		*		
۲	*				۱۴			*	
۳	*				۱۵			*	
۴	*	*	*		۱۶			*	
۵	*		*		۱۷			*	
۶	*				۱۸			*	
۷	*	*			۱۹				*
۸		*			۲۰				*
۹		*			۲۱				*

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

۱۰		*			۲۲		*		
۱۱	*	*			۲۳			*	
۱۲		*			۲۴				*

جدول٤. حضور یا عدم حضور استاد l در روز d و بازه زمانی j

۵	٤	۳	۲	۱	(l,d) /j	۵	٤	۳	۲	۱	(l,d) /j
			۱		(۷،۱)	۱	۱				(۱،۳)
			۱	۱	(۷،۲)			۱		۱	(۱،۴)
			۱	۱	(۷،۳)			۱	۱		(۲،۱)
			۱	۱	(۷،۴)			۱	۱	۱	(۲،۲)
			۱	۱	(۷،۵)			۱		۱	(۲،۳)
۱	۱				(۸،۴)				۱	۱	(۲،۴)
		۱	۱	۱	(۹،۱)		۱	۱	۱		(۳،۱)
		۱	۱	۱	(۹،۲)		۱	۱	۱	۱	(۳،۵)
		۱	۱	۱	(۹،۳)			۱	۱	۱	(۴،۱)
		۱	۱	۱	(۹،۵)			۱			(۴،۴)
۱	۱				(۱۰،۱)			۱		۱	(۴،۵)
۱	۱				(۱۰،۲)				۱		(۵،۱)
۱	۱	۱		۱	(۱۱،۱)				۱		(۵،۲)
۱	۱	۱		۱	(۱۱،۲)			۱			(۵،۳)
۱	۱	۱		۱	(۱۱،۳)				۱		(۵،۴)
۱	۱	۱		۱	(۱۱،۴)				۱		(۵،۵)
۱	۱	۱		۱	(۱۱،۵)				۱		(۶،۴)
۱	۱	۱	۱		(۱۲،۱)				۱		(۷،۱)

جدول۵. برنامه زمان‌بندی حاصل از مدل پیشنهادی تحقیق برای تمامی گروه‌های دانشجویی

روز		۱۰-۸				۱۲-۱۰				۱۶-۱۴				۱۸-۱۶				۲۰-۱۸			
شنبه- فرد	نوبت	۱				۲				۳				۴				۵			
	کلاس	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
	درس	۱۶	۱۲				۸	۱۴		۶	۲۱			۳					۳		
	استاد	۱۱	۴				۵	۲		۴	۳			۱۲					۱۲		
شنبه- زوج	نوبت	۱				۲				۳				۴				۵			
	کلاس	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
	درس	۱۶	۱۲				۸	۱۴		۶	۲۱			۳							
	استاد	۱۱	۴				۵	۲		۴	۳			۱۲							
روز		۱۰-۸				۱۲-۱۰				۱۶-۱۴				۱۸-۱۶				۲۰-۱۸			
شنبه	نوبت	۱				۲				۳				۴				۵			

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

	کلاس	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
	درس							۱۵				۱۱		۴			۲۵			۴	۲۰
	استاد							۹				۵		۱۰			۱۱			۱۰	۱۱
یکشنبه- زوج	نوبت	۱				۲				۳				۴				۵			
	کلاس	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
	درس							۱۵				۱۱		۴			۲۵				۲۰
	استاد							۹				۵		۱۰			۱۱				۱۱
روز		۸-۱۰				۱۰-۱۲				۱۴-۱۶				۱۶-۱۸				۱۸-۲۰			
دوشنبه- زوج و فرد	نوبت	۱				۲				۳				۴				۵			
	کلاس	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
	درس			۹		۱۰	۱		۱۷								۲۳				۱۸
	استاد			۷		۹	۷		۵								۱۱				۱۱
روز		۸-۱۰				۱۰-۱۲				۱۴-۱۶				۱۶-۱۸				۱۸-۲۰			
سه شنبه- فرد	نوبت	۱				۲				۳				۴				۵			
	کلاس	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
	درس					۱۹		۱۴			۷					۲	۱۳				۲۲
	استاد					۶		۲			۱					۸	۱۱				۱۱
سه شنبه- زوج	نوبت	۱				۲				۳				۴				۵			
	کلاس	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
	درس	۷				۱۹		۱۱			۷					۲	۱۳	۲			۲۲
	استاد	۱				۶		۵			۱					۸	۱۱	۸			۱۱
روز		۸-۱۰				۱۰-۱۲				۱۴-۱۶				۱۶-۱۸				۱۸-۲۰			
چهارشنبه- فرد	نوبت	۱				۲				۳				۴				۵			
	کلاس	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
	درس	۵	۲۱			۱۵	۸	۱			۱۶	۶					۱۸				
	استاد	۴	۳			۹	۵	۷			۱۱	۵					۱۱				
چهارشنبه- زوج	نوبت	۱				۲				۳				۴				۵			
	کلاس	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
	درس	۵	۹			۱۰	۱۷														
	استاد	۴	۷			۹	۵														

برای نمایش بهتر برنامه زمان‌بندی خروجی، برنامه درسی مربوط به گروه ۳ از دانشجویان در جدول ۶ آمده است. کد مربوط به هر درس در داخل پرانتز ذکر شده است. همان‌طور که در این جدول ۶ مشاهده می‌شود کلاس‌های درس به صورت منسجم برنامه‌ریزی شده‌اند. علاوه بر آن، درس‌های تحقیق در عملیات ۲، اقتصاد مهندسی و اصول شبیه‌سازی در ساعت مطلوب استادان درس (ابتدا ساعت ۱۰-۱۲ و سپس ساعت ۱۴-۱۶)

برگزار می‌شود. جلسه‌های کلاسی مربوط به درس تحلیل سیستم‌ها و کنترل پروژه به دلیل ساعت اعلامی استادان مدعو گروه در یک روز زمان‌بندی شده است.

جدول ٦. برنامه زمانبندی حاصل از مدل پیشنهادی تحقیق برای گروه ۳ از دانشجویان

روز/ نوبت	۸-۱۰	۱۰-۱۲	۱۴-۱۶	۱۶-۱۸	۱۸-۲۰
شنبه	مدیریت مالی (۱۲)	اصول شبیه‌سازی (۸)			
یکشنبه			اقتصاد مهندسی (۱۱)	تحلیل سیستم ها (۴)	تحلیل سیستم ها، فرد
دوشنبه	طرح ریزی واحدهای صنعتی (۹)	تحقیق در عملیات ۲ (۱۷)			
سه شنبه	کنترل پروژه، زوج	اقتصاد مهندسی، زوج	کنترل پروژه (۷)	کارگاه ریختگری (۱۳)	
چهارشنبه	طرح ریزی واحدهای صنعتی، زوج	اصول شبیه سازی، فرد تحقیق در عملیات ۲،زوج			

لازم به ذکر است که در برنامه زمان‌بندی تمامی گروه‌های دانشجویان تنها ۴ درس ۳ واحدی در جلسه‌هایی با فاصله کمتر از یک روز برگزار می‌شوند که به دلیل ساعت‌های اعلامی استادان مدعو اجتناب‌ناپذیر بوده است.

۵ نتیجه‌گیری

مساله زمان‌بندی کلاس‌های دانشگاهی از جمله مسایل مهم در دانشگاه‌ها است و هر روشی که باعث بهبودی در حل این مساله شود درخور توجه خواهد بود. عموما برنامه‌های درسی در دانشگاه‌ها در هر نیمسال تحصیلی به‌صورت دستی و با صرف زمان زیادی تهیه می‌شوند.

در این پژوهش یک مدل ریاضی خطی چندهدفه شامل سه تابع هدف کمینه‌سازی مجموع اختلاف زمان پایان آخرین کلاس و زمان آغاز اولین کلاس در هر روز برای گروه‌های مختلف دانشجویان، بیشینه‌سازی مطلوبیت حاصل از ارایه درس‌ها و کمینه‌سازی تعداد درس‌های سه واحدی که فاصله بین جلسه‌های آن‌ها کمتر از یک روز است، تعریف شده است. همچنین مدل پیشنهادشده همه محدودیت‌های شامل عدم تداخل برنامه‌ی استادان، کلاس‌ها و دانشجویان و همچنین محدودیت‌های مربوط به نحوه ارایه درس‌های مختلف را در نظر می‌گیرد. در ادامه، مدل پیشنهاد شده براساس داده‌های واقعی از گروه مهندسی صنایع دانشگاه کوثر بجنورد مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است که مدل پیشنهادی تحقیق می‌تواند در زمانی معقول برنامه زمان‌بندی درس‌های گروه‌های مختلف دانشجویان را با در نظر گرفتن تمامی محدودیت‌ها تعیین نماید.

در اکثر مقاله‌های علمی پژوهشی که تاکنون منتشر شده‌اند، فرض شده است که تمامی درس‌ها در طول هفته یک یا دو جلسه برگزار می‌شوند. در حالی که با توجه به سرفصل‌های مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و ساعت‌های مورد نیاز برای ارایه درس‌های ۳ واحدی در یک نیمسال، در بسیاری از دانشگاه‌ها نحوه

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]
[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

ارایه درس‌های ۳ واحدی به صورت یک جلسه ثابت در هفته و یک جلسه هفته در میان است. در این تحقیق برنامه درس‌های گروه آموزشی برای هفته‌های زوج و فرد به تفکیک ارایه شده است.

علاوه براین، در این تحقیق یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی چندهدفه پیشنهاد شده است. مدل چندهدفه این تحقیق شامل مهم‌ترین اهدافی است که مدیران گروه‌های آموزشی برای برنامه‌ریزی در هر نیمسال تحصیلی آن‌ها را در نظر می‌گیرند. در حالی که در اغلب تحقیق‌هایی که تاکنون انجام شده است تابع هدف به صورت کمینه‌سازی تخطی از محدودیت‌های نرم تعریف شده است و بیشتر این تحقیق‌ها بر ارایه الگوریتمی برای یافتن پاسخی نزدیک به بهینه با زمان اندک متمرکز شده‌اند؛ استفاده از مدل پیشنهادی این تحقیق باعث می‌شود تا برنامه هفتگی گروه‌های مختلف دانشجویان به طور منسجم در طول هفته زمان‌بندی شود (تابع هدف اول) و زمان‌های بیکاری بین جلسه‌های درس حداقل باشد. بیشینه‌سازی مطلوبیت حاصل از ارایه درس‌ها در بازه‌های زمانی مناسب به عنوان تابع هدف دوم مدل در نظر گرفته شده است. تابع هدف سوم نیز باعث می‌شود تا جایی که امکان دارد فاصله بین جلسه‌های درس‌های سه واحدی کمتر از یک روز نباشد.

قدردانی

در اینجا لازم است تا از سردبیر، هیأت تحریریه و داوران محترم مجله به خاطر صرف وقت در مطالعه مقاله و ارایه پیشنهادات ارزنده که باعث بهبود چشمگیری در مقاله شده است، تقدیر و تشکر شود. نویسندگان این مقاله از طرف دانشگاه کوثر بجنورد با شماره قرارداد NO.9712201690 حمایت شده‌اند.

منابع

[1] Ebrahimi, M., Khoshalahan, F., Borajee, M., Tehranian, O., (2014). A multi-objective scatter search algorithm for solving multi-objective vehicle routing problem with loading cost and workload balacing, Journal of Operations Research in its Applications. 3 (42), 35-57.

[2] Luenberger, D. G. and Ye, Y., (1984). Linear and nonlinear programming (Vol. 2). Reading, MA: Addison-wesley.

[3] Monajemi, A. H., Masoudian, S., Estaki, A., and Nematbakhsh, N., (2009). Designing an Automated Timetable for University Courses Using Genetic Algorithms. Technology of Education Journal (TEJ). 4(1), 23-37.

[4] Hasanzadeh, M., and Bashizade, R., (2012). Optimizing University Course Timetable Using Local Search Methods. Soft Computing Journal. 1(1), 24-31.

[5] Mir Mohammadi, S. H. and Rastgar Amin, F., (2015). University Course Schedule and Assignment Based on Preliminary Registration Statistics, International Journal of Industrial Engineering and Production Management. 26 (3), 329-344.

[6] Esmaelian, M. and Abdollahi, S. M., (2016). Binary Integer Programming for University Timetabling (The Case: Faculty of Administrative Sciences and Economics of Esfahan University), Industrial Management Studies. 14(41), 163–187.

[7] Esmaelian, M. and Abdollahi, S. M., (2017). Proposing a Two-Phase Integer Linear Programming for University-Course Timetabling, Industrial Management Journal. 9(1), 19–42

[8] Shahmoradi, H., Ketabi, S. and Esmaelian, M., (2017). University Course Timetabling using Constraint Programming, Journal of Production and Operations Management. 8(1), 119–138.

[9] Tavakoli, M. M., Shirouyehzad, H., Hosseinzadeh Lotfi, F., Najafi, E., (2018). Proposing a New Mathematical Model for Planning of University Course Timetabling based on Quality of Lesson Presentation TT, Journal of Operational Research and Its Applications. 15(3), 45–66.

[DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.1.8]

[DOI: 10.52547/jamlu.18.3.15]

[10] Vaziri, Sh., Zaretalab, A. and Sharifi, M., (2019). Development of multi-objective simulated annealing based decision support system for course timetabling with consideration preferences of teachers and students, Industrial Management Studies. 17(55), 35–64.
[11] Dimopoulou M, Miliotis P., (2001). Implementation of a university course and examination timetabling system, European Journal of Operational Research. 130(1), 202-213.
[12] Daskalaki, S., Birbas, T., and Housos, E., (2004). An integer programming formulation for a case study in university timetabling. European Journal of Operational Research. 153(1), 117-135.
[13] Lü, Z. and Hao, J. K., (2010). Adaptive tabu search for course timetabling. European Journal of Operational Research. 200(1), 235-244.
[14] Havås, J., Olsson, A., Persson, J. and Schierscher, M. S. (2013). Modeling and optimization of university timetabling-A case study in integer programming. Student Thesis, University of Gothenburg, Gothenburg, Sweden.
[15] Al-Betar, M. A., Khader, A. T., and Zaman, M. (2012). University course timetabling using a hybrid harmony search metaheuristic algorithm. Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on. 42 (5), 664-681.
[16] Phillips, A., Ryan, D., and Ehrgott, M., (2013). Solving the classroom assignment problem using integer programming. In Proceedings of the 2013 Joint New Zealand Statistical Association (NZSA)+ Operations Research Society of New Zealand (ORSNZ) Conference, Hamilton, New Zealand.
[17] Kwonsik S. Sooyoung, K. Moonseo, P and Hyun-Soo, L., (2017). Energy efficiency-based course timetabling for university buildings. Energy. 139, 394-405.
[18] Bagger, N. C. F., Sørensen, M., and Stidsen, T. R., (2018). Benders' decomposition for curriculum-based course timetabling. Computers and Operations Research. 91, 178-189.
[19] Modibbo, U. M., Umar, I., Mijinyawa, M., and Hafisu, R., (2019). Genetic Algorithm for Solving University Timetabling Problem. Amity Journal of Computational Sciences (AJCS). 3 (1), 43-50.
[20] Shen, J. J., Dong, H. Z., Su, Y. R., and Zhang, Z. G., (2019). Application of Genetic Algorithm and Simulated Annealing Algorithm for Course Scheduling Problem. In 2019 International Conference on Modeling, Analysis, Simulation Technologies and Applications (MASTA 2019). Atlantis Press.
[21] Rahma, B. Abdelkarim, E and Malek, M., (2017). Variable neighborhood descent search based algorithms for course timetabling problem: Application to a Tunisian University. Electronic Notes in Discrete Mathematics. 58, 119-126.