مدل عدد صحیح برای مسئله زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی: یک مطالعه موردی

رضا زنجیرانی فراهانی
استادیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر
farahan@aut.ac.ir
سیامک حاجی یخچالی
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر
Yakhchali@aut.ac.ir

واژه‌های کلیدی
زمانبندی، برنامه‌ریزی عدد صحیح، زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی

چکیده
در این مقاله مدل صفر و یک برای مسئله زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی ارائه‌شده‌است. این مدل قوانین آموزش و نیازهای موسسات آموزشی را دربر می‌گیرد.تابع هدف این مدل حداقل کردن تابع خطی جریمه می‌باشد. با این تابع هدف، می‌توان اولویت میان روزهای هفته، دوره‌های زمانی در طول روز، کلاس های ارائه دروس و حتی استاتید را اعمال نمود. علاوه براین با تعریف مناسب ضرایب جریمه، می‌توان فاصله‌ها خالی بین برنامه نیمسال برای گروه دانشجویان کاهش داد. این مدل با نرم‌افزارهای حل کننده مدل عدد صحیح حل گردید. در نهایت این مدل برای دانشکده مهندسی صنایع پیاده‌سازی شد.

۱- مقدمه

طراحی و پیاده سازی سیستم زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی که منطبق با نیازهای و قوانین آموزشی دانشگاه باشد، آرزوی بسیاری از کارکنان دانشگاه و دانشجویان را برآورده می‌کند. در بسیاری از دانشگاه‌ها مسئولین آموزش برای تدوین برنامه زمانبندی نیمسال تحصیلی از برنامه‌ها سال‌های گذشته که با سعی و خطا بدست آمده‌است، را تغییرات مختصری داده و برنامه جدید را ارئه می‌دهند. بهر حال با تغییرات مداوم، وصله زدن برنامه‌ها گذشته بهترین سیاست نخواهد بود. در چنین شرایط می توان با بهره‌گیری از فن‌آوری‌های مهندسی و اطلاعات، سیتسمی مکانیزه برای فرآیند زمانبندی کلاس‌های درس ارائه نمود.

مسئله زمانبندی کلاس‌های درس به صورت" فرآیند تخصیص دروس دانشگاهی به زمانی‌ها مشخص از برنامه هفتگی با در نظر گرفتن کلاس مناسب و امکانات مورد نیاز ارائه دورس" تعریف می‌گردد[1].بطور معمول اهداف مؤسسات آموزشی در این مسئله ارضا مؤثر محدودیت و بدست آوردن یک جواب قابل قبول می‌باشد.

مسئله زمانبندی کلاس‌ها درس دانشگاهی در اکثر اشکال آن به عنوان یک مسئله بسیار مشکل شناخته‌شده‌است[10] به این معنی که زمان حل مسئله برای یک مسئله منطقی و رایج بسیار طولانی خواهد بود.

مسئله زمانبندی، همانند بسیار از مسائل حوزه بهینه‌یابی ترکیبی، با چندی تکنیک معروف تحقیق در عملیات و علوم کامپیوتری مورد بررسی قرار گرفته‌است. مطالعات مروری متعددی بر روی مسئله زمانبندی کلاس‌ها درس و سیستم مکانیزه زمانبندی انجام گرفته است[10] و به طبقه بندی راه حل‌ها گوناگون پرداخته‌اند. در این مطالعات سعی بر آن بوده‌است تا راه‌حلی مدون برای رویاروی با این مسئله ارائه شود تا بتواند در اکثر موارد که دارای شرایط خاص می‌باشند از آنها استفاده نمود بنابر این رویکردهای مختلفی برای حل مسئله ارائه شده‌است، بنابر این به ارائه راه‌حلها گوناگونی ارائه شده‌است ولی نوآوری اصلی این مقاله، در نحوه مدل عدد صحیح ارائه شده برای حل مسئله می‌باشد.

برای حل مسئله زمانبندی کلاس‌های دانشگاه‌های مدلهای مختلفی ارائه شده‌است. بعضی ار مدلهای ارائه‌شده از مدل عدد صحیح استفاده کرده‌اند از آن جمله، مدل عدد صحیح ارائه شده توسط داسکالکی[1] در سال ۲۰۰۴ می‌باشد[6].

این مقاله بصورت زیر ساختار یافته‌است:

در بخش دوم ادبیات موضوع بصورت مختصر ارائه‌می‌گردد. در بخش سوم فرضیات مسئله زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی مطرح می‌گردد. هدف، محدودیت‌ها، ورودی‌ها و خروجی مسئله زمانبندی کلاس‌ها دانشگاهی در بخش چهارم مشخص می‌گردد و بعد از آن،در بخش پنجم مدل آن ارائه می‌گردد. نحوه تخصیص ضریب هزینه را در بخش ششم بحث می‌گردد. در بخش هفتم مسئله نمونه ارائه می‌گردد. خلاصه و نتیجه‌گیری در بخش هشتم ارائه می‌گردد.

۲-ادبیات تحقیق

مسئله زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی، مطابق با ویژگی‌های هر دانشگاه متفاوت می‌باشد، با این وجود مدل‌های کلی برای مسئله زمانبندی کلاس‌های درس دانشگاهی ارائه شده از آن جمله مدل گسسته آسرتین[2] می‌باشد[2]. همچنین روش‌های حل گوناگون برای این

---

[1] -S.Daskalaki

[2] -A.S Asratain

مسئله ارائه شده‌است. بعنوان نمونه ونگ[3] الگوریتم ژنتیک را برای حل پیشنهاد داده‌است[11] و والدیس[4] الگورتیم جستجو[5] ممنوع را ارائه نموده‌است[3].

با توانمند شدن ابزارهای حل مدل‌های ریاضی، مجدداً این مدل‌ها در کانون توجه محققان قرار گرفته‌است، از جمله کسانی که در مدل عدد صحیح کلاس درس تلاش‌ها بسیار نموده‌است، داسکالکی[6] می‌باشد. وی ابتدا مسئله زمانبندی مربوط به کلاس‌ها دبیرستان را حل نمود و مدل عدد صحیح را برای مسئله زمانبندی کلاس‌ها دانشگاهی پیشنهاد نمود[5] و سپس آنرا بصورت مطالعه موردی پیاده‌سازی نموده‌است[6] . در زمینه مسئله زمانبندی کلاس‌ها دبیرستانی وود[7] مدلی غیر خطی ارائه نموده‌است[13] . دیموپولیو[8] برای مسئله زمانبندی امتحانات نیز مدل عدد صحیح ارائه داده‌است[7].

در مسئله زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی، بنابر نیاز دانشگاه هدف‌ها گوناگون مطرح می‌باشد، باردی[9] با تابع هدف چندگانه این مسئله را مورد بررسی قرار داده‌است[4].

با توسعه فن‌آوری اطلاعات و ایجاد بستر مناسب برای تولید نرم‌افزارهای زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی، تحقیقاتی در زمینه توسعه این نرم افزارها صورت گرفته‌است از آن جمله دیموپولیو[10] معماری برای این نرم افزارهای در سطح دانشگاه پیشنهاد داده‌است[8]. اباس[11] مولفه‌های این نرم‌افزار از دیدگاه مهندسی نرم‌افزار مورد مطالعه قرار داده‌است[1] .

در ادامه به ذکر فرضیات مسئله زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی پرداخته‌می‌شود.

۳-فرضیات مسئله زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی

فرضیات مسئله زمانبندی کلاس‌ها به نحوه ارائه دروس در دانشگاه و همچنین چگونگی استفاده از منابع دانشگاه برای زمانبندی کلاس‌ها، بسیار وابسته است. برای تشریح فرضیات مسئله زمانبندی کلاس‌ها در چهار گروه ساختار دروس، انواع دروس، منابع مورد نیاز و دوره‌های زمانی برای دروس مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱ ساختار دروس دانشگاهی

دروس در دانشگاه بصورت تئوری، عملی، پژوهشی و یا بصورت ترکیبی از دروس تئوری و عملی ارائه می‌گردند.

دروس تئوری توسط استاتید ارائه می‌شوند و در برنامه هفتگی متناسب با تعداد واحدهای درس یک جلسه تا دو جلسه برای ارائه مورد نیاز است، لذا باید زمان ارائه درس در برنامه هفتگی و کلاسی که در آن درس ارئه می‌شود، مشخص گردد. دروسی مانند: آمارمهندسی، ریاضی۱ و غیره جزء دروس تئوری هستند.

دروس پژوهشی، دروسی هستند که دانشجویان فعالیتی مشخص را با راهنمایی اساتید انجام می‌دهند و نیاز به حضور در کلاس ندارند لذا در برنامه زمانبندی هفتگی زمان خاصی برای این دروس در نظر گرفته نمی‌شود. دروس کارآموزی و پروژه از جمله‌ی این دروس هستند.

دروس عملی، دروسی هستند که دانشجویان با حضور در کارگاه‌ها، آزمایشگاه‌ها، مراکز کامپیوتری و مراکز تربیت بدنی دروس را بصورت عملی می‌گذارنند، لذا زمان‌های ارائه این دروس در برنامه هفتگی مشخص می‌گردد، ولی برای ارائه آنها کلاس درسی در نظر گرفته‌نمی‌شود. دورسی مانند: کارگاه ریخته‌گری، آزمبانی برق، تربیت بدنی ۱ و غیره جزء دروس عملی هستند. زمان ارائه این دروس با هماهنگی آموزش و مرکز برگزارکننده از پیش تعیین می‌گردد و در برنامه زمانبندی هفتگی وارد می‌شود لذا نیاز به برنامه‌ریزی مجدد نیست.

---

[3] -Yen-Zen Wang

[4] -R Alvarez-Valdes

[5] -Tabu Search

[6] -S.Daskalaki

[7] -J.Wood

[8] -M.Dimopoulou

[9] -M.A.Badri

[10] -M.Dimopoulou

[11] -A.Abbas

بعضی از دروس بصورت تئوری-عملی ارائه می‌گردند همانند سیستم‌های اطلاعاتی که علاوه بر کلاس، نیاز به استفاده از مرکز کامپیوتر وجود دارد. در اینگونه دروس با توجه به آنکه برنامه‌ریزی برای در دسترس بودن کلاس در اولویت است، بگونه‌ای برنامه ریزی می‌شوند که در برنامه هفتگی کلاسی برای ارائه در اختیار باشد، در واقع اینگونه دروس مشابه دروس تئوری برنامه‌ریزی می‌شوند.

با توجه به توضیحات بالا تنها دروس تئوری در مسئله زمانبندی کلاس‌های درس دانشگاهی برنامه‌ریزی می‌شود.

۳-۲ انواع دروس دانشگاهی

در بسیاری از دانشگاهها دروس به دو گروه، دروس اجباری و اختیاری تقسیم می‌گردنند. دروسی که آموزش دانشکده گذراندن آنها را مورد نیاز دانسته و دانشجو بنابر رشته و گرایش ملزم به گذارندن آنها می‌باشد به عنوان دروس اجباری شناخته می‌شوند. در سالهای ابتدای دانشگاه اکثر دروس، اجباری می‌باشند، بنابر این برنامه یکسانی که در آن دروس اجباری اکثریت را دارا هستند، برای تمام دانشجویان ورودی جدید ارائه می‌شود.

دانشجویان سالهای بالاتر تعداد بیشتری دروس اختیاری انتخاب می‌کنند. با توجه به آنکه هر رشته تحصیلی ممکن است دارای گرایش‌های مختلفی باشد ممکن است یک درس برای یک گرایش از یک رشته اجباری و همان درس برای گرایش دیگر همان رشته اختیاری باشد. این امر به پیچیدگی مسئله زمانبندی کلاس‌های درس می‌افزاید، زیرا زمان‌های ارائه دروس اختیاری می‌توانند با یکدیگر تداخل داشته باشند ولی دروس اختیاری که برای گرایش خاصی اجباری باشد، نباید زمان ارائه آن با دروس اصلی آن گرایش تداخل داشته باشد.

۳-۳ دسترسی به منابع

منابع مسئله زمانبندی کلاس‌های درس، اساتید و همچنین فضای آموزشی است.

زمان‌های حضور اساتید توسط خودشان مشخص می‌گردد. در دانشکده صنایع دانشگاه امیرکبیر، در ابتدای هر نیمسال تحصیلی اساتید زمانهایی را که در دانشکده برای ارائه دروس مدنظر دارند مشخص می‌کنند.

در دسترس بودن فضای آموزشی، توسط آموزش دانشکده مشخص می‌شود. آموزش دانشکده مشخص می‌کند که از یک کلاس در چه ساعاتی می‌توان استفاده نمود. در بسیاری از دانشگاهها کلاس‌های آموزشی جدای از دانشکده‌ها می‌باشند و فقط ساعات بخصوص در هفته در اختیار دانشکده‌ها قرار می‌گیرند. دانشگاه امیرکبیر، تعداد کلاس‌های در دسترس محدود به کلاس‌های دانشکده است.

۳-۴ دوره‌های زمانی

دوره زمانی یک روز، دوره‌های زمانی هستند که در آن دروس برنامه‌ریزی می‌شوند. در دانشکده صنایع از ساعت ۸ صبح إلی ۷ بعد از ظهر دوره‌های زمانی یک ساعت و نیم در نظر گرفته می‌شود و در هر دوره زمانی یک‌ساعت و نیم، ۱۵ دقیقه برای استراحت و تعویض کلاس‌ها است.

تعداد واحدهای هر درس مشخص کننده زمان مورد نیاز برای ارائه آن درس است. دروس یک واحدی دروس عملی هستند که برنامه‌ها آنها از قبل تعیین می‌گردد و یک دوره زمانی برای آنها در نظر گرفته‌می‌شود. برای دروس دو واحدی فرض می‌شوند که یک دوره زمانی نیاز است و برای آنها یک دوره زمانی (دو ساعته) در برنامه هفتگی برنامه ریزی می‌شود. دروس سه واحدی به دو دوره زمانی نیاز دارند که لازم است این دوره‌ها متوالی نباشند. دروس با واحدهای بیشتر مثل پروژه جزوء دروس پژوهشی هستند و زمان مورد نیاز آن توسط استاد مربوطه مشخص می‌گردد.

۴-تعریف مسئله زمانبندی کلاس‌های درس

با توجه به فرضیات ارائه شده در قسمت قبل، هدف، محدودیت‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌های مسئله زمانبندی کلاس‌های درس به شکل زیر تعریف می‌شود:

۴ -۱ هدف

هدف مسئله زمانبندی کلاس‌ها حداقل نمودن فاصله بین دو کلاس متوالی در برنامه نیمسال گروه دانشجویان است. برنامه نیمسال دانشجویان تا حد ممکن بهم‌پیوسته باشد به این معنی که بهتر است که برنامه نیمسال گروه دانشجویان به گونه‌ای باشد که کمترین فاصله خالی بین کلاس‌ها آنها باشد (بجز ساعت استراحت بین دو کلاس).

۴-۲ محدودیت‌ها

محدودیت‌های مسئله زمانبندی کلاس‌های درس به صورت زیر است:

۱) تداخل امکان پذیر نیست:(تداخل در موارد زیر پیش می‌آید)

- تداخل برنامه اساتید: در یک ساعت (دوره زمانی) یک استاد بیش از یک درس داشته باشد.
- تداخل برنامه دانشجویان: در یک ساعت (دوره زمانی) یک گروه از دانشجویان (به عنوان مثال دانشجویان سال دومی) بیش از یک درس داشته باشند.
- تداخل برنامه کلاس: در یک ساعت (دوره زمانی) بیش از یک درس در یک کلاس ارائه شود.

۲) زمان‌های حضور اساتید: برنامه‌زمانبندی باید با توجه به زمان‌هایی که اساتید برای حضورشان به آموزش ارائه داده‌اند باشد.

۳) زمانبندی کلاس‌های درس باید کامل باشد: زمانبندی کلاس‌های درس زمانی کامل می‌شود که کلیه دروس مورد نیاز کلیه گرایش‌ها در جدول زمانبندی موجود باشد و ساعات مورد نیاز هر درس در هفته برای آن تخصیص داده شود و اساتیدی که دروس را ارائه می‌دهند نیز مشخص شده باشند.

۴) تعداد جلسات مورد نیاز در هفته: در جدول زمانبندی کلاس‌های درس باید تعداد جلسات مورد نیاز در هفته برای دروس و همچنین فاصله بین جلسات ارائه در نظر گرفته شود. به عنوان نمونه دروس ۳ واحدی باید در دو جلسه یک ساعت و نیمه در هفته ارائه شود و نمی‌توان آنها در یک جلسه ۳ ساعته برنامه‌ریزی نمود و باید بصورت دو جلسه یک ساعت و نیمه در دو روز مختلف برنامه‌ریزی شوند.

۵) وسایل و تجهیزات مورد نیاز به منظور ارائه دروس فراهم باشد: در ارائه بعضی از دروس نیاز به امکاناتی از قبیل ویدیو پروجکشن، اورهد، امکانات کامپیوتری و غیره است، لذا کلاسی که برای ارائه دروس در نظر گرفته می‌شود باید دارای این امکانات باشد. با توجه به شرایط دانشکده مهندسی صنایع، از میان تجهیزات مورد نیاز فقط ویدیو پروجکشن در نظر گرفته می‌شود و دروسی که برای ارائه به ویدیو پرجکشن نیاز دارند، در کلاسی ارائه می‌شوند که در آن ویدیو پرجکشن موجود است.

۶) ظرفیت کلاس: با توجه به تعداد دانشجویان ثبت نام شده در هر درس، کلاسی متناسب که امکان پذیرش آن تعداد دانشجو را دارد انتخاب گردد.

۷) دروس از پیش زمانبندی‌شده باید در نظر گرفته‌شود: دروسی که توسط سایر دانشکدها بصورت دروس سرویس ارائه می‌گرند امکان تغییر در زمانبندی آنها وجود ندارد.

۸) زمان‌های استفاده از کلاس‌ها در نظر گرفته شود: در برنامه‌زمانبندی، زمان‌هایی که کلاس‌ها قابل استفاده هستند نیز باید در نظر گرفته‌شود. در برخی از دانشگاه‌ها کلاس‌ها بصورت مشترک در اختیار دانشکده‌های مختلف قرار می‌گیرند لذا باید به این محدودیت زمان‌های دردسترس بودن کلاس نیز توجه شود ولی در دانشکده صنایع کلیه کلاس‌های موجود در تمامی ساعت آموزشی در دسترس هستند.

۴-۳ ورودی‌ها

ورودی‌های مسئله زمانبندی کلاس‌های درس شامل موارد ذیل است:

۱) دروس ارائه شده در نیمسال: از میان مجموع دروسی که در هر دانشکده وجود دارد دروسی که برای یک نیمسال خاص قرار است ارائه گردند، بعنوان دروس ارائه شده در نیمسال شناخته می‌شوند.

۲) اساتید ارائه دهنده دروس: استاد درس،یعنی استادی که درس را ارائه می‌دهد بعنوان یکی از ورودیهای مسئله است. اگر یک درس در چند گروه ارائه می‌شود باید برای هر گروه استاد آن نیز مشخص گردد. با توجه به شرایط دانشکده صنایع این امکان وجود دارد که تمامی گروه‌های یک درس در یک نیمسال را یک استاد ارائه دهد.

۳) امکانات مورد نیاز ارائه دروس: اگر برای درسی امکانات خاصی از قبیل ویدیو پروجکشن و غیره لازم است، بعنوان ورودی ذکر می‌گردد.

۴) ساعت حضور اساتید: برای هر یک از اساتید باید زمان‌ها که آنها برای ارائه دروس مد نظر دارند مشخص شود و بعنوان ورودی مسئله در نظر گرفته شود.

۵) دروس انتخابی توسط گروه دانشجویان: در هر نیمسال گروه‌های مختلف دانشجویان با توجه به برنامه پیشنهادی آموزش برای هر نیمسال دروس مختلفی را انتخاب می‌کنند لذا یکی دیگر از ورودی‌ها این مسئله برنامه‌پیشنهادی آموزش برای هر یک از گروه‌های دانشجویان است.

۶) تعداد گروه دانشجویان: تعداد هر یک از گروه‌های دانشجویان در هر نیمسال، بعنوان ورودی تعداد گروه دانشجویان در نظر گرفته می‌شود.

۷) تعداد کلاس‌ها و امکانات آنها: تعداد کلاس‌های در دسترس در هر نیمسال و ظرفیت هر یک از آنها و همچنین امکانات آموزشی مورد نیاز از قبیل ویدیو پروجکشن به بعنوان ورودی تعداد کلاس‌ها و امکانات آموزشی مشخص می‌شوند.

۴-۴ خروجی‌ها

خروجی اصلی این مسئله جدول زمانبندی ارائه دروس می‌باشد که در آن تمامی دروس نیمسال با زمان زمان ارائه آنها و کلاسی که قرار است ارائه شوند مشخص می‌شوند. سایر خروجی‌ها مسئله تغییر شکل یافته این خروجی می‌باشد مانند: برنامه نیمسال هر کلاس و برنامه نیمسال هر استاد.

۵-مدل عدد صحیح مسئله زمانبندی کلاس‌ها درس

مدلی که برای مسئله زمانبندی کلاس ها درس ارائه می‌گردد با توجه به شرایط دانشگاه، از دانشگاهی با دانشگاه دیگر متفاوت می‌باشد. در زیر مدلی با توجه به شرایط زمانبندی کلاس‌ها درس دانشکده صنایع دانشگاه امیرکبیر بر اساس مدل عدد با رویکرد جدید ارائه

می‌گردد. در این رویکرد از مدل عدد صحیح داسکالکی[12] و همکارانش در سال ۲۰۰۴ برای دانشگاهی در یونان مطرح ساختن،الهام گرفته‌شده‌است[6].

۱-۵ ویژگی‌ها عمومی مدل

در این رویکرد ۵ پارامتر بعنوان عناصر پایه توجه شده‌است، بر خلاف مدل ارائه شده توسط داسکالکی که از ۶ پارامتر استفاده کرده‌اند. در ادامه این پارامترها شرح می‌گردند:

۱) روز : روزهای از هفته که امکان برنامه‌ریزی برای دروس در آنها ممکن می‌باشد که به علامت I و با مقادیر I={۱،۲،...،۵} مشخص می‌شود.

۲) دوره زمانی: دوره زمانی یک روز، دوره‌های زمانی می‌باشند که در آن دروس برنامه‌ریزی می‌شوند. در دانشکده صنایع از ساعت ۸ صبح إلی ۷ بعد از ظهر دوره‌های زمانی یک ساعت و نیم در نظر گرفته می‌شود و هر دوره زمانی یک‌وساعت نیم، ۱۵ دقیقه برای استراحت و تعویض کلاس‌ها می‌باشد. بنابر این در دانشکده صنایع کلاس بصورت زیر تشگیل می‌شوند. دروه زمانی با علامت J مشخص می‌شود که مقادیر آن J={۱،۲،...،۷} می‌باشند.

دوره زمانی	۹:۳۰-۸:۰۰	۱۱:۰۰-۹:۳۰	۱۲:۳۰-۱۱:۰۰	۱۴:۳۰-۱۳:۰۰	۱۶:۰۰-۱۴:۳۰	۱۷:۳۰-۱۶:۰۰	۱۹:۰۰-۱۷:۳۰
J	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷

جدول 1-دوه زمانی دانشکده صنایع

۳) اساتید: کسانی که دروس دانشگاهی را تدریس می‌کنند. . اساتید با علامت L مشخص می‌شود که مقادیر آن L={استاد۱،استاد۲،...} می‌باشند.

۴) دروس: دروس که برای گروه دانشجویان برنامه‌ریزی می‌گردند. دروس که ممکن از بیش از یک بار در برنامه هفتگی ظاهر شوند (همانند دورس ۳ واحدی) هم یک درس در نظر گرفته‌شده و در مدل با علامت M مشخص می‌گردند که مقادیر آن M={درس۱،درس۲،...} می‌باشند..

۵) کلاس‌ها: کلاس‌ها که برای برنامه هفتگی دروس در دسترس می‌باشند. . کلاس‌ها با علامت N مشخص می‌شود که مقادیر آن N={درس۱،درس۲،...} می‌باشند.

گروه دانشجویان از مولفه‌ها مهم مسئله زمانبندی کلاس درس می‌باشد،که عبارت است از گروهی از دانشجویان که دروسی یکسانی را اخذ می‌کند و برنامه‌زمانبندی بر اساس نیاز آنها طراحی شده‌است. در این تقسیم بندی دانشجویان هر سال را بعنوان یک گروه در نظر گرفته‌می‌شوند همانند دانشجویان سال اول. در مدل ارائه شده با تعریف ورودی مناسب اثر گروه دانشجویان را بصورت دروس هم ترم

[12] -S.Daskalaki

دیده‌شده‌است، و پارامتر جداگانه‌ای برای گروه دانشجویان وجود ندارد.

در این مدل دو گروه متغییر صفر-یک وجود دارند. نوع اول متغییرها صفر-یک، متغییرهای اصلی می‌باشند که با علامت $x_{i,j,l,m,n}$ مشخص می‌شوند که در آن $i\in I$ ، $j\in J$ ، $l\in L$، $m\in M$ و $n\in N$ می‌باشند. متغییر $x_{i,j,l,m,n}$ مقدار یک را می‌گیرد اگر درس m ام در کلاس n ام توسط استاد l ام در روز i ام و در دوره زمانی j ام ارائه گردد. متغییر دوم، متغییر کمکی می‌باشد که با علامت $Y_{l,m}$ مشخص شده‌است که در آن $l\in L$، $m\in M$ می‌باشند. متغییر $Y_{l,m}$ برابر می‌گردد اگر استاد l ام درس m ام را ارائه دهد.

۵-۲ تعریف مجموعه‌های مدل

در این مدل برای علاوه بر مجموعه‌ای چند مجموعه جدید به منظور کاهش ابعاد مسئله در نظر گرفته شده‌است که در ذیل شرح داده‌می‌شوند:

M_L= {$m\in M$; m=دروسی که توسط استادl ام تدیس می‌شوند}.

L_m= {$l\in L$; l=اساتیدی که درسm ام را ارائه می‌دهند}.

N_m= {$n\in N$; n=کلاس‌های که برای ارائه درس m ام مناسب می‌باشند}.

PRA={$(i,j,l,m,n)\in I\times J\times L\times M\times N$ | ; (i,j,l,m,n)=درس از پیش تخصیص داده‌شده}.

در دروس از پیش تخصیص داده‌شده، درس مشخصی به روز و دوره زمانی خاصی برای استاد مشخصی در کلاس معینی از قبل برنامه‌ریزی می‌گیرد. اکثر این دروس، دروسی می‌باشند که بصورت سرویس از سایر دانشکده‌ها دریافت می‌شوند و امکان برنامه‌ریزی آنها توسط آموزش دانشکده نمی‌باشد.

۵-۳ تعریف پارامترها مدل

پارامترهای که در این مدل استفاده شده‌اند بشرح زیر ارائه می‌گردند:

- a_{ijl} : بطوریکه $i\in I;\ j\in J;\ l\in L$ می‌باشد. مقدار a_{ijl} برابر یک می‌باشد اگر استاد l ام در روز i ام و دوره زمانی j ام آمادگی ارائه درس را داشته‌باشد و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.

- b_{mp}: بطوریکه $p\in M; m\in M$ می‌باشد. مقدارb_{mp} برابر یک می‌باشد اگر دو درس m و p با هم در یک نیمسال قرار داشته‌باشند، در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد. برای تعیین مقادیر b_{mp} از برنامه پیشنهادی آموزش دانشکده استفاده می‌شود و اگر در این برنامه دو تا درس پیشنهاد شده‌باشند که در یک نیمسال ارائه شوند مقدار b_{mp} یک در نظر گرفته‌می‌شود.

- c_m: بطوریکه$m\in M$ می‌باشد. مقدار c_m برابر یک می‌باشد اگر درس m ام در نیمسالی که برای آن برنامه‌ریزی می‌شود، ارائه گردد و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.

- d_m بطوریکه$m\in M$ می‌باشد. مقدار d_m برابر با تعداد دوره‌های زمانی مورد نیاز برای ارائه درس m ام می‌باشد. بعنوان مثال با توجه به فرضیات مدل، مقدار d_m برای دروس سه واحدی برابر ۲ خواهد بود.

- e_{mn} : بطوریکه $n\in N; m\in M$ می‌باشد. مقدار e_{mn} برابر یک می‌باشد اگر کلاسn ام دارای امکانات مناسب برای ارائه درس mام باشد و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد. امکانات مناسب شامل ویدیو پرجکشن، ظرفیت به تعداد دانشجویان ثبت‌نام شده و غیره می‌باشد.

f_{lm} بطوریکه $l\in L; m\in M$ می‌باشد. مقدار f_{lm} برابر یک می‌باشد اگر استاد lام مایل به ارائه درس m ام باشد و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.

۵-۴ محدودیت‌ها مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح

با توجه محدویت‌ها، مجموعه‌ها و پارامترها، معادلات محدویت‌ها به شرح زیر ارائه می‌گردد:

۱) تداخل امکان پذیر نیست:

- تداخل برنامه اساتید:

$$\forall i\in I,\ \forall j\in J,\ \forall l\in L \qquad \sum_{m\in M_l}\sum_{n\in N_m} x_{i,j,l,m,n} \le 1$$

- تداخل برنامه دانشجویان:

$$\forall i\in I,\ \forall j\in J, \forall m\in M, \forall p\in M$$

$$\sum_{l\in L_m}\sum_{n\in N} x_{i,j,l,m,n} + \sum_{l\in Lp}\sum_{n\in N} x_{i,j,l,m,n} \le b_{mp} + 2(1-b_{mp})$$

- تداخل برنامه کلاس:

$$\forall i\in I,\ \forall j\in J,\ \forall n\in N \qquad \sum_{l\in L}\sum_{m\in M_l} x_{i,j,l,m,n} \le 1$$

۲) زمان‌های حضور اساتید:

$$\forall i\in I,\ \forall j\in J,\ \forall l\in L \qquad \sum_{m\in M_l}\sum_{n\in N} x_{i,j,l,m,n} \le a_{ijl}$$

۳) زمانبندی کلاس‌های درس باید کامل باشد:

$$\forall m\in M \qquad \sum_{n\in N_l}\sum_{l\in L_m}\sum_{j\in J}\sum_{i\in I} x_{i,j,l,m,n} = c_m * d_m$$

۴) تعداد جلسات مورد نیاز در هفته:

$$\forall m\in M;\ \forall l\in L \qquad \sum_{n\in N_l}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_{i,j,l,m,n} = d_m * f_{l,m} * y_{l,m}$$

و هر درس را یک استاد ارائه دهد:

$$\forall m\in M \qquad \sum_{l\in L_l} y_{l,m} = 1$$

و فاصله بین جلسات یک درس :

$$\forall i\in I,\ \forall j\in J,\ \forall m\in M,\ \forall l\in Lm \qquad \sum_{n\in N} x_{i,j,l,m,n} + \sum_{n\in N} x_{i,j+1,l,m,n} \le 1$$

۵) وسایل و تجهیزات مورد نیاز به منظور ارائه دروس فراهم باشد و ظرفیت کلاس مناسب باشد:

$$5,6)\ \forall i\in I,\ \forall j\in J,\ \forall m\in M,\ \forall n\in N \qquad \sum_{l\in L_m} x_{i,j,l,m,n} \le e_{m,n}$$

۶) دروس از پیش زمانبندی‌شده باید در نظر گرفته‌شود:

$$\forall (i,j,l,m,n)\in PRA \quad x_{i,j,l,m,n} = 1$$

۵-۵ تابع هدف مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح

تابع هدف این شامل دو عبارت براساس تابع هزینه می‌باشد. عبارت اول مربوط به هزینه تخصیص در mام به کلاس nام در روز I ام و دوره زمانی jام به استاد l ام می‌باشد. عبارت دوم هزینع تخصیص درس m ام به استاد l ام می‌باشد.

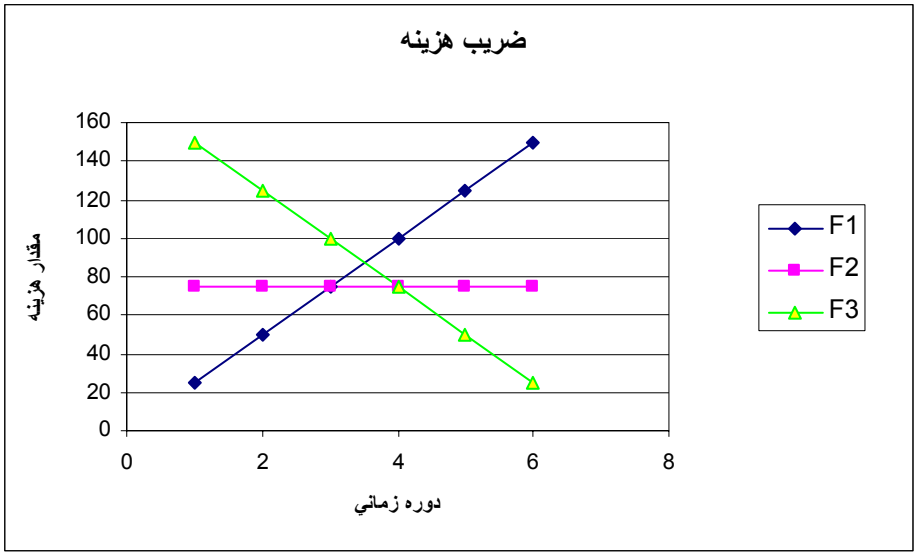
$$Minimize\{\sum_{l\in L}\sum_{m\in M_l}\sum_{n\in N_m}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} s_{i,j,l,m,n}x_{i,j,l,m,n} + \sum_{l\in L}\sum_{m\in M_l} p_{l,m} * y_{l,m}\}$$

۶- تعیین ضریب هزینه

در مسئله زمانبندی ضرائب هزینه در تابع هدف می‌تواند هر مقداری دریافت کنند، لذا اگر مقدار یکسانی را برای تمامی ضرائب هزینه در نظر گرفته‌شود، تمامی جواب‌ها موجه جواب بهینه خواهند بود. برای شرایط واقعی یکسان در فرض کردن ضریب هزینه امکان‌پذیر نمی‌باشد و تحلیلی دقیق برای تعیین ضریب هزینه نیاز هست. تعیین قواعدی برای تعیین ضریب هزینه در تابع هدف از جمله موضوعات برای تحقیقات آیند می‌باشد. در مدل ارائه شده، ضریب هزینه بگونه‌ای تعیین شده‌است تا بتواند برتری یک دوره زمانی از یک روز مشخص برای تمامی درس‌ها و اساتید را منعکس کند. همچنین برتری در نوع کلاس ارئه درس نیز در نظرگرفته‌شده‌است. در ادامه هریک از ضرائب بصورت جداگانه شرح داده‌می‌شوند.

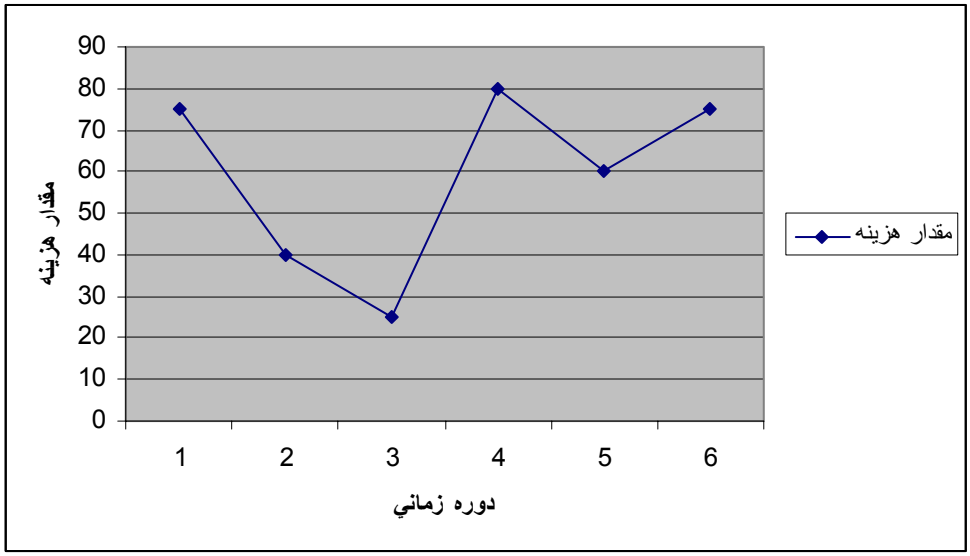
۶-۱ تخصیص مقدار ضریب S_{ijlmn}

در میان اساتید و دانشجویان و همچنین مسئولین آموزش زمان‌های که برای ارائه دروس در نظر گرفته‌می‌شوند دارای اولیت‌ها متفاوتی می‌باشد. برخی از دورس بنابر نظر استاد بهتر است که در صبح‌ها ارائه گردد و همچنین ممکن است استاد بعد از ظهر را برای ارائه دروس مناسب تشخیص داده باشد. بمنظور در نظر گرفتن این اولیت‌ها در تخصیص زمان‌ها به دروس از ضریب S_{ijlmn} در تابع جریمه استفاده می کنیم.



شکل ۱ : تابع جریمه تخصیص داده شده به ضریب هزینه S_{ijlmn}

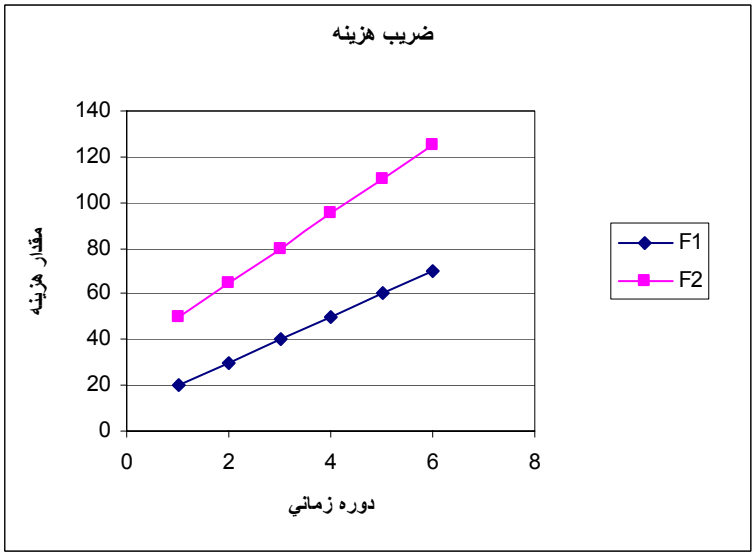
در شکل ۱ نمونه‌ای از تابع جریمه نشان داده‌شده‌است. این شکل می‌تواند در سایر موارد بکلی متفاوت باشد و دارای پیچیدگی بیشتری باشد. در شکل سه تا تابع با شکل‌ها متقاوت نشان داده‌شده‌است. ضریب Sijlmn برای هر درس یک از خطوط خواهد بود که توسط دانشکده بنابر اولویت انتخاب می‌گردد. ممکن برای روزها دیگر در هفته خطوط دیگری انتخاب شود. بعنوان نمونه برای یک درس بخصوص و در یک روز بخصوص در شکل ۲ نشان داده شده‌است. این شکل نشان می‌دهد که این دوره زمانی ۲ از بیشترین مطلوبیت بر خوردار می‌باشد لذا کمترین هزینه را دارد و بعد از آن دوره‌های زمانی ۴،۱،۶،۵،۲،۳ دارای بیشترین اولویت می‌باشند.این رویکرد برای تعریف ضریب تابع هزینه می‌تواند بصورت یک تابع بشکل V توسعه داده شود که توسط دینکل پیشنهاد شده‌است[7] .



شکل ۲: مثال تخصیص ضریب هزینه S_{ijlmn} برای یک درس مشخص در یک روز مشخص

داسکالکی[۱۳] پیشنهاد داده است که اگر توابع بصورت نشان داده‌شده در شکل3 در نظر گرفته‌شود علاوه بر ایجاد اولویت بین زمان‌ها دروس مختلف، زمان‌ها خالی بین دو کلاس متوالی گروه دانشجویان نیز کمتر می‌شود ولی کاملاً حداقل نمی‌گردد[7].

این ضریب هزینه Sijlmn می‌تواند علاوه بر ایجاد اولویت در بین دروس، جابجا شدن دانشجویان را میان کلاس‌ها کم کند. برای این منظور کافی هست که ضریب دروسی که در یک نیمسال با هم ارائه می‌شوند را برای یک کلاس مشخصی کم کنید و برای سایر کلاس‌ها جریمه بیشتر در نظر بگیرد، به این ترتیب تا آنجا که محدودیت‌ها اجازه بدهد، دروس هم ترم در یک کلاس مشخص ارائه می‌شوند لذا جابجایی دانشجویان میان کلاس‌ها کمتر می‌گردد. این بهبود در برنامه‌زمانبندی دروس، برای دانشگاه‌ها که کلاس‌ها با فواصل زیادی از یکدیگر قرار دارند حائز اهمیت می‌باشد.



شکل 3 : تابع جریمه پیشنهادی داسکالکی

[13]-S.Daskalaki

۲-۶ تخصیص مقدار ضریب P_{lm}

در مدل عدد صحیح ضریب P_{lm} مقدار هزینه متغییر کمکی می‌باشد که بیان کننده هزینه تخصیص درسی مشخص به استادی می‌باشد. با استفاده از این ضریب مسئولین آموزش قادر خواهند بود، بر اساس توانایی استاتید مختلف که آمادگی ارائه درس مشخصی را دارند، توانمندترین استادی که از نظر محدودیت مسئله امکان‌پذیر باشد را تخصیص دهند.

نظر به نکات گذارنده‌شده در بالا می‌توان ضرایب هزینه را تعریف نمود، در ادامه یک مطالعه موردی ارائه می‌گردد.

۷- مطالعه موردی

به منظور بررسی توانمندی مدل ارائه شده، چندین مسئله تست طراحی شده و حل گردیده‌است که اکثراً منطبق با داده‌ها واقعی می‌باشند. در ادامه نمونه‌ای از این مسائل را ذکر می‌کنیم و نتیجه آن را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

در این مسئله برای ۵ تا استاد، ۱۰ تا درس، که یکی از دورس در دو گروه ارائه می‌گردید، برنامه ریزی شد. تعداد روزهای هفته برابر ۵ روز، تعداد دوره‌های زمانی در هر روز ۶ تا دوره‌زمانی و ۲ کلاس آموزشی در نظر گرفته‌شده است.

دوره زمانی	کلاس	شنبه		یکشنبه		دوشنبه		سه‌شنبه		چهار شنبه	
		استاد	درس	استاد	درس	استاد	درس	استاد	درس	استاد	درس
8:00 9:30	102			A	برنامه‌ریزی حمل و نقل			B	برنامه‌ریزی تولید		
	103			B	کنترل کیفیت آماری			A	برنامه‌ریزی حمل و نقل	E	اقتصاد عمومی ۱_۱
9:30 11:00	102			B	برنامه‌ریزی تولید			A	طرحریزی واحدها صنعتی		
	103			A	طرحریزی واحدها صنعتی			B	کنترل کیفیت آماری	E	اقتصاد عمومی ۱_۲
11:0 12:30	102			B	کنترل پروژه			B	کنترل پروژه		
	103									E	اقتصاد عمومی ۲
13:0 14:30	102										
	103										
14:3 16:00	102										
	103	C	روش‌های تولید ۱								
16:0 17:30	102	C	استاتیک			C	استاتیک				
	103	D	مقاومت مصالح								

جدول 2: نتایج حل مدل

نتایج حاصل از حل مدل در جدول2 نشان داده‌شده‌است. برای حل این مسئله از نرم افزار لینگو ۸[۱۴] استفاده شده‌است. برای سهولت بررسی نتایج و تغییر پارامترها ورودی داده و نتایج در پایگاه داده اکسس[۱۵] قرار داده‌شد و در نهایت از کامپیوتر با پردازشگر سنترینو ۱,۷[۱۶] برای حل استفاده گردید.

نتیجه حاصل یک جواب موجه برای مسئله زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی می‌باشد و تابع هدف مربوط توانسته هست، اولویت‌ها مربوطه را ایجاد کند.

---

[14] -Lingo 8.0

[15] -Ms Access

[16] -Intel Centrino 1.7 (Fujitisu SIEMENS Computer-Amilo 7400-Ram:512)

۸- خلاصه و نتیجه‌گیری

در این مقاله مدلی عدد صحیح برای مسئله زمانبندی کلاس‌های درس دانشگاه ارائه داده‌شد. این مدل علاوه بر مسئله کلی زمانبندی کلاس‌های دانشگاهی، شرایط خاص دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه امیرکبیر نیز لحاظ شده‌است.

مدل عدد صحیح ارائه شده توانسته تمامی قوانین آموزشی و نیازهای خاص آموزش دانشکده مهندسی صنایع را پوشش دهد. با استفاده از تابع هدف ارائه شده ، امکان ایجاد اولویت درمیان روزهای هفته، دوره‌های زمانی در طول روز، کلاس‌های درس و حتی استاتید ارائه دهند، می‌باشد. علاوه بر این تابع هدف فاصله خالی بین ارائه کلاس‌ها درس را نیز کاهش می‌دهد.

مراجع

مراجع به شرح زیر هست:

[1] A.Abbas,E.P.K Tsang, Software engineering aspect of constraint-base timetabling-a case study, Information and software Technology, 46(2004) 395-372

[2] A.S. Astratian, D.de Werra; A generalized class teacher model for some timetabling problems, European Journal of Operational Research 143(2002) 531-542

[3] Ramon Alvarez-Valdes, Enric Crespo, J.Tamarit, Design and Implementation of a course scheduling system using Tabu Search, European Journal of Operational Research 137 (2002) 512–523

[4] M. A. Bardi, D. L. Davis, A Multi Obejctive Course Scheduling Model, Computer Operational Research 25 (1998) 303-316

[5] S.Daskalaki, T.Birbas, Efficient solution for a university timetabling problem through integer programming, European Journal of Operational Research (2003) In Press

[6] S.DaskalaKi, T.BirBas, E.Housos, An integer programming formulation for a case study in university timetabling, European Journal of Operational Research (2004) 117-135

[7] M.Dimopoulou, P.Miliotis, Implementation of a University course and examination timetabling system, European Journal of Operational Research 130 (2001) 202-213

[8] M.Dimopoulou, P.Miliotis, An automated university course timetabling system developed in distributed environment: A case Study, European Journal of Operational Research 153 (2004) 136-147

[9] J.J. Dinkel, J. Mote, M.A. Venkataramanan, An efficient decision support system for academic course scheduling, Operations Research 37(6) (1989) 853-864

[10] A. Schaerf, A survey of automated timetabling, Artificial Intelligence Review 13 (2) (1999) 87–127

[11] Yen-Zen Wang, Using genetic algorithm methods to solve course scheduling problems, Expert System with Applications, 25(2003) 39-50

[12] D. de Werra, The combinatorics of timetabling, European Journal of Operational Research 96 (1997) 504–513---34

[13] J.Wood, D.Whitaker, Student Centred School Timetabling, The Journal of the Operational Research Society 49 (1998) 1146–1152