

## روش برنامه‌ریزی عدد صحیح در مساله تخصیص کلاس درس در دانشگاه با مقیاس بزرگ

غلام حسن شیردل<sup>۱</sup>، مصطفی محمدی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۸

### چکیده

جدول زمان‌بندی دروس دوره‌های دانشگاهی یک مسئله‌ی بزرگ تخصیص منابع است، که در آن هم زمان و هم مکان برای هر جلسه‌ی کلاس تعیین می‌شوند. اکثر ادبیات‌های علمی راه‌حل کاملاً اکتشافی را مطرح می‌کنند. برخی از روش‌ها در مورد برنامه‌ریزی زمان‌بندی کلاس‌ها مطرح شده‌اند اما این روش‌ها تنها برای دانشگاه‌های کوچک یا یک بخش و گروه در دانشگاه بزرگ‌تر مطرح شده‌اند، برای دانشگاه‌های بزرگ باید تجزیه‌ای بین بخش‌های آن صورت بگیرد و به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم شود سپس آن را حل کنند که هم هزینه‌بر و هم زمان‌بر است و برای دانشگاه‌های بزرگ مناسب نیست. در این مقاله به زمان‌بندی امتحانات با در نظر گرفتن اطلاعات (کلاس‌ها و امتحانات و ظرفیت کلاس‌ها و تعداد شرکت‌کنندگان امتحانات و ویژگی‌های خاص کلاس‌ها و امتحانات) در دانشگاه آزاد اسلامی قزوین پرداخته شد. این پژوهش

---

shirdel81math@gmail.com

۱. استادیار گروه ریاضی، دانشگاه قم، قم، ایران (نویسنده مسئول)

miladm8874@gmail.com

۲. کارشناسی ارشد گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین، ایران

کاربردی و از نظر روش کمی-ریاضی است و برای همه دانشگاه‌ها و مؤسسات کوچک و بزرگ برای یافتن جواب بهینه برای تخصیص امتحانات و دروس به کلاس‌ها به صورت مستقیم و بدون نیاز به تجزیه بخش‌ها قابل استفاده است. همچنین این روش برای مسائل بزرگ منعطف است و در صرف زمان و هزینه صرفه‌جویی می‌شود. برای این منظور ابتدا مسئله با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی عدد صحیح<sup>۱</sup> تعریف شده و سپس با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک<sup>۲</sup> حل می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** برنامه‌ریزی عدد صحیح، تخصیص کلاس درس، مقیاس بزرگ.

---

1. Integer Programming

2. Genetic Algorithms

## ۱. مقدمه

جداول زمان‌بندی<sup>۱</sup>، برنامه‌ریزی برای استفاده از ترکیب امکانات، منافع و وقت به‌صورت بهینه و کارا در حداقل زمان موجود است. این برنامه‌ریزی در اصل به دلیل وجود محدودیت‌هایی از قبیل کمبود وقت و دیگر منابع که در ادامه شرح داده خواهد شد به وجود می‌آید. در حال حاضر تکنیک‌های زمان‌بندی دوره‌ای در شرکت‌های مختلف جهان برای اداره شرکت‌ها (از قبیل بیمارستان‌ها، اداره‌جات مختلف، لیگ مسابقات، شرکت‌های حمل‌ونقل و ...) به‌منظور استفاده بهینه از امکانات و منابع در حال استفاده است. برخی از تکنیک‌هایی که برای حل مسائل جداول زمان‌بندی استفاده می‌شود، بسیار گران تمام می‌شوند و برخی از تکنیک‌های ارائه‌شده، فقط برای حل مسائل به خصوصی قابل استفاده می‌باشند. در برخی موارد ممکن است با تغییر کوچکی در نیازها، راه‌حل موجود غیرقابل استفاده باشد.

تعیین جداول زمان‌بندی یکی از مباحث عمده و روز تحقیق در عملیات درزمینه ی برنامه‌ریزی است که در برنامه‌ریزی‌هایی نظیر، برنامه حرکت قطارها، زمان‌بندی ترافیک شهری و حتی برنامه‌ریزی کلاس‌های درسی در مدارس و دانشگاه‌ها از آن استفاده می‌شود. (ریسمن و همکاران<sup>۲</sup>، ۱۹۹۷: ۳۱۹)

مسئله زمان‌بندی کلاس در دانشگاه از جمله یکی از مهم‌ترین مسائل تخصیص منابع است که در آن دو عنصر مکان و زمان دخیل هستند در این مسائل باید سعی شود از کلاس‌ها و امکانات موجود حداکثر استفاده را برد. این شرایط درباره‌ی دانشگاه‌ها و مدارس متفاوت است. از جمله تفاوت‌های اصلی بین دانشگاه‌ها و مدارس، در نحوه‌ی تخصیص واحدهای درسی است. در دانشگاه‌ها کلاسی که به هر درس تخصیص می‌یابد از قبل معلوم نیست، درحالی‌که در مدارس کلاس از قبل معلوم است. از طرفی، تعداد درس‌ها و اساتید در دانشگاه‌ها بسیار بیشتر است. (استافورد و تسنگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۲: ۲۸۹)

---

1. Timetabling

2. Reisman, A & et al.

3. Stafford EF., Tseng FT

با توجه به این مطلب که امروزه با افزایش تعداد دانشجویان، تخصیص کلاس امری پیچیده‌تر شده است، روش‌های متنوعی برای تخصیص کلاس ارائه شده است. آنچه در این پژوهش بدان پرداخته می‌شود، استفاده از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح برای تخصیص کلاس در دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین است.

مسئله کلاس‌های درس به صورت "فرآیند تخصیص دروس دانشگاهی به زمان‌های مشخص از برنامه هفتگی با در نظر گرفتن کلاس مناسب و امکانات موردنیاز ارائه دروس" تعریف می‌گردد. به طور معمول اهداف مؤسسات آموزشی و دانشگاه‌ها در این مسئله به دست آوردن یک جواب قابل قبول است.

در اغلب روش‌ها و اکثر ادبیات‌های علمی راه‌حلی‌هایی که مطرح می‌شوند کاملاً به صورت اکتشافی مطرح شده است که نقص‌هایی در آن‌ها وجود دارد که باعث می‌شود کاربرد آن در همه جا امکان‌پذیر نباشد و استفاده از آن محدود باشد و ما قصد داریم این نقص‌ها را از بین برده و کاربرد آن در تمام مؤسسات و دانشگاه‌ها مقدور باشد. علاوه بر این در همه روش‌های پیشین فقط در دانشگاه‌ها و مؤسسات کوچک مورد کاربرد بوده و برای دانشگاه‌های بزرگ باید تجزیه‌ای بین بخش‌های آن صورت می‌گرفت و سپس آن را حل می‌نمودند که کار در آن بسیار سخت می‌شد، در نهایت ما روشی را مطرح کردیم که برای همه دانشگاه‌ها و مؤسسات کوچک و بزرگ مورد استفاده باشد و دیگر نیازی به تجزیه بخش‌ها نباشد که کار برنامه‌ریزی را بسیار آسان می‌کند و در صرف وقت و هزینه نیز صرفه‌جویی می‌شود و یک جواب بهینه را در اختیار ما قرار دهد که هزینه تخصیص نادرست را نزدیک به صفر کند. با این حال، در سال‌های اخیر، روش‌های برنامه‌ریزی عدد صحیح (IP) موضوع توجهات افزایش یافته، شده‌اند. با این روش مسائل با سائز بزرگ را می‌توان مستقیماً و بدون تجزیه کردن به مسائل با سائز کوچک را حل کرد و نرمی و انعطاف را در مسائل با سائز بزرگ بالا می‌برد و برای مسائل یا دانشگاه‌ها یا مؤسسات بزرگ بسیار با اهمیت است. یک جدول زمانی

باکیفیت بالا یعنی جدولی که شدنی و قابل قبول باشد. قابل قبول بودن در اینجا بستگی به نوع مسئله و مقدار منابع در دسترس در مسئله دارد. (استافورد<sup>۱</sup>، ۱۹۸۸)

برای زمان‌بندی کلاس‌های دانشگاهی، توسط دینکیل در سال ۱۹۸۹ فولد در سال ۱۹۹۹ و دیموپولیو در سال ۲۰۰۱ سیستم‌های پشتیبان تصمیم نیز پیشنهاد داده‌اند. البته، با توسعه فن‌آوری اطلاعات و ایجاد بستر مناسب برای تولید نرم‌افزارهای زمان‌بندی کلاس‌های دانشگاهی، تحقیقاتی در زمینه توسعه این نرم‌افزارها صورت گرفته است از آن جمله دیموپولیو معماری برای این نرم‌افزارهای در سطح دانشگاه پیشنهاد داده است. اساس مؤلفه‌های این نرم‌افزار از دیدگاه مهندسی نرم‌افزار مورد مطالعه قراردادهاست. مسئله زمان‌بندی کلاس‌های دانشگاهی، مطابق با ویژگی‌های هر دانشگاه متفاوت است، با این وجود مدل‌های کلی برای مسئله زمان‌بندی کلاس‌های درس دانشگاهی ارائه شده همچنین روش‌های حل گوناگون برای این مسئله ارائه شده است.

برخی از محققین به ارائه روش‌هایی برای حل مسائل کلاس‌بندی امتحانات در سطح مدارس و دانشگاه پرداختند. کارتر و لاپورت (۱۹۹۲) بیان داشتند که مسئله زمان‌بندی را می‌توان به پنج دسته شامل: زمان‌بندی امتحان، زمان‌بندی معلم-کلاس، زمان‌بندی دانشجویان، تخصیص استاد و تخصیص کلاس طبقه‌بندی کرد. آنچه در مطالعه حاضر در نظر گرفته می‌شود تخصیص کلاس است. برای نمونه در زمینه‌ی تخصیص کلاس، الومی و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی با عنوان «مسئله تخصیص کلاس: پیچیدگی، کاهش اندازه و هیروستیک» به ارائه مدلی برای تخصیص کلاس پرداختند که در آن، مسئله امتحان‌های مستقل به تعدادی از کلاس‌ها تخصیص داده می‌شود. آن‌ها مسئله تخصیص را به صورت لیستی از امتحانات که در زمان‌های متفاوت برگزار می‌شود، تعریف کردند. همچنین، آن‌ها با استفاده از یک الگوریتم کاهش جستجوی جواب، به ارائه جواب بهینه برای مسئله تخصیص پرداختند. لاج و لاکو (۲۰۰۸) در پژوهشی با عنوان «جدول بهینه زمان‌بندی امتحان و پایلوت جزئی» به ارائه

---

1. Stafford EF.

مدلی برای بهبود زمان‌بندی کلاس‌ها با استفاده از برنامه خطی ساده پرداخت. فیلیپس و همکاران (۲۰۱۵) مدلی را با استفاده از برنامه‌ریزی عدد صحیح برای کلاس‌بندی با نمونه بزرگ ارائه کردند. در این تحقیق، از مدل ارائه‌شده توسط فیلیپس و همکاران (۲۰۱۵) برای حل مسئله زمان‌بندی استفاده می‌شود.

## ۲. ادبیات تحقیق

یکی از مسائل برنامه‌ریزی شناخته‌شده در محیط‌های دانشگاهی که معمولاً با دشواری‌ها و پیچیدگی‌های فراوان نیز توأم است، مسئله برنامه‌ریزی دروس و امتحانات یک گروه یا دانشگاه است. این مسئله به واسطه پارامترهای فراوان و متنوع و وابستگی شدید محدودیت‌ها و منابع به یکدیگر از جمله مشکل‌ترین مسائل برنامه‌ریزی محسوب می‌گردد. تهیه دستی برنامه‌های در ابعاد بزرگ برای یک دانشگاه، به نحوی که برنامه علاوه بر رعایت محدودیت‌ها، بهینه نیز باشد مستلزم تلاش زیاد و صرف ساعت‌ها کار توسط افراد خبره است. با وجود این، برنامه‌ی تولیدشده ممکن است مطلوب نباشد. به همین دلیل تلاش‌های زیادی جهت خودکارسازی این فرآیند انجام شده است. طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم تصمیم‌گیری برای زمان‌بندی کلاس‌های دانشگاهی که منطبق با نیازها و قوانین دانشگاه‌ها باشد، آرزوی بسیاری از کارکنان دانشگاه و دانشجویان را برآورده می‌کند. در بسیاری از دانشگاه‌ها مسئولین آموزش برای تدوین برنامه زمان‌بندی نیمسال تحصیلی از برنامه‌های مهر و موم‌های گذشته که با سعی و خطابه دست آمده است، را تغییرات مختصری داده و برنامه جدید را ارائه می‌دهند. در چنین شرایطی می‌توان از روش‌های جدید برای فرآیند زمان‌بندی کلاس درس استفاده نمود.

### • اهداف

- ۱- به‌کارگیری مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح برای تخصیص کلاس در دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین
- ۲- یافتن جواب بهینه مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح

### ۳. روش تحقیق

در این بخش ما مسئله‌ی تخصیص کلاس درس را با استفاده از نمونه‌ای کوچک معرفی می‌کنیم. و نشان می‌دهیم چگونه این نوع از مسئله را می‌توان به‌عنوان یک مسئله‌ی حداکثر از مجموعه‌ی فشرده مدل‌سازی نمود. برای حل این مسئله ما یک رویکرد مبنی بر برنامه‌ریزی صحیح را مطرح می‌کنیم که اطمینان از امکان‌پذیری (یا عدم امکان‌پذیری) تخصیص فضا و کیفیت راه‌حل را فراهم می‌آورد. پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش کمی-ریاضی است برای این منظور ابتدا مسئله با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی عدد صحیح تعریف شده سپس مسئله تخصیص با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک حل می‌شود.

### ۳-۱. روش گردآوری اطلاعات

برای گردآوری اطلاعات علمی پژوهش از روش کتابخانه‌ای و برای گردآوری داده‌های عددی برای دستیابی به اهداف پژوهش و پاسخ به سؤالات تحقیق از روش میدانی استفاده می‌شود.

گردآوری اطلاعات برای نگارش مطالب علمی پژوهش با استفاده از کتب، مقالات و بانک‌های اطلاعاتی انجام می‌شود. همچنین، گردآوری اطلاعات عددی با استفاده از اطلاعات ثبت شده در دانشگاه انجام می‌گیرد.

در پژوهش حاضر هدف طراحی مدلی برای کلاس‌بندی امتحانات با استفاده از برنامه‌ریزی عدد صحیح و حل آن با استفاده از نظریه الگوریتم ژنتیک است. بنابراین، برای حل این مسئله دو مرحله وجود دارد:

۱- تعریف مدل تحقیق با استفاده از برنامه‌ریزی عدد صحیح

۲- حل مسئله تخصیص با استفاده از الگوریتم ژنتیک

### • نمادها

e: یک رویداد آموزشی یا جلسه‌ای بین کارمند و دانشجو است که نیاز به اتاقی برای برگزاری جلسه دارد.

C: یک امتحان است که نیازمند کلاسی با سایز  $size_c$  است (تعداد صندلی‌های موجود در کلاس) که حداقل باید برابر تعداد شرکت‌کنندگان  $att_c$  باشد.

P: الگوی جلسات که به صورت مجموعه‌ای از امتحانات تعریف می‌شود که در همان کلاس برگزار می‌شود. برای امتحان  $c$ ،  $P_c$  مجموعه همه الگوها را نشان می‌دهد.

$P_{rt}$  مجموعه همه الگوهایی را نشان می‌دهد که شامل رویداد در زمان  $t$  هستند و برای هر کلاس  $r$  مناسب هستند.

R: کلاس‌هایی موجود است.  $R_c$  مجموعه کلاس‌هایی است که برای برگزاری جلسه  $c$  مناسب‌اند.

Att\_r: ویژگی و مشخصه خاصی که کلاس دارد را نشان می‌دهد Att\_c: ویژگی خاصی که امتحان برای برگزاری در کلاس نیاز دارد.

T: مجموعه همه دوره‌های زمانی در زمان‌بندی را نشان می‌دهد.

$x_{pr}$ : مناسب بودن تخصیص کلاس به الگو را نشان می‌دهد.

w: برخی از مقیاس‌های کیفیت حل مسئله را نشان می‌دهد. در این پژوهش  $w$  به صورت هزینه تخصیص نادرست در نظر گرفته می‌شود که بر اساس کمبود یا مازاد ظرفیت کلاس برای رویداد تعریف می‌شود.

### ۲-۳. مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح

در این فرمول‌بندی، متغیر دودویی  $x_{pr}$  است که مناسب بودن تخصیص کلاس به الگو را نشان می‌دهد. به طور خاص، فرض کنید متغیر  $x_{pr}$  برابر ۱ می‌شود هرگاه الگوی  $p$  در کلاس  $r$  جای گیرد. برای یک تابع هدف مشخص به صورت  $w$  (که برخی از مقیاس‌های کیفیت حل مسئله را نشان می‌دهد)، یک تخصیص بهینه از الگو به کلاس می‌تواند به صورت زیر تعریف شود:

$$\begin{aligned} & \text{maximise} \sum_{p \in P} \sum_{r \in R_p} w_{pr} x_{pr}, \quad (1) \\ & \text{subject to} \end{aligned}$$



روش برنامه‌ریزی عدد صحیح در مساله تخصیص کلاس درس در... □ ۸۹

$$\sum_{p \in P_{rt}} x_{pr} \leq 1, \quad r \in R, t \in T_r, \quad (2)$$

$$\sum_{p \in P_e} \sum_{r \in R_p} x_{pr} \leq 1, \quad e \in E, \quad (3)$$

$$\sum_{p \in P_c} x_{pr} \leq 1, \quad c \in C, r \in R_c, \quad (4)$$

$$x_{pr} \in \{0,1\}, \quad p \in P, r \in R_p, \quad (5)$$

۲: تضمین می‌کند که حداکثر یک رویداد برای هر فضا در هر دوره تخصیص داده می‌شود.

۳: تضمین می‌کند که حداکثر یک فضا برای هر رویداد تخصیص داده می‌شود.

۴: تضمین می‌کند که هر دوره‌ی درسی حداکثر یک الگو به ازای هر فضا را بکار می‌برد، یعنی تمام رویدادهای یک دوره‌ی درسی که به یک فضا تخصیص داده شده‌اند، باید (حداکثر) بخشی از الگوی یکسان باشند.

در پژوهش حاضر مسئله کلاس‌بندی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین طی نیمه اول سال تحصیلی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در نظر گرفته می‌شود. در این برنامه ۶ امتحان با ۵ کلاس وجود دارد که در ۳ زمان برگزار می‌شود. جدول کلاس‌های موجود در ادامه نشان داده شده است. در این جدول ظرفیت هر کلاس، ویژگی خاص کلاس و زمان‌هایی که برای فعالیت‌ها مهیاست نشان داده شده است.

جدول ۱. وضعیت کلاس‌های موجود

room	Size_r	Att_r	T_e
R1	160	-	T1,T2,T3
R2	100	•	T1,T2,T3
R3	56	-	T1,T2,T3
R4	97	-	T1,T2,T3
R5	56	-	T1,T2,T3

در ادامه جدول امتحانات ارائه شده است. این جدول شامل تعداد امتحانات، دانشجویان شرکت کننده در این امتحانات، نیاز خاص امتحانات و زمان امتحانات است.

جدول ۲. وضعیت امتحانات

c	Size_c	Att_c	E	T_e
C1	112	-	E1	T1
C2	60	•	E1,E2	T1,T2
C3	50	•	E1,E2,E3	T1,T2,T3
C4	62	-	E1,E2	T1,T2
C5	54	-	E1	T1
C6	62	-	E2,E3	T2,T3

در ادامه با توجه به ویژگی های امتحانات و کلاس ها، نحوه منطقی برگزاری امتحانات ارزیابی می شود. در این حالت بایستی برگزاری امتحان در هر کلاس با توجه به ظرفیت کلاس و تعداد دانشجویان شرکت کننده در امتحان، زمانی که امتحان برگزار می شود، در نظر گرفته شود.

جدول ۳. نحوه منطقی برگزاری امتحانات

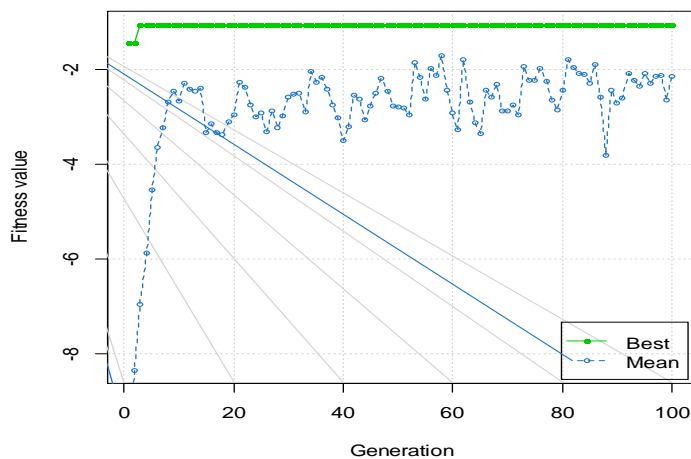
c	T1	T2	T3	R_c	P_c
C1	E1			R1	[E1]
C2	E1	E2		R1,R2,R4	[E1],[E2],[E1,E2]
C3	E1	E2	E3	R1,R2,R3,R4,R5	[E1],[E2],[E3],[E1,E2],[E1,E3],[E2,E3],[E1,E2,E3]
C4	E1	E2		R1,R2,R4	[E1],[E2],[E1,E2]
C5	E1			R1,R2,R3,R4,R5	[E1]
C6		E2	E3	R1,R2,R4	[E2],[E3],[E2,E3]

#### ۴. نتایج تجربی

با توجه به نتایج به دست آمده به حل مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداخته شد. محاسبات با استفاده از نرم افزار R و برنامه GA انجام شد و نتایج به دست آمده از برآورد مقدار مناسب برای برگزاری کلاس در ادامه نشان داده شده است.

روش برنامه‌ریزی عدد صحیح در مساله تخصیص کلاس درس در... □ ۹۱

نمودار تکرار مدل برای رسیدن به همگرایی در ۱۰۰ تکرار به صورت نمودار زیر نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که محاسبات آن قدر تکرار می‌شود تا مقدار هزینه به صفر برسد.



شکل ۱. نمودار تکرار الگوریتم برای رسیدن به همگرایی

جدول ۴. خروجی الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله برنامه‌ریزی خطی

x11	۱	x12	.	x13	.	x14	.	x15	.
x21	.	x22	۱	x23	.	x24	.	x25	.
x31	.	x32	۱	x33	.	x34	.	x35	.
x41	.	x42	.	x43	.	x44	۱	x45	.
x51	.	x52	۱	x53	1	x54	.	x55	.
x61	۱	x62	.	x63	.	x64	۱	x65	.

خروجی محاسبات عدد دودویی بود که تعلق امتحان به کلاس را تعریف می‌کرد به طوری که هزینه تخصیص به صفر نزدیک شود.

با توجه به نتایج به دست آمده می توان الگوی بهینه برای کلاس بندی را به صورت جدول نشان داد.

جدول ۵. الگوی بهینه تخصیص کلاس

	R1	R2	R3	R4	R5
C1	+	-	-	-	-
C2	-	+	-	-	-
C3	-	+	-	-	-
C4	-	-	-	+	-
C5	-	+	+	-	-
C6	+	-	-	+	-

### ۵. جمع بندی و نتیجه گیری

در این پروژه یک روش مبتنی بر برنامه ریزی عدد صحیح جدید برای مسئله تخصیص کلاس های درس جدول زمان بندی دروس دوره های دانشگاه مطرح شد. این روش از نظر قدرت مدل سازی چند سویه و چند کاربردی به نظر می رسد، و برای مسائل عملی عمده و بزرگ منعطف است. از طریق آن، ما می توانیم نتایج قبلی را در جهت دشواری مسائل تخصیص کلاس های درس توسعه دهیم. در نهایت ما روشی ارائه دادیم که برای همه دانشگاه ها و مؤسسات کوچک و بزرگ قابل استفاده است و با این روش مسائل با سایز بزرگ را می توان مستقیماً و بدون تجزیه کردن به مسائل با سایز کوچک را حل کرد و نرمی و انعطاف را در مسائل با سایز بزرگ بالا می برد و برای مسائل یا دانشگاه ها یا مؤسسات بزرگ بسیار با اهمیت است. این روش کار برنامه ریزی را بسیار آسان می کند و در صرف وقت و هزینه نیز صرفه جویی می شود. برای این منظور ابتدا مسئله با استفاده از الگوی برنامه ریزی عدد صحیح تعریف شد و سپس با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک حل شد. خروجی محاسبات عدد دودویی بود که تعلق امتحان به کلاس را تعریف می کرد به طوری که هزینه تخصیص به صفر نزدیک شود.

روش برنامه‌ریزی عدد صحیح در مساله تخصیص کلاس درس در... □ ۹۳

در این پژوهش از الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله استفاده شد و محققین آتی می‌توانند از ترکیب الگوریتم‌های فرااکتشافی برای حل مسئله و افزایش دقت مدل استفاده کنند، همچنین می‌توانند با ایجاد محدودیت‌های زمانی برای مدت امتحانات، آن را در محدوده موردنظر تخصیص دهند و یا اضافه نمودن محدودیت‌هایی جهت رعایت تفکیک جنسی دانشجویان و یا تفکیک دروس عمومی و تخصصی، پژوهش حاضر را تعمیم بخشند. نکته دیگر این است که محققان آتی می‌توانند در راستای در نظر گرفتن هزینه‌هایی در سیستم برگزاری امتحانات با توجه به محدودیت بودجه، مدل را توسعه دهند.

### فهرست منابع

- Phillips, A. E., Waterer, H., Ehrgott, M., & Ryan, D. M. (2015). Integer programming methods for large-scale practical classroom assignment problems. *Computers & Operations Research*, 53, 42-53.
- Reisman, A., Kumar, A., Motwani, J., 1997. Flowshop scheduling/sequencing research: A statistical review of the literature, 1952–1994. *IEEE Transactions on Engineering Management* 44, 316–329.
- Stafford EF. On the development of a mixed-integer linear programming model for the flowshop sequencing problem. *Journal of the Operational Research Society* 1988;39:1163-74.
- Stafford EF., Tseng FT. Two models for a family of flowshop sequencing problems. *European Journal of Operational Research* 2002; 142 282-93