

## **Proposing Innovative Genetic Algorithms Model to Solve the Problem of the Professors' Educational Planning Considering Students' Opinions**

**Laleh Asgari<sup>1</sup>, Mohammad Reza Keyvanpour<sup>2</sup>**

**Abstract:** Timing of curriculum planning for students and faculty could be done using diverse methods. The present research concerns with curriculum planning for professors considering the students' opinions. In doing so, the courses and the timing are determined based on the professors' common timetable, the professors' intensive courses timing and the class limitations. To achieve this goal, the genetic algorithm methodology was used in two steps. In the first stage, single-point cutting operator was used and in the second stage of the algorithm, a new intelligent operator called cyclic reverse list (RIL) was used provided that gold, silver and bronze time types were used for different courses. The advantages of this algorithm are using a new appropriate function (hot rolled), as well as new criteria and a new operator (RIL). Unlike conventional methods, in this method the appropriateness is considered in proportion with the whole population and we try to remove the impossible solutions. The optimal solution is chosen from among a multitude of provided responses. Therefore, it was found that we can reach the optimal solutions with regard to a better appropriateness.

**Key words:** *Fitness function, Genetic Algorithm, Mimetic Algorithm, Rotatory Inverse List (RIL), Timing.*

---

1. Msc, Social and Economic System Engineer, Specialized Data Mining Laboratory, Alzahra University, Tehran, Iran

2. Associate Prof. of Software Engineer, Faculty of Engineering, Alzahra University, Tehran, Iran

---

Submitted: 20 / December / 2016

Accepted: 09 / April / 2017

Corresponding Author: Laleh Asgari

Email: laasgari@gmail.com

## ارائه مدل ابتکاری الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله برنامه آموزشی استادان با تأمین نظر دانشجویان

لاله عسگری<sup>۱</sup>، محمدرضا کیوان پور<sup>۲</sup>

**چکیده:** زمان بندی در برنامه ریزی درسی دانشجویان و استادان با روش های متنوعی صورت می گیرد. این تحقیق به حل مسئله برنامه آموزشی استادان با تأمین نظر دانشجویان می پردازد. در این مسئله، تخصیص درس و زمان به استادان با در نظر گرفتن ساعت جلسه مشترک استادان و زمان بندی ساعات تدریس فشرده آنان و محدودیت کلاس ها انجام می شود. بدین منظور، روش الگوریتم ژنتیک در دو مرحله به کار برده شده است. در مرحله اول الگوریتم، از عملگر برش تک نقطه ای استفاده شد و در مرحله دوم الگوریتم، عملگر هوشمند جدیدی به نام فهرست معکوس حلقوی با در نظر گرفتن زمان های طلایی، نقره ای و برنزی برای درس های مختلف به کار رفت. مزیت این الگوریتم استفاده از تابع برازندگی جدید و همچنین معیار انتخاب جدید و یک عملگر جدید است. این روش برخلاف روش های معمول، برازش کل جمعیت را در نظر می گیرد و تلاش می کند جواب های امکان ناپذیر را حذف کند. در این الگوریتم، جواب نهایی از جواب های بهینه متعدد تولید شده انتخاب می شود. نتایج نشان داد این روش با برازش بهتری به جواب های بهینه می رسد.

**واژه های کلیدی:** الگوریتم ژنتیک، تابع برازندگی، زمان بندی، فهرست معکوس حلقوی، ممتیک الگوریتم.

۱. کارشناس ارشد مهندسی سیستم های اقتصادی- اجتماعی، آزمایشگاه تخصصی داده کاوی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران

۲. دانشیار مهندسی نرم افزار کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی دانشگاه الزهراء، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۳۰

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۱/۲۰

نویسنده مسئول مقاله: لاله عسگری

E-mail: laasgari@gmail.com

### مقدمه

زمان‌بندی درسی در ساده‌ترین جمله، یعنی تخصیص زمان و کلاس به استاد و درس. زمان‌بندی درس‌ها در جدول هفتگی، بر اساس معیارها و امکانات محیط، مشخصات درس، ساعات حضور استادان و درخواست دانشجویان صورت می‌گیرد. زمان‌بندی در حرکت قطار، هواپیما، مترو و درس دانشجویان، مسابقه‌های ورزشی، امتحان دانشجویان و همایش‌ها کاربرد دارد؛ به‌گونه‌ای که از تداخل زمانی دو برنامه با یکدیگر جلوگیری می‌کند و به رضایت کارفرما و ارباب‌رجوع می‌انجامد. از آنجا که در بیشتر دانشگاه‌های ایران، دانشجویان ارشد و دکتری در کنار اشتغالی که دارند، به تحصیل نیز می‌پردازند، برای تأمین رضایت دانشجویان بهتر است برنامه‌ای تنظیم شود که تعداد روزهای تحصیل دانشجویان را فشرده و در روزهای متوالی تنظیم کند. همچنین برنامه‌ای درسی استادان نیز در روزهای متوالی تنظیم شود تا ساعات پیوسته‌ای برای تحقیق آزاد شود. از سوی دیگر، در نظر گرفتن ساعت جلسه مشترک برای استادان در روز مشترک موضوع مهمی است. هدف این تحقیق بهینه‌سازی زمان استادان و دانشجویان است که با ضرورت آزادسازی زمان روزانه استادان و دانشجویان انجام می‌شود.

برای زمان‌بندی از روش‌هایی همچون برنامه‌ریزی عدد صحیح، برنامه‌ریزی منطقی<sup>۱</sup> و هوش مصنوعی، تپه‌نوردی (HC)<sup>۲</sup>، شبیه‌سازی تغییر دما (SA)<sup>۳</sup>، الگوریتم ژنتیک، هایپر هیورستیک، متاهیورستیک، الگوریتم جست‌وجوی متوازن (HSA)<sup>۴</sup>، الگوریتم جست‌وجوی ممنوعه<sup>۵</sup>، سیل بزرگ (GDA)، جست‌وجوی همسایگی متغیر (VNS)<sup>۶</sup>، تئوری مورچه و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. مزیت استفاده از الگوریتم ژنتیک نسبت به روش‌های دیگر، تولید جواب بهینه حتی در تعداد نسل‌های زیاد است.

### پیشینه پژوهش

یکی از روش‌های مشهور روش تپه‌نوردی (HC) است. این روش اجرای ساده و آسانی دارد. تله‌گذاشتن در نقطه بهینه آسان است. روش HC می‌تواند برای تولید راه‌حل‌های با کیفیت خوب با کارهای دیگر مقایسه شود (اسمیت آسمان، ریورز و اسمیت، ۱۹۹۶). الگوریتم جست‌وجوی

- 
1. Logic Programming
  2. Hill Climbing
  3. Simulated Annealing
  4. Harmony Search Algorithm
  5. Tabu Search
  6. Variable Neighborhood Search (VNS)

ممنوعه نیز از چند صفت حرکت همسایگی و چشم‌پوشی از راه‌حل‌هایی که در تابو لیست هستند، استفاده می‌کند (گلور، ۱۹۸۶؛ اسلونی، احمدی و کابرک، ۲۰۰۱).

روش شبیه‌سازی تغییر دما (SA) راه‌حل‌های بهتری ارائه می‌دهد یا راه‌حل‌های بدتر را با کم کردن احتمال در جست‌وجو پیدا می‌کند (کرک پاتریک، گلت و وچی، ۱۹۸۳). سیل بزرگ<sup>۱</sup> نیز به روش SA کار می‌کند، اما از مرزی مانند SA به‌عنوان روابط استفاده می‌نماید که به ندرت کم می‌شود (داک، ۱۹۹۳). راه‌حل جست‌وجوی همسایگی متغیر (VNS)<sup>۲</sup> بر پایه استراتژی استفاده بیشتر از ساختار همسایگی و تغییر آنها به‌طور سیستماتیک در طول جست‌وجو عمل می‌کند (عبداله، برک و مک کلام، ۲۰۰۵). از روش‌های دیگر، بهینه‌سازی کلونی مورچگان (ACO)<sup>۳</sup> است (دوریگو و کارو، ۱۹۹۹). ACO از رفتار مورچه‌ها و روشی که آنها برای غذا کاوش می‌کنند، الهام می‌گیرد. کارهای زیادی با استفاده از روش ACO برای زمان‌بندی امتحانات در ادبیات انجام شده است (الی، ۲۰۰۶). الگوریتم ممتیک نیز ترکیب الگوریتم ژنتیک و الگوریتم جست‌وجوی محلی به‌واسطه ترکیب کردن الگوریتم جست‌وجوی محلی است (براک، نوال و ویر، ۱۹۹۶).

اشی هارا، ساکاگوچی و یاماموری (۲۰۰۴) با استفاده از عملگرهای ژنتیک سنتی در مسئله زمان‌بندی و با طبقه‌بندی محدودیت‌ها، محدودیت‌ها را به سه گروه ضروری، شرطی مطلوب و شرطی دانشجویان دسته‌بندی کردند و با استفاده از تابع شایستگی خاص و عملگر crossover تک‌نقطه‌ای، به تولید جدول زمانی پرداختند.

هسو و چاو (۲۰۰۹)، به کمک روش ابتکاری و در نظر گرفتن محدودیت‌های زمانی دانشجویان، بودجه دانشگاه و منابع دانشکده‌ها و همچنین با استفاده از دو تابع شایستگی، نیاز دانشجویان در اخذ درس یا اخذ دوباره آن بدون ایجاد تأخیر در تحصیل را مشخص کردند و با در نظر گرفتن اندازه کلاس‌ها به تخصیص منابع پرداختند.

در مسئله‌ای دیگر، ونگ، لیو و یو (۲۰۰۹) با استفاده از عملگر جدیدی به نام خودلقاحی<sup>۴</sup>، محدودیت‌های ارائه درس در اتاق مشخص و اضافه‌نشدن درس‌های تکراری به زمان‌بندی را لحاظ کردند و از استدلال مبتنی بر مورد<sup>۵</sup> روش ذخیره و بازبازی راه‌حل‌های قبلی برای جلوگیری از تداخل درس‌ها و زمان‌ها بهره بردند.

عبدنهر و آلی (۲۰۰۷) با در نظر گرفتن محدودیت‌های زمان سخنرانی‌ها و برنامه‌ریزی زمان امتحانات و با روش برنامه‌نویسی منطقی و هوش مصنوعی به حل مسئله پرداختند.

1. Great deluge
2. Variable Neighborhood Search (VNS)
3. Ant Colony Optimization (ACO)
4. Self fertilization
5. Case based Reasoning

۵۳۴ ————— ارائه مدل ابتکاری الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله برنامه...

بهداد، دهقان و ذاکر تولایی (۱۳۸۵)، به کمک روش پیشرو، مجموع ساعت‌های بی‌استفاده دانشجویان و استادان را کمینه کردند و با استفاده از ترکیب عملگرهای crossover تک‌نقطه‌ای، دو نقطه‌ای و یکنواخت، به برنامه‌ریزی روی محدودیت‌های سخت پرداختند و با لحاظ کردن وزن به محدودیت‌ها، تابع شایستگی جدید به دست آوردند.

همر و موهوب (۲۰۱۴) معتقدند دیدگاه متاهیورستیک پیچیده (ETP)، چند فاز برای حل مسئله زمان‌بندی امتحان منظور می‌کند. این دیدگاه شامل فاز پیش پردازش، فاز ساختار و فاز پیشرفت است.

پیلا (۲۰۱۴) برای حل مسئله‌ای از الگوریتم درخت پارسه استفاده کرد. این الگوریتم به هر دانشجو هیورستیکی نسبت می‌دهد تا سختی زمان‌بندی عملی/عمومی را برای این دانشجو نمایش دهد. الگوریتم به ترتیب هیورستیک و تخصیص به هر دانشجو اجرا می‌شود. هیورستیک به سه بخش تخصیص، درس و جلسه دسته‌بندی می‌گردد. نتایج این مطالعه نشان داده است هیورستیک تخصیص و ثانویه برای یافتن راه‌حل مسئله است.

رودوا، مولر و موری (۲۰۱۰) برای حل یک مسئله برنامه‌نویسی برپایه محدودیت، روش‌های هایپر هیورستیک و روش‌های متاهیورستیک را معرفی کردند، به گونه‌ای که از هیچ استراتژی نمی‌توان انتظار داشت از یکدیگر بهتر اجرا شود. ویلیام و گومز بیان کردند که مسائل np-hard انعطاف‌ناپذیرند؛ به این معنا که الگوریتم کارایی وجود ندارد تا برای پیدا کردن راه‌حل بهینه برای انواع مشکلات تضمین شود (مارک و لوئیس، ۲۰۰۶).

وحید و محدحسین (۲۰۱۴) در پژوهشی، از الگوریتم خاصی به نام الگوریتم جست‌وجوی متوازن در پنج مرحله استفاده کردند که عبارت‌اند از: ۱. مقداردهی اولیه پارامترهای HSA و UCTP؛ ۲. مقداردهی اولیه حافظه هارمونی (HM) با زمان‌بندی امکان‌پذیر تصادفی بر پایه پارامترهای اندازه حافظه تصادفی (HMS)؛ ۳. تعبیه کردن راه‌حل هارمونی جدید؛ ۴. به‌روزرسانی حافظه هارمونی. ۵. متوقف کردن معیارها.

میتال، دوشی و سوناسرا (۲۰۱۵)، پژوهشی با هدف ایجاد جدول زمان‌بندی خودکار به‌وسیله الگوریتم ژنتیک انجام دادند. آنها سیستمی را پیشنهاد کردند که در آن جدول زمان‌بندی به‌طور مکانیکی رأی انستیتو درست کند. ساختار جدول زمان‌بندی شامل داده‌های ورودی، رابطه بین داده‌های ورودی، محدودیت‌های سیستم و کاربرد الگوریتم ژنتیک می‌شود. ابتکار این روش الگوریتم تولید جدول زمانی اتوماتیک است.

شن جونگ، لین و پی کاو (۲۰۰۷)، در مقاله سیستم زمان‌بندی تطبیقی با الگوریتم ژنتیک، به مرتب کردن برنامه‌های آموزشی استخدامی پرداختند.

کاهار و کندال (۲۰۱۵) مسئله زمان‌بندی امتحانات را با هدف در نظر گرفتن محدودیت‌های سخت و نرم به کار بردند. آنان در این مقاله الگوریتم سیل بزرگ را توسعه یافته و تغییر یافته معرفی کردند.

معمولاً یافتن راه حل امکان پذیر برای نیازهای زمان‌بندی، روش‌های مختلفی دارد و از کشوری به کشور دیگر، متفاوت است. چالش زمان‌بندی خودکار، وجود جواب‌های غیر بهینه متعدد یا به بیان دیگر، بالابردن دقت در حل مسئله است. در این تحقیق برای تأمین رضایت دانشجویان شاغل در حین تحصیل در مقاطع ارشد و دکتری دانشگاه‌های ایران، تنظیم برنامه‌ای که تعداد روزهای تحصیل دانشجویان را فشرده کرده و در روزهای متوالی پیش کند تا ساعات پیوسته‌ای برای تحقیق آزاد شود و ساعت جلسه مشترک برای استادان در روز مشترک در نظر گرفته شود، ضروری به نظر می‌رسید. بدین منظور از عملگر جدید فهرست معکوس حلقوی<sup>۱</sup>، استفاده شد. این روش، برازش را نسبت به کل جمعیت در نظر می‌گیرد و تلاش می‌کند جواب‌های امکان‌ناپذیر را حذف کند. به کمک این روش، در هر تکرار، جواب بهینه تولید شده و با این الگوریتم جدید فشرده‌سازی زمان‌بندی بدون تولید جواب ناکارآمد، امکان پذیر می‌شود. در ارتباط با تفاوت این روش با الگوریتم جست‌وجوی متوازن یا سایر روش‌های یادشده، می‌توان گفت که در این روش کلیه جواب‌ها امکان پذیرند و با وزن‌دهی از بین آنها جواب بهینه انتخاب می‌شود، اما در الگوریتم جست‌وجوی متوازن، به صورت تصادفی جواب‌های امکان‌ناپذیر تولید شده و براساس ملاحظه تصادفی و تنظیم پرتاب، حذف می‌شوند. سایر روش‌های اشاره شده نیز در تعداد تکرارهای بیشتر، با تولید جواب‌های امکان‌ناپذیر متعدد به جواب می‌رسند. از این رو الگوریتم‌هایی که سعی در کم کردن جواب‌های غیر بهینه دارند، برای مقایسه با الگوریتم RIL پیشنهاد می‌شوند. الگوریتم‌هایی مانند SA، HC، ممتیک الگوریتم، VNS جواب‌های غیر بهینه تولید می‌کنند، اما نسبت به یکدیگر شدت و ضعف دارند.

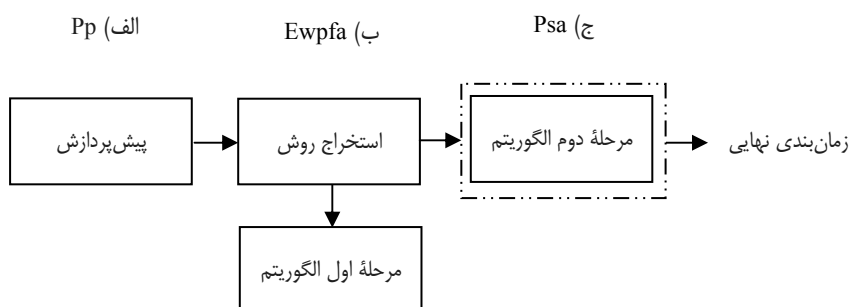
### مدل مفهومی

از آنجا که فشرده‌سازی زمان درس دانشجویان و استادان و نزدیک کردن انتخاب استادان و دانشجویان برای آزاد ساختن زمان مطالعه و کار همزمان دانشجویان مهم است، در این تحقیق با استفاده از الگوریتم ژنتیک دو مرحله‌ای و در نظر گرفتن محدودیت‌های عدم تداخل درس‌ها برای هر آرایش ترمی، کمینه‌شدن ساعات بی‌استفاده دانشجویان، عدم تخصیص کلاس به چند درس همزمان و تداخل نداشتن دروس دانشجویان هم‌رشته و هم‌دوره، به حل مسئله پرداخته شده

1. Rotaory InverseList (RIL)

۵۳۶ \_\_\_\_\_ ارائه مدل ابتکاری الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله برنامه...

است. برای نیل به این منظور، روش الگوریتم ژنتیک در دو مرحله اجرا شده است؛ در مرحله اول الگوریتم، از عملگر برش تک نقطه‌ای استفاده می‌شود و در مرحله دوم، عملگر هوشمند جدیدی به نام فهرست معکوس حلقوی با در نظر گرفتن زمان‌های طلایی، نقره‌ای و برنزی برای دروس مختلف، به کار برده می‌شود. مزیت این الگوریتم استفاده از تابع برازندگی جدید و همچنین معیار انتخاب جدید و عملگر جدید است. چالش موجود در این راهکارها برای حل مسائل یادشده، رسیدن به جواب بهینه، تولید جواب غیربهینه و تکرارهای زیاد برای رسیدن به جواب بهینه است. این روش، برازش را نسبت به کل جمعیت در نظر می‌گیرد و سعی در حذف جواب‌های امکان ناپذیر دارد؛ در صورتی که در روش‌های معمول، برازش برای هر کروموزوم انجام می‌شود (ایکو و همکاران، ۲۰۰۴؛ بهداد و همکاران، ۲۰۰۷؛ پیلا، ۲۰۱۴، جونگ و همکاران، ۲۰۰۷). این امر باعث می‌شود که در هر تکرار، جواب بهینه تولید شود و به کمک این الگوریتم جدید، امکان فشرده‌سازی زمان‌بندی بدون تولید جواب ناکارآمد فراهم آید. از این رو، جواب‌های بهینه متعددی تولید می‌شود که با احتساب وزن و اولویت به جواب‌ها، جواب نهایی انتخاب می‌شود. بلوک دیاگرام روش پیشنهادی به شرح زیر است:



شکل ۱. دیاگرام زمان‌بندی برنامه درسی با تأمین نظر دانشجویان در دو مرحله

## روش‌شناسی پژوهش

### پیش‌پردازش

مسئله به صورت مجموعه  $\{P, S, L, T\}$  تعریف می‌شود که در آن،  $P$  مجموعه استادان،  $S$  مجموعه دانشجویان،  $L$  مجموعه دروس و  $T$  مجموعه زمان‌های تدریس است. اولویت با استادان و دانشجویان است؛ دانشجویان باید در پیش ثبت‌نام انتخاب خود را مشخص کنند و استادان نیز برنامه خود را ارائه دهند؛ سپس برنامه درسی با در نظر گرفتن اشتراک انتخاب دانشجویان و انتخاب استادان و همچنین لحاظ کردن محدودیت کلاس‌ها تنظیم شود. در این برنامه، یک بازه

زمانی در هفته برای استادان به منظور جلسه مشترک، باز نگه داشته می شود. بدیهی است برای این بازه، زمان تدریس در نظر گرفته نمی شود. بعد از نگه داشتن دوره های زمانی باز، زمان هایی که باید برای تدریس هر استاد در نظر گرفته شود، لحاظ می شوند. روند کار زمان بندی<sup>۱</sup> در شش مرحله تعیین می شود: ۱. برنامه استادان؛ ۲. برنامه آموزش؛ ۳. نزدیک کردن برنامه استادان و آموزش؛ ۴. مشخص کردن روز مشترک؛ ۵. مشخص کردن ساعت مشترک برای جلسه یا دفاعیه؛ ۶. فشرده کردن برنامه مشترک استادان و دانشجویان و توالی دروس دانشجویان.

### استخراج روش

#### نمایش مسئله

روش نمایش مسئله به شکل ماتریس سه بعدی است. در این مسئله، ماتریس  $T \times P \times L$  را در نظر می گیریم؛ به گونه ای که زمان در بعد  $k$  و نام استاد و نام درس در یک صفحه شامل بعدهای  $I$  و  $J$  در ماتریس لحاظ شوند.

$$\forall x \in T, \forall Y \in P, \forall Z \in L, T \leq 5 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$P \leq 8 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$L \leq 40 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$W = 5D \quad \text{رابطه (۴)}$$

با توجه به اینکه ۵ روز از هفته برای تدریس و آموزش اختصاص داده شده است و هر روز شامل ۵ بازه زمانی می شود، ۲۵ بازه زمانی در هفته در نظر گرفته شده است.

#### تابع برازش

در مرحله اول الگوریتم، اگر انتخاب استادان  $P$  باشد، انتخاب آموزش  $L$  باشد و کروموزوم  $N$  عنصر داشته باشد، رابطه ۵ برقرار می شود.

$$F_S = \frac{P \cdot L}{N - 2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$N$  تعداد دروس قابل ارائه یا ارائه شده است.

در شرایطی که  $F_S \geq 1$  باشد، جواب تأیید شده است و در غیر این صورت نسل ها تکرار می شود تا به جواب تأیید شده برسد. در مرحله دوم الگوریتم، اگر  $C$  درجه تداخل برنامه زمانی،  $S$  تعداد کلاس ها و  $L$  تعداد استادان باشد، رابطه ۶ برقرار است.

1. Timetabling



۵۳۸ \_\_\_\_\_ ارائه مدل ابتکاری الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله برنامه...

$$F_S = \sum_{l=1}^S \frac{C_l}{S \cdot L_l} \quad \text{رابطه ۶}$$

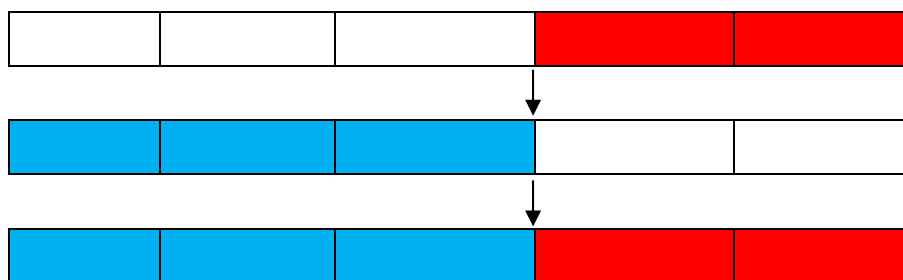
مارک و لوئیس (۲۰۰۶) به مقایسه روش‌های متاهیورستیک در مسئله زمان‌بندی دروس پرداختند و شش نوع تابع برازش برای الگوریتم ژنتیک تعریف کردند. در این تحقیق برای محاسبه تداخل‌ها از رابطه ششم با تغییر توان دوم مجموع در آن به جای مجموع، استفاده شده است. دلیل این تغییر، افزایش مطلوبیت مسئله برای تابع برازش است. اگر  $F_S < 1$  باشد، جواب تأیید شده است و در غیر این صورت، نسل‌های جدید تولید می‌شود تا به جواب تأیید شده برسد. این تابع برازش برای هر تعداد دانشجو و تمام فصول در نظر گرفته شده است. تابع برازش در قالب رابطه ۷ مشاهده می‌شود (سنجی، رنجان و بیچکار، ۲۰۱۲).

$$W = \sum_{i=1}^{40} l_i + \sum_{j=1}^5 C_j + \sum_{k=1}^5 C_k + \sum_{i=1}^{200} S_i + \sum_{m=1}^8 sem_m \quad \text{رابطه ۷}$$

$$W / (total - classes \times 5) \quad \text{رابطه ۸}$$

در رابطه بالا سه شاخص وزن وجود دارد که به تعداد استادان (L) وابسته است. C تعداد کلاس‌های درس با آزمایشگاه و بدون آزمایشگاه؛ S تعداد دانشجویان و Sem تعداد فصل‌هاست. کل تابع برازش برای آزمون نتیجه بهینه برای یک هفته طراحی شده است. با مقایسه رابطه ۶ و ۷ مشخص می‌شود که تداخل زمانی در آن دیده نمی‌شود.

به دلیل وجود عملیات متفاوت نزدیکی انتخاب استادان و دانشجویان و در نظر گرفتن زمان جلسه و فشرده‌سازی زمان تدریس استادان در این مسئله، الگوریتم در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول الگوریتم، نظر استادان و دانشجویان با استفاده از عملگر Crossover تک‌نقطه‌ای مطابق شکل ۲ (ونگ و همکاران، ۲۰۰۹) به هم نزدیک شدند.



شکل ۲. نمایش Crossover تک‌نقطه‌ای

در مرحله دوم الگوریتم، از عملگر Crossover معکوس حلقوی (الهام گرفته شده از ساختمان داده‌های کامپیوتر)، برای تنظیم برنامه فشرده استادان با لحاظ کردن زمان جلسه در روز مشترک و زمان بندی برنامه استادان در روز غیرمشترک استفاده شده است. این عملگر نسبت به عملگرهای سنتی سرعت زیادی دارد. همچنین از تولید جواب‌های ناممکن جلوگیری می‌کند.

### جمعیت اولیه

جمعیت اولیه، اولین گام در الگوریتم ژنتیک است که اولین جمعیت را برای تولید نسل‌های بعدی الگوریتم ایجاد می‌کند. جمعیت اولیه در مرحله اول الگوریتم، درس‌های انتخاب شده استادان و درس‌های انتخابی توسط آموزش است. جمعیت اولیه در مرحله دوم الگوریتم، در دو وجه در نظر گرفته می‌شود. در وجه اول، جمعیت اولیه در روز مشترک جلسه استادان شامل پنج دوره زمانی ۸ تا ۱۰، ۱۰ تا ۱۲، ۱۳ تا ۱۵، ۱۵ تا ۱۷ و ۱۷ تا ۱۹ است. در وجه دوم، جمعیت اولیه در روز غیرمشترک جلسه استادان شامل چهار دوره زمانی می‌شود؛ زیرا یکی از دوره‌های زمانی که برای ساعت جلسه مشخص شده است، از فهرست دوره‌هایی که در یک روز هفته می‌توان در برنامه آموزشی لحاظ کرد، حذف شده است.

### انتخاب محل تکثیر

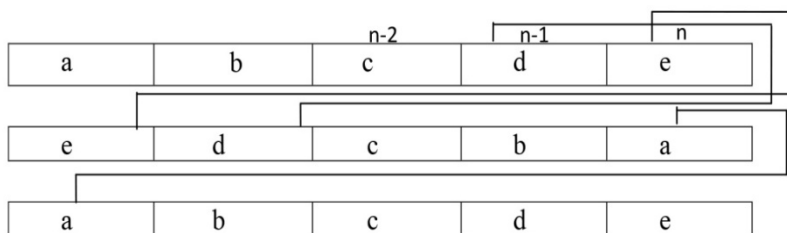
انتخاب محل تکثیر در این الگوریتم در دو مرحله کاربرد دارد. در مرحله اول الگوریتم، مقدار  $g$  به‌طور تصادفی انتخاب می‌شود تا احتمال چرخ رولت باشد.

$$p = \frac{g}{n} \quad \text{رابطه ۹}$$

احتمال ترکیب ( $p_c$ ) را  $0/5$  در نظر می‌گیریم. اگر  $p < p_c$  بود، سمت چپ رشته اصلی قبل از برش  $g$  با سمت راست رشته غیراصولی بعد از برش  $g$ ، به هم چسبانده می‌شود و تولید یک رشته می‌کند. اگر  $p > p_c$  بود، سمت راست رشته اصلی قبل از برش  $g$  با سمت چپ رشته غیراصولی بعد از برش  $g$ ، به هم چسبانده می‌شود و تولید یک رشته می‌کند. در این حالت عملگر Crossover تک نقطه‌ای اتفاق افتاده است. در مرحله دوم الگوریتم اگر جمعیت اولیه دارای  $n$  عضو باشد، اندیس سلول کروموزوم اصلی در مرحله رفت الگوریتم بعد از  $n$  بار تکرار  $[n-1, n]$  و  $[n-2, n-1]$  و  $[0, 1]$  می‌است که در هر بار تکرار به انتهای کروموزوم فرعی اضافه می‌شود. در مرحله برگشت الگوریتم نیز اندیس سلول کروموزوم فرعی بعد از  $n$  بار تکرار  $[0, 1]$  و  $[1, 2]$  و  $[2, 3]$  و ... و  $[n, n-1]$  است که در هر بار تکرار به انتهای کروموزوم اصلی

۵۴۰ \_\_\_\_\_ ارائه مدل ابتکاری الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله برنامه...

اضافه می شود. در نهایت، کروموزوم مطابق تابع شایستگی مطرح شده و شکل ۳، بازه زمانی مناسبی تولید می کند.



شکل ۳. نمایش جابه جایی الگوریتم فهرست معکوس حلقوی

### یافته های پژوهش

#### مرحله اول الگوریتم

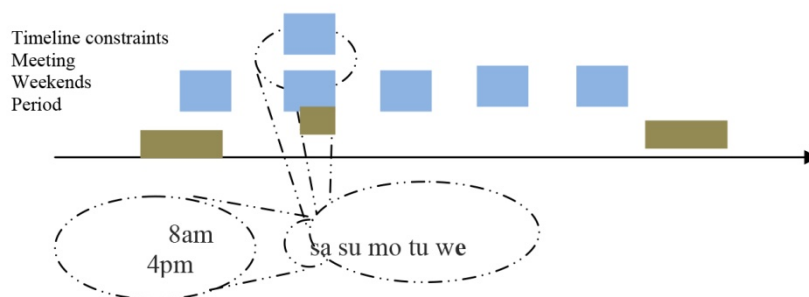
این عملگر در مرحله اول الگوریتم به کار می رود، به گونه ای که همزمان با برش کروموزوم استادان، کروموزوم آموزش نیز برش خورده و با یکدیگر ترکیب می شوند و نسل جدید ایجاد می کنند. تولید نسل جدید تا جایی که شرایط تابع شایستگی مرحله اول الگوریتم (مطابق شکل ۴) احراز شود، ادامه دارد.

```

FOR each individual of population
  Select a number between 1 and 8 as  $L_{ij}$ ,  $c_{ij}$  which represents the
   $i^{\text{th}}$  generation of population and the  $j^{\text{th}}$  chromosome
  in this population.
  create a class for courses of students view
  create a class for courses of professor view
  flag the constraints
  select two gens random from two chromosome( $c, l$ )
  exchange the pieces from Selection Professor chromosome and Student chromosome
  Selection as exchange left student chromosome  $L$  with right professor chromosome  $c$ .
  exchange the pieces right student chromosome  $L$  with left professor chromosome  $c$ .
  check offspring using rules mentioned in section 3.3.3
  next
  next
  
```

شکل ۴. pseudo code مرحله اول الگوریتم crossover تک نقطه ای

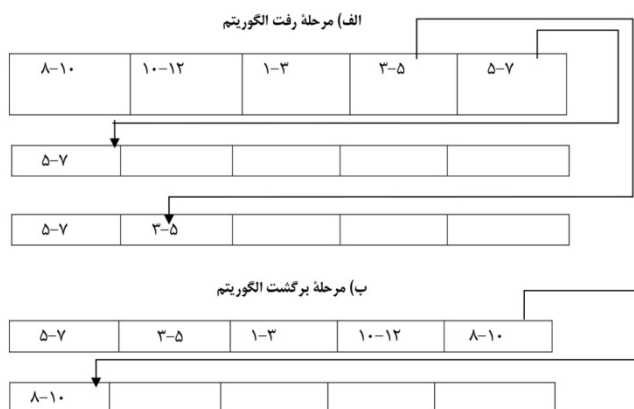
بعداز اجرای مرحله اول، برنامه وارد اجرای مرحله دوم الگوریتم می‌شود. برای تبیین زمان‌های آزاد و زمان جلسات شکل ۵ نمایش داده شده است.



شکل ۵. نمایی از محدودیت خط زمان و زمان‌های آزاد

### مرحله دوم الگوریتم

در مرحله رفت الگوریتم فهرست معکوس حلقوی، مطابق شکل ۶ آخرین سلول رشته اصلی در اولین رشته فرعی ریخته شده، رشته اصلی در متغیری ذخیره می‌شود، رشته اصلی یک سلول به عقب برگردانده شده و این حالت در رشته دیگری نگهداری می‌شود تا زمانی که رشته اصلی خالی شود. در مرحله برگشت الگوریتم مطابق شکل ۶ سلول‌های کروموزوم فرعی را یک سلول به جلو برده و سلول‌های کروموزوم اصلی را یک سلول به عقب برمی‌گردانیم، حالت‌های به‌دست آمده ذخیره می‌شود، رشته اصلی یک سلول به جلو برده و به حالت‌ها اضافه می‌شود.



شکل ۶. نمودار وضعیت فهرست معکوس حلقوی

۵۴۲ ————— ارائه مدل ابتکاری الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله برنامه...

با این روش برنامه‌ای که می‌تواند بین تمام برنامه‌ها بهترین باشد، تنظیم می‌شود؛ به گونه‌ای که مجموع فاصله زمانی بین دروس حداکثر ۲ است. از مقایسه این روش با الگوریتم ژنتیک با عملگر دو نقطه‌ای مشاهده می‌شود که روش پیشنهاد شده نسبت به روش استاندارد تضمین بیشتری برای فشردگی ایجاد می‌کند.

```

Algorithm 2: constraints design
input file of all parameters
if time-slot of professors is common
Save professors common time as meeting
Decrease time-slot of meeting chromosome of professors program
for i=1 to n
{If main chromosome <> nul
{Shift main chromosome one to right
Save chromosome in string
Save cell n-i in secondary chromosome
Save chromosome in string
} for i=n downto 1
If (main chromosom= null){
Shift nth cell secondary chromosome to the n-ith cell of main chromosom
Save cell n-i
Save chromosome in string
}
If meeting<> time slot 1
Assign time- slot [pervious meeting] to course[i]
course[i]=hard
Print golden time
Assign time- slot[ next meeting] to course[i] course[i]= medium
Print silver time
Assign time-slot[next next meeting] to course[i] course[i]= soft
Print bronz time

```

شکل ۷. pseudo code مرحله دوم الگوریتم RIL crossover

در مرحله دوم الگوریتم، از عملگر هوشمند جدیدی به نام فهرست معکوس حلقوی با در نظر گرفتن زمان‌های طلایی، نقره‌ای و برنزی برای دروس مختلف استفاده شده است. در این الگوریتم جوابی بهینه است که علاوه بر در نظر گرفتن زمان جلسه مشترک، درس‌های سخت از نظر اکثر استادان و دانشجویان را زودترین زمان قبل از جلسه (زمان طلایی)، زمان بعد را به درس متوسط (زمان نقره‌ای) و زمان قبل از جلسه (زمان برنزی) را به درس آسان اختصاص دهد. با در نظر گرفتن درجه اهمیت درس‌ها، در جدول زیر درجه اهمیت ۱ زمان طلایی، درجه اهمیت

مدیریت فناوری اطلاعات، دوره ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶ ————— ۵۴۳

۲ زمان نقره‌ای و درجه اهمیت ۳ زمان برنزی است. در زمان بندی برنامه، ابتدا درس‌های زمان طلایی قرار می‌گیرد و پس از آن به ترتیب زمان نقره‌ای و زمان برنزی جای داده می‌شود.

جدول ۱. نمونه خروجی برنامه نرم افزاری الگوریتم RIL

روز	ساعت	۸-۱۰	۱۰-۱۲	۱۳-۱۵	۱۵-۱۷	۱۷-۱۹
شنبه	نام درس: معماری کامپیوتر نام استاد: استاد ۱ درجه اهمیت: ۱	نام درس: شبکه کامپیوتری پیشرفته نام استاد: استاد ۲ درجه اهمیت: ۱	نام درس: هوش مصنوعی نام استاد: استاد ۳ درجه اهمیت: ۲	نام درس: نرم افزار نام استاد: استاد ۴ درجه اهمیت: ۳	نام درس: مباحث ویژه در الگوریتم‌ها نام استاد: استاد ۵ درجه اهمیت: ۳	

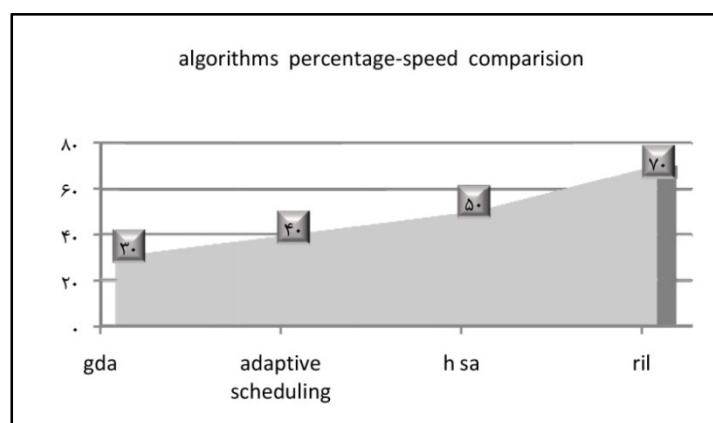
### آزمون و ارزیابی

الگوریتم فهرست معکوس حلقوی برای دانشکده‌های دانشگاه امام حسین تهران به منظور زمان بندی درس استادان و دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد با داده‌های واقعی ۲۰۰ دانشجوی، ۸ استاد در ۱۰ رشته و ۴۰ گرایش به زبان C# به اجرا درآمد. معیار ارزیابی الگوریتم، تعداد نسل‌ها و سرعت الگوریتم است. محاسبات مرحله اول الگوریتم Crossover تک نقطه‌ای در ۴۹ نسل به جواب رسید. در مرحله دوم الگوریتم، از عملگر فهرست معکوس حلقوی استفاده شد که نتایج آن نشان می‌دهد عملگر فهرست معکوس حلقوی در مقایسه با روش استاندارد عملگر Crossover دو نقطه‌ای و HSA تعداد نسل‌های کمتری داشته و سریع تر به جواب می‌رسد.

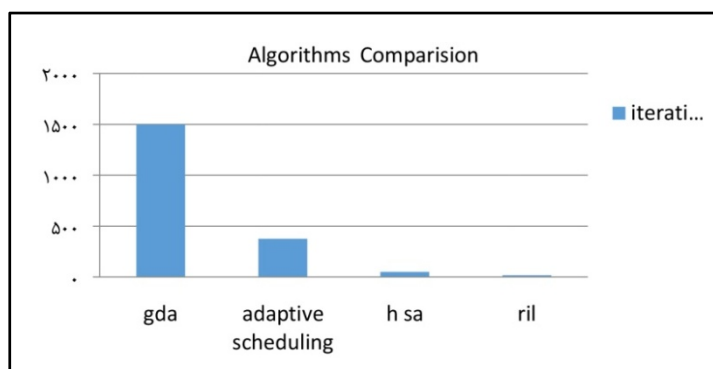
جدول ۲. مقایسه تکرار الگوریتم‌های ژنتیک دو نقطه‌ای، HSA و Ril

RIL	HSA	الگوریتم ژنتیک دو نقطه‌ای	نمونه‌های مسئله
۲۵	۱۰	۱۵	نمونه ۱
۲۵	۱۰	۱۶	نمونه ۲
۲۵	۵۰	۲۵۷	نمونه ۳
۲۵	۵۰	۸۵۲	نمونه ۴
۲۵	۵۰	۱۳۸۶	نمونه ۵
۲۵	۵۰	۲۷۲۹	نمونه ۶
۲۵	۵۰	۲۹۵۹	نمونه ۷
۲۵	۵۰	۳۷۰۵	نمونه ۸
۲۵	۵۰	۴۹۴۸	نمونه ۹
۲۵	۵۰	۷۰۷۴	نمونه ۱۰
۲۵	۵۰	۸۰۲۴	نمونه ۱۱

با توجه به جدول ۲، فهرست معکوس حلقوی و پس از آن HSA تعداد نسل کمتری داشتند، اما الگوریتم ژنتیک دو نقطه‌ای تعداد نسل‌های خیلی بیشتری داشت. در شکل ۸ روش‌های الگوریتم ژنتیک تطبیقی (AS)<sup>۱</sup>، سیل بزرگ (GDA)، فهرست معکوس حلقوی (RIL) و الگوریتم جست‌وجوی متوازن (HSA) از نظر سرعت الگوریتم با هم مقایسه شده‌اند. در شکل ۹ نیز روش‌های یاد شده از لحاظ تعداد نسل‌ها با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همان‌طور که مشخص است، فهرست معکوس حلقوی با تعداد تکرار کمتر به جواب می‌رسد. با توجه به شکل ۸ مشاهده می‌شود که سرعت الگوریتم RIL بیشتر از HSA است و الگوریتم ژنتیک دو نقطه‌ای کمترین سرعت را دارد.



شکل ۸. مقایسه سرعت الگوریتم



شکل ۹. مقایسه تکرار الگوریتم

### 1. Adaptive Scheduling

مدیریت فناوری اطلاعات، دوره ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶ ————— ۵۴۵

در شکل ۹ نیز مشخص می‌شود که لیست معکوس حلقوی دارای کمترین تکرار است و جست‌وجوی متوازن، الگوریتم ژنتیک تطبیقی و سیل بزرگ به ترتیب در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار دارند.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق با کم کردن فاصله انتخاب استادان و دانشجویان و فشرده کردن زمان بندی، برنامه درسی استادان و دانشجویان، اولویت بندی زمان‌ها، در نظر گرفتن جلسه مشترک استادان و برنامه جدید آموزشی برای دانشگاه‌های کشورمان تدوین می‌شود.

الگوریتم ارائه شده نسبت به سایر الگوریتم‌ها از نظر شاخص‌های زمان، سرعت و تعداد نسل و نیز، عدم وجود جواب امکان‌ناپذیر بهتر است. در این الگوریتم جواب‌های بهینه متعددی تولید می‌شود که با احتساب وزن و اولویت به جواب‌ها، جواب نهایی انتخاب خواهد شد. با این روش، سرعت پردازش بیشتر شده، دقت حل مسئله بهبود یافته و از پیمایش فضای حالت ناممکن جلوگیری به عمل آمده است. در مجموع مشخص شد که این روش با برآزش بهتری به جواب‌های بهینه می‌رسد.

از مزیت‌های دیگر روش فوق این است که زمان‌های طلایی، نقره‌ای و برنزی نیز برای پوشش درس‌های سخت، متوسط و آسان در روز جلسه استادان در نظر گرفته شده است. قوت دیگر الگوریتم مد نظر در این است که از جواب‌های امکان‌ناپذیر جلوگیری می‌کند و کارایی آن نسبت به روش سنتی بیشتر است.

### پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی

- با توجه به کارایی الگوریتم فهرست معکوس حلقوی، علاوه بر استفاده در زمان بندی درسی، از آن برای زمان بندی حرکت قطارها، هواپیماها استفاده شود.
- همچنین در توسعه تحقیق حاضر، می‌توان علاوه بر عنوان‌های درسی، انتخاب روزهای تدریس را نیز برعهده دانشجویان گذاشت و برنامه را بر اساس رشته تحصیلی آنها مرتب کرد.
- با این روش می‌توان برای زمان بندی امتحانات نیز تحقیق کرد.

### فهرست منابع

محمد، ب.، دهقانی، ت.، ذاکر تولایی، م. (۱۳۸۵). رویکردی نوین در زمان بندی دروس دانشگاه با استفاده از الگوریتم ژنتیک، دوازدهمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.



- Abdennadher, S. & Aly, M. (2007). Constraint-Based University Timetabling for the German University in Cairo, *21st Workshop on (Constraint) Logic Programming*, Würzburg, Germany.
- Abdullah, S., Burke, E.K. & Collum, B. (2005). An investigation of variable neighbourhood search for university course timetabling. In: *Proceedings of MISTA 2005. The 2nd Multidisciplinary Conference on Scheduling: Theory and Applications*, 18-21 July, pp. 413-427.
- Abdullah, S. & Ahmadi, S. & Dror, M. & Burke, E.K. & McCollum, B. (2003). *A Tabu based Large Neighbourhood Search Methodology for the Capacitated Examination Timetabling Problem*. DOI: 10.1057/palgrave.jors.2602258.
- Behdad, M. & Dehghan, T. & Zaker Tavalayee, M. (2007). A New Approach in University Timetabling by Using Genetic Algorithm. *12th Annual Conference of Iranian Computer Society*, Tehran, Shahid Beheshti University. (in Persian)
- Sutar, S.R. & Bichkar, R.S. (2012). University Timetabling based on Hard Constraints using Genetic Algorithm, *International Journal of Computer Applications*, 42(15),1-7.
- Burke, E.K., Newall, J.P. & Weare, R.F. (1996). A Memetic Algorithm for University Exam Timetabling, PATAT I, Edinburgh, UK, Lecture Notes in Computer Science 1153. *Springer-Verlag*. (Editors: E.K. Burke and P. Ross), pp. 3-21.
- Dorigo, M.I. & Caro, G.D. (1999). *Ant Colony Optimization: A new Meta-Heuristic*. Available in: <http://staff.washington.edu/paymana/swarm/dorigo99-cec.pdf>.
- Doshi, H. & Mittal, D. & Negpure, R. & Sunasra, M. (2015). Automatic timetable generation using genetic algorithm. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 4(2), 245-248.
- Dueck, G. (1993). New Optimization Heuristics: The Great Deluge Algorithm and the Record-to-Record Travel. *Journal of Computational Physics*, 104(1), 86-92.

- Eley, M. (2006). Ant algorithms for the exam timetabling problem Michael. *International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling*, PP. 167-180.
- Glover, F. (1986). Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. *Computers & Operations research*, 13(5), 533-549.
- Hmer, A. & Mouhoub, M. (2014). A Multi-Phase Hybrid Metaheuristics Approach for the Exam Timetabling, *10th International Conference of the Practice and Theory of Automated Timetabling*, PP. 26-29.
- Hsu, C. & Chao, H. (2009). A Student-Oriented Class-Course Timetabling Model with the Capabilities of Making Good Use of Student Time, Saving College Budgets and Sharing Departmental Resources Effectively. *Proceedings of the 2009 WRI Global Congress on Intelligent Systems*, PP. 379-384.
- Ikuo, O. & Kunihito, Y. & Yoshiyuki, S. (2004). Timetabling For Satisfying Professors' Requirements and Student's Desires using Genetic Algorithm, *Memoirs of the Faculty of Engineering, Miyazaki University*, PP. 313-318.
- Juang, Y. & Kao, H. & Lin, S. (2007). An adaptive scheduling system with genetic algorithms for arranging employee training programs, *Elsevier Expert Systems with Applications*, 33(3), 642-651.
- Kahar, M. & Kendall, G. (2015). A great deluge algorithm for a real-world examination timetabling problem. *Journal of The Operational Research Society*, 66(1), 116-133.
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C.D., Vecchi, M.P. (1983). Optimization by Simulated Annealing Science. *Journal of Computational Physics*, 220(4598), 671-680.
- Liu, J. & Yu, X. & Wang, Z. (2009). Self-Fertilization Based Genetic Algorithm for University TimeTabling Problem. *Proceedings of the first ACM/SIGEVO Summit on Genetic and Evolutionary Computation*, PP. 1001-1004.
- Marc, R. & Lewis, R. (2006). *Metaheuristics for University Course Timetabling*. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of Napier University for the degree of Doctor of Philosophy.
- Müller, T. & Rudová, H. & Murray, K. (2010). Complex university course timetabling. *Journal of Scheduling*, 14(2), 187-207.

ارائه مدل ابتکاری الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله برنامه... ۵۴۸

Pilla, N. (2014). A study of the practical and tutorial scheduling problem. *10 th International Conference of the Practice and Theory of Automated Timetabling, PTAT*, PP. 26-29.

Rayward Smith, V.J., Osman, I.H., Reeves, G.D., Smith, G.D. (1996). *Modern Huristics Search Methods*. John Wiley& Sons Ltd.

Wahid, J. & Mohd Hussin, N. (2014). Harmony search algorithm for curriculum- based course timetabling problem. *International Journal of Soft Computing and Software Engineering*, 3(3), 365-371.