



## A Mathematical Optimization Model for Allocating Semester Weeks to Students of Different Disciplines in Coronary-Living Conditions

**Hassan Rashidi**

Prof., Faculty of Statistics, Mathematics & Computer, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. E-mail: hrashi@atu.ac.ir

**Zeynab Rashidi\***

\*Corresponding Author, Ph.D. Candidate, Department of Educational Technology, Faculty of Psychology & Educational Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. E-mail: z\_rashidi@atu.ac.ir

### Abstract

**Objective:** Many of the world's top universities have already decided to hold the next semester with e-teaching. In Iran, too, the forecasts show a red situation for some areas in terms of corona prevalence. Also, several university students live in these areas. In planning the next semester, therefore, more focus should be on e-teaching. According to the instructions of the Ministry of Science, Research and Technology in Iran, education should be implemented in two parts, including e-teaching and face-to-face training. In face-to-face education with the needs of the educational space, students are divided into disciplines so that the implementation of health protocols in the university and educational space is possible. For this purpose, in this research, a mathematical optimization model is presented to allocate semester weeks to students of different disciplines in coronary-living conditions.

**Methods:** In this paper, to determine specific weeks for students of different disciplines during the semester in face-to-face education, a mathematical optimization model is proposed in the form of nonlinear programming with integer variables. In the objective function of the model, the distribution of students in the educational space during consecutive weeks during the semester should be done in such a way that it has the maximum possible dispersion to prevent the spread of coronary heart disease.

**Results:** This model has been implemented to allocate semester weeks to students of different majors at universities, in general, and its use has brought positive results for decision-makers, particularly at Allameh Tabataba'i University.

**Conclusion:** The results obtained from the implementation and execution of the model will bring a clear and positive perspective for decision-makers in universities. To continue this research, another optimization model should be designed and implemented for each faculty, taking into account the limitations of each department.

**Keywords:** Face-To-Face Training, Optimization, Weekly Schedule, Corona Prevalence, Modelling.

**Citation:** Rashidi, Hassan & Rashidi, Zeynab (2020). A Mathematical Optimization Model for Allocating Semester Weeks to Students of Different Disciplines in Coronary-Living Conditions. *Industrial Management Journal*, 12(3), 205-520. (in Persian)

Industrial Management Journal, 2020, Vol. 12, No.3, pp. 502-520

DOI: 10.22059/IMJ.2021.314977.1007804

Received: December 07, 2020; Accepted: April 11, 2021

© Faculty of Management, University of Tehran



## یک مدل بهینه‌سازی ریاضی برای تخصیص هفته‌های ترم تحصیلی به دانشجویان رشته‌های مختلف در شرایط کرونا زیستی

حسن رشیدی

استاد، گروه رایانه، دانشکده آمار، ریاضی و رایانه، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران. رایانامه: hrashi@atu.ac.ir

زینب رشیدی\*

\* نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه تکنولوژی آموزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران. رایانامه: z\_rashidi@atu.ac.ir

### چکیده

**هدف:** بسیاری از دانشگاه‌های برتر جهان، تصمیم گرفته‌اند که آموزش مجازی را در نیمسال آینده برگزار کنند. در کشور ایران هم، پیش‌بینی‌ها وضعیت قرمزی را برای برخی مناطق از لحاظ شیوع کرونا نشان می‌دهند. همچنین، تعدادی از دانشجویان دانشگاه‌ها در این مناطق سکونت دارند. بنابراین، در برنامه‌ریزی نیمسال آینده باید تمرکز بیشتری روی آموزش مجازی صورت پذیرد. طبق دستورالعمل‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در ایران، آموزش دانشجویان باید به گونه دو بخشی شامل آموزش مجازی و آموزش حضوری به اجرا در آید. در آموزش حضوری با نیازمندی‌های فضای آموزشی، دانشجویان به رشته‌هایی تقسیم می‌شوند به شکلی که اجرای پروتکل‌های بهداشتی در دانشگاه و فضای آموزشی شدنی باشد. به این منظور در این پژوهش یک مدل بهینه‌سازی ریاضی برای تخصیص هفته‌های ترم تحصیلی به دانشجویان رشته‌های مختلف در شرایط کرونا زیستی ارائه شده است.

**روش:** در این مقاله، برای تعیین هفته‌های خاص به دانشجویان رشته‌های مختلف در طول ترم تحصیلی در آموزش حضوری، یک مدل بهینه‌سازی ریاضی به صورت برنامه‌ریزی غیر خطی با متغیرهای صحیح پیشنهاد می‌شود. در تابع هدف مدل، توزیع دانشجویان در فضای آموزشی طی هفته‌های متوالی در طول ترم تحصیلی به گونه‌ای انجام می‌شود که بیشینه پراکندگی ممکن را، به دلیل جلوگیری از شیوع بیماری کرونا داشته باشد.

**یافته‌ها:** این مدل برای تخصیص هفته‌های خاص به دانشجویان رشته‌های مختلف در دانشگاه (به صورت عمومی)، پیاده‌سازی شده و به کارگیری آن نتایج مثبتی را برای تصمیم‌گیرندگان، به صورت خاص در دانشگاه علامه طباطبایی، به همراه داشته است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج به دست آمده از پیاده‌سازی و اجرای مدل، چشم‌انداز روشن و مثبتی را برای تصمیم‌گیرندگان در دانشگاه به همراه خواهد داشت. برای ادامه این پژوهش، باید مدل بهینه‌سازی دیگری برای هر دانشکده با در نظر گرفتن محدودیت‌های هر گروه آموزشی طراحی و اجرا گردد.

**کلیدواژه‌ها:** آموزش حضوری، بهینه‌سازی، زمان‌بندی هفتگی، شیوع کرونا، مدل‌سازی.

**استناد:** رشیدی، حسن؛ رشیدی، زینب (۱۳۹۹). یک مدل بهینه‌سازی ریاضی برای تخصیص هفته‌های ترم تحصیلی به دانشجویان رشته‌های مختلف در شرایط کرونا زیستی. مدیریت صنعتی، ۱۲(۳)، ۵۰۲-۵۲۰.

مدیریت صنعتی، ۱۳۹۹، دوره ۱۲، شماره ۳، صص. ۵۲۰-۵۲۰

DOI: 10.22059/IMJ.2021.314977.1007804

دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۷، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۲

© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

## مقدمه

یکی از عرصه‌های مهم و متأثر از ویروس کرونا، توسعه آموزش مجازی در دانشگاه‌ها می‌باشد. وزارت علوم همه کشورها بر این باورند که برای نیمسال بعدی نیز حتی با مرتفع شدن بیماری کرونا در کشور از آموزش مجازی به عنوان یک ظرفیت بسیار مناسب بهره‌گیری کنند. بسیاری از دانشگاه‌های برتر جهان، از هم‌اکنون تصمیم گرفته‌اند که آموزش مجازی را ادامه دهند. در کشور ایران هم، پیش‌بینی‌ها وضعیت قرمزی را برای برخی مناطق از لحاظ شیوع کرونا، نشان می‌دهند. همچنین، شماری از دانشجویان دانشگاه‌ها در این مناطق سکونت دارند. بنابراین، در برنامه‌ریزی نیمسال آینده باید تمرکز بیشتری روی آموزش مجازی انجام گیرد.

در روزهای اخیر، تمام مشاغل از جمله بخش آموزش و پرورش به دلیل ابتلا به ویروس کرونا ۲۰۱۹ نه تنها در کشور ایران بلکه در سراسر جهان به شدت تحت تأثیر قرار گرفته‌اند (مرگداس و کیشور<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰). همه‌گیری کرونا ویروس منجر به حبس میلیون‌ها نفر شده است. تقریباً تمام فعالیت‌ها به طور جدی متوقف شده‌اند و این می‌تواند احساس و مسئولیت بشر را برای بقاء تهدید کند. بخش آموزش نیز از چنگال‌های ویروس کرونا مستثنی نیست زیرا تمام مؤسسات، آموزش حضوری را تعطیل و آموزش آنلاین یا آموزش الکترونیکی را از هر راه ممکن آغاز می‌کنند.

یکی از رویکردهای مؤثر برای برنامه‌ریزی کلاس‌های دانشگاه‌ها در نیمسال آینده، یک رویکرد ترکیبی شامل آموزش مجازی و حضوری است. هدف اصلی این مقاله، ارائه یک مدل بهینه‌سازی ریاضی برای تخصیص هفته‌های ترم تحصیلی به دانشجویان رشته‌های مختلف طی آموزش حضوری آنان است به گونه‌ای که پراکندگی آن‌ها طی مدت حضور در کلاس‌ها در فضای آموزشی بیشینه گردد.

بقیه قسمت‌های این مقاله به شکل زیر ساختار بندی شده است. در بخش دوم، پیشینه پژوهش بیان می‌شود. در بخش سوم، مدل بهینه‌سازی پیشنهادی توصیف می‌شود و سپس به شکل معادلات ریاضی جهت به کارگیری عمومی، فرموله می‌شود. در بخش چهارم، مدل بهینه‌سازی برای تصمیم‌گیری در دانشگاه، به صورت عمومی پیاده‌سازی و اجرا می‌شود. در بخش پنجم، نتایج کلی به دست آمده و کارهای آتی توضیح داده می‌شوند.

## پیشینه پژوهش

شیوع ویروس کرونا (سندرم تنفسی خاورمیانه) در سال ۲۰۱۹ با اضطراب عمومی در کشورهای مبتلا همراه بود. این ویروس، با عنوان کووید-۱۹<sup>۲</sup> اولین بار در ووهان، استان هوبی در چین در دسامبر سال ۲۰۱۹ شناخته شد و طی چند هفته در سراسر جهان گسترش یافت.

در این قسمت، ادبیات موضوع و مرتبط با مسائل زمان‌بندی دروس دانشگاهی و اثرات شیوع ویروس کرونا مرور می‌شوند.

مسئله زمان‌بندی دروس دانشگاهی، یکی از مسائل زمانبر در هر محیط آموزشی است. در این مسئله، عوامل زیادی نظیر شمار دروس، کلاس، اساتید، دانشجویان و زمان‌های کاری وجود دارند و محدودیت‌های سخت و نرم زیادی

<sup>۱</sup>. Murugadoss & Kishore

<sup>۲</sup>. COVID-19

تأثیرگذار هستند که طی چند دهه گذشته مورد توجه قرار گرفته‌اند، اما در شرایط فعلی و با توجه به بحران کرونا بررسی و ارائه مدل‌های نوین مورد نیاز می‌باشند. رویکردهای مختلفی برای حل مسئله جدول زمانی دروس دانشگاهی پیشنهاد شده‌اند که در ادبیات پژوهش به چند دسته شامل رنگ‌آمیزی گراف<sup>۱</sup>، جستجوی ممنوعه<sup>۲</sup>، شبیه‌سازی تبریدی<sup>۳</sup>، الگوریتم بهینه‌سازی تکرار تصادفی با همسایگان ترکیبی<sup>۴</sup>، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات<sup>۵</sup>، الگوریتم تپه‌نوردی<sup>۶</sup>، الگوریتم ژنتیک<sup>۷</sup>، الگوریتم زنبور<sup>۸</sup>، الگوریتم ممتیک<sup>۹</sup>، شبکه عصبی<sup>۱۰</sup>، روش مبتنی بر توالی و فرا ابتکاری<sup>۱۱</sup> و همچنین رویکردهای برنامه‌ریزی ریاضی و خطی تقسیم‌بندی شده‌اند (بابایی، کریم‌پور و حدیدی، ۲۰۱۵). ویژگی‌ها به همراه نقاط قوت و ضعف هر دسته از این روش‌ها توسط رشیدی و حسن‌پور (۲۰۲۰) ارائه شده است. جدول ۱، مقایسه ویژگی‌ها و معیارهای مختلف در پژوهش‌های سال‌های اخیر و مدل این پژوهش را نشان می‌دهد. در ادامه به توضیح مختصر مهم‌ترین این پژوهش‌ها، پرداخته می‌شود.

در پژوهشی، حل مسئله زمان‌بندی درس‌های دانشگاه در سطح یک گروه آموزشی، مورد مطالعه قرار گرفته و یک الگوریتم فرا ابتکاری بر مبنای گراف پیشنهاد شده است. الگوریتم پیشنهادی یک رویه مدل‌سازی دو لایه است که روش فرا ابتکاری را با روش رنگ‌آمیزی گراف ترکیب می‌کند. لایه بالاتر، یک ابتکار مناسب را انتخاب می‌کند که بتواند یک حل‌شدنی خوب را برای مسئله رنگ‌آمیزی گراف در لایه پایین ارائه دهد. الگوریتم پیشنهادی برای حل یک مسئله واقعی به کار گرفته شده است. نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد مهم‌ترین ضعف الگوریتم‌های ابتکاری و فرا ابتکاری آنست که نیازمند صرف زمانی برای تنظیم پارامترها، با به کارگیری سعی و خطا می‌باشند (سلیمی‌فرد، جمالی و بابایی‌زاده، ۱۳۹۲).

در پژوهشی دیگر، یک سیستم هوشمند برای برنامه‌ریزی دوره‌های آموزشی در دانشگاه‌ها با به کارگیری رویکرد یادگیری ماشین و شبکه باور عمیق<sup>۱۲</sup> پیشنهاد شده است. دلیل هوشمند بودن سیستم پیشنهادی این پژوهش آن است که می‌تواند با دریافت ورودی‌ها و همچنین آموزش مورد نیاز شبکه باورهای عمیق، محدودیت‌ها، ورودی‌ها و سایر پارامترهای لازم را یاد بگیرد. شبکه باور عمیق به کارگیری شده در این مطالعه دارای یک لایه خروجی، چهار لایه پنهان و چهار لایه ورودی است. نتایج تجربی این پژوهش نشان می‌دهد که شبکه باورهای عمیق ارائه شده برای برنامه‌ریزی دروس آکادمیک، نمره بهتر و خطای و زمان اجرای کمتری را در مقایسه با روش فرا ابتکاری و انتخاب مبتنی بر توالی ارائه می‌دهد اما مشکل عمده رویکرد یادگیری ماشین، صرف زمانی برای یادگیری می‌باشد (رشیدی و حسن‌پور، ۲۰۲۰).

1. Graph Coloring

2. Tabu Search

3. Simulated Annealing

4. Random Repeat Optimization Algorithm with Hybrid Neighbors

5. Particle Swarm Optimization Algorithm

6. Hill Climbing Algorithm

7. Genetic Algorithm

8. Bee's Algorithm

9. Memetic Algorithm

10. Neural Network

11. Sequence-Based Selection Hyper-Heuristic

12. Network Deep-Belief

در پژوهش دیگری، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح برای مسئله زمان‌بندی دروس دانشگاهی در سطح یک گروه آموزشی، ارائه شده است. در این مطالعه برای کاهش شمار متغیرهای تصمیم، ترکیب درس و استاد و گروه دانشجوی به عنوان فعالیت در نظر گرفته شده و دو مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح با عنوان مدل مبتنی بر فعالیت و مدل دو مرحله‌ای مبتنی بر فعالیت، معرفی شده است. در مرحله اول این مطالعه بر مبنای شمار جلسات لازم در هفته در بازه‌های زمانی روزهای مختلف هفته، تمام فعالیت‌ها زمان‌بندی می‌شود و در مرحله دوم با در نظر گرفتن محدودیت‌های خاص، کلاس‌ها و فضاهای آموزشی به جلسات برنامه‌ریزی شده تخصیص یافته است. این مدل‌ها برای یک نیمسال تحصیلی بر مبنای فرآیند تخصیص دروس به بازه‌های زمانی خاص در روزهای هفته با محدودیت‌های سخت در دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان به کار گرفته شده است (اسماعیلیان و عبدالهی، ۱۳۹۶).

#### جدول ۱. مقایسه ویژگی‌ها و معیارهای مختلف در پژوهش‌های پیشین در سال‌های اخیر و مدل این پژوهش

در نظر گرفتن										تکنیک استفاده شده	مدل استفاده شده	پژوهشگر (سال)
تعداد جلسات در هفته	توزیع دانشجویان در شرایط کرونا	دسته‌بندی بر حسب رشته‌ها	کنترل همزمانی در سطح گروه	کنترل همزمانی توسط مدرس	کنترل همزمانی در یک فضا	چند بازه زمانی	کنترل فضا از نظر ظرفیت	برنامه‌ریزی در سطح گروه	برنامه‌ریزی در سطح کلان			
			✓	✓	✓	✓		✓		فرا ابتکاری (MetaHeuristic)	رنگ‌آمیزی گراف	سلیمی‌فرد و همکاران (۱۳۹۲)
✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		انشعاب و برش (Branch and Cut)	برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح دو مرحله‌ای	اسماعیلیان و همکاران (۱۳۹۶)
✓			✓		✓		✓			الگوریتم NSGA-II	برنامه‌ریزی عدد صحیح	سلیمی‌فرد و همکاران (۱۳۹۷)
			✓		✓		✓			نرم‌افزار Lingo	برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مختلط تک هدفه و دو هدفه	سیدی و همکاران (۱۳۹۸)
				✓	✓		✓	✓		روش شبیه‌سازی تبریدی (Simulated Annealing)	جدول‌بندی دروس مبتنی بر برنامه درسی	بلیو <sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶)
			✓	✓				✓		روش تجزیه Bender	برنامه‌ریزی عدد صحیح و ترکیبی	باقر و همکاران (۲۰۱۷)

<sup>1</sup> Bellio

			✓	✓		✓	✓		بهینه‌سازی ازدحام ذرات (Partial Swarm Optimization)	مسئله رضایت‌مندی محدودیت‌ها	حسین و همکاران (۲۰۱۹)
			✓		✓		✓		ابتکاری مبتنی بر شبکه عصبی (Neural Network)	شبکه باور عمیق	رشیدی و همکاران (۲۰۲۰)
	✓	✓						✓	گرادیان کاهش‌یافته (Generalized Decreasing Gradient)	برنامه‌ریزی غیر خطی و عدد صحیح	مدل پیشنهادی در این تحقیق

در شرایط بحرانی، شیفت‌های کاری گوناگون و طولانی‌مدت، می‌تواند سلامت جسمی و روحی نیروی انسانی را به مخاطره بیندازد. با زمان‌بندی مناسب و توجه به قوانین و سیاست‌های کاری، می‌توان پیامدهای ناشی از شیفت‌های کاری آنان را کاهش داد. در پژوهشی، یک مدل ریاضی چند هدفه برای زمان‌بندی آموزش نیروی انسانی شرکت‌های پتروشیمی ارائه شده است؛ به گونه‌ای که با رعایت نیازهای شرکت و شمار بهینه کارکنان در هر شیفت، هزینه‌های شرکت کمینه و عملکرد و ترجیحات کارکنان نیز بیشینه شود. این مدل ریاضی، از نوع برنامه‌ریزی عدد صحیح بوده و به دلیل پیچیدگی مدل و نیز چند هدفه بودن آن، برای حل آن، الگوریتم NSGA-II به کار رفته است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند اگر چه شیفت‌بندی و گزینش مدل کاری مناسب برای شرکت‌های پتروشیمی، پیچیدگی فراوانی دارد، اما الگوریتم NSGA-II می‌تواند در تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین مدل کاری، ابزاری شایسته و توانمند باشد (سلیمی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۷).

برای امداد رسانی به بیماران و مجروحان در زمان بحران، باید برنامه‌ریزی نمود. در پژوهشی، مدلی برای زمان‌بندی، مکان‌یابی و تخصیص بهینه نقاط انتقال، مراکز امدادی و بیمارستان در زمان زلزله برای خدمت‌رسانی به مجروحان شامل غربالگری، کمک‌های اولیه و انتقال، ارائه شده است. روش این پژوهش، مدل‌سازی کمی از طریق ارائه مدل ریاضی است. برای این منظور مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مختلط تک هدفه و دو هدفه ارائه شده‌اند. مدل تک هدفه به دنبال کمینه‌سازی زمان کل انتقال مجروحان و مدل دو هدفه علاوه بر کمینه‌سازی زمان، به دنبال کمینه‌سازی جریمه ناشی از عدم انتقال مجروحان است. این مدل‌ها با دو رویکرد مکان‌یابی و تخصیص بهینه در زلزله شش ریشتری با مجروحان کمتر و انتخاب شماری از تسهیلات و رویکرد تخصیص بهینه در زلزله هفت ریشتری با مجروحان زیاد به کار رفته است (سیدی و همکاران، ۱۳۹۸).

پژوهش‌های انجام شده اخیر نشان می‌دهند رویکرد تلفیقی برای آموزش باید در دانشگاه‌ها در نظر گرفته شود. پژوهشی در کشور ایران، نشان می‌دهد زندگی در قرنطینه خانگی، نتایج منفی از جهت روانشناختی در دانشجویان در همه‌گیری کووید-۱۹ به همراه داشته است (خدابخشی‌کولایی، ۲۰۲۰). در مطالعه دیگری در کشور ایران، آموزش تلفیقی به عنوان مهم‌ترین اقدام جهت پیشگیری و نحوه مقابله با عفونت و قرار گرفتن در معرض بیماران آلوده، برای مقابله با کووید-۱۹ می‌باشد (پیروی و همکاران، ۲۰۲۰). در پژوهشی دیگر، در پاسخ به شیوع بیماری همه‌گیر برای تداوم آموزش پزشکی، رویکرد تلفیقی و منظم مراکز دانشگاهی ارائه شده است. در این پژوهش، کمینه‌سازی

آلودگی‌های بین رسته‌های مختلف دانشجویی و برنامه‌هایی برای تفکیک در داخل و میان گروه‌های آموزشی، تغییر شکل تقویم‌های دانشگاهی، و به تعویق انداختن یا ارزیابی‌های بازسازی در نظر گرفته شده است. نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد کمینه‌سازی انتقال شیوع بیماری همه‌گیر در مراکز بهداشتی و درمانی بسیار مهم است و رویکرد تلفیقی برای آموزش یکی از راه‌های مؤثر برای مهار بیماری کرونا است (اشوکا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). در پژوهشی در کشور اندونزی، یکی از تلاش‌های دولت این کشور درخواست تجدید نظر در انجام سفرهای فیزیکی است. یکی از این موارد در زمینه آموزش است که فرآیند یادگیری به صورت آنلاین در خانه انجام شود. هدف این مطالعه، پی بردن به نحوه به کارگیری الگوی یادگیری آمیخته در ترکیب با کاربردها در آموزش معلمان دوره ابتدایی در طول همه‌گیری کووید-۱۹ است (راشمتالله<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۰).

### مدل پیشنهادی

در بین رویکردهای مطرح شده برای حل مسئله جدول زمانی دروس دانشگاهی، برنامه‌ریزی ریاضی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است، زیرا نیازمند فرآیند یادگیری و زمانی برای یادگیری و همچنین زمانی برای تنظیم پارامترها با به کارگیری سعی و خطا نمی‌باشد. مدل پیشنهادی در این پژوهش، بر اساس برنامه‌ریزی ریاضی و در سطح دانشگاه، به صورت کلان و عمومی استوار شده است و مهم‌ترین نوآوری آن، توزیع دانشجویان در فضای آموزشی و دانشگاه در جهت ایجاد بیشینه پراکندگی ممکن، به دلیل جلوگیری از شیوع بیماری کرونا می‌باشد (ردیف ۹ در جدول ۱). در این قسمت، یک مدل بهینه‌سازی ریاضی غیر خطی (آیزلت و سندبلوم<sup>۳</sup>، ۲۰۱۹) جهت تخصیص هفته به دانشجویان در رسته‌های مختلف ارائه می‌گردد و عناصر آن شامل فرضیات مدل، پارامترهای ورودی مدل، متغیرهای تصمیم‌گیری، محدودیت‌ها و همچنین تابع هدف، توضیح داده می‌شوند.

### فرضیات مدل

فرضیات مدل بهینه‌سازی، به صورت زیر تعیین می‌شوند:

- **فرض ۱:** در مدل پیشنهادی، دانشجویان به رسته‌هایی تقسیم می‌شوند. این رسته‌ها، می‌توانند بر حسب معیارهای مختلفی مانند مراحل تحصیل دانشجویان در مقاطع کارشناسی، ارشد و دکتری و با نیازمندی‌هایی نظیر گذراندن واحد درسی در مراحل اولیه و یا در مرحله میانی و پایانی، و همچنین سال ورود به دانشگاه، مشخص گردند.
- **فرض ۲:** در آموزش حضوری با نیازمندی‌های فضای آموزشی، یک کمینه و یک بیشینه برای شمار هفته در طول ترم تحصیلی برای دانشجویان هر رسته در نظر گرفته می‌شود به طوری که کیفیت آموزشی افت کمتری داشته باشد.
- **فرض ۳:** در طول نیمسال تحصیلی، شماری از کلاس‌ها در هر رسته به شکل حضوری و همزمان مطالب آن کلاس‌ها برای رسته‌های دیگر به شکل مجازی است. برای آموزش حضوری، تمام دانشجویان یک رسته باید در

<sup>1</sup>. Ashokka

<sup>2</sup>. Rachmadtullah

<sup>3</sup>. Eiselst & Sandblom

دانشگاه حضور داشته باشند و باید بیشینه درصد شمار دانشجویان در طول یک هفته جهت حضور در دانشگاه کنترل شود به گونه‌ای که جلوگیری از شیوع بیماری کرونا در نظر گرفته شود.

- **فرض ۴:** برای دانشجویانی که برای اولین ترم وارد دانشگاه می‌شوند، به دلیل تأخیر در اعلام نتایج کنکور سراسری و تأخیر در ورود آن‌ها به دانشگاه، آموزش حضوری در هفته‌های اول ترم تحصیلی شدنی نیست.
- **فرض ۵:** در آموزش حضوری، هدف توزیع مناسب دانشجویان در فضای آموزشی طی هفته‌ها در طول ترم تحصیلی است به گونه‌ای که بیشینه پراکندگی ممکن، به دلیل جلوگیری از شیوع بیماری کرونا میسر گردد. بر اساس شیوه‌نامه‌های وزارت بهداشت، تجمع باید در حد ممکن کاهش یابد.

### پارامترهای ورودی

این پارامترها، قبل از فرآیند حل مدل و نخست باید به شکل داده‌های موجود در جدول ۲ تعیین شوند. این پارامترها، شامل شمار رسته‌های دانشجویی و شمار دانشجویان در هر رسته، شمار هفته‌ها در طول ترم تحصیلی، کمینه و بیشینه شمار هفته‌هایی که دانشجویان هر رسته باید در کلاس حضور یابند و بیشینه میزان نسبی حضور دانشجویان در طول هفته، در شرایط کرونایی می‌باشند.

جدول ۲. پارامترهای ورودی مدل بهینه‌سازی

شرح مختصر پارامتر	پارامتر	توصیف پارامتر به انگلیسی
شمار رسته‌های دانشجویی در دانشگاه	$N$	Number of Categories of Students
شمار کل هفته‌ها در طول ترم تحصیلی	$M$	Number of weeks during semester
شمار دانشجویان در رسته $i$	$S_i$	Number of Students in Category $i$
کمینه شمار هفته‌هایی که دانشجویان رسته $i$ باید در کلاس حضور یابند	$LBS_i$	The Minimum number of weeks that the students in category $i$ must be attended in the class
بیشینه شمار هفته‌هایی که دانشجویان رسته $i$ باید در کلاس حضور یابند	$UBS_i$	The Maximum number of weeks that the students in category $i$ must be attended in the class
بیشینه میزان نسبی حضور دانشجویان در طول هفته در شرایط کرونایی	$\lambda$	Percentage of the total students that attended in class in each week
شمار هفته‌های اول ترم تحصیلی که امکان برگزاری کلاس برای دانشجویان جدید وجود ندارد	$P$	The number of weeks that is not possible to perform class for new students

### متغیرهای تصمیم‌گیری

متغیرهای تصمیم‌گیری شامل برگزاری کلاس (عدم برگزاری کلاس) در یک هفته خاص در طول ترم تحصیلی برای هر رسته می‌باشند. این متغیرها در جدول ۳ منعکس شده است و از حل مدل بهینه‌سازی، به دست می‌آیند.

جدول ۳. متغیرهای تصمیم‌گیری در مدل بهینه‌سازی

شرح مختصر متغیر	متغیر	توصیف متغیر به انگلیسی
متغیرهای تصمیم‌گیری صفر و یک هستند، ارزش یک مبین برگزاری کلاس برای رسته $i$ در هفته $t$ است و صفر عدم برگزاری آن	$X_{i,j}$ $i=1,2,\dots,N$ $j=1,2,\dots,M$	Binary Decision Variable, the value one indicates the class is holding for category $i$ in week $j$ during semester and the value zero is not holding it



### محدودیت‌های مدل

در این مدل بهینه‌سازی، ۵ دسته محدودیت، مطابق جدول ۴ وجود دارد. دو محدودیت (۱) و (۲) به کمینه و بیشینه شمار هفته‌های حضور دانشجویان برای هر رشته در طول ترم تحصیلی مربوط می‌باشند. محدودیت (۳) به عدم امکان برگزاری کلاس حضوری در هفته‌های اول ترم تحصیلی برای دانشجویانی که برای اولین ترم وارد دانشگاه می‌شوند، بر می‌گردد (فرض ۴). محدودیت (۴) به بیشینه حضور شمار دانشجویان در همه رشته‌ها برای یک هفته خاص مربوط می‌باشد. طبق مقررات جدید وزارت علوم، باید شمار دانشجویانی که به شکل همزمان در جلسات حضوری شرکت می‌کنند، جهت جلوگیری از شیوع ویروس کرونا کنترل گردد. محدودیت (۵) به ارزش‌های ممکن برای هر متغیر تصمیم‌گیری مربوط می‌شود.

جدول ۴. محدودیت‌های مدل بهینه‌سازی

رابطه	محدودیت	شرح مختصر محدودیت
(۱)	$\sum_{j=1}^M X_{i,j} \geq LBS_i$ $i = 1.2 \dots N$	شمار جلسات در طول ترم تحصیلی برای هر رشته باید از کمینه شمار هفته تعریف شده مساوی یا بیشتر باشد
(۲)	$\sum_{j=1}^M X_{i,j} \leq UBS_i$ $i = 1.2 \dots N$	شمار جلسات در طول ترم تحصیلی برای هر رشته باید از بیشینه شمار هفته تعریف شده مساوی یا کمتر باشد
(۳)	$X_{i,j} = 0$ <i>if category i is new; j = 1.2 \dots P</i>	عدم امکان برگزاری کلاس حضوری در هفته‌های اول ترم تحصیلی برای دانشجویان جدید
(۴)	$\sum_{i=1}^N (X_{i,j} \times S_i) \leq \lambda \times \sum_{i=1}^N S_i$ $j = 1.2 \dots M$	شمار دانشجویان برای همه رشته‌ها در هفته $j$ ، نباید از درصد مناسب تعداد کل دانشجویان در همه رشته‌ها تجاوز کند.
(۵)	$X_{i,j} \text{ is binary}$ <i>for i = 1.2 \dots N ; j = 1.2 \dots M</i>	متغیرهای تصمیم‌گیری صفر و یک هستند، ارزش یک مبین برگزاری کلاس در آن هفته است و صفر عدم برگزاری آن

### تابع هدف مدل

در تابع هدف، توزیع دانشجویان در آموزش حضوری طی نیمسال تحصیلی و در بین هفته‌ها در نظر گرفته شده است. این توزیع، باید بیشینه پراکندگی ممکن را، به دلیل جلوگیری از شیوع بیماری کرونا شایع سازد. در این تابع هدف به شکل رابطه (۶)، توان دوم اختلاف بین متغیرهای تصمیم‌گیری در دو هفته متوالی در طول ترم تحصیلی به عنوان معیار به کار گرفته شده است به گونه‌ای که اختلاف‌های کوچکتر کمتر و اختلاف‌های بزرگتر، بیشتر نشان داده شوند. در این رابطه، توان دوم اختلاف بین شمار دانشجویان در تمام رشته‌ها در بین دو هفته متوالی جهت به کارگیری فضای آموزشی می‌باشد.

$$Max Z = \sum_{j=1}^M \left( \sum_{i=1}^N (X_{i,j} \times S_i) - \left( \sum_{i=1}^N X_{i,j+1} \times S_i \right) \right)^2 \quad \text{رابطه (۶)}$$

### مطالعه موردی

در این قسمت، اجرای مدل پیشنهادی برای تعیین هفته‌های برگزاری کلاس در دانشگاه (به صورت عمومی) و نتایج پیاده‌سازی آن ارائه می‌شود. رسته‌های دانشجویان در دانشگاه شامل (الف) کلیه دانشجویان تحصیلات تکمیلی ۹۸۱ با نیازمندی گذراندن واحد درسی، (ب) کلیه دانشجویان تحصیلات تکمیلی پیش از ۹۸۱ در سنوات مجاز تحصیل با نیازمندی گذراندن واحد درسی، (ج) کلیه دانشجویان مقطع کارشناسی ورودی ۹۷ و ۹۸ نیازمند گذراندن واحد درسی، (د) کلیه دانشجویان ورودی ۹۹۱ در سه مقطع کارشناسی، ارشد و دکتری، (ه) کلیه دانشجویان ورودی ۹۶ و پیش از آن در مقطع کارشناسی با نیازمندی گذراندن واحد درسی می‌باشند. جدول ۵ نمایی از داده‌های ورودی مدل و متغیرهای تصمیم‌گیری در قالب به کارگیری شده برای دانشجویان دانشگاه را، به صورت عمومی نشان می‌دهد. در این جدول، داده‌های ستون «شمار کل دانشجویان» به طور خاص برای دانشگاه علامه طباطبایی و ارزش‌های ممکن برای متغیرهای تصمیم‌گیری در ستون‌های سمت چپ جدول، اعداد صفر و یک هستند که عدد یک (صفر) نمایان‌گر برگزاری (عدم برگزاری) کلاس در هفته مورد نظر است.

جدول ۵. داده‌های ورودی مدل و متغیرهای تصمیم‌گیری در قالب به کارگیری شده برای کلاس‌های دانشگاه

هفته‌های برگزاری کلاس حضور	حد بالای شمار هفته‌ها برای کلاس‌های حضور در ترم تحصیلی برای رسته	حد پایین شمار هفته‌ها برای کلاس‌های حضور در ترم تحصیلی برای رسته	نیازمندی دانشگاهی	شمار کل دانشجویان	رسته دانشجویی (Student Category)	رسته (Category)
	UBS	LBS				
			واحد درسی	۲۱۶۸	کلیه دانشجویان تحصیلات تکمیلی ۹۸۱	۱
			واحد درسی	۳۳۱۹	کلیه دانشجویان تحصیلات تکمیلی پیش از ۹۸۱ در سنوات مجاز تحصیل - نیازمند واحد درسی	۲
			واحد درسی	۲۶۲۴	کلیه دانشجویان مقطع کارشناسی ورودی ۹۷ و ۹۸	۳
			واحد درسی	۱۴۸۰	کلیه دانشجویان ورودی ۹۹۱ در مقطع کارشناسی	۴
			واحد درسی	۲۳۴۰	کلیه دانشجویان ورودی ۹۹۱ در مقطع ارشد و دکتری	۵
			واحد درسی	۳۵۷	کلیه دانشجویان ورودی ۹۶ و پیش از آن (مقطع کارشناسی)	۶
				مجموع		

برای تعیین شمار متغیرهای تصمیم‌گیری، می‌توان از یک مدل بهینه‌سازی ریاضی به شکل برنامه‌ریزی اعداد صحیح بهره گرفت. مدل‌ها در انواع زبان‌ها و سیستم‌های برنامه‌نویسی قابل توسعه و پیاده‌سازی هستند. جهت حل مدل روی صفحه گسترده و افزودنی‌های آن تمرکز شده است. صفحه گسترده با قدرت و انعطاف‌پذیری زیاد، به سرعت به عنوان

نرم افزار اجرای آسان برای توسعه شناخته شد. طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی در تجارت، مهندسی، ریاضیات و علوم را می‌توان با افزودنی‌ها در صفحه‌های گسترده حل نمود. دلیل عمده به کارگیری صفحات گسترده آنست که شامل آمار گسترده، ابزارهای پیش‌بینی و مدل‌سازی و قابلیت‌های بانک اطلاعاتی می‌باشند. قابلیت‌های دیگر به مدیریت داده‌ها، کارکردها و روال‌ها بر می‌گردد. با تکامل بسته‌های صفحه گسترده، افزونه‌هایی برای ساخت و حل کلاس‌های مدل خاص توسعه داده شده‌اند. در میان بسته‌های الحاقی، بسیاری از آن‌ها برای توسعه<sup>۱</sup> DSS ساخته شدند. این افزودنی‌های مربوط به DSS شامل Solver<sup>۲</sup> و What'sBest!<sup>۳</sup> برای انجام بهینه‌سازی خطی و غیر خطی می‌باشند. افزودنی‌های دیگری به عنوان ابزار شبیه‌سازی به شکل رایگان یا با هزینه بسیار کم در دسترس هستند. یکی از روش‌های موجود در ابزار Solver در نرم‌افزار اکسل، روش‌های مبتنی بر گرادیان می‌باشند که شیب تابع هدف را به صورت عددی محاسبه می‌کنند و می‌توانند برای بهبود جواب فعلی به کار گرفته شوند. در نرم‌افزار اکسل، روش گرادیان کاهش‌ی تعمیم یافته<sup>۴</sup> به کار رفته است (راجامرگداس و کریشناکیشور<sup>۵</sup>، ۲۰۲۰؛ شرک، برتن و شرماخر<sup>۶</sup>، ۲۰۲۰) که می‌تواند برای حل مسائل هموار غیر خطی، راه‌حل مؤثری ارائه دهد و جواب بسیار نزدیک به بهینه را با اختلاف اندکی به دست آورد. شبه کد مربوط به این روش در شکل ۱ آمده است.

**Step 1-** Set  $k=0$  and obtain a feasible solution  $XY^0$  at  $f^0$   
**Step 2-** At feasible point  $XY^k$ , partition variables  $XY$  into  $XY_N, XY_B, XY_S$   
**Step 3-** Calculate reduced gradient,  $(df/dXY_S)$   
**Step 4.** Evaluate gradient projection search direction for  $XY_S$  with quasi-Newton extension  
**Step 5-** Find  $\gamma \in (0,1]$  with  $XY_S(\gamma)$   
**Step 6-** Solve for Constraints  $(XY_S(\gamma), XY_B, XY_N) = 0$   
**Step 7-If**  $f(XY_S(\gamma), XY_B, XY_N) < f(XY_S^k, XY_B, XY_N)$  **Then**  
 $XY_S^{k+1} = XY_S(\gamma)$   
 $k = k+1$   
**Step 8- If**  $|(df/dXY_S)| < \epsilon$  **Then Stop. Else Goto Step 2.**

#### شکل ۱. شبه کد مربوط به روش گرادیان کاهش‌ی تعمیم یافته

در این شبه کد، در گام ۱ یک جواب شدنی مشخص و مقدار تابع هدف<sup>۱</sup> محاسبه می‌گردد. در گام ۲، متغیرهای تصمیم‌گیری  $(XY)$  به سه بخش متغیرهای غیر پایه  $(XY_N)$ ، متغیرهای پایه  $(XY_B)$  و متغیرهای وابسته  $(XY_S)$  تقسیم می‌شوند. در گام ۳، مشتق تابع هدف نسبت به متغیرهای وابسته محاسبه می‌گردد. در گام ۴، جستجوی گرادیان به کمک روش نیوتن توسعه یافته<sup>۲</sup> انجام می‌شود. در گام ۵، ارزشی بین صفر و یک برای پارامتر  $\gamma$  تعیین می‌شود و در گام ۶ معادله Constraints  $(XY_S(\gamma), XY_B, XY_N)$  که در آن محدودیت‌های مدل در نظر گرفته شده‌اند، حل می‌گردد.

<sup>1</sup>. Decision Support System

<sup>2</sup>. Frontline Systems Inc., solver.com

<sup>3</sup>. A Version of Lindo, from Lindo Systems, Inc., lindo.com

<sup>4</sup>. Generalized Reduced Gradient method

<sup>5</sup>. Raja Murugadoss & Krishna Kishore

<sup>6</sup>. Schreck, Baretton & Schirmacher

<sup>7</sup>. Quasi-Newton Extension

در گام ۷، مقایسه‌ای بین ارزش فعلی تابع هدف در دو مرحله متوالی انجام و در صورت یافتن جواب بهتر،  $XY_S$  جایگزین می‌شود. در گام ۸ مشتق تابع هدف محاسبه شده و در صورتی که قدرمطلق آن از ارزش  $\varepsilon$  کمتر باشد، جواب نهایی پیدا شده است. در غیر این صورت گام‌های ۲ به بعد باید تکرار گردند. جزئیات بیشتر در خصوص روش گرادیان کاهش‌ی تعمیم یافته در (آیزلت و سندبلوم، ۲۰۱۹) منعکس شده است.

محدودیت‌هایی به صورت زیر جهت برگزاری کلاس‌های حضوری، باید در نظر گرفته شوند:

- برگزاری کلاس‌ها برای تمامی دانشجویان ورودی سال‌های قبل در کلیه مقاطع به صورت آموزش الکترونیکی تا سقف برگزاری مجاز شمار جلسات کلاس‌ها خواهد بود.
- برگزاری کلاس‌ها برای تمامی دانشجویان نورود در کلیه مقاطع تحصیلی از ۱۵ آبان ماه شروع می‌شود و تا ۶ هفته به شکل آموزش حضوری با رعایت پروتکل‌های بهداشتی و فاصله‌گذاری‌های لازم خواهد بود و پس از ۶ هفته به شکل آموزش الکترونیکی تا سقف برگزاری مجاز شمار جلسات کلاس‌ها برگزار خواهد شد.
- هر دانشکده در ۶ هفته آغازین از آموزش حضوری در هر درس دو واحدی به جای یک جلسه کلاس در یک هفته می‌تواند تا سقف دو جلسه کلاس در آن درس را در یک هفته با رعایت پروتکل‌های بهداشتی و فاصله‌گذاری لازم به شکل حضوری برگزار کند. این روند به همین ترتیب برای دروسی که بیش از دو واحد هستند نیز قابلیت اعمال دارد.

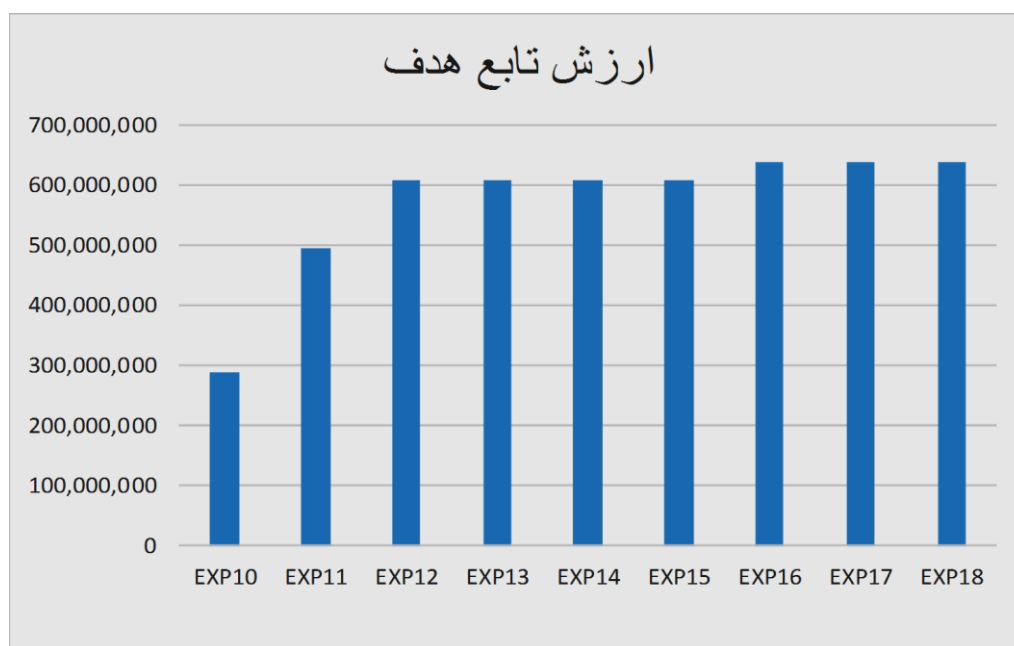
با توجه به این محدودیت‌ها، آزمایش‌هایی به شکل جدول ۶، تحت پارامترهای مختلف طراحی گردید. برای پیاده‌سازی مدل و اجرای آزمایش‌ها در دانشگاه (به صورت عمومی)، شمار رسته‌های دانشجویی  $N = 6$ ، شمار هفته‌ها در طول ترم تحصیلی  $M = 16$  و شمار هفته‌های غیر مجاز برای دانشجویان جدید  $P = 8$ ، در نظر گرفته شد. آزمایش‌های زیادی تحت پارامترهای مختلف  $\lambda$  و  $LBS$ ،  $UBS$  برای هر رسته جهت به دست آوردن نتیجه مطلوب، انجام شد. جدول ۶، ارزش تابع هدف به دست آمده از حل مدل را برای ۱۸ آزمایش، تحت ارزش  $\varepsilon = 0/0001$  در اجرای روش گرادیان کاهش‌ی تعمیم یافته، نشان می‌دهد.

پیاده‌سازی و اجرای مدل جهت تعیین شمار و شماره هفته در طول ترم تحصیلی برای کلاس‌های حضوری در دانشگاه (به صورت عمومی)، انجام شد. شکل ۲، نتایج به دست آمده از حل مدل را برای ارزش تابع هدف، تحت ارزش‌های مختلف برای پارامترهای  $\lambda$  و همچنین  $LBS$  و  $UBS$  را برای هر رسته نشان می‌دهد. مشاهدات کلی به دست آمده از اجرای آزمایش‌ها را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- **مشاهده ۱:** در بین آزمایش‌های انجام شده، نیمی از آن‌ها جواب شدنی نداشتند. این عدم امکان به دلیل آنست که درصد شمار دانشجویانی که می‌توانند در کلاس‌های حضوری، در دانشگاه حضور داشته باشند ارزش کمی دارد ( $\lambda = 0/55$ ،  $\lambda = 0/60$ ،  $\lambda = 0/65$ ) و این در حالی است که کل دانشجویان یک رسته باید در یک هفته خاص در کلاس حضور داشته باشند.



- **مشاهده ۲:** شمار هفته‌های فعال برای دانشجویان در ۸ هفته پایانی ترم، تراکم بیشتری دارد. دلیل این مشاهده به تأخیر در ورود دانشجویان جدید در مقطع کارشناسی و مقطع تحصیلات تکمیلی بر می‌گردد.
- **مشاهده ۳:** در بین آزمایش‌های انجام شده با جواب شدنی، هفته فعال برای دانشجویان هر رسته در هفته‌های متوالی طی ترم تحصیلی، تقریباً به شکل یک در میان، در طول ۸ هفته اول تحصیلی، ارزش‌های صفر و یک به خود می‌گیرد. دلیل بروز این مشاهده، به تأخیر و عدم حضور دانشجویان نورود در طول ۸ هفته اول ترم تحصیلی بر می‌گردد. علاوه بر آن، دلیل دوم بروز این مشاهده به تابع هدف برمی‌گردد که در آن، باید فاصله بین شمار دانشجویان در دو جلسه متوالی در طول ترم تحصیلی بیشینه گردد.
- **مشاهده ۴:** هرچه ارزش  $\lambda$  به عدد یک نزدیک‌تر می‌شود، ارزش تابع هدف و میزان همگرایی بیشتر است به شکلی که روش حل گرادیان برای پارامترهای ( $\lambda=0/75$ ,  $\lambda=0/80$ ,  $\lambda=0/85$ ) عدد یکسانی برای تابع هدف تولید می‌کند.
- **مشاهده ۵:** در بین آزمایش‌های انجام شده، بهترین نتایج به دست آمده برای تابع هدف با ارزش بیشتر مربوط به اجرای مدل و با شرایط آزمایش‌های شماره ۱۶، ۱۷ و ۱۸ است. برای این حالت خاص از پارامترهای ( $\lambda=0.90$ ,  $\lambda=0.85$ ) ارزش تابع هدف برای بهترین شرایط (۶۳۷،۶۷۰،۴۹۳،۰۰) می‌باشد.
- **مشاهده ۶:** بدترین شرایط و در واقع کمترین ارزش تابع هدف به دست آمده از اجرای مدل مربوط به تنظیم پارامترها مطابق آزمایش شماره ۱۰ می‌باشد ( $\lambda=0.7$ ). ارزش تابع هدف برای این شرایط و محدود کردن کمینه و بیشینه شمار هفته‌ها در طول ترم تحصیلی به ارزش‌های ۳ و ۴ برای هر رسته، ۲۸۷،۸۶۷،۴۹۷،۰۰ بر می‌گردد.



شکل ۲. نتایج به دست آمده از حل مدل برای تابع هدف تحت آزمایش‌های مختلف

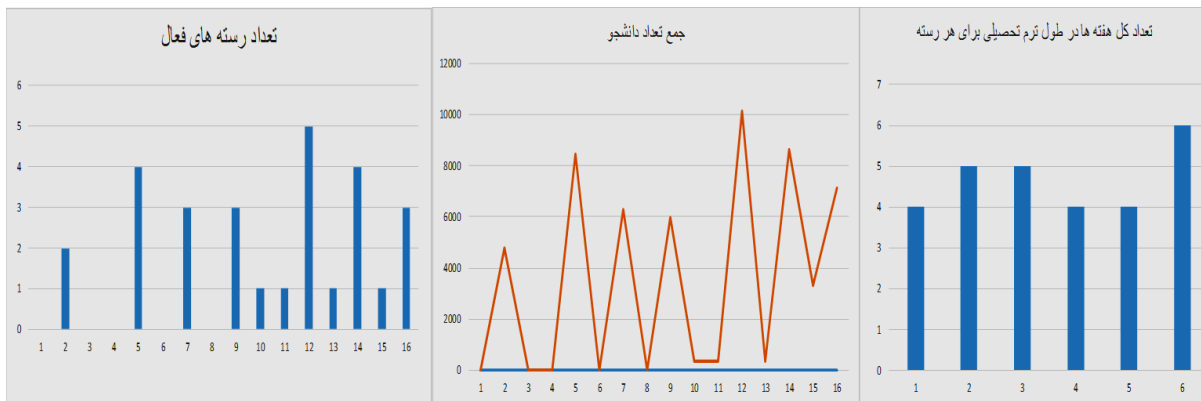
جدول ۷، نتایج به دست آمده از بهترین آزمایش‌ها (بیشینه تابع هدف) برای تعیین هفته‌های برگزاری کلاس‌ها، تحت آزمایش‌های شماره ۱۶، ۱۷ و ۱۸ را نشان می‌دهد.

جدول ۷. نتایج به دست آمده از بهترین آزمایش (بیشینه تابع هدف) برای تعیین هفته‌های برگزاری کلاس‌ها

هفته‌های برگزاری کلاس حضوری																رسته (Category)
۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	۱
1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	۲
0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	۳
1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	۴
1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	۵
0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	۶

شکل ۳، نتایج به دست آمده از حل مدل تحت بهترین شرایط (آزمایش‌های شماره ۱۶، ۱۷ و ۱۸) را برای محاسبه مجموع شمار کل هفته‌ها در طول ترم تحصیلی و همچنین جمع شمار کل دانشجویان در طول ترم ۱۶ هفته‌ای در کنار شمار رسته‌هایی که کلاس برای آن‌ها برقرار است، نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات این شکل، می‌توان مشاهدات زیر را برداشت نمود:

- **مشاهده ۷:** تعداد هفته‌های فعال برای دانشجویان در رسته ۶ (کلیه دانشجویان ورودی ۹۶ و پیش از آن در مقطع کارشناسی)، بیشترین ارزش را دارد. دلیل این مشاهده به شمار کلاس‌های زیاد این دانشجویان در این مقطع مربوط می‌باشد. رسته ۱ (کلیه دانشجویان تحصیلات تکمیلی ۹۸۱)، رسته ۴ (کلیه دانشجویان ورودی ۹۹۱ در مقطع کارشناسی) و رسته ۵ (کلیه دانشجویان ورودی ۹۹۱ در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری) شمار هفته‌های نسبتاً کمتری را به خود اختصاص داده‌اند. دلیل این مشاهده به شمار نسبتاً کم درس‌های آنان در این مقاطع بر می‌گردد.
- **مشاهده ۸:** بر اساس مدل پیشنهادی و اجرای آزمایش‌های ۱۶، ۱۷ و ۱۸، در هفته‌های ۱، ۳، ۶ و ۸ در طول ترم تحصیلی، دانشجویی در کلاس‌های حضوری دانشگاه، فعال نخواهد بود. دلیل این مشاهده به عدم فعال‌سازی هیچ رسته‌ای طی این هفته‌ها، بر می‌گردد.

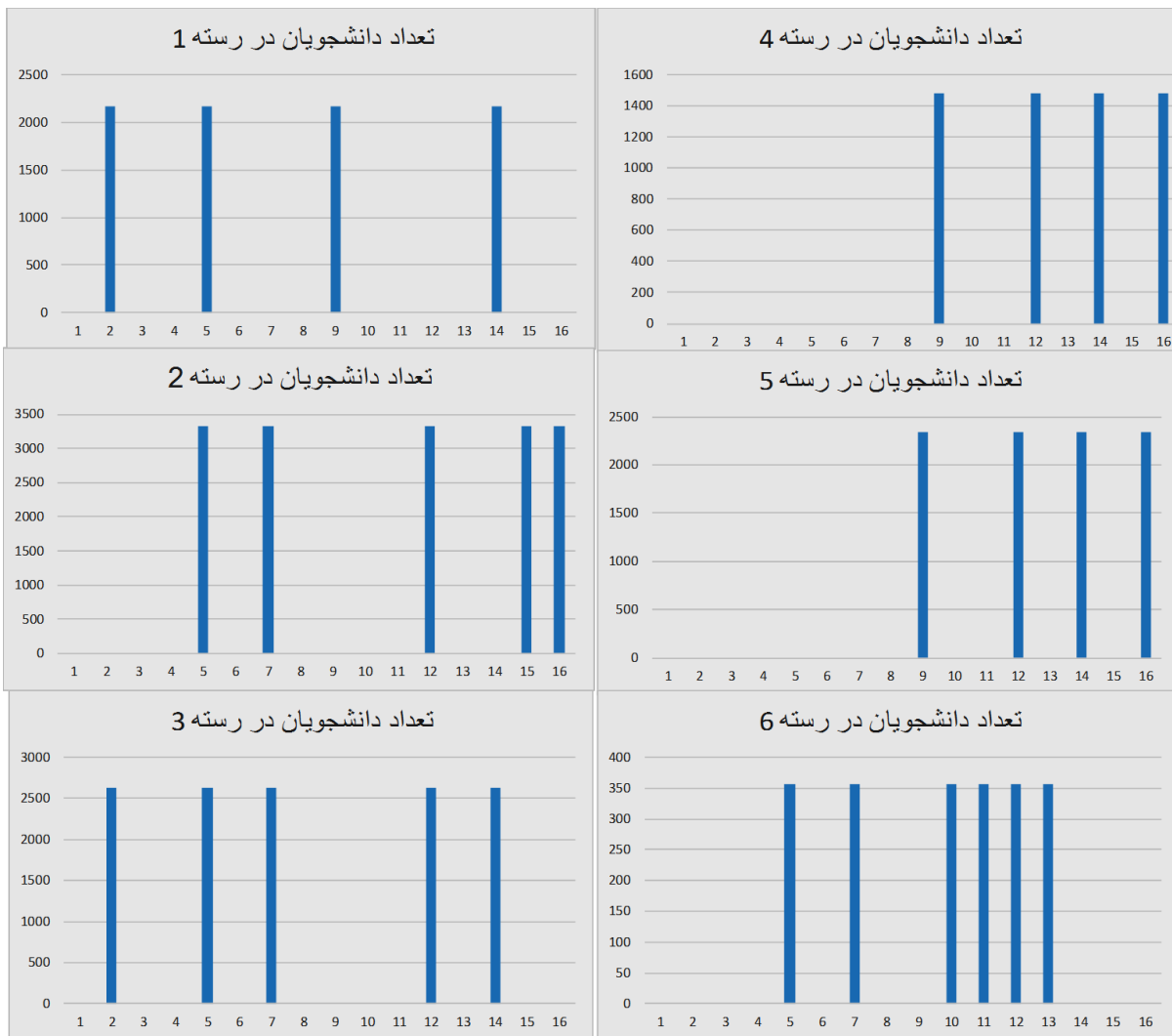


شکل ۳. نتایج به دست آمده از حل مدل برای بهترین شرایط (آزمایش‌های شماره ۱۶، ۱۷ و ۱۸) - مجموع شمار کل هفته‌ها در طول ترم تحصیلی (نمودار سمت راست)، جمع شمار کل دانشجویان در طول ترم ۱۶ هفته‌ای (نمودار وسط)

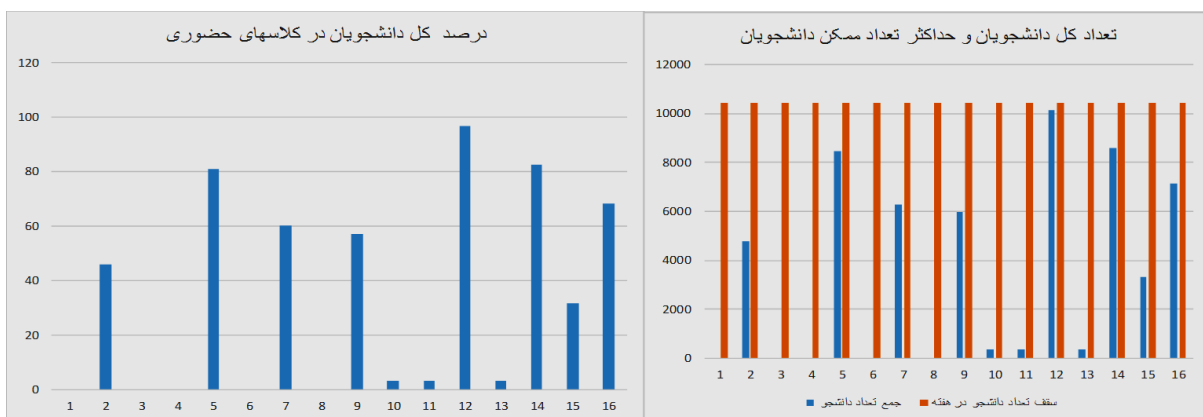
### و شمار رسته‌هایی که کلاس برای آن‌ها برقرار است (سمت چپ)

- شکل ۴، نتایج به دست آمده از حل مدل را تحت بهترین شرایط برای رسته‌های ۱ تا ۶ (مطابق جدول ۵) در دانشگاه (به صورت عمومی) را نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات این شکل، می‌توان مشاهدات زیر را برداشت نمود:
- **مشاهده ۹:** دانشجویان در رسته ۱ (کلیه دانشجویان تحصیلات تکمیلی ۹۸۱)، در هفته‌های ۲، ۵، ۹ و ۱۴، باید در دانشگاه حضور داشته باشند.
  - **مشاهده ۱۰:** دانشجویان در رسته ۲ (کلیه دانشجویان تحصیلات تکمیلی پیش از ۹۸۱ در سنوات مجاز تحصیل)، در هفته‌های ۵، ۷، ۱۲ و ۱۶، باید در دانشگاه حضور داشته باشند.
  - **مشاهده ۱۱:** دانشجویان در رسته ۳ (کلیه دانشجویان مقطع کارشناسی ورودی ۹۷ و ۹۸)، در هفته‌های ۲، ۷، ۱۲ و ۱۴، باید در دانشگاه حضور داشته باشند.
  - **مشاهده ۱۲:** دانشجویان در رسته ۴ (کلیه دانشجویان مقطع کارشناسی ورودی ۹۹۱)، و رسته ۵ (کلیه دانشجویان ورودی ۹۹۱ در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری) در هفته‌های ۹، ۱۲، ۱۴ و ۱۶، باید در دانشگاه حضور داشته باشند.
  - **مشاهده ۱۳:** دانشجویان در رسته ۶ (کلیه دانشجویان مقطع کارشناسی ورودی ۹۶ و پیش از آن)، در هفته‌های ۵، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳، باید در دانشگاه حضور داشته باشند.
- شکل ۵، نتایج به دست آمده از حل مدل را تحت بهترین شرایط، برای کل دانشجویان، بیشینه شمار ممکن دانشجویان در کلاس حضوری در طول ترم تحصیلی و همچنین درصد شمار کل دانشجویان برای بهترین آزمایش‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، می‌توان مشاهدات زیر را نتیجه گرفت:
- **مشاهده ۱۴:** بیشینه درصد حضور دانشجویان به هفته ۱۲ در طول ترم تحصیلی اختصاص دارد (حدود ۹۸ درصد). این هفته به عبارتی، هفته وسط ترم است. از آنجا که ۸ هفته اول ترم، از تراکم کمتری از جهت تعداد دانشجو برخوردار می‌باشند.
  - **مشاهده ۱۵:** هفته‌های مجاور هفته ۱۲، شامل هفته‌های ۱۰ و ۱۱ و همچنین هفته ۱۳، از شمار دانشجوی بسیار کمتری برخوردار هستند. دلیل این مشاهده، به تابع هدف بر می‌گردد که مدل پیشنهادی به دنبال بیشینه اختلاف بین شمار دانشجویان در هفته‌های مجاور یکدیگر می‌باشد.
  - **مشاهده ۱۶:** بعد از هفته ۱۲، دو هفته ۵ و ۱۴ بیشترین شمار دانشجویان را خواهند داشت (حدود ۸۰ درصد). هفته‌های مجاور این هفته، شامل هفته‌های ۱۳ و ۱۵ و همچنین هفته‌های ۶ و ۴، از شمار دانشجوی بسیار کمتری برخوردار هستند. دلیل بروز این مشاهده، آنست که مدل پیشنهادی به دنبال بیشینه اختلاف بین شمار دانشجویان در هفته‌های مجاور یکدیگر می‌باشد.





شکل ۴. نتایج به دست آمده از حل مدل تحت بهترین آزمایش برای رسته‌های ۱ تا ۶ در دانشگاه (به صورت عمومی)



شکل ۵. نتایج به دست آمده از حل مدل برای شمار کل دانشجویان و بیشینه شمار ممکن دانشجویان در کلاس حضوری در طول ترم تحصیلی (نمودار سمت راست)، و درصد شمار کل دانشجویان در کلاسهای حضوری در طول ترم ۱۶ هفته‌ای (سمت چپ)

## بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ویروس کووید-۱۹ منشأ مشکلات بسیار مهمی، در ابعاد اجتماعی، اقتصادی و دانشگاهی است. بنابراین، ضروری است رهبران پاسخ دهند و راه‌حلهایی را برای موقعیت‌های نسبتاً نامساعد ارائه دهند (مسیونو<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰). در این پژوهش، برنامه‌ریزی درسی در دانشگاه‌ها و با تمرکز بیشتر روی آموزش مجازی پیشنهاد شده است. طبق دستورالعمل‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در ایران آموزش دانشجویان باید در دو بخش شامل آموزش مجازی و آموزش حضوری به اجرا درآید. در آموزش حضوری با نیازمندی‌های فضای آموزشی، دانشجویان به رسته‌هایی تقسیم می‌شوند به گونه‌ای که اجرای پروتکل‌های بهداشتی در فضای آموزشی دانشگاه‌ها شدنی باشد. در این مقاله، برای تعیین هفته‌های خاص به دانشجویان رسته‌های مختلف در طول ترم تحصیلی در آموزش حضوری، یک مدل بهینه‌سازی ریاضی به صورت برنامه‌ریزی غیر خطی با متغیرهای صحیح ارائه گردید. در تابع هدف مدل، توزیع دانشجویان در فضای آموزشی طی هفته‌های متوالی در طول ترم تحصیلی به شکلی انجام گردید که بیشینه پراکندگی ممکن را، به دلیل جلوگیری از شیوع بیماری کرونا میسر باشد. این مدل برای تخصیص هفته‌های خاص به دانشجویان رسته‌های مختلف در دانشگاه به صورت عمومی، پیاده‌سازی شده و به کارگیری آن نتایج مثبتی را برای تصمیم‌گیرندگان به همراه داشته است. برای ادامه این پژوهش، باید مدل بهینه‌سازی دیگری برای هر دانشکده با در نظر گرفتن محدودیت‌های هر گروه آموزشی طراحی و اجرا گردد.

## منابع

- اسماعیلیان، مجید؛ عبداللهی، سیده‌مریم (۱۳۹۶). ارائه یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح دو مرحله‌ای برای مسئله زمان‌بندی دروس دانشگاهی. *مدیریت صنعتی*، ۹ (۱)، ۱۹-۴۲.
- سلیمی‌فرد، خداکرم؛ جمالی، غلامرضا؛ بابایی‌زاده، سلمان (۱۳۹۲). زمان‌بندی درس‌های دانشگاه با به کارگیری هیوربستیک فرادست بر مبنای گراف. *مدیریت صنعتی*، ۵ (۲)، ۴۹-۷۰.
- سلیمی‌فرد، خداکرم؛ نخعی، میثم؛ زارع، زهرا؛ مغدانی، رضا (۱۳۹۷). روش آمیخته ابتکاری برای انتخاب مدل کاری و زمان‌بندی کارکنان شرکت‌های پتروشیمی. *مدیریت صنعتی*، ۱۰ (۴)، ۵۵۱-۵۷۴.
- سیدی، سیدحسین؛ خاتمی‌فیروزآبادی، سیدمحمدعلی؛ امیری، مقصود؛ تقوی‌فرد، سیدمحمدتقی (۱۳۹۸). مکان‌یابی و تخصیص بهینه نقاط انتقال، بیمارستان و مراکز امدادی برای تشکیل زنجیره امدادسانی در بحران، با فرض غربالگری مجروحان. *مدیریت صنعتی*، ۱۱ (۱)، ۱-۲۰.

<sup>1</sup>. Mesiono

## References

- Ashokka, B., Ong, S. Y., Tay, K. H., Loh, N. H. W., Gee, C. F., & Samarasekera, D. D. (2020). Coordinated responses of academic medical centres to pandemics: Sustaining medical education during COVID-19. *Medical Teacher*, 42(7), 762-771.
- Babaei, H., Karimpour, J., & Hadidi, A. (2015). A survey of approaches for university course timetabling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 86, 43-59.
- Bellio, R., Ceschia, S., Di Gaspero, L., Schaerf, A., & Urli, T. (2016). Feature-based tuning of simulated annealing applied to the curriculum-based course timetabling problem. *Computers & Operations Research*, 65, 83-92.
- Eiselt, H. A., & Sandblom, C. L. (2019). Methods for nonlinearly constrained problems. In *Nonlinear Optimization* (pp. 243-278). Springer, Cham.
- Esmaelian, M., Abdollahi, S. (2017). Proposing a two-phase integer linear programming for university-course timetabling. *Industrial Management*, 9(1), 19-42. (in Persian)
- Hossain, S. I., Akhand, M. A. H., Shuvo, M. I. R., Siddique, N., & Adeli, H. (2019). Optimization of university course scheduling problem using particle swarm optimization with selective search. *Expert Systems with Applications*, 127, 9-24.
- Khodabakhshi-koolae, A. (2020). Living in home quarantine: Analyzing psychological experiences of college students during Covid-19 pandemic. *Journal of Military Medicine*, 22(2), 130-138.
- Mesiono, M. (2020). Peer Review dan Hasil Turnitin E-Learning Management of State Islamic University of North Sumatera In Pandemic Covid-19.
- Peyravi, M., Marzaleh, M. A., Shamspour, N., & Soltani, A. (2020). Public education and electronic awareness of the new Coronavirus (COVID-19): Experiences from Iran. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 14(3), e5-e6.
- Rachmadtullah, R., Rasmitadila, R., Humaira, M. A., Aliyyah, R. R., & Samsudin, A. (2020). Use of blended learning with Moodle: study effectiveness in elementary school teacher education students during the COVID-19 pandemic use of blended learning with Moodle: Study effectiveness in elementary school teacher education students during the COV. *Int. J. Adv. Sci. Technol*, 29(7).
- Raja Murugadoss, J., & Krishna Kishore, K. (2020). Effectiveness of E-learning in rural India and significance of self-directed learning. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(6), 6015-6020.
- Rashidi, H., & Hassanpour, M. (2020). A deep-belief network approach for course scheduling. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, 7(3), 221-237.
- Salimifard, K., Jamali, G., Babaezadeh, S. (2013). University course timetabling using graph-based hyper heuristics. *Industrial Management*, 5(2), 49-70. (in Persian)
- Salimifard, K., Nakhaei, M., Zare, Z., Moghdani, R. (2018). Developing a multi-objective meta-heuristic algorithm to select work model and staff scheduling in petrochemical companies. *Industrial Management*, 10(4), 551-574. (in Persian)

- Schreck, J., Baretton, G., & Schirmacher, P. (2020). Situation of the German university pathologies under the constraints of the corona pandemic-evaluation of a first representative survey. *Der Pathologe*.
- Seyyedi, S., khatami, M., Amiri, M., Taghavi Fard, M. (2019). Positioning and optimized allocation of transfer points, hospitals and emergency services centers to organize a crisis relief chain, assuming screening of injuries. *Industrial Management*, 11(1), 1-20. (in Persian)
- Song, K., Kim, S., Park, M. and Lee, H.S. (2017). Energy efficiency-based course timetabling for university buildings. *Energy*. 139(1), 394-405.