E-ISSN: 2676-6159 | P-ISSN: 2538-5079

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 8, No. 3 (2023) 609–622.

Paper Type: Original Article

A Mathematical Optimization Model for Allocating Physical Spaces to Academic Requirements

Zeynab Rashidi[1,*], Zahra Rashidi[2]

[1] *Department of Instructional Technology, Faculty of Psychology and Education, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran; zeynabrashidi@gmail.com.*

[2] *Department of Computer Engineering, School of Computer Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran; zrashi@gmail.com.*

Citation:

Rashidi, Z., & Rashidi, Z. (2023). A mathematical optimization model for allocating physical spaces to academic requirements. *Journal of decisions and operations research, 8*(3), 609-622.

Received: 04/02/2022 Reviewed: 07/03/2022 Revised: 21/04/2022 Accepted: 18/06/2022

Abstract

Purpose: The problem of allocating space to academic needs is one of the complex optimization issues that distributes a limited set of educational and research needs to a set of resources with a set of constraints. Due to the complexity of this problem, several techniques based on innovative methods have been proposed. In this paper, a mathematical model of integer programming is presented to formulate this problem.

Methodology: To solve the model, the gradient descent method is used and its parameters are adjusted. To evaluate the proposed model and solution, the data and facilities of one of the fledgling faculties at Allameh Tabatabai University in Tehran are tested. There are 11 requirements and 18 allocable spaces in this faculty and therefore there are 198 binary decision variables, in the model. In experiments, several scenarios are created and the results of each scenario are compared.

Findings: The proposed model and solution is a general method and can be used for other faculties and universities that face space constraints.

Originality/Value: In this article, a mathematical model was presented to formulate the problem of allocating space, which is one of the important decision-making issues for organizations and research educational institutions.

Keywords: Educational space needs, Mathematical optimization, Research space needs, Space.

Corresponding Author: zeynabrashidi@gmail.com
http://dorl.net/dor/20.1001.1.25385097.1402.8.3.3.9
Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Journal of Decisions and Operations Research

تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۸، شماره (۳)، (۱۴۰۲)، ۶۲۲-۶۰۹

www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی

یک مدل بهینه‌سازی ریاضی برای تخصیص فضای فیزیکی به نیازمندی‌های دانشگاهی

زینب رشیدی[۱*]، زهرا رشیدی[۲]

[۱]گروه تکنولوژی آموزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.

[۲]گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

چکیده

هدف: مساله تخصیص فضای فیزیکی به نیازهای دانشگاهی یکی از مسایل بهینه‌سازی پیچیده است که مجموعه‌ای از نیازهای آموزشی و پژوهشی محدود را به مجموعه‌ای از منابع با رعایت مجموعه‌ای از محدودیت‌ها، توزیع می‌کند. با توجه به پیچیدگی این مساله، تکنیک‌های متعددی مبتنی بر روش‌های ابتکاری پیشنهاد شده است. در این مقاله، یک مدل ریاضی از نوع برنامه‌ریزی اعداد صحیح برای فرموله کردن این مساله ارایه می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش: برای حل مدل از روش گرادیان کاهشی استفاده می‌شود و پارامترهای آن تنظیم می‌گردند. برای ارزیابی مدل و راه‌حل پیشنهادی، داده‌ها و امکانات یکی از دانشکده‌های نوپا در دانشگاه علامه طباطبایی در تهران، مورد آزمایش قرار می‌گیرد. تعداد ۱۱ نیازمندی و ۱۸ فضای فیزیکی قابل تخصیص در این دانشکده تعریف شده است، بنابراین تعداد ۱۹۸ متغیر تصمیم‌گیری با دامنه ارزش‌های صفر و یک، در مدل وجود دارد. در ارزیابی، چندین سناریو ایجاد می‌شود و نتایج هر یک از سناریوها مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

یافته‌ها: مدل و راه‌حل ارایه شده، یک روش عمومی است و می‌تواند برای سایر دانشکده‌ها و دانشگاه‌هایی که با محدویت فضا مواجه می باشند، مورد استفاده قرار گیرد.

اصالت/ارزش افزوده علمی: در این مقاله، یک مدل ریاضی برای فرموله کردن مساله تخصیص فضای فیزیکی که یکی از مسایل مهم تصمیم‌گیری برای سازمان‌ها و موسسه‌های آموزشی و پژوهشی است ارایه شد.

کلیدواژه‌ها: بهینه‌سازی ریاضی، فضای فیزیکی، نیازهای آموزشی، نیازهای پژوهشی.

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۸، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، صفحه: ۶۲۲-۶۰۹

۱- مقدمه

فضاهای فیزیکی در موسسه‌های آموزشی و پژوهشی اغلب به‌عنوان حیطه فعالیت‌ها تعریف می‌شوند و فعالیت‌های متعدد و متفاوتی را دربر می‌گیرند. استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردهای این فضاها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و هدف از آن استفاده بهینه از فضاهای فیزیکی در موسسه‌های آموزشی و پژوهشی و کاهش هزینه ناشی از توسعه ساختمان‌ها و فضاهای اداری و افزایش بهره‌وری است.

به‌طورمعمول، مساله تخصیص فضای فیزیکی در موسسه‌های آموزشی و پژوهشی، دسته‌ای از مسایل بهینه‌سازی ترکیبی پیچیده است که به دلیل کاربرد عملی آن برای بسیاری از سازمان‌ها، در چند دهه گذشته در جهان، به‌طور گسترده توسط محققان در زمینه زمان‌بندی و تحقیقات و عملیات موردبررسی قرار گرفته است. تخصیص مجموعه‌ای از فضاهای محدود به مجموعه‌ای از منابع باید به‌گونه‌ای انجام

* نویسنده مسئول

zeynabrashidi@gmail.com

http://dorl.net/dor/20.1001.1.25385097.1402.8.3.3.9

شود که همه منابع برای استفاده بهینه و با رعایت مجموعه محدودیت‌های فضاهای موردنیاز، مورداستفاده قرار گیرند. در مساله تخصیص فضا، محدودیت‌ها به دو دسته سخت و نرم تقسیم می‌شوند. ضروری است تمامی محدودیت‌های سخت در یک مساله تخصیص فضا تامین شوند تا جوابی امکان‌پذیر باشد، درحالی‌که میزان نقض محدودیت‌های نرم باید در کمینه ممکن خود قرار گیرد؛ بنابراین، کیفیت جواب مساله تخصیص فضا بر اساس ارضای حداکثری محدودیت‌های نرم تعیین می‌شود.

در این مقاله، یک مدل ریاضی از نوع برنامه‌ریزی اعداد صحیح برای فرموله کردن این مساله ارایه می‌شود. برای حل مدل از روش گرادیان کاهشی استفاده می‌شود و پارامترهای آن تنظیم می‌گردند. سپس، مدل و الگوریتم حل آن، برای مساله تخصیص فضای فیزیکی با استفاده از نمونه‌هایی در دانشکده آمار، ریاضی و رایانه در دانشگاه علامه طباطبایی ارزیابی می‌شود. از نظر تجربی، الگوریتم پیشنهادی با دست‌یابی به دو نتیجه، بهترین نتایج و نتایج قابل‌مقایسه در چند سناریوی انجام‌شده، عملکرد موفقی را نشان می‌دهد.

بخش‌های باقیمانده این مقاله بدین‌صورت تنظیم شده است: در بخش دوم، ادبیات موجود برای حل مساله تخصیص فضای فیزیکی در موسسه‌های آموزشی و پژوهشی مرور می‌شود. بخش سوم، به فرمول‌بندی مساله تخصیص فضا و الگوریتم مورداستفاده برای حل مساله اختصاص دارد. در بخش چهارم، سناریوها و نتایج اجرای آزمایش‌ها، از نظر محاسباتی ارایه می‌شوند و تجزیه‌وتحلیل حساسیت انجام می‌شود و درنهایت، نتیجه‌گیری و کارهای آینده در بخش پنجم ارایه شده است.

۲- پیشینه پژوهش

چندین رویکرد برای مقابله با مساله تخصیص فضای فیزیکی در موسسه‌های آموزشی و پژوهشی، توسط محققین در زمینه تحقیقات و عملیات و هوش مصنوعی در چند دهه گذشته پیشنهاد شده است [1]. تکنیک‌های مورداستفاده برای این مساله، استفاده از مدل‌های برنامه‌های ریاضی است [4]-[2]. روش‌های فرا ابتکاری استفاده‌شده برای حل این مساله، به رویکردهای جستجوی محلی و مبتنی بر جمعیت طبقه‌بندی شده‌اند. نمونه‌های مهمی از رویکردهای مبتنی بر جستجوی محلی که برای این مساله استفاده می‌شوند شامل تپه‌نوردی [5]، [6]، بازپخت شبیه‌سازی‌شده [5]، [7] و جستجوی تابو [6] است. علاوه‌براین، روش‌های مبتنی بر جمعیت برای این مساله شامل الگوریتم تکاملی [5]، [8] و الگوریتم جستجوی هماهنگی [9] می‌باشند. به‌طور مشابه، استفاده از رویکردهای فرا ابتکاری و ترکیبی و هم‌چنین روش‌های رتبه‌بندی نیز ارایه شده است [14]-[10]. درحالی‌که موفقیت‌هایی برای حل مسایل بهینه‌سازی با الگوریتم‌های فرا ابتکاری به‌دست آمده است، اما اغلب این تحقیقات بر روش‌های ترکیبی به‌ویژه برای مسایل زمان‌بندی و برنامه‌ریزی در طول زمان و در مقیاس بزرگ متمرکز شده‌اند.

چند راه‌حل ترکیبی مبتنی بر جمعیت و جستجوی محلی، به‌عنوان الگوریتم‌های اعمال‌شده برای مساله زمان‌بندی مطرح شدند [17]-[15]. کارابوگا [17] الگوریتم کلونی زنبورعسل[1] را به‌عنوان یک دسته از الگوریتم‌های هوش ازدحام پیشنهاد کرد که رفتار تغذیه یک زنبورعسل را در مستعمره خود تقلید می‌کند. به دلیل سادگی، این الگوریتم با موفقیت انجام شده است [18]. برای مقابله با این مساله بهینه‌سازی پیچیده *NP* از نوع سخت و پیچیده، چند تحقیق دیگر با استفاده از الگوریتم کلونی زنبورعسل انجام شده است که آن‌ها به مسایل زمان‌بندی اختصاص یافته‌اند [21]-[19].

در مطالعه دیگری یک برنامه مبتنی بر وب برای تخصیص خوابگاه با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم و زبان برنامه‌سازی *PHP* برای عملیات پشتیبانی، *CSS* برای قسمت واسط کاربری و *MYSQL* برای پایگاه داده اجرا گردید [22]. هم‌چنین، بولاجی و همکاران [22] رویکردی مبتنی بر الگوریتم کلونی زنبورعسل، برای حل مساله تخصیص فضای آموزشی ارایه دادند. فرآیند سازگاری در الگوریتم شامل ادغام سه اپراتور محلی با اجزای الگوریتم کلونی زنبورعسل به‌منظور مقابله با فضای جستجوی ناهموار در مساله است. نمونه‌های تعیین‌شده توسط دانشگاه ناتینگهام در ارزیابی الگوریتم پیشنهادی استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده، حاکی از آن است که الگوریتم پیشنهادی با به‌دست آوردن دو جواب جدید، یک جواب بهینه و جواب‌های رقابتی دیگر در مقایسه با روش‌های پیشرفته، می‌تواند جواب‌هایی باکیفیت بالا تولید کند [23].

[1] Artificial bee colony

ایشیچی و همکاران [23] مساله تخصیص قفسه فضا برای انبارها را مطالعه کردند. مرسوم است که طراحی محصول را در یک فصل فروش اجرا کرده و تصمیمات مجموعه را بر اساس تخصیص فضای قفسه در پاسخ به مشاهدات به‌روز تقاضا تغییر می‌دهند. اگرچه تحقیقات زیادی در رابطه با مساله تخصیص قفسه فضا وجود دارد، اما در اغلب این تحقیقات فرض شده تقاضا ثابت می‌باشد. در این مقاله، یک چارچوب پویا برای تصمیم‌گیری در مورد فضای قفسه پیشنهاد شده است که در آن کشش فضا و تقاضای بالقوه به‌طور متوالی با استفاده از آخرین داده‌های حاوی فضای نمایش و فروش هر محصول برآورد می‌شوند.

بولاجی و همکاران [24] در تحقیق دیگری الگوریتم تپه‌نوردی با پذیرش دیرکرد[1] را برای مقابله با مساله تخصیص فضا ارایه می‌دهند که در آن سه ساختار همسایگی با اپراتورهای این الگوریتم جاسازی شده‌اند تا فضای راه‌حل مساله تخصیص فضا را به‌طور موثر کاوش کنند. مجموعه داده‌های دانشگاه ناتینگهام[2] و دانشگاه ولورهمپتون[3] در ارزیابی الگوریتم پیشنهادی استفاده شده است. الگوریتم پیشنهادی قادر است یک جواب جدید، دو جواب بهینه و جواب‌های رقابتی را در مقایسه با روش‌های پیشرفته تولید کند [25].

حسن‌زاده و علیزاده [26] یک مدل دوهدفه برنامه‌ریزی خطی برای مرحله آماده‌سازی مدیریت بحران برای استفاده از زیرساخت‌های شهری با توجه به محدودیت‌های موجود با اهداف کمینه‌سازی، بیشینه‌سازی وزن مکان‌ها و کمینه‌سازی هزینه‌ها با درنظر گرفتن بیشینه فواصل مجاز با مکان‌های آسیب‌دیده و جاده‌های اصلی و بیمارستان‌های مجهز پس از وقوع حادثه، ارایه دادند. برای حل این مدل، از روش‌های دقیق هم‌چون روش مجموع وزنی، روش برنامه‌ریزی آرمانی و *LP* متریک استفاده شده است که درنهایت بهترین مکان‌های بالقوه با کم‌ترین هزینه‌ها انتخاب می‌گردد.

رشیدی [27] یک مدل بهینه‌سازی ریاضی برای تخصیص خوابگاه‌های دانشجویی در شرایط کرونا زیستی ارایه نمود. در این مقاله، برای تعیین تعداد دانشجویان پسر و دختر قابل اسکان در خوابگاه‌ها در آموزش حضوری، یک مدل بهینه‌سازی ریاضی به‌صورت برنامه‌ریزی غیرخطی با متغیرهای صحیح پیشنهاد گردید. در تابع هدف مدل، توزیع دانشجویان در فضای آموزشی و خوابگاه‌ها به‌گونه‌ای انجام شد که بیشینه پراکندگی ممکن را به دلیل جلوگیری از شیوع بیماری کرونا داشته باشد. این مدل برای تخصیص خوابگاه‌های دانشجویی در دانشگاه علامه طباطبایی پیاده‌سازی شده است. علاوه بر آن، تجزیه‌وتحلیل حساسیت با تغییر یک پارامتر و حفظ دیگر پارامترها در مقدار اصلی خود انجام شده است.

مونگا و همکاران [25] با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از دانشکده علم و فناوری در دانشگاه روآندا[4] برای سال تحصیلی ۲۰۲۰-۲۰۱۹، یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای ارزیابی سطح استفاده از فضای کلاسی موجود در دانشکده و با توجه به محدودیت‌های خاص، فرموله کردند. مدل با استفاده از الگوریتم سیمپلکس دوگان[5] از طریق نرم‌افزار *Cplex* پیاده‌سازی و حل شد. تجزیه‌وتحلیل راه‌حل نشان می‌دهد که از ۶۸ کلاس درس موجود در پردیس نیاروگنگه[6]، تنها ۱۸ کلاس با ظرفیت ۲۱۴۷ صندلی برای تسهیل یادگیری به‌طور تقریبی ۴۰۸۸ دانشجو استفاده می‌شود و ۵۰ کلاس درس با ظرفیت ۱۵۰۶ صندلی مورداستفاده قرار نمی‌گیرند. علاوه بر آن، نتایج نشان داد امکان تخصیص فضای فیزیکی برای تخصیص آزمایشگاه، با توجه به محدودیت‌های مساحت، وجود ندارد و باید از فضای مجازی برای غلبه بر محدودیت‌های فضا بهره‌برداری نمود.

لطفی و همکاران [28] یک مدل بهینه‌سازی چند هدفه برای تخصیص مکان مدرسه با درنظر گرفتن تغییرات جمعیتی ارایه کردند. در این مدل ابتدا مکان‌های کاندید با استفاده از ارزیابی تناسب فیزیکی انتخاب شدند. در مرحله بعد، یک الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه برای انتخاب تعداد موردنیاز مکان از بین نامزدها و تخصیص بلوک‌های جمعیتی به آن‌ها در سه سناریو استفاده گردید [29].

کاکار و همکاران [29] روشی بر اساس الگوریتم‌های تکاملی برای حل مساله جدول زمانی محدود پیشنهاد کردند که به ایجاد برنامه آزمایشگاهی برای دانشگاه‌ها کمک می‌کند. در این مقاله دو الگوریتم در رابطه با مسایل زمان‌بندی برنامه آزمایشگاه‌ها مقایسه شده است. در این مقاله، رویکردی با استفاده از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم ممتیک، جهت تخصیص بهتر با انتخاب بهترین راه‌حل از بین گزینه‌های موجود برای ارایه یک سیستم برنامه درسی جامع اعمال گردید. در این رویکرد، ابتدا مکان‌های کاندید با استفاده از ارزیابی تناسب

[1] Late acceptance hill climbing
[2] Nottingham
[3] Wolverhampton
[4] Rwanda
[5] Dual simplex
[6] Nyarugenge

فیزیکی انتخاب و بهینه گردید. در مرحله بعد، یک الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه برای انتخاب تعداد موردنیاز مکان از بین نامزدها و تخصیص بلوک‌های جمعیتی به آن‌ها در سه سناریو استفاده شد [30].

رزمجو و همکاران [31] یک الگوریتم ترکیبی چندهدفه را برای حل یک مساله زمان‌بندی تولید سلولی با تخصیص منابع انسانی ارایه دادند. در این پژوهش، یک مدل دو هدفه برای سیستم تولیدی سلولی در یک فضای سه‌بعدی از بخش ماشین و منابع انسانی ایجاد شده است. هدف اصلی کمینه‌سازی بیشینه زمان تکمیل تمام وظایف در سیستم و کاهش تعداد جابجایی‌های بین سلولی بر اساس حرکت ماشین‌های گلوگاه و منابع انسانی است. برای حل مسایل در مقیاس کوچک، از روش‌های فرا ابتکاری و نرم‌افزار *LINGO* استفاده شده است. برای حل مساله در ابعاد بزرگ‌تر، الگوریتم ژنتیک و جستجوی چند هدفه تابو[1] به کار گرفته شده است.

مطالعات انجام‌شده در این زمینه، مدل برنامه‌ریزی اعداد صحیح و روش گرادیان کاهشی برای حل مدل را بررسی نکرده‌اند؛ بنابراین، نوآوری این مقاله ارایه یک مدل جدید از نوع برنامه‌ریزی اعداد صحیح و هم‌چنین بررسی عملکرد الگوریتم گرادیان کاهشی در مساله تخصیص فضای فیزیکی برای موسسه‌های آموزشی و پژوهشی است.

۳- روش پژوهش

فرضیه‌های مدل پیشنهادی، شامل موارد زیر است:

فرضیه ۱ - در مدل پیشنهادی، نیازمندی‌های آموزشی و پژوهشی به دسته‌هایی تقسیم می‌شوند. این دسته‌ها، می‌توانند شامل نیازمندی‌های آزمایشگاهی، سایت کامپیوتر، مراکز پژوهشی، قطب علمی، اتاق کارشناس آزمایشگاه، اتاق کارشناس مجله و هم‌چنین کلاس‌های درسی برای دوره کارشناسی و کلاس ارشد-دکتری باشند.

فرضیه ۲- برای هر نیازمندی، یک درجه اهمیت نسبی بین صفر و یک درنظر گرفته می‌شود. درجه‌یک، ضروری بودن این نیازمندی‌ها را مشخص می‌کند. ارزش‌های کم‌تر از یک، در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

فرضیه ۳- تعداد امکانات فیزیکی قابل تخصیص برای تصمیم‌گیری مشخص می‌باشد. علاوه بر آن، برای نیازمندی‌ها ضرایبی به‌ترتیب برای حداقل و حداکثر نسبت به موردنیاز، توسط مدیران مشخص شده است. این ضرایب حداقل و حداکثر برای حد پایین و حد بالای فضای فیزیکی تخصیص‌یافته از نظر مساحت، درنظر گرفته می‌شوند.

فرضیه ٤- یک حد پایین و یک حد بالا برای تعداد تخصیص فضای فیزیکی به هر نیازمندی درنظر گرفته می‌شود. هم‌چنین یک حد بالا و یک حد پایین از نظر مساحت برای برآورده کردن هر نیازمندی وجود دارد.

فرضیه ٥- در مدل پیشنهادی، میزان کارایی هر فضای فیزیکی برای هر نیازمندی به‌صورت نسبتی از مساحت فضای موردنیاز برای هر نیازمندی به مساحت هر فضای فیزیکی قابل تخصیص در نظر گرفته می‌شود.

فرضیه ٦- هدف مدل بهینه‌سازی، حداکثر کردن مجموع کارایی برای همه تخصیص‌های فضای فیزیکی به نیازمندی‌های آموزشی و پژوهشی است.

۳-۱- پارامترهای ورودی

این پارامترها، قبل از فرآیند حل مدل و در ابتدا باید به‌صورت داده‌های ورودی در **جدول ۱** تعیین شوند. این پارامترها، شامل تعداد نیازمندی ها و مساحت موردنیاز برای هر نیازمندی، تعداد فضای فیزیکی قابل تخصیص و مساحت هر فضا، اهمیت نسبی هر نیازمندی و حداقل و حداکثر نسبت به موردنیاز می‌باشند.

[1] Tabu search-genetic algorithm

رشیدی و رشیدی / تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۸، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، صفحه: ۶۲۲-۶۰۹

جدول ۱- پارامترهای ورودی مدل بهینه‌سازی.

Table 1- Input parameters of the optimization model.

ردیف	شرح مختصر پارامتر	پارامتر	توصیف پارامتر به انگلیسی
1	تعداد نیازمندی‌های آموزشی و پژوهشی	N	Number of educational-research requirement
2	تعداد فضای فیزیکی قابل تخصیص	M	Number of physical spaces to be allocated
3	مساحت موردنیاز برای نیازمندی i	AR_i	Area needed for requirements i
4	مساحت فضای فیزیکی قابل تخصیص j	AS_j	Allocable physical space area j
5	میزان بهره‌مندی فضای فیزیکی قابل تخصیص j، در صورت تخصیص به نیازمندی i	$E_{i,j}$	The efficiency of the allocable physical space j, if allocated to the requirement i
6	تعداد حداقل فضای فیزیکی تخصیص‌یافته برای نیازمندی i	LBR_i	Minimum number of physical space allocated for requirements i
7	تعداد حداکثر فضای فیزیکی تخصیص‌یافته برای نیازمندی i	UBR_i	Maximum number of physical space allocated for requirements i
8	اهمیت نسبی نیازمندی i	I_i	The relative importance of requirements i
9	حداقل میزان نسبی برای برآورده کردن نیازمندی‌ها	α	Minimum relative amount to meet the requirements
10	حداکثر میزان نسبی برای برآورده کردن نیازمندی‌ها	β	Maximum relative amount to meet the requirements

۲-۳- متغیرهای تصمیم‌گیری

متغیرهای تصمیم‌گیری به تخصیص یک فضای فیزیکی خاص به یک نیازمندی معین برمی‌گردند. این متغیرها در **جدول ۲** منعکس شده‌اند و از حل مدل بهینه‌سازی، به‌دست می‌آیند. ارزش ممکن برای این متغیرها، ارزش‌های صفر و یک می‌باشند. ارزش یک برای هر متغیر، نشان‌دهنده تخصیص فضای فیزیکی j به نیازمندی i می‌باشد. این نیازمندی ممکن است فضای آموزشی و یا پژوهشی باشد.

جدول ۲- متغیرهای تصمیم‌گیری در مدل بهینه‌سازی.

Table 2- Decision variables in the optimization model.

ردیف	شرح مختصر متغیر	متغیر	توصیف متغیر به انگلیسی
1	تخصیص فضای فیزیکی j به نیازمندی i	$X_{i,j}$ $i = 1,2,\dots,N$ $j = 1,2,\dots,M$ $X_{i,j} = \{0,1\}$	Allocate the physical space j to the requirement i

۳-۳- محدودیت‌های مدل

در این مدل بهینه‌سازی، ۳ دسته محدودیت، مطابق **جدول ۳** وجود دارد. مجموعه **محدودیت (۱)** به تعداد تخصیص هر فضای فیزیکی ممکن در دامنه تصمیم برمی‌گردد که نباید از ارزش یک تجاوز کند. مجموعه **محدودیت (۲)** به تعداد تخصیص هر فضای فیزیکی ممکن به هر نیازمندی خاص اختصاص دارد که نباید از حد بالا و پایین تعیین‌شده توسط تصمیم‌گیرنده تجاوز کند. مجموعه **محدودیت (۳)** به حداقل و حداکثر مساحت کل به هر نیازمندی مربوط می‌گردد. در این محدودیت، ضریب α و β به ترتیب ضریب حداقل تخصیص و ضریب حداکثر تخصیص روی مساحت قابل تخصیص برای هر نیازمندی است.

جدول ۳- محدودیت‌های مدل بهینه‌سازی.

Table 3- Constraints of the optimization model.

محدودیت	رابطه ریاضی	شرح مختصر محدودیت
(۱)	$\sum_{i=1}^{N} X_{i,j} \le 1 \;;\; \text{for } j = 1,2,\dots,M$	هر فضای فیزیکی j، حداکثر به یک نیازمندی i، باید اختصاص یابد.
(۲)	$LBR_i \le \sum_{j=1}^{M} X_{i,j} \le UBR_i \;;\; \text{for } i = 1,2,\dots,N$	تعداد فضای فیزیکی تخصیص‌یافته به یک نیازمندی i، نباید از حد پایین و حد بالای تعداد تعیین‌شده توسط تصمیم‌گیرنده تجاوز کند.
(۳)	$\alpha \times LBR_i \times AR_i \le (\sum_{j=1}^{M} X_{i,j} \times AS_j) \le UBR_i \times AR_i \times \beta$ $\text{for } i = 1,2,\dots,N$	مساحت فضای تخصیص‌یافته به نیازمندی i، نباید از حداقل و حداکثر فضای تعیین‌شده توسط تصمیم‌گیرنده، تجاوز کند.

۴-۳- تابع هدف مدل

در تابع هدف، حداکثر کردن کارایی برای همه فضاهای فیزیکی تخصیص‌یافته به نیازمندی‌های آموزشی و پژوهشی درنظر گرفته شده است. این تابع هدف، مطابق **رابطه (٤)** از حاصل‌ضرب ضریب اهمیت I_i در متغیرهای تصمیم‌گیری $X_{i,j}$ و در میزان کارایی $E_{i,j}$ به‌دست می‌آید.

$$Max\ Z = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} X_{i,j} \times E_{i,j} \times I_i. \qquad (۱)$$

که در آن میزان کارایی $E_{i,j}$ از **رابطه (٥)** محاسبه می‌شود.

$$E_{i,j} = \frac{AS_{i,j}}{AR_{i,j}}\ for\ i = 1,2,\dots,N; j = 1,2,\dots,M. \qquad (۲)$$

۵-۳- الگوریتم پیشنهادی برای حل مدل

جهت حل مدل روی صفحه گسترده و افزودنی‌های آن تمرکز می‌شود. صفحه گسترده با قدرت و انعطاف‌پذیری زیاد، به‌سرعت به‌عنوان نرم‌افزار اجرای آسان برای توسعه شناخته شد. طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی در تجارت، مهندسی، ریاضیات و علوم را می‌توان با افزودنی‌های صفحه گسترده حل نمود. دلیل عمده استفاده از صفحات گسترده آن است که شامل آماری گسترده، ابزارهای پیش‌بینی و مدل‌سازی و قابلیت‌های بانک اطلاعاتی می‌باشند. قابلیت‌های دیگر به مدیریت داده‌ها، کارکردها و روال‌ها برمی‌گردد. با تکامل بسته‌های صفحه گسترده، افزونه‌هایی برای ساخت و حل مدل‌های خاص توسعه داده شدند. در میان بسته‌های الحاقی، بسیاری از آن‌ها برای توسعه *DSS* ساخته شدند. این افزودنی‌های مربوط به *DSS* شامل *Solver* و *What's Best!* برای انجام بهینه‌سازی خطی و غیرخطی است. افزودنی‌های دیگری به‌عنوان ابزار شبیه‌سازی به‌صورت رایگان یا با هزینه بسیار کمی در دسترس هستند.

یکی از روش‌های موجود در ابزار *Solver* در نرم‌افزار اکسل، روش‌های مبتنی بر گرادیان می‌باشند که شیب تابع هدف را به‌صورت عددی محاسبه می‌کنند و می‌توانند برای بهبود یک جواب فعلی استفاده شوند. در نرم‌افزار اکسل، روش گرادیان کاهشی تعمیم‌یافته استفاده شده است [32]، [33] که می‌تواند برای حل مسایل هموار غیرخطی، راه‌حل موثری باشد و جواب بسیار نزدیک به بهینه را با اختلاف اندکی، به‌دست 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** $|(df/dXY_S)| < \varepsilon$. **Then** Stop. Else **Goto** Step 2.

شکل ۱- شبه کد مربوط به روش گرادیان کاهشی تعمیم‌یافته.

Figure 1- Pseudocode of the generalized gradient descent method.

در این شبه کد، در گام ۱ یک جواب امکان‌پذیر مشخص و مقدار تابع هدف f^0 محاسبه می‌گردد. در گام ۲، متغیرهای تصمیم‌گیری (XY) به سه بخش متغیرهای غیر پایه (XYN)، متغیرهای پایه (XYB) و متغیرهای وابسته (XYS) تقسیم می‌شوند. در گام ۳، مشتق تابع هدف نسبت به متغیرهای وابسته محاسبه می‌گردد. در گام ٤، جهت جستجوی گرادیان به کمک روش نیوتن توسعه‌یافته تعیین می‌شود. در گام ٥، ارزشی بین صفر و یک برای پارامتر γ تعیین می‌شود و در گام ٦ معادله *Constraints* $(XYS(\gamma), XYB, XYN)$ که در آن محدودیت‌های مدل درنظر گرفته شده است، حل می‌گردد. در گام ۷، مقایسه‌ای بین ارزش فعلی تابع هدف در دو مرحله متوالی انجام و در صورت یافتن جواب بهتر، XYS جایگزین می‌شود. در گام ۸ مشتق تابع هدف محاسبه شده و درصورتی‌که قدرمطلق آن از ارزش ε کم‌تر باشد، جواب نهایی پیدا شده است. در غیر آن صورت گام‌های ۲ به بعد باید تکرار گردد.

۴- یافته‌های پژوهش

در این قسمت، مدل پیشنهادی برای تخصیص فضاهای فیزیکی موجود به نیازمندی‌های دانشکده آمار، ریاضی و رایانه در دانشگاه علامه طباطبایی و نتایج پیاده‌سازی آن ارایه می‌شود. حدود دو سال از استقلال دانشکده آمار، ریاضی و رایانه می‌گذرد و این دانشکده به‌تازگی موفق به جذب دانشجو در رشته مهندسی کامپیوتر شده است. علاوه بر آن، فعالیت‌های پژوهشی دانشکده در راستای ایجاد یک گروه پژوهشی و تاسیس قطب علمی ریاضی مالی، جلو می‌رود. **جدول ٤** مشخصات نیازمندی‌های اولیه که توسط تصمیم‌گیرنده مشخص‌شده‌اند را نشان می‌دهد.

در **جدول ٤**، مساحت موردنیاز برای هر نیازمندی، اهمیت نسبی هر نیازمندی، تعداد حداقل لازم و هم‌چنین تعداد حداکثر لازم برای هر نیازمندی منعکس شده است. فضای موردنیاز سایت کامپیوتر و فضای موردنیاز برای کلاس کارشناسی بزرگ، باید از مساحت بیش‌تری برخوردار باشد. فضای موردنیاز آزمایشگاه‌ها، از نظر مساحت در اولویت دوم و نیازمندی‌های دیگر در اولویت سوم قرار دارند.

جدول ۴- مشخصات نیازمندی‌های اولیه که توسط تصمیم‌گیرنده مشخص شده است (سناریو ۱).

Table 4- Specifications of the basic requirements identified by the decision maker (scenario 1).

ردیف	نیازمندی	مساحت موردنیاز	اهمیت نسبی	تعداد حداقل لازم	تعداد حداکثر لازم
1	آزمایشگاه الکتریسیته	30	1	1	1
2	آزمایشگاه مدار منطقی	30	1	1	1
3	آزمایشگاه مدار و الکترونیک	30	1	1	1
4	سایت کامپیوتر	75	1	1	1
5	مرکز محاسبات نوین	24	0.5	0	1
6	قطب علمی ریاضی مالی	16	0.4	0	1
7	اتاق کارشناس آزمایشگاه	25	0.4	0	1
8	اتاق کارشناس مجله	30	0.2	0	1
9	کلاس کارشناسی بزرگ	56	1	0	2
10	کلاس کارشناسی متوسط	25	1	0	8
11	کلاس ارشدد-کتری	20	1	0	4

جدول ٥ فضای فیزیکی قابل تخصیص برای تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. در **جدول ٥**، فضای قابل تخصیص شماره‌گذاری شده و مساحت هر یک از این فضاهای فیزیکی مشخص گردیده است. با توجه به مشخص شدن مساحت، میزان بهره‌مندی فضای فیزیکی قابل تخصیص j، در صورت تخصیص به نیازمندی i، نیز طبق **رابطه (٥)** محاسبه و در **جدول ٥** منعکس شده است.

هدف مدل ارایه شده در این مقاله، تعیین ارزش ممکن برای هر تخصیص هر فضای فیزیکی به یک نیازمندی به‌صورت ارزش‌های صفر و یک است. ارزش یک مشخص‌کننده آن است که یک فضای فیزیکی خاص به یک نیازمندی معین تخصیص یافته است. در **جدول ٦** شماره فضای فیزیکی قابل تخصیص و مساحت آن برحسب مترمربع و هم‌چنین نتایج اجرای مدل تحت ضرایب α برابر ۰/۵ و β برابر ۳ برای حل مساله نیازمندی‌های این دانشکده منعکس شده است. ارزش‌های یک (صفر) نشان‌دهنده تخصیص (عدم تخصیص) یک فضای فیزیکی در یک ستون به یک نیازمندی خاص در یک سطر معین است. با توجه به تعداد ۱۸ فضای ممکن و تعداد ۱۱ نیازمندی در این مدل، تعداد ۱۹۸ متغیر تصمیم‌گیری در این مدل وجود دارد.

جدول ۵- مشخصات فضای قابل تخصیص برای تصمیم‌گیری و میزان بهره‌مندی فضای فیزیکی قابل تخصیص j در صورت تخصیص به نیازمندی i ($E_{i,j}$).

Table 5- Specifications of allocable space for decision making and the extent of utilization of allocable physical space j if allocated to requirement i ($E_{i,j}$).

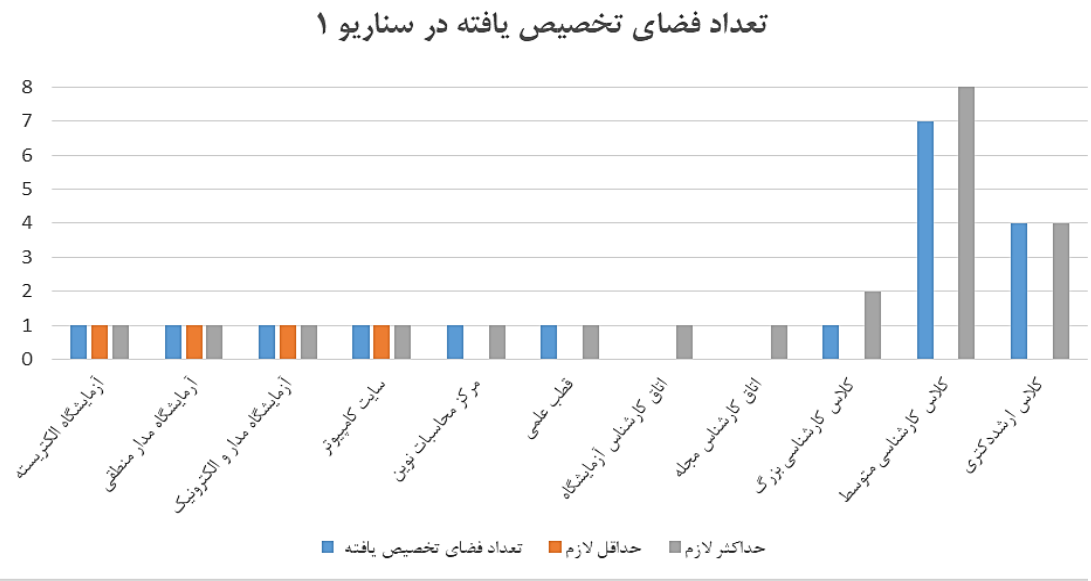
ردیف	نیازمندی	مساحت موردنیاز	فضای قابل‌تخصیص شامل شماره اتاق و مساحت هر یک از فضاها برحسب مترمربع																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
			62	72	21	27	30	30	20	37	24	27	30	28	19	37	25	27	30	28
1	آزمایشگاه الکتریسیته	30	2.1	2.4	0.7	0.9	1.0	1.0	0.7	1.2	0.8	0.9	1.0	0.9	0.6	1.2	0.8	0.9	1.0	0.9
2	آزمایشگاه مدار منطقی	30	2.1	2.4	0.7	0.9	1.0	1.0	0.7	1.2	0.8	0.9	1.0	0.9	0.6	1.2	0.8	0.9	1.0	0.9
3	آزمایشگاه مدار و الکترونیک	30	2.1	2.4	0.7	0.9	1.0	1.0	0.7	1.2	0.8	0.9	1.0	0.9	0.6	1.2	0.8	0.9	1.0	0.9
4	سایت کامپیوتر	75	0.8	1.0	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
5	مرکز محاسبات نوین	24	2.6	3.0	0.9	1.1	1.3	1.3	0.8	1.5	1.0	1.1	1.3	1.2	0.8	1.5	1.0	1.1	1.3	1.2
6	قطب علمی ریاضی مالی	16	3.9	4.5	1.3	1.7	1.9	1.9	1.3	2.3	1.5	1.7	1.9	1.8	1.2	2.3	1.6	1.7	1.9	1.8
7	اتاق کارشناس آزمایشگاه	25	2.5	2.9	0.8	1.1	1.2	1.2	0.8	1.5	1.0	1.1	1.2	1.1	0.8	1.5	1.0	1.1	1.2	1.1
8	اتاق کارشناس مجله	30	2.1	2.4	0.7	0.9	1.0	1.0	0.7	1.2	0.8	0.9	1.0	0.9	0.6	1.2	0.8	0.9	1.0	0.9
9	کلاس کارشناسی بزرگ	56	1.1	1.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.7	0.4	0.5	0.5	0.5	0.3	0.7	0.4	0.5	0.5	0.5
10	کلاس کارشناسی متوسط	25	2.5	2.9	0.8	1.1	1.2	1.2	0.8	1.5	1.0	1.1	1.2	1.1	0.8	1.5	1.0	1.1	1.2	1.1
11	کلاس ارشد-دکتری	20	3.1	3.6	1.1	1.4	1.5	1.5	1.0	1.9	1.2	1.4	1.5	1.4	1.0	1.9	1.3	1.4	1.5	1.4

جدول ۶- نتایج به‌دست آمده از اجرای سناریو ۱.

Table 6- Results of running scenario 1.

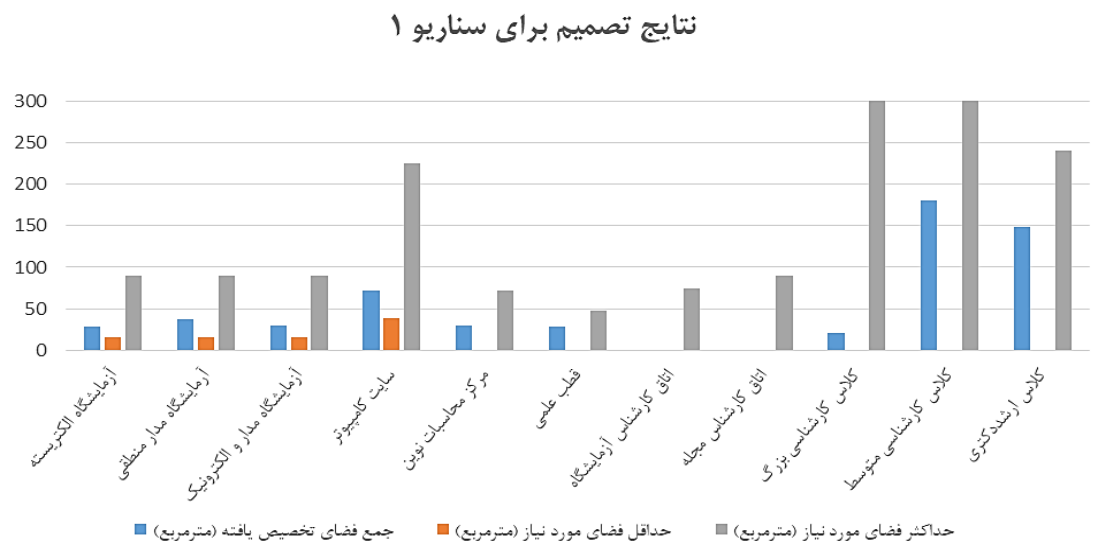
ردیف	نیازمندی	مساحت موردنیاز	فضای قابل تخصیص شامل شماره اتاق و مساحت هر یک از فضاها برحسب مترمربع																		تعداد تخصیص‌یافته
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
			62	72	21	27	30	30	20	37	24	27	30	28	19	37	25	27	30	28	
1	آزمایشگاه الکتریسیته	30																		1	
2	آزمایشگاه مدار منطقی	30								1											
3	آزمایشگاه مدار و الکترونیک	30						1													
4	سایت کامپیوتر	75		1																	
5	مرکز محاسبات نوین	24					1														
6	قطب علمی ریاضی مالی	16												1							
7	اتاق کارشناس آزمایشگاه	25																			
8	اتاق کارشناس مجله	30																			
9	کلاس کارشناسی بزرگ	56			1																
10	کلاس کارشناسی متوسط	25				1			1		1	1					1	1	1		
11	کلاس ارشد-دکتری	20	1										1		1	1					

شکل‌های ۲ و **۳** به ترتیب نتایج اجرای مدل را تحت شرایط سناریو ۱ برای مساحت تخصیص‌یافته به هر نیازمندی دانشکده و فضای تخصیص‌یافته نشان می‌دهند.



شکل ۲- نتایج اجرای سناریو ۱ برای مساحت تخصیص‌یافته به هر نیازمندی.

Figure 2- Results of running scenario 1 for the space allocated to each requirement.



شکل ۳- نتایج اجرای سناریو ۱ برای تعداد فضای تخصیص‌یافته.

Figure 3- Results of running scenario 1 for the number of space allocated.

مطابق **جدول‌های ٤** و **٥** و هم‌چنین **شکل ۲** می‌توان مشاهدات زیر را نتیجه گرفت:

۱. مشاهده ۱: بیش‌ترین و کم‌ترین فضای فیزیکی تخصیص‌یافته در بین فضاهای فیزیکی ممکن، شماره‌های ۲ و ۱۳ می‌باشند. این فضاهای فیزیکی به ترتیب به سایت کامپیوتر و کلاس ارشد-دکتری، تخصیص یافته است.

۲. مشاهده ۲: فضای تخصیص‌یافته به سایت کامپیوتر، برابر ۷۲ مترمربع می‌باشد. این فضای تخصیص‌یافته، بهترین تصمیم ممکن برای تصمیم-گیرنده، با توجه به تعداد مساحت درخواستی به میزان ۷۵ مترمربع است.

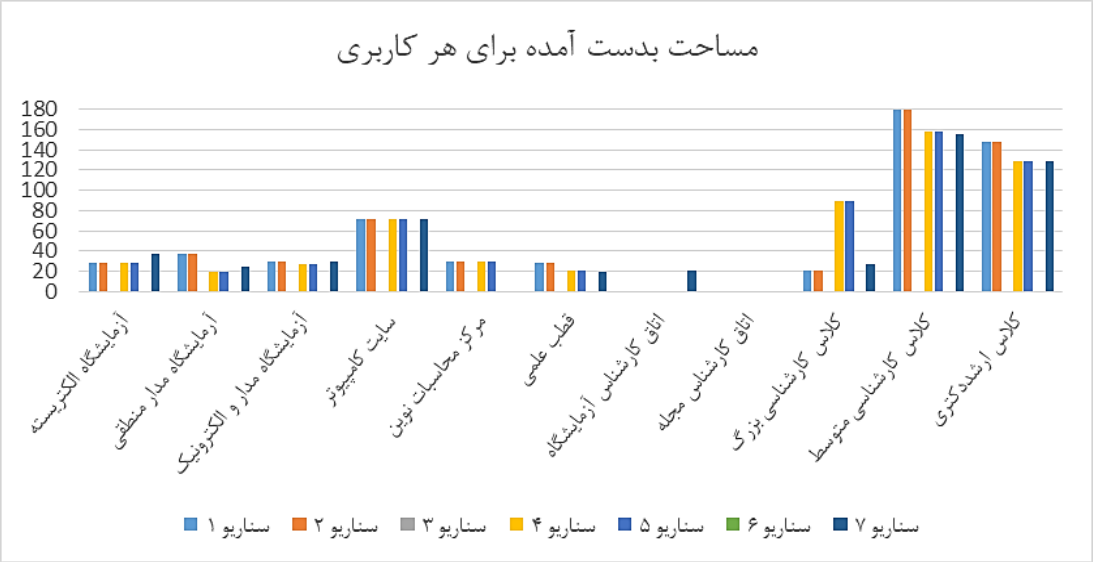
۳. مشاهده ۳: تعداد کلاس‌های کارشناسی با اندازه بزرگ و متوسط، نسبت به تعداد فضای فیزیکی تخصیص‌یافته برای تعداد آزمایشگاه‌ها و هم‌چنین سایت کامپیوتر، ارزش‌های بالاتر و قابل‌ملاحظه‌ای دارند. این ارزش‌ها، با تعداد حداقل و تعداد حداکثر فضای فیزیکی برای هر نیازمندی، مطابقت دارند.

٤. مشاهده ٤: مساحت تخصیص‌یافته به سایت کامپیوتر و کلاس‌های کارشناسی در اندازه بزرگ و متوسط و هم‌چنین مساحت تخصیص‌یافته به کلاس‌های ارشد-دکتری، نسبت به مساحت تخصیص‌یافته برای نیازمندی‌های دیگر، بیش‌تر و قابل‌ملاحظه می‌باشند. این ارزش‌ها، با مساحت حداقل و حداکثر ممکن در فضای تصمیم‌گیری، مطابقت دارند.

۱-۴- تحلیل حساسیت

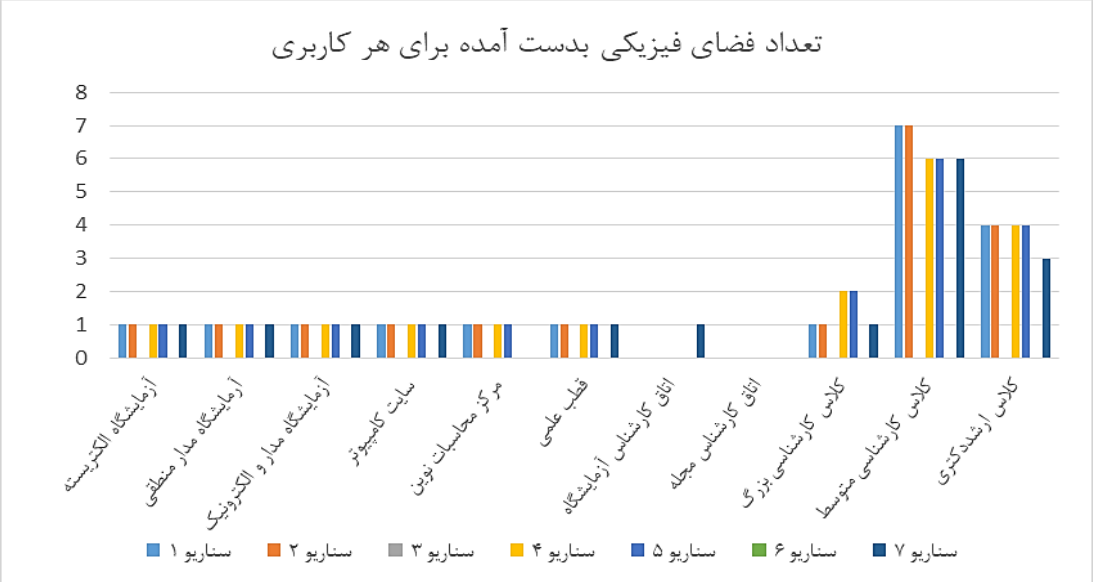
بعد از حل مدل و به‌دست آوردن مقادیر متغیرهای تصمیم‌گیری، به تحلیل حساسیت پرداخته می‌شود. تحلیل حساسیت، از منظر مفهومی میزان حساسیت متغیرهای تصمیم‌گیری و ارزش تابع هدف را نسبت به تغییر پارامترها مشخص می‌سازد. به دلیل عدم انجام تحلیل حساسیت به‌صورت خودکار توسط الگوریتم گرادیان کاهشی تعمیم‌یافته، این کار به‌صورت سعی و خطا و با توجه به تصمیم‌های مختلف و ممکنی که تصمیم‌گیرنده درنظر دارد، انجام می‌شود. تعداد شش سناریوی دیگر، با توجه به نظر تصمیم‌گیرنده، طراحی گردید. مشخصات این ۷ سناریو در **جدول‌های ۷** و ۸ منعکس شده است.

شکل‌های ٤ و **٥** به ترتیب نتایج اجرای مدل را تحت سناریوهای مختلف برای تعداد فضای فیزیکی تخصیص‌یافته و مساحت تخصیص یافته به هر نیازمندی دانشکده نشان می‌دهند.



شکل ۴- نتایج به‌دست آمده از حل مدل برای تعداد فضای فیزیکی تخصیص‌یافته تحت سناریوهای مختلف.

Figure 4- The results of solving the model for the number of physical space allocated under different scenarios.



شکل ۵- نتایج به‌دست آمده از حل مدل برای مساحت فیزیکی تخصیص‌یافته برای هر کاربری تحت سناریوهای مختلف.

Figure 5- The results of solving the model for the physical space allocated to each function under different scenarios.

جدول ۷- مشخصات سناریوهای مختلف تصمیم‌گیرنده برای انجام تحلیل حساسیت.

Table 7- Specifications of different decision-making scenarios for sensitivity analysis.

ردیف	نیازمندی	سناریو ۲ (α= 0.5, β = 2)						سناریو ۳ (α= 0.7, β = 2)						سناریو ۴ (α= 0.5, β = 2)					
		مساحت موردنیاز	اهمیت نسبی	حداقل تعداد	حداکثر تعداد	حداقل مساحت	حداکثر مساحت	مساحت موردنیاز	اهمیت نسبی	حداقل تعداد	حداکثر تعداد	حداقل مساحت	حداکثر مساحت	مساحت موردنیاز	اهمیت نسبی	حداقل تعداد	حداکثر تعداد	حداقل مساحت	حداکثر مساحت
1	آزمایشگاه الکتریسیته	30	1	1	1	15	60	30	1	1	1	21	45	30	1	1	1	15	60
2	آزمایشگاه مدار منطقی	30	1	1	1	15	60	30	1	1	1	21	45	30	1	1	1	15	60
3	آزمایشگاه مدار و الکترونیک	30	1	1	1	15	60	30	1	1	1	21	45	30	1	1	1	15	60
4	سایت کامپیوتر	75	1	1	1	38	150	75	1	1	1	53	113	75	1	1	1	38	150
5	مرکز محاسبات نوین	24	0.5	0	1	0	48	24	0.5	0	1	0	36	24	0.5	0	1	0	48
6	قطب علمی ریاضی مالی	16	0.4	0	1	0	32	20	0.4	0	1	0	30	20	0.4	0	1	0	40
7	اتاق کارشناس آزمایشگاه	25	0.4	0	1	0	50	25	0.4	0	1	0	38	25	0.4	0	1	0	50
8	اتاق کارشناس مجله	30	0.2	0	1	0	60	30	0.2	0	1	0	45	30	0.2	0	1	0	60
9	کلاس کارشناسی بزرگ	56	1	0	2	0	225	56	1	0	2	0	169	56	1	0	2	0	225
10	کلاس کارشناسی متوسط	25	1	0	8	0	400	25	1	0	8	0	300	25	1	3	8	38	400
11	کلاس ارشد-دکتری	20	1	0	4	0	160	20	1	0	4	0	120	20	1	2	4	20	160

جدول ۸- مشخصات سناریوهای مختلف تصمیم‌گیرنده برای انجام تحلیل حساسیت (سناریو ۵ تا سناریو ۷).

Table 8- Specifications of different decision-making scenarios for sensitivity analysis (scenario 5 to scenario 7).

ردیف	نیازمندی	سناریو ۵ (α= 0.5, β=2)						سناریو ۶ (α= 0.5, β = 1.5)						سناریو ۷ (α= 0.5, β = 1.75)					
		مساحت موردنیاز	اهمیت نسبی	حداقل تعداد لازم	حداکثر تعداد لازم	حداقل مساحت لازم	حداکثر مساحت لازم	مساحت موردنیاز	اهمیت نسبی	حداقل تعداد لازم	حداکثر تعداد لازم	حداقل مساحت لازم	حداکثر مساحت لازم	مساحت موردنیاز	اهمیت نسبی	حداقل تعداد لازم	حداکثر تعداد لازم	حداقل مساحت لازم	حداکثر مساحت لازم
1	آزمایشگاه الکتریسیته	30	1	1	1	15	60	30	1	1	1	15	45	30	1	1	1	15	53
2	آزمایشگاه مدار منطقی	30	1	1	1	15	60	30	1	1	1	15	45	30	1	1	1	15	53
3	آزمایشگاه مدار و الکترونیک	30	1	1	1	15	60	30	1	1	1	15	45	30	1	1	1	15	53
4	سایت کامپیوتر	75	1	1	1	38	150	75	1	1	1	38	113	75	1	1	1	38	131
5	مرکز محاسبات نوین	24	0.5	1	1	12	48	24	0.5	1	1	12	36	20	0.5	0	1	0	42
6	قطب علمی ریاضی مالی	20	0.4	1	1	10	40	20	0.4	1	1	10	30	20	0.4	0	1	0	35
7	اتاق کارشناس آزمایشگاه	25	0.4	0	1	0	50	25	0.4	0	1	0	38	25	0.4	0	1	0	44
8	اتاق کارشناس مجله	30	0.2	0	1	0	60	30	0.2	0	1	0	45	18	0.2	0	1	0	53
9	کلاس کارشناسی بزرگ	56	1	0	2	0	225	56	1	0	2	0	169	50	1	1	2	25	197
10	کلاس کارشناسی متوسط	25	1	3	8	38	400	25	1	3	8	38	300	25	0.7	3	8	38	350
11	کلاس ارشد-دکتری	20	1	2	4	20	160	20	1	2	4	20	120	20	1	2	4	20	140

جدول ۹ نتایج به‌دست آمده از حل مدل برای ارزش تابع هدف و تعداد فضای فیزیکی تخصیص‌یافته تحت سناریوهای ۱ تا ۷ را نشان می دهد.

جدول ۹- نتایج به‌دست آمده از حل مدل برای ارزش تابع هدف و تعداد فضای فیزیکی تخصیص‌یافته تحت سناریوهای مختلف (راه حل غیر ممکن=NFS).

Table 9- The results of solving the model for the value of the objective function and the number of physical space allocated under different scenarios (Not Feasible Solution=NFS).

سناریو	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴	سناریو ۵	سناریو ۶	سناریو ۷
ارزش تابع هدف نوع کاربری	20.43	20.43	NFS	18.86	18.86	NFS	16.12
آزمایشگاه الکتریسیته	1	1	0	1	1	0	1
آزمایشگاه مدار منطقی	1	1	0	1	1	0	1
آزمایشگاه مدار و الکترونیک	1	1	0	1	1	0	1
سایت کامپیوتر	1	1	0	1	1	0	1
مرکز محاسبات نوین	1	1	0	1	1	0	0
قطب علمی	1	1	0	1	1	0	1
اتاق کارشناس آزمایشگاه	0	0	0	0	0	0	1
اتاق کارشناس مجله	0	0	0	0	0	0	0
کلاس کارشناسی بزرگ	1	1	0	2	2	0	1
کلاس کارشناسی متوسط	7	7	0	6	6	0	6

هم‌چنین نتایج به‌دست آمده از حل مدل برای مساحت فضای تخصیص‌یافته تحت سناریوهای ۱ تا ۷ در **جدول ۱۰** منعکس شده است.

جدول ۱۰- نتایج به‌دست آمده از حل مدل برای مساحت فضای تخصیص‌یافته تحت سناریوهای مختلف.

Table 10- The results of solving the model for the physical space allocated under different scenarios.

سناریو	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴	سناریو ۵	سناریو ۶	سناریو ۷
ارزش تابع هدف نوع کاربری	28	28	0	28	28	0	37
آزمایشگاه الکتریسیته	37	37	0	20	20	0	25
آزمایشگاه مدار منطقی	30	30	0	27	27	0	30
آزمایشگاه مدار و الکترونیک	72	72	0	72	72	0	72
سایت کامپیوتر	30	30	0	30	30	0	0
مرکز محاسبات نوین	28	28	0	21	21	0	20
قطب علمی	0	0	0	0	0	0	21
اتاق کارشناس آزمایشگاه	0	0	0	0	0	0	0
اتاق کارشناس مجله	21	21	0	89	89	0	27
کلاس کارشناسی بزرگ	180	180	0	158	158	0	156
کلاس کارشناسی متوسط	148	148	0	129	129	0	129

با توجه به اطلاعات **جدول‌های ۹** و **۱۰** و هم‌چنین **شکل‌های ٤** و **۵** می‌توان مشاهدات زیر را برداشت نمود:

۱. مشاهده ۱: در هیچ یک از سناریوهای ۱ تا ۷، فضای فیزیکی برای اتاق کارشناس مجله، تخصیص نیافته است. این مشاهده، به حد پایین تعداد لازم برای این نیازمندی، ازنظر تصمیم‌گیرنده برمی‌گردد که تعداد حداقل برای این نیازمندی عدد صفر و حد بالای آن ارزش یک می‌باشد و بنابراین در شرایط فعلی در اولویت پایینی قرار گرفته است.

۲. مشاهده ۲: ارزش تابع هدف در سناریوهای ۱ و ۲ برابر ۲۰/٤۳ و هم‌چنین برای سناریوهای ٤ و ۵ برابر ۱۸/۸٦ می‌باشد. دلیل بروز این مشاهده، به میزان تفاوت اندک در اغلب قابل تخصیص از نظر مساحت فضای فیزیکی برمی‌گردد. درواقع، فضاهای فیزیکی با شماره‌های ۳ تا ۱۸ (اطلاعات ردیف ۲ از **جدول ۵**)، از نظر مساحت، تفاوت زیادی نشان نمی‌دهند و انعطاف‌پذیری زیادی برای تصمیم‌گیری وجود ندارد.

۳. مشاهده ۳: با توجه به ارزش تابع هدف، سناریو ۱ بهترین نتایج برای تصمیم‌گیرنده و سناریو ۷ بدترین نتایج برای تصمیم‌گیرنده است. اگرچه تعداد فضای فیزیکی تخصیص‌یافته در سناریوها برای فضای آزمایشگاه‌ها، به‌طور تقریبی یکسان است، اما تعداد و مساحت تخصیص‌یافته در سناریو ۷ برای کلاس‌های کارشناسی و هم‌چنین کارشناسی ارشد، نسبت به سناریو ۱، کم‌تر و قابل‌ملاحظه می‌باشد.

٤. مشاهده ٤: سناریوهای ۱ و ۲ با ارزش تابع هدف یکسان و هم‌چنین سناریوهای ٤ و ٥ با ارزش تابع هدف یکسان و بعد از آن‌ها سناریو ۷، به ترتیب در سه اولویت اول، دوم و سوم برای تصمیم‌گیرنده قرار می‌گیرند. این اولویت‌ها از نظر استفاده از جمع مساحت فضای تخصیص‌یافته که به ترتیب ٥۷٤، ٥۷٤ و ٥۱۷ مترمربع می‌باشند نیز قابل توجیه است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

تخصیص فضای فیزیکی، یکی از مسایل مهم تصمیم‌گیری برای سازمان‌ها و موسسه‌های آموزشی و پژوهشی است. در این مقاله، یک مدل ریاضی از نوع برنامه‌ریزی اعداد صحیح برای فرموله کردن این مساله، ارایه شد. برای حل مدل از روش گرادیان کاهشی استفاده و پارامترهای آن تنظیم گردید. برای ارزیابی مدل و راه‌حل پیشنهادی، داده‌ها و امکانات یکی از دانشکده‌های نوپا در دانشگاه علامه طباطبایی در تهران، مورد آزمایش قرار گرفت. تعداد ۱۱ نیازمندی از نوع آموزشی و پژوهشی و تعداد ۱۸ فضای قابل تخصیص در این دانشکده مشخص شد و بنابراین مدل ریاضی ارایه‌شده، دارای تعداد ۱۹۸ متغیر تصمیم‌گیری از نوع باینری بود. در آزمایش‌های، چندین سناریو ایجاد گردید و نتایج هر یک از سناریوها مورد مقایسه قرار گرفت و سپس بهترین و بدترین سناریو مشخص گردید. تجزیه‌وتحلیل حساسیت انجام‌شده روی تغییر پارامترهای ورودی مدل و هم‌چنین پارامترهای موردنظر تصمیم‌گیرنده با حفظ دیگر پارامترها در مقدار اصلی خود نشان داد که متغیرهای تصمیم‌گیری با توجه به تخصیص متغیرهایی با ارزش صفر و یک و هم‌چنین تابع هدف، حساسیت زیادی نسبت به تغییر آن‌ها ندارند. این مدل، یک مدل برنامه‌ریزی اعداد صحیح عمومی است و می‌تواند برای سایر سازمان‌ها و دانشکده‌هایی که با مشکل تخصیص فضای فیزیکی مواجه هستند، مورداستفاده قرار گیرد. در مقیاس بزرگ که سازمان‌ها با تعداد نیازمندی زیاد و هم‌چنین فضاهای فیزیکی زیاد روبرو هستند، تخصیص بهینه یک مساله چالش‌برانگیز برای تصمیم‌گیرندگان می‌باشد.

تشکر و قدردانی

در راستای انجام این کار مطالعاتی، از آقای محسن چرمی (مدیر امور عمومی دانشکده آمار، ریاضی و رایانه دانشگاه علامه طباطبایی) که داده‌های مربوط به فضاهای موجود جهت تصمیم‌گیری را فراهم کردند، تشکر و سپاسگزاری می‌شود. هم‌چنین از تصمیم‌گیرنده در خصوص تعیین سناریوها، تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض با منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی در مورد انتشار این مقاله وجود ندارد و همه نویسندگان، مقاله نهایی ارسال‌شده را مشاهده و تایید کرده‌اند. نویسندگان تضمین می‌کنند که مقاله، اثر اصلی آن‌ها بوده، پیش‌ازاین چاپ نشده و در حال حاضر تحت انتشار نمی‌باشد.

منابع

[1] McCollum, B. (2006). A perspective on bridging the gap between theory and practice in university timetabling. *International conference on the practice and theory of automated timetabling* (pp. 3–23). Springer.

[2] Ritzman, L., Bradford, J., & Jacobs, R. (1979). A multiple objective approach to space planning for academic facilities. *Management science*, *25*(9), 895–906. DOI:10.1287/mnsc.25.9.895

[3] Benjamin, C. O., Ehie, I. C., & Omurtag, Y. (1992). Planning facilities at the university of missouri-rolla. *Interfaces*, *22*(4), 95–105. DOI:10.1287/inte.22.4.95

[4] Ülker, Ö., & Landa-Silva, D. (2010). A 0/1 integer programming model for the office space allocation problem. *Electronic notes in discrete mathematics*, *36*(C), 575–582. DOI:10.1016/j.endm.2010.05.073

[5] Burke, E. K., Cowling, P., Landa Silva, J. D., & McCollum, B. (2001). Three methods to automate the space allocation process in UK universities. *Practice and theory of automated timetabling III: third international conference, PATAT 2000 Konstanz, Germany, August 16–18, 2000 Selected Papers 3* (pp. 254-273). Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/3-540-44629-x_16

[6] Lopes, R., & Girimonte, D. (2010). The office-space-allocation problem in strongly hierarchized organizations. *European conference on evolutionary computation in combinatorial optimization* (pp. 143–153). Springer.

[7] Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing. *Science*, *220*(4598), 671–680. DOI:10.1126/science.220.4598.671

[8] Ülker, Ö., & Landa-Silva, D. (2012). Evolutionary local search for solving the office space allocation problem. *2012 IEEE congress on evolutionary computation, CEC 2012* (pp. 1–8). IEEE.

[9] Awadallah, M. A., Khader, A. T., Al-Betar, M. A., & Woon, P. C. (2012). Office-space-allocation problem using harmony search algorithm. *Neural information processing: 19th international conference, ICONIP 2012, Doha, Qatar, November 12-15, 2012, proceedings, part II 19* (pp. 365–374). Springer.

[10] Burke, E. K., Silva, J. D. L., & Soubeiga, E. (2005). Multi-objective hyper-heuristic approaches for space allocation and timetabling. *Metaheuristics: progress as real problem solvers*, 129–158. https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-25383-1_6

[11] Burke, E. K., Cowling, P., & Silva, J. L. (2001). Hybrid population-based metaheuristic approaches for the space allocation problem. *Proceedings of the 2001 congress on evolutionary computation (IEEE Cat. No. 01TH8546)* (Vol. 1, pp. 232-239). IEEE.

[12] Burke, E. K., Cowling, P., Landa Silva, J. D., & Petrovic, S. (2001). Combining hybrid metaheuristics and populations for the multiobjective optimisation of space allocation problems. *Proceedings of the 2001 genetic and evolutionary computation conference (GECCO 2001)* (pp. 1252-1259). https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=039848a7e16c3a378b34c15f6fa02f380fe6e0f0

[13] Landa-Silva, D., & Burke, D. K. (2007). Asynchronous cooperative local search for the office-space-allocation problem. *INFORMS journal on computing*, *19*(4), 575–587. DOI:10.1287/ijoc.1060.0200

[14] Bashirzadeh, M., Daneshvar, S., & Azarmir, N. (2014). Determining the inefficient space and ranking of DMUs with undesirable outputs. *Journal of applied research on industrial engineering*, *1*(1), 1–11.

[15] Bolaji, A. L., Khader, A. T., Al-Betar, M. A., & Awadallah, M. A. (2014). University course timetabling using hybridized artificial bee colony with hill climbing optimizer. *Journal of computational science*, *5*(5), 809–818.

[16] Bolaji, A. L. A., Khader, A. T., Al-Betar, M. A., & Awadallah, M. A. (2015). A hybrid nature-inspired artificial bee colony algorithm for uncapacitated examination timetabling problems. *Journal of intelligent systems*, *24*(1), 37–54. DOI:10.1515/jisys-2014-0002

[17] Karaboga, D. (2005). *An idea based on honey bee swarm for numerical optimization*. http://mf.erciyes.edu.tr/abc/pub/tr06_2005.pdf

[18] Bolaji, A. L., Khader, A. T., Al-Betar, M. A., & Awadallah, M. A. (2013). Artificial bee colony algorithm, its variants and applications: a survey. *Journal of theoretical and applied information technology*, *47*(2), 434–459.

[19] Karaboga, D., Gorkemli, B., Ozturk, C., & Karaboga, N. (2014). A comprehensive survey: artificial bee colony (ABC) algorithm and applications. *Artificial intelligence review*, *42*(1), 21–57. DOI:10.1007/s10462-012-9328-0

[20] Bolaji, A. L., Khader, A. T., Al-Betar, M. A., & Awadallah, M. A. (2012). Artificial bee colony algorithm for solving educational timetabling problems. *International journal of natural computing research*, *3*(2), 1–21.

[21] Azeeta, A., Misra, S., Odusami, M., Peter, O. U., & Ahuja, R. (2021). An intelligent student hostel allocatıon system based on web applications. *Recent innovations in computing: proceedings of ICRIC 2020* (pp. 779–791). Springer.

[22] Bolaji, A. L., Michael, I., & Shola, P. B. (2017). Optimization of office-space allocation problem using artificial bee colony algorithm. *Lecture notes in computer science (including subseries lecture notes in artificial intelligence and lecture notes in bioinformatics)* (Vol. 10385 LNCS, pp. 337–346). Springer International Publishing.

[23] Ishichi, K., Ohmori, S., Ueda, M., & Yoshimoto, K. (2019). Shelf-space allocation model with demand learning. *Operations and supply chain management*, *12*(1), 24–30. DOI:10.31387/oscm0360219

[24] Bolaji, A. L. aro, Bamigbola, A. F., & Shola, P. B. (2018). Late acceptance hill climbing algorithm for solving patient admission scheduling problem. *Knowledge-based systems*, *145*, 197–206.

[25] Mtonga, K., Twahirwa, E., Kumaran, S., & Jayavel, K. (2021). Modelling classroom space allocation at university of Rwanda-a linear programming approach. *Applications and applied mathematics: an international journal (AAM)*, *16*(1), 40. https://digitalcommons.pvamu.edu/aam/vol16/iss1/40/

[26] Hasan Zadeh, R., & Alizade, S. (2019). Multi-location logistics in relief with regard to urban infrastructure. *Journal of decisions and operations research*, *4*(3), 232–245. (**In Persian**). https://www.journal-dmor.ir/article_96789_en.html?lang=fa

[27] Rashidi, H. (2020). A Mathematical optimization model for allocating student dormitories in corona-living conditions. *Journal of decisions and operations research*, *5*(2), 188–203. (**In Persian**). https://www.journal-dmor.ir/article_120042.html?lang=en

[28] Lotfi, R., Pilehforooshha, P., & Karimi, M. (2023). A multi-objective optimization model for school location-allocation coupling demographic changes. *Journal of spatial science*, *68*(2), 225–244.

[29] Kakkar, M. K., Singla, J., Garg, N., Gupta, G., Srivastava, P., & Kumar, A. (2021). Class schedule generation using evolutionary algorithms. *Journal of physics: conference series* (Vol. 1950, No. 1, p. 012067). IOP Publishing. DOI: 10.1088/1742-6596/1950/1/012067

[30] 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.

[31] Razmjooei, V., Mahdavi, I., & Gutmen, S. (2022). A hybrid multi-objective algorithm to solve a cellular manufacturing scheduling problem with human resource allocation. *Journal of applied research on industrial engineering*, *9*(2), 272–287.

[32] 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. *Pathologe*, *41*(4), 400–405.

[33] Rudd, K., Foderaro, G., Zhu, P., & Ferrari, S. (2017). A generalized reduced gradient method for the optimal control of very-large-scale robotic systems. *IEEE transactions on robotics*, *33*(5), 1226–1232.

رشیدی و رشیدی / تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۸، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، صفحه: ۶۲۲-۶۰۹