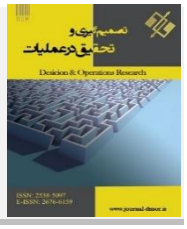
Journal of Decisions & Operations Research

Volume 6, Issue 1, Spring 2021



Comparison of Data Mining Algorithms on Educational Data Using Multi-Criteria Decision-Making Methods

Fatemeh Mirsaeedi[1], Hamidreza Koosha[2], Mohammad Ghodoosi[1,*]

[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Torbat Heydariyeh, Torbat Heydariyeh, Iran.
[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Abstract

Survey academic performance by educational data mining is one of the most important issues in the field of educational management and researchers focus on it. The purpose of this study is to present an experimental method for appropriate algorithm selection in predicting students' academic status in two and three classes. Two-class database predicts the admission or rejection of students in the course, while the database of the three classes, in addition to admission or rejection, identifies students who are prone and elite. Using the previous articles in the field of educational data mining and experts' opinions, factors that effect on academic performance of students were identified and database was compiled based on them. After optimization of parameters and implementation of different algorithms, the performance scores of the algorithms were calculated using paired t-test based on three indexes include of accuracy, f-measure, and ROC, algorithms were compared by TOPSIS and VIKOR methods. In the two-class mode, Support Vector Machine algorithm in TOPSIS with value of 0.999115 and VIKOR with value of zero has shown the best performance. In the multi-class mode, the Logistic Regression algorithm in TOPSIS and VIKOR in turns with values 0.9986044 and 0.0009798 performances better than other algorithms. The proposed method can be used as a tool for selecting algorithm that has the best pergormance in educational data mining. Because choosing the algorithm to achieve accurate and exact results is very effective and can be taken into account in the process of counseling and preventing students' academic failure.

Keywords: Educational data mining, Comparison of algorithms, TOPSIS, VIKOR.

Paper Type: Original

Received: 15/07/2020 Reviewed: 11/08/2020 Revised: 19/04/2021 Accepted: 25/04/2021

Citation:

Mirsaeedi, F., Koosha, H., & Ghodoosi, M. (2021). Comparison of data mining algorithms on educational data using multi-criteria decision-making methods. *Decisions & operations research, 6*(1), 41-55

*** Corresponding Author**

Email Address: m.ghodoosi@torbath.ac.ir

DOI: 10.22105/dmor.2021.239599.1182

www.journal-dmor.ir

نشریه علمی
تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات
Decisions and Operational Research
دوره ۶، شماره (۱)، بهار ۱۴۰۰

ارزیابی الگوریتم‌های داده‌کاوی بر روی داده‌های آموزشی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

فاطمه میرسعیدی[۱]، حمیدرضا کوشا[۲]، محمد قدوسی[۱،*]

[۱]گروه مهندسی صنایع ، دانشکده مهندسی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.

[۲]گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

چکیده

بررسی عملکرد تحصیلی دانشجویان با استفاده از داده‌کاوی آموزشی یکی از مهم‌ترین موضوعات در حوزه مدیریت آموزشی است و مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته‌است. هدف پژوهش حاضر، ارائه روش تجربی برای انتخاب الگوریتم با بهترین عملکرد از منظر شاخص‌های ارزیابی در پیش‌بینی وضعیت تحصیلی دانشجویان در حالت دو و سه کلاسه است. پایگاه داده دوکلاسه، پذیرش یا رد دانشجویان در درس موردنظر را پیش‌بینی می‌کند، درحالی‌که پایگاه داده سه کلاسه، علاوه بر پذیرش یا رد به شناسایی دانشجویان مستعد و نخبه می‌پردازد. با استفاده از مقالات پیشین در حوزه داده‌کاوی آموزشی و نظرات خبرگان، فاکتورهای تاثیرگذار بر عملکرد تحصیلی دانشجویان شناسایی و براساس آن‌ها پایگاه داده تدوین شد. پس از تنظیم پارامترها و اجرای الگوریتم‌های مختلف، نمره عملکرد الگوریتم‌ها با استفاده از آزمون تی زوجی براساس سه شاخص صحت، *F-measure* و *ROC* محاسبه شده، سپس با استفاده از روش‌های تاپسیس و ویکور، الگوریتم‌ها مقایسه و رتبه‌بندی شدند. در حالت دو کلاسه ماشین بردار پشتیبان در تاپسیس با مقدار ۰/۹۹۹۱۱۵ ویکور با مقدار صفر بهترین عملکرد را از خود نشان داده است. در حالت چندکلاسه، الگوریتم رگرسیون لجستیک در هر دو روش تاپسیس و ویکور با مقادیر به ترتیب ۰/۹۹۸۶۰۴۴ و ۰/۰۰۰۹۷۹۸، بهتر از سایر الگوریتم‌ها عمل کرده‌است. می‌توان روش پیشنهادی را به عنوان یک ابزار برای انتخاب الگوریتم با بهترین عملکرد در داده‌کاوی آموزشی استفاده نمود. زیرا انتخاب الگوریتم برای دستیابی به نتایج دقیق و صحیح بسیار موثر است و می‌توان در فرایند مشاوره و جلوگیری از افت تحصیلی دانشجویان با دقت نظر بیشتری عمل کرد.

واژه‌های کلیدی: داده‌کاوی آموزشی، مقایسه الگوریتم‌ها، تاپسیس، ویکور.

نوع مقاله: پژوهشی

دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۵ داوری: ۱۳۹۹/۰۵/۲۱ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۱/۳۰ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۵

۱- مقدمه

با توجه به تأکیدهایی که امروزه بر امر آموزش و یادگیری می‌شود، تلاش برای یادگیری و آموزش مطلوب و مؤثر یک امر ضروری می‌باشد تا بتوان از همه فرصت‌ها و ظرفیت‌ها برای پیشرفت که یادگیری لازمه آن است استفاده نمود (ایزدی و محمدزاده ادملایی[۱]، ۲۰۰۸). تجربه نشان داده است که تعداد زیادی از دانشجویان در طول تحصیل خود با مشکلات بسیاری مواجه می‌شوند که در نهایت منجر به افت تحصیلی یا انصراف آن‌ها می‌شود (کوشا و همکاران[۲]، ۲۰۱۹). با پیشرفت علم و تکنولوژی، انتظار می‌رود اساتید و تصمیم‌گیرندگان حوزه آموزش

[۱] Izadi and Mohammadzadeh Edmolaee
[۲] Koosha et al.

* نویسنده مسئول
آدرس رایانامه: M.ghodoosi@torbath.ac.ir
شناسه دیجیتال: 10.22105/dmor.2021.239599.1182

قبل از وقوع مشکل (افت تحصیلی یا انصراف) برای آن تدبیری بیندیشند. افت تحصیلی به معنای کاهش عملکرد تحصیلی دانشجو از سطحی رضایت‌بخش به سطحی نامطلوب است. افت تحصیلی می‌تواند سبب دور شدن نظام آموزشی کشور از اهداف پیش‌بینی‌شده شود و بخشی از سرمایه‌ها و فرصت‌ها از دست برود (جانزاده[۱]، ۲۰۱۱).

میزان توسعه و کاربرد تکنولوژی و فناوری اطلاعات و ارتباطات در امر آموزش یکی از مهم‌ترین شاخص‌های پیشرفت هر جامعه محسوب می‌شود (رستمی و همکاران[۲]، ۲۰۱۵). یکی از علوم مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات، داده‌کاوی است که کاربرد آن در حوزه‌های مختلف پیشرفت چشمگیری داشته‌است. در سال‌های اخیر، با توجه به اهمیت و مشکلات موجود در زمینه استخراج دانش از پایگاه‌های عظیم داده‌ها و استفاده از آن‌ها جهت تصمیم‌گیری و مدیریت مناسب در حوزه آموزش، تکنیک‌های داده‌کاوی مورد توجه ویژه قرار گرفته‌است که این موضوع سبب پدیدار شدن تحقیقات جدیدی تحت عنوان داده‌کاوی آموزشی شده‌است (رومرو و ونتورا[۳]، ۲۰۰۷). در اغلب دانشگاه‌ها، بانک‌های اطلاعاتی گسترده‌ای از ویژگی‌های جمعیت‌شناختی، سوابق آموزشی و تحصیلی دانشجویان وجود دارد. درون این حجم داده‌ها، الگوها و روابط قابل توجهی به صورت پنهان باقی می‌ماند که با استفاده از دانش داده‌کاوی می‌توان آن‌ها را استخراج و تحلیل نمود (رستمی و همکاران، ۲۰۱۵). الگوها و نتایج استخراج‌شده به عنوان توصیه به دانشجویان و مجریان آموزش اعلام می‌شود در حالی که، در سیستم‌های سنتی، از این اطلاعات و داده‌ها صرفاً جهت تحلیل آماری یا بایگانی استفاده می‌شود.

در این پژوهش، از الگوریتم‌های داده‌کاوی برای پیش‌بینی نمرات دانشجویان مهندسی صنایع در دروس تخصصی استفاده و سپس الگوریتم‌ها با استفاده از آزمون تی زوجی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با یکدیگر مقایسه شدند. پس از مقدمه، روش تحقیق و در ادامه نتایج و نتیجه‌گیری مقاله به تفصیل تبیین شده‌است.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مقالات داده‌کاوی آموزشی را می‌توان از منظر روش مورد استفاده دسته‌بندی کرد. برخی از مقالات از رویکرد قوانین انجمنی استفاده کرده و به کشف قواعد و الگوها می‌پردازند و برخی از مقالات از خوشه‌بندی و بخش عظیمی از مقالات از تکنیک‌های دسته‌بندی استفاده کردند.

۲-۱- قوانین انجمنی

قوانین انجمنی، یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های داده‌کاوی است و تقریبا مهم‌ترین شکل کشف و استخراج الگوها در سیستم یادگیری است (هان و کامبر[۴]، ۲۰۰۶). بولدو و آکگان[۵] (۲۰۱۰) بر روی پایگاه‌های داده در استانبول ترکیه از قوانین انجمنی استفاده نمودند و تاکید کردند با استفاده از نتایج تحقیق می‌توان مهارت‌های دانشجویان را شناسایی و عملکرد آنان را بهبود بخشید. عبدالله و همکاران[۶] (۲۰۱۱) رویکردی برای پشتیبانی از قوانین انجمنی در داده‌کاوی آموزشی ارائه دادند. نظر آنان، این است که با استفاده از نتایج داده‌کاوی آموزشی می‌توان استانداردها و مدیریت آموزشی فعلی را بررسی کرد و ارتقا بخشید. الگامل[۷] (۲۰۱۳) به پیش‌بینی عملکرد تحصیلی با استقاده از قوانین انجمنی پرداختند. در نتیجه‌گیری این مقاله آمده‌است که می‌توان با استفاده از نتایج داده‌کاوی آموزشی، فرایند برنامه‌ریزی تحصیلی را تغییر داد و تاثیرات این تغییر را ارزیابی نمود. زینک و همکاران[۸] (۲۰۱۵) برای داده‌کاوی آموزشی و استخراج قوانین، از الگوریتم ژنتیک استفاده کرده‌اند.

[۱] Janzadeh
[۲] Rostami et al.
[۳] Romero and Ventura
[۴] Han and Kamber
[۵] Buldu A, Ucgun
[۶] Abdullah et al.
[۷] ElGamal
[۸] Xing et al.

۲-۲- خوشه‌بندی

خوشه‌بندی یک روش یادگیری بدون نظارت که روی دسته‌های از پیش تعریف‌شده و یا ویژگی خاصی به عنوان متغیر هدف تکیه ندارد و نمونه‌های مشابه را با هم در یک گروه قرار می‌دهد. در واقع خوشه‌بندی شکلی از یادگیری به وسیله مشاهدات است (هان و کامبر، ۲۰۰۶). رومرو و ونتورا (۲۰۱۳) مناسب بودن کمی و کیفی و اطلاعات شبکه اجتماعی را در برابر الگوریتم‌های دسته‌بندی و خوشه‌بندی کلاسیک برای شکست یا موفقیت دانشجویان در یک دوره بررسی کرده‌اند. آسیف و همکاران[۱] (۲۰۱۷) عملکرد دانشجویان دوره کارشناسی را بررسی کردند. با استفاده از درخت تصمیم و الگوریتم *k-means* به مدلسازی پرداختند. رستمی و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش خوشه‌بندی فازی، میزان پیشرفت تحصیلی دانشجویان را پیش‌بینی نمودند. حسنی و بذرافشان[۲] (۲۰۱۹) با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی، دانشجویان را گروه‌بندی کرده و به کشف رویه‌ها و قوانین مربوط به هر خوشه پرداختند. داده‌های استفاده شده در این پژوهش مربوطه به دانشجویان دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شاهرود است. دی پیر و رابو[۳] (۲۰۱۸) نیز به گروه‌بندی یادگیرندگان با استفاده از روش *K*- میانگین پرداختند تا شخصی‌سازی برنامه آموزش را مورد بررسی قرار دهند. نتایج این پژوهش نشان داد این روش کارایی دارد و موفقیت تحصیلی را در پی داشته است.

۲-۳- دسته‌بندی

دسته‌بندی یک شکل از تحلیل داده است و مدل‌هایی را استخراج می‌کند که کلاس‌های داده‌های مهم را توصیف می‌کند (هان و کامبر، ۲۰۰۶). می‌توان این دسته از مقالات را براساس شاخص‌های ارزیابی بررسی نمود. مقالات این زیربخش، در **جدول ۱** آمده و از منظر الگوریتم‌ها،شاخص‌های ارزیابی و روش مقایسه الگوریتم‌ها بررسی شده‌است.

برخی از مقالات تنها از شاخص درصد صحت برای ارزیابی الگوریتم‌ها استفاده کردند. از جمله، سن و اوکار[۴] (۲۰۱۲) به پیش‌بینی عملکرد دانشجویان مهندسی کامپیوتر پرداختند. سن و همکاران[۵] (۲۰۱۲) از الگوریتم‌های مختلف برای پیش‌بینی نمرات دانش‌آموزان استفاده کردند. راچبوری و همکاران[۶] (۲۰۱۸) داده‌کاوی آموزشی را بر روی ۶۸۸۴ رکورد بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰ انجام دادند، متغیر پیش‌بینی در این پژوهش، معدل دانشجویان بوده‌است. حیدری و یقینی[۷] (۲۰۱۱) با مقایسه تکنیک‌های مختلف داده‌کاوی، به شناسایی بهترین روش برای پیش‌بینی وضعیت تحصیلی دانشجویان پرداخته و به این نتیجه رسیده در خوشه‌بندی وضعیت تحصیلی، تکنیک نزدیک‌ترین همسایه و در پیش‌بینی وضعیت تحصیلی، شبکه عصبی کارآمدتر از سایر تکنیک‌ها می‌باشد. مقصودی و همکاران[۸] (۲۰۱۳) به کشف الگوهای نهفته در انتخاب واحد دانشجویان و پیش‌بینی نمرات آن‌ها در سامانه‌های آموزش الکترونیکی پرداخته‌اند. احمدی و همکاران[۹] (۲۰۱۵) فاکتورهای تاثیرگذار بر رویگردانی دانشجویان شهریه‌پرداز را با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی شناسایی و تحلیل کرده‌اند و از الگوریتم‌های دسته‌بندی برای پیش‌بینی انصراف استفاده کردند. فدوی رودسری و همکاران[۱۰] (۲۰۱۹) به شناسایی عوامل موثر بر افت تحصیلی دانشجویان دانشگاه تهران با مدل شبکه بیزی پرداخته‌اند. ۷۴۶ پرسشنامه مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که عوامل فردی هم به طور مستقیم هم با تاثیر بر سایر عوامل بر وقوع افت تحصیلی تاثیرگذار بود. مدل شبکه بیزی با صحت بالا نشانگر توانایی این الگوریتم بر پیش‌بینی را نشان می‌دهد.

دسته دیگری از مقالات، علاوه بر نرخ صحت، سایر شاخص‌ها را نیز مورد بررسی قرار دادند. کابکچیوا و همکاران[۱۱] (۲۰۱۱) و کابکچیوا (۲۰۱۳) در پژوهش‌های خود عملکرد دانشجویان بلغارستان را مورد بررسی قرار دادند و از الگوریتم‌های دسته‌بندی مختلف برای ۵

---

[۱] Asif et al.
[۲] Hasani and Bazrafshan
[۳] Dypir and Raboo
[۴] Sen and Ucar
[۵] Sen et al.
[۶] Rachburee et al.
[۷] Heydari and Yaghini
[۸] Maghsoudi et al.
[۹] Ahmadi et al.
[۱۰] Fadavi Roodsari et al.
[۱۱] Kabakchieva

کلاس استفاده کرده‌اند. اسکوئی و عسکری[۱] (۲۰۱۴)، عملکرد دانش‌آموزان دبیرستانی و دانشجویان لیسانس را با الگوریتم‌های مختلف در دو کلاس قبول یا رد مورد بررسی قرار دادند. داده‌های این پژوهش مربوط به ۵۰۰ دانش‌آموز و ۶۰۰ دانشجو بوده‌است. استرچ و همکاران[۲] (۲۰۱۵) موفقیت یا شکست و نمره دانشجویان را در یک دوره با استفاده از متغیرهای اجتماعی پیش‌بینی کردند. در این پژوهش، ۵۷۷۹ داده مربوط به سال تحصیلی ۲۰۱۲-۲۰۱۳ دانشگاه مورد مطالعه استخراج شده‌است. یهوآلا[۳] (۲۰۱۵) پذیرش یا رد دانشجویان را با الگوریتم‌های درخت تصمیم و بیزی ساده مورد بررسی قرار داده‌است. داده‌های مربوط به ۱۱۸۷۳ دانشجو با استفاده از این الگوریتم‌ها تحلیل شده‌است. کار و همکاران[۴] (۲۰۱۵) پنج الگوریتم در داده‌کاوی آموزشی را در هند با هم مقایسه کردند تا بهترین الگوریتم از نظر پیش‌بینی عملکرد دانشجویان شناسایی شود. پندی و تارونا[۵] (۲۰۱۶) رویکردی ترکیبی برای پیش‌بینی عملکرد دانشجویان در هند ارائه داده و با الگوریتم‌های دسته‌بندی مقایسه کردند که الگوریتم ترکیبی بهتر عمل کرده است. اشرف و همکاران[۶] (۲۰۲۰) تاثیر برخی فرایندها مانند فیلتراسیون و ... را بر افزایش نرخ صحت پیش‌بینی بررسی کردند.

برخی دیگر از مقالات نیز از شاخص صحت استفاده نکردند و از سایر شاخص‌ها مانند مساحت منحنی مشخصه عملکرد، دقت و ... استفاده کردند. ابوسعا[۷] (۲۰۱۶) براساس فاکتورهای اجتماعی و شخصی، داده‌کاوی آموزشی را انجام داده‌است. انوار علی یحیی[۸] (۲۰۱۷) از الگوریتم *PSO* برای دسته‌بندی در داده‌کاوی آموزشی استفاده کرده‌است و با سایر الگوریتم‌ها مقایسه کرده‌است. کاستا و همکاران[۹] (۲۰۱۷) اثربخشی الگوریتم‌های داده‌کاوی را در دو پایگاه داده دانشگاهی در برزیل بررسی کردند. ماشین بردار پشتیبان بسیار بهتر از سایر الگوریتم‌ها عمل کرده‌است. فرناندس و همکاران[۱۰] (۲۰۱۸) موفقیت یا عدم موفقیت دانش‌آموزان برزیلی را پیش‌بینی کردند.

با توجه به تنوع الگوریتم‌های داده‌کاوی، مقایسه و انتخاب الگوریتم از اهمیت بالایی برخوردار است. برای انتخاب الگوریتم، از روش‌های متفاوتی می‌توان استفاده نمود که بیشتر محققان از روش‌های تحلیل توصیفی مانند جدول و نمودار یا آزمون فرض استفاده کرده‌اند. با توجه به اینکه در این پژوهش، ۹ درس بررسی شده که هر درس در دو حالت دو و چندکلاسه در نظرگرفته شده است. یعنی در مجموع ۱۸ پایگاه داده و در هر پایگاه داده، ۱۱ شاخص وجود دارد، انتخاب الگوریتم براساس سه معیار ارزیابی انجام می‌شود. بررسی همزمان چند معیار ارزیابی و تلفیق آن‌ها با هم با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری میسر است. در این صورت انتخاب الگوریتم با بهترین عملکرد از اعتبار بالاتری برخوردار است. پژوهش پیش رو در مقایسه با مقالات پیشین دارای نوآوری‌هایی است از جمله:

- *نحوه مقایسه الگوریتم‌ها با یکدیگر، یکی از نوآوری‌های پژوهش پیش رو می‌باشد. در سایر مقالات برای مقایسه الگوریتم‌ها از تحلیل توصیفی براساس جدول و نمودار و نهایتاً از آزمون‌های آماری استفاده کردند. در این پژوهش، در کنار آزمون تی زوجی، از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای مقایسه استفاده شده‌است.*
- *در سایر مقالات، هر سه شاخص صحت، نمودار منحنی مشخصه عملکرد و F امتیاز[۱۱]، در کنار هم استفاده نشدند.*
- *مجموعه الگوریتم‌هایی که در این مقاله با یکدیگر مقایسه شدند در سایر مقالات، با یکدیگر مقایسه نشدند و در استفاده از الگوریتم‌ها سعی شده از بهترین حالت الگوریتم با استفاده از طراحی آزمایش‌ها و تنظیم پارامترها استفاده شود.*

---

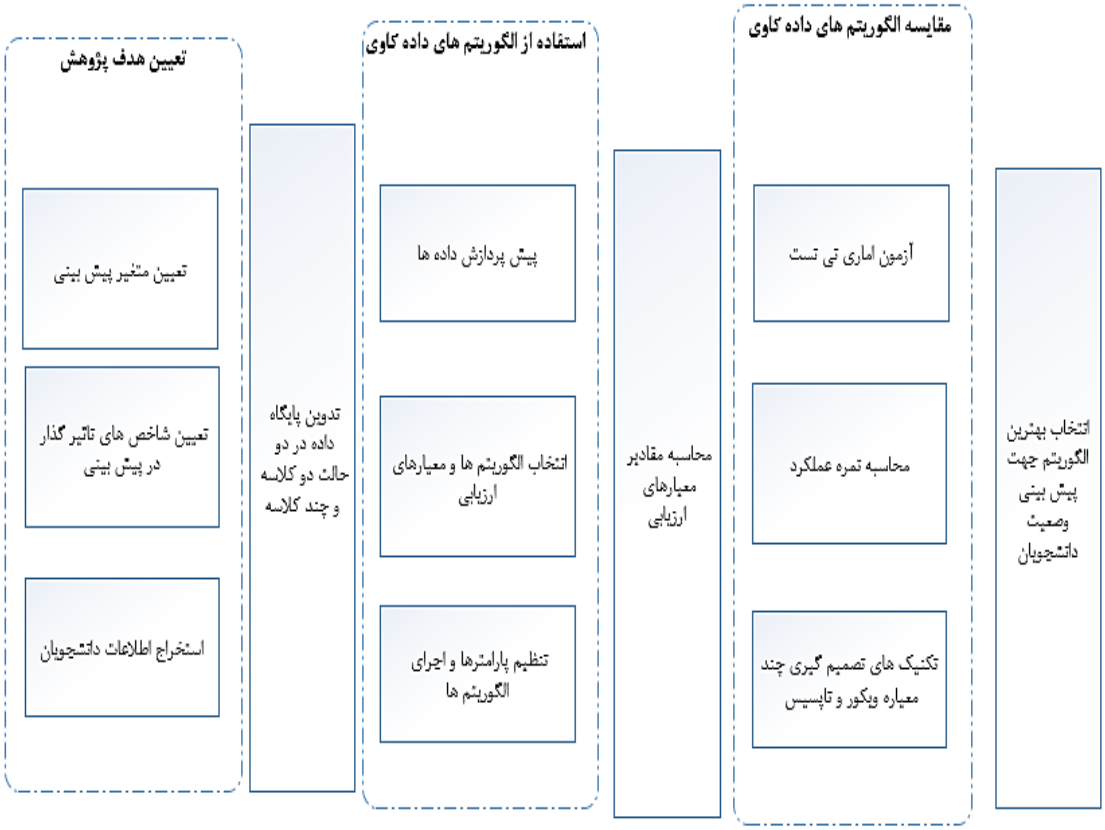
[۱] Oskouei and Askari
[۲] Strecht et al.
[۳] Yehuala
[۴] Kaur et al.
[۵] Pandey and Taruna
[۶] Ashraf et al.
[۷] Saa
[۸] Yahya
[۹] Costa et al.
[۱۰] Fernandes et al
[۱۱] F-measure

این پژوهش به دنبال پاسخ به سؤالات ذیل است:

- *چگونه می‌توان از الگوریتم‌های داده‌کاوی در پیشرفت تحصیلی دانشجویان بهره برد؟*
- *با وجود چند پایگاه داده برای دروس مختلف، چگونه می‌توان الگوریتم با بهترین عملکرد از نظر معیارهای ارزیابی را انتخاب کرد؟*
- *بهترین الگوریتم برای پیش‌بینی عملکرد تحصیلی دانشجویان در مطالعه موردی پژوهش کدام است؟*

۳- روش تحقیق

مراحل انجام پژوهش مطابق **شکل ۱** است و تمامی مراحل در ادامه به تفصیل بیان شده‌است. مراحل اصلی، تعیین هدف پژوهش، استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی و مقایسه الگوریتم‌های داده‌کاوی است. تدوین پایگاه داده در دو حالت دو و چند کلاسه، محاسبه مقادیر معیارهای ارزیابی و انتخاب بهترین الگوریتم جهت پیش‌بینی وضعیت تحصیلی دانشجویان، خروجی‌های مراحل مذکور است.



شکل ۱- مراحل انجام پژوهش.

Figure 1- Steps of research.

جدول ۱- پیشینه پژوهش.

Table 1- Literature review.

منبع	الگوریتم‌ها									شاخص‌ها			روش مقایسه الگوریتم‌ها
	بیزی ساده	شبکه بیزی	رگرسیون لجستیک	ماشین بردار پشتیبان	KNN	لوجیت بوست	پارت	درخت تصمیم	صحت	F-measure	AUC	
(کابکچیوا و همکاران، ۲۰۱۱)	*	*			*				*			تحلیل توصیفی
(سن و همکاران، ۲۰۱۲)				*					*			تحلیل توصیفی
(اسکوئی و عسکری، ۲۰۱۴)	*			*					*			تحلیل توصیفی
(کار و همکاران، ۲۰۱۵)	*			*				*	*		*	تحلیل توصیفی
(یهوآلا، ۲۰۱۵)	*							*	*		*	تحلیل توصیفی
(استرچ و همکاران، ۲۰۱۵)				*	*				*			تحلیل توصیفی
(همسا و همکاران، ۲۰۱۶)												تحلیل توصیفی
(ابوسعا، ۲۰۱۶)	*											تحلیل توصیفی
(پندی و تارونا، ۲۰۱۶)					*			*	*			تحلیل توصیفی
(یحیی، ۲۰۱۷)		*		*	*			*				تحلیل توصیفی و t-test
(سنتانا و همکاران، ۲۰۱۷)	*			*						*		تحلیل توصیفی و t-test
(راچبوری و همکاران، ۲۰۱۸)	*			*	*				*			تحلیل توصیفی
(فرناندس و همکاران، ۲۰۱۸)											*	-
(حیدری و یقینی، ۱۳۸۹)					*				*			تحلیل توصیفی
(مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱)								*	*			تحلیل توصیفی
(احمدی و همکاران، ۱۳۹۴)	*								*			تحلیل توصیفی
اشرف و همکاران (۲۰۲۰)	*				*			*	*	*	*	تحلیل توصیفی
فدوی رودسری و همکاران (۱۳۹۸)	*								*			تحلیل توصیفی
مقاله حاضر	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	TOPSIS- VIKOR

۳-۱- تعیین هدف پژوهش

اولین مرحله، تعیین هدف پژوهش است. هدف از این پژوهش، ارائه روشی برای انتخاب الگوریتم با بهترین عملکرد در داده‌کاوی آموزشی به منظور پیش‌بینی عملکرد تحصیلی دانشجویان است. برای این منظور ابتدا باید مشخص شود، متغیر پیش‌بینی چیست؟ متغیری که در این پژوهش به عنوان متغیر پیش‌بینی در نظر گرفته‌شده، نمرات دانشجویان در دروس مورد بررسی است.

۳-۲- جمع‌آوری داده‌ها

پس از تعیین متغیر پیش‌بینی، با بررسی مقالات داده‌کاوی آموزشی، شاخص‌های تاثیرگذار شناسایی و استخراج شدند. در جلسه ای با حضور مدیرگر وه رشته مربوطه و مسئولین آموزش دانشکده، لیستی از شاخص‌ها تدوین شد. شاخص‌ها جمع‌اوری شده، پس از بررسی اولیه و همچنین بررسی اولیه داده‌ها و ارایه پژوهش‌های انجام شده در این حوزه جمع‌بندی شدند.

شاخص‌ها در نظر گرفته شده شامل: معدل کل، تعداد واحدهای گذرانده، تعداد ترم‌های مشروطی، نوع پذیرش (منطقه ۱، منطقه ۲، منطقه ۳، شاهد)، وضعیت تأهل (مجرد، متأهل)، جنسیت (مرد، زن)، وضعیت بومی (بومی/غیربومی)، شماره ترم حاضر (شماره ترمی که نمره دانشجو بررسی می‌شود)، نمره دروس پیشنیاز، استاد درس و تکرار در اخذ واحد درس مورد بررسی می‌باشد. متغیرهای نامبرده شده به عنوان متغیر مستقل، جهت پیش‌بینی نمرات دانشجویان در نظر گرفته شده‌اند.

اطلاعات دانشجویان براساس شاخص‌های مذکور، با از یکی از دانشگاه‌های معتبر کشور از پایگاه‌های اطلاعاتی دانشگاه، استخراج و وارد مجموعه داده شده‌است. با توجه به اینکه داده‌ها از پایگاه‌های عملیاتی دانشگاه جمع‌اوری شده لذا این داده‌ها پالایش و در صورت نیاز به پیش‌پردازش، مراحل لازم برروی آن‌ها صورت گرفته است.

با توجه به اینکه متغیر پیش‌بینی، نمره درس مورد بررسی است در نتیجه نمرات به دو یا سه بازه (کلاس) تقسیم شده که براساس آن، دو نوع مجموعه داده برای هر یک از دروس تخصصی براساس متغیر پیش‌بینی تدوین می‌شود. در حالت دو کلاسه، برچسب متغیر پیش بینی به صورت a و b که به ترتیب شامل بازه‌های [۰-۱۰) و [۱۰-۲۰] و در حالت چندکلاسه، برچسب متغیر پیش بینی به صورت a و b و c که به ترتیب شامل بازه‌های [۰-۱۰)، [۱۰-۱۷) و [۱۷-۲۰] در نظر گرفته شده است. پایگاه داده دوکلاسه، پذیرش یا رد دانشجویان را بررسی می‌کند ولی در حالت چندکلاسه، علاوه بر پیش‌بینی پذیرش یا عدم پذیرش، به شناسایی دانشجویان برتر نیز می‌پردازد. خروجی این قسمت، پایگاه‌های داده تدوین‌شده و آماده پردازش است.

۳-۳- استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی

پس از تدوین پایگاه داده، عملیات پیش‌پردازش داده‌ها از قبیل جایگزینی مقادیر از دست‌رفته، حذف مقادیر دورافتاده و انتخاب مشخصه صورت گرفته که براساس نتایج روش‌های نسبت بهره و بهره اطلاعات، که از روش‌های متداول انتخاب مشخصه می‌باشند، تمامی شاخص‌ها به عنوان شاخص تاثیرگذار شناسایی شدند. در این پژوهش، از روش اعتبارسنجی[۱] k-باره[۲] برای تقسیم‌بندی کل داده‌ها به مجموعه داده‌های آموزشی و آزمایشی استفاده شده‌است. در این روش، داده‌های هر پایگاه داده، به k دسته تقسیم می‌شوند و k-1 دسته برای آموزش و دسته k ام برای آزمایش است. تا زمانی که همه دسته‌ها به عنوان دسته آزمایش استفاده شوند، این روند ادامه دارد. استفاده از تمامی دسته‌ها برای آموزش و آزمایش و برآورد دقت بالای الگوریتم‌ها از مزایای این روش به شمار می‌آید (طلوعی اشلقی و همکاران[۳]، ۲۰۱۰).

از الگوریتم‌های مختلف دسته‌بندی برای پیش‌بینی نمرات استفاده شده‌است. در راستای مقایسه الگوریتم‌ها، پارامترهای هر الگوریتم براساس شاخص صحت تنظیم می‌شود. مطالعات هوتر و همکاران[۴] (۲۰۰۹) و گوناوان و لای[۵] (۲۰۱۱) نشان می‌دهند اثربخشی

---

[۱] Cross-Validation
[۲] K-fold
[۳] Toloei Ashlaghi et al.
[۴] Hutter et al.
[۵] Gunawan and Lau

تکنیک‌های داده‌کاوی آموزشی می‌تواند با تنظیم پارامترها به خصوص در مسائل دنیای واقعی بهبود یابد (سنتانا و همکاران، ۲۰۱۷). هم‌چنین، درخت تصمیم در دو حالت هرس شده و نشده بررسی می‌شود. زیرا درخت‌های هرس‌شده کوچکتر می‌شوند و پیچیدگی کمتری دارند بنابراین بهتر و سریعتر داده‌ها را دسته‌بندی می‌کنند (هان و همکاران، ۲۰۱۲).

الگوریتم‌های مختلف براساس شاخص‌های صحت، مساحت منحنی مشخصه عملکرد و *F-measure* با یکدیگر مقایسه شدند. در ادامه تعریف هر یک آمده است.

- *صحت[1]: یکی از معیارهای ارزیابی مدل‌های دسته‌بندی است که مقدار آن برابر درصد مشاهداتی است که توسط روش مورد استفاده، به درستی دسته بندی شده است (هان و همکاران، ۲۰۱۲) و از* ***رابطه ۱*** *قابل محاسبه است.*

$$Overall\ accuracy = \frac{TN+TP}{TP+FP+FN+TN}. \quad (۱)$$

TN: بیانگر تعداد رکوردهایی که دسته واقعی آن‌ها منفی بوده و الگوریتم دسته‌بندی دسته آن‌ها را منفی تشخیص داده‌است.

TP: بیانگر تعداد رکوردهایی که دسته واقعی آن‌ها مثبت بوده و الگوریتم دسته‌بندی دسته آن‌ها را مثبت تشخیص داده‌است.

FP: بیانگر تعداد رکوردهایی که دسته واقعی آن‌ها منفی بوده و الگوریتم دسته‌بندی دسته آن‌ها را مثبت تشخیص داده‌است.

FN: بیانگر تعداد رکوردهایی که دسته واقعی آن‌ها مثبت بوده و الگوریتم دسته‌بندی دسته آن‌ها را منفی تشخیص داده‌است.

- *نمودار مشخصه عملکرد[2] (ROC): مساحت زیر منحنی ROC یک شاخص ترکیبی است که بیشترین حد این شاخص ۱ و کمترین آن ۰/۵ است و نشان می‌دهد مدل با چه احتمالی موقعیت مثبت را نسبت به موقعیت منفی انتخاب می‌کند (علیمحمدی و همکاران[3]، ۲۰۱۶) این شاخص، کارایی الگوریتم را نشان می‌دهد.*
- *F-measure: این شاخص، اثربخشی تکنیک‌های داده‌کاوی را تحلیل می‌کند و مطابق رابطه ۲ ، از میانگین هارمونیک بین Precision* ***(رابطه ۳)*** *و Recall* ***(رابطه ۴)*** *به دست می‌آید.*

$$F\text{-}measure = 2 * \frac{Precision*Recall}{Precision*Recall}. \quad (۲)$$

$$Precision = \frac{TP}{FP+TP}. \quad (۳)$$

$$Recall = \frac{TP}{FN+TP}. \quad (۴)$$

٤-۳- مقایسه الگوریتم‌های داده‌کاوی

با توجه به اینکه ۹ درس بررسی می‌شود و در هر درس، حالت دو و سه کلاسه وجود دارد، در مجموع ۱۸ پایگاه داده مورد بررسی قرار خواهد گرفت. برای محاسبه امتیاز عملکرد برای هر یک از پایگاه‌های داده دو و سه کلاسه، آزمون تی زوجی با سطح اطمینان ۵ درصد برای هر الگوریتم اجرا می‌شود. گام‌های این مرحله مطابق موارد زیر است:

---

[1] Accuracy
[2] Receiver Operating Characteristic
[3] Alimohammadi et al.

- *گام ۱: برای هر درس، نتایج هر یک از معیارهای ارزیابی دو الگوریتم را به صورت زوجی مقایسه کنید. فرض بر اینست که دو الگوریتم با هم اختلاف زیادی ندارند. اگر نتیجه آزمون فرض نشان داد که یک الگوریتم بهتر از الگوریتم دیگر است، الگوریتم بهتر (دارای معیار بزرگتر) مقدار یک و الگوریتم دیگر مقدار منفی ۱ می‌گیرد. در غیر اینصورت، هر دو الگوریتم مقدار صفر می‌گیرند.*
- *گام ۲: گام اول را برای همه الگوریتم‌ها به صورت دو به دو در پایگاه درس ازمایش شده در گام اول انجام دهید. در این صورت امتیاز هر الگوریتم در یک پایگاه داده به‌دست می‌آید.*
- *گام ۳: گام اول و دوم را برای همه درس‌ها تکرار کنید. مجموع امتیازهای عملکرد همه درس‌ها برای هر الگوریتم را به دست آورید.*
- *گام ۴: گام‌های اول، دوم و سوم را برای هر سه معیار ارزیابی تکرار کنید.*

برای ارزیابی الگوریتم‌های دسته‌بندی به امتحان کردن بیش از یک شاخص مانند نرخ صحت، *ROC* و غیره نیاز است، بنابراین این مساله به یک مساله تصمیم‌گیری چندمعیاره تبدیل می‌شود . در این پژوهش، از دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (تاپسیس و ویکور) برای ارزیابی الگوریتم‌ها استفاده شده‌است.

- *تاپسیس (TOPSIS): این روش توسط هوآنگ و یون ارائه شده‌است. تاپسیس بهترین گزینه (الگوریتم) را براساس مینیمم کردن فاصله تا جواب ایده‌آل و ماکزیمم کردن فاصله تا جواب ایده‌آل منفی مشخص می‌کند (خیبری و کاظمی[۱]، ۲۰۱۸). از جمله مزیت‌های روش تاپسیس آن است که معیارهای به‌کار رفته در این روش می‌توانند دارای طبیعت منفی و مثبت و واحدهای سنجش متفاوتی باشند (زعفریان و همکاران[۲]، ۲۰۱۸).*
- *ویکور (VIKOR): این کلمه از اختصار یک کلمه صربستانی به معنای بهینه‌سازی چندمعیاره و حل ایده‌آل گرفته‌شده است (چو و همکاران[۳]، ۲۰۰۷). مزایای این روش شامل رساندن تصمیم‌گیرنده به راه‌حلی که نزدیک‌ترین راه‌حل به جواب ایده‌آل است، همچنین نسبت به سایر تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه بروزتر می‌باشد (اصغری‌زاده و همکاران[۴]، ۲۰۱۱).*

۴- نتایج و بحث

داده‌های این پژوهش، مربوط به اطلاعات ۲۰۰ دانشجو و فارغ التحصیل مهندسی صنایع یکی از دانشگاه‌های ایران است که دروس تخصصی این رشته را گذرانده‌اند. پایگاه داده‌ها براساس اطلاعات دانشجویان و شاخص‌های شناسایی‌شده برای ۹ درس از دروس تخصصی مهندسی صنایع تدوین شده‌است. از نرم‌افزار وکا[۵] برای تحلیل داده‌ها و پیاده‌سازی الگوریتم‌ها استفاده شده‌است. برای هر الگوریتم، تنظیم پارامترها در پایگاه‌های داده این پژوهش برای بیشینه کردن نرخ صحت، اجرا شده که به شرح زیر است:

- *شبکه بیزی[۶]: در این الگوریتم می‌توان تخمین‌زننده و الگوریتم جستجو را بهینه کرد. بهترین گزینه در این مورد، تخمین‌زننده ساده و الگوریتم جستجوی تابو است.*
- *بیزی ساده[۷]: در بیزی ساده، استفاده یا عدم استفاده از تخمین‌زننده کرنل و گسسته‌سازی نظارتی می‌تواند بر عملکرد الگوریتم تاثیرگذار باشد. در این پژوهش، استفاده از تخمین‌زننده کرنل یا گسسته‌سازی نظارتی حالت بهینه است.*
- *رگرسیون لجستیک[۸]: در این پژوهش، تغییر پارامترها و پیش‌فرض‌ها تاثیری بر نرخ صحت پیش‌بینی ندارد.*
- *ماشین بردار پشتیبان[۹]: مطلعات نشان می‌دهد که ماشین بردار پشتیبان به تنظیم پارامترها در مسائل دنیای واقعی بسیار حساس است (ویانا و همکاران[۱۰]، ۲۰۰۷). در این پژوهش، پلی کرنل نرمالایز، بهتر از سایر کرنل‌ها عمل کرده است. این الگوریتم، دو پارامتر نیز دارد که می‌توان آن‌ها را تنظیم نمود شامل پارامتر C و اپسیلون، اما در این مورد، نرخ صحت به تغییرات این پارامترها حساس نیست.*

---

[۱] Kheybari and Kazemi
[۲] Zaefarian et al.
[۳] Chu et al.
[۴] Asgharizade et al.
[۵] WEKA
[۶] Bayes Net
[۷] Naïve Bayes
[۸] Logistic Regression
[۹] Support Vector Machine (SVM)
[۱۰] Viana et al

–K نزدیکترین همسایگی[1]: این الگوریتم یکی از بهترین و پرکاربردترین الگوریتم‌های دسته‌بندی است (بهناز و حسینی[2]، ۱۳۹۷). پارامتر k در عملکرد این الگوریتم نقش به سزایی دارد. براساس جدول ۲ ، در حالت دوکلاسه، میانگین نرخ صحت در حالتی که k، برابر ۴ و ۵ است. در حالت چندکلاسه، k برابر ۳، ۴ و ۵ به طور خیلی اندک، بهتر از سایر مقادیر است.

–لوجیت بوست[3]: تغییر پارامترها در این الگوریتم، تاثیری روی نرخ صحت در این مورد نداشته‌است.

–پارت[4]: نرخ صحت در تمامی سطوح پارامترها یکسان است.

–J48: درخت تصمیم J48 با تنظیم مقادیر نقاط برگ و هرس درخت می‌تواند بهبود یابد. در این الگوریتم، دو پارامتر می‌تواند تنظیم شود: فاکتور اطمینان (C) که برای هرس کردن استفاده می‌شود و حداقل تعداد نمونه به ازای هر برگ (M). برای این پارامترها سه سطح مطابق ***جدول ۳*** *مشخص شده‌است و نتایج آزمایش‌ها در سطوح مختلف در* ***جدول ۴*** *مشخص شده‌است. سپس با استفاده از روش تاگوچی پارامترها تنظیم[5] شدند. براساس* ***شکل‌های ۲*** *و ۳، در حالت دوکلاسه، سطح اول در هر دو پارامتر مطلوب است و در حالت چندکلاسه، اولین سطح برای پارامتر C و سطح سوم پارامتر M بهتر است.*

جدول ۲- پارامتر k در KNN.

Table 2- K parameter in KNN.

K	میانگین نرخ صحت	
	چندکلاسه	دوکلاسه
1	0.65	0.88
2	0.66	0.9
3	0.68	0.9
4	0.68	0.91
5	0.68	0.91

جدول ۳- سطوح پارمترهای J48.

Table 3- Parameter levels in J48.

پارامتر	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
C	0.1	0.2	0.25
M	1	2	3

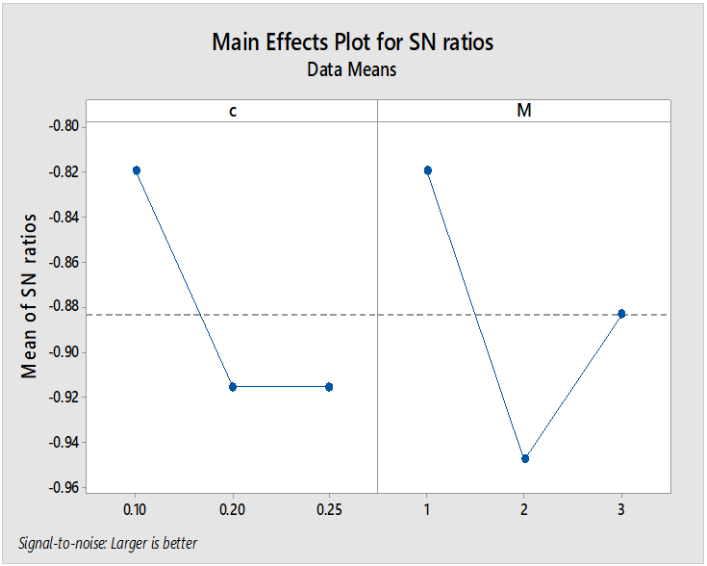
جدول ۴- نتایج آزمایشات در J48.

Table 4- Expriment result in J48.

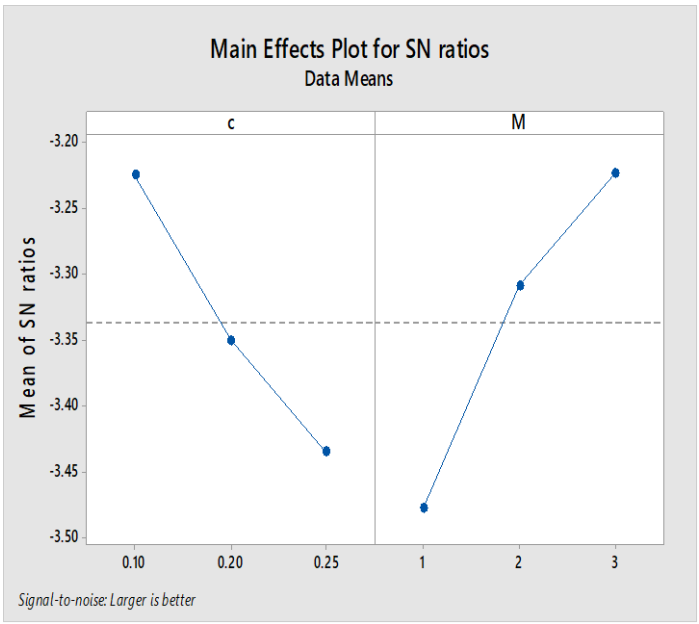
آزمایش	C	M	میانگین صحت	
			دوکلاسه	چندکلاسه
1	0.1	1	0.91	0.67
2	0.1	2	0.91	0.7
3	0.1	3	0.91	0.7
4	0.2	1	0.91	0.91
5	0.2	2	0.89	0.68
6	0.2	3	0.9	0.69
7	0.25	1	0.91	0.91
8	0.25	2	0.89	0.91
9	0.25	3	0.9	0.68

بعد از تنظیم پارامترها، تاثیر هرس روی نرخ صحت بررسی شده‌است. براساس **جدول ۵**، درخت تصمیم *J48*، به هرس حساس است و این حساسیت در حالت چندکلاسه بیشتر از حالت دو کلاسه است. بعد از تنظیم پارامترها، داده‌ها با استفاده از الگوریتم‌ها، دسته‌بندی شدند. نتایج دسته‌بندی مطابق **جدول ٦** است.

[1] K-Nearest Neighborhood (KNN)
[2] Behnaz and Hosseini
[3] Logit Boost
[4] Projective Additive Resonance Theory (PART)
[5] Tune



شکل ۲- نتایج تاگوچی برای J48 (دو کلاسه).
Figure 2- Taguchi result in J48 (Two class).



شکل ۳- نتایج تاگوچی برای J48 (چندکلاسه).
Figure 3- Taguchi result in J48 (multi class).

جدول ۵- نتایج هرس در J48.
Table 5- Tuning results in J48.

الگوریتم	میانگین صحت	
	دو کلاسه	چندکلاسه
J48 با هرس	0.91	0.7
J48 بدون هرس	0.9	0.64

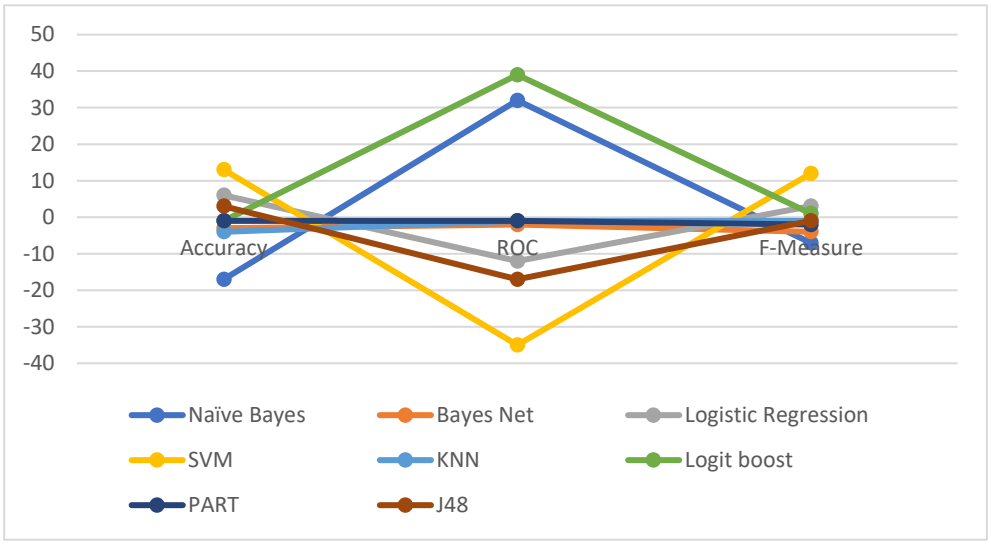
پس از اجرای الگوریتم‌ها در پایگاه‌های داده و محاسبه نرخ‌های صحت، *F-measure* و *ROC*، امتیاز عملکرد هر الگوریتم براساس گام‌های مذکور در زیربخش ۲-٤ با استفاده از آزمون تی زوجی، مطابق **جدول ٦** محاسبه‌شده‌است. همان‌طور که در **شکل‌های ٤** و **۵** مشاهده می‌شود، امتیاز عملکرد هیچ از الگوریتم‌ها در تمامی معیارها بهتر از سایر الگوریتم‌ها به دست نیامده است. بنابراین از

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای رتبه‌بندی الگوریتم‌ها استفاده می‌شود. ابتدا اوزان معیارها با استفاده از تکنیک تحلیل سلسه‌مراتبی و نظر خبرگان محاسبه می‌شود. وزن صحت، *F-measure* و *ROC* به ترتیب برابر است با ۰/۷۷، ۰/۰۸ و ۰/۱۵.

جدول ۶- امتیاز عملکرد الگوریتم‌ها.

Table 6- Algorithm performance scores.

الگوریتم	دو کلاسه			چندکلاسه		
	Accuracy	ROC	F-Measure	Accuracy	ROC	F-Measure
بیزی ساده	-17	32	-7	-40	11	-31
شبکه بیزی	-3	-2	-4	-7	-21	-15
رگرسیون لجستیک	6	-12	3	26	16	21
ماشین بردار پشتیبان	13	-35	12	23	-24	24
K نزدیکترین همسایگی	-4	-1	-1	-13	-18	-11
لوجیت بوست	-1	39	1	24	35	16
پارت	-1	-1	-2	-11	0	-5
درخت تصمیم J48	3	-17	-1	6	-7	0

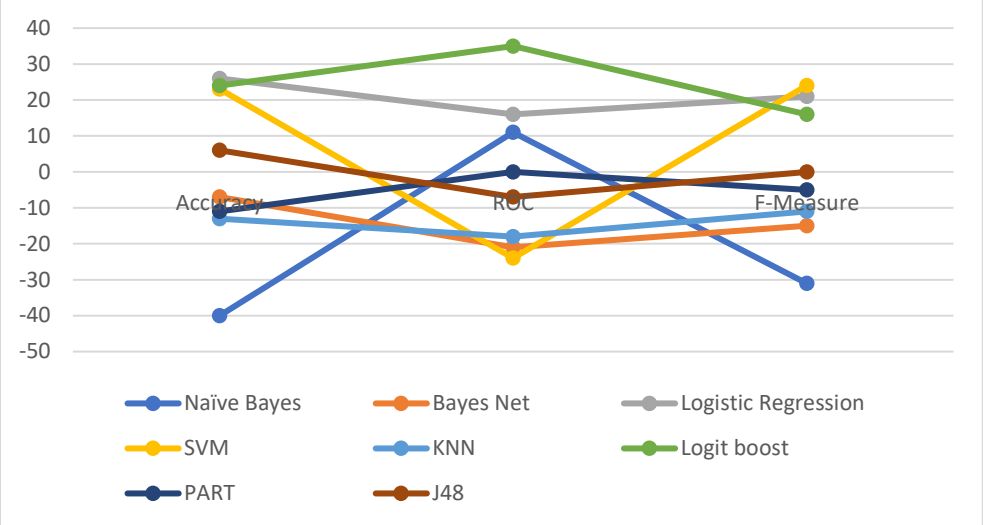


شکل ۴- مقایسه امتیاز عملکرد الگوریتم‌ها (دو کلاسه).

Figure 4- Comparison of performance scores of algorithms (two classes).

پس از اعمال اوزان و استفاده از تکنیک‌های *TOPSIS* و *VIKOR*، الگوریتم‌ها برای حالت دو و چندکلاسه به ترتیب مطابق **جداول ۷** و ۸ امتیازدهی می‌شوند. در تاپسیس، هر چه نمره بیشتر باشد الگوریتم از عملکرد بهتری برخوردار است. در ویکور، هر چه نمره در هر سه معیار *R*، *S* و *Q* به صفر نزدیکتر باشد، الگوریتم کارایی بیشتری دارد. بنابراین در حالت دوکلاسه در هر دو روش تاپسیس و ویکور، الگوریتم ماشین بردار پشتیبان عملکرد بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها داشته است. در حالت چندکلاسه، الگوریتم رگرسیون لجستیک در هر دو روش بهتر از سایر الگوریتم‌ها شناسایی شده است.

میرسعیدی و همکاران/ نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صفحه: ۵۵-۴۱



شکل ۵- مقایسه امتیاز عملکرد الگوریتم‌ها (چندکلاسه).

Figure 5- Comparison of performance scores of algorithms (multi classes).

جدول ۷- نتایج ویکور و تاپسیس در حالت دوکلاسه.

Table 7- VIKOR and TOPSIS results in two classes mode.

الگوریتم	تاپسیس	ویکور(Q)	ویکور(S)	ویکور(R)
بیزی ساده	0.00726	1	0.93035	0.76923
شبکه بیزی	0.387615	0.5369	0.582431	0.41025
رگرسیون لجستیک	0.891072	0.207918	0.305376	0.179487
ماشین بردار پشتیبان	0.999115	0	0.0769231	0.0769231
Kنزدیکترین همسایگی	0.351579	0.5556	0.582741	0.435897
لوجیت بوست	0.544881	0.421132	0.448043	0.358974
پارت	0.521912	0.459724	0.513914	0.358974
درخت تصمیم J48	0.747264	0.33056	0.419885	0.25641

جدول ۸- نتایج ویکور و تاپسیس در حالت چندکلاسه.

Table 8- VIKOR and TOPSIS results in multi classes mode.

الگوریتم	تاپسیس	ویکور(Q)	ویکور(S)	ویکور(R)
بیزی ساده	0.004164	1	0.954367	0.76923
شبکه بیزی	0.467484	0.531783	0.56672	0.38462
رگرسیون لجستیک	0.9986044	0.0009798	0.033163	0.0232
ماشین بردار پشتیبان	0.985095	0.078666	0.11189	0.07692
Kنزدیکترین همسایگی	0.313926	0.608418	0.621548	0.45455
لوجیت بوست	0.997854	0.0067977	0.045688	0.02331
پارت	0.383286	0.558294	0.557987	0.43124
درخت تصمیم J48	0.822247	0.3153	0.35499	0.2331

۵- نتیجه‌گیری

مساله پیش‌بینی عملکرد تحصیلی یکی از موضوعات مهم در آموزش عالی به شمار می‌رود. حجم عظیم داده‌ها و اطلاعات در دانشگاه‌ها، محققان را بر آن داشته با استفاده از داده‌کاوی آموزشی، عملکرد تحصیلی دانشجویان را پیش‌بینی کنند. هدف از این پژوهش، ارائه و ارزیابی روش انتخاب الگوریتم با بهترین عملکرد از منظر معیارهای ارزیابی برای پیش‌بینی عملکرد تحصیلی دانشجویان است. در این راستا، شاخص‌های مهم و تاثیرگذار بر عملکرد تحصیلی دانشجویان از مقالات مرتبط استخراج شده و طبق نظر خبرگان دانشگاهی مهم‌ترین شاخص‌ها انتخاب شدند. پس از پیش‌پردازش داده‌ها و استفاده از ابزار انتخاب مشخصه، تمامی شاخص‌ها تاثیرگذار شناسایی شدند. تنظیم پارامترها در الگوریتم‌های مختلف انجام شد و عملکرد هریک از الگوریتم‌ها در هر یک از دروس

براساس معیارهای صحت، *F-measure* و *ROC* مورد بررسی قرار گرفتند. برای مقایسه الگوریتم‌ها، نمره عملکرد آن‌ها براساس آزمون فرض محاسبه شده، فرض صفر بر اینست که الگوریتم‌ها در هر یک از شاخص‌ها تفاوت معناداری ندارند که مراحل و جزئیات نحوه محاسبه امتیاز عملکرد در متن مقاله به تفصیل آمده‌است. با توجه به اینکه، امتیاز عملکرد هیچ یک از الگوریتم‌ها در تمامی معیارها بهتر از سایر الگوریتم‌ها به دست نیامده، بنابراین از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای رتبه‌بندی الگوریتم‌ها استفاده شده‌است. براساس مقادیر **جداول ۷** و **۸**، در حالت دوکلاسه، ماشین بردار پشتیبان در تاپسیس بسیار نزدیک به نقطه ایده‌آل و در ویکور بر روی نقطه ایده‌آل قرار دارد. در حالت چندکلاسه، در هر دو روش تاپسیس و ویکور، رگرسیون لجستیک نزدیک به نقطه ایده‌آل است.

نوآوری این پژوهش، مقایسه الگوریتم‌های مختلف در داده‌کاوی آموزشی با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره است. در اغلب مقالات، نمره یک درس یا معدل دانشجو بررسی شده‌است. درحالی‌که رویکرد پیشنهادی، امکان مقایسه تعداد زیادی از دروس براساس معیارهای مختلف برای پیش‌بینی دقیق عملکرد تحصیلی دانشجویان را فراهم می‌کند. برای تحقیقات آتی می‌توان از سایر شاخص‌های تاثیرگذار بر پیش‌بینی عملکرد تحصیلی مانند روزانه یا شبانه بودن و وضعیت اشتغال دانشجو نیز استفاده نمود. هم‌چنین می‌توان علاوه بر نمره دروس، متغیرهای دیگری مانند مشروط شدن دانشجو در ترم آتی، زمان فارغ‌التحصیلی هر دانشجو بنا بر وضعیت واحدهای گذرانده را پیش‌بینی نمود. سایر شاخص‌های ارزیابی در داده‌کاوی مانند حساسیت نیز می‌تواند به لیست شاخص‌های ارزیابی اضافه شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربت حیدریه جهت همکاری در جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز تشکر می‌شود.

منابع

Abdullah, Z., Herawan, T., Ahmad, N., & Deris, M. M. (2011). Mining significant association rules from educational data using critical relative support approach. *Procedia-social and behavioral sciences*, *28*, 97-101.

Ahmadi, A., Karimzadgan, D., & Khairati Kazeroon, T. (2015). Data mining of students Withdrawal at University of Tehran, focusing on fee paid students (to prevent customer churn). *Journal of information technology management*, *7*(2), 217-238. **(In Persian)**. https://jitm.ut.ac.ir/article_53969.html

Alimohammadi, A. M., Abbasimehr, M. H., & Javaheri, A. (2016). Prediction of stock return using financial ratios: a decision Tree approach. *Journal of financial management strategy*, *3*(4), 125-146. **(In Persian)**. https://jfm.alzahra.ac.ir/article_2349.html?lang=en

Asgharizade, E., Ehsani, R., & Valipour Halabi, F. (2011). The performance appraisal of managers by using 360-degrees methods and VIKOR technique. *Industrial management studies*, *9*(23), 21-48. **(In Persian)**. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=280066

Ashraf, M., Zaman, M., & Ahmed, M. (2020). An intelligent prediction system for educational data mining based on ensemble and filtering approaches. *Procedia computer science*, *167*, 1471-1483.

Asif, R., Merceron, A., Ali, S. A., & Haider, N. G. (2017). Analyzing undergraduate students' performance using educational data mining. *Computers & education*, *113*, 177-194.

Behnaz, Sh., & Hosseini, R. (2019). Classification of customer services in terms of the use of Shetab network services based on ensemble classification. *Journal of modern research in decision making*, *3*(4), 51-70. **(In Persian)**. https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=791391

Buldu, A., & Üçgün, K. (2010). Data mining application on students' data. *Procedia-social and behavioral sciences*, *2*(2), 5251-5259.

Chu, M. T., Shyu, J., Tzeng, G. H., & Khosla, R. (2007). Comparison among three analytical methods for knowledge communities' group-decision analysis. *Expert systems with applications*, *33*(4), 1011-1024.

Costa, E. B., Fonseca, B., Santana, M. A., de Araújo, F. F., & Rego, J. (2017). Evaluating the effectiveness of educational data mining techniques for early prediction of students' academic failure in introductory programming courses. *Computers in human behavior*, *73*, 247-256.

Dypir, M., & Raboo, A. (2018). Using educational data mining for grouping learners in an E-Learning environment for customizing learning program. *Journal of management and planning in educational systems*, *11*(1), 83-108. **(In Persian)**. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=652872

ElGamal, A. F. (2013). An educational data mining model for predicting student performance in programming course. *International journal of computer applications*, *70*(17), 22-28.

Fadavi Roodsari, A., Salehi, K., khodaie, E., Moghadamzadeh, A., & Javadipour, M. (2019). Bayesian network model of factors related to academic failure in Tehran university students. *Sychological science*, *18*(76), 417-429. **(In Persian)**. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=689976

Fernandes, E., Holanda, M., Victorino, M., Borges, V., Carvalho, R., & Van Erven, G. (2019). Educational data mining: Predictive analysis of academic performance of public-school students in the capital of Brazil. *Journal of business research*, *94*, 335-343.

Gunawan, A., & Lau, H. C. (2011). Fine-tuning algorithm parameters using the design of experiments approach. *International conference on learning and intelligent optimization* (pp. 278-292). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25566-3_21

Hamsa, H., Indiradevi, S., & Kizhakkethottam, J. J. (2016). Student academic performance prediction model using decision tree and fuzzy genetic algorithm. *Procedia technology*, *25*, 326-332.

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data Mining: concepts and techniques*. USA: Morgan Kaufman.

Hasani, A, A., & Bazrafshan, M. (2019). analyzing students' educational information to evaluate their success via using data mining method (case study: faculty of management and industrial engineering, Shahrood University of Technology). *Journal of management and planning in educational systems*, *11*(2), 187-208. **(In Persian)**. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=652899

Heydari, S., & Yaghini, M. (2011). Classification and prediction of students' educational status using data mining techniques. *Higher educaion letter*, *12*, 107-124. (**In Persian**). http://journal.sanjesh.org/article_15694.html?lang=en

Hutter, F., Hoos, H. H., Leyton-Brown, K., & Stützle, T. (2009). ParamILS: an automatic algorithm configuration framework. *Journal of artificial intelligence research*, *36*, 267-306.

Izadi, S., & Mohammadzadeh Edmolaee, R. (2008). A study of relationship between learning styles, personality characteristics and academic performance. *Daneshvar (Raftar) Shahed University*, *14*(27), 15-29. **(In Persian)**. http://tlr.shahed.ac.ir/article_2182.html?lang=en

Janzadeh, A. (2011). Research and analysis in statistical community from all student's opinion assessment of the reasons in viewpoints of some student's departmental deputies of the universities. *Iranian higher education,* 3 (3), 137. **(In Persian).** http://ihej.ir/article-۱-۶۵۸-fa.html

Kabakchieva, D. (2013). Predicting student performance by using data mining methods for classification. *Cybernetics and information technologies*, *13*(1), 61-72.

Kabakchieva, D., Stefanova, K., & Kismov, V. S. (2011). Analyzing university data for determining student profiles and predicting performance. Paper presented at the meeting of 4th international conference on educational data mining, the Netherlands.

Kaur, P., Singh, M., & Josan, G. S. (2015). Classification and prediction-based data mining algorithms to predict slow learners in education sector. *Procedia computer science*, *57*, 500-508.

Kheybari, S., & Kazemi, M. (2018). Extension of the TOPSIS considering the dispersion among the criteria of each alternative. *Industrial management studies*, *16*(49), 199-219. **(In Persian)**. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=606334

Koosha, H., Dangkoub, S., & Barzanooni, A. (2019). Application of data mining techniques to predict students' mental health status to improve educational performance. *Technology of education journal*, *13*(1), 49-62. **(In Persian)**. https://jte.sru.ac.ir/article_899.html?lang=en

Maghsoudi, B., Sulaimany, S., Amiri, A., & Afsharchi, M. (2013). Teaching quality improvement of electronic learning systems using educational data mining. *Journal of technology of education*, *6*(4), 277-286. **(In Persian)**. https://jte.sru.ac.ir/article_200.html?lang=en

Oskouei, R. J., & Askari, M. (2014). Predicting academic performance with applying data mining techniques (generalizing the results of two different case studies). *Computer engineering and applications journal*, *3*(2), 79-88.

Pandey, M., & Taruna, S. (2016). Towards the integration of multipleclassifier pertaining to the student'sperformance prediction. *Perspectives in science*, *8*, 364-366.

Rachburee, N., Punlumjeak, W., Rugtanom, S., Jaithavil, D., & Pracha, M. (2018). A prediction of engineering students performance from core engineering course using classification. *Computer science and engineering*, *6*(7), 43-48.

Romero, C., & Ventura, S. (2007). Educational data mining: a survey from 1995 to 2005. *Expert systems with applications*, *33*, 135-146.

Rostami, M., Ayat, S,. Saghari, F., & Yaghoobi, F. (2015). Applying fuzzy clustering to assess and anticipate students' educational progress in learning environments. *Journal of technology of education*,*10*(1), 23-36. **(In Persian)**. https://jte.sru.ac.ir/article_377_91.html?lang=en

Saa, A. A. (2016). Educational data mining & students' performance prediction. *International journal of advanced computer science and applications*, *7*(5), 212-220.

Sen, B., & Ucar, E. (2012). Evaluating the achievements of computer engineering department of distance education students with data mining methods. *Procedia technology*, *1*, 262-267.

Sen, B., Ucar, E., & Delen, D. (2012). Predicting and analyzing secondary education placement-test scores: a data mining approach. *Expert systems with applications*, *39*, 9468-9476.

Strecht, P., Cruz, L., Soares, C., & Mendes-Moreira, J. (2015). A comparative study of classification and regression algorithms for modelling students' academic performance. *International educational data mining society*, *8*, 392-395.

Toloei Ashlaghi, A., Nikoomaram, H., & Maghdoori, F. (2010). Credit facilities applicant's classification by SVM. *Journal of future studies management*, *21*(84), 1-19. **(In Persian)**. https://jmfr.srbiau.ac.ir/article_5077.html

Viana, R., Rodrigues, R. B., Alvarez, M., & Pistori. H. (2007). Svm with stochastic parameter selection for bovine leather defect classification. *Advances in image and video technology*, *4872*, 600-612.

Xing, W., Guo, R., Petakovic, E., & Goggins, S. (2015). Participation-based student final performance prediction model through interpretable genetic programming: integrating learning analytics, educational data mining and theory. *Computers in human behavior*, *47*, 168-181.

Yahya, A. A. (2019). Swarm intelligence-based approach for educational data classification. *Journal of King Saud University-Computer and information sciences*, *31*(1), 35-51.

Yehuala, M. A. (2015). Application of data mining techniques for student success and failure prediction (The case of Debre_Markos University). *International journal of scientific & technology research*, *4*(4), 91-94.

Zaefarian, T., Andabili, M., Momeni, H., & Najafi, E. (2018). Iran auto market price segmentation and car ranking in segments using a hybrid DEMATEL- Two-Step clustering-TOPSIS approaches and two-step weighting based on Shannon's entropy. *Industrial management studies*, *16*(50), 159-192. **(In Persian)**. https://jims.atu.ac.ir/article_9110.html?lang=en

Licensee Decisions & 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/).