Pengembangan Pemanfaatan Pembelajaran Mesin dalam Pendidikan Teknik: Sebuah Tinjauan Sastra

F Sasmita\*, B Mulyanti, and I Widyanti

Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154

\*firdamdamsasmita@upi.edu

**Abstract**. Studi ini bertujuan untuk meninjau perkembangan pembelajaran mesin dan konteks penggunaannya dalam pendidikan teknik. Metode yang digunakan adalah studi literatur, dengan menggunakan data sekunder, dari jurnal internasional bereputasi, yang diterbitkan pada 2015 hingga 2019 dari berbagai penerbit. Penulis merangkum dan menganalisa setiap artikel yang diperoleh berdasarkan tahun publikasi dan konteks artikel. Hasil studi menunjukkan bahwa pembelajaran mesin telah diterapkan dalam pendidikan teknik di beberapa negara pada Jurusan Teknik Elektro, Teknik Mesin, Teknik Kehutanan, Illmu Komputer,Teknik Kedirgantaraan, Matematika dan teknik fisika, dan rekayasa perangkat lunak. Prediksi performa siswa menjadi salah satu konteks yang paling sering dibahas. Metode pembelajaran mesin yang paling banyak digunakan adalah *Decision Tree* dan *Random Forest*. Secara umum, pemanfaatan machine learning memudahkan siswa untuk menyelesaikan pekerjaan mereka secara otomatis. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi peneliti tentang bagaimana pengembangan pembelajaran mesin dalam Pendidikan Teknik untuk menentukan topik pembelajaran mesin yang dapat diimplementasikan pada Pendidikan Teknis dan Kejuruan dalam penelitian selanjutnya.

1. Pendahuluan

Revolusi digital 4.0 telah mendorong transformasi yang sangat besar dalam dunia pendidikan [1]. Dengan perkembangan yang pesat, teknologi digital menjadi tantangan baru untuk pendidikan konvensional, dari pendidikan dasar hingga pendidikan tinggi [2]. Sekarang ini, teknologi pembelajaran mesin menjadi perhatian lebih [3]. Pembelajaran mesin memiliki potensi untuk merevolusionerkan pendidikan dalam bidang teknik [4]. Maka dari itu, pengetahuan terhadap perkembangan teknologi pembelajaran mesin dalam pendidikan perlu diketahui [ref].

Dari tahun 2013 sampai dengan 2019, tinjauan terhadap artikel pembelajaran mesin di bidang pendidikan telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya Chrysafiadi & Virvou (2013), terkait dengan pemodelan siswa [5]. Dalipi et al (2018), terkait dengan prediksi dikeluarkannya siswa dari sekolah [6], Buenaño-Fernandez et al (2018), terkait dengan suatu alat yang digunakan untuk membuat keputusan di pendidikan teknik [7]. Penelitian yang dilakukan Bacos terkait dengan perkembangan teknologi pembelajaran mesin dalam bidang pendidikan [8] menunjukan bahwa sampai dengan tahun 2019, pembelajaran mesin pada bidang pendidikan masih menjadi fokus dan minat para peneliti. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk meninjau perkembangan pembelajaran mesin dan penggunaannya dalam pendidikan teknik.

1. Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah *systematic review*. Dan untuk analisis data, menggunakan *meta-analysis* [9]. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini merupakan artikel yang diperoleh melalui mesin pencarian di beberapa sumber publisher, diantaranya IEEEXplore, SpringerLink, Science Direct, dan ERIC, serta bantuan tambahan, yaitu Google Scholar. Dalam proses pencarian, penulis menggunakan lima kata kunci, diantaranya "*prediction student*", "*student achievement*", "*student performance*", "*machine learning in education engineering*", dan "*machine learning in student assessment*". Adapun pembatasan yang diterapkan dalam pencarian artikel, yaitu melalui kriteria inklusi dan eksklusi, seperti pada Tabel 1 dan 2.

|  |  |
| --- | --- |
| **Table 1.** Inklusi secara Umum | |
| **No** | **Umum** |
| 1 | Berbahasa Inggris |
| 2 | Tidak Blank Paper |
| 3 | Berkaitan dengan teknik dan menerapkan pembelajaran mesin |
| 4 | Responden dari pendidikan keteknikan |
| 5 | Beberapa artikel dalam bentuk manuscript accepted |
| 6 | Artikel menyebutkan program studi maupun fakultas teknik |
| 7 | Artikel menggunakan dataset dari pendidikan keteknikan |
| 8 | Menggunakan metode pembelajaran mesin |
| 9 | Jurnal Terindeks SCOPUS |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **Table 2.** Eksklusi secara Umum | |
| **No** | **Umum** |
| 1 | Tidak Berbahasa Inggris |
| 2 | Blank Paper |
| 3 | Tidak berkaitan dengan teknik, namun menerapkan pembelajaran mesin |
| 4 | Responden bukan dari pendidikan keteknikan |
| 5 | Beberapa artikel dalam bentuk manuscript peer review |
| 6 | Artikel tidak menyebutkan program studi maupun fakultas teknik |
| 7 | Artikel tidak menggunakan dataset dari pendidikan keteknikan |
| 8 | Menggunakan metode algoritma kecerdasan biasa |
| 9 | Jurnal tidak terindeks SCOPUS |
|  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  | | --- | --- | --- | | **Table 3.** Inklusi secara Spesifik | | | | **No** | **Publishers** | **Spesifik** | | 1 | IEEEXplore | 1. Journals 2. 2015 – 2019 | | 2 | Springer Link | 1. Education, general 2. Educational Technology 3. Computers and Education 4. Article 2015 - 2019 | | 3 | Science Direct | 1. Article type : research articles 2. 2015 – 2019 3. Teaching and Teacher Education 4. Computers & Education 5. International Journal of Educational Development 6. International Journal of Educational Research | | 4 | ERIC | 1. Since 2015 2. Journal Articles 3. Academic Achievement 4. Higher Education 5. High Schools | |  |  |  |   **Table 4.** Eksklusi secara Spesifik | | |
| **No** | **Publishers** | **Spesifik** |
| 1 | IEEEXplore | 1. Conferences, Magazines, Early Access Article 2. 1940 – 2019 |
| 2 | Springer Link | 1. Another Dicipline, except Education, general, Educational Technology, Computers and Education 2. Chapter, Conference Paper, Book, Conference Proceedings 2015 - 2019 |
| 3 | Science Direct | 1. Article type : review articles, book chapters, Conference info, Conference Abstracts, etc. except Teaching and Teacher Education, Computers & Education, International Journal of Educational Development, International Journal of Educational Research 2. Another Range except 2015 – 2019 |
| 4 | ERIC | 1. Since 2001 (last 20 years), etc. except Since 2015 2. Reports – Research, Books 3. Another Descriptor, except Academic Achievement 4. Another Education Level, except Higher Education and High Schools |
|  |  |  |

Pada prinsipnya, inklusi maupun eksklusi secara umum dan spesifik memiliki perbedaan dalam ruang lingkup. Ruang lingkup yang secara spesifik mengacu pada *filter* pencarian di situs publishers. Sedangkan, ruang lingkup secara umum merupakan pembatasan artikel yang diperoleh tanpa ada kaitannya dengan *filter* pencarian di masing-masing publishernya.

Berdasarkan kata kunci pencarian yang ditetapkan, penulis merinci setiap artikel yang diperoleh dengan empat aspek, yaitu total artikel yang ditemukan, total artikel yang diunduh, total artikel yang diseleksi, dan total artikel yang diambil. Penulis mengunduh setiap artikel yang sekiranya memiliki tingkat signifikansi tinggi terhadap pendidikan teknik dan pembelajaran mesin.

**Table 5.** Total Artikel

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **KataKunci** | **Database Artikel** | **Total** | **Diunduh** | **Diseleksi** | **Diambil** |
| 1 | *prediction student* | IEEEXplore | 115 | 25 | 21 | 4 |
|  |  | Springer Link | 109 | 30 | 28 | 2 |
| 2 | *student achievement* | IEEEXplore | 45 | 12 | 12 | 0 |
|  |  | Science Direct | 1681 | 7 | 7 | 0 |
|  |  | Springer Link | 352 | 15 | 11 | 4 |
| 3 | *student performance* | IEEEXplore | 515 | 24 | 20 | 4 |
|  |  | Science Direct | 808 | 12 | 12 | 0 |
|  |  | Springer Link | 522 | 26 | 21 | 5 |
| 4 | *machine learning in education engineering* | IEEEXplore | 606 | 23 | 19 | 4 |
|  |  | ERIC | 25199 | 10 | 6 | 4 |
|  |  | Springer Link | 6 | 3 | 3 | 0 |
| 5 | *machine learning in student assessment* | IEEEXplore | 12 | 6 | 6 | 0 |
|  |  | ERIC | 57375 | 16 | 14 | 2 |
|  |  | Springer Link | 63 | 16 | 15 | 1 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  | **Total Artikel Yang Diambil** | | | | | 30 |

Namun, dari tiga puluh artikel, tujuh belas artikel bermasalah, permasalahannya adalah pada responden. Beberapa responden bukan dari pendidikan teknik. Selain itu, dua dari tiga puluh artikel lainnya tidak terindeks oleh SCOPUS. Hal yang demikian penulis lakukan melalui situs Scimago Journal & Country Rank [10]. Dalam rangka mengantisipasi hal tersebut, penulis mencari kembali sembilan belas artikel melalui bantuan Google Scholar dengan kata kunci yang sama. Sembilan belas artikel berhasil ditemukan, diantaranya dari publisher yang berbeda, yaitu Semantic Scholar, MDPI, Research Online Goldsmiths University of London, ACM Digital Library, dan SAGE Journals.

1. Diskusi dan Hasil

Dalam rangka memudahkan pembaca untuk mengetahui tiga puluh artikel yang diambil, penulis membuat rinciannya dalam bentuk tabel yang terdiri dari nomor artikel, penulis, judul penelitian, dan tahun terbit.

**Table 6.** Deskripsi Tiga Puluh Artikel

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No Artikel** | **Penulis** | **Judul Penelitian** | **Tahun Terbit** |
| 1 | Rodolfo C.Raga Jr. dan Jennifer D. Raga [11] | Early Prediction of Student Performance in Blended Learning Courses using Deep Neural Networks | 2019 |
| 2 | Phil Maguire, Rebecca Maguire, dan Robert Kelly [12] | Using automatic machine assessment to teach computer programming | 2018 |
| 3 | Abelardo Pardo, Feifei Han, dan Robert A. Ellis [13] | Combining University Student Self-regulated Learning Indicators and Engagement with Online Learning Environment Events to Predict Academic Performance | 2016 |
| 4 | Jie Xu, Kyeoung Ho Moon, dan Mihaela van der Schaar [3] | A Machine Learning Approach for Tracking and Predicting Student Performance in Degree Programs | 2017 |
| 5 | Amin Zollanvari, Refik Caglar Kizilirmak, Yau Hee Kho, dan Daniel Hernandez-Torrano [14] | Predicting Students’ GPA and Developing Intervention Strategies Based on Self-Regulatory Learning Behaviors | 2017 |
| 6 | Thomas Daniel Ullmann [15] | Automated Analysis of Reflection in Writing: Validating Machine Learning Approaches | 2019 |
| 7 | Diego Riofrıo-Luzcando, Jaime Ramırez dan Marta Berrocal-Lobo [16] | Predicting Student Actions in a Procedural Training Environment | 2017 |
| 8 |  |  |  |
| 9 | Ming Liu, Yuqi Wang, Weiwei Xu, Li Liu [17] | Automated Scoring of Chinese Engineering Students’ English Essays | 2017 |
| 10 | Archana Singh [18] | Mining of Social Media data of University students | 2016 |
| 11 | Ali Yağci dan Mustafa Çevik [19] | Prediction of academic achievements of vocational and technical high school (VTS) students in science courses through artificial neural networks (comparison of Turkey and Malaysia) | 2019 |
| 12 | Yuri Nieto, Vicente García-Díaz, Carlos Montenegro, dan Rubén González Crespo [20] | Supporting academic decision making at higher educational institutions using machine learning-based algorithms | 2018 |
| 13 | Daniel Spikol, Emanuele Ruffaldi, Giacomo Dabisias, dan Mutlu Cukurova [21] | Supervised machine learning in multimodal learning analytics for estimating success in project-based learning | 2018 |
| 14 | Mohamed Mimis, Mohamed El Hajji, Youssef Es-saady, Abdellah Oueld Guejdi, Hassan Douzi, dan Driss Mammass [22] | A framework for smart academic guidance using educational data mining | 2018 |
| 15 | Muhammad Shahid Iqbal, dan Bin Luo [23] | Prediction of educational institution using predictive analytic techniques | 2018 |
| 16 | Aderibigbe Israel Adekitan, dan Etinosa Noma-Osaghae [24] | Data mining approach to predicting the performance of first year student in a university using the admission requirements |  |
| 17 | K. Sreenivasa Rao, N. Swapna, dan P. Praveen Kumar [25] | Educational data mining for student placement prediction using machine learning algorithms | 2018 |
| 18 | Diego Buenaño-Fernández, David Gil, dan Sergio Luján-Mora [26] | Application of Machine Learning in Predicting Performance for Computer Engineering Students: A Case Study | 2019 |
| 19 | Rebecca Fiebrink [27] | Machine Learning Education for Artists, Musicians, and Other Creative Practitioners | 2019 |
| 20 | Jeffrey Saltz, Michael Skirpan, Casey Fiesler, Micha Gorelick, Tom Yeh, Robert Heckman, Neil Dewar, Dan Nathan Beard [28] | Integrating Ethics within Machine-learning Courses | 2019 |
| 21 | Sree Aurovindh Viswanathan dan Kurt VanLehn [25] | Using the tablet gestures and speech of pairs of students to classify their collaboration | 2016 |
| 22 | Heba Fasihuddin, Geoff Skinner, dan Rukshan Athauda [29] | Towards adaptive open learning environments: Evaluating the precision of identifying learning styles by tracking learners’ behaviours | 2015 |
| 23 | Sara M González-Betancor, Alicia Bolívar-Cruz, dan Domingo Verano-Tacoronte [30] | Self-assessment accuracy in higher education: The influence of gender and performance of university students | 2017 |
| 24 | S. Ikbal, A. Tamhane, B. Sengupta, M. Chetlur, S. Ghosh, dan J. Appleton [31] | On early prediction of risks in academic performance for students | 2015 |
| 25 | Niki Gitinabard, Yiqiao Xu, Sarah Heckman, Tiffany Barnes, dan Collin F. Lynch [32] | How Widely Can Prediction Models be Generalized? Performance Prediction in Blended Courses | 2018 |
| 26 | David Baneres, M. Elena Rodríguez, dan Montse Serra [33] | An Early Feedback Prediction System for Learners At-risk within a First-year Higher Education Course | 2018 |
| 27 | Sadique Ahmad, Kan Li, Adnan Amin, Muhammad Shahid Anwar, dan Wahab Khan [34] | A Multilayer Prediction Approach for the Student Cognitive Skills Measurement | 2018 |
| 28 | Michael James Scott, Steve Counsell, Stanislao Lauria, Stephen Swift, Allan Tucker, Martin Shepperd, czn Gheorghita Ghinea [35] | Enhancing Practice and Achievement in Introductory Programming With a Robot Olympics | 2015 |
| 29 | Raheela Asif, Agathe Merceron, Syed Abbas Ali, Dan Najmi Ghani Haider [36] | Analyzing undergraduate students’ performance Using educational data mining | 2017 |
| 30 | Cameron C. Gray, dan Dave Perkins [37] | Utilizing early engagement and machine learning to predict student outcomes | 2019 |

Penulis merangkum dan menganalisa setiap artikel yang diperoleh berdasarkan tahun publikasi, ukuran sampel dan konteks artikel. metode pembelajaran mesin, dan temuan dasar.

* 1. *Berdasarkan Tahun Publikasi*

Ditinjau dari tahun 2014 sampai dengan 2019, jumlah artikel yang membahas pembelajaran mesin dalam pendidikan teknik memiliki peningkatan. Di tahun 2015, jumlahnya sebanyak tiga artikel, 2016 sebanyak empat artikel, 2017 sebanyak enam artikel, 2018 sebanyak delapan artikel, dan 2019 sebanyak sembilan artikel.

**Figure 1.** Article Based on Publication Year

* 1. *Berdasarkan Ukuran Sampel*

Jumlah sampel terbesar dimiliki oleh artikel ke 12, yaitu 12.477 sampel. Sedangkan, untuk sample terkecil dimiliki oleh artikel ke 13, yaitu 18 sampel. Dan untuk artikel ke 17, 19, 20, 24, 26, 27, dan 30, jumlah sampel tidak dicantumkan.

**Figure 2.** Article Based on Total of Sample Size

* 1. *Berdasarkan Konteks Artikel*

Melalui perpaduan kata kunci yang digunakan, secara mayoritas, konteks yang diteliti terkait dengan prediksi performa siswa. Total artikel yang meneliti tentang prediksi performa siswa sebanyak 10 artikel, yang terdiri dari artikel ke 1, 3, 4, 8, 16, 18, 24, 25, 27, 30.

**Figure 3.** Article Based on Article Context

* 1. *Berdasarkan Metode Pembelajaran Mesin*

Diantara beberapa artikel, baik itu yang penelitiannya bersifat perbandingan maupun tidak, metode yang paling banyak digunakan adalah *Decision Tree* dan *Random Forest*, yaitu sebanyak 5 kali penggunaan. Metode *Logistic Regression*, *Naïve Bayes*, dan *Artificial Neural Network* menjadi kedua yang unggul setelah *Decision Tree* dan *Random Forest* dalam penggunaan metodenya, yaitu sebanyak 3 kali penggunaan.

**Figure 4.** Article Based on Machine Learning Method

Algoritma *Decision Tree* diterapkan dalam konteks *academic guidance* [22], *prediction student performance* [24][36][38][26]*,* dan *student collaborative* [27]. Sedangkan algoritma *Random Forest* diterapkan dalam konteks *automated analysis* [15], *prediction student performance* [24], *ethics in machine learning* [28], *student collaborative* [39], dan *student retention* [37].

* 1. *Berdasarkan Temuan Dasar*

Berdasarkan temuan dalam beberapa artikel, satu artikel yang menggunakan metode *Tree Esemble* dan *Linear Regression*, satu dari lima artikel yang menggunakan metode *Decision Tree* dan *Random Forest*, dan satu dari tiga artikel yang menggunakan metode *Logistic Regression, Naïve Bayes, Artificial Neural Network* memberikan hasil yang negatif.*.*

**Figure 5.** Article Based on Basic Findings

1. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran mesin yang diperoleh dalam pendidikan teknik telah diterapkan di beberapa negara pada jurusan teknik elektro, mekanik, kehutanan, ilmu komputer, teknik kedirgantaraan, matematika dan teknik fisika, dan rekayasa perangkat lunak. Prediksi performa siswa menjadi salah satu konteks yang paling sering dibahas. Metode pembelajaran mesin yang paling banyak digunakan adalah *Decision Tree* dan *Random Forest*. Secara umum, pemanfaatan pembelajaran mesin memudahkan seseorang untuk menyelesaikan pekerjaan mereka secara otomatis. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi peneliti tentang bagaimana pengembangan pembelajaran mesin dalam Pendidikan Teknik untuk menentukan topik pembelajaran mesin yang dapat diimplementasikan pada Pendidikan Teknis dan Kejuruan dalam penelitian selanjutnya.

Acknowledgement

Penulis berterima kasih kepada Prof. Budi Mulyanti dan Dr. Isma Wydianti yang telah membantu mengoreksi kesalahan-kesalahan yang terdapat dalam penelitian ini.

Referensi

[1] C. Birch, “Rethinking Education in the Age of Technology: The Digital Revolution and Schooling in America by Allan Collins and Richard Halverson,” *Am. J. Educ.*, vol. 117, no. 3, pp. 433–436, 2011.

[2] A. Larasati, A. Miftahul Hajji, and A. N. Handayani, “Preferences Analysis of Engineering Students on Choosing Learning Media using Support Vector Machine (SVM) Model,” vol. 242, no. Icovet 2018, pp. 57–59, 2019.

[3] J. Xu, K. H. Moon, and M. Van Der Schaar, “A Machine Learning Approach for Tracking and Predicting Student Performance in Degree Programs,” *IEEE J. Sel. Top. Signal Process.*, vol. 11, no. 5, pp. 742–753, 2017.

[4] V. L. Uskov, J. P. Bakken, A. Byerly, and A. Shah, “Machine learning-based predictive analytics of student academic performance in STEM education,” *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON*, vol. April-2019, pp. 1370–1376, 2019.

[5] K. Chrysafiadi and M. Virvou, “Student modeling approaches: A literature review for the last decade,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 40, no. 11, pp. 4715–4729, 2013.

[6] F. Dalipi, A. S. Imran, and Z. Kastrati, “MOOC dropout prediction using machine learning techniques: Review and research challenges,” *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON*, vol. 2018-April, pp. 1007–1014, 2018.

[7] D. Buenaño-Fernandez, W. Villegas-CH, and S. Luján-Mora, “The use of tools of data mining to decision making in engineering education—A systematic mapping study,” *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 27, no. 3, pp. 744–758, 2019.

[8] C. A. Bacos, *Machine Learning and Education in the Human Age: A Review of Emerging Technologies*. Springer International Publishing, 2018.

[9] F. Lau and C. Kuziemsky, “Chapter 9 Methods for Literature Reviews,” in *Handbook of eHealth Evaluation: An Evidence-based Approach [Internet].*, F. L. and C. Kuziemsky, Ed. Canada: University of Victoria, 2016.

[10] Scimago Jr, “Scimago Journal & Country Rank.” [Online]. Available: https://www.scimagojr.com/.

[11] R. Raga and J. Raga, “Early Prediction of Student Performance in Blended Learning Courses Using Deep Neural Networks,” *2019 Int. Symp. Educ. Technol.*, pp. 39–43, 2019.

[12] P. Maguire, R. Maguire, and R. Kelly, “Using automatic machine assessment to teach computer programming,” *Comput. Sci. Educ.*, vol. 27, no. 3–4, pp. 197–214, 2017.

[13] A. Pardo, F. Han, and R. A. Ellis, “Combining University student self-regulated learning indicators and engagement with online learning events to Predict Academic Performance,” *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 82–92, 2017.

[14] A. Zollanvari, R. C. Kizilirmak, Y. H. Kho, and D. Hernandez-Torrano, “Predicting Students’ GPA and Developing Intervention Strategies Based on Self-Regulatory Learning Behaviors,” *IEEE Access*, vol. 5, pp. 23792–23802, 2017.

[15] T. D. Ullmann, “Automated Analysis of Reflection in Writing: Validating Machine Learning Approaches,” *Int. J. Artif. Intell. Educ.*, vol. 29, no. 2, pp. 217–257, 2019.

[16] D. Riofrío-Luzcando, J. Ramírez, and M. Berrocal-Lobo, “Predicting student actions in a procedural training environment,” *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 10, no. 4, pp. 463–474, 2017.

[17] M. Liu, Y. Wang, W. Xu, and L. Liu, “Automated scoring of Chinese engineering students’ english essays,” *Int. J. Distance Educ. Technol.*, vol. 15, no. 1, pp. 52–68, 2017.

[18] A. Singh, “Mining of Social Media data of University students,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 22, no. 4, pp. 1515–1526, 2017.

[19] A. Yağci and M. Çevik, “Prediction of academic achievements of vocational and technical high school (VTS) students in science courses through artificial neural networks (comparison of Turkey and Malaysia),” *Educ. Inf. Technol.*, 2019.

[20] Y. Nieto, V. García-Díaz, C. Montenegro, and R. G. Crespo, “Supporting academic decision making at higher educational institutions using machine learning-based algorithms,” *Soft Comput.*, vol. 23, no. 12, pp. 4145–4153, 2019.

[21] D. Spikol, E. Ruffaldi, G. Dabisias, and M. Cukurova, “Supervised machine learning in multimodal learning analytics for estimating success in project-based learning,” *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 34, no. 4, pp. 366–377, 2018.

[22] M. Mimis, M. El Hajji, Y. Es-saady, A. Oueld Guejdi, H. Douzi, and D. Mammass, “A framework for smart academic guidance using educational data mining,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 24, no. 2, pp. 1379–1393, 2019.

[23] M. S. Iqbal and B. Luo, “Prediction of educational institution using predictive analytic techniques,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 24, no. 2, pp. 1469–1483, 2019.

[24] A. I. Adekitan and E. Noma-Osaghae, “Data mining approach to predicting the performance of first year student in a university using the admission requirements,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 24, no. 2, pp. 1527–1543, 2019.

[25] K. Sreenivasa Rao, N. Swapna, and P. Praveen Kumar, “Educational data mining for student placement prediction using machine learning algorithms,” *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 1.2, p. 43, 2017.

[26] D. Buenaño-Fernández, D. Gil, and S. Luján-Mora, “Application of machine learning in predicting performance for computer engineering students: A case study,” *Sustain.*, vol. 11, no. 10, pp. 1–18, 2019.

[27] R. Fiebrink, “Machine learning education for artists, musicians, and other creative practitioners,” *ACM Trans. Comput. Educ.*, vol. 19, no. 4, 2019.

[28] J. Saltz *et al.*, “Integrating ethics within machine learning courses,” *ACM Trans. Comput. Educ.*, vol. 19, no. 4, 2019.

[29] H. Fasihuddin, G. Skinner, and R. Athauda, “Towards adaptive open learning environments: Evaluating the precision of identifying learning styles by tracking learners’ behaviours,” *Educ. Inf. Technol.*, vol. 22, no. 3, pp. 807–825, 2017.

[30] S. M. González-Betancor, A. Bolívar-Cruz, and D. Verano-Tacoronte, “Self-assessment accuracy in higher education: The influence of gender and performance of university students,” *Act. Learn. High. Educ.*, vol. 20, no. 2, pp. 101–114, 2019.

[31] S. Ikbal, A. Tamhane, B. Sengupta, M. Chetlur, S. Ghosh, and J. Appleton, “On early prediction of risks in academic performance for students,” *IBM J. Res. Dev.*, vol. 59, no. 6, pp. 1–14, 2015.

[32] N. Gitinabard, Y. Xu, S. Heckman, T. Barnes, and C. F. Lynch, “How Widely Can Prediction Models Be Generalized? Performance Prediction in Blended Courses,” *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 12, no. 2, pp. 184–197, 2019.

[33] D. Baneres, M. E. Rodríguez-Gonzalez, and M. Serra, “An Early Feedback Prediction System for Learners At-Risk within a First-Year Higher Education Course,” *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 12, no. 2, pp. 249–263, 2019.

[34] S. Ahmad, K. Li, A. Amin, M. S. Anwar, and W. Khan, “A multilayer prediction approach for the student cognitive skills measurement,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 57470–57484, 2018.

[35] M. J. Scott *et al.*, “Enhancing Practice and Achievement in Introductory Programming with a Robot Olympics,” *IEEE Trans. Educ.*, vol. 58, no. 4, pp. 249–254, 2015.

[36] R. Asif, A. Merceron, S. A. Ali, and N. G. Haider, “Analyzing undergraduate students’ performance using educational data mining,” *Comput. Educ.*, vol. 113, pp. 177–194, 2017.

[37] C. C. Gray and D. Perkins, “Utilizing early engagement and machine learning to predict student outcomes,” *Comput. Educ.*, vol. 131, no. December 2018, pp. 22–32, 2019.

[38] F. Yang and F. W. B. Li, “Study on student performance estimation, student progress analysis, and student potential prediction based on data mining,” *Comput. Educ.*, vol. 123, no. October 2017, pp. 97–108, 2018.

[39] S. A. Viswanathan and K. Vanlehn, “Using the Tablet Gestures and Speech of Pairs of Students to Classify Their Collaboration,” *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 230–242, 2018.