

TẠP CHÍ
GIÁO DỤC VÀ XÃ HỘI
Journal of Education and Society

CƠ QUAN NGHIÊN CỨU, LÝ LUẬN, ĐIỂN ĐÀN GIÁO DỤC, KHOA HỌC

- VIỆN NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GIÁO DỤC ATEC THUỘC HIỆP HỘI CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC, CAO ĐẲNG VIỆT NAM

ISSN 1859 - 3917



Số 170 (231) tháng 5/2025 (kì 1)

Tạp chí GIÁO DỤC & XÃ HỘI

JOURNAL OF EDUCATION AND SOCIETY

NĂM THỨ MƯỜI CHÍN (Bộ mới)

Số 170 (231), Tháng 5/2025 (kì 1)

ISSN 1859-3917

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

ĐÀO TRỌNG THI

CAO VĂN PHƯỜNG

VŨ DŨNG

TRẦN VĂN NHUNG

NGUYỄN MINH THUYẾT

TRẦN VĂN ĐỘ

BÙI ANH TUẤN

TRẦN ĐĂNG XUYỀN

TRẦN XUÂN NHỈ

TRẦN QUANG QUÝ

TRIỆU THẾ HÙNG

TRẦN BÁ DUNG

THÁI VĂN LONG

LÊ THỊ HẰNG

TỔNG BIÊN TẬP

ĐOÀN XUÂN TRƯỜNG

TÒA SOẠN VÀ TRỊ SỰ

Phòng 308, Tập thể Tổng cục Thống kê, ngõ 54A, đường Nguyễn Chí Thanh,
phường Láng Thượng, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội

Điện thoại: 024-62946516 **Fax:** 024-62732689

Email: tapchigiaoducvaxahoi@gmail.com **Website:** www.giaoducvaxahoi.vn

VĂN PHÒNG BẮC TRUNG BỘ

Phòng 1001, Toà nhà A6, số 565 Quang Trung, phường Đông Vệ, thành phố Thanh Hóa, tỉnh Thanh Hóa.

Điện thoại: 0372.866.166

Email: giaoducxahoibtb@gmail.com

TRÌNH BÀY: THÀNH CÔNG

Giấy phép xuất bản số: 229/GP-BTTTT ngày 02/6/2020 - Bộ Thông tin và Truyền thông

In tại: Công ty TNHH In Ấn Đa Sắc

Giá: 50.000 đồng

MỤC LỤC - CONTENTS

NGHIÊN CỨU - TRAO ĐỔI - RESEARCH & DISCUSSION

- 4 Nguyễn Thanh Chương:** Yếu tố tinh thần – một nhân tố quan trọng tạo nên sức mạnh chiến thắng kẻ thù của dân tộc ta - The spiritual factor – an important element in creating the strength to defeat the enemies of our nation.
- 8 Phạm Xuân Định:** Vai trò lãnh đạo của Đảng Cộng sản Việt Nam – nhân tố quyết định thắng lợi sự nghiệp cách mạng ở nước ta - The communist party's Vietnam leadership role - the decisive factor for the success of the revolution in our country.
- 12 Nguyễn Thị Thu Hà - Phạm Hoàng Hà:** Vai trò của trí thức tinh hoa Việt Nam trong kỷ nguyên mới, kỷ nguyên vươn mình của dân tộc – thực trạng và giải pháp - The role of vietnamese elite intellectuals in the new era, the national development era.
- 17 Nguyễn Đức Kim Ngân:** Phân tích những vấn đề đặt ra trong công cuộc tinh gọn bộ máy hành chính nhà nước trung ương tại Việt Nam - Analysis of issues in the streamlined process of the central state administrative apparatus in vietnam.
- 21 Trần Thị Phương Huỳnh:** Nâng cao chất lượng đào tạo nguồn nhân lực thành phố Cần Thơ trong bối cảnh mới - Solutions to improve the quality of human resource training of Can Tho city in the new context.
- 26 Nguyễn Đình Thảo:** Cơ hội và thách thức trong đào tạo một số ngành nghệ thuật tại Việt Nam trong bối cảnh chuyển đổi số hiện nay - opportunities and challenges in the training of certain art disciplines in vietnam in the context of ongoing digital transformation.
- 31 Thái Nguyên Hoàng Giang - Đào Mộng Uyển:** Phát triển văn hóa chất lượng trong bối cảnh đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số giáo dục tại Trường Đại học Khánh Hòa - Developing a quality culture in the context of educational innovation and digital transformation at khanh hoa university.
- 35 Nguyễn Cao Phong:** Biện pháp quản lý hoạt động đảm bảo chất lượng chương trình đào tạo theo tiếp cận quản lý chất lượng tổng thể (TQM) ở các trường đại học - Measures for managing activities to ensure the quality of training programs according to the total quality management (TQM) approach in universities.
- 40 Lưu Vũ Nam:** Ứng dụng AI trong giảng dạy ngành Thông tin – Thư viện tại Trường Đại học Văn hóa, Thể thao và Du lịch Thanh Hóa trong bối cảnh chuyển: cơ hội và thách thức - Application of ai in teaching information-library studies at thanh hoa university of culture, sports and tourism in the context of digital transformation: opportunities and challenges.
- 45 Nguyễn Thị Thanh Thúy - Trần Thu Hiền:** Khuếch tán đổi mới trong giáo dục ngoại ngữ: bài học từ truyền thông chương trình Tiếng Trung phổ thông - Diffusing innovation in foreign language education: insights from the communication of the secondary school chinese language program.
- 50 Văn Thị Ái Nguyên - Lê Thành Thắng:** Giáo dục bậc cao đẳng trong bối cảnh của cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0 - College education in the context of the industrial revolution 4.0.
- 55 Nguyễn Bảo Luân - Hồ Trung Nghi:** Nâng cao chất lượng giáo dục thể chất ở các trường đại học công lập hiện nay - Improving the quality of physical education in current public universities.
- 60 Lê Bích Phượng - Nguyễn Văn Chung:** Hướng tiếp cận liên ngành trong giảng dạy học máy: kết hợp đại số tuyến tính, xác suất thống kê và PCA - An interdisciplinary approach to teaching machine learning: integrating linear algebra, statistics, and PCA.
- 66 Huỳnh Phong Bá:** Nâng cao chất lượng quản lý tập trung sinh viên học môn Giáo dục Quốc phòng và An ninh tại Trường Đại học Tiền Giang - Improving the quality of student centralized management studying national defense and security education at Tien Giang University.
- 71 Đinh Công Thanh Tùng:** Sinh viên với giữ gìn và phát huy bản sắc văn hóa dân tộc Việt Nam hiện nay - Students with the preservation and promotion of vietnamese national identity today.
- 76 Đoàn Quang Tuấn:** Giải pháp nâng cao chất lượng giáo dục an ninh phi truyền thống tại Trường Đại học Công Đoàn - Solutions to improve the quality of non-traditional security education at trade union university.
- 81 Hồ Thị Hồng Cúc:** Cách mạng Công nghiệp 4.0 – công cụ đắc lực giúp giảng viên vươn tới thành công - Industrial revolution 4.0 – a powerful tool helping instructors reach success.
- 86 Nguyễn Thị Nhiên:** Công nghệ và sự cần thiết ứng dụng công nghệ trong giảng dạy ngôn ngữ anh: nghiên cứu trường hợp các trường đại học tư thục - Technology and the need to apply technology in English language teaching: A case study of private universities.
- 91 Nguyễn Mai Sương - Phùng Văn Thân:** Học tập Tiếng Anh theo hình thức trực tuyến hiệu quả tại các trường đại học tư thục - Effective online English learning at private universities.
- 96 Lê Quang Thuận - Nguyễn Thị Thanh Hải - Dương Khánh Thoại:** Giáo dục lối sống văn hóa, đạo đức cách mạng cho thanh niên theo Di chúc của Chủ tịch Hồ Chí Minh trong bối cảnh hiện nay - Ethical education and lifestyle for youth and students according to president ho chi minh's will in the current context.
- 100 Dương Thị Thanh Tú:** Nhận thức về việc chuyển ngữ như một phương pháp sư phạm của giáo viên tiểu học dạy Tiếng Anh như ngoại ngữ tại một trung tâm anh ngữ tư nhân ở Hà Nội - Perceptions towards translanguaging as a pedagogical approach among EFL primary teachers at a private English center in Hanoi.
- 106 Đoàn Kim Phúc - Nguyễn Thị Như Hương - Lê Thị Lan Phương:** Thanh tra nội bộ trong xu hướng tự chủ giáo dục đại học và một số đề xuất nâng cao hiệu quả hoạt động thanh tra nội bộ tại Trường Đại học Quảng Bình - Internal inspection in the context of university autonomy and recommendations for enhancing internal inspection effectiveness at quang binh university.
- 110 Phạm Nguyễn Phúc Toàn:** phát triển mô hình quản trị đại học theo khuôn khổ University-as-a-service (UAAS) đáp ứng yêu cầu đại học tự chủ tại Việt Nam - developing a university management model based on the University-as-a-service (UAAS) framework to meet the requirements of university autonomy in vietnam.
- 115 Lê Thị Thu Trang:** Phương pháp phát triển kỹ năng thanh nhạc cho sinh viên Trường Đại học Văn hóa, Thể thao và Du lịch Thanh Hóa qua các lớp học thực hành - The methods for developing vocal skills for students at the university of culture, sports, and tourism thanh hoa through practical singing classes.
- 120 Trịnh Ngọc Thanh:** Đánh giá hiệu quả tích hợp công nghệ vào giảng dạy Tiếng Anh chuyên ngành - Evaluating the effectiveness of technology integration in english for specific purposes (ESP) instruction.

- 125 Lương Hoàng Phương Thảo:** Phương pháp giảng dạy tương tác trong học phần Kinh tế vi mô: ứng dụng xây dựng bài giảng “Lý thuyết chi phí trong ngắn hạn” - Interactive teaching method in microeconomics: application in “short-run cost theory” lesson.
- 130 Hồ Thị Dung:** Trí tuệ nhân tạo trong giáo dục đại học: cơ hội và thách thức trong dạy và học lý luận chính trị - Intelligence in higher education: opportunities and challenges in day and day political theory learning.
- 135 Ngô Thị Uyên Tuyền:** Sự tồn tại và phát triển của trường đại học địa phương trong xu thế hội nhập toàn cầu - The survival and development of local higher education in the context of global integration.
- 139 Lê Quang Trung:** Ảnh hưởng của văn hóa số đến động lực tham gia hoạt động thể chất của sinh viên đại học: vai trò của các nền tảng mạng xã hội - The impact of digital culture on university students' motivation for physical activity: the role of social media platforms.
- 144 Nguyễn Xuân Trường:** AI và khoảng cách thế hệ: sinh viên thế hệ Z và giảng viên ngoại ngữ kết nối trong môi trường học tập số - AI and the generation gap: connecting generation Z students and language lecturers in a digital learning environment.
- 149 Hoàng Thị Hồng Trang - Nguyễn Ngọc Minh Thư - Võ Gia Mẫn - Trương Quỳnh Nhi:** Giải pháp thực tế ảo trong giảng dạy Tiếng Nga du lịch - Virtual reality solutions in teaching russian for tourism.
- 154 Nguyễn Thị Thúy Nga - Đào Phương Thư - Man Nhật Bảo Nguyên - Trần Hoàng Phương Nguyên:** Niềm tin của sinh viên về hoạt động thiện nguyện - Student perceptions of voluntary engagement.
- 159 Trần Hoàng Phương Nguyên - Man Nhật Bảo Nguyên - Nguyễn Thị Thúy Nga - Đào Phương Thư:** Góc nhìn mới về thiện nguyện của thế hệ trẻ (nghiên cứu trường hợp sinh viên Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh) - A new perspective on volunteerism among the young generation: a case study of students at vietnam national university – ho chi minh city.
- 165 Phạm Thu Thủy:** Đa dạng phương pháp giảng dạy đáp ứng chuẩn đầu ra chương trình đào tạo đại học - Diversifying teaching techniques to meet the output standards of university training programs.
- 170 Trần Thị Lợi:** Tâm lý thích nghi của sinh viên trong môi trường đại học - sự khác biệt giữa các thế hệ - Students' psychological adaptation in the university environment - generational differences.
- 175 Ma Thị Ngọc Ánh:** Quản lý đào tạo ngành Điều dưỡng trình độ đại học theo tiếp cận đảm bảo chất lượng - Training management of Nursing Education at undergraduate level according to quality assurance approach.
- 180 Lê Thị Minh Thi:** Trải nghiệm nghề nghiệp đầu đời của cựu sinh viên ngành Tiếng Trung Quốc: Một tiếp cận hiện tượng luận diễn dịch - Early career experiences of Chinese Language graduates: a hermeneutic phenomenological approach.
- 186 Nguyễn Thừa Phát Tài - Nguyễn Hoàng Duy Thiện:** Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giảng dạy và học tập ở đại học tại Việt Nam - Application of artificial intelligence in teaching and learning at universities in Vietnam.
- 190 Ma Thị Ngọc Ánh:** Đổi mới phương pháp giảng dạy môn Quản lý điều dưỡng thông qua hình thức tổ chức dạy học tích hợp - Innovating the teaching method of Nursing Management through an integrated teaching organization.
- 195 Nguyễn Thị Hồng Diệp:** Tác động của công nghệ số đến năng lực tự học của sinh viên đại học: tiếp cận từ thuyết Tự quyết (self-determination theory) - The impact of digital technology on university students' self-directed learning: a self-determination theory approach.
- 200 Nguyễn Kim Vui - Nguyễn Thị Tứ - Phạm Văn Tuấn:** Tự ý thức trong hoạt động học tập của sinh viên một số trường đại học khu vực Thành phố Hồ Chí Minh - Self-consciousness in learning among university students in ho chi minh city.
- 206 Trần Thanh Dũ - Nguyễn Thị Kiều Hương - Âu Minh Triết:** Tự học - giải pháp quan trọng để khắc phục những rào cản trong việc học Tiếng Trung: khảo sát sinh viên hệ thường xuyên Trường Đại học Thủ Dầu Một - Self-study - an important solution to overcome barriers in learning Chinese: a survey of regular students at Thu Dau Mot University.
- 210 Huỳnh Thanh Bình:** Sự tương tác giữa bản sắc nghề nghiệp, quyền tự quyết và sự định vị của giáo viên Tiếng Anh - The relationship between efl teachers' professional identity, agency and positioning.
- 215 Nguyễn Vũ Kha - Phạm Văn Hiền - Đặng Văn Khoa - Nguyễn Thị Kim Tú:** Nâng cao nhận thức về chủ quyền biển đảo Việt Nam cho thanh niên, sinh viên, góp phần bảo vệ tổ quốc từ sớm, từ xa trong tình hình mới - Raising awareness of vietnam's sea and island sovereignty for youth and students, contributing to early and distant defense of the fatherland in the new situation.
- 220 Trần Thanh Dũ - Trần Thị Hải Yến - Nguyễn Lê Ngọc Thy:** Thực trạng tự học của sinh viên Viện Đào tạo ngoại ngữ Trường Đại học Thủ Dầu Một - The current situation of self-study of students at the Foreign Language Training Institute, Thu Dau Mot University.
- 225 Võ Ngọc Trâm:** Ứng dụng giáo dục STEAM trong tổ chức hoạt động khám phá khoa học cho trẻ mẫu giáo 5-6 tuổi ở trường mầm non - Applying STEAM education in organizing scientific discovery activities for 5-6 year old preschool children in kindergarten.
- 230 Bùi Thị Xuân Lựa:** Các yếu tố ảnh hưởng đến kỹ năng chăm sóc đáp ứng với trẻ mầm non - factors affecting responsive care skills in preschool chil-dren.
- 235 Lê Thị Quỳnh:** Một số biện pháp giáo dục trải nghiệm nhằm hình thành sự đồng cảm và chia sẻ ở trẻ khuyết tật trí tuệ trong môi trường tiểu học hòa nhập - Experiential educational approaches to foster empathy and sharing in children with intellectual disabilities in inclusive primary school settings.
- 240 Nguyễn Thị Loan:** Áp lực điểm số và ảnh hưởng đến sức khỏe tâm lý học sinh - The pressure of grades and its effects on students' mental well-being.
- 245 Nguyễn Thị Thoại Mỹ - Nguyễn Thị Muối Em:** Phát triển năng lực hợp tác và khám phá khoa học qua hoạt động nhóm sử dụng ánh sáng (light lab) cho trẻ 5-6 tuổi - Developing cooperative skills and scientific exploration through group activities using light (light lab) for children aged 5-6 years old.
- 250 Lê Quang Hùng - Trần Tấn Hải - Lê Thị Mỹ Nương:** Dạy học tích hợp lịch sử, địa lí địa phương trong môn Lịch sử và Địa lí cho học sinh lớp 5 ở trường tiểu học - Integrating local history and geography in the history and geography subject for fifth grade students at primary school.
- 257 Đinh Phương Thảo:** Phát triển tư duy toàn cầu ở trẻ em qua chương trình giáo dục song ngữ - Developing global thinking in children through bilingual education programs.

- 261 Nguyễn Đăng Hải:** Hiệu quả ứng dụng nội dung giảng dạy ngoại khóa môn cầu lông cho học sinh Lớp 8, Trường Trung học Cơ sở Vĩnh Kim, huyện Châu Thành, tỉnh Tiền Giang - Effectiveness of applying extra-curricular teaching content of badminton for 8th grade students, vĩnh kim secondary school, chau thanh district, tien giang province.
- 267 Lê Thị Ngọc Tú - Trần Thị Minh Tuyền - Trương Thị Bạch Yến:** Tích hợp giải thích một số hiện tượng thực tiễn khi dạy học chủ đề điện và từ - chương trình khoa học tự nhiên cấp trung học cơ sở - Integrating explanations of some real-life phenomenon when teaching the topic electricity and magnetism - natural sciences - secondary school.
- 272 Nguyễn Thị Hương Thảo - Hồ Thị Thanh Trúc - Ngô Thị Duyên:** Chuyển nhượng quyền phát triển không gian theo pháp luật trung quốc và khả năng áp dụng tại Việt Nam - Transfer of space development rights under chinese law and applicability in vietnam.
- 278 Nguyễn Ngọc Sang:** So sánh mô hình quản trị doanh nghiệp theo học thuyết giá trị cổ đông và học thuyết giá trị các bên liên quan: bài học kinh nghiệm cho pháp luật doanh nghiệp Việt Nam - Comparative analysis of corporate governance models based on the shareholder value theory and the stakeholder value theory: lessons for vietnam's corporate law.
- 283 Nguyễn Thanh Tâm - Lê Thị Thanh Lai:** Hoàn thiện pháp luật chứng khoán việt nam trong bối cảnh hội nhập: góc nhìn so sánh từ pháp luật chứng khoán Liên Bang Nga - Perfecting Vietnamese securities law in the context of integration: comparative perspective from Russian Federation securities law.
- 288 Đỗ Bằng Linh:** Nguyên tắc không có luật thì không có tội phạm và việc bảo vệ quyền con người bằng Luật Hình sự ở Việt Nam - The principle that without laws, there are no crimes and the protection of human rights through criminal law in vietnam.
- 293 Đinh Thị Hằng:** Giải pháp nâng cao hiệu quả áp dụng pháp luật về giao dịch tài sản mã hóa và bài học kinh nghiệm cho Việt Nam - Solutions to improve the efficiency of applying laws on crypto asset trading and lessons for vietnam.
- 298 Nguyễn Thanh Tâm - Trần Anh Phương:** Hợp đồng thương mại điện tử theo quy định pháp luật Việt Nam - Một số bất cập và kiến nghị hoàn thiện - E-commerce contracts according to Vietnam's legal regulations - some disadvantages and recommendations for improvement.
- 303 Trương Quang Trị:** Tăng cường mối liên kết giữa nhà trường và doanh nghiệp trong phát triển nguồn nhân lực - Enhancing the collaboration between educational institutions and enterprises in human resource development.
- 308 Bùi Minh An:** Nâng cao hiệu quả công tác tuyên truyền, phổ biến, giáo dục pháp luật về phòng, chống ma túy trong tình hình hiện nay -
- 313 Vũ Quốc Huy:** Vai trò của giá trị nhân văn quân sự trong phát triển nhân cách thanh niên quân đội - The role of military human values in developing the personality of military youth.
- 317 Hà Diệu Thu Thảo:** Giáo dục ý thức pháp luật cho sinh viên hiện nay - Legal awareness education for current students.
- 323 Phùng Thị Thúy Phương:** Khác biệt hóa truyền thông: chiến lược bảo tồn và phát huy giá trị di sản tại Thanh Hóa - Differentiating communication: conservation and promotion strategy for cultural heritage in Thanh Hoa.
- 328 Nguyễn Thị Mai Hương:** Về cách tiếp cận liên ngành trong nghiên cứu khoa học lịch sử hiện nay - On interdisciplinary approaches in current historical research.
- 333 Lê Phú:** Ảnh hưởng của truyền thông mạng đến đời sống tín đồ Phật giáo tại Việt Nam - The impact of online communication on the lives of buddhist followers in vietnam.
- 338 Lê Thị Thuý Hằng:** Đối thoại về các giá trị lịch sử, văn hoá (trường hợp tiểu thuyết Việt Nam đương đại) - Dialogue on historical and cultural values - The case of contemporary Vietnamese novels.
- 342 Hồng Quang Minh:** Ngã Ba Đồng Lộc - Dấu ấn Lưu Trọng Ninh - Dong Loc T-junction - The mark of Luu Trong Ninh.
- 347 Ngô Thị Lệ Thu - Đinh Thị Kiều Oanh:** Vai trò của công tác xã hội trong việc hỗ trợ người cao tuổi kết nối nguồn lực tại cộng đồng trên địa bàn xã Nam Thái Sơn, huyện Hòn Đất, tỉnh Kiên Giang - The role of social work in supporting older adults to connect with community resources in nam thai son commune, Hon dat district, kien giang province.
- 353 Đoàn Chuẩn Võ Trường An - Phạm Thị Quỳnh Lan - Lê Thị Như Nguyệt - Trần Thị Thúy - Nguyễn Cẩm Tùng - Phạm Thị Nga:** Ứng dụng mô hình tâm lý học gia đình trong quản lý căng thẳng: giải pháp nâng cao chất lượng quan hệ gia đình trong đời sống thực tế - Application of family psychology model in stress management: solutions to improve family relationships in real life.
- 358 Nguyễn Thị Mỹ Dung:** Đẩy mạnh ứng dụng công nghệ thông tin trong công tác quản lý thuế tại Cục thuế Quảng Ngãi - Promoting the application of information technology in tax administration at quang ngai tax department.
- 363 Võ Nguyễn Nam Anh - Nguyễn Xuân Phúc:** Tác động của nền kinh tế số đến tiểu thương tại các chợ truyền thống trên địa bàn các tỉnh, thành phố - The impact of the digital economy on traditional market vendors in provincial and urban areas.
- 369 Nguyễn Thị Quyên:** Tiếp biến văn hóa người Việt - người Khmer trong tín ngưỡng dân gian ở Hòn Đất hiện nay - Cultural exchange and interaction between the vietnamese and khmer through community beliefs in hon dat.
- 374 Nguyễn Phương Thảo - Phạm Thu Uyên:** Phát triển du lịch đêm tại hà nội trong tiến trình đô thị hóa và hội nhập: hiện trạng, tiềm năng và giải pháp - Developing night tourism in hanoi in the process of urbanization and integration: current status, potential and solutions.
- 379 Phan Thị Cẩm Hồng - Trần Văn Minh Đạt:** Các yếu tố ảnh hưởng đến quyết định mua thực phẩm xanh của người tiêu dùng trên địa bàn thành phố Mỹ Tho - factors affecting consumers' decision to buy green food in My Tho city, Tiền Giang province.
- 385 Trần Văn Thương:** Các yếu tố tác động đến phát triển du lịch trekking tại Khu du lịch Núi Cẩm, tỉnh An Giang - Factors affecting the development of trekking tourism at Cam mountain tourist area, An Giang province.
- 390 Phạm Thị Ngọc Sương:** Mô hình và giải pháp phát triển kinh tế nông nghiệp bền vững tại tỉnh Vĩnh Long - Models and solutions for sustainable agricultural economics: a case study of vĩnh long province.
- 395 Hà Thu Huyền:** Một số giải pháp đưa trang phục nữ Người Mông Hoa huyện Hàm Yên, tỉnh Tuyên Quang trở thành sản phẩm du lịch - Some solutions to bring mong hoa female costumes in ham yen district, tuyen quang province to become a tourism product.

HƯỚNG TIẾP CẬN LIÊN NGÀNH TRONG GIẢNG DẠY HỌC MÁY: KẾT HỢP ĐẠI SỐ TUYẾN TÍNH, XÁC SUẤT THỐNG KÊ VÀ PCA

LÊ BÍCH PHƯƠNG
NGUYỄN VĂN CHUNG
Trường Đại học Mở - Địa chất

Nhận bài ngày 30/4/2025. Sửa chữa xong 07/5/2025. Duyệt đăng 10/5/2025.

Abstract

This paper explores the connection between statistics, linear algebra, and Principal Component Analysis (PCA) in the context of machine learning. PCA is an effective dimensionality reduction technique that optimizes machine learning algorithms by employing linear algebra tools such as matrices, eigenvalues, and eigenvectors. We provide a detailed description of the PCA implementation process, including data standardization, computation of the covariance matrix, identification of eigenvalues and eigenvectors, selection of principal components, and data transformation. The paper also includes a simulated example to demonstrate the practical application of PCA in data analysis. Furthermore, we propose a teaching method that combines theory with practice, enabling students to deeply understand PCA through programming and real-world scenarios. This approach enhances algorithmic thinking and the ability to apply PCA in data science.

Keywords: Linear algebra, eigenvalue, eigenvector, machine learning, PCA, covariance matrix.

1. Đặt vấn đề

Trong kỷ nguyên dữ liệu bùng nổ, việc xử lý dữ liệu có số chiều lớn là một thách thức của khoa học dữ liệu, trí tuệ nhân tạo và thống kê. Số lượng đặc trưng quá lớn gây khó khăn cho trực quan hóa, phân tích và mô hình hóa, làm tăng chi phí tính toán và nguy cơ quá khớp. Để khắc phục, các phương pháp giảm chiều dữ liệu, đặc biệt là Phân tích thành phần chính (PCA), đã được áp dụng rộng rãi [2,3,5]. PCA sử dụng giá trị riêng và vector riêng của ma trận hiệp phương sai để tìm các hướng giữ nhiều thông tin nhất, giúp giảm số chiều mà vẫn bảo toàn phần lớn phương sai, tối ưu hóa phân tích dữ liệu và huấn luyện mô hình. Phương pháp này có nhiều ứng dụng trong nhận dạng ảnh, phân loại dữ liệu, nén ảnh, dự báo kinh tế và học sâu [4]. Bài báo này kết nối đại số tuyến tính, xác suất thống kê và PCA trong học máy, trình bày chi tiết quy trình thực hiện PCA và đề xuất phương pháp giảng dạy giúp sinh viên tiếp cận PCA trực quan và thực hành lập trình hiệu quả.

2. Nội dung

2.1. Kiến thức cơ bản [1]

Định nghĩa 1. Cho ma trận $A = (a_{ij})_{m \times n}$ và $B = (b_{jk})_{n \times p}$ trong đó số cột của A bằng số hàng của B . Khi đó, tích của A và B , ký hiệu là

$$A.B = C = (c_{ik})_{m \times p} \text{ với: } c_{ik} = \sum_{j=1}^n a_{ij} b_{jk} = \begin{pmatrix} a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{in} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{1k} \\ b_{2k} \\ \vdots \\ b_{nk} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Định nghĩa 2. Cho ma trận vuông $A = (a_{ij})_{n \times n}$. Định thức của A là một số, ký hiệu là $\det(A)$ hoặc $|A|$ được xác định như sau: $\det(A) = \sum (-1)^{N(j_1, j_2, \dots, j_n)} a_{1j_1} a_{2j_2} \cdots a_{nj_n}$ (2). Tổng được lấy theo mọi hoán vị của tập $\{1, 2, \dots, n\}$.

Email: Lebichphuong@humg.edu.vn

Định nghĩa 3. Ma trận đơn vị là ma trận vuông mà các phần tử trên đường chéo chính bằng 1, các phần tử còn lại bằng 0. Ma trận đơn vị thường được kí hiệu là I .

Cho A là ma trận vuông. Ma trận B được gọi là ma trận nghịch đảo của A khi và chỉ khi $AB = BA = I$. Trong đó I là ma trận đơn vị cùng cấp với ma trận A . Khi đó, ma trận A gọi là ma trận khả nghịch.

Định nghĩa 4. Cho $A \in M_n$, nếu tồn tại $\lambda \in \mathbb{R}$, $x \in \mathbb{R}^n, x \neq \theta$, sao cho $Ax = \lambda x$ thì λ được gọi là giá trị riêng của A , và x được gọi là véc tơ riêng của A ứng với giá trị riêng λ . Đa thức $P_A(\lambda) = \det(A - \lambda I)$ được gọi là đa thức đặc trưng của A .

Cách tìm giá trị riêng: λ là giá trị riêng của A khi và chỉ khi λ là nghiệm của phương trình đặc trưng $P_A(\lambda) = 0$.

Cách tìm véc tơ riêng: Ứng với mỗi giá trị riêng λ , giải hệ phương trình tuyến tính thuần nhất $(A - \lambda I)x = 0$. Mỗi nghiệm của hệ là một véc tơ riêng. Tập hợp mọi nghiệm của hệ gọi là không gian riêng ứng với giá trị riêng λ .

Định nghĩa 5. Ma trận hiệp phương sai (covariance matrix) là một ma trận dùng để mô tả mối quan hệ giữa các biến ngẫu nhiên trong một tập hợp dữ liệu. Ma trận này cho biết mức độ tương quan giữa các đặc trưng. Công thức tính hiệp phương sai giữa 2 biến ngẫu nhiên X và Y là:

$$\text{cov}(X, Y) = E[(X - EX)(Y - EY)] \quad (3)$$

Ma trận hiệp phương sai cho một tập hợp các biến ngẫu nhiên, có thể biểu diễn dưới dạng:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \text{cov}(X_1, X_1) & \text{cov}(X_1, X_2) & \cdots & \text{cov}(X_1, X_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{cov}(X_n, X_1) & \text{cov}(X_n, X_2) & \cdots & \text{cov}(X_n, X_n) \end{pmatrix} \quad (4)$$

Trong các bài toán thống kê học máy, ma trận hiệp phương sai được tính bởi công thức:

$$C = \frac{1}{n-1} X'^T X' \text{ hoặc } C = \frac{1}{n} X'^T X' \quad (5)$$

trong đó X' là ma trận dữ liệu chuẩn hóa, n là số lượng mẫu dữ liệu.

Chuẩn hóa dữ liệu: Chuẩn hóa dữ liệu là quá trình biến đổi các đặc trưng (features) về cùng một đơn vị đo lường hoặc phạm vi giá trị, thường là thông qua việc đưa dữ liệu về một thang chuẩn như $[0, 1]$ hoặc có trung bình bằng 0 và độ lệch chuẩn bằng 1.

Ý nghĩa của chuẩn hóa dữ liệu: Chuẩn hóa giúp đảm bảo tất cả các đặc trưng đóng vai trò tương đương trong quá trình phân tích và mô hình hóa. Nếu không chuẩn hóa, các đặc trưng có giá trị lớn có thể lấn át các đặc trưng có giá trị nhỏ, gây sai lệch trong kết quả phân tích. Cách thực hiện chuẩn hóa dữ liệu: Chuẩn hóa có thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau, phổ biến nhất là:

Min-Max Scaling: Chuyển dữ liệu về khoảng $[0, 1]$ bằng công thức: $x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$ (6)

Z-score Standardization: Đưa dữ liệu về phân phối chuẩn có trung bình 0 và độ lệch chuẩn 1 bằng công thức: $x' = \frac{x - \mu}{\sigma}$ (7).

Trong đó x là giá trị ban đầu của đặc trưng, μ là trung bình của đặc trưng, σ là độ lệch chuẩn của đặc trưng.

2.2. Phương pháp Phân tích thành phần chính (PCA) [2-7]

PCA là một kỹ thuật giảm chiều (dimensionality reduction) phổ biến trong học máy và thống kê. Mục tiêu của PCA là giảm số lượng biến số trong một tập dữ liệu, đồng thời vẫn giữ được càng nhiều thông tin quan trọng càng tốt. Điều này cực kì hữu ích khi dữ liệu có quá nhiều chiều, gây khó khăn trong việc trực quan hóa, phân tích hoặc xử lý dữ liệu. Quá trình PCA dựa trên đại số tuyến tính, đặc biệt là việc sử dụng ma trận hiệp phương sai và phân tích giá trị riêng. Các bước thực hiện PCA như sau:

Tính ma trận hiệp phương sai: Ma trận hiệp phương sai là nền tảng của PCA, giúp phát hiện các chiều (hướng) mà dữ liệu biến thiên nhiều nhất o từ đó hỗ trợ việc giảm chiều dữ liệu mà vẫn giữ lại thông tin quan trọng.

Tính giá trị riêng và vectơ riêng: Đây là bước quan trọng nhất trong PCA. Các giá trị riêng và vectơ riêng của ma trận hiệp phương sai được tính toán. Các vectơ riêng này là những “hướng” tối ưu mà dữ liệu có thể chiếu lên để giảm chiều. Giá trị riêng biểu thị mức độ quan trọng của từng “hướng”.

Chọn số lượng thành phần chính: Sau khi tính toán, chúng ta chọn số lượng thành phần chính (principal components) mà chúng ta muốn giữ lại. Thường thì, những thành phần chính này có giá trị riêng lớn, tức là chúng chiếm phần lớn thông tin của dữ liệu. Mục tiêu: Lựa chọn số lượng thành phần chính cần giữ lại để giảm chiều dữ liệu mà vẫn bảo toàn phần lớn thông tin. Cách thực hiện:

Tính tổng các giá trị riêng:

- Tính tỉ lệ phần trăm thông tin được giữ lại bởi mỗi thành phần chính:

$$\text{TỈ LỆ TÍCH LŨY} = \frac{\text{GIÁ TRỊ RIÊNG THÀNH PHẦN CHÍNH}}{\text{TỔNG GIÁ TRỊ RIÊNG}} \quad (8)$$

- Quyết định số lượng thành phần chính dựa trên tỉ lệ tích lũy.

Biến đổi dữ liệu: Tạo ra ma trận thành phần chính P chứa các vectơ riêng tương ứng với các giá trị riêng lớn nhất. Sau đó biến đổi dữ liệu bởi công thức: $Z = X' \cdot P$ (9)

Ta được dữ liệu Z, có số chiều giảm, nhưng bảo toàn được phần lớn thông tin.

Lưu ý: PCA phù hợp với dữ liệu có quan hệ tuyến tính giữa các đặc trưng.

2.3. Ví dụ giả lập

Đây là một ví dụ giả lập và tính toán cụ thể về PCA để chúng ta có thể thấy rõ cách thức PCA hoạt động. Chúng ta sẽ giả lập một bộ dữ liệu đơn giản với 2 đặc trưng (là x_1 và x_2) với 5 mẫu, rồi thực hiện PCA để giảm chiều dữ liệu và phân tích các thành phần chính.

Bước 1: Tạo dữ liệu giả lập: Giả sử chúng ta có một bảng dữ liệu mẫu như sau:

| Mẫu | x_1 | x_2 |
|-----|-------|-------|
| 1 | 2 | 3 |
| 2 | 3 | 4 |
| 3 | 4 | 5 |
| 4 | 5 | 6 |
| 5 | 6 | 7 |

Bước 2: Tính ma trận hiệp phương sai: Sử dụng đại số tuyến tính để tính toán các giá trị riêng và vectơ riêng từ ma trận hiệp phương sai, và giảm chiều dữ liệu. *Tạo ma trận dữ liệu:*

$X = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 3 & 4 \\ 4 & 5 \\ 5 & 6 \\ 6 & 7 \end{bmatrix}$

Chuẩn hoá dữ liệu: Chuẩn hoá dữ liệu có nghĩa là trừ giá trị trung bình của mỗi đặc trưng từ dữ liệu.

Tính trung bình và chuẩn hoá: Trung bình của x_1 : $\bar{x}_1 = \frac{2+3+4+5+6}{5} = 4$ (10)

Trung bình của x_2 : $\bar{x}_2 = \frac{3+4+5+6+7}{5} = 5$ (11)

Sau đó, chuẩn hoá dữ liệu: $X_{\text{scaled}} = X - [4, 5]$

$X_{\text{scaled}} = \begin{bmatrix} -2 & -2 \\ -1 & -1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 2 & 2 \end{bmatrix}$

Tính ma trận hiệp phương sai: Ma trận hiệp phương sai đo lường mối quan hệ giữa các đặc trưng. Đối với dữ liệu chuẩn hoá, ta tính ma trận hiệp phương sai như sau: $\text{Cov}(X_{\text{scaled}}) = (\frac{1}{n}) * (X_{\text{scaled}})^T * X_{\text{scaled}}$ với $(n=5)$

Dễ dàng tính toán ma trận hiệp phương sai: $\text{Cov}(X_{\text{scaled}}) = \begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 2 & 2 \end{bmatrix}$

Tính giá trị riêng và vectơ riêng: Sử dụng đại số tuyến tính, chúng ta tính giá trị riêng và vectơ riêng của ma trận hiệp phương sai. Giá trị riêng (λ) và vectơ riêng của ma trận hiệp phương sai sẽ cho ta các thành phần chính. Giả sử ta tính được các giá trị riêng và vectơ riêng sau: Giá trị riêng 1: $\lambda_1 = 4$; Giá trị riêng 2: $\lambda_2 = 0$; Vectơ riêng tương ứng: Vectơ riêng 1: $[\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}}]$, Vectơ riêng 2: $[-\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}}]$

Chọn thành phần chính: Trong Phân tích thành phần chính (PCA), mục tiêu chính là tìm hướng trong không gian dữ liệu mà dữ liệu có độ biến thiên lớn nhất. Điều này giúp giảm chiều dữ liệu trong khi vẫn giữ được nhiều thông tin nhất có thể. Chọn thành phần chính có giá trị riêng lớn nhất vì nó là hướng chứa nhiều thông tin nhất. Vì vậy ta chọn vectơ riêng 1. Do đó vectơ riêng là: $[\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}}]$

Bước 3: Chiếu dữ liệu lên không gian các thành phần chính: Để giảm chiều dữ liệu, ta chiếu dữ liệu gốc lên vectơ riêng 1.

$$X_{\text{pca}} = X_{\text{scaled}} * [\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}}] \quad X_{\text{pca}} = [-2\sqrt{2}, -\sqrt{2}, 0, \sqrt{2}, 2\sqrt{2}]$$

Kết quả là chúng ta đã giảm chiều dữ liệu từ 2 chiều xuống 1 chiều, với các giá trị là các điểm chiếu trên thành phần chính

Bước 4: Kết luận: Dữ liệu gốc có 2 đặc trưng, và sau khi áp dụng PCA, chúng ta đã giảm chiều dữ liệu xuống còn 1 đặc trưng (thành phần chính đầu tiên). PCA giúp loại bỏ các thành phần ít quan trọng (có giá trị riêng thấp) và chỉ giữ lại những thành phần có giá trị riêng lớn nhất. Trong ví dụ trên, ta chỉ cần một thành phần chính để biểu diễn toàn bộ thông tin trong dữ liệu, giúp giảm độ phức tạp và cải thiện khả năng xử lý, trực quan hóa. Đây là quy trình tính toán PCA đơn giản bằng tay với một bộ dữ liệu nhỏ. Khi áp dụng PCA vào dữ liệu lớn hoặc phức tạp hơn, ta thường sử dụng các thư viện như sklearn để tính toán nhanh chóng và chính xác.

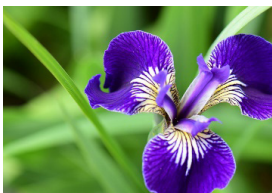
2.4. Ứng dụng của PCA trong học máy

Bài toán 1: Giảm chiều dữ liệu và phân tích bộ dữ liệu Iris.

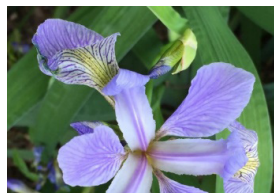
Đề bài: Bộ dữ liệu Iris bao gồm 150 mẫu hoa, được mô tả bằng 4 đặc trưng: chiều dài và chiều rộng của đài hoa, chiều dài và chiều rộng của cánh hoa. Ba loại hoa trong bộ dữ liệu này là Setosa, Versicolor, và Virginica. Làm thế nào để giảm số chiều của dữ liệu từ 4 chiều xuống 2 chiều, đồng thời giữ lại được thông tin quan trọng để phân loại các loài hoa?

Mục tiêu: Giảm số chiều của dữ liệu từ 4 chiều xuống 2 chiều, giúp trực quan hóa và phân tích dễ dàng hơn; Duy trì càng nhiều thông tin biến thiên càng tốt trong quá trình giảm chiều; Phân loại và nhận diện các loài hoa dựa trên các đặc trưng đã giảm chiều.

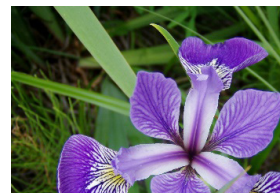
Cách giải: Áp dụng phương pháp PCA để giảm từ 4 chiều xuống 2 chiều; Tính toán ma trận hiệp phương sai của bộ dữ liệu và tìm các vectơ riêng và giá trị riêng; Chọn 2 thành phần chính có giá trị riêng lớn nhất để tạo ra không gian mới với 2 chiều.



Iris setosa



Iris versicolor



Iris virginica

Bước 1. Cài đặt thư viện cần thiết

```
# Cài đặt các thư viện cần thiết
import numpy as np
import pandas as pd
from sklearn.decomposition import PCA
from sklearn.datasets import load_iris
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.metrics import accuracy_score
import matplotlib.pyplot as plt
```

Bước 2. Tải dữ liệu Iris

```
python

# Tải bộ dữ liệu Iris
data = load_iris()
X = data.data # Dữ liệu đầu vào
y = data.target # Nhãn Lớp
```

Bước 3. Chuẩn hóa dữ liệu: PCA yêu cầu dữ liệu phải được chuẩn hóa vì các đặc trưng có thể có đơn vị và phạm vi khác nhau

```
python

# Chuẩn hóa dữ liệu
scaler = StandardScaler()
X_scaled = scaler.fit_transform(X)
```

Bước 4. Áp dụng PCA để giảm chiều

```
# Khởi tạo PCA với 2 thành phần chính
pca = PCA(n_components=2)
X_pca = pca.fit_transform(X_scaled)

# In ra tỷ lệ phương sai của các thành phần chính
print(f"Explained variance ratio: {pca.explained_variance_ratio_}")

# Chúng ta chỉ giữ 2 thành phần chính, vì vậy sẽ có một không gian 2 chiều mới
```

Bước 5. Trực quan hóa dữ liệu sau PCA

```
# Trực quan hóa dữ liệu sau khi giảm chiều
plt.figure(figsize=(8, 6))
plt.scatter(X_pca[:, 0], X_pca[:, 1], c=y, cmap='viridis')
plt.title("Iris Dataset after PCA")
plt.xlabel("Principal Component 1")
plt.ylabel("Principal Component 2")
plt.colorbar()
plt.show()
```

Bước 6. Chia dữ liệu thành tập Huấn luyện và tập Kiểm tra

```
# Chia dữ liệu thành tập huấn luyện và kiểm tra (80% huấn luyện, 20% kiểm tra)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X_pca, y, test_size=0.2, random_state=)
```

Bước 7. Huấn luyện mô hình phân loại

Ở đây ta sử dụng mô hình SVM (Support Vector Machine) để huấn luyện mô hình phân loại

```
python

# Khởi tạo mô hình SVM
svm = SVC(kernel='linear')

# Huấn luyện mô hình
svm.fit(X_train, y_train)
```

Bước 8. Dự đoán và đánh giá mô hình

```
python

# Dự đoán trên tập kiểm tra
y_pred = svm.predict(X_test)

# Tính độ chính xác của mô hình
accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred)
print(f"Accuracy of the model: {accuracy * 100:.2f}%")
```

Kết quả: Sau khi giảm chiều dữ liệu bằng PCA, ta thấy việc trực quan hóa dữ liệu trong không gian 2D dễ dàng hơn, mặc dù dữ liệu gốc có 4 chiều.

Bài toán 2: Phát hiện biến số quan trọng trong dự báo điểm rớt môn. Đề bài: Tiến hành khảo sát 418 sinh viên, với các đặc trưng: số giờ học/tuần, điểm kiểm tra giữa kỳ, điểm chuyên cần, số giờ ngủ, số giờ dùng mạng xã hội, mức độ stress. Hãy sử dụng PCA để tìm ra những “yếu tố” ảnh hưởng lớn nhất đến “kết quả trượt môn”. Cách giải: Bước 1: Chuẩn hóa dữ liệu: Cần chuẩn hóa (standardize) các biến để có trung bình = 0 và độ lệch chuẩn = 1. Các biến là: X1: Số giờ học/tuần; X2: Điểm kiểm tra giữa kỳ; X3: Điểm chuyên cần; X4: Số giờ ngủ; X5: Số giờ dùng mạng xã hội; X6: Mức độ stress. Bước 2: Thực hiện PCA: Sử dụng Python, sau khi chuẩn hóa, ta thực hiện PCA và thu được: Các thành phần chính (PC1, PC2, ..., PC6). Ma trận trọng số: Cho biết mỗi thành phần chính là tổ hợp tuyến tính của các biến gốc với các hệ số tương ứng. PCA cho kết quả như sau với PC1:

| Biến | Trọng số trong PC1 |
|-------------------------|--------------------|
| Số giờ học/tuần | +0,589631 |
| Điểm kiểm tra giữa kỳ | +0,471139 |
| Điểm chuyên cần | +0,350821 |
| Mức độ stress | +0,294467 |
| Số giờ dùng mạng xã hội | -0,318639 |
| Số giờ ngủ | -0,345031 |

Bước 3: Phân tích PC1: Vì PC1 có phương sai lớn nhất nên nó giải thích nhiều nhất sự khác biệt trong dữ liệu. Các trọng số cho thấy: Nếu “Tăng số giờ học, điểm kiểm tra, điểm chuyên cần” thì giá trị PC1 tăng. Nếu “Tăng thời gian mạng xã hội, số giờ ngủ” thì giá trị PC1 giảm. Giá trị cao của PC1 ứng với sinh viên học hành nghiêm túc, ít ngủ, ít dùng mạng xã hội thì khả năng trượt môn giảm. Bước 4: Kết luận: Trong bài toán này, sáu biến đầu vào bao gồm: số giờ học mỗi tuần, điểm kiểm tra giữa kỳ, mức độ chuyên cần, thời lượng ngủ, thời gian sử dụng mạng xã hội và mức độ căng thẳng. Các hệ số cho thấy điểm giữa kỳ, chuyên cần và số giờ học có hệ số dương cao, trong khi thời gian sử dụng mạng xã hội và giờ ngủ có hệ số âm lớn. Sinh viên có kết quả trượt môn thường là nhóm sinh viên có thời gian học thấp, điểm giữa kỳ thấp, chuyên cần thấp; mức độ sử dụng mạng xã hội và giờ ngủ cao. Kết quả này nhấn mạnh vai trò của việc duy trì kết quả học tập tích cực, thói quen học tập ổn định và quản lý thời gian dùng mạng xã hội trong việc cải thiện thành tích học tập, giảm nguy cơ thi trượt.

3. Kết luận

PCA là một kỹ thuật quan trọng trong học máy, đặc biệt hữu ích trong việc giảm chiều dữ liệu, tối ưu hóa hiệu suất tính toán và trích xuất thông tin quan trọng từ tập dữ liệu lớn. Việc hiểu sâu về đại số tuyến tính và xác suất thống kê đóng vai trò nền tảng cho nhiều thuật toán hiện đại, bao gồm PCA và nhiều phương pháp học máy khác. Do đó, việc tích hợp giảng dạy đại số tuyến tính, xác suất thống kê cùng với các ứng dụng thực tế như PCA không chỉ giúp sinh viên tiếp thu lý thuyết tốt hơn mà còn phát triển tư duy tính toán và khả năng giải quyết vấn đề trong lĩnh vực khoa học dữ liệu và trí tuệ nhân tạo.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Mở - Địa chất, trong đề tài mã số T25-20.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Văn Ngọc, Nguyễn Thị Lan Hương, Lê Bích Phượng, Lê Thị Hương Giang, Hà Hữu Cao Trình (2020), *Giáo trình Đại số tuyến tính*, NXB Giao thông vận tải.
- [2] Jolliffe, I. T. (2002). *Principal Component Analysis, Second Edition*. Springer-Verlag.
- [3] Bishop, C. M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.
- [4] Nhóm biên dịch DLBOOKVN (2022), *Đắm mình vào học sâu*, nguồn: <https://d2l.aivivn.com/> (2022).
- [5] Jolliffe, I.T., & Cadima, J. (2016). *Principal Component Analysis: A Review and Recent Developments*. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 374(2065).
- [6] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.