

SUN'YI INTELLEKTGA ASOSLANGAN MOBIL ROBOTLARNI LOYIHALASH VOSITASIDA O'QUVCHILARNING INJENERLIK VA TANQIDIY FIKRLASH KO'NIKMALARINI RIVOJLANTIRISH

X.A.Xalikova

Ixtisoslashgan maktab texnologik ta'lim o'qituvchisi

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21622695>

ANNOTATSIYA: Mazkur maqolada sun'iy intellekt texnologiyalariga asoslangan mobil robotlarni loyihalash jarayonida o'quvchilarning injenerlik va tanqidiy fikrlash ko'nikmalarini rivojlantirishning pedagogik imkoniyatlari tahlil qilingan. Zamonaviy ta'lim jarayonida robototexnika, dasturlash, sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalarning integratsiyasi o'quvchilarda texnik tafakkur, algoritmik fikrlash, muammoli vaziyatlarni tahlil qilish va innovatsion yechimlar ishlab chiqish kompetensiyalarini shakllantirishning samarali vositasi sifatida namoyon bo'lmoqda. Maqolada sun'iy intellekt asosida ishlovchi mobil robotlarni loyihalashning asosiy bosqichlari, jumladan, muammoni aniqlash, texnik topshiriqni shakllantirish, robot konstruksiyasini loyihalash, sensorlar va boshqaruv modullarini tanlash, algoritm ishlab chiqish, dasturlash, modellastirish va amaliy sinovdan o'tkazish jarayonlarining ta'limiy ahamiyati yoritilgan. Shuningdek, loyiha asosida ta'lim, muammoli ta'lim va STEM/STEAM yondashuvlarini sun'iy intellekt texnologiyalari bilan integratsiyalash orqali o'quvchilarning mustaqil fikrlashi, muqobil yechimlarni taqqoslash, texnik qarorlar qabul qilish va o'z faoliyatini tanqidiy baholash ko'nikmalarini rivojlantirish imkoniyatlari asoslangan. Tadqiqot natijalari sun'iy intellektga asoslangan mobil robotlarni loyihalash o'quvchilarning injenerlik kompetensiyalarini shakllantirish, tanqidiy va ijodiy fikrlashini rivojlantirish hamda ularni zamonaviy texnologik faoliyatga tayyorlashning samarali pedagogik vositasi ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, mobil robot, robototexnika, injenerlik kompetensiyasi, tanqidiy fikrlash, algoritmik fikrlash, loyihalash, dasturlash, mashinaviy o'qitish, kompyuter ko'rish, sensorlar, STEM ta'lim, loyiha asosida ta'lim, innovatsion ta'lim, raqamli texnologiyalar.

АННОТАЦИЯ: В статье анализируются педагогические возможности развития инженерных и критических мыслительных навыков учащихся в процессе проектирования мобильных роботов на основе технологий искусственного интеллекта. В современном образовательном процессе интеграция робототехники, программирования, искусственного интеллекта и цифровых технологий выступает эффективным средством формирования у учащихся технического мышления, алгоритмического мышления, способности анализировать проблемные ситуации и разрабатывать инновационные решения. В статье раскрывается образовательное значение основных этапов проектирования мобильных роботов на основе искусственного интеллекта, включая выявление проблемы, формулирование технического задания, разработку конструкции робота, выбор датчиков и модулей управления, разработку алгоритмов, программирование, моделирование и практическое тестирование. Обоснованы возможности развития самостоятельного мышления учащихся, навыков сравнения альтернативных решений, принятия технических решений и критической оценки собственной деятельности посредством интеграции проектного и проблемного обучения, а также STEM/STEAM-подходов с технологиями искусственного интеллекта. Результаты исследования показывают, что проектирование мобильных роботов на основе искусственного интеллекта является эффективным педагогическим средством

формирования инженерных компетенций учащихся, развития их критического и творческого мышления, а также подготовки к современной технологической деятельности.

Ключевые слова: искусственный интеллект, мобильный робот, робототехника, инженерные компетенции, критическое мышление, алгоритмическое мышление, проектирование, программирование, машинное обучение, компьютерное зрение, датчики, STEM-образование, проектное обучение, инновационное образование, цифровые технологии.

ABSTRACT: This article analyzes the pedagogical potential of developing students' engineering and critical thinking skills through the design of artificial intelligence-based mobile robots. In modern education, the integration of robotics, programming, artificial intelligence, and digital technologies serves as an effective means of developing students' technical thinking, algorithmic reasoning, problem-solving abilities, and capacity to develop innovative solutions. The article highlights the educational significance of the main stages involved in designing artificial intelligence-based mobile robots, including problem identification, formulation of technical requirements, robot structure design, selection of sensors and control modules, algorithm development, programming, modeling, and practical testing. It also substantiates the potential of integrating project-based learning, problem-based learning, and STEM/STEAM approaches with artificial intelligence technologies to develop students' independent thinking, ability to compare alternative solutions, make technical decisions, and critically evaluate their own activities. The findings indicate that designing artificial intelligence-based mobile robots is an effective pedagogical tool for developing students' engineering competencies, enhancing critical and creative thinking, and preparing them for modern technological activities.

Keywords: artificial intelligence, mobile robot, robotics, engineering competencies, critical thinking, algorithmic thinking, design, programming, machine learning, computer vision, sensors, STEM education, project-based learning, innovative education, digital technologies.

KIRISH. Bugungi kunda sun'iy intellekt, robototexnika va raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi ta'lim tizimining mazmuni va metodik asoslarini takomillashtirishni taqozo etmoqda. Zamonaviy texnologik taraqqiyot sharoitida ta'lim oluvchilardan nafaqat nazariy bilimlarni o'zlashtirish, balki murakkab texnik muammolarni aniqlash, ularni tahlil qilish, muqobil yechimlarni ishlab chiqish, texnik qarorlar qabul qilish va yaratilgan mahsulotning samaradorligini baholash kabi yuqori darajadagi ko'nikmalarga ega bo'lish talab etilmoqda. Shu nuqtayi nazardan, o'quvchilarning injenerlik va tanqidiy fikrlash ko'nikmalarini rivojlantirish zamonaviy ta'limning ustuvor vazifalaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, sun'iy intellekt texnologiyalariga asoslangan mobil robotlarni loyihalash jarayoni o'quvchilarda muhandislik tafakkuri va tanqidiy fikrlashni shakllantirish uchun keng pedagogik imkoniyatlarga ega. Mobil robotlarni loyihalash jarayonida o'quvchilar muayyan texnik muammoni aniqlaydi, uning yechimini izlaydi, robotning konstruktiv tuzilishini ishlab chiqadi, sensor va boshqaruv modullarini tanlaydi, algoritmi tuzadi, dasturlash ishlarini amalga oshiradi hamda yaratilgan robotni sinovdan o'tkazadi. Ushbu jarayon o'quvchilarni tayyor bilimlarni o'zlashtirishdan ko'ra, bilimlarni amaliy vaziyatlarda qo'llashga, xatolarni aniqlashga va mustaqil texnik qarorlar qabul qilishga yo'naltiradi.

Sun'iy intellektga asoslangan mobil robotlar oddiy dasturlashtirilgan qurilmalardan farqli ravishda tashqi muhitni sensorlar orqali qabul qilish, ma'lumotlarni qayta ishlash, muayyan

vaziyatni tahlil qilish va belgilangan algoritm asosida mustaqil qaror qabul qilish imkoniyatiga ega. Shu sababli bunday robotlarni loyihalash jarayoni o'quvchilarda ma'lumotlarni tahlil qilish, sabab-oqibat munosabatlarini aniqlash, turli yechimlarni taqqoslash va eng maqbul variantni tanlash ko'nikmalarini shakllantiradi. Bu esa tanqidiy fikrlashning asosiy komponentlari bilan bevosita bog'liqdir.

O'zbekiston Respublikasida ta'lim tizimini raqamlashtirish, yoshlarni zamonaviy axborot texnologiyalari, dasturlash, robototexnika va sun'iy intellekt sohalariga yo'naltirish davlat ta'lim siyosatining muhim yo'nalishlaridan biriga aylanmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son Farmoni bilan tasdiqlangan "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasida raqamli texnologiyalarni rivojlantirish, zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanish va raqamli kompetensiyalarga ega mutaxassislarni tayyorlash masalalariga alohida e'tibor qaratilgan[1]. Mazkur vazifalar ta'lim jarayonida o'quvchilarning raqamli, texnik va muhandislik kompetensiyalarini rivojlantirishni talab etadi.

Shuningdek, ta'lim sifatini oshirish, o'quvchilarda zamonaviy bilim va ko'nikmalarni shakllantirish, tabiiy fanlar, matematika, informatika va texnologik yo'nalishlarni rivojlantirishga qaratilgan davlat siyosati doirasida robototexnika va sun'iy intellekt ta'limining ahamiyati tobora ortib bormoqda. Mazkur yo'nalishlar o'quvchilarning kelajakdagi kasbiy faoliyatga tayyorgarligini kuchaytirish, ularni innovatsion faoliyatga jalb etish va texnologik muammolarni mustaqil hal qilishga o'rgatish imkonini beradi[2].

Sun'iy intellektga asoslangan mobil robotlarni loyihalash jarayoni STEM ta'limining asosiy tamoyillari bilan uzviy bog'liqdir. Chunki robot yaratish jarayonida matematika, fizika, informatika, dasturlash, elektronika va muhandislik bilimlari yagona amaliy faoliyat doirasida integratsiyalashadi. O'quvchi robotning harakatlanish mexanizmini loyihalashda mexanika qonuniyatlaridan, sensorlar faoliyatini tushuntirishda fizika bilimlaridan, algoritm va dastur tuzishda informatika va dasturlash asoslaridan foydalanadi. Natijada o'quvchilarning fanlararo fikrlashi va amaliy muammolarni kompleks hal qilish qobiliyati rivojlanadi. Shu bilan birga, robotlarni loyihalash jarayonida yuzaga keladigan texnik muammolar o'quvchilarni tanqidiy fikrlashga undaydi. Masalan, robot belgilangan yo'nalishda harakatlanmasa, sensorlar noto'g'ri ma'lumot uzatsa yoki dastur algoritmi kutilgan natijani bermasa, o'quvchi muammoning sababini aniqlashi, mavjud yechimlarni tahlil qilishi va yangi qaror qabul qilishi zarur bo'ladi. Bunday faoliyat o'quvchida tahliliy fikrlash, dalillarga asoslangan xulosa chiqarish va muammoli vaziyatlarni izchil hal qilish ko'nikmalarini rivojlantiradi[3,4].

Shu sababli sun'iy intellektga asoslangan mobil robotlarni loyihalash vositasida o'quvchilarning injenerlik va tanqidiy fikrlash ko'nikmalarini rivojlantirish masalasi zamonaviy pedagogikaning dolzarb ilmiy-amaliy muammolaridan biridir. Mazkur yo'nalishda ta'lim jarayonini tashkil etish o'quvchilarning texnik bilimlarini amaliy faoliyat bilan bog'lash, ularni innovatsion loyihalash faoliyatiga jalb etish va zamonaviy texnologik muhitda mustaqil qaror qabul qilishga tayyorlash imkonini beradi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Sun'iy intellekt, robototexnika va muhandislik ta'limining rivojlanishi bilan bog'liq ilmiy tadqiqotlar so'nggi yillarda pedagogika, psixologiya va texnologik ta'limning muhim yo'nalishlaridan biriga aylandi. Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, robototexnikani ta'lim jarayoniga joriy etish masalasi asosan konstruktivistik ta'lim, STEM/STEAM yondashuvi, loyiha asosida o'qitish, muammoli ta'lim va kompyuter fanlarini o'qitish metodikasi doirasida tadqiq etilgan.

Robototexnika ta'limining nazariy asoslarini ishlab chiqishda S. Papertning konstruktivistik ta'lim konsepsiyasi alohida ahamiyatga ega[5]. Olimning fikricha, o'quvchi bilimni tayyor shaklda qabul qilishdan ko'ra, real mahsulot yoki texnik obyekt yaratish jarayonida faol ravishda shakllantiradi. Robototexnika aynan shunday ta'lim muhitini yaratib, o'quvchilarga o'z g'oyalarini amaliy modelga aylantirish imkonini beradi. Robot yaratish jarayonida o'quvchi o'z xatolarini ko'radi, ularni tahlil qiladi va yangi yechimlar ishlab chiqadi. Bu jarayon injenerlik fikrlashining shakllanishi bilan bir qatorda, tanqidiy fikrlashni ham rivojlantiradi. M. Resnick tomonidan ilgari surilgan ijodkorlikka asoslangan ta'lim yondashuvlarida loyiha, hamkorlik, tajriba va o'yin orqali o'rganishning ahamiyati ta'kidlanadi[6]. Mazkur yondashuv robototexnika ta'limida o'quvchilarning mustaqil loyiha yaratishi, turli texnik yechimlarni sinab ko'rishi va o'z g'oyalarini takomillashtirishi uchun metodik asos bo'lib xizmat qiladi.

Ta'limiy robototexnika bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda robotlar o'quvchilarning algoritmik fikrlash, muammoli vaziyatlarni hal qilish, ijodkorlik va jamoada ishlash ko'nikmalarini rivojlantiruvchi samarali vosita sifatida ko'rib chiqiladi. Robototexnika mashg'ulotlarida o'quvchilar muayyan texnik vazifani bajarish uchun avvalo muammoni tushunadi, keyin uning algoritmini ishlab chiqadi va dasturiy hamda konstruktiv yechimlarni izlaydi. Shu sababli robototexnika ta'limi nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan bog'lashga imkon beruvchi samarali pedagogik vosita hisoblanadi.

Tanqidiy fikrlashni rivojlantirishga bag'ishlangan ilmiy tadqiqotlarda esa o'quvchilarning ma'lumotni tahlil qilish, dalillarni baholash, turli nuqtayi nazarlarni taqqoslash, muammoning sabablarini aniqlash va asoslangan xulosalar chiqarish ko'nikmalari asosiy komponentlar sifatida ko'rsatiladi. Robototexnika loyihalari mazkur ko'nikmalarni rivojlantirish uchun qulay ta'limiy muhit yaratadi. Chunki texnik loyiha jarayonida o'quvchi doimiy ravishda "Qanday qilib?", "Nima sababdan?", "Qaysi yechim samaraliroq?", "Qanday qilib robotning ishlashini yaxshilash mumkin?" kabi savollarga javob izlaydi[7,8].

Loyiha asosida ta'limga oid tadqiqotlarda o'quvchilarning real muammolarni hal qilishga yo'naltirilgan uzoq muddatli loyihalarda ishtirok etishi ularning mustaqil fikrlashi, ijodkorligi va hamkorlik ko'nikmalarini rivojlantirishi ta'kidlanadi. Sun'iy intellektga asoslangan mobil robotlarni loyihalash aynan loyiha asosida ta'limning mazkur imkoniyatlarini to'liq namoyon etadi. O'quvchilar texnik vazifani aniqlashdan boshlab, robotni loyihalash, dasturlash, sinovdan o'tkazish va takomillashtirishgacha bo'lgan barcha bosqichlarda faol ishtirok etadi.

STEM/STEAM ta'limiga oid ilmiy tadqiqotlar ham mazkur mavzuning metodologik asoslarini tashkil etadi. Ushbu yondashuvlarda tabiiy fanlar, texnologiya, muhandislik, san'at va matematika fanlarini integratsiyalash orqali o'quvchilarning amaliy va ijodiy kompetensiyalarini rivojlantirishga e'tibor qaratiladi. Robototexnika esa STEM ta'limining fanlararo integratsiyasini amaliy jihatdan ta'minlovchi eng samarali vositalardan biri hisoblanadi.

ASOSIY QISM. Sun'iy intellektga asoslangan mobil robotlarni loyihalashning ta'limiy imkoniyatlari. Zamonaviy ta'lim jarayonida sun'iy intellekt va robototexnika texnologiyalaridan foydalanish o'quvchilarning texnik, muhandislik va raqamli kompetensiyalarini rivojlantirishning muhim vositalaridan biri sifatida namoyon bo'lmoqda. Ayniqsa, sun'iy intellektga asoslangan mobil robotlarni loyihalash jarayoni o'quvchilarning nazariy bilimlarini amaliy faoliyat bilan bog'lash, texnik muammolarni mustaqil hal qilish va innovatsion yechimlar ishlab chiqish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Mobil robot — bu muayyan muhitda harakatlana oladigan, sensorlar orqali tashqi muhitdan ma'lumotlarni qabul qiladigan, ushbu ma'lumotlarni qayta ishlaydigan va belgilangan algoritm yoki sun'iy intellekt modeli asosida qaror qabul qiladigan robotik tizimdir. Bunday robotlarni loyihalashda mexanika, elektronika, dasturlash, algoritmlash, ma'lumotlarni qayta ishlash va sun'iy intellekt texnologiyalari o'zaro integratsiyalashadi[9].

O'quvchilar mobil robotlarni loyihalash jarayonida quyidagi faoliyatlarni amalga oshiradilar:

- texnik muammoni aniqlash;
- robotning asosiy funksiyalarini belgilash;
- robot konstruksiyasini loyihalash;
- harakatlanish mexanizmini tanlash;
- sensorlar va boshqaruv modullarini aniqlash;
- ma'lumotlarni yig'ish va qayta ishlash;
- algoritm va dasturiy ta'minot ishlab chiqish;
- sun'iy intellekt modelini integratsiyalash;
- virtual yoki real muhitda sinov o'tkazish;
- texnik xatolarni aniqlash va bartaraf etish;
- robot faoliyatini takomillashtirish.

Mazkur bosqichlarning har biri o'quvchilarning injenerlik tafakkurini rivojlantirishga xizmat qiladi. Chunki o'quvchi texnik vazifani bajarishda tayyor yechimdan foydalanmaydi, balki muammoni tahlil qiladi, bir nechta variantlarni ishlab chiqadi va ularning ichidan eng maqbulini tanlaydi.

O'quvchi muammoni shunchaki bartaraf etmaydi, balki uning sababini izlaydi va qabul qilingan qarorning samaradorligini baholaydi.

1-jadval.

Mobil robotlarni loyihalash jarayonida rivojlantiriladigan ko'nikmalar

Loyihalash bosqichi	O'quvchi faoliyati	Rivojlantiriladigan ko'nikma
Muammoni aniqlash	Texnik vazifani belgilash	Tahliliy fikrlash
Ma'lumot yig'ish	Zarur axborotni izlash	Axborot bilan ishlash
G'oya ishlab chiqish	Bir nechta yechim taklif qilish	Ijodiy fikrlash
Loyihalash	Robot konstruksiyasini yaratish	Injenerlik fikrlashi
Algoritmlash	Harakatlar ketma-ketligini tuzish	Algoritmik fikrlash
Dasturlash	Dasturiy kod ishlab chiqish	Raqamli kompetensiya
Sinov	Robot faoliyatini tekshirish	Muammoni hal qilish

Sun'iy intellektga asoslangan mobil robotlarni loyihalash loyiha asosida ta'limning samarali shakllaridan biridir. Loyiha jarayonida o'quvchilar real muammolarni hal qilishga yo'naltirilgan faoliyatni amalga oshiradilar.

Masalan, quyidagi loyihalarni tashkil etish mumkin:

“Aqlli to'siqni aniqlovchi robot”;

“Sun'iy intellekt asosida obyektlarni aniqlovchi mobil robot”;

- “Avtonom harakatlanuvchi robot”;
- “Aqlli ekologik monitoring roboti”;
- “Xavfli hududlarni nazorat qiluvchi mobil robot”;
- “Ovozli buyruqlar asosida harakatlanuvchi robot”.

Bunday loyihalar davomida o'quvchilar guruhda ishlaydi, vazifalarni taqsimlaydi, turli fikrlarni muhokama qiladi va umumiy qarorga keladi. Shu tariqa ularda nafaqat injenerlik va tanqidiy fikrlash, balki kommunikativ va hamkorlik ko'nikmalari ham shakllanadi.

XULOSA. Sun'iy intellektga asoslangan mobil robotlarni loyihalash o'quvchilarning injenerlik va tanqidiy fikrlash ko'nikmalarini rivojlantirishning samarali pedagogik vositalaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, robototexnika loyihalari o'quvchilarning nazariy bilimlarini amaliy faoliyat bilan bog'lash, muammoli vaziyatlarni mustaqil tahlil qilish va innovatsion texnik yechimlar ishlab chiqish imkonini beradi.

Mobil robotlarni loyihalash jarayonida o'quvchilar muammoni aniqlash, texnik topshiriqni shakllantirish, robot konstruksiyasini ishlab chiqish, sensorlar va boshqaruv modullarini tanlash, algoritm tuzish, dasturlash, sun'iy intellekt texnologiyalarini integratsiyalash, sinovdan o'tkazish va natijalarni tahlil qilish kabi bosqichlarni amalga oshiradilar. Ushbu jarayonlar o'quvchilarda muhandislik tafakkuri, algoritmik fikrlash, ijodkorlik va amaliy muammolarni hal qilish ko'nikmalarini shakllantiradi.

Sun'iy intellektga asoslangan robotlar bilan ishlash jarayoni o'quvchilarning tanqidiy fikrlashini rivojlantirish uchun ham keng imkoniyat yaratadi. Robot faoliyatidagi xatolarni aniqlash, ma'lumotlarni tahlil qilish, turli texnik yechimlarni taqqoslash va eng samarali variantni tanlash o'quvchilarda dalillarga asoslangan fikrlash va asoslangan qaror qabul qilish qobiliyatini rivojlantiradi.

Shuningdek, mobil robotlarni loyihalash STEM ta'limining fanlararo xususiyatini kuchaytiradi. Mazkur jarayonda matematika, fizika, informatika, elektronika, dasturlash va sun'iy intellekt bilimlari yagona amaliy loyiha doirasida integratsiyalashadi. Natijada o'quvchilar bilimlarni alohida fanlar doirasida emas, balki real texnik muammolarni hal qilish jarayonida kompleks tarzda qo'llashni o'rganadilar.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son “Raqamli O'zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risidagi Farmoni.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “2022–2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida”gi Farmoni.
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 17-fevraldagi PQ-4996-son “Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida”gi qarori.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son “Sun'iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida”gi qarori.
5. Papert S. Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. – New York: Basic Books, 1980. – 230 p.
6. Resnick M. Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Passion, Projects, Peers,

and Play. – Cambridge: MIT Press, 2017. – 182 p.

7. Bers M.U. Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom. – New York: Routledge, 2018. – 180 p.
8. Alimisis D. Educational Robotics: Open Questions and New Challenges. – Themes in Science and Technology Education, 2013. – Vol. 6, No. 1. – P. 63–71.
9. Eguchi A. Educational Robotics for Promoting 21st Century Skills. – Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems, 2014. – Vol. 8, No. 1. – P. 5–11.
10. Mubin O., Stevens C.J., Shahid S., Mahmud A.A., Dong J.-J. A Review of the Applicability of Robots in Education. – Technology for Education and Learning, 2013. – Vol. 1. – P. 1–7.
11. OECD. Artificial Intelligence in Science and Engineering. – Paris: OECD Publishing, 2023.
12. UNESCO. Guidance for Generative AI in Education and Research. – Paris: UNESCO, 2023.
13. UNESCO. Artificial Intelligence and Education: Guidance for Policy-makers. – Paris: UNESCO, 2021.
14. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – 4th ed. – Hoboken: Pearson, 2021. – 1168 p.
15. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 800 p.
16. Murphy K.P. Probabilistic Machine Learning: An Introduction. – Cambridge: MIT Press, 2022. – 864 p.
17. Siciliano B., Khatib O. (eds.). Springer Handbook of Robotics. – 2nd ed. – Cham: Springer, 2016. – 2227 p.
18. Corke P. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB. – 2nd ed. – Cham: Springer, 2017. – 693 p.
19. Craig J.J. Introduction to Robotics: Mechanics and Control. – 4th ed. – Boston: Pearson, 2018. – 448 p.
20. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2006. – 738 p.
21. Facione P.A. Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. – Insight Assessment, 2015.
22. Ennis R.H. Critical Thinking Across the Curriculum: A Vision. – Topoi, 2018. – Vol. 37. – P. 165–184.
23. Paul R., Elder L. Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Professional and Personal Life. – Boston: Pearson Education, 2014.
24. Dym C.L., Agogino A.M., Eris O., Frey D.D., Leifer L.J. Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. – Journal of Engineering Education, 2005. – Vol. 94, No. 1. – P. 103–120.
25. National Research Council. Engineering in K–12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects. – Washington, DC: The National Academies Press, 2009.
26. Bybee R.W. The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. – Arlington: NSTA Press, 2013.
27. Kelley T.R., Knowles J.G. A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. – International Journal of STEM Education, 2016. – Vol. 3, No. 11. – P. 1–11.
28. Bell S. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. – The Clearing House, 2010. – Vol. 83, No. 2. – P. 39–43.
29. Arduino. Arduino Documentation and Education Resources. – Arduino Educational Resources.
30. Raspberry Pi Foundation. Computing and Physical Computing Education Resources. –

Raspberry Pi Educational Resources.

31. Autodesk. Tinkercad Circuits: Digital Design and Electronics Education Resources. – Autodesk Education.

32. NVIDIA. Deep Learning and Artificial Intelligence Education Resources. – NVIDIA Developer Education.