



Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

УДК 378.147.091.313:5

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.14873154>

Підвищення рівня цифрової грамотності здобувачів освіти на прикладі створення прототип-моделі робота дослідника

Герасимов Віталій

кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри інженерії, технологій та професійної освіти, Мукачівський державний університет, 89600, Мукачево, вул. Ужгородська 26, Україна, vitgerv@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6108-9895>

Серденко Таїсія

кандидат фіз.-мат. наук, старший викладач кафедри інженерії, технологій та професійної освіти, Мукачівський державний університет, 89600, Мукачево, вул. Ужгородська 26, Україна, komarevska.tais@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1157-6115>

Панченко Оксана

старший викладач кафедри інженерії, технологій та професійної освіти, Мукачівський державний університет, 89600, Мукачево, вул. Ужгородська 26, Україна, pod1405@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-1497-7176>

Прийнято: 19.01.2025 | Опубліковано: 29.01.2025

***Анотація.** Сучасні цифрові технології вимагають цифрової грамотності серед її користувачів, що передбачає, зокрема, впровадження основ вивчення цифрової техніки та робототехніки на кожному рівні освіти. Труднощі сучасної освіти не дозволяють широко впроваджувати та опановувати*

матеріалом, пов'язаним з вивченням основ цифрової грамотності та робототехніки на всіх етапах освіти. Робототехніка, як прикладна наука, спирається на такі дисципліни, як фізика(механіка), інформаційні технології (програмування) та електроніка. Відповідно, в школі робототехніка може інтегруватися з такими предметами як математика, фізика, інформатика. Авторами акцентована увага на популярних і доступних засобах активізації навчального процесу в даній сфері, пов'язаного з конструюванням робота-дослідника. Розглянуто та наведено матеріал, пов'язаний з залученням навчально-конструкторських платформ розрахованих для здобувачів освіти з різним ступенем підготовки. Концепт-ідеєю являється розробка робота для дослідження планети Марсу. Такий підхід дозволяє привернути увагу молоді у зв'язку з реальними успіхами програми дослідження планети досягнутими інженерами та науковцями за відносно незначний період часу. Також авторами розглянуті способи опанування основам робототехніки через залучення до навчального процесу програмних симуляторів. Цей підхід є прийнятним для здобувачів вищої освіти, де за освітньою програмою здійснюється підготовка фахівців в області загальної інженерії. Акцент зроблено на модульній системі розробки, що складається з блоків, кожен з яких має свої параметри та функціональне призначення, що унаочнює та спрощує процес створення віртуального робота. Прикладом такої реалізації процесу проектування продемонстровано інструментом Simulink в середовищі MATLAB. Даний інструмент інтегрується та доповнюється іншими складовими MATLABу, що надає можливість з опановування та проектування більш складних систем симуляції. Впровадження таких підходів в системі освіти є необхідною та важливою складовою при підготовці фахівців майбутнього в області цифрових технологій та робототехніки.

Ключові слова: робототехніка, Марс, цифрова грамотність, система симуляції, MATLAB



Improving the level of digital literacy of education seekers using the example of creating a prototype model of a researcher robot

Vitaly Gerasimov

Csc (physics mathematics), Docent, Department of Engineering, Technology and Professional Education, Mukachevo State University, 89600, Mukachevo, 26 Uzhgorodska St., Ukraine, vitgerv@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-6108-9895>

Taisaya Serdenko

Csc (physics mathematics), Senior Lecturer, Department of Engineering, Technology and Professional Education, Mukachevo State University, 89600, Mukachevo, 26 Uzhgorodska St., Ukraine, komarevska.tais@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-1157-6115>

Oksana Panchenko

Senior Lecturer, Department of Engineering, Technology and Professional Education, Mukachevo State University, 89600, Mukachevo, 26 Uzhgorodska St., Ukraine, pod1405@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-1497-7176>

Abstract. *Modern digital technologies require digital literacy among its users, which involves, in particular, the introduction of the basics of studying digital technology and robotics at each level of education. The difficulties of modern education do not allow for the widespread introduction and mastery of material related to the study of the basics of digital literacy and robotics at all stages of education. Robotics, as an applied science, is based on such disciplines as physics (mechanics), information technology (programming) and electronics. Accordingly, robotics at school can be integrated with such subjects as mathematics, physics, computer science. The authors focus on popular and accessible means of activating the educational*



process in this area, related to the construction of a robot researcher. The material related to the involvement of educational and design platforms designed for students with different levels of training is considered and presented. The concept idea is the development of a robot for exploring the planet Mars. This approach allows attracting the attention of young people in connection with the real successes of the planet exploration program achieved by engineers and scientists in a relatively short period of time. The authors also considered ways to master the basics of robotics by involving software simulators in the educational process. This approach is acceptable for higher education applicants, where the educational program trains specialists in the field of general engineering. The emphasis is on a modular development system consisting of blocks, each of which has its own parameters and functional purpose, which visualizes and simplifies the process of creating a virtual robot. An example of such an implementation of the design process is demonstrated by the Simulink tool in the MATLAB environment. This tool is integrated and supplemented by other components of MATLAB, which provides the opportunity to master and design more complex simulation systems. The introduction of such approaches in the education system is a necessary and important component in the training of future specialists in the field of digital technologies and robotics.

Keywords: robotics, Mars, digital literacy, simulation system, MATLAB

Постановка проблеми. Сучасні цифрові технології вимагають цифрової грамотності серед її користувачів, що передбачає, зокрема, впровадження основ вивчення цифрової техніки та робототехніки на кожному рівні освіти [1,2].

На сьогоднішній день українські університети стикаються з численними проблемами, перш за все починаючи від недостатньо розвинутої цифрової грамотності обох сторін навчального процесу – як викладачів та вчителів, так і студентів (учнів). Дана ситуація пов'язана з недостатньою технічною базою, якістю обладнання та приміщень і постійним недофінансуванням у зв'язку з війною та труднощами в освіті. Отже виникає реальна проблема цифрової



грамотності серед молоді різної вікової групи. Особливої актуальності проблема набуває в локальних, менш досвідчених університетах, школах де рівень знань з блоку природничо-технічних дисциплін значно поступається рівню центральних навчальних закладів. Основою вивчення цифрової техніки та робототехніки є знання з таких дисциплін, як математика, інформатика, фізика та іноземна мова (англійська). Вивчення цих дисциплін в рамках шкільного курсу викликає ряд труднощів як серед вчителів(викладачів) та і серед учнів(здобувачів). Ця проблема є комплексною, і на думку авторів вирішити її у найближчий час неможливо. Реформи, які проводяться в освіті не завжди доводять свою ефективність та не приводять до бажаного результату. Можливим виходом з такої ситуації є підвищення зацікавленості молоді до вивчення цифрових технологій через впровадження комп'ютерно-орієнтованих модельних форм щодо об'єктів навчання. Реалізація цього завдання набуває особливої ефективності при акцентуванні здобувачів освіти на об'єктах, які набули широкої популярності за рахунок використання проривних інноваційних технологій, зокрема космічних. Таким прикладом може бути створення та експлуатація роботів при дослідженні планет сонячної системи та космічного простору. Автономні станції дослідження Марсу, такі як Персіверенс, Кьююрьосіті, дають нам приклад досягнення в даній області, що безперечно викликає зацікавленість у школярів на різних рівнях їх підготовки. Тому, виникає задача реалізації даного інтересу у здобувачів освіти через розробку модельних об'єктів навчання у різних, а головне доступних формах. При вивченні даної задачі залучаються базові знання з таких предметів, як фізика, астрономія, основи програмування. Така організація навчання представляє форму STEM технології [2], яка активно впроваджується в систему освіти багатьох розвинутих країн, в тому числі і в Україні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поняття терміну «робот» зазнало еволюційного розвитку. Якщо на початку свого становлення це асоціювалося з «машиною з антропоморфною (людиноподібною) поведінкою»,

то сучасне тлумачення робота трансформувалося до наступного: «робот - пристрій, здатний самостійно переміщуватися в просторі, справлятися із завданнями аналізу сцен і розпізнавання образів, що володіє кількома ступенями рухливості, вміє аналізувати зовнішнє середовище за допомогою зворотнього зв'язку, а також прогнозувати ситуації, спираючись на власний досвід і доступну інформацію» [3]. Розвиток робототехніки зазначив їх поділ за багатьма ознаками. Частіше робота можна побачити в побуті (пилосос, газонокосарка) та на виробництві (промислові роботи-маніпулятори). Там вони виконують важку та трудомістку працю, де залучення людини є економічно не обґрунтованим та витратним або неможливим. Окрему позицію займають науково-дослідницькі роботи. Цей тип робота призначений для проведення певних науково-дослідницьких задач, виконання яких людиною стає неможливим за причини наявності середовища, в якому його функціонування є неможливим або несе загрозу життю. Крім того, робот-дослідник може виконувати задачі, які фізично неможливі людиною за рахунок обмеження «діапазону чутливості» органів відчуття, тобто його органічних сенсорів. Тому, в даній сфері робот проявляє себе як найбільш ефективних способів пізнання будь-якого середовища [3-4].

Повертаючись до проблеми вивчення робототехніки в школі, завдяки НУШ зроблені певні кроки до підвищення рівня цифрової компетентності. Але у роботі [5] зазначено, що «матеріалу з «Робототехніки у шкільному курсі інформатики НУШ недостатньо для засвоєння школярами сучасних методів пізнання» і є потреба наповнення « .. програми вибіркокими курсами з поглибленим вивченням основ робототехніки ». Також авторами зазначено що « у модельній програмі Козак Л. З., Ворожбит А. В. [6] питань, пов'язаних з робототехнікою немає, лише у 6 класі пропонується виконати інтегрований проєкт обов'язкового змісту «Ігрові проєкти». Робот як програмований об'єкт». Питання, пов'язані з робототехнікою, найширше представлені в модельній програмі Радченко С. С., Боровцової Є. В., де робототехніка є частиною теми про алгоритми. Важлива думка О. Струтинської [7] , що «навчання освітньої



робототехніки в закладах освіти відбувається епізодично. Це свідчить про відсутність системного підходу до навчання освітньої робототехніки в українських школах». Резумуючі дані інших авторів, щодо проблеми викладання робототехніки в школі, слід зазначити відсутність мотиваційно орієнтованої складової у шкільних програмах, де реальні приклади (навіть у демонстраційно-візуальній формі) змогли б зацікавити дітей до створення роботів дослідників [8]. Звичайно, для найкращого результату слід мати хоча б мінімальну технічну базу у вигляді конструкторів найпростішого виду.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.

Проблематика цифрової компетентності широко досліджується та обговорюється на всіх рівнях освіти, від початкового до вищого. Наше суспільство повинно розуміти та прогнозувати майбутнє, де цифрові технології визначають рівень розвитку країни, її благополуччя та безпеку. І одним з пріоритетів є робототехніка. Робототехніка готує учнів та здобувачів до професій майбутнього, пов'язаних з автоматизацією та цифровими технологіями. Індустріально та технологічно розвинуті країни світу, такі як США, Євросоюз Японія визначають пріоритетом в області космічних технологій дослідження планет та супутників Сонячної системи, зокрема Марсу. Наша країна теж пишається своїми талантами, які є ідеологами та розробниками базових концепцій дослідження космосу (праці Кондратюка, створення ракет Корольовим, інженери-українці NASA у створенні політного марсіанського модуля). Цими досягненнями пишається людство, і це може слугувати прикладом для наступного покоління вчених та фахівців робототехніки.

Тому, збільшення інформаційного складової через наведення вказаних фактів у поєднанні з інтерактивними заняттями з робототехнікою у вигляді конструкторів різного рівня складності та віртуального моделювання, роблять навчання більш цікавим та захоплюючим, підвищуючи мотивацію до вивчення інженерних та природничих наук.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Як було вже зазначено вище, приклад успішної місії автономних роботизованих станцій на планету Марс стимулює інтерес серед здобувачів освіти до відтворення роботів-дослідників у різних його формах. Такими можливостями можуть слугувати різноманітні технічні засоби навчання у вигляді наборів конструкторів різного рівня складності. Досвід передових країн світу вказує ефективність таких підходів до вивчення робототехніки, що в кінцевому результаті призводить до наступних результатів [3]:

- робить навчання цікавим, привабливим і вмотивованим;
- дає досвід практичної роботи руками;
- заохочує до підготовки до вступу у вищі навчальні заклади;
- розвиває навички критичного мислення і стратегії вирішення проблем;
- дозволяє учням розвивати і виявляти свої творчі здібності;
- розвиває здатності до роботи в команді;
- допомагає зрозуміти на інтуїтивному рівні наукові та математичні концепції;
- допомагає здобувачам краще розуміти і реалізовувати технологічні рішення;
- підвищує впевненість у власних силах і самооцінку.

Тому, метою даної роботи є аналіз існуючих можливостей зі створення марсіанського робота-дослідника на основі конструкторів різного виду, а також демонстрація можливостей проектування робота з залученням програмних технологій віртуального моделювання технічних об'єктів.

Набуття знань в сфері робототехніки готує фахівців майбутнього в області цифрових технологій та стає опорою промислового розвитку країни, а також формує особистість до життя в швидкоплинному конкурентному середовищі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Найбільш відоме та популяризоване середовище з вивчення основ робототехніки - LEGO. Воно реалізовує концепцію програмування реального робота, що адаптує вивчення

основ цифрової грамотності з передбачуваним результатом у вигляді рухомого механізму-конструкції. Вдалим вибором для початку «гри» з робототехнікою в школі, є набір роботів LEGO MINDSTORMS. LEGO MINDSTORMS – це програмно-апаратна платформа, створена LEGO для реалізації проектів з програмованих роботів на основі деталей LEGO (Рис.1).

Він складається з типових деталей LEGO (структурні елементи, колеса, шестерні), а також сенсорів, двигунів і програмованого блоку NXT. Наявність останнього разом з середовищем програмування робить даний набір ефективним інструментарієм, що дозволяє створювати роботів різної ступені складності [3].

Рис. 1 Конструктор LEGO MINDSTORMS



Джерело: <https://dixi.education/shop/45560-expansion-set-ev3/>

Важливою перевагою LEGO MINDSTORMS [9] є його простота і гнучкість. Набір дозволяє підібрати необхідні деталі практично під будь-яке завдання, або об'єднати декілька наборів для вирішення складних завдань.

Конструктор допомагає учням реалізовувати на практиці свої ідеї та задумки, будувати та креативити, захоплено працюючи бачити кінцевий результат.

Певній альтернативі LEGO можуть слугувати конструктори, які базуються на створенні проектів роботів з залученням умовної платформи програмування Scratch. Даний інструмент вивчають учні в школі на початку вивчення курсу інформатики. Завдяки цьому школярам стає простіше опановувати робототехніку використовуючи вже набуті знання. Scratch 3.0 — це інструмент для створення інтерактивних історій, ігор, симуляцій, анімації та багато іншого (Рис. 2). Діти можуть переміщувати блоки з інструментальної області в область,

де блоки з'єднуються в сценарії, як шматочки пазла. Цей спосіб програмування називається «перетягуванням». Завдяки Scratch 3.0 діти, отримують розуміння основ програмування і часто переходять на інші, більш складніші мови, наприклад Python. Позитивною особливістю Scratch є кросплатформність. Scratch можна встановлювати на комп'ютерах під управління різних операційних систем Microsoft Windows, Macintosh і Linux, Raspbian та інших [3]. Прикладом такої системи може бути конструктор Robot Master Standard.

Рис. 2 Конструктор set Robot Master Standard. Програмування роботів здійснюється в середовищі Scratch 3.



Джерело <https://www.teachersuperstore.com.au/makerzoid-robot-master-standard-100-in-1-set>

Іншим варіантом конструкторів зі створення проектів в робототехніці є проекти, які використовують альтернативні джерела енергії, зокрема сонячну (Рис.3). Такий підхід дозволяє залучати майбутнє покоління до правила заощадження енергії, через використання інших джерел. Прикладом такого підходу є конструктор Solar Robot.

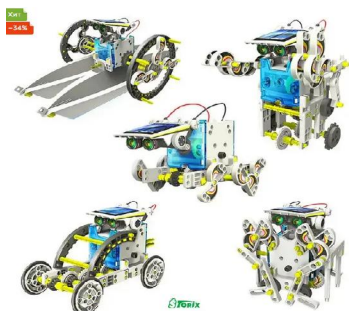


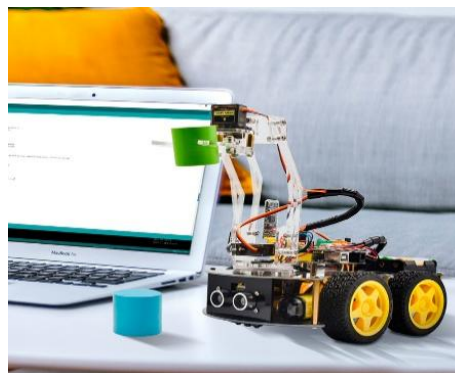
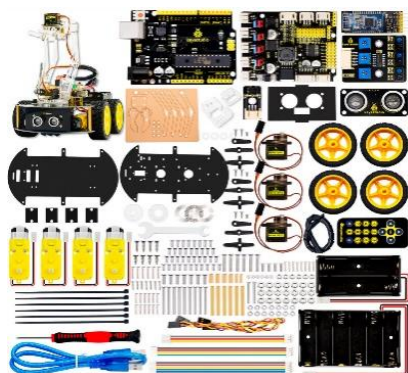
Рис. 3 Конструктор з альтернативним джерелом енергії Solar Robot.

Джерело <https://leo-shop.com.ua/konstruktor-robot-na-solnechnykh-batareiakh-solar-robot-14-detalei/>

Solar Robot 14 в 1 – це захоплюючий набір, що дозволяє створити 14 різних моделей роботів, що працюють на сонячних панелях. Останнє дозволяє імітувати автономність роботи апарата в умовах планети Марс. Цей конструктор підходить як для новачків, так і досвідчених конструкторів. Він може використовуватися для навчання, хобі, моделювання, а також як елемент декору або гра, що розвиває. Зміна полярності напруги на сонячній панелі дозволяє регулювати напрям обертання двигуна. Прозорий корпус дозволяє спостерігати за рухом шестерень. Сонячна батарея найефективніше працює при яскравому сонячному світлі. У похмуру погоду ефективність значно знижується. У приміщенні також можна використовувати галогенну лампу потужністю не менше 100 Вт як джерело світлової енергії.

Ще однією передовою навчальною платформою, що дозволяє вчителям та учням старших класів реалізувати інженерні, конструкторські, проектні ідеї та реалізувати свій потенціал є Arduino. Основа цієї платформи - базовий апаратний модуль та програма, в якій можна написати програмний скетч-код до відповідного контролера на спеціалізованій ардуїновській мові. Цей код «заливається» до модуля, після чого модуль вважається запрограмованим і він починає роботу [10].

Рис.4 Модульний конструктор Ардуіно



Джерело: <https://arduinoakit.com.ua/ua/p1473350925-robotizirovannyj-konstruktor-arduino.html>

Прикладом ардуїновського конструктора може бути кіт з модулями, зображений на рис.4. В даному конструкторі поєднуються в собі три повноцінних програмованих роботи, які в процесі інсталяції можна самостійно запрограмувати та керувати роботизованим конструктором використовуючи пульт або мобільний додаток. Робот на Ардуїно складається з розумного рухомого автомобіля при цьому на ньому можна розмістити повністю функціональний механічний маніпулятор руки. Останнє реалізує модель захвату та перенесення зразків марсіанського ґрунту.

Основні переваги стартового набору робота Ардуїно:

- Модульна організація конструктора з фіксуванням посадочних елементів збірки.
- Не потрібно спаювати компоненти.
- Управління з пульта або з допомогою програми на телефоні.
- Рух робота машинки по лінії.
- Виявлення перешкод на шляху руху багатофункціональним роботом на контролері Arduino UNO R3 [10-12].

Як видно з представлених характеристик, даний набір цілком задовольняє майбутнього інженера робототехніка своїми можливостями та реалізовує його ідеї в діючу модель.

Наступним способом опанування основам робототехніки є залучення до навчального процесу програмних симуляторів. Цей підхід є сприйнятливим для здобувачів вищої освіти, де здійснюється підготовка спеціалістів в області загальної інженерії, і передбачається наявність фахової підготовки у майбутніх спеціалістів. Симулятор робототехніки розміщує віртуального робота у віртуальному середовищі, не потребуючи фізичного прототипу [13,14]. Новітні симулятори можуть генерувати набори даних для навчання моделей машинного навчання, які будуть застосовуватися на реальних роботах. Розширений симулятор робототехніки базується на фундаментальних рівняннях фізики.

Наприклад, він може використовувати закони руху Ньютона для визначення руху об'єктів протягом часу. Також він враховує фізичні обмеження робота, такі як шарнірні з'єднання або обмеження руху в просторі. Також є можливим обробляти сигнали з датчиків, такі як крутні моменти в суглобах робота або сили, які виникають при захваті роботом об'єкту. Користувач симулятора робототехніки зазвичай імпортує моделі робота та об'єкти для створення віртуальної сцени. Розробники можуть використовувати набір алгоритмів для планування завдань і руху робота, а потім призначати керуючі сигнали для виконання цих планів [14,15].

Для моделювання мобільних роботів існують різні програмні засоби та середовища, що дозволяють розробляти, тестувати та відлагоджувати різноманітні алгоритми [14] та сценарії для рухомих роботів. Серед найпопулярніших програм виділяють наступні:

1. ROS (Robot Operating System): ROS є одним з найпоширеніших інструментів для розробки програмного забезпечення для роботів.
2. Gazebo
3. V-REP (Virtual Robot Experimentation Platform)
4. CoppeliaSim
5. MATLAB (Matrix Laboratory)
6. Webots
7. Microsoft Robotics Developer Studio

Кожен з зазначених продуктів має свої особливості та можливості застосування, і в рамках даної публікації їх опис є неможливим. Серед представлених продуктів слід акцентувати увагу на MATLAB [13]. Середовище MATLAB пропонує різноманітні способи програмування роботів, що відповідають потребам та уподобанням. Один з підходів - використання MATLAB як самостійного середовища програмування, де користувач може розробляти, тестувати, налагоджувати та розгортати програмне забезпечення для роботів. MATLAB підтримує різні мови програмування для роботів, такі як C,

C++, Python і ROS . Також надається можливість використовувати MATLAB для взаємодії з обладнанням робота, таким як контролери, датчики та виконавчі механізми, з залученням різних типів з'єднання.

На користь MATLAB вказує той факт, що в ньому реалізована потужна підтримка від виробника через Cloud інформування та навчання [16].

За допомогою MATLABу можлива симуляція та безпосереднє моделювання роботів. З його допомогою можна створювати віртуальні моделі робота та його середовища, а також тестувати код перед запуском на реальному роботі.

MATLAB пропонує кілька інструментів для симуляції та моделювання роботів, таких як Simulink, Robotics System Toolbox і Simscape Multibody. Ці інструменти дозволяють проектувати, створювати та візуалізувати моделі роботів, а також симулювати їх динаміку, кінематику, планування руху, керування та комунікацію датчиків.

Рис.5 Віртуальне моделювання марсіанського робота засобами MATLAB



Джерело: <https://ch.mathworks.com/solutions/robotics/mobile-robots.html>

Особливо ефективним способом розробки є інструмент Simulink середовища MATLAB [16]. Інструмент пропонує інтуїтивно зрозуміле графічне середовище для моделювання, що базується на концепції блок-схем. Користувачі можуть створювати моделі, використовуючи різні блоки, які представляють різні компоненти системи, і з'єднувати їх зв'язками, що представляють взаємодії між цими компонентами. Такий підхід дозволяє створювати складні моделі систем з



великою кількістю компонентів та їх взаємодій за допомогою інтуїтивного інтерфейсу (рис. 5).

Висновки. Однією з задач, яка виникає на сучасному етапі впровадження цифрової грамотності є інтегроване вивчення робототехніки на різних рівнях освіти (від дошкільних закладів до вищих навчальних закладів). Залучення програмованих конструкторів різного типу при створенні робота-дослідника дозволяє легко зрозуміти та опанувати закони фізики, математики, а також засвоїти принципи програмування. Такий підхід розвиватимуть основи креативності, стійкості та вирішення проблем. Більш підготовлена група здобувачів освіти отримують знання в області робототехніки через залучення програмних продуктів комп'ютерної симуляції. Впровадження таких підходів в системі освіти є необхідною та важливою складовою при підготовці фахівців майбутнього в області цифрових технологій та опорою промислового розвитку країни, її суверенітету.

Список використаних джерел

1. Проект-заявка гранту ERASMUS Plus – Digital Competence Through Introducing Robotics into Curriculum. Acronym: EduRob, 2024. https://kogpa.edu.ua/images/main_dir/sectors/mizhnar_zvyaz/EduRob.pdf
2. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-p#n8>
3. Н.В. Морзе, Л.О. ВарченкоТроценко, М.А. Гладун. Основи робототехніки: навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А. 2016. 184 с.
4. Герасимов В.В., Молнар О.О., Рейс Т.Т. Застосування сучасних інтерактивних систем та додатків у вивченні астрономії в школі. *Міжнародний науковий журнал «освіта і наука»*. 2023. Випуск 2(35). с.20-34.
5. Мельничук Л., Яшан Б., Кондур О. Поглиблене вивчення робототехніки у школі впровадженням вибіркокових навчальних курсів. *Освітні обрії*. 2022. №2(55). с.59-64



6. Сайт зі шкільними підручниками. Режим доступу <https://pidruchnyk.com.ua>
7. Струтинська О. В. Актуальність впровадження освітньої робототехніки в українську школу. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2019. с. 324–344. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s30>.
8. Кондрат П. Робототехніка (презентація). <https://naurok.com.ua/prezentaciya-robototekhnika-v-shkoli-339705.html>
9. Конструктор LEGO. URL: <http://constructors.com.ua/Education/Resursnyy-nabor-LEGO-MINDSTORMS-Education-EV3-45560>
10. Яцюк, С. М., Хомяк, М. Я., Чигрин, В. М., Яцюк, А. В., & Юнчик, В. Л. Практичне використання STEM-підходу на уроках інформатики у старшій школі. *Педагогічна Академія: наукові записки*, 2024. №11. с. 42-47 <https://doi.org/10.5281/zenodo.14545767>
11. Кривонос О.М. Огляд платформи Arduino Nano 3.0 та перспективи використання під час навчального процесу. *Інформаційні технології і засоби навчання*. Том 56, № 6. Київ, 2016. С.79-80.
12. Download the Arduino IDE. <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
13. MathWorks, «Simulink is for Model-Based Design». Доступно: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html>
14. Гераїмчук М.Д., Лазарєв Ю.Ф., Толочко Т.О. Моделювання систем у середовищі MATLAB-SIMULINK: Комп'ютерний практикум. К., 2006. 175 с .
15. Kresyak M., Molnar A., Gerasimov V. Augmented reality in astronomy learning Monografia: Przetwarzanie, transmisja i bezpieczenstwo informacji. Wydawnictwo naukowe Uniwersytetu Bielsko-Bialskiego. 2023. pp.183-188. DOI: <https://doi.org/10.53052/9788367652124.17>
16. MathWorks, «Robotics System Toolbox. Design, simulate, test, and deploy robotics applications» URL: <https://www.mathworks.com/products/robotics.html>. Дата звернення: 3 берез. 2024.



МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: www.msu.edu.ua

E-mail: info@msu.edu.ua, pr@mail.msu.edu.ua

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>