

УДК 37.091.3:004

**Струтинська Оксана Віталіївна**

доцент, кандидат педагогічних наук,

заступник декана з наукової роботи та міжнародної діяльності факультету інформатики,

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, Київ

*o.v.strutynska@npu.edu.ua*

ORCID: 0000-0003-3555-070X

## ВИКОРИСТАННЯ РОБОТОТЕХНІКИ ТА 3D ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ РОЗВИТКУ STEM ОСВІТИ

**Анотація.** Стаття присвячена питанням з'ясування можливостей використання робототехніки та 3D технологій в умовах розвитку STEM освіти. Для вирішення завдань дослідження розглянуто перспективи розвитку робототехніки та 3D технологій в умовах формування концепції Industry 4.0. Аналіз світових тенденцій розвитку робототехніки та 3D технологій показав, що ці галузі на теперішній час динамічно розвиваються, і вже використовуються в багатьох сферах людської діяльності. Це призводить до висновку в необхідності підготовки відповідних фахівців, що, в свою чергу, спричиняє потребу в оновленні змісту навчання шкільної та університетської освіти відповідно до вимог сьогодення. Тому на теперішній час особливого значення набувають питання впровадження робототехніки та 3D технологій у навчальний процес закладів середньої та вищої освіти як обов'язкової складової підготовки майбутніх фахівців у сфері високих технологій. У статті наведено приклади інтеграції 3D технологій та робототехніки в науці й техніці. Окреслено шляхи використання робототехніки та 3D технологій у навчальному процесі, зокрема через проектну діяльність. Робототехніка та 3D технології є популярним та ефективним методом для вивчення важливих галузей науки, конструювання та базується на активному використанні сучасних технологій у виробництві, ІКТ й високому інтелектуальному рівні фахівців, які будуть працювати в умовах інноваційної економіки. У дослідженні розглянуто приклад використання 3D технологій та робототехніки у процесі реалізації дослідницького навчального STEM проекту. Застосування проектною діяльністю сприяє формуванню в учнів і студентів навичок роботи в команді, розвитку самостійної пошукової та творчої діяльності, формуванню міжпредметних компетентностей. Результати проведеного дослідження показали важливість розробки сучасних підходів до навчання робототехніки та 3D технологій як перспективних напрямів STEM освіти.

**Ключові слова:** робототехніка; освітня робототехніка; 3D технології; 3D друкування; STEM освіта

### 1. ВСТУП

**Постановка проблеми дослідження та її актуальність.** Високі темпи розвитку сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), науки й техніки суттєво впливають на всі галузі суспільства: змінюються виробництво, освіта, медицина, ринок праці, засоби спілкування, передавання та опрацювання даних тощо. І цей вплив постійно зростає.

На сьогодні науково-технічний прогрес призвів до появи концепції "*Industry 4.0*", пов'язаної із змінами підходів до виробничих процесів та виробництва в цілому.

Головною ідеєю Industry 4.0 є розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему з мінімальним або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес.

Розвиток концепції Industry 4.0 пов'язаний з індустріальними революціями (рис. 1) [5; 9; 10]:

- перша індустріальна революція (Industry 1.0) призвела до переходу від ручного до механізованого виробництва через використання парового двигуна (друга половина 18 століття (1760) – 19 століття (1840));

- друга індустриальна революція (Industry 2.0) уможливила перехід до масового виробництва за допомогою електродвигуна та конвеєра (між 1870 р. та 1914 р.);
- третя індустриальна революція (Industry 3.0) призвела до переходу на автоматизоване виробництво через використання комп'ютерів та інформаційних технологій (початок між 1950 р. та 1970 р.). Цю індустриальну революцію називають також "цифрова революція" ("Digital Revolution") або "інформаційна ера" ("Information Age"), оскільки вона призвела до переходу від аналогових та механічних систем до цифрових;
- четверта індустриальна революція (Industry 4.0) виводить автоматизацію виробничих процесів на новий рівень у зв'язку з впровадженням спеціалізованих та гнучких технологій масового виробництва, створюючи "розумні фабрики", що обмінюються даними через Інтернет речей. Це означає, що автоматизоване обладнання будуть працювати незалежно як саморегульована система з мінімальним або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес, здатна збирати дані, аналізувати їх та пропонувати можливі варіанти рішень (сучасний час).

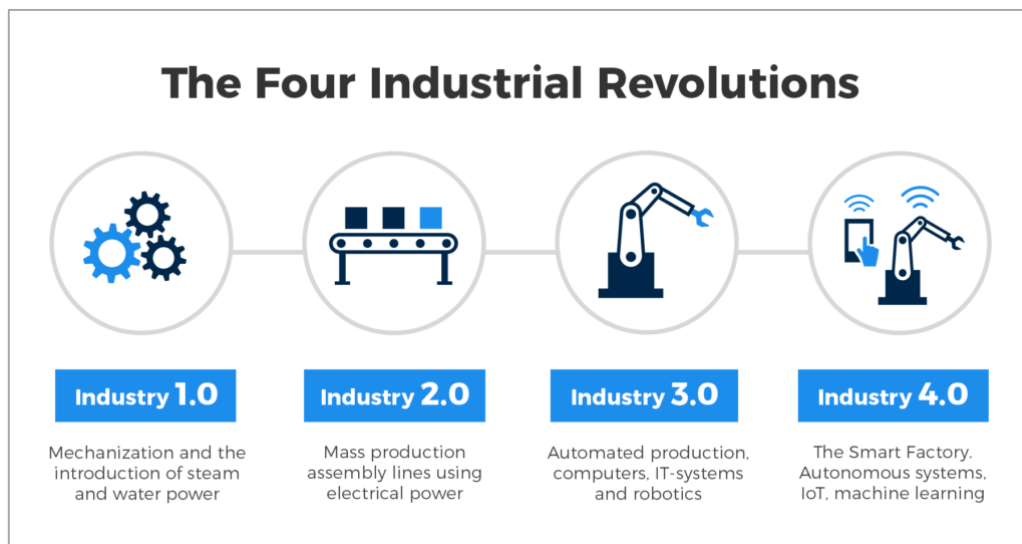


Рис. 1. Чотири індустриальні революції

[https://www.elinext.com/wp-content/uploads/2018/09/SE\\_artikkeli\\_kuva\\_SmartIndustry\\_v02-1024x538.png](https://www.elinext.com/wp-content/uploads/2018/09/SE_artikkeli_kuva_SmartIndustry_v02-1024x538.png)  
(дата звернення: 14.11.2019), [11]

До основних компонентів Industry 4.0 належать [9]:

1. **Кібер-фізична система** (CPS – *Cyber-Physical System*) – це вбудовані комп'ютерні та мережеві технології, що дозволяють здійснювати моніторинг та управління фізичними процесами на виробництві та отримувати зворотні дані.
2. **Інтернет речей** (IoT – *Internet of Things*) – поєднання різних складових (сенсорів, смартфонів тощо) через мережу Інтернет, що уможлиблює їхню взаємодію між собою для досягнення спільних дій.
3. **Інтернет сервісів** (IoS – *Internet of Services*) – надання послуг постачальниками через мережу Інтернет.
4. **"Розумна фабрика"** (*Smart Factory*) – це завод, обладнання на якому автоматизоване, управляється комп'ютером і яке може отримувати зворотні дані про стан об'єкта у фізичному просторі за допомогою сенсорів [9, С. 8, С. 10].

Вважається, що четверта промислова революція призведе до "розумного виробництва" та повного використання цифрового виробництва.

Отже, **Industry 4.0** – це поєднання інновацій у цифрових технологіях, таких як робототехніка, штучний інтелект, сенсорні датчики, хмарні обчислення, Інтернет речей, синхронізованих з смартфонами та багатьма іншими додатками [5; 10; 16; 17].

Industry 4.0 визначається конвергенцією технологій, до яких належать [10]:

- Інтернет речей та широке використання датчиків;
- великі дані та аналітика;
- штучний інтелект та машинне навчання;
- широкопотужна мережа малої потужності (LPWAN – low-power wide area network) для мереж "машина до машини" (M2M – machine-to-machine) та Інтернет речей;
- конвергенція IT/OT (information technology/operational technology – інформаційні технології/експлуатаційні технології);
- сенсорний і голосовий інтерфейси та системи доповненої реальності (AR – augmented reality);
- передова робототехніка;
- адитивне виробництво (3D технології та 3D друкування).

Зараз суспільство переживає суттєві технологічні перетворення. Виходячи з досягнень технологій, таких як робототехніка та 3D технології, можна очікувати, що четверта індустріальна революція принципово змінить те, як люди живуть, працюють та взаємодіють з навколишнім середовищем.

**Мета дослідження:** розглянути можливості використання робототехніки та 3D технологій як перспективних напрямів STEM освіти.

## 2. ПОДАННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

### 2.1. Перспективи розвитку робототехніки та 3D технологій в умовах формування концепції Industry 4.0

**Робототехніка** – це прикладна наука, в якій вивчається проектування, розробка, конструювання, експлуатація та використання роботів.

Аналіз світових тенденцій розвитку робототехнічної галузі показує [3, С. 328-329]:

- прискорення темпів та зростання обсягу виробництва промислових роботів;
- розвиток "**розумних фабрик**" (*Smart Factories*) як однієї із складових концепції "**Industry 4.0**";
- зростання попиту на спеціалістів робототехнічної галузі в цілому, оскільки вже зараз існує нагальна потреба у фахівцях для розробки, конструювання та програмування роботів;
- підвищення популярності робототехніки як освітнього тренду в Україні та світі, в т.ч. як наслідок у зв'язку з інтенсивним розвитком даної галузі та високою затребуваністю відповідних фахівців.

На сьогодні промислові роботи і комплексна автоматизація виробництва затребувані в багатьох галузях суспільної діяльності [2, С. 181]:

- *промисловість* (роботи для фарбування, зварювальні роботи, роботи для вирізання з металу тощо);
- *військова галузь* (бойові роботи, роботи-розвідники);
- *медицина* (мікроскопічні роботи для використання в мікрохірургії, роботи-кур'єри в лікарнях);
- *авіація* (безпілотні роботи-літаки);
- *космічна галузь* (самохідні апарати на базі роботизованих систем);
- *сфера обслуговування* (роботи для допомоги людям з особливими потребами);

- *побут* (роботи-пилососи) тощо.

Робототехніка змінює спосіб нашого життя та діяльності. Це означає також і те, що вже існує нагальна потреба у фахівцях для розробки, конструювання та програмування роботів.

Таким чином, із зазначеного можна зробити висновки про стрімкий розвиток робототехніки як прикладної галузі, що, у свою чергу, спричиняє потребу у підготовці відповідних кваліфікованих фахівців.

**Технології 3D друкування** (3D printing technology) з'явилися лише кілька десятків років тому, але вони динамічно розвиваються і вже використовуються в багатьох сферах людської діяльності.

3D друкування – це адитивна технологія (additive technology). **Адитивні технології** – одна з форм технологій адитивного виробництва (additive manufacturing), за допомогою якої тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу (процес друкування або вирощування). Друкування здійснюється за допомогою спеціального пристрою – 3D принтера, за допомогою якого можна створити тривимірний об'ємний об'єкт із цифрової комп'ютерної моделі (CAD – computer-aided design model) шляхом послідовного накладання пластичного матеріалу. 3D принтери швидші, доступніші й простіші у використанні, ніж інші технології адитивного виробництва [4].

Поступово технології 3D друкування входять до нашого життя, відкриваючи все нові можливості її використання в найрізноманітніших галузях людської діяльності:

- *промисловість та виробництво* (проектування та тривимірне друкування двигунів, електромобілів, промислове прототипування);
- *медицина* (друкування елементів для хірургії, стоматології, ортопедії, індивідуального протезування);
- *архітектура* (друкування архітектурних макетів будівель, споруд, окремих районів міст та котеджних сіл з відповідною інфраструктурою; друкування будинків та інших архітектурних об'єктів);
- *космічна галузь* (друкування для космічних досліджень, наприклад, друкування споруд для будівництва місячних баз);
- *військова галузь* (дизайн нового обладнання, запуск його у промислову серію, наприклад, друкування прототипів лінз для пілотів, безпілотних літаків (дронів), окремих видів зброї та ін.);
- *робототехніка* (робот для 3D друкування споруд);
- *освіта* (виготовлення наочних матеріалів для навчання);
- *дизайн* (виготовлення взуття, одягу, дизайн ювелірних прикрас).

Бурхливий розвиток 3D технологій сприяє появі нових професій, таких як 3D дизайнери, фахівці з 3D друкування тощо. Саме тому вже зараз потрібно готувати кваліфікованих фахівців для цих професій майбутнього.

## **2.2. Приклади інтеграції робототехніки та 3D технологій в науці й техніці**

Робототехніка – це одна з галузей, в якій широко використовуються технології 3D друкування. Використання даних технологій разом є дуже перспективним. Наведемо приклади інтеграції робототехніки та 3D технологій в науці й техніці.

### ***BionicANT***

Ці маленькі 3D надруковані роботи (3D printed robots) виглядають і "поводяться" так само, як справжні комахи. Роботи розроблені німецькою компанією Festo. "ANT" тут означає "Autonomous Networking Technology". У кожного BionicANT є камера та датчики, які дозволяють йому знаходити об'єкт та "взаємодіяти" з іншими BionicANTS у

безпосередній близькості. Ці 3D надруковані роботи можуть "взаємодіяти" один з одним і координувати свої дії та рухи між собою [6].



Рис. 2. Надрукований робот-комаха BionicANT

### ***Robirds***

Надрукований на 3D принтері робот-птаха (3D printed robot-bird – robird) розроблений голландською компанією Clear Flight Solutions. Він створений для того, щоб утримувати повітряний простір від птахів у критичних областях польоту, таких як злітно-посадкова смуга аеропорту, сільськогосподарські поля, фруктові сади, санітарні зони тощо шляхом відлякування живих птахів.

Ці надруковані на 3D принтері роботи-птахи (3D printed robirds) є фактично безпілотними літаками (дронами – drones), які можуть літати, махаючи крилами, і маскуватися під справжніх птахів [13].



Рис. 3. Надрукований робот-птаха Robirds

### ***Підводні безпілотники, створені за допомогою 3D принтерів***

Каліфорнійська компанія Blue Robotics спеціалізується на створенні підводних роботів, надрукованих на 3D принтері (3D printed submarine drones) [7].

До галузей застосування підводних роботів належать: пошук аварій на кораблях, перевірка бурових установок та підводних трубопроводів, вивчення екстремальних глибин світового океану, екологічний моніторинг навколишнього середовища та морське спостереження, наукові дослідження на морі (дистанційний забір води), картографування підводних об'єктів, пошуково-рятувальні роботи, оцінка морських екологічних інцидентів (наприклад, при розливі нафти), дослідження поведінки морських тварин, в оборонних цілях (виявлення мін), виявлення незаконного рибальства, видобутку корисних копалин із затоплених шахт тощо.

***Біонічні (роботизовані) протези, надруковані на 3D принтері***

Один із найвідоміших і найуспішніших стартапів останніх років, який займається інтеграцією адитивних технологій в українську медицину, є студія 3D друкування Vila Muraha, заснована Віктором та Надією Бакланами [1].

За допомогою технології 3D друкування їх компанія створює декоративні кавери для протезів, біонічні (роботизовані) протези та друкує 3D моделі частин тіла, органів та пухлин на основі медичних даних пацієнта, тим самим даючи лікарям можливість підготуватися до майбутніх операцій і врахувати потенційні ризики.

Перспективним напрямом поєднання 3D технологій і робототехніки є створення роботизованих протезів, що працюють від датчиків. Вони зчитують імпульси м'язів, і пальці стискаються або розпрямляються. Перший тяговий протез командою було розроблено в 2015 році. Протез створений з ABS-пластику, пластичного й ударостійкого матеріалу, і кріпиться до біцепса.



Рис. 4. Роботизований протез

***Мобільні роботи для 3D друкування бетонних конструкцій***

Вчені з Сінгапуру з Nanyang Technological University (NTU) розробили технологію, що дозволяє двом мобільним роботам (mobile robots) працювати разом для 3D друкування бетонних структур [14].

Створені роботи надрукували бетонну конструкцію розміром 1,86 м x 0,46 м x 0,13 м за вісім хвилин. До цього подібні великі бетонні конструкції можна було надрукувати тільки за допомогою великих 3D принтерів, більших за надруковані об'єкти, що було дуже важко або неможливо реалізувати на будівельних майданчиках з обмеженнями на простір.



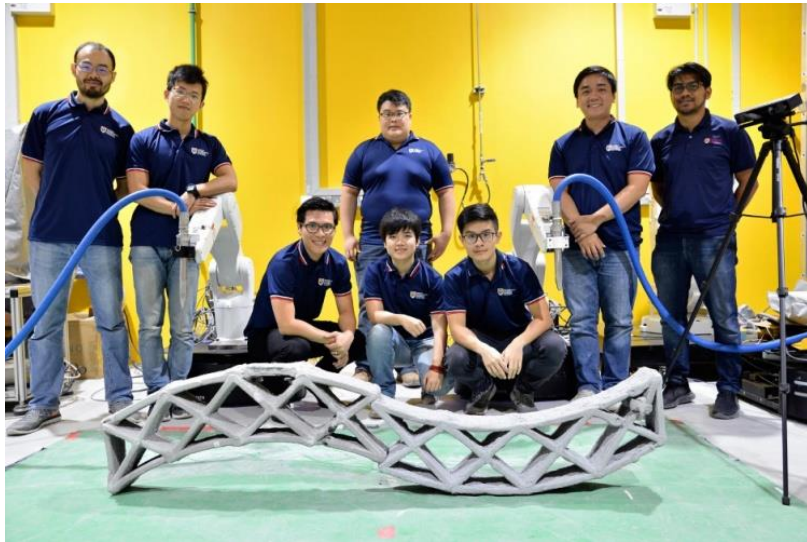


Рис. 5. Мобільні роботи для 3D друкування

### ***Інтеграція робототехніки та технологій 3D друкування для створення "розумних фабрик"***

3D друкування в поєднанні з промисловими роботами може стати перспективним підходом до виробництва. Два основних фактори сприяють об'єднанню цих технологій: необхідність додатково створювати великі об'єкти більш точно і неодноразово, а також можливість досягти більш автоматизованого та інтегрованого виробництва з використанням технологій 3D друкування [8].

Напрями інтеграції технологій 3D друкування та робототехнічних систем для використання на виробництві:

- створення великомасштабних об'єктів (завдяки 3D друкуванню можна швидко створювати деталі із складними геометричними формами, а використання промислових роботів забезпечує повторюваність дій та свободу руху в кількох осях);
- зменшення витрат на матеріали при виробництві (забезпечується завдяки використанню 3D друкування);
- застосування робототизованих 3D принтерів у будівництві (робот для 3D друкування споруд; 3D принтер, що поєднує в собі промисловий робот та зварювальну машину для створення великих тривимірних металевих конструкцій).

Перспективною формою інтеграції 3D друкування та робототехніки на виробництві є створення інтелектуальних промислових роботів та адитивних машин в поєднанні з технологіями штучного інтелекту, що можуть мати набагато ширший спектр застосувань, включаючи "розумний" та автоматизований ремонт. Прикладом такого проекту є Repair Bot [15], що реалізується технологічним університетом Swinburne (Melbourne, Австралія) спільно з інноваційним виробничим кооперативним дослідницьким центром (IMCRC) та Tradiebot Industries. Проект спрямований на розробку автоматизованого сервісного обслуговування для пластикових автомобільних деталей. 3D сканування та 3D друкування будуть використовуватись для створення запасних частин, а промислові роботи автоматизують процес збірки.

### **2.3. STEM освіта як напрям для підготовки майбутніх фахівців у сфері високих технологій**

Світова економіка і розвиток нашої країни рухаються у напрямку інновацій і ключовими вимогами в освіті до такого переходу є підготовка молоді до створення таких інновацій. Для того, щоб бути процвітаючою і успішною в наступні десятиліття,

економіка нашої країни має опиратись на високопродуктивну науку та дієву інноваційну систему. Наука, технології, інженерія та математика (STEM: **S** – Science (природничі науки), **T** – Technology (технології в загальному розуміння, не лише комп'ютерні), **E** – Engineering (інжиніринг, проектування, дизайн), **M** – Mathematics (математика)) є основою для інновацій. Розвиток STEM напрямків в освіті має вирішальне значення для розвитку сучасного суспільства. Таким чином STEM освіта є основою для підготовки фахівців у галузі високих технологій.

До основних складових STEM освіти важливо також залучати і сучасні галузі, що нині швидко розвиваються. До таких напрямів належать робототехніка та 3D технології. Підготовка майбутніх фахівців у галузі робототехніки та 3D технологій, в свою чергу, потребує оновлення змісту шкільної та університетської освіти відповідно до вимог сьогодення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій у галузі STEM освіти (Н.В. Морзе, Н.Р. Балик, О.В. Барна, С.М. Бревус, В.Ю. Величко, С.А. Гальченко, М.А. Гладун, Л.С. Глоба, К.Д. Гуляєв, С.М. Дзюба, Б. Меанс, Е. Пітерс-Бертон, Н. Морель, Дж. Конфрі, А. Хаус та ін.) показав необхідність створення науково обґрунтованої методичної системи навчання освітньої робототехніки та 3D технологій як складової STEM освіти (рис. 6).

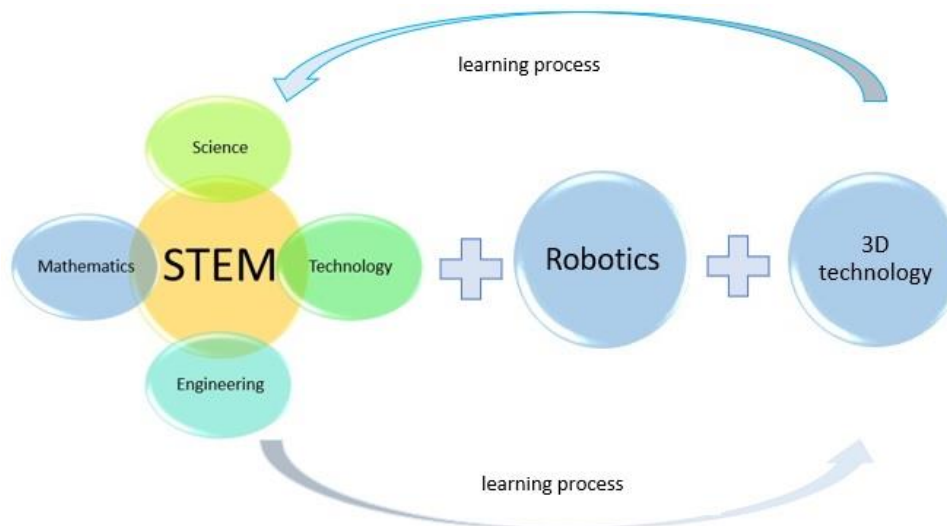


Рис. 6. Впровадження робототехніки та 3D технологій у навчальний процес як важливого компоненту STEM освіти

Робототехніка та 3D технології є популярним та ефективним методом для вивчення важливих галузей науки, конструювання та базується на активному використанні сучасних технологій у виробництві, ІКТ й високому інтелектуальному рівні фахівців, які будуть працювати в умовах інноваційної економіки.

Інтеграція 3D технологій та робототехніки у навчальному процесі ефективно реалізується через проектну діяльність. Застосування останньої сприяє формуванню в учнів і студентів навичок роботи в команді, розвитку самостійної пошукової та творчої діяльності, формуванню міжпредметних компетентностей.

Наведемо приклад використання 3D технологій та робототехніки у процесі реалізації дослідницького навчального STEM проекту.

Для реалізації дослідницьких проектів з 3D технологій та робототехніки пропонується використовувати вільнопоширювані матеріали відкритих платформ з 3D друкування та робототехніки. Однією з таких відомих міжнародних спільнот дизайнерів,



які досліджують, створюють і поширюють 3D продукцію, є відкрита платформа **Thingiverse.com** [12]. В рамках підтримки відкритої платформи всі проекти мають ліцензію Creative Commons, яка означає, що кожен може використовувати або змінювати будь-який вже розроблений дизайн 3D продукції.

Дослідницький проект включає в себе дизайн, друк частин робота на 3D принтері, збірку та програмування робота Juno Rover на базі платформи Arduino.

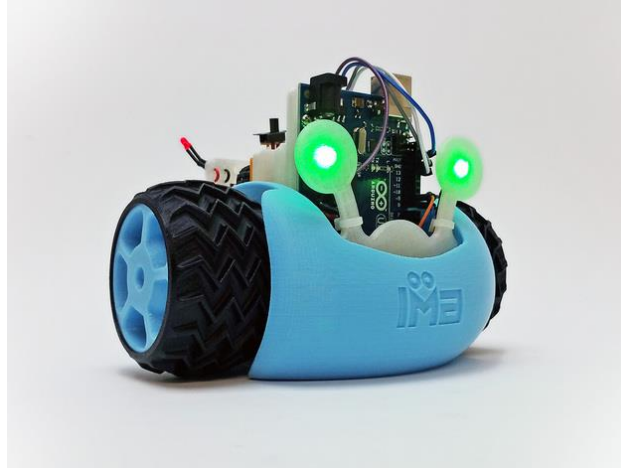


Рис. 7. Зовнішній вигляд робота Juno Rover на базі платформи Arduino (thingiverse.com)

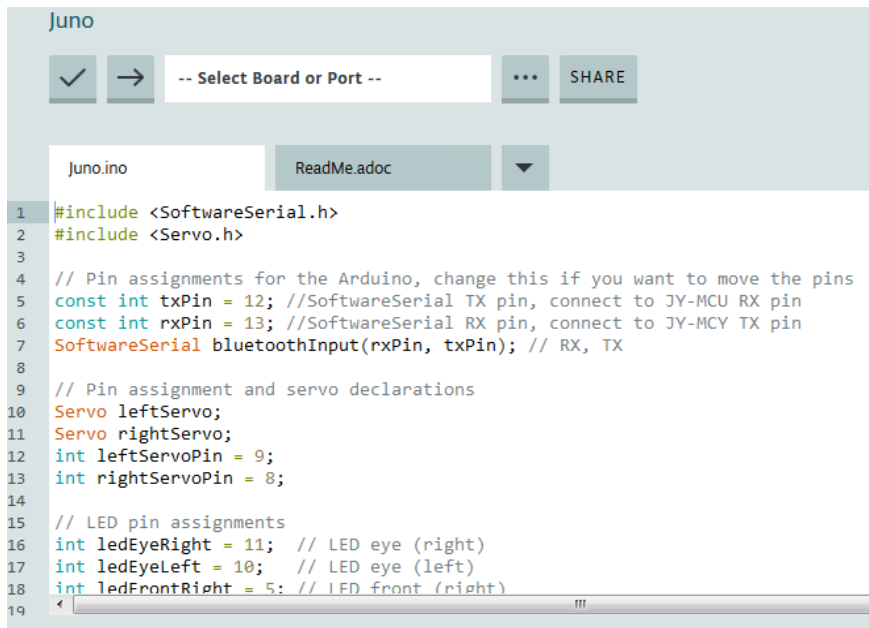
Дизайн робота здійснюється з використанням програмного комплексу SolidWorks. Особливістю робота є те, що його 3D частини оптимізовані та розроблені для друкування на будь-якому настільному 3D принтері.

Робота в дослідницькому проекті розпочинається з друкування деталей робота на 3D принтері. Орієнтовний загальний час друку для робота Juno Rover становить 15 годин. Учасники проекту друкують корпус, панелі, колісні диски та покриття. Покриття друкуються зі спеціального гнучкого пластику Elastan.

У нижній частині корпусу робота передбачений батарейний відсік, а в його верхній частині знаходяться слоти для панелей. Використовуючи безкоштовну онлайн версію продукту SolidWorks, учасники проекту також можуть розробити дизайн додаткових модулів робота, розширюючи його функції. Ці модулі будуть встановлюватися у слоти на панелі та підключатися до платформи Arduino Uno.

Для збірки робота також використовуються електронні на суміжні плати: Arduino Uno, bluetooth модуль, перемикач, LEDs, тримач для 4xAA батарейок, спінові з'єднувачі, термозбіжна трубка, пластиковий хомут тощо.

Після вдалої збірки починається етап програмування. Програмування робота Juno Rover можна здійснити за допомогою смартфона через модуль bluetooth, під'єданого до платформи Arduino Uno. Програмування "поведінки" робота можна здійснювати за допомогою онлайн веб-редактора Arduino ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)). Також тут зручно зберігати усі розробки в хмарі, маючи всі вбудовані бібліотеки Arduino.



```
Juno
-- Select Board or Port --
SHARE

Juno.ino
ReadMe.adoc
1 #include <SoftwareSerial.h>
2 #include <Servo.h>
3
4 // Pin assignments for the Arduino, change this if you want to move the pins
5 const int txPin = 12; //SoftwareSerial TX pin, connect to JY-MCU RX pin
6 const int rxPin = 13; //SoftwareSerial RX pin, connect to JY-MCY TX pin
7 SoftwareSerial bluetoothInput(rxPin, txPin); // RX, TX
8
9 // Pin assignment and servo declarations
10 Servo leftServo;
11 Servo rightServo;
12 int leftServoPin = 9;
13 int rightServoPin = 8;
14
15 // LED pin assignments
16 int ledEyeRight = 11; // LED eye (right)
17 int ledEyeLeft = 10; // LED eye (left)
18 int ledFrontRight = 5; // LED front (right)
19
```

Рис. 8. Приклад коду для програмування робота Juno Rover на основі платформи Arduino Uno

Успішне виконання проекту завершується:

- здійсненням конструювання робота;
- працюючим кодом, запускаючи який робот рухається вперед, назад і здійснює повороти;
- розробкою повної документації проекту;
- розробкою дизайну додаткових модулів для робота.

Отже, включення базових знань з робототехніки та 3D технологій у шкільну та університетську освіту дозволить реалізувати підготовку фахівців до майбутніх професій, які ще не існують сьогодні. Тому питання впровадження робототехніки та 3D технологій у навчальний процес закладів освіти на теперішній час набувають особливого значення.

### 3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Таким чином, у процесі даного дослідження показано важливість розробки сучасних підходів до навчання робототехніки та 3D технологій як перспективних напрямів STEM освіти.

Зокрема для підготовки майбутніх фахівців у галузі робототехніки та 3D технологій необхідне оновлення змісту шкільної освіти відповідно до вимог сьогодення. Тому наразі особливого значення набувають питання впровадження даних напрямів у навчальний процес закладів середньої освіти, що вимагає відповідної підготовки педагогічних кадрів. У зв'язку з цим актуальною є розробка освітніх програм для підготовки майбутніх учителів у галузі робототехніки, 3D технологій та підвищення якості STEM освіти через удосконалення навчальних планів підготовки майбутніх учителів природничих дисциплін.

Шляхами впровадження робототехніки та 3D технологій як перспективних складових STEM освіти можуть бути:

- для шкіл – інтегровані (факультативні) курси з робототехніки та 3D технологій або включення подібних STEM проектів до шкільного курсу інформатики та/або технологій;

- для університетів – навчання робототехніки та 3D технологій окремими дисциплінами та/або блоками дисциплін, реалізація дослідницьких проєктів на основі робототехніки та 3D технологій.

Для підготовки майбутніх учителів інформатики, які будуть навчати освітньої робототехніки та 3D технологій, на факультеті інформатики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова в 2018 р. розроблено освітньо-професійні програми підготовки бакалаврів та магістрів за спеціальністю 014.09 "Середня освіта (інформатика)" із спеціалізацією "Освітня робототехніка". Зокрема, до навчального плану студентів включено такі предмети, як "Основи 3D технологій", "Основи робототехніки", "Вступ до інтелектуальних робототехнічних систем", "Основи створення робототехнічних систем", "Програмування робототехнічних систем", "Фізичні основи робототехніки", "Математичні основи робототехніки", "Вступ до освітньої робототехніки", "Методика навчання робототехніки" та ін. На теперішній час зміст навчання майбутніх учителів за даною спеціалізацією та навчально-методичне забезпечення відповідних дисциплін уточнюється з урахуванням тенденцій розвитку робототехніки та 3D технологій.

В перспективах подальших досліджень – відслідковування трендів у галузі робототехніки та 3D технологій для оновлення змісту підготовки майбутніх учителів інформатики, а також з'ясування умов введення даних напрямів у процес підготовки майбутніх вчителів природничих та технічних дисциплін (математики, фізики, технологій). На вирішення вище окреслених та інших супутніх питань і будуть спрямовані подальші дослідження автора.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Людські органи на принтері, роботизовані протези і 3D-моделі частин тіла: медицина майбутнього в Україні та світі. URL: <http://pharma.net.ua/publications/articles/18766-ljudski-organi-na-printeri-robotizovani-protezi-i-3d-modeli-chastin-tila-medicina-majbutnogo-v-ukraini-ta-sviti>, (дата звернення: 14.11.2019).
2. Морзе Н.В., Струтинська О.В., Умрик М.А. Освітня робототехніка як перспективний напрям розвитку STEM-освіти. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету, № 5 (2018). С. 178-187. URL: <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/175/233#.XCvA1fmLTcs> (дата звернення: 14.11.2019).
3. Струтинська О.В. Актуальність впровадження освітньої робототехніки в українську школу. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету, спецвипуск "Нові педагогічні підходи в STEAM освіті". 2019. С. 324-344. URL: [http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/254/pdf#.XYtLu\\_mLTcs](http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/254/pdf#.XYtLu_mLTcs), вільний (дата звернення: 14.11.2019).
4. Струтинська О.В. Напрями використання технологій тривимірного друкування у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики. Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції "Теорія і практика використання інформаційних технологій в навчальному процесі" (Київ, 30-31 травня 2017 р.) Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2017. С. 125-127.
5. Adams, D., Mporofu, K. What has Industry 4.0 got to do with us? A review of the Literature, Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Pretoria, Johannesburg, South Africa, October 29 – November 1, 2018. pp. 431-449. URL: <http://ieomsociety.org/southafrica2018/papers/136.pdf>, (accessed on 14.11.2019).
6. BionicANTs. Festo Corporate. URL: <https://www.festo.com/group/en/cms/10157.htm>, (accessed on 14.11.2019).

7. Blue Robotics: 3D printed submarine drones. Published on 16 December 2015. URL: <https://www.sculpteo.com/blog/2015/12/16/subterranean-drones-are-making-a-splash-in-the-3d-printing-industry-with-blue-robotics>, (accessed on 14.11.2019).
8. Combining 3D Printing and Robotics to Create Smart Factories. Published on 15 August 2018. URL: <https://amfg.ai/2018/08/15/3d-printing-and-robotics-create-smart-factories>, (accessed on 14.11.2019).
9. Hermann M., Pentek T., Otto B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Technische Universität Dortmund. 2015. URL: [http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf), (accessed on 14.11.2019).
10. Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges, and the Future. Published on 16 January 2017. URL: <https://www.cleverism.com/industry-4-0>, (accessed on 14.11.2019).
11. Industry 4.0: hopes, fears, reality, and future. Published on 4 September 2018. URL: <https://www.elinext.com/industries/manufacturing/trends/industry-4-0-hopes-fears-reality-and-future>, (accessed on 14.11.2019).
12. Juno Rover: intro to electronics and coding by ExploreMaking – Thingiverse. Published on 15 August 2016. URL: <https://www.thingiverse.com/thing:1720394>, (accessed on 14.11.2019).
13. Robird. URL: <https://clearflightsolutions.com/methods/robirds>, (accessed on 14.11.2019).
14. Robots work together to build 3D-printed concrete structure. The Engineer. Published on 3 October 2018. URL: <https://www.theengineer.co.uk/robots-build-3d-print-concrete>, (accessed on 14.11.2019).
15. Swinburne kick-starts \$1.2 million automatic 3D printed car repair service. URL: <https://3dprintingindustry.com/news/swinburne-kick-starts-1-2-million-automatic-3d-printed-car-repair-service-128914> (accessed on 14.11.2019).
16. What is Industry 4.0 and What Does it Mean for My Manufacturing? Published on 02 March 2017. URL: <https://blog.viscosity.com/blog/what-is-industry-4.0-and-what-does-it-mean-for-my-manufacturing>, (accessed on 14.11.2019).
17. What is Industry 4.0? Definition from WhatIs.com. URL: <https://searcherp.techtarget.com/definition/Industry-40>, (accessed on 14.11.2019).

## **THE USE OF ROBOTICS AND 3D TECHNOLOGIES IN THE STEM EDUCATION DEVELOPMENT**

**Oksana Strutynska**

Associate professor, PhD,

Vice-Dean of Scientific Work and International Activities, Faculty of Informatics

National Pedagogical Dragomanov University, Kyiv, Ukraine

*o.v.strutynska@npu.edu.ua*

ORCID: 0000-0003-3555-070X

**Abstract.** The paper is devoted to the issues of exploring the possibilities of using robotics and 3D technologies in the context of STEM education development. Prospects for the development of robotics and 3D technologies in terms of Industry 4.0 concept formation are considered to solve the research objectives. The analysis of the robotics and 3D technology global trends has shown that these industries are currently dynamically developing and are already being used in many areas of human activity. This leads to the conclusion that there is a need to train relevant specialists, which in turn leads to the need to update the content of school and university education in accordance with the current requirements. Therefore, the question of implementation of the robotics and 3D technologies into the learning process of secondary and higher education institutions as an indispensable component of future specialists training in the field of high technologies is of particular importance. The paper provides examples of integration of 3D technologies and robotics

in science and technology. The ways of using robotics and 3D technologies in the learning process, in particular through project activities, are outlined. Robotics and 3D technologies are popular and effective methods for the study of important fields of science, design and based on the active use of modern technologies in production, ICT and high intellectual level of professionals who will work in an innovative economy. The study examines the use of 3D technologies and robotics in the implementation of a research training STEM project. The use of project activities contributes to the development of students' teamwork skills, the development of independent search and creative activity, the formation of cross-curricular competences. The results of the study have shown the importance of developing modern approaches to teaching robotics and 3D technologies as promising fields of STEM education.

**Keywords:** robotics; educational robotics; 3D technology; 3D printing; STEM education.

## **REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)**

1. Human organs on the printer, robotic prostheses and 3D models of body parts: medicine of the future in Ukraine and the world (2018). November 14, 2019. <http://pharma.net.ua/publications/articles/18766-ljudski-organi-na-printeri-robotizovani-protezi-i-3d-modeli-chastin-tila-medicina-majbutnogo-v-ukraini-ta-sviti>(in Ukrainian).
2. Morze, N., Strutynska, O., & Umryk, M. (2018). Educational Robotics as a prospective trend in STEM-education development. *Open educational e-environment of modern University*, 5 (2018), 178-187. November 14, 2019. <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/175/233#.XCVa1fmLTcs> (in Ukrainian).
3. Strutynska, O. (2019). Actuality of Implementation of Educational Robotics in Ukrainian School. *Open educational e-environment of modern University*, special edition, 324-344. November 14, 2019. [http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/254/pdf#.XYtLu\\_mLTcs](http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/254/pdf#.XYtLu_mLTcs) (in Ukrainian).
4. Strutynska, O. (2017). Directions for the use of three-dimensional printing technologies in the preparation of the future computer science teachers. *Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Theory and practice of using information technology in the learning process"* Kyiv, 125-127. (in Ukrainian).
5. Adams, D. & Mpofu, K. (2018). What has Industry 4.0 got to do with us? A review of the Literature, *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Pretoria, Johannesburg, South Africa, 431-449. November 14, 2019. <http://ieomsociety.org/southafrica2018/papers/136.pdf>
6. BionicANTs. Festo Corporate (2019). November 14, 2019. <https://www.festo.com/group/en/cms/10157.htm>
7. Blue Robotics: 3D printed submarine drones (2015). November 14, 2019. <https://www.sculpteo.com/blog/2015/12/16/subterranean-drones-are-making-a-splash-in-the-3d-printing-industry-with-blue-robotics>.
8. Combining 3D Printing and Robotics to Create Smart Factories (2018). November 14, 2019. <https://amfg.ai/2018/08/15/3d-printing-and-robotics-create-smart-factories>
9. Hermann M., Pentek T. & Otto B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Technische Universitat Dortmund. November 14, 2019. <http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4-0-Scenarios.pdf>
10. Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges, and the Future (2017). November 14, 2019. <https://www.cleverism.com/industry-4-0>

11. Industry 4.0: hopes, fears, reality, and future (2018). November 14, 2019.  
<https://www.elinext.com/industries/manufacturing/trends/industry-4-0-hopes-fears-reality-and-future>
12. Juno Rover: intro to electronics and coding by ExploreMaking – Thingiverse (2016). November 14, 2019.  
<https://www.thingiverse.com/thing:1720394>
13. Robird (2019). November 14, 2019.  
<https://clearflightsolutions.com/methods/robirds>
14. Robots work together to build 3D-printed concrete structure. The Engineer (2018). November 14, 2019.  
<https://www.theengineer.co.uk/robots-build-3d-print-concrete>.
15. Swinburne kick-starts \$1.2 million automatic 3D printed car repair service (2019). November 14, 2019.  
<https://3dprintingindustry.com/news/swinburne-kick-starts-1-2-million-automatic-3d-printed-car-repair-service-128914>
16. What is Industry 4.0 and What Does it Mean for My Manufacturing? (2017). November 14, 2019.  
<https://blog.viscosity.com/blog/what-is-industry-4.0-and-what-does-it-mean-for-my-manufacturing>
17. What is Industry 4.0? Definition from WhatIs.com (2019). November 14, 2019.  
<https://searcherp.techtarget.com/definition/Industry-40>