

УДК 004.94:373.5

DOI <https://doi.org/10.32782/cusu-pmtp-2023-1-4>

ВИКОРИСТАННЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ІНФОРМАТИКИ

Присяжнюк Олена Віталіївна,

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформатики та інформаційних технологій
Центральноукраїнського державного університету
імені Володимира Винниченка
ORCID ID: 0000-0002-7135-3124
Scopus-Author ID: 57540496400
Researcher ID: ABA-7566-2021

Лупан Ірина Володимирівна,

кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри інформатики та інформаційних технологій
Центральноукраїнського державного університету
імені Володимира Винниченка
ORCID ID: 0000-0002-4791-0445

Кнідзе Михайло Ігорович,

магістрант кафедри інформатики та інформаційних технологій
Центральноукраїнського державного університету
імені Володимира Винниченка
ORCID ID: 0009-0001-7036-9618

Шкільний курс інформатики відрізняється від інших дисциплін, які вивчають сучасні учні, тим, що швидше і гнучкіше реагує на сучасні досягнення у галузі комп'ютерних наук та інформаційних технологій. Однак введення нових навчальних тем, нового програмного забезпечення потребує детального методичного опрацювання та розробки відповідної методичної системи.

У статті проаналізовано можливості використання елементів штучного інтелекту як матеріалу для вивчення школярами в рамках чинної шкільної програми і опанування ними сучасних компетенцій. Розглянуто деякі аспекти використання сучасних досягнень у галузі штучного інтелекту для освіти. Виявлено, що проблема добору змісту навчального матеріалу та формування практичних завдань для формування відповідних компетентностей залишається наразі вельми актуальною. Нові реалії, задекларовані у Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні, вимагають збільшення питомої ваги матеріалів, пов'язаних зі штучним інтелектом, у шкільному курсі інформатики.

Автори пропонують для наочного ознайомлення учнів з моделями, побудованими за принципами штучного інтелекту, використовувати мурашиний алгоритм. У статті показано роль застосування природних моделей ройового інтелекту для формування базового понятійного апарату штучного інтелекту для учнів. Розглянуто фактори, що визначають мурашиний алгоритм як перспективний навчальний тренд для дослідження елементів штучного інтелекту під час вивчення інформатики у старших класах. Наведено приклади дослідницьких задач з використанням розробленого в рамках магістерського дослідження онлайн-сервісу для візуалізації мурашиного алгоритму.

Ключові слова: шкільний курс інформатики, практичні завдання, штучний інтелект, мурашиний алгоритм.

Prysiashniuk Olena, Lupan Iryna, Knidze Michael. Using the Ant algorithm visualization for elements of artificial intelligence investigation in the school course of informatics

The school course of informatics differs from other disciplines studied by modern students. It is more and more flexible to react to current achievements in computer science and information technology. However, the introduction of new educational topics and new software requires detailed methodological processing and development of the appropriate methodological system.

The article analyzes the possibility of using elements of artificial intelligence as a material for students to study students within the current school curriculum and master their modern competencies. Some aspects of the use of modern achievements in artificial intelligence for education are considered. The problem of choosing the content of educational material and picking up of practical tasks for the formation of appropriate competencies is very urgent. The new realities declared in the Concept of artificial intelligence development in Ukraine require an increase in the share of artificial intelligence materials in the school of computer science.

The authors suggest to use the ant algorithm to visual familiarize students with models, built on the principles of artificial intelligence. The article shows the role of the use of natural models of swarm intelligence to form the basic conceptual apparatus of artificial intelligence for students; the factors that determine the ant algorithm as a promising training trend for the study of artificial intelligence elements in the study of computer science in the upper classes are considered. Examples of research tasks that use online service developed to visualize the Ant algorithm are given.

Key words: school course of informatics, practical tasks, artificial intelligence, ant algorithm.

Вступ. Шкільний курс інформатики, напевно, швидше за більшість інших шкільних курсів реагує на нові досягнення науки і технології, адже час між широким впровадженням у практику та відображенням на сторінках шкільних підручників для досягнень у сфері інформаційних технологій дуже малий порівняно із досягненнями в інших галузях.

Наприклад, мова Python була розроблена у 1989–1991 роках, мові Scratch менше 20 років (перша версія з'явилася у 2007 р.), інтернет речей став феноменом реального життя у 2009 р. тощо.

Дослідження штучного інтелекту ведуться з середини минулого століття, однак відчутні, приголомшливі результати почали проявлятися зовсім недавно, що викликало сплеск інтересу до них у суспільстві в цілому і зокрема у молоді, яку завжди приваблює щось нове, цікаве, незвідане.

Аспекти використання сучасних досягнень у галузі штучного інтелекту для освіти різноманітні. Зокрема, М.Е. Доган (Dogan M.E.) та інші називають перший аспект – використання технологій штучного інтелекту в процесах онлайн-викладання та навчання, другий – використання алгоритмів для розпізнавання, ідентифікації та прогнозування поведінки студентів, третій – адаптивне та персоналізоване навчання за допомогою технологій штучного інтелекту [1]. Останнім часом активно обговорюються перспективи застосування в освіті чат-бота ChatGPT. На думку дослідників, він може бути корисним тим, що сприятиме персоналізованому та інтерактивному навчанню, створюватиме підказки для заходів формувального оцінювання, які забезпечують постійний зворотний зв'язок для інформування про стан викладання та навчання тощо [2].

У рамках нашого дослідження питання штучного інтелекту розглядається як матеріал для вивчення. Відповідно до чинної програми з інформатики для 10–11 класів [3] у рамках розділу «Інформаційні технології в суспільстві» учні мають опанувати поняття про штучний інтелект, інтернет речей, Smart-технології та технології колективного інтелекту. У підручниках для 10–11 класу вивченню штучного інтелекту присвячено окремий параграф [4, с. 74–78; 5, с. 29–32; 6, с. 17–19; 7, с. 30–34], хоча деякі застосування штучного інтелекту в наявних інформаційних системах можна використовувати і вивчати, на думку А.Л. Тиніної та Н.В. Валько, починаючи з 5-го класу [8].

Враховуючи гнучкість програми з інформатики, необхідність збільшення кількості кваліфікованих спеціалістів у галузі штучного інтелекту, а також поширення серед населення навичок компетентного використання штучного інтелекту, визначені у Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні [9], можна очікувати, що найближчим часом питома вага матеріалів, пов'язаних зі штучним інтелектом, у шкільному курсі буде збільшена. Отже, проблема добору

змісту навчального матеріалу та практичних завдань для формування відповідних компетентностей залишається актуальною, попри те, що певні напрацювання у цьому напрямку вже є як у вітчизняних (О.М. Спірін, В.В. Черних, Н.Р. Балик та інші), так і у зарубіжних дослідників (С. Chaka [10]; G. Karalekas, S. Vologiannidis, J. Kalomiros [11]; J. Su, K. Guo, X. Chen, S.K.W. Chu [12] та інші). Так, G. Karalekas зі співавторами навіть пропонує розробити курси для машинного навчання з використанням роботизованих інструментів на основі STEM.

Матеріали та методи. Вважаємо за доцільне застосувати дослідницький метод та запропонувати учням завдання дослідницького характеру для кращого усвідомлення та засвоєння основних підходів, що застосовуються у галузі штучного інтелекту, а також використати спеціально розроблені програмні засоби, що використовують і моделюють роботу алгоритмів штучного інтелекту.

Результати. Технології моделювання штучного інтелекту на базі природних систем завдяки своїй наочності і змістовній виразності наразі можуть відіграти особливу роль у процесі навчання старших школярів елементам штучного інтелекту. Особливо перспективними в цьому сенсі є алгоритми так званого ройового інтелекту, які засновані на моделюванні соціальної поведінки живих організмів і описують колективну поведінку децентралізованої системи, здатної до самоорганізації. Термін «ройовий інтелект» (англ. “swarm intelligence”) був уведений Херардо Бені та Ван Цизмом у 1989 році у контексті моделювання та дослідження системи клітинних роботів [13].

Основу системи ройового інтелекту складають множини агентів, які зазвичай дуже прості. У природі це колонія мурах, термітів, рій бджіл, зграя птахів, косяк риб тощо. При цьому агенти, з одного боку, локально взаємодіють між собою, а з другого, – із навколишнім середовищем, демонструючи в результаті розумну колективну поведінку системи, здатної генерувати завдяки самоорганізації оптимальні рішення.

Зважаючи на природні аналоги та мультидисциплінарність, вважаємо доцільним та перспективним в старших класах для наочності розглядати елементи штучного інтелекту на прикладі алгоритму мурашиної колонії.

Алгоритм колонії мурах, або ACO (Ant Colony Optimization), базується на біологічній моделі, яка описує пошук колонією комах джерела їжі. Спрощена модель виглядає таким чином: спочатку окремі мурахи блукають безладно у пошуку їжі, а коли знаходять її, то повертаються до свого мурашника, залишаючи сліди – феромони. Якщо інші мурахи знайдуть такий шлях, вони, швидше за все, підуть за цією хімічною речовиною, знайдуть їжу і повернуться, таким чином посиливши слід [14].

Проте з часом феромони починають випаровуватися, їхня привабливість зменшується. Чим більше часу потрібно мурасі, щоб піти туди і назад, тим більше часу феромони будуть випаровуватись і поступово зникати. На коротких шляхах, навпаки, кількість феромону буде збільшуватись з часом. Якби явища випаровування не було, то шляхи перших мурах були б занадто привабливими і не залишали б шансів обрати інші шляхи.

В цілому результат полягає в тому, що коли мураха знаходить короткий шлях від колонії до джерела їжі, то інші мурахи підуть скоріше цим шляхом, а позитивний зворотний зв'язок, зрештою, призведе до того, що багато мурах підуть одним шляхом (рис. 1).

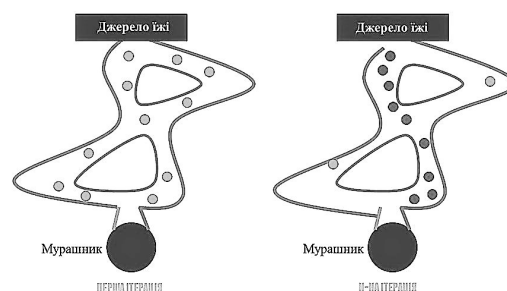


Рис. 1. Візуальний приклад пошуку найкоротшого шляху мурахами

Формально алгоритм можна описати у чотири етапи.

1. Об'єкти-мурахи починають свій шлях з випадкової вершини. Кожна мураха «вирішує», яке ребро вона «обере» далі, використовуючи ймовірність вибору, що залежить від кількості феромонів на ребрі та відстані до кінцевої вершини.

2. Після того, як мураха «обрала» один із шляхів, починається процес «переміщення», або ж «оновлення» феромонів.

3. Далі відбувається процес випаровування феромонів, що дозволяє зробити оптимальні шляхи більш «привабливими».

4. Після декількох повторень на основі показників залишку феромонів формується найкоротший шлях.

Найчастіше АСО використовується в задачах оптимізації транспортних перевезень. Окрім побудови ефективних маршрутів, алгоритм мурашиної колонії використовується у задачах розподілу ресурсів, прогнозування поведінки клієнтів в електронній комерції тощо.

Ми вважаємо, що алгоритм АСО може бути ефективно використаний у процесі знайомства старших школярів з елементами штучного інтелекту.

У рамках дослідження був розроблений вебпродукт у вигляді онлайн-додатка для реалізації алгоритму АСО.

Суть візуалізації полягає в тому, що користувач спочатку задає необхідні налаштування або залишає налаштування за замовчуванням. Також користувач мишкою відмічає точки на карті.

Після того, як користувач задав початкові умови, потрібно натиснути кнопку «Знайти шлях». Запускається алгоритм АСО, відбувається анімація – переміщення умовних мурашок (рис. 2).

У результаті виконання алгоритму буде побудований найкоротший шлях між вказаними точками (синіми лініями). У розділі «Результат» з'явиться послідовність міст та загальна довжина в умовних одиницях (УО).

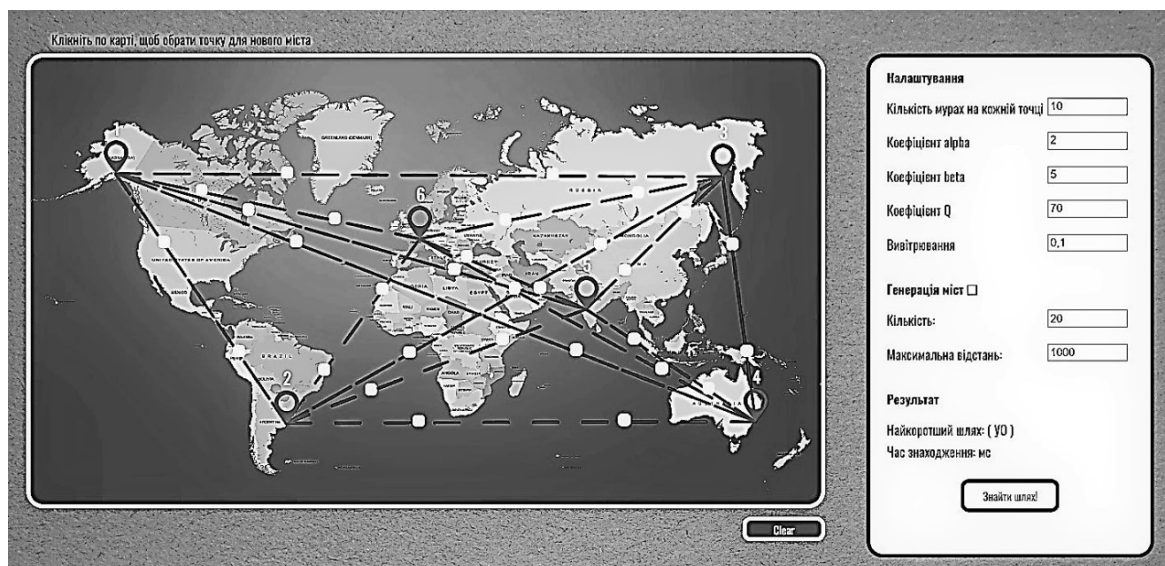


Рис. 2. Процес роботи алгоритму

Також буде показаний час, витрачений на роботу алгоритму (рис. 3).

Візуалізація АСО дозволяє організувати дослідницьку роботу зі школярами по вивченню елементів штучного інтелекту. Так, зокрема, практичні завдання можуть бути спрямовані на:

- 1) ознайомлення з алгоритмом мурашиної колонії;
- 2) дослідження впливу параметрів щільності феромону та довжини ребра на час роботи алгоритму;

- 3) дослідження роботи алгоритму у разі збільшення кількості мурах, що беруть участь у процесі;
- 4) дослідження роботи алгоритму у разі варіації місць відвідування.

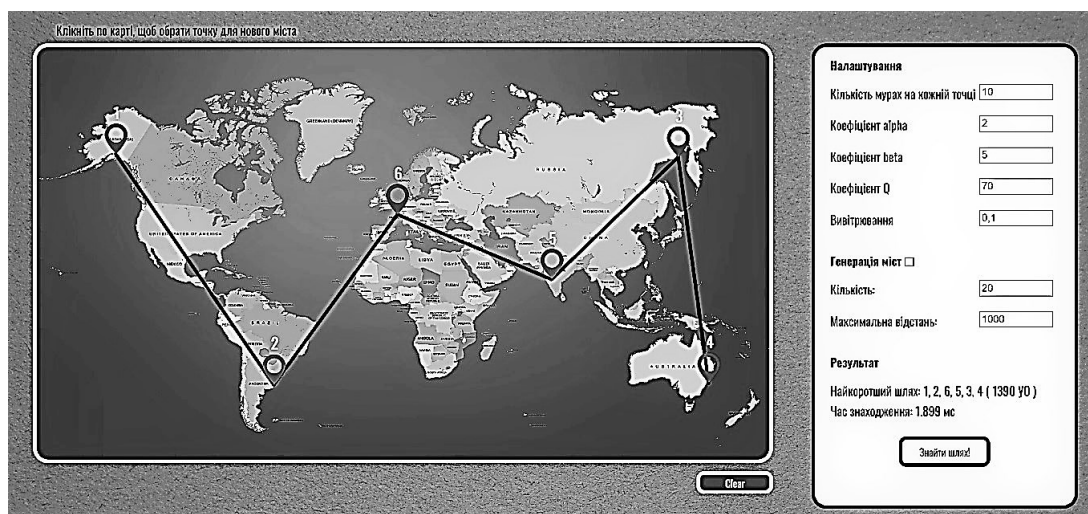


Рис. 3. Результат роботи алгоритму

Висновки. Проведений аналіз зарубіжного та вітчизняного досвіду впровадження елементів штучного інтелекту в шкільний курс інформатики дозволив зробити висновок про доцільність використання природних моделей ройового інтелекту для формування базового понятійного апарату штучного інтелекту для учнів. Ефективність дослідницького методу добре відома вчителям і учням: ніщо так не переконує, як власний досвід. Використання вебдодатка, що моделює мурашиний алгоритм, – гарний та безпечний інструмент для експериментів зі штучним інтелектом.

Література:

1. Dogan M.E., Goru Dogan T., Bozkurt A. The Use of Artificial Intelligence (AI) in Online Learning and Distance Education Processes: A Systematic Review of Empirical Studies. *Applied Sciences*. 2023. № 13 (5). P. 3056. URL: <https://doi.org/10.3390/app13053056><https://www.mdpi.com/2076-3417/13/5/3056>.
2. Baidoo-Anu D., Owusu Ansah L. Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. 2023. Available at SSRN 4337484. URL: https://www.researchgate.net/profile/David-Baidoo-Anu-2/publication/369385210_Education_in_the_Era_of_Generative_Artificial_Intelligence_AI_Understanding_the_Potential_Benefits_of_ChatGPT_in_Promoting_Teaching_and_Learning/links/64313605ad9b6d17dc44b6ea/Education-in-the-Era-of-Generative-Artificial-Intelligence-AI-Understanding-the-Potential-Benefits-of-ChatGPT-in-Promoting-Teaching-and-Learning.pdf.
3. Інформатика : навчальна програма вибірково-обов’язкового предмету для учнів 10–11 класів загальноосвітніх навчальних закладів (рівень стандарту). URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/informatika-standart-10-11.docx>.
4. Інформатика (рівень стандарту) : підручник для 10 (11) кл. закл. заг. серед. освіти / Н.В. Морзе, О.В. Барна. Київ : УОВЦ «Оріон», 2018. 240 с.
5. Інформатика (рівень стандарту) : підручник для 10-го (11-го) кл. закл. заг. серед. освіти / Й.Я. Ривкінд. Київ : Генеза, 2018. 144 с.
6. Інформатика (рівень стандарту) : підручник для 10 (11) кл. закл. заг. серед. освіти / О.О. Бондаренко, В.В. Ластовецький, О.П. Пилипчук, Є.А. Шестопапов. Харків : Вид-во «Ранок», 2019. 176 с.
7. Інформатика (рівень стандарту) : підручник для 10-го (11-го) кл. закл. заг. серед. освіти / В.Д. Руденко, Н.В. Речич, В.О. Потієнко. Харків : Вид-во «Ранок», 2018. 160 с.
8. Тиніна А.Л., Валько Н.В. Вивчення основ штучного інтелекту в шкільному курсі інформатики. *Information Technologies in Education*. 2022. № 1 (50) с. 59–69. URL: <http://ekhsuir.kspu.edu/bitstream/handle/123456789/17803/4.pdf?sequence=1>.

9. Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 10 листопада 2021. № 1556-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-p#Text>.

10. Chaka C. Fourth industrial revolution—a review of applications, prospects, and challenges for artificial intelligence, robotics and blockchain in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*. 2023. № 18.

11. Karalekas G., Vologiannidis S., Kalomiros J. Teaching Machine Learning in K–12 Using Robotics. *Education Sciences*. 2023. № 13 (1). P. 67.

12. Su J., Guo K., Chen X., Chu S.K.W. Teaching artificial intelligence in K–12 classrooms: a scoping review. *Interactive Learning Environments*, 2023. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10494820.2023.2212706>.

13. Beni G. From Swarm Intelligence to Swarm Robotics. *Proc. of Workshop on Swarm Robotics, 8th Int'l Conf. on Simulation of Adaptive Behavior (SAB '04)*, July 13–17, 2004, Los Angeles, USA. To be published in *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag.

14. Dorigo M., Stützle T. The Ant Colony Optimization Metaheuristic: Algorithms, Applications, and Advances. In: Glover, F., Kochenberger, G.A. (eds) *Handbook of Metaheuristics*. International Series in Operations Research & Management Science, vol 57. Springer, Boston, MA. 2003. URL: https://doi.org/10.1007/0-306-48056-5_9.

References:

1. Dogan ME, Goru Dogan T, Bozkurt A. (2023) The Use of Artificial Intelligence (AI) in Online Learning and Distance Education Processes: A Systematic Review of Empirical Studies. *Applied Sciences*. 13(5):3056. <https://doi.org/10.3390/app13053056> <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/5/3056>

2. Baidoo-Anu, D., & Owusu Ansah, L. (2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. Available at SSRN 4337484. https://www.researchgate.net/profile/David-Baidoo-Anu-2/publication/369385210_Education_in_the_Era_of_Generative_Artificial_Intelligence_AI_Understanding_the_Potential_Benefits_of_ChatGPT_in_Promoting_Teaching_and_Learning/links/64313605ad9b6d17dc44b6ea/Education-in-the-Era-of-Generative-Artificial-Intelligence-AI-Understanding-the-Potential-Benefits-of-ChatGPT-in-Promoting-Teaching-and-Learning.pdf

3. Informatics. Curriculum of the selectively obligatory course for students of 10-11 grades of general educational institutions (standard level) (In Ukrainian) – URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/informatika-standart-10-11.docx>

4. Informatics (standard level): textbook. For 10 (11) classes of general secondary education institutions / NV Morse, OV Barna. K.: Orion UOC, 2018. 240 p. (In Ukrainian)

5. Informatics (standard level): textbook. For the 10th (11th) classes of general secondary education institutions / J. Ya. Rivkind [and others]. Kiev: Genesis, 2018. 144 p. (In Ukrainian)

6. Informatics (standard level): textbook. For 10 (11) classes of general secondary education institutions / [O. O. Bondarenko, VV Lastovetsky, OP Pylypchuk, EA Shestopalov]. Kharkiv: "Ranok", 2019. 176 p. (in Ukrainian)

7. Informatics (standard level): textbook. For the 10th (11th) classes of general secondary education institutions / VD Rudenko, NV Rechych, VO Potienko. -Kharkiv: "Ranok", 2018. 160 p. (in Ukrainian)

8. Tinina AL, Valko NV Studying the basics of artificial intelligence in the school computer science course. *Information Technologies in Education*. 2022. № 1 (50) c. 59-69. (in Ukrainian) – URL: <http://ekhsuir.kspu.edu/bitstream/handle/123456789/17803/4.pdf?sequence=1>

9. On approval of the Concept of Artificial Intelligence Development in Ukraine: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine (November 10, 2021). Concept dated 02.12.2020 № 1556-p. (in Ukrainian) – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-p#Text>

10. Chaka, C. (2023). Fourth industrial revolution—a review of applications, prospects, and challenges for artificial intelligence, robotics and blockchain in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 18.

11. Karalekas, G., Vologiannidis, S., & Kalomiros, J. (2023). Teaching Machine Learning in K–12 Using Robotics. *Education Sciences*, 13(1), 67.

12. Su, J., Guo, K., Chen, X., & Chu, S. K. W. (2023). Teaching artificial intelligence in K–12 classrooms: a scoping review. *Interactive Learning Environments*, 1-20. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10494820.2023.2212706>

13. Beni, G. (2004), "From Swarm Intelligence to Swarm Robotics", *Proc. of Workshop on Swarm Robotics, 8th Int'l Conf. on Simulation of Adaptive Behavior (SAB '04)*, July 13-17, Los Angeles, USA. To be published in *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag.

14. Dorigo, M., Stützle, T. (2003). The Ant Colony Optimization Metaheuristic: Algorithms, Applications, and Advances. In: Glover, F., Kochenberger, G.A. (eds) *Handbook of Metaheuristics*. International Series in Operations Research & Management Science, vol 57. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/0-306-48056-5_9.