

МРНТИ 14.5.09  
УДК 378.004

<https://doi.org/10.51889/2959-5894.2023.81.1.029>

М. Серик<sup>1</sup>, G. Dimirovski<sup>2</sup>, Н. Нұрым<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Университет Святых Кирилла и Мефодия в Скопье, г.Скопье, Северная Македония

<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

\*e-mail: nurdaulet.nurym@mail.ru

## ФОРМИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ СОВМЕСТНОГО ОБУЧЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКЕ

### Аннотация

В статье рассматривается влияние использования роботов на изучение языка программирования в реальном режиме времени при формировании вычислительного мышления учащихся на уроке образовательной робототехники. Описана возможность использования конструкторов при совместном обучении робототехнике в школе. Результаты проведенного исследования показали, что учащиеся продемонстрировали высокий уровень знаний и хорошее сотрудничество при совместном овладении учебной программы по робототехнике. Авторы анализируют особенности роботизированных конструкторов и рекомендуют их для выбора и использования по мере необходимости в тренировочном процессе. Программирование движения робота дает возможность наблюдать за работой, выполняемой физическими роботами, в режиме реального времени. Кроме того, предпринимаются попытки решить проблемы, связанные с отсутствием четкого определения вычислительного мышления, что является одной из самых больших проблем в обучении робототехнике.

**Ключевые слова:** образовательная робототехника, тренажер, язык программирования, формирование вычислительного мышления, моделирование.

### Аңдатпа

М. Серік<sup>1</sup>, G. Dimirovski<sup>2</sup>, Н. Нұрым<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Скопьедегі Әулие Кирилл мен Мефодий университеті, Скопье қ., Солтүстік Македония

<sup>3</sup>Ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

## РОБОТОТЕХНИКАНЫ БІРЛЕСІП ОҚЫТУ ПРОЦЕСІНДЕ ОҚУШЫЛАРДЫҢ ЕСЕПТЕУ ОЙЛАУЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ

Бұл мақалада роботтарды қолданудың білім беру робототехникасы сабағында оқушылардың есептеу ойлауын қалыптастыру кезінде нақты уақыт режимінде бағдарламалау тілін үйренуге ықпалы қарастырылады. Мектепте робототехниканы бірлесіп оқытуда конструкторларды қолдану мүмкіндігі сипатталған. Жүргізілген зерттеу нәтижелерінен оқушылардың робототехниканы бірлесіп оқу барысында жоғары білім деңгейі мен жақсы ынтымақтастықты көрсететіндігі байқалды. Авторлар робот конструкторының сипаттамаларын талдайды және қажет болған жағдайда оларды таңдау және оқыту процесінде пайдалануды ұсынады. Роботтың қозғалысын бағдарламалау физикалық роботтар орындайтын жұмысты нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, робототехниканы оқытудағы ең үлкен мәселелердің бірі - есептеу ойлауының нақты анықтамасы болмауы себебінен туындайтын қиындықтарды шешуге деген талпыныстар жайлы баяндалады.

**Түйін сөздер:** білім беру робототехникасы, симулятор, бағдарламалау тілі, есептеу ойлауын қалыптастыру, моделдеу.

### Abstract

## FORMATION OF THE COMPUTATIONAL THINKING OF STUDENTS IN THE PROCESS OF JOINT TRAINING IN ROBOTICS

Serik M.<sup>1</sup>, Dimirovski G.<sup>2</sup>, Nurym N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>University of Saints Cyril and Methodius in Skopje, Skopje, North Macedonia

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

In this article, the impact of using robots on learning the programming language in real-time mode during the formation of computational thinking of students in the lesson of educational robotics is considered. The possibility of using constructors during joint training of robotics at school is described. The results of the research showed that the

students demonstrated a high level of knowledge and good cooperation when mastering the robotics curriculum together. The authors analyze the features of robotic designers and recommend them for selection and use as necessary in the training process. Programming the movement of the robot makes it possible to observe the work performed by physical robots in real time. In addition, attempts are being made to solve problems related to the lack of a clear definition of computational thinking, which is one of the biggest problems in teaching robotics.

**Keywords:** educational robotics, simulator, programming language, formation of computational thinking, modeling.

## Введение

В настоящее время робототехника, как учебный предмет, активно внедряется в образовательный процесс средней школы. Изучение робототехники дает возможность освоить такие технологии, как программное обеспечение для вычислительного мышления. Однако отсутствие исследований, направленных на формирование вычислительного мышления учащихся, может вызвать проблемы в области преподавания предмета. Более десяти лет назад известный ученый-информатик и педагог D.Boon предложил вычислительное мышление в качестве нового «базового навыка» для всех людей [1]. Одной из самых больших проблем в этой области является отсутствие консенсуса в отношении точного определения вычислительного мышления.

Проведенные исследования показывают успешность процесса формирования вычислительного мышления учащихся путем обучения языку программирования. D.Boon отмечает, что вычислительное мышление – это способность переформулировать и решать задачи так, как это могут сделать компьютеры. Kuo & Hsu утверждают, что вычислительное мышление можно сформировать без компьютера, используя в качестве учебного материала настольную игру «Город роботов» [2, 3].

David Weintrop в работе «Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms» представляет определение вычислительного мышления в виде таксономии, состоящей из четырех основных категорий (методы обработки данных, методы симуляции и моделирования, методы решения вычислительных задач и методы системного мышления) [3]. Несмотря на то, что робототехника только начала внедряться в сферу образования, она уже начала способствовать определенному прогрессу в формировании вычислительного мышления учащихся. Об этом говорят работы, освещающие проблемы разработки, внедрения и оценки программ профессионального развития учителей для обучения компьютерному мышлению с помощью робототехники. [Servet Kılıç & Ünal Çakıroğlu](#) рассматривают вопросы интеграции концепции вычислительного мышления в курсы робототехники [4]. Образовательная робототехника (ER) оказывает положительное влияние на учащихся и во многих случаях может помочь им успешно усваивать знания и навыки [5]. Как академическая дисциплина и область практического применения робототехника охватывает очень широкий спектр современного образования в различных профессиях (областях знаний). Следовательно, это означает, что робототехника междисциплинарна. В статье Керимбаева и др. рассматривается изучение взаимодействия робота и человека, перспективы участия детей со всего мира в международных соревнованиях по развитию робототехники, а также результаты и опыт сотрудничества [6].

Робототехника также является важным ресурсом, который можно использовать для помощи в решении проблем обучения детей с низким уровнем внимания и мотивацией. [Patiño-Escarcina, R.E.](#) и др. предлагают новый набор методов с рекомендациями и стратегиями для применения стандартной учебной программы по образовательной робототехнике для детей под названием EDUROSC-Kids. Авторы предлагают инструменты, которые необходимы при организации учебных тем по робототехнике для детей, включая желаемые результаты в процессе обучения [7].

Интересен инновационный опыт преподавательского партнерства [Vers, M.U.](#), и [Portsmore, M.](#) в области обучения математики с помощью робототехники [8]. Подход данных авторов предполагает создание партнерских отношений между учащимися дошкольного возраста и студентами инженерных специальностей для планирования, разработки, реализации и оценки учебной программы в области математики, естественных наук и технологий с использованием робототехники, и процесса инженерного проектирования.

[Shang, X.](#) и др. представляют исследование программы лагеря STEM по робототехнике и её эффективное влияние на вычислительное мышление учащихся сельских начальных школ [9].

Систематический обзор по образовательной робототехнике для развития вычислительного мышления у младших школьников представлен [Ching, Y.H.](#) и [Hsu, Y.C.](#) Они показывают, что различные версии LEGO Mindstorms являются наиболее часто используемыми роботизированными

наборами. Робототехника включает в себя совместные занятия на основе проектов, что влияет на развитие вычислительного мышления младших школьников [10].

Развитие вычислительного мышления учащихся происходит посредством взаимодействия ученика и робота в обучении робототехнике. По мнению ученых, в отличии от взаимодействий ребенок-робот (R -R), которые исследуются в области социальных роботов, взаимодействия ученик-робот (S-R) сосредоточены в основном на процессе взаимодействия между учащимися и программируемыми комплектами роботов [11].

Использование робототехники и игрового дизайна для повышения самооффективности детей, отношения к STEM и навыков вычислительного мышления описано в работе Leonard, J. и др. Результаты исследования показали, что оценки самооффективности студентов до и после завершения работы с компьютером значительно снизились, в то время как конструкты видеоигр и компьютерных игр остались неизменными [12].

Ardito G. и другие изучают развитие навыков вычислительного мышления учащихся посредством проведения совместных занятий с помощью шестинедельной программы робототехники LEGO. Эта программа робототехники направлена на развитие у учащихся четырех основных навыков вычислительного мышления, таких как проектирование, кодирование, решение проблем и сотрудничество [13]. Большинство исследований, определяющих роль робототехники в образовании, до сих пор сосредоточены на эффективности инструментов робототехники и конкретных стратегиях реализации без учета модели учебного проекта, которая приводит к разработке успешных программ обучения робототехнике [14]. Для внедрения робототехники в школу должна быть разработана педагогически обоснованная учебная программа и соответствующим образом обучать учителей. В настоящее время из-за отсутствия систематизированной учебной программы по робототехнике учителя полагаются на материалы или руководства, доступные в Интернете, а также на примерные планы уроков. Подобные проблемы побудили нас изучить условия обучения робототехнике в средней школе.

Эта работа предназначена для учителей всех предметных областей, которые хотят узнать больше о том, как использовать вычислительное мышление в образовательной среде. Целью статьи является демонстрация эффективных способов формирования вычислительного мышления учащихся посредством программирования роботов при совместном обучении предмету робототехника.

### **Методология**

Совместное обучение робототехнике, осуществляемое с помощью компьютерной поддержки, является не только образовательной, но и стимулирующей деятельностью, которая побуждает роботизированных приложений, способствует сотрудничеству между учащимися, положительно влияет на их обучение и эмоциональное состояние. А с помощью роботизированных систем можно создать синергетический эффект между участниками образовательного процесса. Важность исследований в этой области связана с созданием гибкой системы образования, учитывающей индивидуальные потребности обучающихся. Такая форма обучения создает ряд возможностей для школ и учителей.

Организация совместного обучения робототехнике осуществляется во время занятий, на специальных (факультативных) курсах, при проведении кружковых и лабораторных работ. Такая форма обучения является основным фактором обучения робототехнике. Совместное обучение-это образовательный подход, который включает в себя обучение двух или более людей при совместной работе над общей задачей в направлении общей цели (например, решения проблемы или создания продукта). Большинство кружков робототехники предназначены для детей младшего и основного школьного возраста. Им было поручено через конструкторов составлять различные игры, организовывались командные соревнования.

Занятия по робототехнике для учащихся осуществлялись путем совместного обучения с классом, индивидуально или группой не более 2-3 учащихся. Логикой нашего исследования стала реализация этапов поиска, выявления, формирования методов развития вычислительного мышления учащихся на уроках робототехники. Мы не обязывали учеников посещать занятия, они принимали участие в добровольном порядке. В младших классах нами были использованы конструктор LEGO в соответствии с учебной программой, для старшеклассников мы использовали готовый лабораторный комплекс на аппаратной и программной платформе Ардуино.

Лабораторный комплекс позволяет проводить практические и лабораторные занятия по программированию микропроцессорных устройств и изучать основы робототехники (рис.1).



Рисунок 1. Момент проведения занятия с использованием лабораторного комплекса

На рисунке 2 приведены пример фрагмент программного кода микропроцессорного устройства. Этот код описывает движение двухколесного робота.

```
testing_car_with_bluetooth$  
char t;  
  
void setup() {  
  
  pinMode(13,OUTPUT); //сок жак шасси алға жүруі коньк D1  
  pinMode(12,OUTPUT); //сок жак шасси артқа жүруі кызыл D2  
  pinMode(11,OUTPUT); //сок жак шасси алға жүруі оранж D5  
  pinMode(10,OUTPUT); //сок жак шасси артқа жүруі сары D6  
  Serial.begin(9600);  
  
}
```

Рисунке 2. Фрагмент программного кода микропроцессорного устройства

Работу с роботами в среде совместного обучения можно рассматривать как деятельность учителя при организации различных видов деятельности, направленных на развитие вычислительного мышления учащихся. Анализ действий учителя при организации совместного обучения в робототехническом образовании представлен на рисунке 3.



Рисунок 3. Деятельность педагога по организации совместного обучения

Осуществляя процесс обучения, учитель помогает учащимся преодолеть трудности, возникающие при построении конструкции робота, написании программы и загрузке ее в робот; вызывает положительные эмоции и мотивацию. Это, в свою очередь, способствует формированию у учащихся навыков вычислительного мышления. Современный учебный процесс характеризуется преобладанием устных методов обучения и воспитания, недооценкой значимости общения учащихся в решении ведущих задач, отсутствием форм и методов организации учебной деятельности, привлекающих учащихся. Поэтому необходимость современной системы образования в обучении робототехнике в средней школе заключается в внедрении новых форм и методов обучения и воспитания, обеспечивающих личностное развитие каждого учащегося.

В ходе проведения исследований нами был проведен открытый анкетный опрос, основанный на формировании у учащихся навыков вычислительного мышления с осуществлением совместного обучения на уроках робототехники. Из 48 опрошенных учащихся были проанализированы ответы 25 мальчиков и 23 девочек. В результате выяснилось, что у мальчиков преобладает интерес к изучению робототехники чем девочек.

### Результат

Пилотное исследование по совместному обучению было организовано на базе государственных общеобразовательных школ. Совместное обучение робототехнике дает детям дополнительные возможности обучения. С 2020/2021 учебного года в средней школе № 69 г. Алматы было задействовано 254 ребенка. Школа расположена в центральной части города. Являясь общеобразовательной организацией для обучения, воспитания, развития и саморазвития учащихся, школа создает модель всего педагогического процесса, в которой главную роль играют не только учителя и ученики, но и различные составляющие образования.

Сначала мы провели соответствующий t-тест, основанный на предварительных и последующих тестах, чтобы определить, улучшило ли программирование роботов вычислительное мышление и творчество учащихся, условно разделив учащихся на три группы. Результаты предварительного теста t показали, что уровни знаний групп изначально были примерно равны. Две из этих групп были экспериментальными, одна-контрольной. По результатам предпроверочной проверки исходное среднее значение и стандартное отклонение (СА) двух групп: 76,1 (СА = 2,68), 77,0 (СА = 3,3), 75,2 (СА = 3,0). Во-вторых, на основе результатов перед тестированием на вычислительное мышление и творчество учащиеся были разделены на группы, набравшие более низкие, средние и более высокие баллы. Чтобы прояснить различия в уровне, мы удалили среднюю начальную группу баллов и провели соответствующий t-тест, основанный на предварительных и последующих тестах. Кроме того, мы использовали два независимых образца t-теста для определения средних различий. Средние значения и стандартные отклонения экспериментальных и контрольных групп в тестах после тестирования и хранения были сведены в таблицу 1. Каждый тест был составлен в виде t-теста, состоящего из 30 вопросов.

Таблица 1. Средние значения и стандартные отклонения при пост-тестировании и тесте на удержание

Группы	Тест на удержание		Пост-тест	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Экспериментальная группа-1	82,5	1,45	87,1	1,34
Экспериментальная группа-2	92,2	4,4	95,3	1,41
Контрольная группа-3	75,9	2,3	78,8	2,4

Процесс обучения робототехнике традиционно применялся в контрольной группе, в экспериментальных группах-метод совместного обучения. Причина, по которой мы выбрали здесь две

экспериментальные группы, заключалась в том, что они также позволяли проводить взаимное сравнение экспериментальных групп.

Экспериментальная группа-2 имела более высокое стандартное отклонение в ходе проведения теста на сохранение для учащихся. Это связано с тем, что при сдаче теста для проверки способности к расчетному мышлению в группе мы повторяли из ранее сданных тестовых заданий. Но в итоговом тесте все три группы получили одинаковые вопросы.

Полученные результаты показали высокий показатель экспериментальной группы-2, как видно на построенном графике (Рисунок 4).

Следовательно, только экспериментальная группа-2 сохранила свой приоритет, в то время как экспериментальная группа-1 не сильно отличалась от контрольной группы в этом тесте.

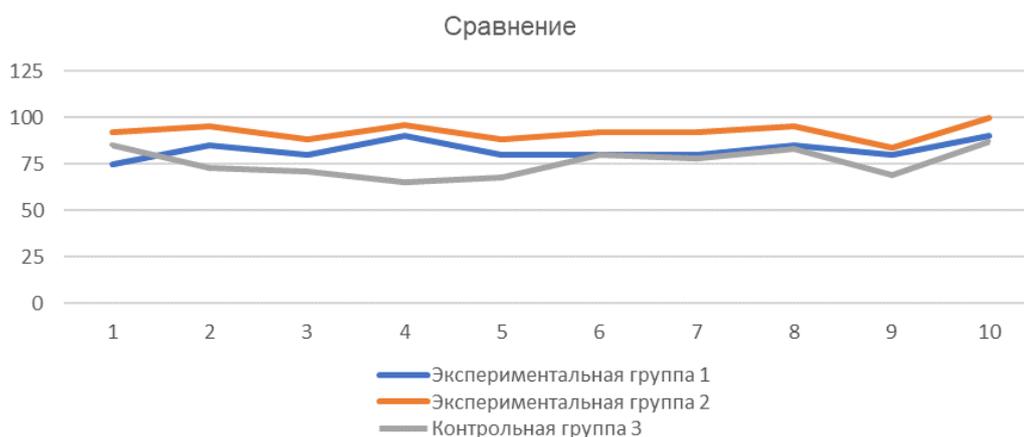


Рисунок 4. Сравнительный анализ групп

Мы также провели эксперимент ANOVA, используя корреляционный момент вычислительного мышления и результатов предварительного тестирования креативности. Для сравнения групп использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA).

Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2. Эмпирические значения одностороннего дисперсионного анализа (ANOVA).

Названия шкал	Эмпирическое значение F критерия	Уровень значимости БЕЗ ЗВЕЗДОЧЕК	Уровень значимости	Вывод про уровень значимости	Психологический вывод
Тестирование на креативность	23,2	25.2	25.0	1.080	0.371
Тестирование на вычислительное мышление	24,4	28,0	26.4	5.083	0.025*
Заключительный тест (пост-тест)	24,8	22.2	26,6	4.147	0.043*

\* - $p < 0,05$

Вариативность результатов тестов по отношению к каждому учащемуся метода совместного обучения требует внимания. В результате эмпирических исследований изменение психологической готовности учащихся наблюдалось в ответах на вопросы тестирования на креативность (0.371), а наименьшее изменение наблюдалось в ответах на вопросы теста для проверки вычислительного мышления (0.025).

### Обсуждение

В настоящее время важность совместного обучения очевидна. В ходе исследований возникла необходимость пересмотреть методы и способы организации обучения робототехнике в условиях совместного обучения. Это связано с тем, что на первый план выходят методы обучения и технологии формирования вычислительного мышления учащихся из робототехники. Взаимодействие и сотрудничество между учеником и учителем, учеником и учеником дает положительный результат развития. Совместное обучение позволяет ученику находиться в классе и взаимодействовать с другими членами класса. Цинью Чен, Минчжан Цзо, Линлин Лян исследуют совместное обучение при изучении робототехники. Авторы использовали совместный метод обучения на основе проектов, в качестве которых выступали светофоры, лабиринт и линейный патруль [15].

В процессе проекта преподаватели динамически контролировали ситуацию сопоставления и ход проекта. Результаты исследования показали, что совместное обучение положительно повлияло на обучение робототехнике.

Роботизированные образовательные средства позволяют управлять различными видами деятельности путем конструирования и программирования роботов, привлекающих внимание ребенка, развивающих психическую и эмоционально-волевую сферы. Метод совместного обучения способствует развитию познавательных способностей детей и формированию коммуникативных функций в процессе обучения.

### Заключение

Анализ нашего опыта и исследований в области образовательной робототехники позволяет сформировать в обществе позитивное отношение к ее обучению в школе. В этом исследовании мы наблюдали статистически значимое улучшение вычислительного мышления и творческих способностей учащихся с помощью программирования роботов. При совместном обучении уроку робототехники не только создание конструкций, но и создание программы для робота полезно для развития мышления учащихся. Некоторым учащимся трудно овладеть программированием, и есть много различий в их предыдущих навыках. Поэтому при обучении учащихся программированию роботов необходимо учитывать предыдущие навыки.

Зарубежное и отечественное образование имеет два богатых содержательных ресурса для развития подхода совместного обучения в образовании. Это специальный и интегрированный образовательный опыт, и технологический опыт психолого-педагогического сопровождения участников образовательного процесса. Только профессиональные отношения между учителями в различных системах образования могут влиять на взаимообогащение и расширение возможностей совместного обучения и воспитания.

Таким образом, развитие вычислительного мышления учащихся при совместном обучении робототехнике позволяет удовлетворить образовательные потребности каждого ребенка, независимо от его физических и умственных возможностей.

### Благодарность

Работа выполнена в рамках проекта No AP09259370 за счет грантового финансирования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

### References:

- 1 Boom K. D. et al. Relationships between computational thinking and the quality of computer programs // *Education and Information Technologies*. – 2022. – Т. 27. – №. 6. – С. 8289-8310. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10921-z>
- 2 Kuo W. C., Hsu T. C. Learning computational thinking without a computer: How computational participation happens in a computational thinking board game // *The Asia-Pacific Education Researcher*. – 2020. – Т. 29. – С. 67-83.. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00479-9>
- 3 Weintrop D. et al. Defining computational thinking for mathematics and science classrooms // *Journal of science education and technology*. – 2016. – Т. 25. – С. 127-147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- 4 Kılıç S., Çakiroğlu Ü. Design, Implementation, and Evaluation of a Professional Development Program for Teachers to Teach Computational Thinking via Robotics // *Technology, Knowledge and Learning*. – 2022. – С. 1-31. <https://doi.org/10.1007/s10758-022-09629-3>
- 5 Tselegkaridis S., Sapounidis T. Simulators in educational robotics: A review // *Education Sciences*. – 2021. – Т. 11. – №. 1. – С. 11. <https://doi.org/10.3390/educsci11010011>

6 Kerimbayev N. et al. *Robotics in the international educational space: Integration and the experience* // *Education and Information Technologies*. – 2020. – Т. 25. – С. 5835-5851. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10257-6>

7 Patiño-Escarcina, R.E., Barrios-Aranibar, D., Bernedo-Flores, L.S. et al. *A Methodological Approach to the Learning of Robotics with EDUROSC-Kids*. *J Intell Robot Syst* 102, 34 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10846-021-01400-7>

8 Bers, M.U., Portsmore, M. *Teaching Partnerships: Early Childhood and Engineering Students Teaching Math and Science Through Robotics*. *J Sci Educ Technol* 14, 59–73 (2005). <https://doi.org/10.1007/s10956-005-2734-1>

9 Shang, X., Jiang, Z., Chiang, FK. et al. *Effects of robotics STEM camps on rural elementary students' self-efficacy and computational thinking*. *Education Tech Research Dev* (2023). <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10191-7>

10 Ching, YH., Hsu, YC. *Educational Robotics for Developing Computational Thinking in Young Learners: A Systematic Review*. *TechTrends* (2023). <https://doi.org/10.1007/s11528-023-00841-1>

11 Qu, J.R., Fok, P.K. *Cultivating students' computational thinking through student-robot interactions in robotics education*. *Int J Technol Des Educ* 32, 1983–2002 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09677-3>

12 Leonard, J., Buss, A., Gamboa, R. et al. *Using Robotics and Game Design to Enhance Children's Self-Efficacy, STEM Attitudes, and Computational Thinking Skills*. *J Sci Educ Technol* 25, 860–876 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9628-2>

13 Ardito G., Czerkawski B., Scollins L. *Learning computational thinking together: Effects of gender differences in collaborative middle school robotics program* // *TechTrends*. – 2020. – Т. 64. – №. 3. – С. 373-387. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00461-8>

14 Noh J., Lee J. *Effects of robotics programming on the computational thinking and creativity of elementary school students* // *Educational technology research and development*. – 2020. – Т. 68. – С. 463-484.

15 Q. Chen, M. Zuo, L. Liang, Q. Zhong and H. Luo, "Pair Learning in Robotics Education: Design, Outcomes, and Lessons Learned," 2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology & Education (TALE), Wuhan, Hubei Province, China, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/TALE52509.2021.9678824.