

УДК 37.02

РАЗВИТИЕ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 8–9-х КЛАССОВ НА УРОКАХ ТРУДА (ТЕХНОЛОГИИ)¹

Я.М. Машуков (Красноярск, Россия)

С.Р. Турусина (Красноярск, Россия)

Аннотация

Постановка проблемы. В условиях нарастающей технологизации общества особую актуальность приобретает задача развития проектно-технологического мышления (далее – ПТМ) у школьников, что напрямую связано с подготовкой кадров для высокотехнологичных отраслей. В рамках предмета «Труд (технология)» (модуль «Автоматизированные системы» для 8–9-х классов) особенно востребован инструментарий, позволяющий эффективно формировать у обучающихся структурно-ментальные схемы предметной области. Под структурно-ментальными схемами мы понимаем когнитивные модели, отражающие взаимосвязи элементов автоматизированных систем (датчики, контроллеры, исполнительные механизмы и т. д.) и алгоритмы их взаимодействия. Формирование таких схем выступает необходимым этапом развития ПТМ: оно обеспечивает осмысленное проектирование решений, а не механическое копирование шаблонов. Таким образом, структурно-ментальные схемы являются операциональным компонентом ПТМ, обеспечивающим структурированное восприятие и анализ технологических задач. Настоящее исследование направлено на совершенствование системы развития ПТМ обучающихся с помощью применения методики работы с ментальными картами. В работе обобщены результаты теоретического анализа и практической апробации дидактических материалов, выявлены ключевые закономерности формирования ментальных примитивов и их интеграции в целостные когнитивные структуры. Предложенные методические решения открывают перспективы для повышения качества освоения технически сложных дисциплин и могут быть экстраполированы на смежные предметные области.

Цель статьи – представить научно обоснованный подход к использованию ментальных карт (далее – МК) для развития ПТМ обучающихся 8–9-х классов на уроках труда (технологии) в модуле «Автоматизированные системы». В работе обобщены материалы исследовательской работы, демонстрирующие эффективность данного подхода в формировании у школьников структурно-ментальных схем предметной области и навыков проектного анализа.

Методология и методы исследования. Основными методами исследования являются анализ научно-педагогической и психологической литературы, посвященной проблеме развития проектно-технологического мышления, а также диагностические методики, включающие критериальный анализ работ обучающихся, психолого-педагогическое наблюдение за группами обучающихся. В основу исследования положены принципы ментальной дидактики. В исследовании приняли участие 160 обучающихся 8–9-х классов МАОУ СШ № 147 города Красноярска (по два класса в каждой параллели) в период 2023–2025 гг., добровольно освоивших программу предмета «Труд (технология)» с базовым уровнем подготовки по робототехнике. Выборка формировалась с учетом возрастного диапазона 13–15 лет, гендерного состава, уровня технологической подготовки и типов мышления, что обеспечило репрезентативность результатов. На основе анализа 89 работ с ментальными картами по модулю «Автоматизированные системы», собранных в ходе систематического наблюдения за динамикой формирования проектно-технологического мышления, были получены статистически значимые выводы.

Результаты исследования. Разработана методика работы с ментальными картами, способствующая развитию проектно-технологического мышления обучающихся. Авторами представлены дидактические материалы по теме «Автоматизированные системы», описана методика их применения. Выявлены и описаны принципы формирования ментальных примитивов предметной области, объединенных в первичные базовые структурно-ментальные схемы.

Заключение. Использование усовершенствованного метода работы с ментальными картами, опирающегося на принципы ментальной дидактики, способствует эффективному формированию и развитию проектно-технологического мышления посредством качественного и долгосрочного формирования у обучающихся структурно-ментальных схем изучаемой предметной области.

Ключевые слова: ментальные карты, проектно-технологическое мышление, ментальная дидактика, автоматизированные системы, структурно-ментальные схемы.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда науки, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта 26-18-20116: «Модель региональной системы преемственного педагогического образования в условиях когнитивной информационно-технологической среды» <https://rscf.ru/project/26-18-20116/>

Машуков Яков Михайлович – аспирант кафедры информатики и информационных технологий в образовании института математики, физики и информатики, Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева; e-mail: mashukoff.ya@yandex.ru

Турусина Светлана Романовна – руководитель структурного подразделения социально-психологической службы, средняя школа № 147 (Красноярск).

Постановка проблемы. Одна из главных целей, закрепленная в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, заключается в обеспечении присутствия России в числе десяти лидирующих стран мира по количеству научных исследований и разработок, а также по их результативности и влиянию на социально-экономическое развитие страны². Этого можно достичь благодаря высокому уровню развития проектно-технологического мышления (ПТМ) выпускников средней школы, что отражает наличие у учащихся культуры проектной и исследовательской деятельности, а также готовности предлагать и внедрять новые технологические решения [Машуков, 2024]. Важными компонентами ПТМ обучающегося являются предметные и конструкторские знания, которые, будучи систематизированы должным образом, представляют собой ментальные схемы знаний [Пак, Асауленко, 2024].

Однако в современной педагогической практике выявлен ряд научно-практических проблем, препятствующих эффективному формированию таких схем. В частности, к числу ключевых проблем относятся отсутствие в общеобразовательных организациях целостной системы целенаправленного формирования проектно-технологического мышления, а также недостаточная разработанность методических инструментов, позволяющих эффективно систематизировать предметные и конструкторские знания учащихся в виде устойчивых ментальных схем. Существующие педагогические подходы зачастую ориентированы на фрагментарное освоение отдельных элементов проектной

деятельности без выстраивания междисциплинарных связей, что не способствует формированию целостного технологического мировоззрения. Кроме того, наблюдается дефицит дидактических материалов и цифровых образовательных ресурсов, специально спроектированных для развития ПТМ в условиях школьного обучения [Брагина, 2023; Зайцева и др.; Потапова, Щетинин 2025].

На научном уровне ситуация осложняется отсутствием валидных диагностических инструментов для оценки уровня сформированности ПТМ и отслеживания динамики его развития у обучающихся, а также недостаточной теоретической проработанностью самой структуры ПТМ, в частности, до сих пор не до конца определены его ключевые компоненты, критерии и уровни сформированности с учетом возрастных особенностей школьников. Особенно остро проявляется проблема отсутствия внедрения современных педагогических методик, целенаправленно формирующих у школьников ментальные связи между различными предметными областями. В практике обучения по-прежнему доминируют традиционные подходы, ориентированные на изолированное усвоение знаний по отдельным дисциплинам, что препятствует созданию целостных когнитивных структур и затрудняет перенос знаний в новые контексты проектно-технологической деятельности [Пак, 2021; Иванов, Иванов, 2018; Маркушевич, 2020].

Возникает существенное противоречие между требованиями ФГОС к развитию проектной компетентности и ограниченной готовностью педагогов внедрять современные методики формирования ПТМ, что обусловлено нехваткой соответствующей подготовки, практического опыта и детализированных методических рекомендаций по формированию междисциплинарных ментальных схем. Слабая интеграция

² Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»; Указ Президента РФ от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».

предметных знаний в проектной деятельности усугубляется отсутствием в арсенале учителей эффективных инструментов визуализации связей между дисциплинами, таких как концептуальные карты, междисциплинарные кейсы, цифровые симуляторы реальных технологических процессов. Учащиеся, в свою очередь, не могут в полной мере применить теоретические сведения из разных дисциплин для решения комплексных технологических задач, поскольку не обладают сформированными когнитивными схемами, объединяющими знания в единую систему [Николаева, 2021].

К этому добавляется дефицит научно обоснованных моделей и педагогических технологий, которые могли бы обеспечить последовательное формирование ментальных схем проектно-технологических знаний на всех этапах школьного обучения с опорой на принципы метапредметности и междисциплинарности [Ретивых, Матяш, Воронин, 2017]. Не менее значимой проблемой выступает и недостаточная мотивация школьников к проектно-технологической деятельности, вызванная зачастую формальным подходом к ее организации и слабой связью предлагаемых заданий с актуальными жизненными и будущими профессиональными задачами, где как раз и требуется умение выстраивать междисциплинарные связи [Осокина, Калугин, Маурер, 2015].

Это приводит к противоречию между стратегическими задачами научно-технологического развития страны, требующими подготовки креативно мыслящих специалистов с развитым проектно-технологическим мышлением, и реальной практикой школьного образования, не обеспечивающей в полной мере формирование соответствующих компетенций у обучающихся.

Актуальной становится проблема эффективного формирования ментальных схем, чтобы они стали прочным фундаментом для развития проектно-технологического мышления обучающегося.

Цель статьи – представить научно обоснованный подход к использованию ментальных карт (далее – МК) для развития ПТМ обучающихся

8–9-х классов на уроках труда (технологии) в модуле «Автоматизированные системы». В работе обобщены материалы исследовательской работы, демонстрирующие эффективность данного подхода в формировании у школьников структурно-ментальных схем предметной области и навыков проектного анализа.

Методологию исследования составляют анализ научно-педагогической и психологической литературы, посвященной проблеме развития проектно-технологического мышления, а также диагностические методики, включающие критериальный анализ работ обучающихся, психолого-педагогическое наблюдение групп обучающихся. В основу исследования положены принципы ментальной дидактики.

Выборка исследования формировалась на основе многолетнего экспериментального изучения эффективности применения ментальных карт в развитии проектно-технологического мышления обучающихся. В исследовании приняли участие учащиеся 8–9-х классов МАОУ СШ № 147 города Красноярск в период с 2023 по 2025 г.

Объем выборки составил 160 обучающихся, распределенных по два класса в каждой параллели 8-х и 9-х классов за каждый год исследования. Всего было проанализировано 89 работ учащихся, содержащих ментальные карты по модулю «Автоматизированные системы».

Критерии отбора участников исследования учитывали возрастной диапазон 13–15 лет, освоение программы предмета «Труд (технология)», наличие базового уровня подготовки по робототехнике и автоматизированным системам, а также добровольность участия в исследовании.

Репрезентативность выборки обеспечивалась равномерным распределением по гендерному признаку, учетом уровня технологической подготовки, представленностью различных типов мышления и вариативностью учебных достижений.

Методология сбора данных предусматривала систематическую работу с каждой группой в течение учебного года, что позволило проследить динамику формирования проектно-технологического мышления через анализ созданных

ментальных карт и проектных работ. Полученные результаты репрезентативны и статистически значимы для формирования выводов исследования.

Обзор научной литературы. В отечественной научной литературе подробно описаны особенности ментальной дидактики и варианты формирования структурно-ментальных схем в различных предметных областях [Пак, Асауленко, 2024]; выявлены принципы визуализации когнитивных процессов, механизмы структурирования знаний посредством ментальных схем [Сырина, 2016; Хакимов, 2016]; описана взаимосвязь системного мышления, технического творчества и возможности диагностики и развития данных компонент через ментальные карты (интеллект-карты), оценены диагностический потенциал таких карт для выявления уровня сформированности системных представлений и их роль как инструмента развития креативного инженерного мышления в условиях STEM-образования [Панов, Федорова, 2014; Ревин, Червоная, 2014].

В то же время, на наш взгляд, вопрос конкретной специфики методики применения ментальных карт в области изучения сложных технических систем обучающимися средней школы остается не раскрытым.

Результаты исследования. Длительное изучение механизмов развития проектно-технологического мышления привело к выводу о приоритетности методов и принципов ментальной дидактики как инструмента достижения наилучших образовательных результатов.

Процесс мышления наиболее полноценно рассматривается через призму когнитивных наук, поэтому в основе нашего исследования – положения ментальной дидактики [Пак, 2025]. Согласно положениям ментальной дидактики неизученная область в сознании обучающегося трансформируется в слепок фрагмента реального мира, на котором сосредоточено внимание обучающегося. Область реального мира дифференцируется вниманием на составляющие объекты. Каждый из таких объектов имеет индекс (триггер), который связывает сигналы

от фрагмента физической реальности или источника информации с соответствующим ментальным образом, схемой или моделью. При взаимодействии обучающегося с объектами в его сознании создаются их модельно-символьные представления, чувственные слепки, которые ассоциативно связываются в обобщенные объекты по восходящей стратегии.

Такие «слепки» сразу оставляют отпечатки компонентов реального мира, обычно отпечаток накладывается на уже известные образы из памяти, а в случае отсутствия таковых происходит формирование новых отпечатков. Совокупность отпечатков, или ментальных примитивов, объединенных по семантическому характеру объекта, с которым происходит взаимодействие, составляет пространство ментальных образов, включающих паттерны зон, упомянутые выше.

С точки зрения процесса обучения формирование в памяти обучающегося примитивов (ментальных образов) предметной области, а также ментальных схем есть открытие нового знания, изучение новых элементов действительности. Зачастую после приобретения обучающимся основных примитивов предметной области на следующих уровнях познания от ученика требуется решение задач определенного вида. Это задачи, которые характеризуют какую-либо предметную область. В таком случае запускается мыслительная деятельность в пространстве ментальных схем. Группировка и взаимосвязь с определенным видом ментальных образов создает структурные схемы.

Следовательно, высокий уровень развития предметной компоненты ПТМ есть сформированные достаточным образом структурно-ментальные схемы. Самым близким по внешнему и функциональному признаку (визуализация структурных взаимосвязей) к данным схемам, как упоминалось выше, является ментальная карта. Ментальная карта – это образ какого-либо пространственно-временного объекта среды, представленный в рисунке, схеме, карте – продукте умственной деятельности человека [Куликова, 2021; Рымарь, Рымарь, 2024].

Понятие «ментальная карта» (mental map, cognitive Landkarte) было впервые введено Е.С. Толманом в 1948 г. Главные работы по этой тематике относятся к 70-м гг. XX в. Географ Р.М. Доунз и психолог Д. Стеа определяли ментальную картографию как «абстрактное понятие, охватывающее те ментальные и духовные способности, которые дают нам возможность собирать, упорядочивать, хранить, вызывать из памяти и перерабатывать информацию об окружающем пространстве» [Dushkova, Tsankov, 2015].

В современных условиях цифровизации образования особую значимость приобретает интеграция ментальных карт с технологиями искусственного интеллекта, которая демонстрирует существенный потенциал в развитии навыков сотрудничества учащихся в рамках проектного обучения. Как показывают исследования [Tendrita, Hidayati, 2025; Debbag et al., 2021], цифровые ментальные карты с элементами ИИ оптимизируют групповое взаимодействие: ускоряют процесс принятия решений, повышают организованность проектной деятельности и обеспечивают более эффективную координацию командных усилий. Помимо этого, техника ментальных карт способствует комплексной вовлеченности учащихся (когнитивной, эмоциональной и поведенческой) в проектную работу, а также позволяет системно структурировать содержание проектов, упорядочивать идеи и совершенствовать коммуникативные навыки, в том числе в предметных областях, таких как математика [Farokhah et al., 2025; Koculu et al., 2022]. Таким образом, сочетание традиционных методов визуализации знаний с ИИ-инструментами открывает новые возможности для повышения качества проектного обучения и формирования ключевых компетенций учащихся.

С учетом вышеизложенного суть методики применения ментальных карт в контексте предмета «Труд (технология)» модуля «Автоматизированные системы» может быть описана следующим образом.

Цель – формирование у обучающихся многоуровневой системы когнитивных структур:

– начальный уровень – ментальные примитивы (базовые чувственные образы элементов);

– средний уровень – ментальные схемы (структурированные связи между элементами, позволяющие решать задачи);

– высший уровень – ментальная модель предметной области (целостное представление, необходимое для проектирования).

Конечная цель – развитие проектно-технологического мышления через поэтапное освоение когнитивных операций.

Средства:

– электротехнический конструктор – материальная основа для формирования чувственных образов;

– ментальные карты – инструмент визуализации когнитивных структур;

– проектные задания (индивидуальные и групповые) – тренажеры для развития ментальных моделей при создании автоматизированных систем (например, управление электродвигателем или освещением).

Способы и приемы

Этап 1. Формирование ментальных примитивов. Практическое взаимодействие с элементами конструктора (сенсорное познание). Создание чувственных следов в памяти. Задание на создание обобщенной схемы элементов образовательного набора (стимулирует переход от чувственного к понятийному).

Этап 2. Построение ментальных схем. Анализ взаимосвязей между элементами на основе опыта работы с конструктором. Визуализация связей через ментальные карты (фиксация символично-понятийных надстроек и процедурно-алгоритмических структур). Решение типовых задач по управлению автоматизированными системами.

Этап 3. Формирование ментальной модели. Интеграция схем в целостную модель предметной области. Разработка проекта (имитация автоматизированной системы) с применением сформированных ментальных моделей. Рефлексия и корректировка модели на основе обратной связи.

4. Диагностика. Для оценки эффективности методики применяется метод качественного тематического анализа. Предмет анализа: ментальные карты и проектные работы учащихся.

Критерии оценки:

- полнота отражения элементов в ментальных картах;
- логичность связей между элементами (структура схем);
- способность применять модель для решения проектных задач;
- динамика трансформации перцептивного опыта в визуально-смысловые конструкции.

Выявляемые закономерности:

- повторяющиеся тематические паттерны в работах;
- особенности репрезентации чувственных образов;
- этапы перехода от примитивов к моделям.

Опыт внедрения. Методика апробируется в МАОУ СШ № 147 города Красноярска в рамках модулей «Робототехника» и «Автоматизированные системы» предмета «Труд (технология)», а также на дополнительных занятиях по робототехнике и управлению БПЛА.

Ключевые результаты:

- у обучающихся наблюдается поэтапное формирование когнитивных структур: от фрагментарных образов элементов к целостным проектным решениям;
- ментальные карты позволяют визуализировать процесс упорядочивания чувственных следов в структурированные схемы;

– проектные задания демонстрируют применение ментальных моделей на практике (например, создание системы управления освещением с учетом реальных параметров);

– качественный анализ выявил устойчивые паттерны в восприятии технических элементов, что позволяет корректировать учебные задания под когнитивные особенности учащихся.

В результате реализации предложенного подхода к формированию ментальных примитивов в рамках предметной области «Труд (технология)» (модуль «Автоматизированные системы») был собран эмпирический материал, включающий 89 работ обучающихся, которые обладают значимым диагностическим потенциалом и представляют существенный научный интерес для исследования когнитивных механизмов освоения инженерно-технологических понятий.

Метод критериального дифференцирования дал возможность структурировать исследуемые параметры: на его основе была составлена таблица ключевых характеристик, ставшая фундаментом для последующего аналитического этапа исследования (табл.).

Применение качественного тематического анализа позволило нам проникнуть в субъективный мир учащихся и выявить следующие закономерности в формировании примитивов.

Разбор имеющихся паттернов ментальных схем

Analysis of Existing Patterns in Learners' Mental Schemas

Критерий	Особенности инвариантов	Диагностические элементы
1	2	3
Структура ментальной карты	Чек-лист или список, звезда, лестница, солнце (от главного к второстепенному, сочетание нескольких вариантов)	Структура ментальной карты должна иметь логическую взаимосвязь элементов, а ее вид наиболее полно отражать устройство системы. Количество ветвей и подветвей: отражает ли количество ветвей достаточную детализацию и глубину проработки темы? Существуют ли «пустые» ветви, не содержащие информации?
Структуризация и группировка	Подчеркивают заголовки направлений. Выделяют существенные признаки. Группируют элементы в виде блок-схем, обводят заголовки	Иерархия: насколько четко выражена иерархия ментальных примитивов? Умеют ли учащиеся выделять ключевые элементы и подчинять им второстепенные? Отражение упорядоченности: насколько карта отражает упорядоченность и логическую структуру изучаемого материала? Выявляются ли причины и следствия, этапы процесса, компоненты системы?

1	2	3
Семантика карты	Используются термины предметной области	Ключевые слова и фразы: какие ключевые слова и фразы используются для обозначения понятий и идей? Насколько точно и лаконично выбраны эти слова?
Использование графических элементов	Наличие изображений и рисунков. Наличие базовых схематических изображений элементов. Соответствие рисунка действительности	Визуальные элементы: используются ли визуальные элементы (изображения, символы, цвета) для усиления смысла и улучшения запоминания? Насколько адекватно и эффективно используются эти элементы?
Формализация ментальной карты	Присутствуют единицы измерений. Использование знаково-символьных обозначений, формул и общеизвестных сокращений	Символическая интерпретация: какие символы и метафоры используются для представления абстрактных понятий? Как эти символы связаны с личным опытом и культурным контекстом учащегося?
Функциональность	Есть связи элементов	Указатели или соединительные линии имеют функциональное значение и показывают связь от общего к частному или связь управления?
Когнитивная письменная коммуникативность (способность мозга работать так, чтобы читатель понимал твои мысли, изложенные на физическом носителе)	Аккуратность и понятность заполнения. Информативность содержания	Наличие ошибок и неточностей: содержатся ли в карте фактические ошибки, логические противоречия или неточности?
Мультисенсорное восприятие	Данный элемент диагностики поддается оценке в ходе наблюдения за выполнением работы	Выявление доминирующих чувственных модальностей: какие органы чувств (зрение, слух, вкус, обоняние, осязание) доминируют в представлении информации? Например, преобладание визуальных образов может указывать на склонность к визуальному мышлению
Индивидуализация обучения	В работе присутствуют особые объекты, которые представляют часть внутреннего мира обучающегося	Анализ эмоциональной окраски: какие эмоции и чувства связаны с различными элементами карты? Проявляются ли в карте личные ассоциации и переживания?

В ходе исследования выявлено, что при отсутствии жестко заданной траектории выполнения задания обучающиеся демонстрируют два принципиально различных подхода к репрезентации предметной области в своих работах. Первый подход характеризуется стремлением к максимально детализированному воспроизведению объектов и явлений: учащиеся стараются зафиксировать все элементы без исключения, уделяя внимание даже незначительным деталям. Такой способ визуализации может свидетельствовать о более глубоком уровне усвоения учебного материала и сформированности целостного представления о предметной реальности. Второй

подход, напротив, предполагает использование упрощенных схем и символических обозначений. В этом случае когнитивная нагрузка снижается за счет абстрагирования от второстепенных элементов, что позволяет сфокусироваться на ключевых аспектах изучаемого объекта. Примечательно, что данный способ репрезентации дает исследователю возможность четко идентифицировать те элементы предметной области, которые обучающийся субъективно воспринимает как наиболее значимые и существенные. Таким образом, выбор стратегии визуализации выступает индикатором особенностей когнитивной обработки информации и уровня осмысления учебного материала.

В процессе познавательной деятельности обучающиеся активно прибегают к использованию метафор и символических образов как инструмента выражения субъективного осмысления изучаемого материала, а также сопутствующих эмоциональных переживаний. При этом семантика применяемых символов варьируется: от общепризнанных, культурно закреплённых знаков до индивидуально-уникальных образов, отражающих личный опыт, ассоциации и когнитивные паттерны конкретного ученика. Анализ и интерпретация этих символических конструкций предоставляют исследователю ценную информацию о субъективном восприятии учебного процесса, эмоциональном фоне и глубине осмысления предметного содержания. Более того, систематическая работа с символической выступает фундаментальной основой для конструирования специального графического языка проектирования, адаптированного к возрастным и когнитивным особенностям школьников. Такой язык, интегрируя универсальные и персональные символы, создаёт эффективные средства визуализации знаний, способствующие развитию проектного мышления и облегчающие процесс трансляции сложных технических и технологических концепций в образовательной среде.

Таким образом, организация методики работы с ментальными картами может выглядеть следующим образом.

1. Необходимо определить основные термины, детали набора, которые нужно изучить.
2. Создать карточки ментальных примитивов.
3. Подготовить карточки задания для каждой роли и одну общую карточку на команду обучающихся.
4. После вступительной части начала урока поделить обучающихся на группы по принципу особенностей восприятия информации (аудитивы, графики, кинестетики).
5. Объяснить фронтально всем группам задание. На рабочих столах групп уже должны находиться необходимые материалы и принадлежности.

Первый номер создаёт структуру ментальной карты (капитан), пишет запросы в интернете (анимированные короткие видеоролики). Второй номер делает зарисовки предметов на бумаге и находит схематические изображения элементов конструктора. Третий номер выписывает определения элементов и формулы. Четвёртый номер находит элементы в наборе, показывает всем, устанавливает на макетную плату.

Элементы набора изучаются и рассматриваются по команде учителя. Он даёт пояснения и рассказывает материал урока, на каждый элемент выделяется по 3 минуты с характерным звуковым сигналом.

После фронтальной работы с классом и индивидуальной работы каждого участника команды над своей зоной ответственности по ходу урока начинается работа группы по созданию ментальной карты на листе и ПК с помощью специальных сервисов. Капитан команды и копирайтер создают ментальную карту в online-сервисе. Дизайнер и инженер команды вырезают рисунки, определения и стикеры, создают аппликацию на бумажном носителе, добавляют цвет и выделяют главные элементы согласно общей структурной схеме, которую составил капитан команды.

В конце урока обучающиеся сдают свои работы, лучшие из которых можно повесить в классе или установить на выставочных стендах рядом с кабинетом. Итоговую собранную ментальную карту необходимо сфотографировать и разместить в социальных сетях обучающихся или на сайте школы, что укрепит личную значимость учебного материала.

Диагностика работ обучающихся: уровень сформированности структурно-ментальных схем предметной области группы можно оценивать, соотнося критерии, представленные выше (см. табл.), с фактическим их содержанием в ментальной карте, используя усреднённое значение процентной шкалы, где 50 % выполненной работы соответствует отметке «удовлетворительно», 70 % соответствует отметке «хорошо», свыше 70 % – отметке «отлично». Учителю стоит учитывать тот факт, что при усвоении менее 70 %

ментальных примитивов эффективный переход на следующие уровни проектно-технологического мышления крайне затруднителен или невозможен вовсе.

Учитывая точки зрения ученых, мы считаем, что одним из эффективных способов изучения нового и сложного технического материала является метод ментальных карт, созданный на основе принципов ментальной дидактики с учетом особенностей работы психики подростков, их сенсорной системы.

На основании проведенного исследования мы полагаем, что анализ ментальной карты обучающегося, осуществляемый в соответствии с разработанной системой критериев, представляет собой эффективный методический инструмент для конструирования диагностического материала.

Результаты проведенного анализа научных работ позволяют сделать вывод о тесной взаимосвязи между качеством визуальной репрезентации знаний и уровнем развития системного мышления. Установлено, что грамотно организованные образы и графические элементы, характеризующиеся четкой структурой и взаимосвязанностью компонентов, свидетельствуют о глубоком понимании исследуемого материала. Такая визуальная систематизация отражает способность субъекта интегрировать разнородные элементы в целостную концептуальную модель, что является ключевым индикатором сформированности системного мышления. Последнее, в свою очередь, выступает необходимым когнитивным условием для эффективной реализации проектно-технологической деятельности. Напротив, фрагментарность визуальных представлений, отсутствие явных связей между их составляющими могут сигнализировать о неполноте предметных знаний или затруднениях в выявлении взаимосвязи. Подобные дефициты представляют собой существенные когнитивные барьеры, препятствующие развитию проектно-технологического мышления и снижению эффективности решения комплексных предметных задач.

Все это позволяет сформулировать основные закономерности формирования ментальных

примитивов и их связи в ментальные схемы знаний в рамках модуля «Автоматизированные системы».

1. Прежде чем просить обучающихся составить ментальную карту, необходимо ознакомить учеников с базовым алгоритмом ее создания. Правила создания ментальной карты должны быть представлены четким и понятным алгоритмом.

2. Для успешного создания ментальных примитивов в долгосрочной памяти обучающегося необходимо создать лично значимый характер изучаемого материала. В связи с этим нами использован метод активизации третьего уровня мышления ИКТ-зоны, суть которого заключается в размещении своей работы в социальных сетях. Данный прием создает чувственные слепки и обогащает опыт взаимодействия ученика с объектами предметной области.

3. Особую значимость приобретает метод мультисенсорного погружения, предполагающий активизацию максимально широкого спектра сенсорных каналов восприятия. Эффективная реализация данного подхода требует комплексного задействования зрительных, тактильных и кинестетических модальностей, например, использования динамического освещения (с вариацией интенсивности и цветовой температуры), текстурных материалов, а также интерактивных инструментов – стикеров для визуализации связей, разноцветных фломастеров для кодирования информации и пространственного структурирования концептов. Подобная мультимодальная стимуляция не только усиливает вовлеченность субъекта в познавательный процесс, но и способствует формированию устойчивых нейронных связей за счет параллельной активации различных зон коры головного мозга. В результате синтетическое взаимодействие сенсорных стимулов создает условия для более глубокого усвоения материала.

Выявленные выше закономерности и принципы позволяют нам конкретизировать методику использования ментальных карт для развития проектно-технологического мышления и предложить его для дальнейшего обсуждения.

Цель применения методики: формирование базовых ментальных примитивов элементов образовательного электротехнического конструктора предметной области «Труд (технология)» модуля «Автоматизированные системы» в 8–9-х классах и создание начальных представлений о взаимосвязи этих элементов.

Место в образовательном процессе: начало изучения модуля, урок открытия нового знания.

Заключение. В ходе исследования был проведен комплексный анализ научно-педагогической, методической и психологической литературы, посвященной проблемам развития проектно-технологического мышления. Опираясь на теоретические положения ментальной дидактики, мы осуществили модернизацию методики применения ментальных карт в образовательном процессе по предметной области «Труд (технология)» (модуль «Автоматизированные системы» для 8–9-х классов). В результате эмпирического изучения ментальных карт, составленных школьниками при освоении деталей электротехнического конструктора, были выявлены их ключевые характеристики, имеющие принципиальное значение для разработки дидактических материалов. Установлена существенная взаимосвязь между спецификой функционирования проектно-технологического мышления обучающихся и базовыми принципами ментальной дидактики.

На этой теоретической и эмпирической основе нами были разработаны учебные материалы для школьников, направленные на формирование проектно-технологических компетенций, и составлены методические рекомендации для педагогов по эффективному использованию

ментальных карт на этапе освоения нового учебного материала. Данные разработки позволяют системно интегрировать метод ментальных карт в образовательный процесс, обеспечивая его соответствие современным дидактическим требованиям и когнитивным особенностям учащихся.

Предложенная методика, будучи одним из ключевых элементов когнитивно-информационного подхода, обладает значительным потенциалом для трансдисциплинарного применения – его методологический аппарат может быть успешно интегрирован в широкий спектр предметных областей. Особую научную ценность данная концепция представляет в контексте совершенствования качества образовательного процесса и модернизации методической базы преподавания технически сложных дисциплин. В частности, ее применение особенно перспективно в областях, базирующихся на оперировании вычислительными, техническими, логическими и структурными моделями, где требуется системное осмысление взаимосвязей между элементами изучаемых объектов. Реализация данного подхода способствует формированию у обучающихся целостного когнитивного каркаса, позволяющего эффективно анализировать сложные технические системы, выявлять закономерности их функционирования и выстраивать продуктивные стратегии решения профессиональных задач.

Таким образом, методика открывает новые возможности для повышения результативности обучения за счет гармоничного сочетания когнитивных механизмов восприятия информации с современными информационными технологиями предметного обучения.

Библиографический список

1. Брагина Е.В. Преодоление когнитивной перегрузки учащихся посредством проектирования и разработки структуры системы электронного обучения // Педагогика и просвещение. 2023. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preodolenie-kognitivnoy-peregruzki-uchaschihsya-posredstvom-proektirovaniya-i-razrabotki-struktury-sistemy-elektronno-go-obucheniya> (дата обращения: 18.02.2026).
2. Зайцева С.А., Иванов В.В., Киселев В.С., Зубаков А.Ф. Развитие образовательной робототехники: проблемы и перспективы // Образование и наука. 2022. № 24 (2). С. 84–115. DOI: <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2022-2-84-115>

3. Иванов В.Н., Иванов А.В. Методика эффективного обучения робототехнической программно-элементной базе в школе // Ped.Rev. 2018. № 1 (19). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-effektivnogo-obucheniya-robototekhnicheskoy-programmno-elementnoy-baze-v-shkole> (дата обращения: 18.02.2026).
4. Куликова В.В. Ментальная карта как метод обучения // Карельский научный журнал. 2021. № 1 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mentalnaya-karta-kak-metod-obucheniya> (дата обращения: 09.12.2025).
5. Маркушевич М.В. Организация дистанционного преподавания робототехники на базе микроконтроллера Arduino Uno в виртуальной среде Autodesk Tinkercad // Информатика в школе. 2020. № 8. С. 12–20. DOI: <https://doi.org/10.32517/2221-1993-2020-19-8-12-20>
6. Машуков Я.М. Оценка развития проектно-технологического мышления обучающихся 8–9-х классов на основе когнитивного подхода в модуле «Автоматизированные системы на уроках труда (технологии)» // Вестник науки. 2024. № 12 (81). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-razvitiya-proektno-tehnologicheskogo-myshleniya-obuchayuschih-sya-8-9-klassov-na-osnove-kognitivnogo-podhoda-v-module> (дата обращения: 09.12.2025).
7. Николаева Е.К. Проблема традиционного обучения в современной школе // Скиф. 2021. № 2 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-traditsionnogo-obucheniya-v-sovremennoy-shkole> (дата обращения: 18.02.2026).
8. Осокина О.М., Калугин Д.Ю., Маурер К.В. Система формирования мотивации школьников к выбору инженерно-технических специальностей // Нижегородское образование. 2015. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-formirovaniya-motivatsii-shkolnikov-k-vyboru-inzhenerno-tehnicheskikh-spetsialnostey> (дата обращения: 18.02.2026).
9. Пак Н.И. Ментальный подход в образовании: монография / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2025. 148 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/503699> (дата обращения: 09.12.2025).
10. Пак Н.И. Ментальный подход к цифровой трансформации образования // Открытое образование. 2021. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mentalnyy-podhod-k-tsifrovoy-transformatsii-obrazovaniya> (дата обращения: 18.02.2026).
11. Пак Н.И., Асауленко Е.В. Технология конструирования структурно-ментальных схем для расчетных задач // Открытое образование. 2024. № 28 (2). С. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2024-2-50-58>
12. Панов А.В., Федорова М.А. Формирование системного мышления // Омский научный вестник. 2014. № 4 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sistemnogo-myshleniya> (дата обращения: 09.12.2025).
13. Потапова М.В., Щетинин А.Н. Обзор проблем современного российского образования // МНКО. 2025. № 4 (113). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-problem-sovremennogo-rossiyskogo-obrazovaniya> (дата обращения: 18.02.2026).
14. Ревин И.А., Червоная И.В. Развитие системного мышления с использованием метода карт понятий в профессиональной подготовке инженеров // Евразийский Союз Ученых. 2014. № 6-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-sistemnogo-myshleniya-s-ispolzovaniem-metoda-kart-ponyatiy-v-professionalnoy-podgotovke-inzhenerov> (дата обращения: 09.12.2025).
15. Ретивых М.В., Матяш Н.В., Воронин А.М. Актуальные проблемы технологического образования школьников и подготовки учителей технологии // Вестник БГУ. 2017. № 1 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-tehnologicheskogo-obrazovaniya-shkolnikov-i-podgotovki-uchiteley-tehnologii> (дата обращения: 18.02.2026).

16. Рымарь С.В., Рымарь А.И. Ментальная карта как современная педагогическая технология // Мир науки. Педагогика и психология. 2024. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mentalna-ya-karta-kak-sovremennaya-pedagogicheskaya-tehnologiya> (дата обращения: 09.12.2025).
17. Сырина Т.А. Когнитивная визуализация: сущность понятия и его роль в обучении языку // Вестник ТГПУ. 2016. № 7 (172). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnaya-vizualizatsiya-suschnost-ponyatiya-i-ego-rol-v-obuchenii-yazyku> (дата обращения: 09.12.2025).
18. Хакимов Д.Р. Применение в учебном процессе ментальных карт // Образовательные ресурсы и технологии. 2016. № 1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-v-uchebnom-protse-sses-mentalnyh-kart> (дата обращения: 09.12.2025).
19. Debbag, M., Cukurbasi, B., & Fidan, M. (2021). Use of digital mind maps in technology education: A pilot study with pre-service science teachers. *Informatics in Education*, 20 (1), 47–68. DOI: <https://doi.org/10.15388/infedu.2021.03>
20. Dushkova, M., & Tsankov, S. (2015). The use of mind maps in teaching literature with the aid of information technologies. *EDULEARN15 Conference Proceedings*, 2720–2725. URL: <https://library.iated.org/view/DUSHKOVA2015USE> (access date: 09.12.2025).
21. Farokhah, L., Nurmulia, F., Herman, T., Jupri, A., Pratiwi, V., & Nurkaeti, N. (2021). The improvement of mathematical communication ability of elementary school students through project-based learning using mind map technique. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806 (1), 012105. DOI: 10.1088/1742-6596/1806/1/012105
22. Koculu, A., Girgin, S., & Topsakal, U. (2022). Revealing pre-service teachers' mind maps on STEM education through STEM images. *International Journal of Progressive Education*, 18 (5). DOI: 10.29329/ijpe.2022.467.19
23. Tendrita, M., & Hidayati, U. (2025). AI-based mind mapping in project-based learning: Impact on students' collaboration skills. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11 (1), 370–377. DOI: 10.22219/jpbi.v11i1.37831

DEVELOPMENT OF DESIGN AND TECHNOLOGY THINKING AMONG 8TH–9TH GRADERS AT CRAFTS (TECHNOLOGY) CLASSES

Ya.M. Mashukov (Krasnoyarsk, Russia)

S.R. Turusina (Krasnoyarsk, Russia)

Abstract

Statement of the problem. In the context of increasing societal technologization, the task of developing design and technological thinking (hereafter – DTT) among school students becomes particularly relevant. This is directly connected with the training of personnel for high-tech industries. Within the Crafts (Technology) classes (Automated Systems module for Grades 8–9), tools that enable the effective formation of structural and mental schemes of the subject area are especially in demand. By structural mental schemes, we mean cognitive models reflecting the interrelationships of elements in automated systems (sensors, controllers, actuators, etc.) and algorithms for their interaction. The formation of such schemes is a necessary stage in the DTT development: it ensures meaningful design of solutions, rather than mechanical copying of templates. Thus, structural mental schemas are an operational DTT component, providing a structured perception and analysis of technological tasks. This research aims to improve the system of developing DTT in high schoolers through adapting the methodology of mental maps. The work summarizes the results of theoretical analysis and practical testing of didactic materials, identifies key patterns in the formation of mental primitives, and their integration into cohesive cognitive structures. The proposed methodological solutions open prospects for enhancing the quality of mastering technically complex disciplines and can be extrapolated to related subject areas.

The purpose of the article is to present a scientifically based approach to the use of mental maps (hereinafter referred to as MM) for the development of DTT among 8th–9th high school graders at Crafts (Technology) classes in the Automated Systems module. The paper summarizes the research materials demonstrating the effectiveness of this approach in the formation of students' structural and mental schemas of the subject area and skills of project analysis.

Methodology and research methods. The main methods include analysis of scientific pedagogical and psychological literature dedicated to the problem of developing design and technological thinking, as well as diagnostic techniques such as criterion analysis of students' work, and psychological and pedagogical observation over student groups. The principles of mental didactics underpin the research. The study involved 160 students from Grades 8–9 of MAOU Secondary School No. 147 in Krasnoyarsk (two classes in each parallel) during the period of 2023–2025. They voluntarily were mastering the Crafts (Technology) subject program with a basic level of training in robotics. The sample was formed taking into account the age range of 13–15 years, gender composition, level of technological training, and types of thinking, thus ensuring the representativeness of the results. Based on the analysis of 89 works with mind maps on the Automated Systems module, collected during systematic observation for the dynamics of the formation of design and technological thinking, statistically significant conclusions were obtained.

Research results. A methodology for working with mental maps has been developed to facilitate the development of students' design and technological thinking. Didactic materials on the Automated Systems topic are presented, along with a description of their application methodology. Principles of forming mental primitives in the subject area are identified and described. They are all combined into primary basic structural and mental schemes.

Conclusion. The use of an improved method for working with mental maps, based on the principles of mental didactics, contributes to effective formation and development of design and technological thinking through the qualitative and long-term creation of structural and mental schemas of the studied subject area.

Keywords: *mental maps, design and technological thinking, mental didactics, automated systems, structural and mental schemes.*

Mashukov, Yakov M. – PhD Candidate, Department of Computer Science and Information Technologies in Education, Institute of Mathematics, Physics and Computer Science, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev (Krasnoyarsk, Russia); e-mail: mashukoff.ya@yandex.ru

Turusina, Svetlana R. – Head of the Social and Psychological Service Structural Unit at MAOU Secondary School No. 147 (Krasnoyarsk, Russia).

References

1. Bragina, E.V. (2023). Overcoming cognitive overload of students through designing and developing the structure of an e-learning system. *Pedagogika i prosveshchenie* [Pedagogy and Enlightenment], 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preodolenie-kognitivnoy-peregruzki-uchaschihsya-posredstvom-proektirovaniya-i-razrabotki-struktury-sistemy-elektronnogo-obucheniya>
2. Zaytseva, S.A., Ivanov, V.V., Kiselev, V.S., & Zubakov, A.F. (2022). Development of educational robotics: Problems and prospects. *Obrazovanie i nauka* [Education and Science], 24 (2), 84–115. DOI: <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2022-2-84-115>
3. Ivanov, V.N., & Ivanov, A.V. (2018). Methodology of effective teaching robotic software and component base at school. *Ped.Rev* [Ped.Rev], 1 (19). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-effektivnogo-obucheniya-robototekhnicheskoy-programmno-elementnoy-baze-v-shkole> (access date: 18.02.2026).
4. Kulikova, V.V. (2021). Mind map as a teaching method. *Karel'skiy nauchnyy zhurnal* [Karelian Scientific Journal], 1 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mentalnaya-karta-kak-metod-obucheniya> (access date: 09.12.2025).
5. Markushevich, M.V. (2020). Organization of distance teaching of robotics based on the Arduino Uno microcontroller in the Autodesk Tinkercad virtual environment. *Informatika v shkole* [Informatics at School], 8, 12–20. DOI: <https://doi.org/10.32517/2221-1993-2020-19-8-12-20>
6. Mashukov, Ya.M. (2024). Assessment of the development of design and technological thinking in 8th–9th grade students based on a cognitive approach in the automated systems module at crafts (technology) lessons. *Vestnik nauki* [Science Bulletin], 12 (81). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-razvitiya-proektno-tehnologicheskogo-myshleniya-obuchayuschihsya-8-9-klassov-na-osnove-kognitivnogo-podhoda-v-module> (access date: 09.12.2025).
7. Nikolaeva, E.K. (2021). The problem of traditional education in modern school. *Skif* [Skif], 2 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-traditsionnogo-obucheniya-v-sovremennoy-shkole> (access date: 18.02.2026).
8. Osokina, O.M., Kalugin, D.Yu., & Maurer, K.V. (2015). A system for fostering students' motivation to choose engineering and technical specialties. *Nizhegorodskoe obrazovanie* [Nizhny Novgorod Education], 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-formirovaniya-motivatsii-shkolnikov-k-vyboru-inzhenerno-tehnicheskikh-spetsialnostey> (access date: 18.02.2026).
9. Pak, N.I. (2021). Mental approach to the digital transformation of education. *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education], 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mentalnyy-podhod-k-tsifrovoy-transformatsii-obrazovaniya> (access date: 18.02.2026).
10. Pak, N.I. (2025). *Mentalny podhod v obrazovanii* [Mental approach in education] [Monograph]. Krasnoyarsk, Russia. URL: <https://e.lanbook.com/book/503699> (access date: 09.12.2025).
11. Pak, N.I., & Asaulenko, E.V. (2024). Technology for constructing structural-mental schemes for calculation tasks. *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education], 28 (2), 50–58. DOI: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2024-2-50-58>
12. Panov, A.V., & Fedorova, M.A. (2014). Formation of systems thinking. *Omskiy nauchnyy vestnik* [Omsk Scientific Bulletin], 4 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sistemnogo-myshleniya> (access date: 09.12.2025).
13. Potapova, M.V., & Shchetinin, A.N. (2025). Review of problems in modern Russian education. *MNKO* [World of Science, Culture, and Education], 4 (113). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-problem-sovremennogo-rossiyskogo-obrazovaniya> (access date: 18.02.2026).
14. Revin, I.A., & Chervonaya, I.V. (2014). Development of systems thinking using the concept mapping method in professional training of engineers. *Evraziyskiy Soyuz Uchenykh* [Eurasian Union of Scientists], 6 (2). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-sistemnogo-myshleniya-s-ispolzovaniem-metoda-kart-ponyatiy-v-professionalnoy-podgotovke-inzhenеров> (access date: 09.12.2025).

15. Retivykh, M.V., Matyash, N.V., & Voronin, A.M. (2017). Current problems of technological education for schoolchildren and training of technology teachers. *Vestnik BGU* [BGU Bulletin], 1 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-tehnologicheskogo-obrazovaniya-shkolnikov-i-podgotovki-uchiteley-tehnologii> (access date: 18.02.2026).
16. Rymar, S.V., & Rymar, A.I. (2024). Mind map as a modern pedagogical technology. *Mir nauki. Pedagogika i psikhologiya* [World of Science. Pedagogy and Psychology], 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mentalnaya-karta-kak-sovremennaya-pedagogicheskaya-tehnologiya> (access date: 09.12.2025).
17. Syrina, T.A. (2016). Cognitive visualization: The essence of the concept and its role in language learning. *Vestnik TGPU* [Bulletin of Tomsk State Pedagogical University], 7 (172). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnaya-vizualizatsiya-suschnost-ponyatiya-i-ego-rol-v-obuchenii-yazyku> (access date: 09.12.2025).
18. Khakimov, D.R. (2016). Using mind maps in the educational process. *Obrazovatelnye resursy i tekhnologii* [Educational Tools and Resources], 1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-v-uchebnom-protse-mentalnyh-kart> (access date: 09.12.2025).
19. Debbag, M., Cukurbasi, B., & Fidan, M. (2021). Use of digital mind maps in technology education: A pilot study with pre-service science teachers. *Informatics in Education*, 20 (1), 47–68. DOI: <https://doi.org/10.15388/infedu.2021.03>
20. Dushkova, M., & Tsankov, S. (2015). The use of mind maps in teaching literature with the aid of information technologies. *EDULEARN15 Conference Proceedings*, 2720–2725. URL: <https://library.iated.org/view/DUSHKOVA2015USE>
21. Farokhah, L., Nurmulia, F., Herman, T., Jupri, A., Pratiwi, V., & Nurkaeti, N. (2021). The improvement of mathematical communication ability of elementary school students through project-based learning using mind map technique. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806 (1), 012105. DOI: [10.1088/1742-6596/1806/1/012105](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012105)
22. Koculu, A., Girgin, S., & Topsakal, U. (2022). Revealing pre-service teachers' mind maps on STEM education through STEM images. *International Journal of Progressive Education*, 18 (5). DOI: [10.29329/ijpe.2022.467.19](https://doi.org/10.29329/ijpe.2022.467.19)
23. Tendrita, M., & Hidayati, U. (2025). AI-based mind mapping in project-based learning: Impact on students' collaboration skills. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11 (1), 370–377. DOI: [10.22219/jpbi.v11i1.37831](https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i1.37831)