



УДК 004:37.013

МРНТИ 14.35.09

https://doi.org/10.53364/24138614_2026_40_1_12

М.Ж. Базарова^{1*}, Қ. Алибекқызы¹, С. Адиканова², А.Ж. Бугубаева³

¹Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева,
Усть-Каменогорск, Казахстан

²Восточно-Казахстанский университет им. С.Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан

³Карагандинский Университет Казпотребсоюза, г. Караганда, Казахстан

*E-mail: madina_vkgtu@mail.ru

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ ПРОЦЕССА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Аннотация В статье рассматривается разработка онтологии, предназначенной для формализации и поддержки процесса повышения квалификации преподавателей в условиях цифровой трансформации образования с акцентом на STEM-ориентированные подходы. Актуальность исследования обусловлена необходимостью системного представления профессиональных компетенций преподавателей XXI века и обеспечения их измеримости в цифровых образовательных средах. Целью работы является создание онтологической модели, обеспечивающей интеграцию STEM-методов, компетенций, индикаторов их сформированности, инструментов оценивания и форм контроля в единой информационной структуре. В исследовании применялись методы онтологического моделирования, формального описания знаний с использованием OWL, а также запросы SPARQL для анализа и извлечения данных. В результате разработана онтология, реализующая матрицу соответствия «STEM-метод – компетенция – индикаторы – инструменты – формы контроля» и поддерживающая автоматизированный мониторинг профессионального развития преподавателей. Научная новизна работы заключается в комплексной формализации процесса повышения квалификации на основе онтологического подхода. Практическая значимость определяется возможностью использования онтологии в цифровых платформах повышения квалификации, системах поддержки принятия решений и аналитики качества педагогического образования.

Ключевые слова: STEM-образование, повышение квалификации преподавателей, профессиональные компетенции, цифровая трансформация образования, STEM-методы, методологическая модель, оценка компетенций.

Введение.

В условиях цифровой трансформации образования существенно возрастают требования к профессиональной деятельности преподавателей, что обуславливает необходимость совершенствования систем повышения квалификации на основе современных цифровых и междисциплинарных подходов. Переход от фрагментарных форм профессионального обучения к непрерывным и адаптивным моделям развития педагогических кадров рассматривается как одно из ключевых направлений модернизации образовательных систем [1]. В этой связи особую актуальность приобретает внедрение STEM-образования, ориентированного на интеграцию научных, технологических, инженерных и математических методов в образовательную практику.

Анализ научных источников показывает, что эффективность повышения квалификации преподавателей во многом определяется уровнем методической поддержки, практикоориентированностью обучения и возможностью оценки сформированности профессиональных компетенций [2]. Современные исследования подчёркивают, что традиционные информационные системы управления обучением, основанные преимущественно на обработке данных, не обеспечивают достаточной гибкости и семантической согласованности при проектировании индивидуальных траекторий профессионального развития [3].

В последние годы в научной литературе активно развивается онтологический подход, рассматриваемый как средство формализации и структурирования знаний об образовательных процессах, компетенциях и методах обучения [4]. Онтологические модели позволяют представить предметную область образования в виде системы понятий и отношений, обеспечивая согласование терминологии и интеграцию разнородных образовательных ресурсов. В работах отечественных и зарубежных авторов показано, что использование онтологий способствует повышению прозрачности и воспроизводимости процессов профессионального развития преподавателей [5].

Особое значение онтологическое моделирование приобретает в контексте STEM-образования, характеризующегося междисциплинарным характером и ориентацией на проектно-исследовательскую деятельность. Исследования свидетельствуют о том, что интеграция STEM-методов в системы повышения квалификации требует формализованных моделей, связывающих методы обучения, профессиональные компетенции и инструменты их оценки [6]. Вместе с тем анализ литературы выявляет недостаточную разработанность вопросов построения онтологических баз знаний, ориентированных именно на процессы повышения квалификации преподавателей с учётом STEM-компонентов.

Таким образом, существующие исследования создают теоретическую основу для применения онтологического подхода в образовании, однако остаётся актуальной задача разработки информационной модели онтологической базы знаний, обеспечивающей системное представление процессов повышения квалификации преподавателей в STEM-ориентированной образовательной среде [7, 8]. Решение данной задачи позволит повысить структурированность, адаптивность и измеримость профессионального развития педагогических кадров, что и определяет научную и практическую значимость настоящей работы.

Целью настоящего исследования является разработка модели интеграции STEM-методов в процесс повышения квалификации преподавателей, ориентированной на формирование профессиональных компетенций XXI века. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- определить перечень профессиональных компетенций преподавателей и индикаторов их сформированности в условиях STEM-ориентированного образования;
- разработать информационную модель онтологической базы знаний процесса повышения квалификации преподавателей с учётом интеграции STEM-методов;
- установить взаимосвязи между STEM-методами, профессиональными компетенциями, образовательными инструментами и формами оценки в рамках онтологической структуры;

Объектом исследования является процесс повышения квалификации преподавателей в условиях цифровой трансформации образования и внедрения STEM-ориентированных подходов.

Предметом исследования являются информационные и онтологические модели интеграции STEM-методов в процесс повышения квалификации преподавателей, а также механизмы формирования и оценки профессиональных компетенций XXI века.

Научная новизна исследования заключается в разработке информационной модели онтологической базы знаний процесса повышения квалификации преподавателей,

обеспечивающей формализованное представление взаимосвязей между STEM-методами, профессиональными компетенциями и механизмами их оценки. В работе впервые систематизированы способы интеграции STEM-методов в онтологическую структуру профессионального развития преподавателей, что позволяет обеспечить измеримость и воспроизводимость результатов повышения квалификации. Дополнительно предложен подход к представлению профессиональных компетенций и индикаторов их сформированности в виде семантически согласованной модели, ориентированной на использование в цифровых образовательных платформах.

В современных научных работах информационное и онтологическое моделирование всё чаще рассматриваются как ключевая методологическая основа формализации, анализа и интеллектуальной поддержки образовательных процессов в условиях цифровой трансформации. Возрастающая сложность образовательных систем, увеличение объёмов обрабатываемых данных и активное внедрение STEM-ориентированных педагогических практик обусловили переход от преимущественно описательных подходов к структурированным, формально заданным и семантически насыщенным моделям представления знаний [9, 10].

Информационные модели ориентированы на структурирование данных об образовательных процессах и включают описание субъектов обучения, учебного контента, организационных форм и результатов оценивания. Они широко применяются в системах управления обучением и цифровых образовательных платформах, обеспечивая хранение, обработку и визуализацию данных [11]. Вместе с тем исследования показывают, что при всей своей технологической значимости информационные модели обладают ограниченными возможностями для отражения сложных логико-семантических связей между педагогическими категориями, профессиональными компетенциями и образовательными методами [12].

В сфере повышения квалификации преподавателей информационные модели позволяют автоматизировать организационные и учебные процедуры, однако не обеспечивают достаточного уровня аналитической поддержки для оценки профессионального развития и проектирования адаптивных образовательных траекторий [13]. Это ограничивает их применение в условиях перехода к компетентностно-ориентированным и персонализированным моделям обучения.

Онтологическое моделирование, в свою очередь, направлено на формализацию образовательной предметной области на основе понятий, классов и отношений, что позволяет представить процессы обучения и профессионального развития на семантическом уровне. В научной литературе подчёркивается, что онтологии способствуют формированию единого понятийного пространства и интеграции разнородных образовательных ресурсов и данных [14]. Особую актуальность онтологический подход приобретает при моделировании профессиональных компетенций преподавателей, образовательных целей и методов обучения [15].

В контексте STEM-ориентированного образования онтологические модели позволяют учитывать междисциплинарный характер образовательной деятельности и устанавливать формализованные связи между STEM-методами, формируемыми компетенциями и индикаторами их достижения. Это создаёт предпосылки для обеспечения измеримости, сопоставимости и воспроизводимости результатов повышения квалификации преподавателей [16, 17].

Отдельное направление исследований связано с разработкой гибридных моделей, сочетающих информационный и онтологический подходы. В таких моделях информационные структуры выполняют функции хранения и обработки данных, тогда как онтологии формируют семантический уровень, обеспечивающий интерпретацию знаний и логический вывод [18]. Подобные решения рассматриваются как перспективная основа для

интеллектуальных образовательных систем и цифровых платформ повышения квалификации преподавателей.

Гибридные модели открывают возможности для реализации персонализированных траекторий профессионального развития и автоматизации мониторинга компетенций, однако требуют высокой степени формализации предметной области и значительных вычислительных ресурсов. Проведённый анализ показывает, что информационные модели являются необходимым, но недостаточным инструментом для описания процессов повышения квалификации преподавателей. В условиях цифровой трансформации образования и развития STEM-подходов наибольший потенциал демонстрируют онтологические и гибридные модели, позволяющие формализовать профессиональные компетенции, интегрировать STEM-методы и обеспечить адаптивность образовательных решений [15, 17].

Анализ научных источников свидетельствует о том, что профессиональные компетенции и STEM-методы в онтологических структурах преимущественно представляются через систему классов, отношений и индикаторов, обеспечивающих формализацию и измеримость образовательных процессов. Интеграция указанных элементов в единую онтологическую модель рассматривается как перспективное направление развития цифровых систем повышения квалификации преподавателей в условиях STEM-ориентированного и цифрово трансформируемого образования.

Материалы и методы исследования.

Материалами исследования послужили научные публикации отечественных и зарубежных авторов, посвящённые проблемам повышения квалификации преподавателей, STEM-образования, цифровой трансформации образовательных процессов, а также вопросам информационного и онтологического моделирования в образовании. Дополнительно использовались нормативные и программные документы в сфере образования, рамочные модели профессиональных и цифровых компетенций педагогов, а также описания существующих цифровых образовательных платформ и систем управления обучением.

Методологическую основу исследования составляют системный, компетентностный и онтологический подходы, позволяющие рассматривать процесс повышения квалификации преподавателей как целостную многоуровневую систему. В ходе исследования применялись методы анализа и обобщения научных источников, сравнительного анализа существующих моделей повышения квалификации, классификации STEM-методов и профессиональных компетенций, а также методы концептуального и информационного моделирования.

Для разработки информационной модели онтологической базы знаний использовались формальные методы представления знаний и семантического моделирования. Онтологическая модель разрабатывалась с применением языка OWL (Web Ontology Language), обеспечивающего формализованное описание классов, свойств и отношений предметной области. В качестве основного программного средства проектирования и редактирования онтологии использовалась среда Protégé, позволяющая создавать, визуализировать и проверять онтологические структуры, а также выполнять логический контроль их согласованности.

Для визуального анализа структуры онтологической базы знаний и представления взаимосвязей между STEM-методами, профессиональными компетенциями и индикаторами их сформированности применялись средства WebVOWL, обеспечивающие графическую интерпретацию онтологических моделей. Элементы архитектурного и концептуального описания модели дополнительно оформлялись с использованием UML-диаграмм, что позволило отразить логику взаимодействия компонентов онтологической базы знаний и процессов повышения квалификации преподавателей.

Оценка корректности и целостности разработанной онтологической модели осуществлялась на основе логического анализа, встроенных средств валидации среды Protégé и сопоставления полученной структуры с существующими теоретическими и методологическими подходами, представленными в научной литературе. Применённые программные средства и методы обеспечивают воспроизводимость исследования и создают основу для дальнейшего развития цифровых систем поддержки повышения квалификации преподавателей в STEM-ориентированной образовательной среде.

Результаты и их обсуждение.

Разработанная онтология представляет собой информационную модель онтологической базы знаний процесса повышения квалификации преподавателей с элементами STEM-образования и предназначена для формализации взаимосвязей между STEM-методами, профессиональными компетенциями, индикаторами их сформированности, инструментами обучения и процедурами оценивания. Модель реализована в формате OWL и ориентирована на использование в средах семантического моделирования (Protégé), а также для визуализации и последующей интеграции в цифровые образовательные платформы (рисунок 1).

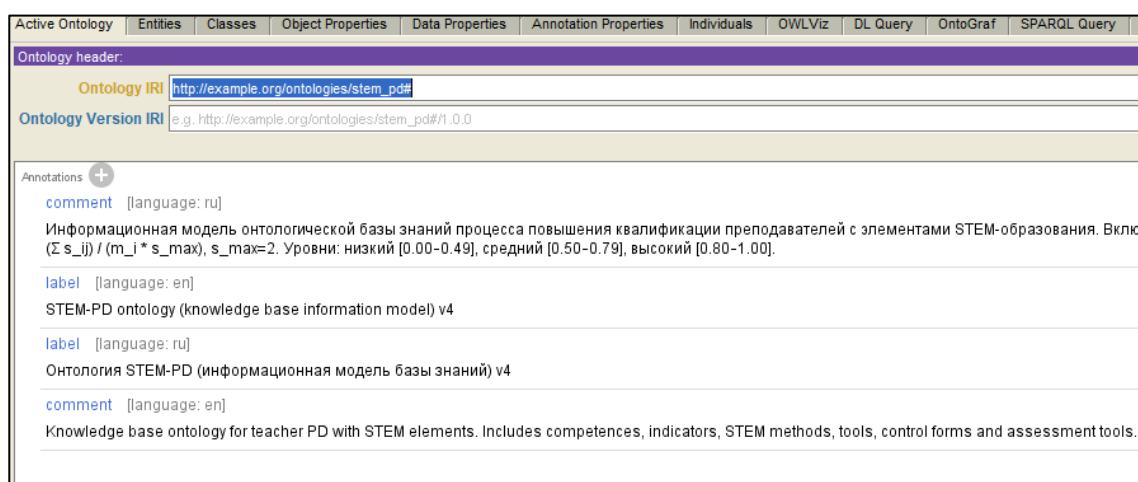


Рисунок 1 – Разработанная онтология в редакторе Protege

1) Концептуальные классы (Classes)

Онтологическая модель включает следующие ключевые классы предметной области:

- Teacher — субъект повышения квалификации (преподаватель).
- ProfessionalDevelopmentProcess — процесс повышения квалификации как целостная система.
 - TrainingProgram — программа повышения квалификации (структура и содержание).
 - Module — модуль/курс как единица учебного контента программы.
 - LearningActivity — учебная активность (задание, практикум, проектная работа).
 - STEMMethod — STEM-метод (например, PBL, inquiry-based learning и др.).
 - Competence — профессиональная компетенция преподавателя (компетенции XXI века).
 - Indicator — индикатор сформированности компетенции (наблюдаемый/измеряемый признак).
 - Assessment — оценивание (процедура фиксации и интерпретации результатов).
 - AssessmentTool — инструмент оценивания (квиз, рубрика, чек-лист и т.п.).
 - ControlForm — форма контроля (тест, рубрика, кейс, проект, портфолио).
 - Evidence — артефакт/доказательство достижения результата (отчёт, продукт проекта, портфолио).
 - EducationalTool — инструмент обучения (LMS, симуляторы, онлайн-доски и др.).

- Level — уровень сформированности компетенций (низкий/средний/высокий).
- EvaluationModel — модель оценивания, задающая правила и формулы расчёта показателей.

С помощью редактора Protege построена информационная модель предметной области. Основные классы показаны на рисунке 2.

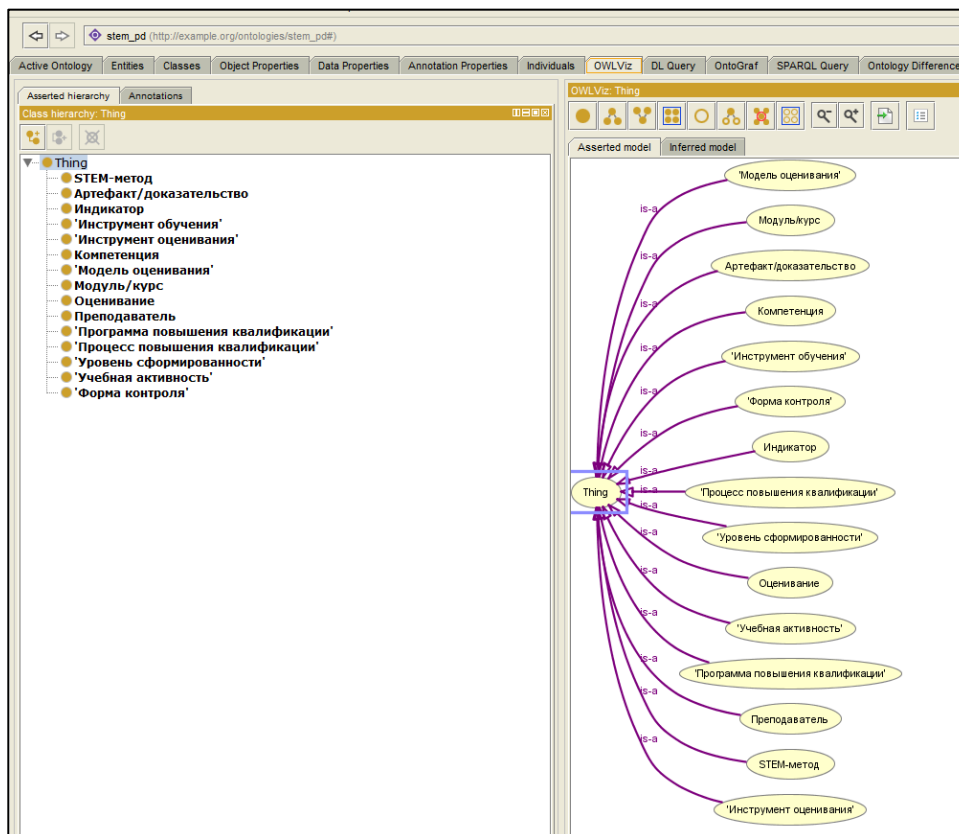


Рисунок 2 – Информационная модель предметной области в Protege

Указанные классы обеспечивают полноту представления предметной области за счёт охвата: (а) структуры программы повышения квалификации, (б) методической компоненты STEM, (в) компетентностной модели, (г) системы измерения и контроля результатов.

Построена таблица «Класс – роль – свойства» (таблица 2), которая выполняет систематизирующую и методологическую функцию:

- обеспечивает единое понятийное пространство для описания STEM-образования и профессиональных компетенций;
- служит основой для построения онтологической модели и последующей формализации знаний;
- повышает прозрачность и воспроизводимость моделирования образовательных процессов;
- создаёт предпосылки для автоматизированного анализа, мониторинга и проектирования образовательных траекторий.

Таким образом, данная таблица является ключевым инструментом перехода от описательного представления образовательной деятельности к структурированному и семантически насыщенному онтологическому моделированию.

Таблица 2 - «Класс – роль – свойства»

Класс	Роль в онтологии	Ключевые объектные свойства (вход/выход)	Ключевые datatype-свойства
Teacher	субъект ПК	participatesIn → ProfessionalDevelopment Process, hasLevel → Level	—
ProfessionalDevelopment Process	процесс ПК как система	implementsProgram → TrainingProgram	—
TrainingProgram	структура ПК (программа)	hasModule → Module	programTitle
Module	учебная единица программы	usesMethod → STEMMethod, includesActivity → LearningActivity	—
LearningActivity	задание/активность	activityUsesMethod → STEMMethod, producesEvidence → Evidence	—
STEMMethod	педагогическая технология STEM	formsCompetence → Competence, usesTool → EducationalTool	—
Competence	компетенция XXI века	hasIndicator → Indicator	competenceDescription, weight, competenceScore
Indicator	измеряемый признак компетенции	indicatorAssessedByTool → AssessmentTool	indicatorDescription, indicatorScore, indicatorMaxScore
Assessment	процедура оценивания	evaluatesIndicator → Indicator, usesAssessmentTool → AssessmentTool, assessmentUsesEvidence → Evidence, usesEvaluationModel → EvaluationModel	—
AssessmentTool	средство измерения	toolUsesControlForm → ControlForm	assessmentToolType, rubricCriterion
ControlForm	форма контроля	(вход) toolUsesControlForm	—
Evidence	доказательство о результатах	(вход) assessmentUsesEvidence, producesEvidence	evidenceLink
EducationalTool	инструмент обучения	(вход) usesTool	toolType

Level	уровень сформированности	levelForCompetence → Competence	levelName, minThreshold, maxThreshold
EvaluationModel	правила расчёта	(вход) usesEvaluationModel	formulaText

В онтологии определены объектные свойства, формализующие причинно-следственные и функциональные связи между сущностями. Отношения и семантические связи представлены на рисунке 3.

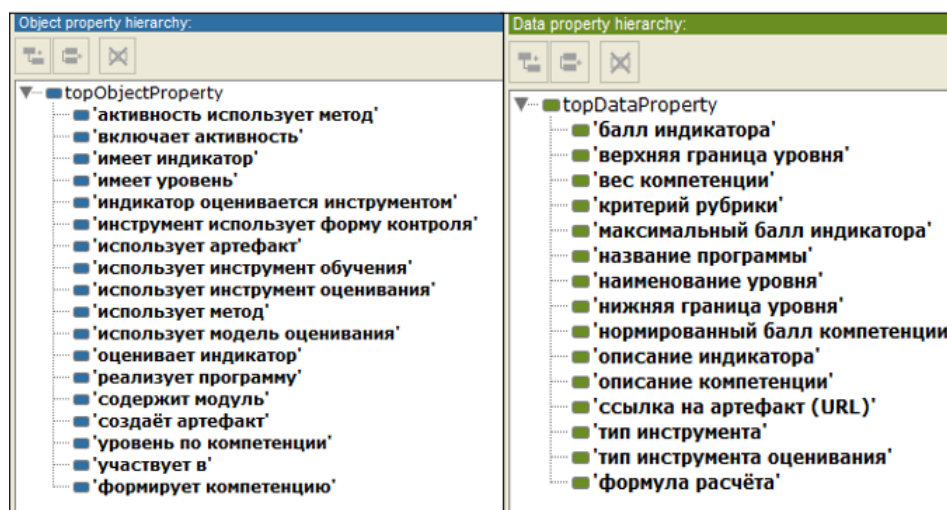


Рисунок 3 – Отношения и семантические связи

Таким образом, онтология задаёт целостную «цепочку соответствия» для методологического описания:

STEM-метод → компетенция → индикаторы → инструмент оценивания → форма контроля → артефакт доказательства.

В онтологии предусмотрен слой экземпляров, демонстрирующий возможность практического наполнения базы знаний. Примеры включают:

– STEM-методы: проектно-ориентированное, проблемно-ориентированное, исследовательское обучение, инженерный цикл проектирования, моделирование и симуляция;

– компетенции XXI века: цифровая, критическое мышление, исследовательская, проектно-инженерная, коммуникативная, интегративная STEM/STEAM;

– индикаторы: по 5 измеряемых индикаторов на каждую компетенцию;

– формы контроля и инструменты оценивания: тест, рубрика, кейс, проект, портфолио и соответствующие инструменты (квиз, рубрики, чек-лист и др.);

– артефакты Evidence с evidenceLink как доказательная база результата.

Экземпляры (Individuals) показаны на рисунке 4.

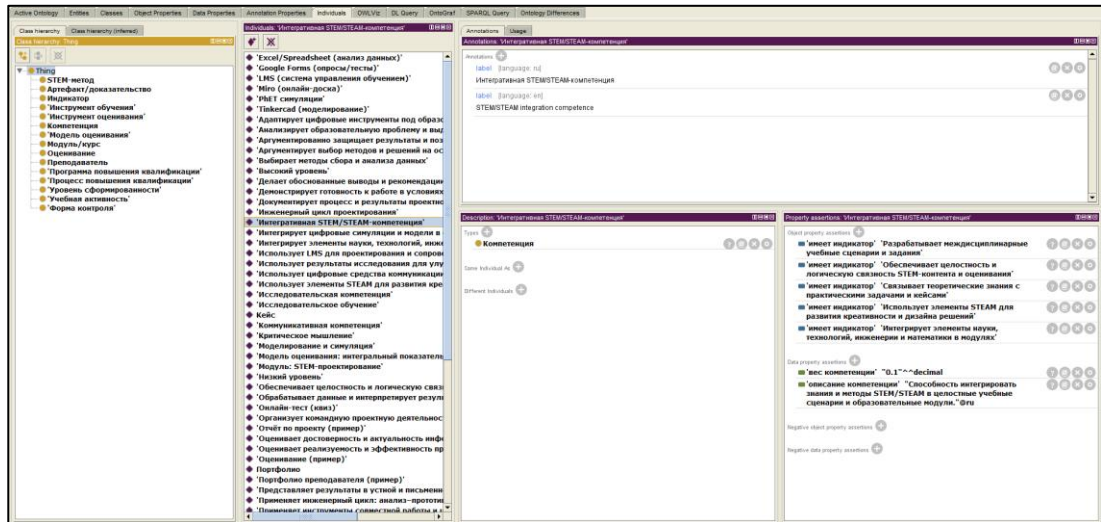


Рисунок 4 – Экземпляры (Individuals)

На рисунке 5 показан фрагмент онтологической модели, который демонстрирует иерархическую и причинно-следственную связь между STEM-методами, компетенциями, индикаторами и образовательными результатами, обеспечивая семантическую основу для анализа, проектирования и оценки процессов повышения квалификации преподавателей в условиях STEM-ориентированного образования.

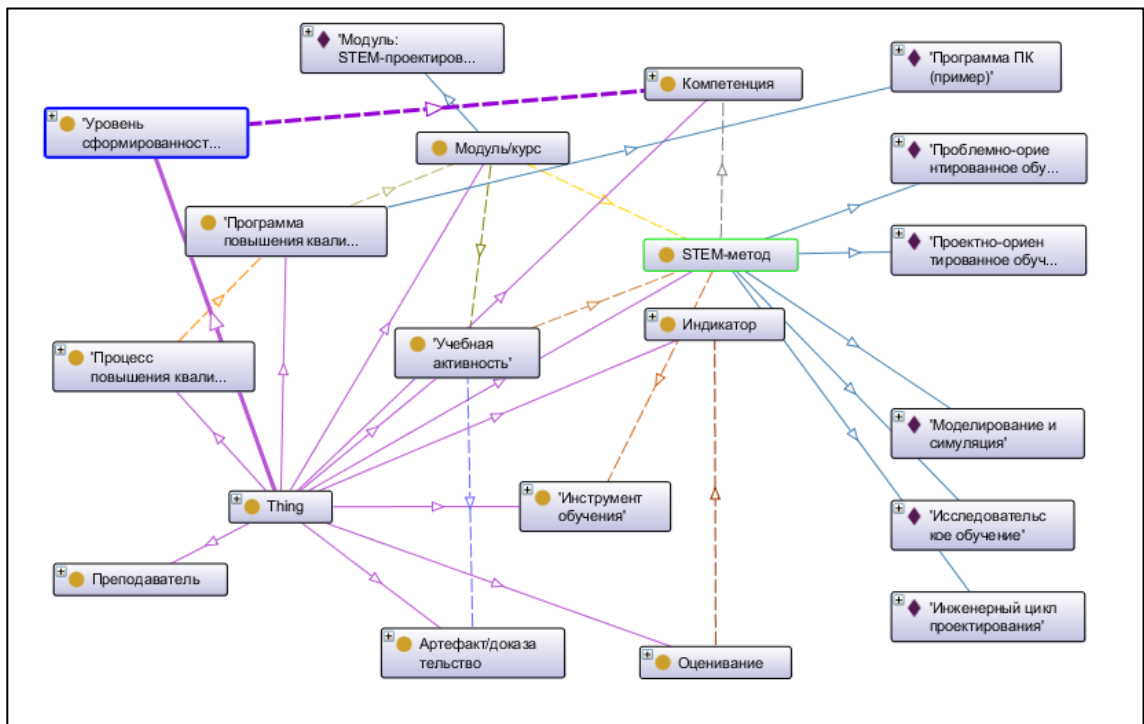


Рисунок 5 - Фрагмент онтологической модели

Матрица соответствия «STEM-метод – компетенция – индикаторы – инструменты – формы контроля» используется для формализации и операционализации процесса повышения квалификации преподавателей в STEM-ориентированном образовании. Матрица обеспечивает прослеживаемость (traceability) от применяемого STEM-метода до измеряемых результатов обучения через компетенции и индикаторы, а также фиксирует, какими инструментами и в каких формах контроля осуществляется оценивание. В онтологической модели данная матрица реализуется цепочкой отношений: STEMMethod →

formsCompetence → Competence → hasIndicator → Indicator → indicatorAssessedByTool → AssessmentTool → toolUsesControlForm → ControlForm, что позволяет автоматически извлекать и обновлять соответствия при расширении базы знаний.

Выполнен запрос в SPARQL Query. Для каждого STEM-метода получен список компетенций, затем конкретные индикаторы, а рядом — агрегированные списки инструментов оценивания и форм контроля, как показано на рисунке 6.

method	competence	indicator	assessmenttools	controlforms
"Инженерный цикл проектирования" ?flu	"Интегративная STEM/STEAM-компетенция" ?flu	"Разрабатывает междисциплинарные учебные сценарии" ?рубрика оценки проекта, Project rubric, Чек-лист анализа ?рубрика, Rubric, Кейс, Case study"		
"Инженерный цикл проектирования" ?flu	"Проектно-инженерная компетенция" ?flu	"Применяет инженерный цикл: анализ-прототип-тестир" ?рубрика оценки проекта, Project rubric, Presentation rubr ?рубрика, Rubric"		
"Исследовательское обучение" ?flu	"Интегративная STEM/STEAM-компетенция" ?flu	"Разрабатывает междисциплинарные учебные сценарии" ?рубрика оценки проекта, Project rubric, Чек-лист анализа ?рубрика, Rubric, Кейс, Case study"		
"Исследовательское обучение" ?flu	"Исследовательская компетенция" ?flu	"Использует результаты исследования для улучшения обр" ?portfolio rubric, Рубрика портфолио, Чек-лист анализа кей ?portfolio, Портфолио, Кейс, Case study"		
"Моделирование и симуляция" ?flu	"Исследовательская компетенция" ?flu	"Использует результаты исследования для улучшения обр" ?portfolio rubric, Рубрика портфолио, Чек-лист анализа кей ?portfolio, Портфолио, Кейс, Case study"		
"Моделирование и симуляция" ?flu	"Цифровая компетенция" ?flu	"Соблюдает требования цифровой безопасности и защиты" ?онлайн-тест (квиз), Online quiz, Portfolio rubric, Рубрика ? Test, Test, Portfolio, Портфолио"		
"Проблемно-ориентированное обучение" ?flu	"Критическое мышление" ?flu	"Демонстрирует готовность к работе в условиях неопредел" ?онлайн-тест (квиз), Online quiz, Чек-лист анализа кейса, ? Test, Test, Кейс, Case study"		
"Проблемно-ориентированное обучение" ?flu	"Интегративная STEM/STEAM-компетенция" ?flu	"Разрабатывает междисциплинарные учебные сценарии" ?рубрика оценки проекта, Project rubric, Чек-лист анализа ?рубрика, Rubric, Кейс, Case study"		
"Проблемно-ориентированное обучение" ?flu	"Коммуникативная компетенция" ?flu	"Аргументировано защищает результаты и позицию в п" ?presentation rubric, Рубрика презентации, Portfolio rubric ?рубрика, Rubric, Portfolio, Портфолио"		
"Проблемно-ориентированное обучение" ?flu	"Проектно-инженерная компетенция" ?flu	"Применяет инженерный цикл: анализ-прототип-тестир" ?рубрика оценки проекта, Project rubric, Presentation rubr ?рубрика, Rubric"		

Рисунок 6 - Результат выполнения запроса «Матрица соответствия»

По таблице видно, что один и тот же STEM-метод связан с несколькими компетенциями, и для каждой компетенции автоматически подтягиваются индикаторы + оценивание:

- «Инженерный цикл проектирования» связан с
 - Интегративной STEM/STEAM-компетенцией (индикаторы типа “разработка междисциплинарных сценариев”), оценка через Project rubric / чек-лист кейса, формы контроля: рубрика, кейс;
 - Проектно-инженерной компетенцией (индикаторы типа “анализ–прототип–тестирование”), оценка через Project rubric / Presentation rubric, форма контроля: рубрика.
- «Проблемно-ориентированное обучение» связано с
 - Интегративной компетенцией (междисциплинарность),
 - Коммуникативной компетенцией (защита результатов),
 - Проектно-инженерной компетенцией (инженерный цикл),
 - и для каждой строки подтягиваются соответствующие рубрики/чек-листы/портфолио.
- «Исследовательское обучение» связано с
 - Интегративной и Исследовательской компетенциями; оценивание — преимущественно через Portfolio rubric и Case checklist, формы контроля: портфолио, кейс.
- «Моделирование и симуляция» связано с
 - Исследовательской и Цифровой компетенциями; оценивание включает онлайн-квиз/тест и портфолио-рубрику, формы контроля: тест, портфолио.
- «Проблемно-ориентированное обучение» связано с
 - Критическим мышлением; оценивание через онлайн-квиз и чек-лист кейса, формы контроля: тест, кейс.

В итоге результат показывает, что онтология обеспечивает прослеживаемость: от выбора STEM-метода → к ожидаемым компетенциям → к измеряемым индикаторам → к конкретным инструментам оценивания → к формам контроля.

Разработанный перечень профессиональных компетенций и система индикаторов обеспечивают операционализацию процесса повышения квалификации преподавателей в условиях STEM-ориентированного образования. Матрица соответствия «STEM-метод –

компетенция – индикаторы – инструменты – формы контроля» позволяет рассматривать профессиональное развитие педагогов как управляемый, измеряемый и воспроизводимый процесс, что соответствует требованиям доказательной педагогики и методологии педагогических исследований.

Заключение.

Заключая разработку онтологии STEM-ориентированного повышения квалификации преподавателей, можно отметить, что предложенная модель обеспечивает формализованное и воспроизводимое представление ключевых компонентов профессионального развития: STEM-методов, компетенций XXI века, индикаторов их сформированности, инструментов обучения и оценивания, форм контроля и доказательных артефактов. Онтология реализует сквозную логическую цепочку соответствия «STEM-метод → компетенция → индикаторы → инструменты оценивания → формы контроля → Evidence», что позволяет не только описывать процесс повышения квалификации в единой системе понятий, но и автоматически извлекать структурированные данные средствами SPARQL.

Практическая значимость онтологии состоит в том, что она может служить ядром онтологической базы знаний цифровой платформы повышения квалификации, поддерживающей персонализацию обучения и мониторинг профессионального роста. На её основе возможно:

- проектирование программ и модулей ПК с явной привязкой к целевым компетенциям и измеримым результатам;
- формирование рекомендательных траекторий обучения за счёт сопоставления дефицитных компетенций со STEM-методами и релевантными активностями;
- стандартизация оценивания через связку «индикатор–инструмент оценивания–форма контроля»;
- накопление и верификация доказательной базы (портфолио, отчёты, проекты) через сущность Evidence и ссылки на артефакты;
- аналитика эффективности применяемых STEM-методов по динамике индикаторов и интегрального показателя компетентности.

Таким образом, онтология пригодится как методологический инструмент для операционализации компетентностной модели в STEM-ориентированном повышении квалификации и как технологическая основа для построения интеллектуальных информационных систем: экспертных модулей, систем поддержки принятия решений, автоматизированного мониторинга и отчётности, а также интеграции данных между LMS и инструментами оценивания. В перспективе модель может быть расширена правилами валидации и вывода (например, SHACL/SWRL) для контроля целостности данных и более точного формирования рекомендаций на основе накопленных результатов обучения.

Финансирование.

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан, Грант № AP25793611 «Разработка адаптивной онтологической модели процесса повышения квалификации преподавателей, интегрирующая STEM-методы и современные цифровые технологии».

Список литературы

1. Абдрахманова, Г. И. (2021). Цифровая трансформация образования: вызовы и перспективы. Вопросы образования, № 3, 45–61. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2021-3-45-61>.
2. Darling-Hammond, L., Hyler, M. E. & Gardner, M. (2017). Effective teacher professional development. Palo Alto: Learning Policy Institute. <https://doi.org/10.54300/122.311>.

3. Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development. *Educational Researcher*, Vol. 38, No. 3, 181–199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>.
4. Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, Vol. 5, No. 2, 199–220. <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>.
5. Ташкенбаева, А. Б. & Ахметова, Д. К. (2023). Онтологический подход к моделированию компетенций педагога. *Информационные технологии в образовании*, № 1, 33–41. <https://doi.org/10.25683/ITE.2023.01.05>.
6. Gabdullin, R. R. & Suleimenova, A. T. (2022). STEM-образование как фактор модернизации педагогической подготовки. *Образование и наука*, Т. 24, № 6, 9–29. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2022-6-9-29>.
7. Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>.
8. Redecker, C. & Punie, Y. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC107466/pdf_digcomedu_a4_final.pdf (дата обращения: 08.01.2026).
9. Абдрахманова, Г. И. (2021). Цифровая трансформация образования: вызовы и перспективы. *Вопросы образования*, № 3, 45–61. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2021-3-45-61>.
10. Король, А. Д. (2022). Цифровая трансформация образования и вызовы XXI века. *Вопросы образования*. URL: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/3813> (дата обращения: 08.01.2026).
11. Bogush, V. A. & Shneiderov, E. N. (2021). *Digitalization of education: problems and prospects*. Minsk. URL: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/45897/1/Bogush_Tsifrovizatsiya.pdf (accessed: 08.01.2026).
12. Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development. *Educational Researcher*, Vol. 38, No. 3, 181–199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>.
13. Darling-Hammond, L., Hyler, M. E. & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Palo Alto: Learning Policy Institute. <https://doi.org/10.54300/122.311>.
14. Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, Vol. 5, No. 2, 199–220. <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>.
15. Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge. *Teachers College Record*, Vol. 108, No. 6, 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>.
16. Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K–12 education*. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>.
17. Gabdullin, R. R. & Suleimenova, A. T. (2022). STEM-образование как фактор модернизации педагогической подготовки. *Образование и наука*, Т. 24, № 6, 9–29. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2022-6-9-29>.
18. Redecker, C. & Punie, Y. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Luxembourg. URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC107466/pdf_digcomedu_a4_final.pdf (дата обращения: 08.01.2026).

References

1. Abdrakhmanova, G. I. (2021). Tsifrovaya transformatsiya obrazovaniya: vyzovy i perspektivy [Digital transformation of education: challenges and prospects]. *Voprosy obrazovaniya*, No. 3, 45–61. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2021-3-45-61>
2. Darling-Hammond, L., Hyler, M. E. & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Palo Alto: Learning Policy Institute. <https://doi.org/10.54300/122.311>
3. Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development. *Educational Researcher*, Vol. 38, No. 3, 181–199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
4. Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, Vol. 5, No. 2, 199–220. <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>
5. Tashkenbaeva, A. B. & Akhmetova, D. K. (2023). Ontologicheskiy podkhod k modelirovaniyu kompetentsiy pedagoga [Ontological approach to modeling teacher competencies]. *Informatsionnye tekhnologii v obrazovanii*, No. 1, 33–41. <https://doi.org/10.25683/ITE.2023.01.05>
6. Gabdullin, R. R. & Suleimenova, A. T. (2022). STEM-obrazovanie kak faktor modernizatsii pedagogicheskoy podgotovki [STEM education as a factor of modernization of teacher training]. *Obrazovanie i nauka*, Vol. 24, No. 6, 9–29. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2022-6-9-29>
7. Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>
8. Redecker, C. & Punie, Y. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC107466/pdf_digcomedu_a4_final.pdf (accessed: 08.01.2026)
9. Abdrakhmanova, G. I. (2021). Tsifrovaya transformatsiya obrazovaniya: vyzovy i perspektivy [Digital transformation of education: challenges and prospects]. *Voprosy obrazovaniya*, No. 3, 45–61. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2021-3-45-61>
10. Korol, A. D. (2022). Tsifrovaya transformatsiya obrazovaniya i vyzovy XXI veka [Digital transformation of education and challenges of the 21st century]. *Voprosy obrazovaniya*. URL: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/3813> (accessed: 08.01.2026)
11. Bogush, V. A. & Shneiderov, E. N. (2021). *Digitalization of education: problems and prospects*. Minsk. URL: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/45897/1/Bogush_Tsifrovizatsiya.pdf (accessed: 08.01.2026)
12. Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development. *Educational Researcher*, Vol. 38, No. 3, 181–199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
13. Darling-Hammond, L., Hyler, M. E. & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Palo Alto: Learning Policy Institute. <https://doi.org/10.54300/122.311>
14. Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, Vol. 5, No. 2, 199–220. <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>
15. Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge. *Teachers College Record*, Vol. 108, No. 6, 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
16. Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K–12 education*. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>
17. Gabdullin, R. R. & Suleimenova, A. T. (2022). STEM-obrazovanie kak faktor modernizatsii pedagogicheskoy podgotovki [STEM education as a factor of modernization of

teacher training]. *Obrazovanie i nauka*, Vol. 24, No. 6, 9–29. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2022-6-9-29>

18. Redecker, C. & Punie, Y. (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu. Luxembourg. URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC107466/pdf_digcomedu_a4_final.pdf (accessed: 08.01.2026)

STEM-БІЛІМ БЕРУ ЭЛЕМЕНТТЕРІ БАР ОҚЫТУШЫЛАРДЫҢ БІЛІКТІЛІГІН АРТТЫРУ ПРОЦЕСІНІҢ ОНТОЛОГИЯЛЫҚ БІЛІМ БАЗАСЫНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ МОДЕЛІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Мақалада STEM-бағдарланған тәсілдерге баса назар аудара отырып, білім берудің цифрлық трансформациясы жағдайында оқытушылардың біліктілігін арттыру процесін ресімдеуге және қолдауға арналған онтологияны әзірлеу қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі XXI ғасыр оқытушыларының кәсіби құзыреттіліктерін жүйелі түрде ұсыну және олардың цифрлық білім беру орталарында өлшенуін қамтамасыз ету қажеттілігімен байланысты. Жұмыстың мақсаты бірыңғай ақпараттық құрылымда STEM-әдістерді, құзыреттерді, олардың қалыптасу индикаторларын, бағалау құралдары мен бақылау нысандарын біріктіруді қамтамасыз ететін онтологиялық модель құру болып табылады. Зерттеуде онтологиялық модельдеу әдістері, OWL мекен-жайларын қолдана отырып білімді формальды сипаттау және деректерді талдау және алу үшін SPARQL сұраулары қолданылды. Нәтижесінде "STEM-әдіс – құзыреттілік – индикаторлар – құралдар – Бақылау нысандары" сәйкестік матрицасын іске асыратын және оқытушылардың кәсіби дамуының автоматтандырылған мониторингін қолдайтын онтология әзірленді. Жұмыстың ғылыми жаңалығы онтологиялық тәсіл негізінде біліктілікті арттыру процесін кешенді ресімдеу болып табылады. Практикалық маңыздылығы біліктілікті арттырудың цифрлық платформаларында, шешім қабылдауды қолдау жүйелерінде және педагогикалық білім беру сапасын талдауда онтологияны қолдану мүмкіндігімен анықталады.

Түйін сөздер: STEM-білім беру, оқытушылардың біліктілігін арттыру, кәсіби құзыреттілік, білім берудің цифрлық трансформациясы, STEM-әдістер, әдіснамалық модель, құзыреттілікті бағалау.

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION MODEL OF THE ONTOLOGICAL KNOWLEDGE BASE OF THE TEACHER TRAINING PROCESS WITH ELEMENTS OF STEM EDUCATION

Abstract. The article discusses the development of an ontology designed to formalize and support the process of teacher professional development in the context of digital transformation of education with an emphasis on STEM-based approaches. The relevance of the research is determined by the need for a systematic presentation of the professional competencies of teachers of the 21st century and ensuring their measurability in digital educational environments. The aim of the work is to create an ontological model that ensures the integration of STEM methods, competencies, indicators of their formation, assessment tools and forms of control in a single information structure. The study used methods of ontological modeling, formal description of knowledge using OWL, as well as SPARQL queries for data analysis and extraction. As a result, an ontology has been developed that implements the "STEM-method – competence – indicators – tools – forms of control" compliance matrix and supports automated monitoring of teachers' professional development. The scientific novelty of the work lies in the comprehensive formalization of the professional development process based on an ontological approach. The

practical significance is determined by the possibility of using ontology in digital professional development platforms, decision support systems and quality analysis of teacher education.

Keywords: *STEM education, teacher training, professional competencies, digital transformation of education, STEM methods, methodological model, competence assessment.*

Авторлар туралы мәлімет

Базарова Мадина Жомартовна	PhD, Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінің постдокторанты, қауымдастырылған профессор, PhD, Өскемен қ., Қазақстан, E-mail: madina_vkgtu@mail.ru
Алибекқызы Карлыгаш	PhD, Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінің «Ақпараттық технологиялар және зияткерлік жүйелер мектебі» қауымдастырылған профессоры, , Өскемен қ., Қазақстан, E-mail: karlygash.alibekkyzy@mail.ru
Адиқанова Салтанат	PhD, қауымдастырылған профессор, Сәрсен Аманжолов Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ., Қазақстан, E-mail: ersal_7882@mail.ru
Бугубаева Алина Жанатбековна	«Цифрлық инженерия және IT-Аналитика» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD философия докторы, Қазтұтынуодағы Қарағанды университеті, Қарағанды қ., Қазақстан, E-mail: alina_bugubayeva@mail.ru

Сведение об авторах

Базарова Мадина Жомартовна	Постдокторант Восточно-Казakhstanского технического университета имени Д. Серикбаева., ассоциированный профессор, PhD, г. Усть-Каменогорск, Казахстан, E-mail: madina_vkgtu@mail.ru
Алибекқызы Карлыгаш	PhD, ассоциированный профессор «Школа информационных технологий и интеллектуальных систем», Восточно-Казakhstanский технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан, E-mail: karlygash.alibekkyzy@mail.ru
Адиқанова Салтанат	PhD, ассоциированный профессор, Восточно-Казakhstanский университет им. Сарсена Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан, E-mail: ersal_7882@mail.ru
Бугубаева Алина Жанатбековна	Ассоциированный профессор кафедры «Цифровая инженерия и IT-Аналитика», доктор философии PhD, Карагандинский Университет Казпотребсоюза, г. Караганда, Казахстан, E-mail: alina_bugubayeva@mail.ru

Information about the authors

Bazarova Madina Zhomartovna	D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University postgraduate, Associate professor, PhD, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: madina_vkgtu@mail.ru
Alibekkyzy Karlygash	PhD, Associate Professor, School of Information Technologies and Intelligent Systems, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust- Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: karlygash.alibekkyzy@mail.ru
Adikanova Saltanat	PhD, Associate Professor, East Kazakhstan University named after Sarsena Amanzholova, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: ersal_7882@mail.ru
Bugubayeva Alina	Associate Professor "Digital Engineering and IT-Analytics", Doctor of Philosophy PhD, Karaganda University of Kazpotrebsoyuz, Karaganda, Kazakhstan, E-mail: alina_bugubayeva@mail.ru