

DOI: 10.25629/НС.2026.05.09

УДК 372.851

ВАК: 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования)

Коняева Юлия Юрьевна, Донецкий государственный университет**Евсеева Елена Геннадиевна**, доктор педагогических наук, профессор, Донецкий государственный университет**Konyaeva Yu.Yu.**, Donetsk state university**Evseeva E.G.**, doctor of pedagogical sciences, professor, Donetsk state university✉ konyaeva.y@inbox.ru; e.evseeva.dongu@mail.ru

Онтология фузионистских понятий как средство освоения теории вероятностей будущими физиками

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы разработки и применения онтологий для формализации фузионистских физико-стохастических понятий в процессе обучения теории вероятностей и математической статистике студентов физико-технических направлений. Раскрыта сущность понятия «онтология фузионистских физико-стохастических понятий» и обоснована необходимость её создания для унификации знаний в междисциплинарных задачах. Представлен анализ современных инструментов проектирования онтологий. Для построения онтологии фузионистских физико-стохастических понятий в процессе изучения теории вероятностей будущими физиками автором предложено использовать возможности программного обеспечения Protege и табличного редактора Excel. Описаны принципы и технологические этапы создания онтологической модели и её интеграции в образовательный процесс. Сделаны выводы о матрице физико-стохастических понятий как концептуальной модели взаимосвязи понятий физики и стохастики, где каждому понятию теории вероятностей ставятся в соответствие физические понятия из различных разделов физики.

Ключевые слова

онтология, обучение теории вероятностей и математической статистике, студенты физико-технических направлений подготовки, матрица фузионистских физико-стохастических понятий

Ontology of fusionist concepts as a means of mastering probability theory by future physicists

Abstract

The article discusses the development and application of ontologies for the formalization of fusionist physical and stochastic concepts in the process of teaching probability theory and mathematical statistics to students of physical and technical fields. The essence of the concept of "ontology of fusionist

physical and stochastic concepts" is revealed and the need for its creation for the unification of knowledge in interdisciplinary tasks is justified. An analysis of modern ontology design tools is presented. To build an ontology of fusionist physical and stochastic concepts in the process of studying probability theory by future physicists, the author proposed using the capabilities of Protege software and Excel spreadsheet editor. The principles and technological stages of creating an ontological model and its integration into the educational process are described. Conclusions were drawn about the matrix of physical and stochastic concepts as a conceptual model of the relationship between the concepts of physics and stochastic, where each concept of probability theory is associated with physical concepts from various branches of physics.

Keywords

ontology, teaching probability theory and mathematical statistics, students of physical and technical areas of training, matrix of fusionist physical and stochastic concepts

Введение и краткий анализ литературы

В условиях интенсивного развития цифровых технологий и искусственного интеллекта важное значение приобретает задача формализации знаний в разнообразных предметных областях. Одним из эффективных инструментов для решения этой задачи выступают онтологии – формальные описания понятий, их свойств и взаимосвязей в конкретной сфере знаний [1].

В контексте задач высшего образования, связанных с систематизацией сложных междисциплинарных знаний, онтология приобретает особую актуальность, поскольку способствует их эффективному усвоению студентами. В частности, для студентов физико-технических направлений подготовки (ФТНП) важно обеспечить усвоение фундаментальных математических дисциплин, лежащих в основе современных инженерных и научных исследований.

Одной из ключевых дисциплин является «Теория вероятностей и математическая статистика» (ТВ и МС), которая занимает важное место в подготовке студентов ФТНП, так как вероятностные и статистические методы лежат в основе моделирования физических процессов, анализа экспериментальных данных, прогнозирования отказов оборудования и многих других прикладных задач. Однако сложность понятийного аппарата и его абстрактность часто затрудняют усвоение содержания дисциплины.

Проблемами разработки и реализации онтологий для различных предметных областей занимались такие учёные как Н.В. Бендик [2], А.В. Говорко [3; 4], А.Ю. Диких [5], А.А. Карпук [3; 4], В.Ю. Кнеллер [6], К.А. Конев [7], И.И. Молотков [8], Ф.А. Новиков [8], М.Н. Полковская [2], А.М. Фаянс [6] и др.

В работе Н.В. Бендик и М.Н. Полковской [2] предложена онтологическая модель данных для оценки повторяемости отказов элементов электрической сети. Авторы акцентируют внимание на том, что разработанная онтология лежит в основе инфологической модели, которая воплощена в базе данных информационной системы оценки отказов элементов электрической сети. Полученная система позволяет выполнять вероятностное прогнозирование и оценку числа отказов, используя различные модели анализа.

В исследовании [8] учеными рассматриваются некоторые приёмы построения онтологии дискретной математики для использования в образовательном процессе высшей школы. Отмечается, что главной идеей является построение многогранных онтологий, в которых различные аспекты одной и той же предметной области описываются концептуально схожими, но синтаксически различными средствами.

Однако вопросы построения онтологии по дисциплине «Теории вероятностей и математическая статистика» в обучении будущих физиков учеными не рассмотрены. В связи с этим возникает вопрос о необходимости построения онтологии фузионистских физико-стохастических понятий, способствующей формированию у будущих физиков целостного понимания вероятностно-статистических методов и их применения в профессиональной деятельности.

Цель и методы исследования

Целью статьи является описание возможностей использования онтологии физико-стохастических понятий в обучении ТВ и МС будущих физиков на основе фузионистского подхода.

В соответствии с поставленной целью нами применялся комплекс взаимодополняющих методов исследования: анализ научных источников по проблеме построения онтологии для различных предметных областей, в том числе рассмотрение различных инструментов для построения онтологии фузионистских физико-стохастических понятий как средство освоения теории вероятностей будущими физиками; метод семантического (концептуального) моделирования для формализации знаний о фузионистской физико-стохастической предметной области.

Результаты

Изучение теории вероятностей и математической статистики на основе фузионистского подхода в рамках подготовки студентов ФТНП формирует способность формализовать сложные физико-стохастические концепции. Это умение позволяет будущим физикам корректно описывать случайные процессы в физических системах, строить вероятностные модели и интерпретировать результаты статистического анализа данных.

Фузионистский подход к обучению предполагает формирование межпредметной системы понятий через целенаправленное соотнесение стохастических понятий, изучаемых в дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика», с соответствующими физическими понятиями. При этом каждому стохастическому понятию может быть поставлено в соответствие как одно, так и несколько физических понятий – в зависимости от контекста и специфики взаимосвязи [9]. Результатом такого сопоставления становятся новые понятийные связи между дисциплинами, которые приводят к формированию фузионистских физико-стохастических понятий.

Фузионистские физико-стохастические понятия охватывают широкий спектр явлений – от квантовой механики и статистической физики до прогнозирования климатических изменений. Их специфика требует чёткой категоризации базовых понятий, формализации вероятностных зависимостей, учёта неопределённостей и вариативности параметров, интеграции детерминированных физических законов со стохастическими моделями [10]. Под онтологией фузионистских физико-стохастических понятий будем понимать формализованную концептуальную модель предметной области, объединяющей знания из физики и стохастики, на основе фузионистского подхода.

В задачах, где требуется сочетание физических и стохастических методов (например, при моделировании наноструктур, анализе экспериментальных данных, прогнозировании поведения сложных систем), онтология упрощает разработку алгоритмов и систем. В образовательных целях такая онтология может служить основой для разработки интеллектуальных обучающих систем, которые адаптируют материал под уровень обучающегося, предлагают задачи на стыке физики и стохастики, позволяют формировать профессиональную стохастическую компетентность.

Принципы создания онтологии фузионистских физико-стохастических понятий заключаются в следующем:

1. *Интеграция двух предметных областей.* Онтология объединяет физические понятия (например, энергия, скорость, квантовые состояния) со стохастическими (случайные величины, распределения, математическое ожидание, дисперсия). Это позволяет моделировать физические системы с учётом вероятностных характеристик, что особенно важно для сложных систем, где детерминизм уступает место стохастичности (например, в статистической физике, квантовой механике, теории шумов).

2. *Формализация знаний.* Онтология представляет знания в виде структурированной системы классов, свойств и отношений. Например, в классе «Функция» понятие «функция плотности распределения непрерывной случайной величины» может соответствовать физическое понятие «функция распределения скоростей молекул газа».

3. *Учёт междисциплинарных связей.* В онтологии отражаются стохастические понятия (вероятность, математическое ожидание, коэффициент корреляции), которые применяются в физическом контексте. Это позволяет формализовать способы стохастического моделирования физических явлений и процессов и тем самым установить активные межпредметные связи стохастики и физики.

Нами определены такие этапы создания онтологии фузионистских физико-стохастических понятий:

- 1) определение масштаба онтологии: границы предметной области, целей создания, целевой аудитории;
- 2) выделение ключевых понятий предметной области и взаимосвязей между ними;
- 3) создание концептуальной модели взаимосвязи понятий физики и стохастики;
- 4) построение таксономической иерархии с выделением классов понятий;
- 5) установление связей между классами;
- 6) кодирование онтологии с использованием формального языка онтологий.

В качестве концептуальной модели взаимосвязи понятий физики и стохастики предлагаем построение матрицы физико-стохастических понятий (МФФСП), где каждому понятию теории вероятностей ставятся в соответствие физические понятия из различных разделов физики, а также примеры их использования. Для создания МФФСП, можно использовать несколько инструментов и подходов. Выбор зависит от целей, уровня детализации и формата представления данных.

Самый простой и доступный способ для создания матрицы – это использовать табличные редакторы, такие как Microsoft Excel, Google Sheets или LibreOffice Calc.

Рассмотрим матрицу фузионистских физико стохастических понятий, которая может быть представлена в табличном редакторе Microsoft Excel (рисунок 1), где:

- 1) строки соответствуют понятиям теории вероятностей (например, «случайное событие», «вероятность», «случайная величина», «математическое ожидание»);
- 2) столбцы – разделам физики (молекулярная физика и термодинамика, квантовая физика, электричество и т. д.);
- 3) ячейки – физическим понятиям или явлениям, связанным с соответствующим стохастическим понятием, а также примерам их использования.

Матрица фузионистских физико-стохастических понятий является примером онтологической модели, объединяющей объекты, события и отношения двух научных областей. Представленная онтологическая модель позволяет формализовать междисциплинарные знания, структурировать их и использовать для логического вывода, моделирования и обучения.

	А	Б	В	Г	Д
1	Физические понятия из разделов физики	Квантовая физика	Квантовая физика	Квантовая физика	Квантовая физика
2	Понятия ТВ и МС				
3	Случайное событие	A={результат измерения квантового состояния}	B={переход электрона между энергетическими уровнями в атоме}	C={переход возбуждённого электрона на нижний уровень, испускание фотона}	D={частица проходит через энергетический барьер}
4	Случайное событие / Противоположные события	A={спин направлен вверх}; A̅={спин направлен вниз}	A={горизонтальная поляризация}; A̅={вертикальная поляризация}	A={частица прошла барьер}; A̅={частица отразилась от барьера}	A={система обнаружена в состоянии с энергией E1}; A̅={система обнаружена в состоянии с энергией E2}
5	Несовместные события	A={спин направлен вверх}; B={спин направлен вниз}	A={частица прошла поляризатор}; B={частица была поглощена/отражена}	A={известны координаты частицы}; B={известен импульс частицы}	A={фотон зарегистрирован в верхнем детекторе}; B={фотон зарегистрирован в нижнем детекторе}
6	Вероятность случайного события	вероятность события A={спин электрона направлен вверх}	вероятность события A={попадание отдельного фотона или электрона в определенную точку на экране}	вероятность события C={рассеяние частиц}	вероятность события D={квантовая частица преодолевает энергетический барьер, высота которого больше её энергии}

Рисунок 1 – Фрагмент матрицы фузионистских физико-стохастических понятий в табличном редакторе Microsoft Excel (квантовая физика)

Механизм примечаний представляет собой систему всплывающих информационных блоков, активируемых при взаимодействии с элементами матрицы фузионистских физико-стохастических понятий (рисунок 2). Каждое примечание содержит дополнительную информацию, контекстные пояснения и методические рекомендации, связанные с конкретным элементом онтологической модели.

	А	Б	В	Г	Д
1	Физические понятия из разделов физики	Квантовая физика	Квантовая физика	Квантовая физика	Квантовая физика
2	Понятия ТВ и МС				
3	Случайное событие	A={результат измерения квантового состояния}	B={энерг		D={частица проходит через энергетический барьер}
4	Случайное событие / Противоположные события	A={спин направлен вверх}; A̅={спин направлен вниз}	A={горизонтальная поляризация}; A̅={вертикальная поляризация}	A̅={частица отразилась от барьера}	A={система обнаружена в состоянии с энергией E1}; A̅={система обнаружена в состоянии с энергией E2}

1. Измерение спина частицы вдоль z-овой оси.
 Событие A: «спин вверх» (+1/2) по оси z.
 Событие B: «спин вниз» (-1/2) по оси z.
 Поскольку противоположны, система в момент измерения может оказаться только в одном из этих состояний.

Рисунок 2 – Фрагмент матрицы фузионистских физико-стохастических понятий в табличном редакторе Microsoft Excel с примечанием

Для реализации более сложных задач можно использовать свободный, открытый редактор онтологий и фреймворк для построения баз знаний *Protege* [11] (рис. 3). База знаний – это специализированная база данных, объединяющая эмпирические знания и алгоритмические правила вывода для решения задач в определённой области знаний. Семантическое описание предметной области является начальным этапом представления знаний, позволяющим выявить основные понятия и их взаимосвязи.

По мнению С.А. Савко, редактор онтологий *Protege* – это «метаинструмент», который помогает пользователям создавать системы приобретения знаний для конкретной предметной области, и эксперты могут использовать эти системы для того, чтобы вводить и просматривать информацию, содержащуюся в электронных базах знаний [12].

Практическая разработка онтологии включает определение классов в онтологии, расположение классов в таксономическую иерархию, определение слотов и описание их допустимых значений, создание экземпляров – заполнение слотов значениями. В случае с построением онтологии фузионистских физико-стохастических понятий (рисунок 3) это означает, что:

1) **классы** могут представлять общие категории, такие как «Стохастический процесс», «Случайное событие», «Вероятностное распределение» и т. д. (класс *StochasticProcess* может описывать абстрактное понятие стохастического процесса в физике);

2) **свойства** (*Object Properties* и *Data Properties*) используются для описания отношений между классами и их характеристик. Например:

– *hasParameter* (свойство, которое связывает стохастический процесс с его параметрами (например, дисперсией, средним значением));

– *occursIn* (свойство, указывающее, в каком физическом системе или условиях происходит процесс);

– *followsDistribution* (свойство, связывающее процесс с типом вероятностного распределения);

3) **экземпляры** представляют конкретные реализации понятий (экземпляр *BrownianMotion* может быть экземпляром класса *StochasticProcess* с определёнными параметрами);

4) **аксиомы и ограничения** позволяют формализовать логические правила и ограничения. Например, можно задать аксиому, что каждый стохастический процесс должен иметь хотя бы одно распределение вероятности.

На рисунке 3 в виде графа представлена структура построения онтологии фузионистских физико-стохастических понятий с помощью плагина *OntoGraf* для интерактивного исследования взаимосвязей между классами, индивидами и свойствами в OWL-онтологиях.

С нашей точки зрения, построение онтологии фузионистских физико-стохастических понятий в обучении ТВ и МС будущих физиков позволяет структурировать понятийный аппарат (случайные величины, распределения, гипотезы, доверительные интервалы и т. д.); выявить и формализовать логические и семантические связи между понятиями; создать единую терминологическую базу для смежных дисциплин (теория надёжности, машинное обучение, теория массового обслуживания); разработать интеллектуальные обучающие системы, адаптированные под специфику физико-технического образования.

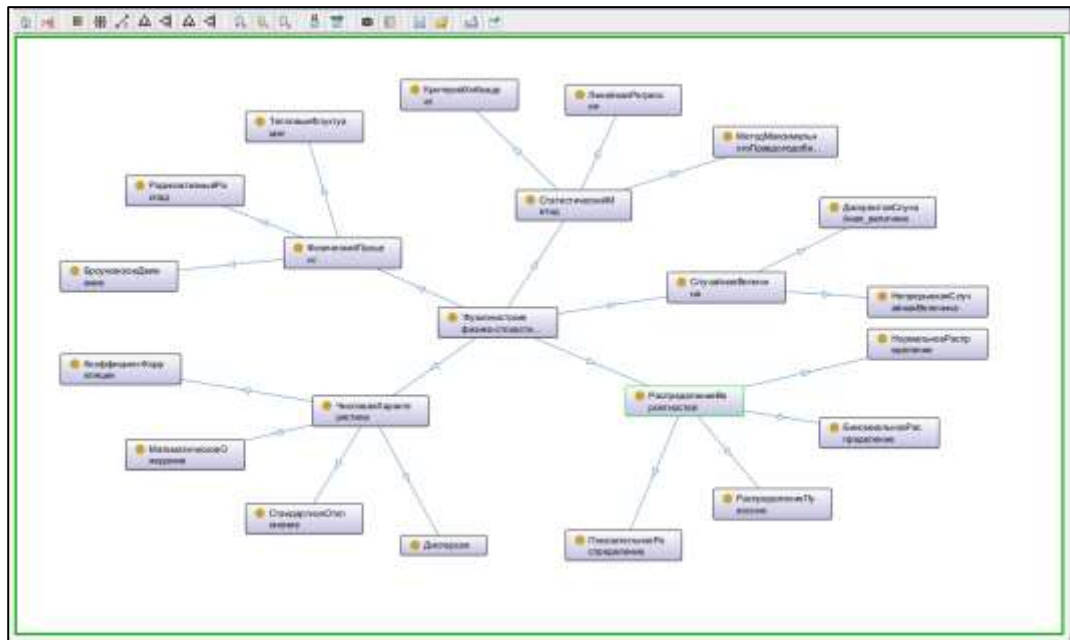


Рисунок 3 – Построение графа с помощью плагина *OntoGraf* в редакторе *Protege*

Выводы

Таким образом, онтология физионистских физико-стохастических понятий выступает инструментом для систематизации знаний, обеспечения междисциплинарного взаимодействия и повышения эффективности научных и образовательных процессов за счёт автоматизации обработки информации. Это средство может использоваться студентами для понимания общей картины изучаемого материала, преподавателями для оценки успеваемости студентов и сравнения успеваемости групп в целом.

Построенная нами матрица физионистских физико-стохастических понятий в табличном редакторе Excel позволяет:

- 1) визуализировать связи между физическими и стохастическими понятиями, делая их более наглядными для восприятия студентами;
- 2) осуществлять быстрый поиск необходимой информации по различным критериям (по разделам физики, по типам вероятностных процессов, по конкретным физическим явлениям);
- 3) отслеживать динамику формирования профессиональной стохастической компетентности студентов через анализ усвоения междисциплинарных связей физики и стохастики;
- 4) масштабировать модель путем добавления новых понятий и связей без существенной переработки всей структуры.

Использование различных цифровых инструментов для проектирования онтологии физионистских физико-стохастических понятий (редакторы, языки, платформы) позволяет формализовать, структурировать и использовать знания на стыке физики и стохастики. Они помогают создать «цифровую модель» предметной области, которую можно анализировать, расширять и применять в системах искусственного интеллекта.

Перспективы дальнейших исследований состоят в построении онтологии физионистских физико-стохастических понятий в редакторе Protege, а также связаны с расширением функционала матрицы за счет внедрения дополнительных инструментов анализа и визуализации данных.

Библиография

1. Загорулько, Ю.А. Современные средства формализации семантики областей знаний на основе онтологий / Ю.А. Загорулько // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2018. № 3 (11). С. 27-36. DOI: 10.25729/2413-0133-2018-3-03.
2. Бендик, Н.В. Онтологическая модель базы данных для оценки повторяемости отказов элементов электрической сети / Н.В. Бендик, М.Н. Полковская // Информационные и математические технологии в науке и управлении : тезисы XXVII Байкальской Всероссийской конференции с международным участием, Иркутск, 29 июня 08 июля 2022 года / Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН. Иркутск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 2022. С. 13.
3. Карпук, А.А. Онтология задач оценки качества радиосвязи / А.А. Карпук, А.В. Говорко // Проблемы инфокоммуникаций. 2022. № 1(15). С. 19-25.
4. Карпук, А.А. Приведение онтологии предметной области сетей радиосвязи к канонической форме / А.А. Карпук, А.В. Говорко // Проблемы инфокоммуникаций. 2021. № 2(14). С. 25-30.
5. Диких, А.Ю. Способы применения онтологий для решения практических задач / А.Ю. Диких // Перспективы развития информационных технологий. 2016. № 32. С. 16-21.
6. Фаянс, А.М. Об онтологии видов задач и методов их решения / А.М. Фаянс, В.Ю. Кнеллер // Онтология проектирования. 2020. Т. 10, № 3(37). С. 273-295. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-273-295.
7. Конев, К.А. Принятие решений на основе онтологической модели учебной дисциплины / К.А. Конев // Информатизация образования и науки, 2020. № 4 (48). С. 124-134.
8. Молотков, И.И. Онтология дискретной математики в образовании / И.И. Молотков, Ф.А. Новиков // Компьютерные инструменты в образовании. 2021. № 1. С. 68-84. DOI: 10.32603/2071-2340-2021-1-69-85.
9. Евсеева Е.Г. Средства обучения стохастике будущих физиков на основе фузионистского подхода в условиях цифровизации образования / Е.Г. Евсеева, Ю.Ю. Коняева // Дидактика математики: проблемы и исследования. 2025. № 4 (68). С. 33–46. DOI: 10.24412/2079-9152-2025-68-33-46.
10. Коняева, Ю.Ю. Стохастическая цифровая компетентность будущего физика / Ю.Ю. Коняева, Е.Г. Евсеева // Человеческий капитал. 2024. № 12 (192). С. 253–260. DOI: 10.25629/НС.2024.12.25.
11. Protege [Электронный ресурс] // Protege: [сайт]. URL: <https://protege.stanford.edu/software.php> (дата обращения: 18.03.2026).
12. Савко, А.С. Создание онтологий в редакторе PROTÉGÉ / А.С. Савко // Свободный полет 2009 : Материалы 1-й всероссийской конференции (с международным участием). Посвящается памяти профессора Ю.С. Кабальнова, Уфа, 13–14 ноября 2009 года. Уфа: Издательство «Гилем», 2010. С. 72-76.

Поступила в редакцию: 20.04.26

Принята к публикации: 20.05.26