

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ/SYSTEM ANALYSIS,
MANAGEMENT AND PROCESSING OF INFORMATION**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.107>

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ОНТОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ НУТРИЦИОЛОГИИ

Научная статья

Елизова М.В.^{1,*}, Найханова Л.В.², Евдокимова И.С.³

²ORCID : 0000-0002-5863-8002;

^{1, 2, 3} Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (mariaelizova[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье отражена необходимость создания программных решений, позволяющих учитывать физиологические потребности человека в питательных веществах с помощью новейших технологий, таких как искусственный интеллект и виртуальные имитационные модели. Важным аспектом является создание «цифровых двойников» продуктов, что позволит анализировать их пищевую ценность на этапе разработки и производства. Статья фокусируется на применении онтологий — структурированных систем знаний — так как является ключевым инструментом нутрициологии необходимого для лучшего понимания взаимосвязей между питанием и здоровьем. Важным фактом является то, что на сегодняшний день отсутствуют русскоязычные онтологии в данной области, что ограничивает доступ к эффективным данным. Приводится анализ существующих международных онтологий, анализируются их цели, задачи и применение. На основе анализа выделяются классы и связи, которые должны быть у онтологии цифровой нутрициологии. Данная работа подчеркивает значимость интеграции знаний и технологий для формирования научной базы, способствующей улучшению здоровья населения.

Ключевые слова: цифровая нутрициология, онтология, класс, связь, применение онтологии цифровой нутрициологии.

MAIN ASPECTS OF THE ONTOLOGY OF DIGITAL NUTRITIONAL SCIENCE

Research article

Elizova M.V.^{1,*}, Naykhanova L.V.², Yevdokimova I.S.³

²ORCID : 0000-0002-5863-8002;

^{1, 2, 3} East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russian Federation

* Corresponding author (mariaelizova[at]yandex.ru)

Abstract

The article reflects the necessity of creating software solutions that allow accounting for the physiological needs of humans in nutrients with the help of the latest technologies such as artificial intelligence and virtual simulation models. An important aspect is the creation of "digital twins" of products, which will allow to analyse their nutritional value at the stage of development and production. The paper focuses on the application of ontologies — structured knowledge systems — as it is a key tool nutritional science needs to better understand the relationship between nutrition and health. An important fact is that there are no Russian-language ontologies in the field, which limits access to effective data. An analysis of existing international ontologies is presented, their goals, objectives and applications are analysed. Based on the analysis, the classes and relationships that a digital nutritional ontology should have are highlighted. This work emphasises the importance of integrating knowledge and technology to form a scientific base that contributes to the improvement of public health.

Keywords: digital nutritional science, ontology, class, connection, application of digital nutritional ontology.

Введение

В пункте 11 Постановления Президиума РАН № 178 от 27.11.2018 «Об актуальных проблемах оптимизации питания населения России: роль науки» отмечено, что необходимо формирование нового научного направления «цифровая нутрициология», предусматривающего цифровую трансформацию данных о физиологических потребностях человека в пищевых и биологически активных веществах и энергии, химическом составе основных пищевых продуктов, а также создание ЭВМ программ для разработки персонализированных рекомендаций по оптимальному питанию [9].

Создание «цифровых двойников» (имитационных моделей пищевого продукта) необходим для анализа пищевой, биологической и энергетической ценности и др. характеристик продукта перед запуском его в производство. Применение виртуальной имитационной модели позволяет в режиме реального времени реагировать на изменения в физико-химическом составе используемого сырья или замене основного, или вспомогательного сырья, и в соответствии с этим корректировать рецептуру для получения продукта с заданным химическим составом и гарантированным качеством [8].

В последние годы в соответствии с принципами четвертой промышленной революцией одной из тенденций проникновения искусственного интеллекта в производство стали онтологии.

Настоящей эпохе цифровизации всех отраслей характерно стремление к управляемому данными, совместимому и децентрализованному производственному процессу. Для достижения этой крупной трансформации одним из основных требований является обеспечение совместимости различных производственных автоматизированных систем.

Онтологии как форма представления знаний о реальном мире или его части успешно используются для решения проблем совместимости в цифровом производстве. И действительно они использовались во многих промышленных проектах для решения этих проблем.

Онтологии необходимы для того, чтобы компьютеры могли эффективно обрабатывать, интерпретировать и использовать данные. Основная цель онтологий в этих областях — создание общего словаря терминов и понятий, а также описание их взаимных связей таким образом, чтобы машины могли «понимать» и интерпретировать информацию аналогично тому, как это делают люди [7].

Создание онтологий в области здоровья и питания является важным шагом к улучшению понимания взаимодействия питания и здоровья. Современные исследования в этой области направлены на разработку более точных и персонализированных подходов к питанию, что помогает не только улучшить качество жизни, но и предотвратить хронические заболевания. Онтологии играют ключевую роль в этом процессе, предоставляя структурированные и интегрированные данные, которые позволяют проводить более глубокий анализ и разрабатывать эффективные методы лечения и профилактики.

Данная статья посвящена обзору существующих онтологий в области нутрициологии. На данный момент нет русскоязычных онтологий (не были найдены в свободном доступе) в области нутрициологии, но существуют англоязычные онтологии в области здоровья и питания.

Обзор существующих онтологий в области здоровья и питания

Существующие подходы к созданию онтологий в области здоровья и питания включают:

1. Использование стандартных форматов и языков описания, таких как OWL и RDF, для обеспечения совместимости между различными системами.
2. Интеграцию данных из разных источников, что позволяет создавать более полные и точные модели.
3. Применение принципов модульности, чтобы облегчить обновление и расширение онтологий по мере появления новых данных и знаний.

Во время исследования были изучены различные онтологии и средства по работе с ними, к ним относятся:

- FOODON (Food Ontology).
- OBO (Open Biological and Biomedical Ontologies).
- NCBO BioPortal.
- Nutritional Phenotype Database (dbNP).
- Plant Ontology (PO).

Элементы, приведенного выше списка относятся к двум группам:

1. Онтологии: FOODON, OBO, PO.
2. Средства предоставления доступа к онтологиям и работы с ними: NCBO BioPortal и dbNP.

Рассмотрим анализ элементов в разрезе, приведенных выше групп (табл. 1).

Таблица 1 - Сравнительный анализ онтологий FOODON, OBO, PO

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.107.1>

Название	Цель и задачи	Назначение	Применение
FOODON (Food Ontology)	<p>Цель: Создание глобально онтологии для стандартизированного описания пищевых продуктов и связанных с ними свойств.</p> <p>Задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Обеспечить точное и однозначное описание пищевых продуктов; 2. Улучшить интеграцию и обмен данными между различными источниками информации о пище; 3. Поддержать исследования в области питания, диетологии и здравоохранения [3]. 	Использование в научных исследованиях, общественном здравоохранении и при разработке программного обеспечения для управления данными о пище.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ данных о диетах и питании 2. Разработка рекомендаций по питанию 3. Исследования в области пищевой безопасности и качества
OBO	Цель: Создание и	Улучшение	1. Биомедицинские

Название	Цель и задачи	Назначение	Применение
(Open Biological and Biomedical Ontologies)	<p>поддержка единой стандартизированной онтологии для биологических и биомедицинских исследований.</p> <p>Задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> Выработка единых понятий в различных отраслях биологии и медицины. Упрощение интеграции биомедицинских результатов и проведения анализа в биоинформатике. Постепенное повышение качества и формальной строгости в дальнейшей разработке онтологий [6]. 	<p>интеграции и анализа данных в биомедицинских исследованиях.</p> <p>А также создание общих стандартов для описания биологических и медицинских понятий</p>	<p>исследования</p> <p>2. Разработка лекарств и терапевтических подходов</p> <p>3. Генетические исследования состава и структуры клетки в живых организмах</p>
Plant Ontology (PO)	<p>Цель: Создание стандартизированной онтологии для описания структур и процессов растений.</p> <p>Задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> Обеспечить точное и однозначное описание анатомических структур и процессов растений. Улучшить интеграцию и обмен данными между различными источниками информации о растениях. Поддержать исследования в области ботаники, агрономии и биотехнологии растений [2]. 	<p>Использование в научных исследованиях, образовании и разработке программного обеспечения для управления данными о растениях.</p>	<p>1. Исследования в области ботаники и агрономии.</p> <p>2. Разработка новых сортов растений.</p> <p>3. Анализ геномических и протеомных данных растений.</p>

Исходя из анализа становится понятно, что каждая из рассматриваемых онтологий, является специализированной.

– FOODON фокусируется на пищевых продуктах и их компонентах, обеспечивая точное описание и поддержку исследований в области питания и диетологии.

– ОВО охватывает широкий спектр биологических и биомедицинских исследований, обеспечивая интеграцию и совместимость данных.

– РО направлена на описание структур и процессов растений, поддерживая исследования в ботанике и агрономии.

В ходе исследования также необходимо проанализировать популярные средства по работе с онтологиями в области нутрициологии. В таблице 2 представлен анализ инструментов NCBO BioPortal и Nutritional Phenotype Database (dbNP).

Таблица 2 - Сравнительный анализ средств для работы с онтологиями

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.107.2>

Название	Цель и задачи	Назначение	Применение
NCBO BioPortal	<p>Цель: Предоставление доступа к онтологиям и лексическим ресурсам для биомедицинских исследований.</p> <p>Задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> Обеспечение доступа к широкому спектру онтологий и терминологий. Поддержка интеграции и анализа данных с использованием онтологий. Предоставление инструментов для поиска, просмотра и анализа онтологий [5]. 	<p>Упрощение доступа к биомедицинским онтологиям для исследователей и разработчиков.</p> <p>Поддержка интеграции данных из различных источников.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Биомедицинские исследования. Разработка и интеграция биомедицинских информационных систем. Образование и обучение в области биоинформатики.
Nutritional Phenotype Database (dbNP)	<p>Цель: Создание базы данных для хранения и анализа данных о фенотипах, связанных с питанием.</p> <p>Задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> Обеспечение хранения стандартизованных данных о фенотипах и питании. Поддержка исследований в области питания и здоровья. Облегчение обмена данными между исследователями [1]. 	<p>Хранение и анализ данных о фенотипах, связанных с питанием. Поддержка исследований в области питания и диетологии.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Исследования в области питания и здоровья. Разработка рекомендаций по питанию. Анализ влияния диеты на здоровье.

Наиболее близкой к тематике цифровой нутрициологии является онтология FOODON, она организована в виде иерархической структуры, где каждый элемент (класс) описывает определённое понятие, связанное с продуктами питания [4].

Основные аспекты онтологии цифровой нутрициологии

Мы предлагаем при создании онтологии цифровой нутрициологии для представления знаний использовать иерархическую структуру. На первом уровне иерархии должны располагаться категории: питательные вещества, диетические модели, здоровье и заболевания, генетические профили, микробиом, поведенческие факторы.

На следующем уровне из узлов категорий исходят классы:

- Питательные вещества (Nutrient): белки, жиры, углеводы, витамины и минералы.
- Продукты питания (FoodProduct): различные типы продуктов питания (фрукты, овощи, цельнозерновые продукты, мясо, молочные продукты и т.д.).
- Диетические модели (DietaryModel): это различные диетические подходы, (вегетарианство, веганство, безглютеновая диета, диета с высоким содержанием белка и т.д.).
- Здоровье и заболевания (HealthCondition): различные состояния здоровья (ожирение, диабет, сердечно-сосудистые заболевания) и роль питания в их профилактике и лечении.
- Генетические профили (GeneticProfile): генетическая информация, связанную с метаболизмом питательных веществ, реакцией на диету и риском заболеваний.
- Микробиом (Microbiome): состав и функция кишечного микробиома и его взаимодействие с питанием и здоровьем.

– Поведенческие факторы (BehavioralFactor): психологические, социальные и культурные факторы, влияющие на выбор питания и поведение, связанное с питанием.

На третьем уровне иерархии могут находиться подклассы, например класс «Витамины» может содержать подкласс «Витамины группы В». На следующем уровне уже располагаются экземпляры классов, например, «Витамин В₁₂».

На данный момент выделены следующие связи между категориями:

– Продукты питания — питательные вещества: Связь, показывающая, какие питательные вещества содержатся в разных продуктах питания.

– Диетические модели — продукты питания: Связь, иллюстрирующая, какие продукты питания входят в различные диетические модели.

– Диетические модели — здоровье и заболевания: Связь, демонстрирующая влияние разных диетических моделей на различные состояния здоровья.

– Генетические профили — питательные вещества: Связь, показывающая, как генетические вариации влияют на метаболизм и реакцию на питательные вещества.

– Микробиом — питательные вещества: Связь, подчеркивающая роль микробиома в метаболизме питательных веществ и здоровье.

– Поведенческие факторы — диетические модели: Связь, иллюстрирующая, как психологические, социальные и культурные факторы влияют на выбор диетической модели.

Эти связи реализуются с помощью следующих отношений:

- hasNutrient: Описывает, какие питательные вещества содержатся в продуктах питания;
- isPartOf: Описывает, какие продукты питания входят в состав определенной диетической модели;
- hasEffect: Описывает влияние диетической модели на состояние здоровья или заболевание;
- influencesMetabolism: Описывает, как генетический профиль влияет на метаболизм питательных веществ;
- processesNutrient: Описывает роль микробиома в переработке и усвоении питательных веществ;
- affectsChoice: Описывает влияние поведенческих факторов на выбор диетической модели;
- hasImpact: Описывает воздействие питательных веществ на здоровье;
- isMetabolizedBy: Описывает, как питательные вещества усваиваются в соответствии с генетическим профилем;
- contributesTo: Описывает вклад микробиома в общее состояние здоровья;
- influencesDiet: Описывает, как культурные и социальные факторы влияют на диетические предпочтения.

Основные атрибуты:

- количество: атрибут, описывающий количество потребляемых питательных веществ или продуктов питания;
- частота: атрибут, показывающий, как часто человек потребляет определенные продукты или диетические модели.

Для наглядности связи между классами представлены на рисунке 1.

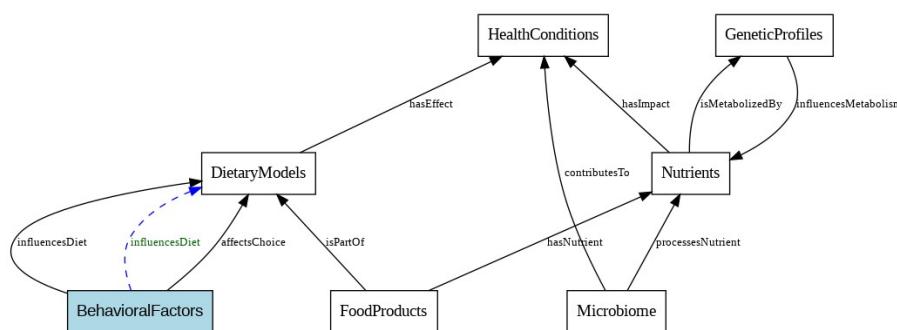


Рисунок 1 - Визуализация связей между классами
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.107.3>

Таким образом, определены основные аспекты построения онтологии.

Заключение

В процессе написания статьи были проанализированы онтологии близкие с тематикой нутрициологии — FOODON, OBO, РО и средства представления и доступа к ним — NCBO BioPortal и Nutritional Phenotype Database. Выполнив анализ, представленный в таблицах 1–2, можно сделать вывод, что каждая из рассматриваемых онтологий имеет свои уникальные цели и задачи, но все они направлены на улучшение интеграции и анализа данных в области цифровой нутрициологии. А программные средства NCBO BioPortal и Nutritional Phenotype Database (dbNP) предоставляют различные возможности для работы с онтологиями, биомедицинскими данными и исследованиями в области питания и фенотипов.

На основе проанализированных данных, была построена возможная структура онтологии цифровой нутрициологии. Она должна быть иерархической и состоять из трех четко определенных уровней, где первым уровнем будут категории рассматриваемой предметной области, на втором классы этих категорий и при необходимости на 3 уровне выделяемые подклассы, которые также могут иметь поддеревья.

Онтология, созданная по разработанной структуре, позволит проводить углубленный анализ, моделирование и разработку персонализированных рекомендаций по питанию и здоровью.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Мангушева А.Р., Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.107.4>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Mangusheva A.R., Kazan National Research Technological University, Kazan Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.107.4>

Список литературы / References

1. Gibney M.J. Nutritional Phenotype Databases and Integrated Nutrition: From Molecules to Populations / M.J. Gibney, B.A. McNulty, M.F. Ryan [et al.] // Advances in Nutrition. — 2014. — Vol. 5. — № 3. — P. 352S-357S.
2. Cooper L. The Plant Ontology: A Tool for Plant Genomics / L. Cooper, P. Jaiswal // Methods in Molecular Biology. — 2016. — Vol. 1374. — P. 89–114.
3. Griffiths E. FoodON: A Global Farm-to-Fork Food Ontology / E. Griffiths, M. Dooley Damion, P. Buttigieg [et al.] // Conference proceedings published as part of 2016 Joint International Conference on Biological Ontology and BioCreative. — California : CEUR-WS, 2016.
4. Thornton K. Reuse of the FoodOn ontology in a knowledge base of food composition data / K. Thornton, K. Seals-Nutt, M. Matsuzaki [et al.] // Semantic Web. — 2024. — Vol. 15. — № 4. — P. 1195–1206.
5. Martínez-Romero M. NCBO Ontology Recommender 2.0: an enhanced approach for biomedical ontology recommendation. / M. Martínez-Romero, C. Jonquet, M.J. O'Connor [et al.] // NCBO Ontology Recommender 2.0: an enhanced approach for biomedical ontology recommendation.. — 2017. — Vol. 8. — № 1. — 21 p.
6. Burek P. A top-level ontology of functions and its application in the Open Biomedical Ontologies. / P. Burek, R. Hoehndorf, F. Loebe [et al.] // Bioinformatics. — 2006. — Vol. 22. — № 14. — P. e66–73.
7. Волкова Г.А. Создание «онтологии всего». Проблемы классификации и решения / Г.А. Волкова // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. — 2013. — № 16. — С. 293–300.
8. Никитина М.А. Интеграция цифровых технологий в процесс принятия решений при разработке пищевых продуктов заданного состава и свойств : дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.06 : защищена 2021-12-09 : утв. 2021-07-02 / М.А. Никитина. — Москва, 2021. — 265 с.
9. Об актуальных проблемах оптимизации питания населения России: роль науки : постановление Президиума Российской Академии наук от 27 ноября 2018 г. № 178. — Москва, 2018. — URL: <https://www.ras.ru/presidium/documents/directions.aspx?ID=ba975c30-3182-4770-aff8-5601f6042ff5> (дата обращения: 15.03.25).
10. Гавриков М.Б. Цифровая персонифицированная нутрициология: проблемы и решения / М.Б. Гавриков, А.А. Кислицын, Ю.Н. Орлов [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. — 2020. — № 25. — 36 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gibney M.J. Nutritional Phenotype Databases and Integrated Nutrition: From Molecules to Populations / M.J. Gibney, B.A. McNulty, M.F. Ryan [et al.] // Advances in Nutrition. — 2014. — Vol. 5. — № 3. — P. 352S-357S.
2. Cooper L. The Plant Ontology: A Tool for Plant Genomics / L. Cooper, P. Jaiswal // Methods in Molecular Biology. — 2016. — Vol. 1374. — P. 89–114.
3. Griffiths E. FoodON: A Global Farm-to-Fork Food Ontology / E. Griffiths, M. Dooley Damion, P. Buttigieg [et al.] // Conference proceedings published as part of 2016 Joint International Conference on Biological Ontology and BioCreative. — California : CEUR-WS, 2016.
4. Thornton K. Reuse of the FoodOn ontology in a knowledge base of food composition data / K. Thornton, K. Seals-Nutt, M. Matsuzaki [et al.] // Semantic Web. — 2024. — Vol. 15. — № 4. — P. 1195–1206.
5. Martínez-Romero M. NCBO Ontology Recommender 2.0: an enhanced approach for biomedical ontology recommendation. / M. Martínez-Romero, C. Jonquet, M.J. O'Connor [et al.] // NCBO Ontology Recommender 2.0: an enhanced approach for biomedical ontology recommendation.. — 2017. — Vol. 8. — № 1. — 21 p.
6. Burek P. A top-level ontology of functions and its application in the Open Biomedical Ontologies. / P. Burek, R. Hoehndorf, F. Loebe [et al.] // Bioinformatics. — 2006. — Vol. 22. — № 14. — P. e66–73.
7. Volkova G.A. Sozdanie "ontologii vsego". Problemi klassifikatsii i resheniya [Creating an "ontology of everything"]. Classification problems and solutions] / G.A. Volkova // Novie informatsionnie tekhnologii v avtomatizirovannikh sistemakh [New information technologies in automated systems]. — 2013. — № 16. — P. 293–300. [in Russian]
8. Nikitina M.A. Integratsiya tsifrovikh tekhnologii v protsess prinyatiya reshenii pri razrabotke pishchevikh produktov zadannogo sostava i svoistv [Integration of digital technologies into the decision-making process in the development of food products of a given composition and properties] : dis. ... of PhD in Engineering: 05.13.06 : defense of the thesis 2021-12-09 : approved 2021-07-02 / M.A. Nikitina. — Moscow, 2021. — 265 p. [in Russian]
9. Ob aktual'nyh problemah optimizacii pitanija naselenija Rossii [On topical issues of optimizing nutrition in Russia: the role of science] : resolution of the Presidium of the Russian Academy of Sciences dated November 27, 2018 № 178. — Moscow, 2018. — URL: <https://www.ras.ru/presidium/documents/directions.aspx?ID=ba975c30-3182-4770-aff8-5601f6042ff5> (accessed: 15.03.25). [in Russian]

10. Gavrikov M.B. Tsifrovaya personifitsirovannaya nutritsiologiya: problemi i resheniya [Digital personalized nutrition: problems and solutions] / M.B. Gavrikov, A.A. Kislitsin, Yu.N. Orlov [et al.] // Preprinti IPM im. M.V. Keldisha [Preprints of the IPM named after M.V. Keldysh]. — 2020. — № 25. — 36 p. [in Russian]