

УДК 61

DOI: 10.25206/2310-4597-2025-1-48-55

**Разработка системы анализа питания и классификации заболеваний
для Омского государственного медицинского университета**

**Development of a nutrition analysis and disease classification system
for Omsk State Medical University**

А. Ю. Лавров, Д. В. Турчанинов

Омский государственный технический университет, Омск, Российская Федерация

A. Y. Lavrov, D. V. Turchaninov

Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

Аннотация. В статье рассматривается влияние пищевых привычек на развитие различных заболеваний, а также анализируются основные закономерности, связывающие рацион питания с рисками возникновения патологий. Кроме того, в работе представлена разработка системы анализа питания, предназначенной для классификации заболеваний и выявления потенциальных факторов риска. Для выявления скрытых закономерностей и предсказания возможных заболеваний используются алгоритмы машинного обучения, включая нейронные сети. Разработанная система ориентирована на поддержку медицинских работников в диагностике и профилактике заболеваний, связанных с питанием.

Ключевые слова: анализ питания, влияние питания на заболевания, классификация заболеваний, медицинские информационные системы, машинное обучение, нейронные сети

Abstract. The article examines the influence of eating habits on the development of various diseases, as well as analyzes the main patterns linking the diet with the risks of pathologies. In addition, the paper presents the development of a nutrition analysis system designed to classify diseases and identify potential risk factors. Machine learning algorithms, including neural networks, are used to identify hidden patterns and predict possible diseases. The developed system is focused on supporting medical professionals in the diagnosis and prevention of nutrition-related diseases.

Keywords: nutrition analysis, the effect of nutrition on diseases, classification of diseases, medical information systems, machine learning, neural networks

Введение

Питание – это основа жизнедеятельности человека, один из важнейших факторов, способствующих снижению риска развития алиментарно-зависимых заболеваний (АЗЗ), обеспечивающих активное долголетие и участвующих в формировании адаптационного потенциала организма [1]. Однако нарушения питания, включая как недостаточность питательных веществ, так и избыточное потребление, представляют собой значимую проблему для современной клинической медицины. Исследования показывают, что более половины пациентов, госпитализированных в хирургические и терапевтические стационары, имеют выраженные нутритивные нарушения, обусловленные недостаточным питанием или хроническими заболеваниями желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) [2]. Алиментарные заболевания, вызванные дефицитом или избытком питательных веществ, включают широкий спектр патологий, таких как квашиоркор (недостаточность белка), маразм, ожирение, метаболический синдром и сахарный диабет 2-го типа [3].

Современные медицинские исследования все чаще используют технологии искусственного интеллекта для анализа сложных взаимосвязей между питанием и здоровьем. Машинное обучение и нейронные сети позволяют не только выявлять скрытые закономерности в больших массивах данных, но и формировать персонализированные рекомендации по питанию, направленные на профилактику и коррекцию заболеваний. Внедрение таких технологий в медицинские учреждения может существенно повысить эффективность диагностики и мониторинга состояния пациентов.

Задачей исследования является разработка методического подхода к анализу пищевых привычек и классификации заболеваний на основе алгоритмов машинного обучения.

Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования системы нутритивного мониторинга в Омском государственном медицинском университете, а также для повышения качества профилактики и диагностики алиментарно-зависимых заболеваний.

Теория

Основные функции питания. Основные функции питания можно разделить на три ключевые категории:

1) питание является основным источником энергии для организма. Энергия необходима для поддержания всех жизненных процессов (физическая активность, метаболизм, терморегуляция). Белки, жиры и углеводы (БЖУ) выступают основными источниками энергии для организма, причем углеводы обеспечивают наиболее быстрый доступ к энергии;

2) питание обеспечивает организм пластическими веществами, такими как белки, жиры и минералы. Эти вещества необходимы как для роста, так и для восстановления и замены клеток. Особенно важна эта функция в детском возрасте, когда организмы активно развиваются и требуют большого количества «строительных материалов» для формирования новых тканей;

3) питательные вещества играют критическую роль в регуляции обмена веществ. Витамины и минералы, поступающие с пищей, необходимы для синтеза ферментов и гормонов, которые регулируют химические процессы в организме. Без биологически активных веществ нормальное функционирование организма невозможно. Например, в случае недостатка железа у детей в раннем возрасте, может развиваться анемия, а недостаточное количество йода у детей в период интенсивного развития ЦНС может привести к потере существенной доли интеллектуальных способностей.

Влияние питания на развитие и профилактику заболеваний. Питание оказывает большое влияние на развитие и профилактику заболеваний, что подтверждается множеством научных исследований. Правильный рацион не только помогает поддерживать нормальное функционирование организма, но и служит важным фактором предотвращения различных заболеваний.

Правильное питание является ключевым аспектом в профилактике хронических неинфекционных заболеваний, таких как сердечно-сосудистые заболевания, диабет 2 типа, проблемы ЖКТ. Ожирение, например, является основным фактором риска для этих заболеваний и его можно предотвратить с помощью сбалансированного рациона, в состав которого будут входить фрукты, овощи и цельнозерновые продукты.

Ключевую роль также играют и микронутриенты. Витамины и минералы играют важную роль в укреплении иммунной системы и защите организма от инфекций. Питание, содержащее антиоксиданты и клетчатку, способствует снижению воспалительных процессов и улучшению общего состояния здоровья. Недостаток клетчатки может привести к развитию диабета, ожирения, а также злокачественных новообразований, поэтому рекомендуется употреблять не менее 400 г овощей и фруктов в день для снижения риска данных заболеваний [1].

Понятие алиментарно-зависимых заболеваний. Алиментарно-зависимые заболевания – болезни, обусловленные недостаточным или избыточным по сравнению с физиологическими потребностями поступлением в организм пищевых веществ.

В основе современных представлений о здоровом питании лежит **концепция оптимального питания**, предусматривающая необходимость и обязательность полного обеспечения потребностей организма не только в эссенциальных макро- и микронутриентах, но и в целом ряде минорных биологически активных компонентах пищи, перечень и значение которых постоянно расширяется.

Концепция оптимального питания базируется на **двух фундаментальных законах**, первым из которых является соответствие энерготрат энергопотреблению, что предопределяет важное значение энергетического баланса организма, **вторым** – обязательность потребления основных пищевых веществ (белков, жиров и углеводов) в физиологически необходимых соотношениях, что позволяет удовлетворить потребности человека в отдельных эссенциальных (незаменимых) нутриентах.

Нарушение любого из этих законов (недостаточное или избыточное потребление пищи или отдельных нутриентов) неизбежно приводит к нарушениям пищевого статуса и, как следствие, – к АЗЗ.

К алиментарно-зависимым заболеваниям относятся:

- 1) болезни белковой и калорийной недостаточности (квашиоркор, маразм);
- 2) заболевания, связанные с недостаточностью минеральных веществ (например, дефицит йода, кальций) и витаминов (цинга, рахит, пеллагра);
- 3) ожирение;
- 4) анемия, вызванная дефицитом железа, фолиевой кислоты, витаминов В12 и В6.

Белки, жиры и углеводы: их роль и потребность. Белки, жиры и углеводы – три основных макронутриента, из которых организм получает энергию для жизнедеятельности. Они необходимы для поддержания энергетического баланса, а также для усвоения витаминов и минералов.

Белки – вещества-строители, выполняющие более 6 важных функций для организма. Позволяют вырабатывать ферменты, участвуют в процессах транспорта и обмена веществ, являются материалом для строительства клеток, а также отвечают за энергетический баланс [4].

Жиры – вещества, составляющие основу питания всего живого. Они необходимы как для поддержания энергетического баланса, так и для усвоения некоторых групп витаминов и минеральных веществ. Многие привыкли ассоциировать жиры с неполезными составляющими питания, пытаются всячески уменьшить их процент в рационе или попросту отказаться от них. Жиры необходимы организму. Они являются элементом строительства тканей, транспортерами питательных веществ и энергетическими запасами и подразделяются они на две большие группы:

1) животные жиры – вещества, получаемые от продуктов животного мира. Они содержат в себе высокий процент холестерина и достаточно медленно усваиваются;

2) растительные жиры – вещества, источником которых служат исключительно растения. Это большинство видов, масел злаковых и семян, авокадо и оливки. Такие жиры усваиваются легче, чем животные, однако не способны в полной мере их заменить.

Углеводы – органические вещества, выполняющие строительную, энергетическую и защитную функцию для организма. Содержатся во всех фруктах и овощах, а также в крупах и их производных. Углеводы разделяются на сложные и простые. Первые относятся к категории полезных, дающих организму энергию на длительное время и рекомендуемых к регулярному потреблению. Простые, напротив, легко усваиваются и вызывают резкий подъем глюкозы в организме. Это приводит к избытку сахара, получению чрезмерной энергии и образованию излишков жиров, приводящих к избыточному весу.

Важно соблюдать баланс БЖУ, чтобы обеспечить организм необходимыми питательными веществами и энергией для поддержания здоровья.

Влияние физической активности на потребности в макронутриентах. Физическая активность оказывает сильное влияние на потребности организма в макронутриентах и общую калорийность питания. Сбалансированное питание с соответствующим соотношением белков, углеводов и жиров имеет решающее значение, но его необходимо корректировать в зависимости от личных целей, характера деятельности и интенсивности тренировок. В таблице ниже представлены нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для взрослых [1].

Таблица 1

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах

Показатели (мужчины)	Группа физической активности										
	1-я (КФА 1,4)			2-я (КФА 1,7)			3-я (КФА 2,0)			КФА 1,7	
Возраст, г	18–29	30–44	45–64	18–29	30–44	45–64	18–29	30–44	45–64	65–74	> 75
Энергия, ккал	2370	2280	2100	2880	2760	2550	3390	3250	2990	2330	2259
Белок, г	71	68	63	86,4	82,9	76,4	101,6	97,5	89,8	82	79
в том числе животный	35,5	34	31,5	43,2	41,5	38,2	50,8	48,8	44,9	41	39,5
% от ккал	12	12	12	12	12	12	12	12	12	14	14
Жиры, г	79,1	75,8	69,9	96	92,1	84,8	112,9	108,3	99,8	78	75
Жир, % от ккал	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Углеводы, г	344	330	304	418	400	369	491	471	434	326	316
% от ккал	58	58	58	58	58	58	58	58	58	56	56
Женщины											
Энергия, ккал	1980	1800	1660	2690	2580	2370	2690	2580	2370	1802	1666
Белок, г	57	54	50	81	77	63	81	77	71	63	58
в том числе животный	28,5	27	25	40,5	38,5	35,5	40,5	38,5	35,5	31,5	29
% от ккал	12	12	12	12	12	12	12	12	12	14	14
Жиры, г	63	60	55	76	73	67	90	86	79	56	56
Жир, % от ккал	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Углеводы, г	274	261	240	332	318	290	390	374	343	252	233
% от ккал	58	58	58	58	58	56	58	58	58	56	56

Витамины и минералы: их роль в метаболизме. Витамины и минералы играют ключевую роль в метаболизме, обеспечивая нормальное функционирование биохимических процессов в организме. Они участвуют в преобразовании питательных веществ в энергию, синтезе белков, регуляции обмена веществ и поддержании гомеостаза.

Выделяют следующие витамины:

1) витамины группы В (такие как В1, В2, В3, В5, В6, В7, В9 и В12) активно участвуют в энергетическом обмене, а дефицит витаминов данной группы может привести к различным заболеваниям. Большинство витаминов данной группы являются водорастворимыми [5];

2) витамин D участвует в регуляции кальция и фосфора, что важно для минерализации костей;

3) витамин С обладает антиоксидантными свойствами и участвует в синтезе коллагена, что важно для здоровья кожи и соединительных тканей;

4) жирорастворимые витамины А, D, Е и К – вместе этот витаминный квартет помогает поддерживать в хорошем состоянии глаза, кожу, легкие, а нервную систему. На формирование костей большое влияние оказывают витамины А, D и К. Кроме того витамин А поддерживает здоровье клеток и защищает зрение, а без витамина Е организму было бы трудно усваивать и накапливать витамин А.

К основным относят такие минералы, как кальций, хлорид, магний, фосфор, калий, натрий, сера. Одна из ключевых их задач заключается в поддержке водного баланса в организме. Главную роль в этом играют натрий, хлорид и калий. Кальций, фосфор и магний важны для костей, а сера помогает стабилизировать белковые структуры в человеческом организме.

Влияние питания на развитие заболеваний. Рацион питания оказывает огромное влияние на работу всех органов и систем организма. Длительный дефицит или избыток определенных питательных веществ может приводить к развитию различных патологий, затрагивающих иммунную, сердечно-сосудистую, эндокринную, пищеварительную и другую систему. Нерациональное питание ослабляет защитные механизмы организма, повышает риск воспалительных процессов, ухудшает метаболизм.

В данной работе рассматривается влияние пищевых факторов на развитие ряда наиболее распространенных заболеваний, в основе которых лежат алиментарные нарушения. К ним относятся: частые ОРВИ, ОРЗ и грипп, дисбактериоз кишечника, аллергические заболевания, избыточный вес, анемия, повышенная утомляемость и снижение работоспособности, сердечно-сосудистые болезни, заболевания щитовидной железы.

Частые ОРВИ, ОРЗ и грипп могут быть следствием недостатка белка, витаминов А, С, D и группы В, а также микроэлементов, таких как цинк и селен, которые участвуют в формировании иммунного ответа. Употребление достаточного количества белка (мяса, рыба, яйца, молочная продукция), а также продуктов, которые богаты витамином С (как правило, цитрусовые, а также ягоды и капуста) и витаминов D (жирная рыба, яйца), способствует укреплению иммунной системы и снижению риска вирусных инфекций.

Дисбактериоз кишечника развивается при избытке простых углеводов, недостатке клетчатки и пробиотиков, что приводит к нарушению баланса микрофлоры. Включение в рацион клетчатки (овощи, фрукты, цельнозерновые продукты), пробиотических продуктов (молочные продукты или квашеная капуста) и ограничение сахара помогают нормализовать кишечную среду и предотвратить развитие дисбактериоза.

Аллергические заболевания могут усугубляться дефицитом омега-3 жирных кислот, витамина D и антиоксидантов. Регулярное употребление жирной рыбы (например, лосось или скумбрия), орехов, а также продуктов, которые богаты антиоксидантами (ягоды, шпинат), помогает снизить воспаление и поддержать иммунную систему организма.

Избыточный вес является следствием избыточного потребления калорий, быстрых углеводов и жиров. Контроль калорийности рациона (соблюдение дефицита калорий), уменьшение количества простых углеводов, а также увеличение доли белка и клетчатки способствует поддержанию нормального веса и предотвращению ожирения.

Анемия развивается при недостатке железа, витаминов В12 и фолиевой кислоты, что приводит к снижению уровня гемоглобина. Употребления продуктов, которые богаты железом (например, печень или мясо), в сочетании с витамином С (цитрусовые или ягоды) улучшает усвоение железа и помогает предотвратить заболевание.

Повышенная утомляемость и снижение работоспособности могут быть вызваны нехваткой железа, магний, витаминов группы В и омега-3. Регулярное употребление продуктов богатых магнием (например, орехи или бананы), жирной рыбы и витаминов В6, В12 (мясо, яйца, молочные продукты) поддерживает энергетический обмен и когнитивные (познавательные) функции.

Сердечно-сосудистые заболевания возникают при избытке насыщенных жиров, трансжиров, соли и сахара, что приводит к таким заболеваниям, как атеросклероз и гипертония. Для поддержки здоровья сердца и сосудов необходимо включать в рацион ненасыщенные жиры (например, рыба или орехи), а также увеличить потребление клетчатки.

Кариес развивается при избыточном потреблении сахара, а также при недостатке кальция в организме. Для того чтобы снизить риск развития данного заболевания, а также укрепить зубную эмаль, необходимо ограничить потребление сладкого и добавить в рацион рыбу и молочные продукты.

Заболевания щитовидной железы связаны с недостатком таких минералов, как йод, селен и железо, что в свою очередь приводит к нарушению выработки гормонов. Для нормализации работы щитовидной железы необходимо включить в рацион морепродукты, а также контролировать уровень железа в крови.

Применение методов машинного обучения в анализе пищевых привычек и диагностике заболеваний. Питание сильно влияет на здоровье людей, но чтобы точно понять, как именно еда связана с болезнями, нужно учитывать много различных факторов: особенности организма, активность, наличие наследственных заболеваний. Благодаря технологиям и машинному обучению можно собирать и обрабатывать большие объемы данных. В частности, нейронные сети демонстрируют высокую эффективность в выявление сложных взаимосвязей между пищевыми привычками и рисками заболеваний. Они находят связь между тем, как человек питается и какими болезнями может заболеть. В работе рассматривается разработка системы анализа питания (прогнозирование алиментарно-зависимых заболеваний) с использованием нейронных сетей.

Подготовка данных. Для обучения модели использовались данные, содержащие информацию о пищевых привычках, потреблении микро- и макроэлементов, а также биологически активных веществ. Помимо этого учитывались антропометрические показатели (рост, вес, объемы) пациентов.

В качестве целевой переменной выступал бинарный показатель наличия или отсутствия заболевания (метка 1 – заболевание есть или возможно, метка 0 – заболевание отсутствует). Перед обучением данные были нормализованы с использованием стандартизации (StandardScaler позволят удалить среднее значение и масштабировать данные до единичной дисперсии), что позволило повысить стабильность работы модели.

Для балансировки классов был применен алгоритм SMOTEENN [6]. Он сочетает Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE), который генерирует синтетические примеры для меньшинства классов, и Edited Nearest Neighbors (ENN), которые позволяют устранить шумовые данные. Такой подход улучшает качества классификации, особенно при наличии дисбаланса между здоровыми и больными пациентами (число здоровых пациентов гораздо выше числа тех, у кого есть болезнь).

Архитектура модели. Разработанная модель представляет собой глубокую нейронную сеть с несколькими полносвязными слоями:

- 1) входной слой принимает данные о нутриентах, макро- и микроэлементах, а также антропометрические показатели пациентов;
- 2) скрытые слои, использующие функцию активации ReLU, нормализацию (Batch Normalization) и дропаут (Dropout) для предотвращения переобучения;
- 3) выходной слой с одной нейронной сигмоидной функцией активации, что позволяет интерпретировать результат как вероятность наличия заболевания.

Для улучшения качества обучения была использована модифицированная функция потерь Focal Loss, которая снижает влияние легко классифицируемых примеров (когда заболевание отсутствует) и акцентирует внимание модели на сложных случаях.

Обучение и оценка модели. Обучение модели проводилось с использованием оптимизатора Adam [7] и ранней остановки (Early Stopping), чтобы предотвратить переобучение и сохранить наилучшие параметры. После завершения обучения модель была протестирована на отдельной выборке, а ее качество оценивалось с использованием точности (accuracy), отчёта классификации (classification report) и матрицы ошибок (confusion matrix).

Применение модели. Разработанная система позволяет медицинским специалистам анализировать пищевые привычки пациентов и оценивать потенциальные риски различных заболеваний, включая частые ОРВИ, ОРЗ и грипп, дисбактериоз кишечника, аллергические заболевания, избыточный вес, анемию, повышенную утомляемость и снижение работоспособности, сердечно-сосудистые болезни, заболевания щитовидной железы.

Использование машинного обучения в данной области значительно расширяет возможности диагностики, поскольку нейронная сеть способна выявлять сложные нелинейные зависимости между нутриентами и здоровьем человека.

Взаимодействие с моделью. Для взаимодействия с моделью нейронной сети был разработан пользовательский интерфейс. На рис. 1 представлена страница с запуском процедуры анализа.

Рис. 1. Страница анализа заболеваний

Пользователь заполняет имя пациента и выбирает из выпадающего списка необходимые заболевания, анализ которых требуется выполнить. На рис. 2 представлен выбор заболеваний.

Рис. 2. Выбор заболеваний для анализа

После выбора заболеваний перед пользователем появятся поля для заполнения параметров, на основании которых будет выполняться анализ. На рис. 3 представлено заполнение анализируемых параметров.

Рис. 3. Заполнение анализируемых параметров

После заполнения параметров и нажатия кнопки «Запустить» перед пользователем появится модальное окно с результатами анализа (рис. 4).

Результаты анализа

Имя пациента	Заболевание	Введенные данные	Результат	Время
Иванов	Излишний вес	26ПП: 1, Возраст: 24, Группа ФА: 1, ИМТ: 20, Калорийность: 2100, Масса ежедневно потребляемой пищи: 3000, Простые сахара: 100	✗	2025-04-28 17:00:06

ЗАКРЫТЬ

Рис. 4. Окно с результатом анализа

На рис. 5 представлена страница со всеми имеющимися результатами анализов.

Система прогнозирования рисков АЗЗ Главная Анализ Результаты				
Имя пациента	Заболевание	Данные	Результат	Дата анализа
Иванов	Излишний вес	26ПП: 1, Возраст: 24, Группа ФА: 1, ИМТ: 20, Калорийность: 2100, Масса ежедневно потребляемой пищи: 3000, Простые сахара: 100	✗	2025-04-28 17:00:06

Записей на странице: 10 1-1 из 1

Рис. 5. Страница «Результаты»

Результаты

Разработанная модель продемонстрировала высокую точность в классификации заболеваний на основе анализа пищевых привычек. Матрица ошибок и метрики показали, что модель способна эффективно выявлять пациентов с повышенным риском заболеваний.

Подтверждена высокая корреляция между уровнем потребления нутриентов и вероятностью развития заболеваний.

Система успешно использует алгоритмы машинного обучения для персонализированного анализа питания. Модель можно использовать в качестве вспомогательного инструмента для диетологов.

Для взаимодействия с моделью был разработан интуитивно понятный интерфейс.

Выводы и заключение

В ходе исследования разработана система анализа питания, которая способна выявлять закономерности между пищевыми привычками и классифицировать заболевания.

Анализ показал, что рацион питания оказывает значительное влияние на здоровье человека, а его корректировка может снизить риски различных заболеваний.

Использование машинного обучения, в частности, нейронных сетей позволяет эффективно анализировать большие объёмы данных и автоматически предсказывать возможные патологии на основе пищевых привычек.

Полученные результаты могут быть использованы в клинической практике для диагностики и профилактики заболеваний, а также для разработки персонализированных рекомендаций по питанию.

Список источников

1. Нутрициология и клиническая диетология : нац. руководство / под ред. В. А. Тутельяна, Д. Б. Никитюка. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. 31 с.
2. Адаменко Е. И., Силивончик Н. Н. Оценка статуса питания : учеб.-метод. пособие. Минск : БГМУ, 2009. 20 с. ISBN 978-985-528-071-3.
3. Алиментарные заболевания. URL: <https://propionix.ru/alimentarnye-zabolevaniya> (дата обращения: 08.02.2025).
4. В чем польза белков, жиров и углеводов. URL: <https://www.obedsmile.ru/blog/v-cem-polza-belkov-zirov-i-uglevodov.html> (дата обращения: 10.02.2025).
5. Все о витаминах и минералах. URL: <https://goo.su/fPkGnq> (дата обращения: 11.02.2025).
6. SMOTEENN. URL: <https://goo.su/zjznyCf> (дата обращения: 10.02.2025).
7. Adam. URL: <https://goo.su/nzewkE> (дата обращения: 10.02.2025).