

Сметанина О. Н. , Сазонова Е. Ю., Нагаева Д. З., Сазонов В. С.
Технологии инженерии знаний для задачи комплексной оценки
пищевого поведения

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы использования технологий инженерии знаний при решении задачи комплексной оценки пищевого поведения. Авторами приводится анализ предметной области, приведена постановка задачи комплексной оценки пищевого поведения и подход к ее решению. Комплексная оценка направлена на формирование выборки рекомендаций с учетом класса (тип личности). Классификация осуществляется на основе данных, собранных в результате прохождения человеком психологического теста СМИЛ (566 вопросов, 32 оценочных шкалы). Формализация знаний осуществляется с учетом знаний специалистов о продуктах, содержащих определенные гормоны для улучшения настроения на основе теста настроения, включающих 5 базовых эмоций; по улучшению качества пищевого поведения на основе результатов поведенческого текста, включающего 10 дополнительных вопросов; о продуктах, содержащих необходимые витамины, минералы и аминокислоты на основе теста на выявление питательных веществ. Полученные результаты легли в основу разработанного мобильного приложения BestBody для операционной системы Android.

Ключевые слова: технологии инженерии знаний, производственные правила, интеллект-карта, пищевое поведение, тест СМИЛ

Введение

Управление пищевым поведением человека содержит экспертные знания медицинской, социальной, психологических и других сфер. Пищевое поведение – это компоненты поведения человека, связанные с приемом пищи, к ним относятся вкусовые предпочтения, возникновение и реакция на чувство голода и насыщения, психологические особенности личности, влияющие на прием пищи и многое другое. Авторами рассмотрены факторы влияния пищевого поведения, ведущие к проблеме лишнего веса. Для России эта проблема стоит не менее остро – по статистике Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), каждый

четвертый житель нашей страны страдает от избыточного веса и болезней, связанных с этим [1]. Лишний вес и ожирение являются основными факторами риска развития целого ряда заболеваний, среди которых различного рода патологии, злокачественные новообразования, панкреатиты, гриппы и ОРВИ, кожные заболевания, неврозы и депрессии, психические заболевания разного рода, заболевания сосудов, рак, диабет, гипертония и многие другие.

Существует множество исследований связанных с проблемой лишнего веса, также необходимо отметить, что все больше развиваются информационные технологии для борьбы с данным недугом, это калькуляторы калорий, трекеры привычек, сервисы составления диет и анализа питания.

В данной статье приводятся результаты анализа проблемы пищевого поведения, постановка задачи комплексной оценки пищевого поведения и подход к ее решению с формализацией экспертных знаний.

Анализ проблемы пищевого поведения

Детальный анализ популярных сервисов (табл. 1) и приложений помог выявить одну тенденцию – нет учета психического и психологического состояния пользователя, а значит, нет возможности правильно подойти к формированию плана питания и анализу пищевого поведения пользователя в то время, как это является одним из самых важных факторов, как при наборе веса, так и при похудении.

Рассмотрим основные аспекты проблемы пищевого поведения (рис.1), а именно причины набора лишнего веса. К ряду причин набора лишнего веса относятся генетическая предрасположенность, заболевания, образ жизни, пищевые привычки, социальное окружение, неудовлетворительный сон и усталость, низкая физическая активность, неудовлетворенные потребности, стресс, неумение различать физическое и эмоциональное состояние, сексуальные проблемы. Приведенные выше причины можно разделить на 4 группы: причины, связанные со здоровьем – различного рода заболевания и нарушения (по статистике всего 25% случаев ожирения связаны с развитием заболевания в организме, остальные 75 связаны с причинами 2-4); причины, связанные с режимом питания и набором потребляемых продуктов; причины, связанные с отсутствием

физической нагрузки и малоподвижным образом жизни; психологические причины – переживания, стрессы, тревожность и др.

Таблица 1 – Анализ программных решений в области коррекции пищевого поведения

Фактор / Приложение	FatSecret (Mobile)	MyFitnessPal (Mobile)	YAZIO (Mobile)	LifeSum (Mobile)	Dine4Fit (Mobile)	Мой тренер по похудению (Mobile)	Похудеть без диеты (Mobile)	Идеальный вес (Mobile)	ДиетаОнлайн http://www.dietonline.ru/ (Web)	ЖИВИ ТВ www.jv.ru (Web)	Трекер веса и ИМТ by New Epicenter LLC (Desktop)	Weight Loser by Israa M. Jarrah (Desktop)	Как похудеть Elena Samsonenko (Desktop)
Расчет оптимального суточного количества БЖУ, ккал	✓	✓ платно	✓	✓	✓	✓	✓ платно	✓	✓	×	✓	×	×
Калькулятор калорий	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ платно	✓	✓	×	×	×	✓
Рекомендации и советы	×	✓	платно	платно	×	платно	✓	×	✓	✓	×	×	✓
Наличие списка продуктов и их пищевой ценности	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	×	×	×	✓
Планирование диеты, расчет рациона на определенный срок	×	×	✓	✓	×	×	✓ платно	×	✓	✓	×	✓	✓
Контроль приемов жидкости	×	✓	✓	✓	✓	✓ платно	✓ платно	×	×	×	×	×	×
Калькулятор ИМТ	×	×	×	✓	✓	×	✓ платно	✓	×	×	✓	×	×
Мотивация, виртуальные поощрения	×	×	×	×	×	✓	✓	×	✓	×	×	×	✓
Учет психического состояния, настроения	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Оценка пищевого поведения и привычек	×	×	×	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Анализ недостатка питательных веществ в рационе	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Количество скачиваний/пользователей	> 10 млн	> 50 млн	> 1 млн	> 5 млн	> 1 млн	> 10 млн	> 1 млн	> 1 млн	500 тыс	-	346	400	-
Цена за PRO-версию (при наличии)	0	41,19 Р - 2 990,00 Р	429,00 Р - 2 748,00 Р	199,00 Р - 3 336,00 Р	149,00 Р - 1 190,00 Р	119,00 Р - 1 890,00 Р	49,00 Р - 199,00 Р	70 Р за подписку	0	10 \$ в месяц	0	0	1,19\$

Следующими важными аспектами данной проблемы являются методы диагностики лишнего веса и определения нормальной массы тела. Диагностика наличия болезни ожирения преследует следующие цели: установление факта ожирения; определение степени и типа ожирения; установление причин ожирения; выявление патологических изменений внутренних органов и систем – вероятных причин и осложнений ожирения; разработка оптимальной тактики лечения ожирения. С этой целью проводится внешний осмотр, комплекс лабораторных и инструментальных исследований.

Еще одним аспектом, требующим рассмотрения, является оценка питания (рис. 1). В данном аспекте необходимо оценить питательные вещества, энергию и энергетическую ценность продуктов, суточную потребность человека в калориях.

Также необходимо рассмотреть методов борьбы с лишним весом. К таким методам можно отнести диетологические методы; повышение физической активности; лекарственные методы; физиотерапевтические методики; биологически активные добавки (БАД); низкокалорийные питательные смеси; хирургические методы; псевдонаучные методы коррекции веса; психологические методы.

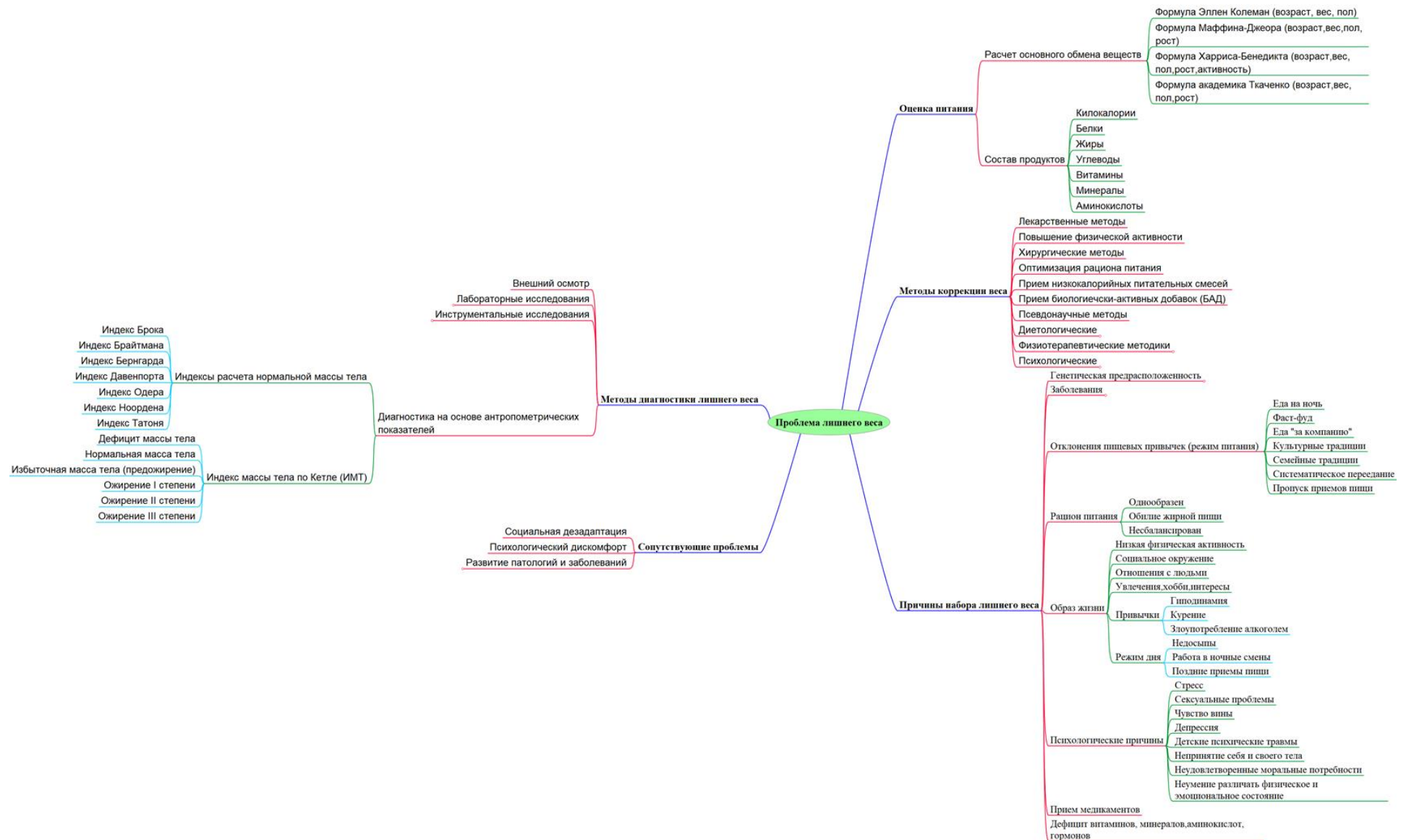


Рисунок 1 - Интеллектуальная карта аспектов проблемы набора лишнего веса

Задача комплексной оценки пищевого поведения и подход к ее решению

Входными данными (рис. 2) для комплексной оценки является базовая информация о пользователе (вес, рост, возраст, пол, степень активности), необходимая для первичной оценки наличия проблемы лишнего веса и расчета суточной нормы килокалорий, белков, жиров и углеводов, наборы вопросов для тестирования пользователя.

Выходными данными оценки является индивидуальный набор продуктов питания для пользователя, набор советов и рекомендаций для эффективной борьбы с проблемой, суточная норма потребления калорий, белков, жиров и углеводов, а также полное описание результатов тестов, которое может помочь пользователю лучше понять первопричины появления проблемы.



Рисунок 2 – Постановка задачи комплексной оценки пищевого поведения

Процесс оценки пищевого поведения и формирования рекомендаций личности включает ряд этапов (рис. 3). В первую очередь необходимо оценить наличие или отсутствие проблемы лишнего веса у пользователя с помощью анализа ИМТ и рассчитать оптимальное суточное количество килокалорий, белков, жиров и углеводов, необходимых человеку для эффективной борьбы с лишним весом. Эти расчеты производятся непосредственно при регистрации нового пользователя.

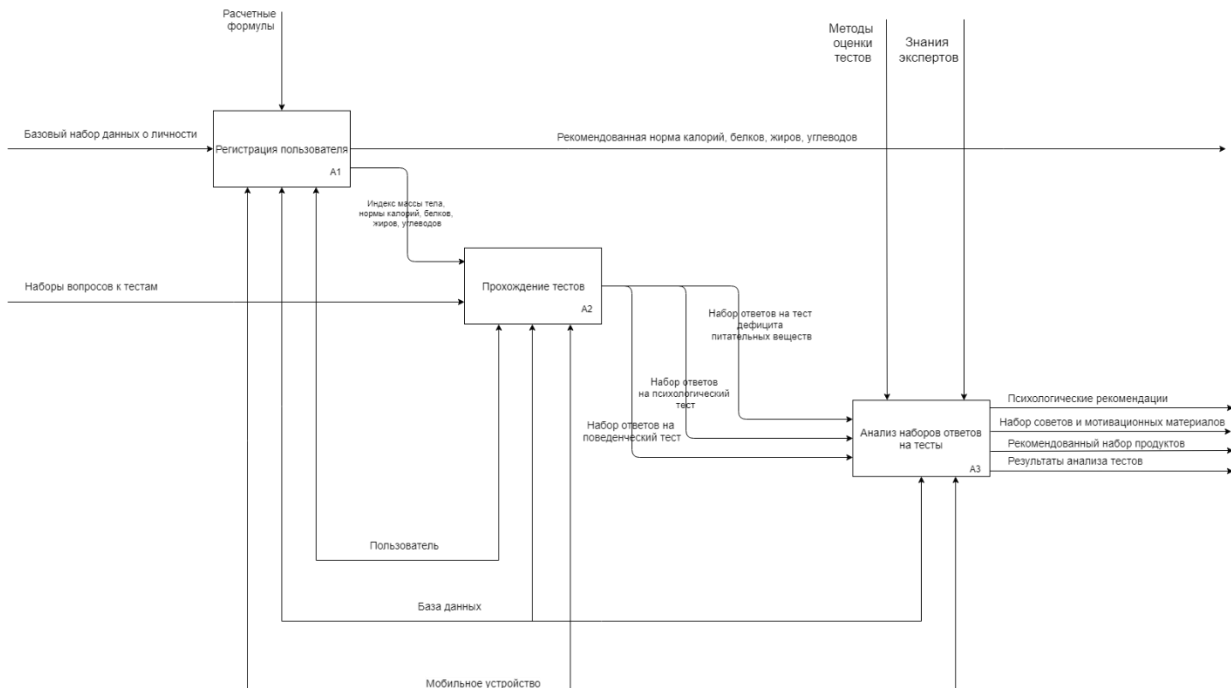


Рисунок 3 - Декомпозиция задачи комплексной оценки пищевого поведения

Далее необходимо протестировать пользователя и выявить причины, являющиеся существенными в формировании его пищевого поведения. Результатом психологического тестирования станет отнесение пользователя к одному из 8 типов личности, для которых уже сформирована основная мотивационных советов, рекомендаций и психологических методик, которые помогут пользователю эффективнее бороться с психологической составляющей проблемы.

Второй уровень тестирования – выявление недостатка витаминов, микроэлементов и аминокислот в организме и расчет оптимального набора продуктов питания с учетом полученных результатов, который поможет быстрее восполнить выявленный дефицит.

Третий уровень – определение проблем пищевого поведения, таких как неправильный режим питания, проблемы сна, наличие вредных привычек и т.д. и формирование дополнительных критериев выборки советов для пользователя.

Также важным фактором является определение текущего эмоционального состояния, настроения и предложение пользователю дополнительного набора продуктов питания, которые помогут улучшить эмоциональное состояние, а значит избавить пользователя от вероятности переедания и срывов на фоне стресса или тревоги.

Факторы, которые оцениваются при проведении комплексной оценки пищевого поведения, приведены на рисунке 4. Комплексная оценка включает формирование: выборки советов и рекомендаций по типу личности, которые определяются после прохождения психологического теста СМИЛ, состоящего из 566 вопросов, 32 оценочных шкал; выборки советов о продуктах содержащих определенные гормоны для улучшения настроения на основе теста настроения, включающих 5 базовых эмоций; выборки советов и рекомендаций для улучшения качества пищевого поведения на основе результатов поведенческого текста, включающего 10 дополнительных вопросов; выборки продуктов, содержащих необходимые витамины, минералы и аминокислоты на основе теста на выявления питательных веществ.



Рисунок 4 – Факторы влияния на комплексную оценку пищевого поведения

В конечном счете пользователь получает набор продуктов, советов и методик наиболее точно подходящий ему и с высокой долей вероятности способный эффективно бороться с лишним весом.

Таким образом, решение общей задачи состоит из следующих подзадач:

Подзадача 1. Оценка наличия лишнего веса.

Для определения нормы метаболизма (нормы килокалорий) была выбрана формула Харриса-Бенедикта [2], учитывающая максимальное число факторов личности и дающая оптимальный результат.

Суточная норма калорий (N) Харриса-Бенедикта рассчитывается по формуле (1)

$$N = AMR \times BMR, \quad (1)$$

где N – необходимая суточная норма калорий

AMR – активный метаболизм;

BMR – базальный метаболизм;

Формула расчета базального метаболизма для мужчин:

$$BMR = 66 + (13.8 \times weight) + (5 \times height) - (6.8 \times age) \quad (2)$$

Формула расчета базального метаболизма для женщин:

$$BMR = 655 + (9.5 \times weight) + (1.9 \times height) - (4.7 \times age), \quad (3)$$

где $weight$ – вес в килограммах;

$height$ – рост в сантиметрах;

age – возраст в годах.

Для определения активного метаболизма AMR необходимо использовать следующие варианты коэффициентов: сидячий образ жизни – 1.2; умеренная активность (легкие физические нагрузки либо занятия 1-3 раз в неделю) – 1.375; средняя активность (занятия 3-5 раз в неделю) – 1.55; активные люди (интенсивные нагрузки, занятия 6-7 раз в неделю) – 1.725; спортсмены и люди, выполняющие сходные нагрузки (6-7 раз в неделю) – 1.9.

Подзадача 2. Расчет оптимальной суточной нормы килокалорий, белков, жиров и углеводов.

В процентном соотношении суточная норма БЖУ для разных целей имеет разное процентное соотношение, так для набора массы соотношению выглядит следующим образом: углеводы – 40-60%, белки – 25-35%, жиры 15-25%; для поддержания веса: углеводы – 30-50%, белки – 25-35%, жиры 25-35%; для похудения – углеводы – 10-20%, белки – 40-50%, жиры 30-40%;

Так как в работе рассматривается вопрос снижения веса, то для вычисления суточной нормы БЖУ используется соотношение для похудения. Так как в 1 г белка и углеводов содержится по 4 ккал, а в 1 г жира – 9 ккал, то формулы расчета нормы потребления БЖУ будут выглядеть следующим образом:

$$P = \frac{N \times 0.5}{4} \quad (4)$$

$$F = \frac{N \times 0.3}{9} \quad (5)$$

$$C = \frac{N \times 0.2}{4}, \quad (6)$$

Где P – суточная норма потребления белка в граммах; F – суточная норма потребления жира в граммах; C – суточная норма потребления углеводов в граммах; N – необходимая суточная норма калорий, рассчитанная по формуле (1).

Подзадача 3. Трехуровневое тестирование пользователя и оценка настроения: психологическое тестирование; тестирование на определение недостатка витаминов, микроэлементов и питательных веществ в организме; тестирование на определение отклонений пищевого поведения (рис.4).

Авторами статьи на основе основных проблем личности, способствующих набору веса, было выделено 8 типов личности, каждый из которых выделяется из показателей группы шкал теста СМИЛ [3]. Типизация проводилась на основе работ психолога Л.М. Собчик и расшифровок анализа шкал [4, 5]. Фрагмент показателей шкал теста СМИЛ, соответствующие каждому из выявленных типов личности, а также описание типов личности представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Типы личности в соответствии со шкалами СМИЛ

Тип личности	Описание	Показатели шкал
Тип №1	Нормальная, гармоничная личность, не имеющая психологических проблем.	Шкала №1 – [0Т; 55Т] Шкала №2-3 – [50Т; 55Т] Шкала №4 – [0Т; 55Т] Шкала №6 – [45Т; 55Т] Шкала №7 < 55Т Шкала №8 < 60Т Шкала №9 < 95Т
Тип №2	Нормальная, адекватная личность, имеющая временные проблемы. Находится в состоянии временного стресса, депрессии, имеет проблемы в семье.	Шкала №2 > 65Т Шкала №51 > 55Т Шкалы №7 + №8 > 60Т (совместно)
...
Тип №8	Личность с неудовлетворенными потребностями	Шкала №4 ≥ 60Т Шкалы №9, №58, №88, №189 > 55Т

Так как 100% совпадение всех шкал в типах личности почти невозможно, было принято решение оценивать причастность тестируемого к тому или иному типу личности при попадании хотя в 70% (с округлением в большую сторону) рассматриваемых показателей.

Рассмотрим алгоритм определения типа личности на псевдокоде.

Дано: пусть T_i – рассчитанный показатель Т-баллов пользователя по шкале i ; X_i – сумма сырых баллов пользователя по шкале i ; M_i – значение медианы для шкалы i ; δ_i – значение среднеквадратичного отклонения для шкалы i ; W_j – сумма весов попадания T_i в диапазон заданных значений (табл. 2); N_j – норма значений веса для попадания в тип личности j (составляет 70% количества рассматриваемых шкал);

Алгоритм:

Для каждой шкалы i :

Рассчитать сумму «сырых» баллов X_i

Извлечь значение M_i

Извлечь значение δ_i

T_i = перевести «сырые» баллы в Т-баллы по формуле $T = 50 + \frac{10(X-M)}{\delta}$

Для каждого типа личности j :

ЕСЛИ T_i попадает в диапазон Т для j ТО увеличить вес W_j

Для каждого j элемента массива весов:

ЕСЛИ $W_j \geq N_j$ ТО тип_личности = j

Для каждого значения T_i

Сформировать строку выводов в соответствии с правилами вывода;

Конец алгоритма

Рассмотрим пример правил вывода для типа личности №8:

ЕСЛИ ($T_4 \geq 60$) ТО ($W_8 = W_8 + 1$)

ЕСЛИ ($T_9 > 55$) ТО ($W_8 = W_8 + 1$)

ЕСЛИ ($T_{88} > 55$) ТО ($W_8 = W_8 + 1$)

ЕСЛИ ($T_{189} > 55$) ТО ($W_8 = W_8 + 1$)

ЕСЛИ ($W_8 \geq 4$) ТО тип_личности №8

Фрагмент формирования строки выводов при анализе базовой шкалы №1:

ЕСЛИ ($T_4 < 45$) ТО *"Ваше внимание обращено в основном на окружение. Вы довольно открытый активный человек с высокими возможностями к адаптации";*

ЕСЛИ ($T_4 \geq 45$ И $T_4 \leq 47$) ТО *"Вы практически не задумываетесь над состоянием своего здоровья или организма в связи с отсутствием каких-либо серьезных поводов к сомнению в них. Незагруженность сознания анализом своего состояния способствует вашей высокой активности, открытости, уверенности и высокой адаптативности";*

ЕСЛИ ($T_4 \geq 48$ И $T_4 \leq 49$) ТО *"Вы не склонны к фиксации внимания на ощущениях в своем организме или к жалобам на свое неудовлетворительное физическое состояние".*

Рассмотрим также алгоритм тестирования на определение недостатка витаминов. Данный тест был разработан нами на основе материалов специализированной литературы [6-8], комплексного анализа симптоматики дефицита микроэлементов и состава продуктов. Тест состоит из 15 вопросов, каждый из которых имеет несколько вариантов ответов. В общей сложности тест охватывает 94 симптома нехватки микроэлементов в организме человека и рассматривает $A = 10$ аминокислот, $V = 21$ витамин и $M = 16$ минералов – полный набор микроэлементов. Каждому рассматриваемому микроэлементу соответствует набор возможных ответов, совпадение с которыми говорит о дефиците этого микроэлемента в организме.

Рассмотрим алгоритм определения дефицита микроэлементов на примере анализа недостатка аминокислот (для витаминов и минералов алгоритм аналогичен).

Дано: пусть i – номер вопроса теста, j – номер варианта ответа, k – номер рассматриваемого витамина, X_{ij} – элемент массива ответов на тест (1 – наличие симптома у тестируемого, 0 – отсутствие), W_k – количество симптомов, попадающих в ответ X_{ij} (вес дефицита витамина под номером k), N_k – норма значений веса для попадания в k (составляет 70% количества рассматриваемых

симптомов), $Vitamins[k]$ – элемент бинарного массива наличия/отсутствия дефицита витамина под номером k , где 1 – наличие дефицита, 0 – отсутствие.

Алгоритм определения дефицита витаминов:

Для каждого вопроса i :

1. Извлечь из БД строку ключей S
2. Разделить строку на k подстрок $-s_k$

Для каждой подстроки s_k :

1. Получить количество элементов в подстроке – L
2. Получить L элементов подстроки $-s_{k_L}$

Для n от 1 до L :

ЕСЛИ $X_{ij}=1$ **ТО** $W_{k=s_{k_L}}=W_{k=s_{k_L}}+1$

Для каждого витамина k :

ЕСЛИ $W_k \geq N_k$ **ТО** $Vitamins[k]=1$ – есть дефицит **ИНАЧЕ**
дефицита нет

Для каждого k :

Сформировать строку выводов в соответствии с правилами вывода:

ЕСЛИ $Vitamins[k]=1$ **ТО** вывести информацию о недостающем микроэлементе.

Подзадача 4. Формирование рациона питания, набора советов и рекомендаций. Решение данной подзадачи позволяет сформировать рацион питания, набор советов и рекомендаций для похудения на основе полученных результатов в подзадачах 1-3.

Авторами было реализовано приложение BestBody, которое включает следующие алгоритмы: психологическое тестирование пользователя, тестирование на выявление недостатка питательных веществ; тестирование на определение поведенческих факторов; формирование выборки из БД на основе типа личности пользователя; формирование рациона питания на основе результатов тестирования; анализ результатов тестирования. Для разработки программного продукта были использованы: СУБД: SQLite; среда разработки БД:

SQLiteBrowser 3.1, язык программирования: Java, среда разработки клиентской части: AndroidStudio 3.1. Фрагмент приложения представлен на рисунке 5.

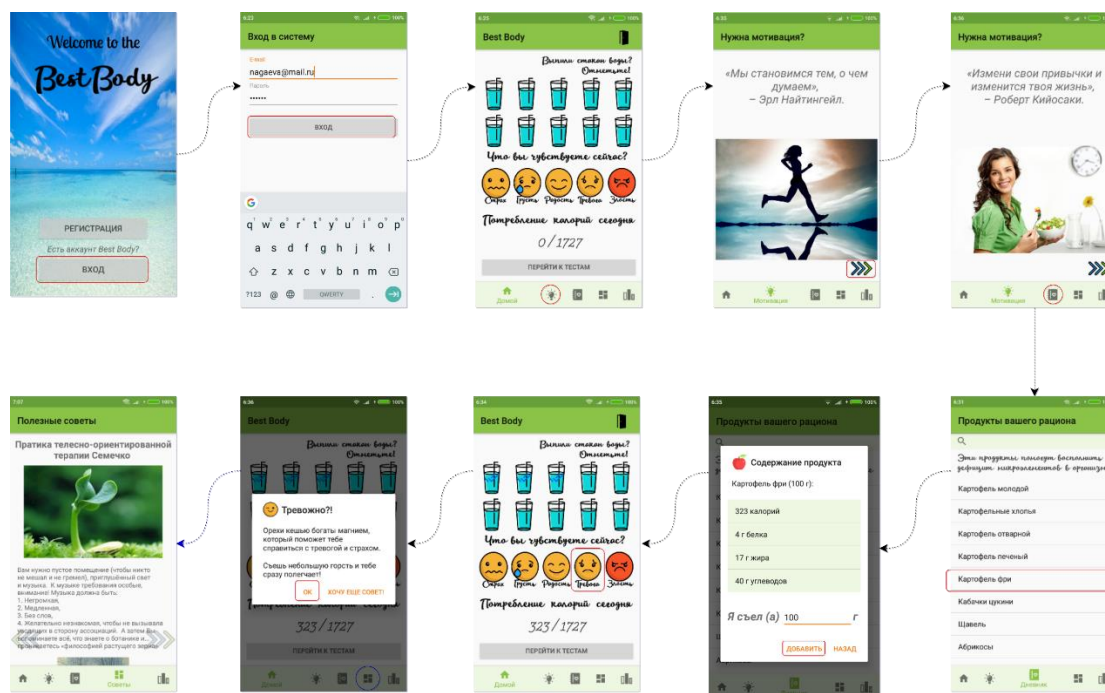


Рисунок 5 – Фрагмент сценария работы приложения BestBody

Заключение

В статье вопросы использования технологий инженерии знаний при решении задачи комплексной оценки пищевого поведения, отражены основные аспекты проблемы лишнего веса, а именно, причины набора лишнего веса, сопутствующие проблемы, методы диагностики лишнего веса, методы коррекции веса, оценка питания. Приведена постановка задачи комплексной оценки пищевого поведения личности, включающая в себя психологическое тестирование, поведенческое тестирование и тестирование на оценку дефицита в организме минералов, витаминов и аминокислот, классификацию личности, подход к решению задачи. Авторами также разработано приложение BestBody, в основу которого легли полученные результаты решения задачи комплексной оценки пищевого поведения.

Результаты исследований, приведенные в статье, получены в рамках выполнения грантов РФФИ 19-07-00709. Результаты исследований, связанные

применением технологий инженерии знаний частично получены в рамках выполнения государственного задания № FEUE-2020-0007.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всемирная Организация Здравоохранения [электронный ресурс] URL: <http://www.who.int/> (дата обращения: 30.11.2020).
2. Формула Харриса-Бенедикта для расчета скорости метаболизма [электронный ресурс] URL: http://cosmetic.ua/formula_harrisa_benedikta_dlya_rascheta_skorosti_metabolizma (дата обращения: 30.11.2020).
3. Тест ММПИ(СМИЛ) [электронный ресурс] URL: <http://www.5da.ru/analizsmil.html> (дата обращения: 30.11.2020)
4. Собчик Л. Н. Стандартизированный многофакторный метод исследования личности СМЛ. – СПб.: Речь, 2000. – 219 с.
5. Собчик Л. Н. Стандартизированный многофакторный метод исследования личности СМЛ (ММПИ) Практическое руководство. — М.: Речь, 2007. — 224 с.
6. Бройнинг Л.Г. Гормоны счастья. Как приучить мозг вырабатывать серотонин, дофамин, эндорфин и окситоцин. — Москва.: Манн, Иванов и Фербер, 2016.— 320 с.
7. Скальный А. Микроэлементы. Бодрость, здоровье, долголетие. — Эксмо, 2011, 288 с.
8. Скальный А. Микроэлементы для вашего здоровья. — Оникс 21 век, 2004, 322 с.
9. Филиппов И. Жир на кушетке. Взгляд психоаналитически ориентированного терапевта на проблему ожирения. — СПб.: БХВ Петербург, 2013. — 168 с.
10. Колеман Э. Питание для выносливости. — Мурманск.: Тулома, 2005. — 192 с.

Об авторах

Сметанина О. Н. – д.т.н., доцент, профессор кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета

Сазонова Е. Ю. - к.т.н., доцент, доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета

Нагаева Д. З. – специалист по автоматизации онлайн-школ

Сазонов В. С. – инструктор тренажерного зала фитнес-центра Zorge