

# Оценка и мониторинг эффективности популяционных мер профилактики заболеваний

Суворова Е.И.<sup>1</sup>, Концевая А.В.<sup>2</sup>, Рыжов А.П.<sup>3</sup>, Сапунова И.Д.<sup>4</sup>,  
Мырзаматова А.О.<sup>5</sup>, Муканеева Д.К.<sup>6</sup>, Худяков М.Б.<sup>7</sup>,  
Драпкина О.М.<sup>8</sup>

---

<sup>1</sup> *Суворова Евгения Игоревна* — младший научный сотрудник отдела укрепления общественного здоровья ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» МЗ РФ, e-mail: evgen-k@yandex.ru.

<sup>2</sup> *Концевая Анна Васильевна* — доктор медицинских наук, заместитель директора по научной и аналитической работе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» МЗ РФ, e-mail: akontsevaaya@gnicpm.ru.

<sup>3</sup> *Рыжов Александр Павлович* — доктор технических наук, профессор МГУ имени М.В. Ломоносова механико-математический факультет кафедра математической теории интеллектуальных систем, e-mail: ruyov@mail.ru.

<sup>4</sup> *Сапунова Ирина Дмитриевна* — кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела укрепления общественного здоровья ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» МЗ РФ, e-mail: 05121979-79@mail.ru.

<sup>5</sup> *Мырзаматова Азалия Орозбековна* — кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела укрепления общественного здоровья ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» МЗ РФ, e-mail: amyrzamatova@gnicpm.ru.

<sup>6</sup> *Муканеева Динара Кямилловна* — младший научный сотрудник отдела укрепления общественного здоровья ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» МЗ РФ, e-mail: dmukaneeva@gnicpm.ru.

<sup>7</sup> *Худяков Михаил Борисович* — ведущий инженер отдела укрепления общественного здоровья ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» МЗ РФ, e-mail: mkhudyakov@gnicpm.ru.

<sup>8</sup> *Драпкина Оксана Михайловна* — профессор, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» МЗ РФ, e-mail: odrapkina@gnicpm.ru.

Принятие эффективных управленческих решений в сфере охраны здоровья и профилактики заболеваний позволяет повысить продолжительность и качество жизни. Процесс принятия таких решений происходит в условиях ограниченной полноты и достоверности доступной информации и имеет существенную экспертную составляющую. В работе представлен один из подходов, позволяющих принимать обоснованные решения в области профилактической медицины.

**Ключевые слова:** профилактическая медицина, оценка и мониторинг процессов, гибридных интеллект.

## 1. Введение

Продолжительность и качество жизни является интегральным показателем здоровья популяции и одним из важных критериев оценки качества управления на уровне государств, регионов, муниципальных образований. Этот показатель зависит от множества параметров, как контролируемых (например, потребление алкоголя) так и не контролируемых (например, стихийные бедствия). Некоторыми контролируруемыми параметрами можно управлять, однако зависимости, описывающие влияние конкретного параметра на целевой показатель, носят качественный характер; влияние конкретного параметра зависит от состояния других параметров, которые могут как усиливать, так и ослаблять влияние выбранного. Все это не позволяет описать функционирование системы в виде непрерывных или дискретных моделей. Отметим, что подобные попытки предпринимались в рамках популяционной динамики, начиная с работ Т. Мальтуса (Thomas Robert Malthus, 1766-1834) и П. Ферхюльста (Pierre François Verhulst, 1804 - 1848) и заканчивая современными многоагентными системами (см., например, [14]). Надежных и работоспособных моделей, позволяющих понимать какие и параметры и как влияют на продолжительность жизни в конкретной популяции, так и не появилось. Это связано с рядом причин, к основным из которых можно отнести:

- фрагментарность доступных данных: проведение замеров значений большинства параметров, имеющих отношение к продолжительности жизни, является дорогостоящей процедурой, поэтому они проводятся редко и не по всей популяции; полученные же данные считаются справедливыми для всей популяции, что является достаточно спорным;

- наличие большого числа косвенных параметров, влияние которых на целевой показатель до конца не изучено, носит опосредованный характер через серию агрегированных параметров, взаимовлияние которых при агрегации также не изучено в достаточной для разработки моделей степени;
- значительные изменения в глобальной экономике (например, увеличение транспортных потоков товаров и людей, приводящее к быстрому распространению инфекций типа COVID 19) и образе жизни (например, повседневное использование гаджетов и продуктов быстрого питания) оказывают существенное влияние даже на известные зависимости.

Целью настоящей работы является описание нового подхода к прогнозированию эффективности популяционных мер профилактики на основе человеко-машинной технологии оценки и мониторинга сложных процессов. Системы оценки и мониторинга (СОиМ) позволяют обрабатывать ненадежную, фрагментарную, нечетко представленную информацию и получать максимально надежные для такого качества информации выводы.

Дальнейшее содержание работы организовано следующим образом. В разделе 2 приведен обзор существующих результатов моделирования эффективности популяционных мер профилактики, в разделе 3 представлен краткий обзор технологии оценки и мониторинга, в разделе 4 описан разработанный прототип модели и обсуждаются перспективы его развития и использования, в заключении подведены итоги проведенного исследования.

## **2. О моделировании эффективности популяционных мер профилактики**

Моделирование – общепринятый подход построения прогноза состояния здоровья популяции для оценки влияния тех или иных профилактических мер или программ в средне- и долгосрочной перспективе. Кроме того, это распространенный подход к прогнозированию не только здоровья популяции, но и социально-экономического бремени болезней, что является важным аргументом при принятии решений в сфере укрепления здоровья [1].

Популяционное моделирование необходимо для планирования стратегий профилактики с учетом экономической целесообразности их внедрения. Существует ряд публикаций с результатами моделирования эффективности популяционных мер профилактики. Например, в Великобритании показана возможность экономии 100 млн. фунтов в системе здравоохранения за счет значительного сокращения заболеваемости и смертности при полной элиминации промышленных транс-жиров из продуктов питания [2]. Тем временем, в модели Thow A.M. и др. спрогнозировано снижение смертности от ишемической болезни сердца (ИБС) на 1,8-2,6% при повышении налога на добавленную стоимость на основные источники насыщенных жиров [3]. В США по результатам моделирования показано, что субсидия в размере 10%, направленная на снижение стоимости овощей и фруктов, может предотвратить 150500 смертей от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) [4]. Mozaffarian и др. предложили сценарий субсидирования за счет использования дохода в размере 580 млн. долларов от налогообложения менее полезных продуктов питания, что вероятно приведет к предотвращению около 6000 случаев смерти от ССЗ и онкологических заболеваний ежегодно [5].

Однако, зарубежные модели не всегда могут быть применимы в России, а их адаптация ассоциирована с очень большим количеством допущений, что снижает их прогностическую ценность. В РФ также неоднократно обсуждались аспекты моделирования социально-экономического эффекта популяционных мер для принятия управленческих решений в области профилактики хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ), однако, в настоящий момент публикаций с результатами такого моделирования нет [1].

Таким образом, в настоящее время существует необходимость разработки модели популяционной профилактики поведенческих факторов риска ХНИЗ с учетом национальной специфики и доступности данных, которая бы обладала максимально возможной точностью для российской популяции.

### **3. О системах оценки и мониторинга сложных процессов**

Системы оценки и мониторинга сложных процессов - специализированные человеко-компьютерные интеллектуальные информационные системы, предназначенные для оценки состояния некоторого процесса на

базе фрагментарной, ненадежной, возможно недостоверной и противоречивой информации о нем и моделирования возможных сценариев его развития. Системы оценки и мониторинга возникли в начале 90-х годов и достаточно широко представлены в научной литературе. В качестве обзорной работы можно порекомендовать [15], детали представлены в [16]. Основными научными проблемами разработки таких систем являются:

- Проблема 1 (Perception-modelling): как человек описывает объекты? Можем мы описывать объекты наиболее надежным и эффективным для последующей обработки образом?
- Проблема 2 (Perception-based computing): как мы обрабатываем perception-based описания (например, ищем или обобщаем)? Можем мы оптимизировать такие вычисления?
- Проблема 3 (Aggregation of perception-based data): как происходит агрегирование оценок в нечетких иерархических динамических системах, минимизирующее противоречивость модели процесса в системах оценки и мониторинга?

Эти проблемы обсуждаются в упомянутых выше работах. Детали представлены в работах [17] (Проблема 1), [18] (Проблема 2) и [19] (Проблема 3). Учитывая доступность перечисленных работ, мы позволим себе не останавливаться на них. Отметим лишь, что системы оценки и мониторинга эффективны, когда нет (нельзя построить) математической модели процесса в виде уравнений, автоматов, и т.п. Разработка таких систем возможна, когда можно построить «семантическую модель» процесса в виде набора понятий и их взаимосвязей (рис. 1), и когда поступает и анализируется реальная информация (возможно обучение или настройка). Возможна разработка оптимальных систем с точки зрения удобства ввода информации аналитиком, согласованности мнений аналитиков, информационного обеспечения ввода информации, и моделирования.

На основе описанных методов разработаны системы оценки и мониторинга процессов создания странами специальных видов технологий и материалов в интересах управления гарантией Международного Агентства по Атомной Энергии [20], риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [21], разработки изделий микроэлектроники (оценка технологических стартапов) в интересах компании Cadence Design Systems [22]. Воз-

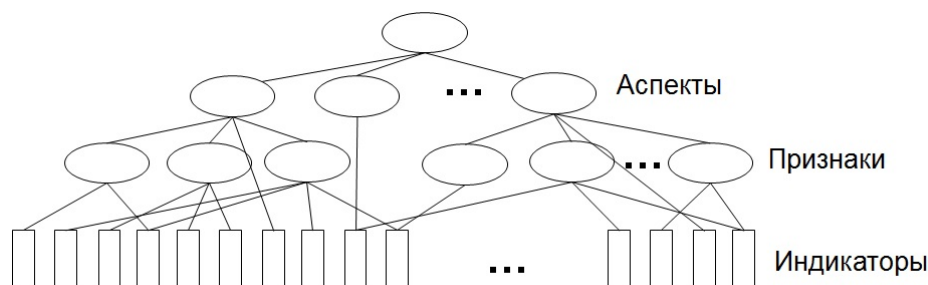


Рис. 1. Структура модели процесса.

возможности применения подобных систем в оценке и мониторинге кризисных ситуаций и в стратегическом управлении компаниями описаны в [23] и [24] соответственно. Уникальные аналитические возможности систем оценки и мониторинга обсуждаются в [15] и суммированы на рис. 2. Текущий уровень почти всех компаний – OLAP аналитика; лишь немногие компании используют Big Data аналитику; аналитические инструменты систем оценки и мониторинга используются в единичных международных и правительственных организациях, а также в крупном международном высокотехнологическом бизнесе. Использование аналитических возможностей систем оценки и мониторинга – это естественный эволюционный этап развития аналитических инструментов.

#### 4. Прототип модели эффективности популяционных мер профилактики на основе СОиМ

Как было отмечено выше (раздел 3), разработка систем оценки и мониторинга возможна, когда можно построить «семантическую модель» процесса в виде набора понятий и их взаимосвязей (рис. 1). Разработка прототипа такой модели была проведена коллективом авторов.

Разработка включала в себя следующие этапы:

- 1) Выбор основных групп ХНИЗ с высокой заболеваемостью и смертностью в РФ
- 2) Выбор поведенческих факторов риска, ассоциированных с основными ХНИЗ

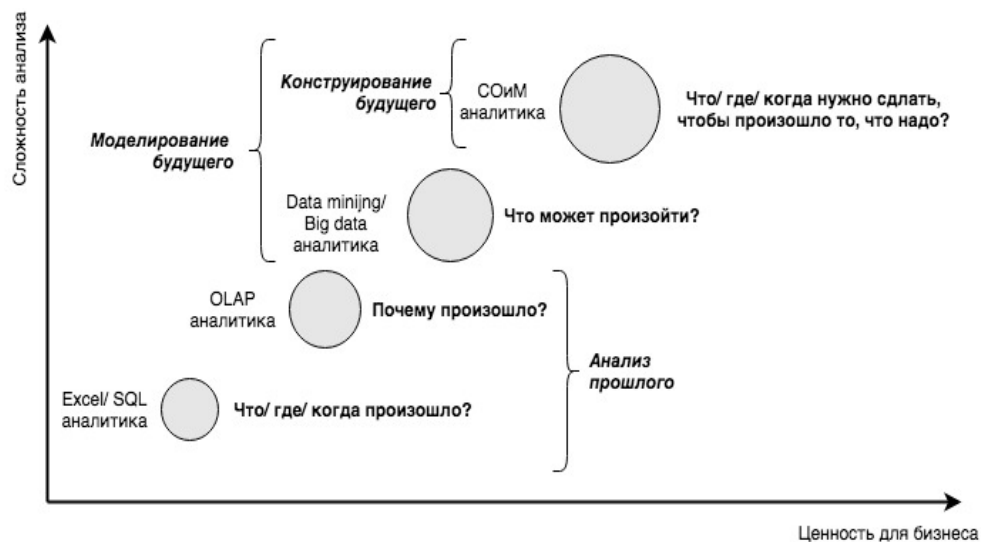


Рис. 2. Эволюция аналитических инструментов.

- 3) Поиск мер популяционной профилактики, влияющих на распространенность поведенческих факторов риска
- 4) Анализ степени внедрения/возможности внедрения мер популяционной профилактики, влияющих на распространенность поведенческих факторов риска и отбор мер для моделирования

На первом этапе были отобраны основные ХНИЗ, ассоциированные с высокой заболеваемостью и смертностью в РФ, в отношении которых есть эффективные меры профилактики. К таким ХНИЗ как во всем мире, так и в РФ, относятся сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), рак, сахарный диабет (СД), хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), которые также ассоциированы со значительным экономическим ущербом [6].

На следующем этапе на основе анализа литературы были отобраны факторы, ассоциированные с увеличением риска развития данных ХНИЗ, т.е. факторов, которые определяют количественные изменения эпидемиологических и демографических показателей в популяции, создана гипотеза в отношении возможных причин изменения поведения кривой распространенности, заболеваемости и смертности в РФ. Отбор факторов проведен и описан ранее [7]. К таким факторам отнесли куре-

ние, избыточное потребление алкоголя, элементы нерационального питания и низкую физическую активность. В процессе анализа поведенческих факторов риска, онкологические заболевания были сокращены до 10 локализаций, в отношении которых существуют доказательные данные их ассоциации с поведенческими факторами риска. Отбор мер популяционной профилактики производился на основании анализа литературы и экспертным путем: эксперты предполагали перечень категорий профилактических мер, которые, по данным литературы, оказывают влияние на изучаемые ФР ХНИЗ и имеют потенциал внедрения в РФ.

В рамках отобранных категорий мер был проведен аналитический обзор исследований по оценке эффективности реализации мер популяционной профилактики, направленных на коррекцию изучаемых поведенческих факторов риска (курение, потребление алкоголя, нерациональное питание) основных ХНИЗ с целью выделения мер с доказанной эффективностью, в том числе рекомендованных ВОЗ, с потенциалом внедрения в РФ. На этом этапе был исключен такой фактор риска как физическая активность, в связи с дефицитом исследований эффективности мер популяционной профилактики.

В результате проведения обзора был накоплен достаточно большой объем научных знаний об эффективности популяционных мер профилактики в разных странах, однако, полученная из различных источников информация была фрагментарной, разноуровневой и с разной степенью надежности, что существенно усложняло процесс построения модели и полностью исключало возможность применения таких математических инструментов как статистические методы моделирования.

В результате выполнения этапов 1 – 4 получилась модель, структурная (или декларативная в терминах представления знаний) часть которой представлена на рис. 3. Фрагмент модели, отражающий ее структуру и достаточный для ее понимания и анализа, представлен на рис. 4.

Поведенческая (или процедуральная) часть модели состоит из набора правил, приписанных каждому узлу модели. Часть правил формулируется напрямую из результатов исследований (например, «Полный запрет на рекламу в Интернет приводит к снижению потребления алкоголя на 16%»), часть правил формируется как результат обработки данных известных исследований (например, известно, что (1) «Снижение цен на 1% приводит к увеличению потребления овощей и фруктов на 1%» и (2) «Снижение цен на 10% приводит к увеличению потребления овощей и фруктов на 15%», формулируется общее правило «Снижение цен на



$x\%$  приводит к увеличению потребления овощей и фруктов на  $\frac{14x-5}{9}\%$ ; используемая гипотеза о линейной зависимости снижения цен и увеличения потребления для овощей и фруктов согласуется с экспертами).

Имея такую модель и оценки стоимости мер профилактики (субсидии, снижение цен, реклама, маркировка, запреты и пр.), а также известные затраты на лечение ХНИЗ и потери от преждевременной смертности, становится возможным оценивать эффективность различных мер профилактики и/или их комбинаций в терминах снижения бюджетных затрат на лечение и потерь от смертности или в терминах снижения ХНИЗ. Такой сценарий использования системы (изменить значение меры профилактики и вычислить изменение целевого параметра) называется прямой задачей. Возможно также решение более сложных и интересных для практики обратных задач.

Обратная задача позволяет оптимизировать бюджет на достижение определённого уровня целевого параметра. Если задан бюджет, и мы знаем стоимость изменения состояния меры профилактики, то возможно нахождение тех мер, изменение которых находится в рамках заданного бюджета и даёт максимальной эффект повышения целевого параметра модели. Формализовать такую постановку можно следующим образом. Пусть модель содержит  $N$  мер профилактики  $\{a_1, \dots, a_N\}$ , и целевой параметр  $g$  (это может быть корневой узел модели - ХНИЗ в целом, элемент второго уровня модели - конкретное ХНИЗ, или фактор риска). К  $i$ -й мере приписано  $m_i$  значений:  $a_i = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{m_i}\} (i = 1, \dots, N)$ . Пусть задано:  $X$  - бюджет,  $c_i$  - стоимость изменения состояния  $i$ -й меры (перевода ее из состояния  $a_i^k$  в состояние  $a_i^{k+1}$  ( $k = 1, \dots, m_i - 1$ )); будем для простоты записи считать такую стоимость одинаковой для всех  $k$ ). Обозначим через  $\Delta g$  силу изменения целевого параметра  $g$ .

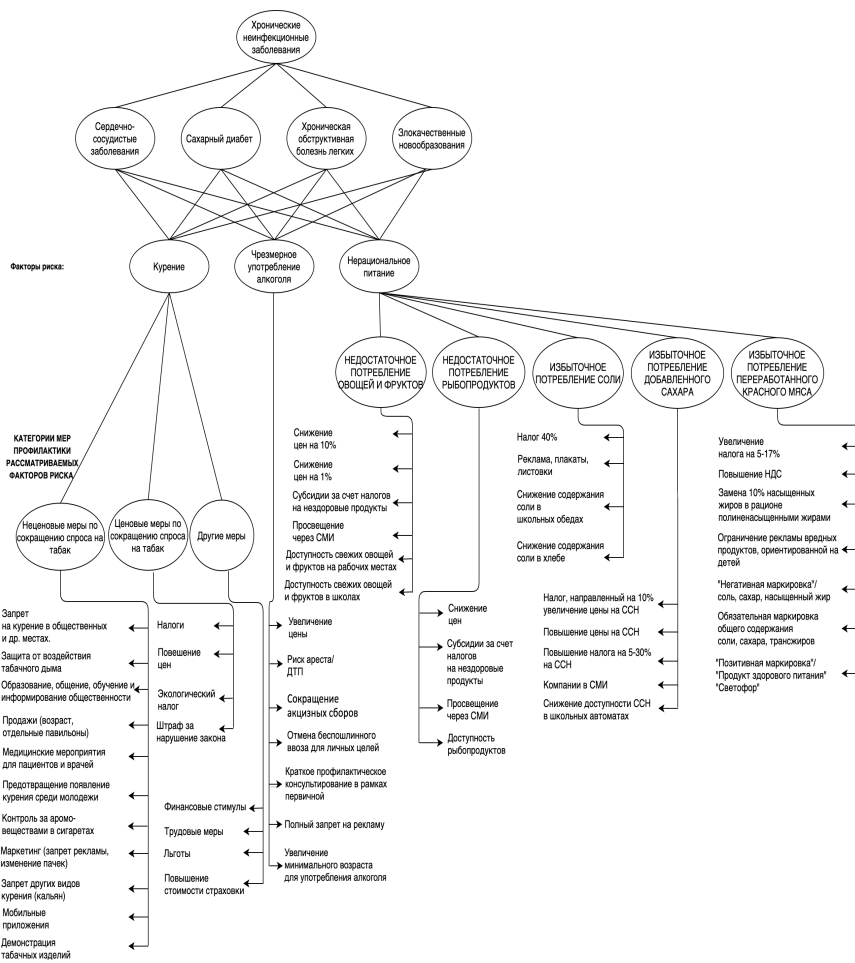


Рис. 3. Структура прототипа модели.

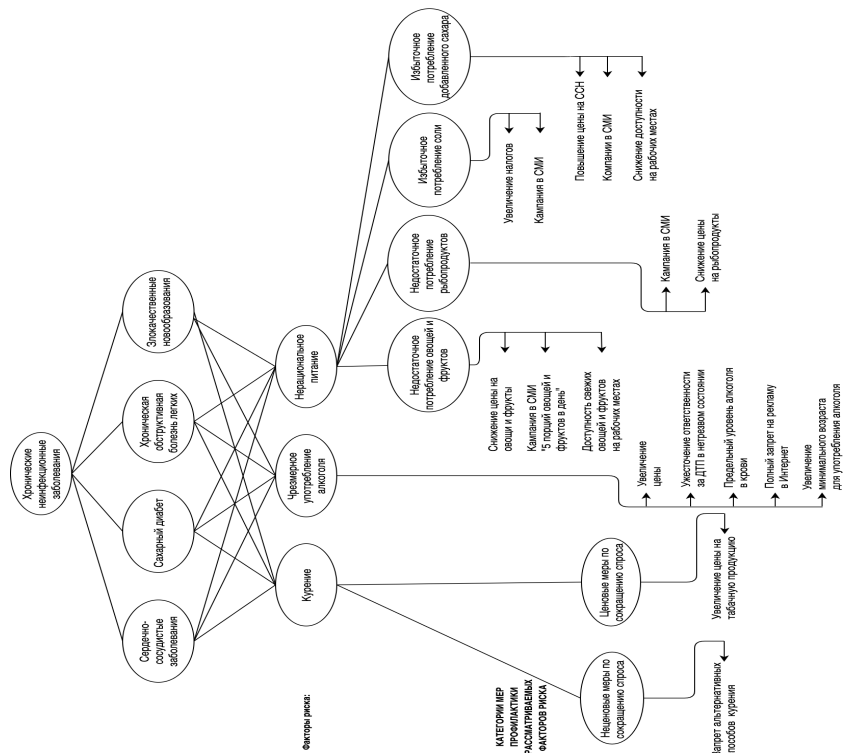


Рис. 4. Фрагмент структуры прототипа модели.

**Задача 1** Найти множество мер  $\{a_{i_1}, \dots, a_{i_n}\} : \Delta g \rightarrow \max, \sum_{j=1}^n c_j \leq X (n \leq N)$ .

Это задача нахождения максимального эффекта в рамках заданного бюджета.

При заданных условиях возможно и решение сопряжённой задачи:

**Задача 2** Найти множество мер  $\{a_{i_1}, \dots, a_{i_n}\} : \sum_{j=1}^n c_j \rightarrow \min, \Delta g \geq q (n \leq N)$ .

Это задача нахождения минимального бюджета, позволяющего достичь необходимого эффекта.

Отметим, что как соотношение различных ХНИЗ, так и стоимость мер профилактики могут различаться в разных регионах. Это означает,

что оптимальный для некоторого региона набор мер профилактики может не являться таковым для других регионов. Последнее означает, что разрабатываемая система может быть использована для оптимизации эффективности бюджетных расходов в части здравоохранения в регионах, городах и всех других органах власти – владельцев бюджетов.

## 5. Заключение

Принятие эффективных управленческих решений в сфере охраны здоровья является важной задачей, так как позволяет повысить продолжительность и качество жизни. В настоящее время такие решения принимаются специалистами без применения средств моделирования; свойства доступной информации таковы, что построение классических математических моделей (как непрерывных, так и дискретных) затруднено.

В работе описывается прототип модели на основе человеко-машинной технологии оценки и мониторинга сложных процессов, позволяющей совместно обрабатывать разнородную, фрагментарную, плохо измеримую информацию по проблеме. Разработка системы на основе такой модели позволит оценивать эффективность различных мер профилактики и/или их комбинаций в терминах снижения бюджетных затрат на лечение и потерь от смертности или в терминах снижения ХНИЗ. Возможность решения обратных задач позволяет находить такой набор профилактических мер, который дает максимальный эффект сокращения ХНИЗ в рамках заданного бюджета и/или такой набор профилактических мер, который обеспечивает заданный эффект сокращения ХНИЗ в рамках минимального возможного бюджета. Решение перечисленных задач позволит максимально эффективно расходовать бюджеты различных уровней в части здравоохранения.

## Список литературы

- [1] A.V. Kontsevaya, S.A. Shalnova, E.I. Suvorova et al., “The Prediction Model of Cardiovascular Events Among the Russian Population: Methodological Aspects”, *Kardiologiya*, **12** (2016), 54–62; русский перевод: А.В. Концевая, С.А.Шальнова, Е.И. Суворова и др., “Модель прогнозирования сердечно-сосудистых событий в российской популяции: методологические аспекты”, *Кардиология*, **12**, 2016, 54–62 <https://doi.org/10.18565/cardio.2016.12.54-62>.
- [2] Pearson-Stuttard J., Hooton W., Critchley J., et al., “Cost-effectiveness analysis of eliminating industrial and all trans fats in England and

- Wales: modelling study”, *Public Health (Oxf)*, **39**:3 (2017), 574–582 <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdw095>.
- [3] Thow A.M., Jan S., Leeder S., Swinburn B., “The effect of fiscal policy on diet, obesity and chronic disease: a systematic review”, *Bull World Health Organ*, **88** (2010), 609–614.
- [4] Pearson-Stuttard J., Bandosz P., Rehm C.D., et al., “Reducing US cardiovascular disease burden and disparities through national and targeted dietary policies: A modelling study”, *PLoS Med*, **14**:6 (2017).
- [5] Mozaffarian D., Afshin A., Benowitz N.L., et al., “Population approaches to improve diet, physical activity, and smoking habits: a scientific statement from the American Heart Association”, *Circulation*, **126** (2012), 1514–1563.
- [6] Bloom D.E., Cafiero E.T., Jane-Lopis E., Abrahams-Gessel S., Bloom L.R., Fathima S., Feigl A.B., Gaziano T., Mowafi M., Pandya A., Prettnner K., Rosenberg L., Seligman B., Stein A., Weinstein C., “The Global Economic Burden of Non-communicable Diseases”, *Geneva 2011: World Economic Forum*, [http://www.weforum.org/docs/WEF\\_Harvard\\_HE\\_GlobalEconomicBurdenNonCommunicableDiseases\\_2011.pdf](http://www.weforum.org/docs/WEF_Harvard_HE_GlobalEconomicBurdenNonCommunicableDiseases_2011.pdf).
- [7] Мырзаматова А.О., Концевая А.В., Баланова Ю.А., Муканеева Д.К., “Аналитический обзор ассоциации поведенческих факторов риска с хроническими неинфекционными заболеваниями”, *Профилактическая медицина*, **22**:5 (2019), 117–123.
- [8] Chen Yang, Henry Ambayo, Bernard De Baets et al., “An Ontology to Standardize Research Output of Nutritional Epidemiology: From Paper-Based Standards to Linked Content”, *Nutrients*, **11** (2019), 1300 <https://doi.org/10.3390/nu11061300>.
- [9] Vitali F., Lombardo R., Rivero D. et al., “ONS: an ontology for a standardized description of interventions and observational studies in nutrition”, *Genes Nutr*, **13** (2018), 12 <https://doi.org/10.1186/s12263-018-0601-y>.
- [10] Michie S., Thomas J., Johnston M. et al., “The Human Behaviour-Change Project:harnessing the power of artificial intelligence and machine learning for evidence synthesis and interpretation”, *Implement Sci*, **12**:1 (2017), 121 <https://doi.org/10.1186/s13012-017-0641-5>.
- [11] Norris E., Finnerty A.N., Hastings J., Stokes G., Michie S., “A scoping review of ontologies related to human behaviour change”, *Nat Hum Behav*, **3**:2 (2019), 164–172 <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0511-4>.
- [12] Riaño D., Real F., López-Vallverdú J.A. et al., “An ontology-based personalization of health-care knowledge to supportclinical decisions for chronically ill patients”, *J Biomed Inform*, **45**:3 (2012), 429–460 <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2011.12.008>.
- [13] S.A. Boytsov, S.A. Shalnova, A.V. Kontsevaya, A.D. Deev, Yu.A. Balanova, A.V. Kapustina, “Trends in simulated 10-year mortality rates and the evaluation of the socioeconomic efficiency of different scenarios of prevention”, *The Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health*, **19**:3 (2016), 12–18; русский перевод:Бойцов С.А., Шальнова С.А., Концевая А.В., Деев А.Д., Баланова Ю.А., Капустина А.В., “Динамика моделированной 10-летней смертности и оценка социально-экономической эффективности

- различных сценариев профилактики”, *Профилактическая медицина*, **19:3** (2016), 12–18 <https://doi.org/10.17116/profmed201619312-18>.
- [14] Селяков И.С., “Определение структуры многоагентной системы для моделирования популяции животных”, *Труды СПИИРАН*, т. 4, 2017, 437–444 <https://doi.org/10.15622/sp.4.33>.
- [15] Рыжов А.П., “Математические задачи систем оценки и мониторинга сложных процессов. Обзор постановок и результатов”, *Интеллектуальные системы*. Т. 19, Вып. 1, 2015, 5–20.
- [16] Рыжов А.П., “Информационный мониторинг сложных процессов: технологические и математические основы”, *Интеллектуальные системы*, Том 11, вып. 1-4, 2008, 101–136.
- [17] Рыжов А.П., “Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости”, Москва, Диалог-МГУ, 1998, 116, <http://www.intsys.msu.ru/staff/ryzhov/FuzzySetsTheoryApplications.html>.
- [18] Рыжов А.П., “Модели поиска информации в нечеткой среде”, Москва, Издательство Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2004, 96, <http://www.intsys.msu.ru/staff/ryzhov/FuzzyRetrieval2010.html>.
- [19] Рыжов А.П., “Об агрегировании информации в нечетких иерархических системах”, *Интеллектуальные системы*, Том 6, Вып. 1-4, 2001, 341–364, [http://www.intsys.msu.ru/magazine/archive/v6\(1-4\)/ryzhov.pdf](http://www.intsys.msu.ru/magazine/archive/v6(1-4)/ryzhov.pdf).
- [20] Ryjov, A., Belenki, A., Hooper, R., Pouchkarev, V., Fattah, A. and Zadeh, L.A., “Development of an Intelligent System for Monitoring and Evaluation of Peaceful Nuclear Activities (DISNA)”, *IAEA, STR-310, Vienna*, 1998, 122.
- [21] Ахмеджанов Н.М., Жукоцкий А.В., Кудрявцев В.Б., Оганов Р.Г., Расторгуев В.В., Рыжов А.П., Строгалов А.С., “Информационный мониторинг в задаче прогнозирования риска развития сердечно-сосудистых заболеваний”, *Интеллектуальные системы*, Т.7, вып. 1-4, 2003, 5–38.
- [22] Лебедев А.А., Рыжов А.П., “Оценка и мониторинг проектов разработки высокотехнологических изделий микроэлектроники”, *Известия ТРТУ, Тематический выпуск "Интеллектуальные САПР ISBN 5-8327-0249-2*, **8** (2006), 93–99.
- [23] Ryjov A., “Basic principles and foundations of information monitoring systems. In: Monitoring, Security, and Rescue Techniques in Multi-Agent Systems”, *Springer. 3-540-23245-1, ISSN 16-15-3871*, 2005, 147–160.
- [24] Ryjov A., “Information Monitoring Systems as a Tool for Strategic Analysis and Simulation in Business”, *International Conference on Fuzzy Sets and Soft Computing in Economics and Finance FSSCEF 2004 Proceedings, Saint-Petersburg, Russia, June 17-20, ISBN 968-489-028-1*, **2** (2004), 511–520.

**Evaluation and monitoring of the effectiveness of  
population-based disease prevention measures**  
Suvorova E. I., Kontsevaya A.V., Ryjov A. P., Sapunova I. D.,

**Myrzamatova A. O., Mukaneeva D. K., Khudyakov M. B.,  
Drapkina O.M.**

The adoption of effective management decisions in the field of healthcare and disease prevention can increase the duration and quality of life. The process of making such decisions takes place in conditions of limited completeness and reliability of the available information and has a significant expert component. The paper presents one of the approaches that allow making informed decisions in the field of preventive medicine.

*Keywords:* preventive medicine, process evaluation and monitoring, hybrid intelligence.