

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНЫМИ РЕШЕНИЯМИ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ

**ЛЯПИН ВИТАЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ**, ORCID ID: 0000-0002-9034-1727; докт. мед. наук, профессор кафедры управления, политики и права ЧУОО ВО «Омская гуманитарная академия», Россия, 644050, Омск, ул. 4-я Челюскинцев, 2А, тел: +7-381-229-00-87, e-mail: upp@omga.su

**МАРЕНКО ВАЛЕНТИНА АФНАСЬЕВНА**, ORCID ID: 0000-0001-7288-9353; канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории методов представления и преобразования информации Института математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения РАН, Россия, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 4. тел. 8-902-677-39-13, e-mail: marenko@ofim.oscsbras.ru

**НЕСТЕРОВА КЛИМЕНТИНА ИВАНОВНА**, ORCID ID: 0000-0002-9793-7179; Scopus Author ID: 8555826800; докт. мед. наук, доцент, профессор кафедры оториноларингологии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» МЗ РФ, Россия, 644099 Омск, ул. Ленина, 12, тел. 8-381-295-70-01, e-mail: klnesterova@gmail.com

**НЕСТЕРОВА АННА АНДРЕЕВНА**, ORCID ID: 0000-0002-2637-855X; канд. мед. наук, врач-оториноларинголог, Заместитель главного врача по медицинской и научной части ООО «ЛОП Центр. Хирургия головы и шеи», Россия, 119034, Москва, ул. Новосущёвская, 21. тел. +7-495-477-45-34, e-mail: annamedical@gmail.com

**МИРАКЯН РУБЕН ГАРЕГИНОВИЧ**, ORCID: 0000-0003-3563-2308, канд. мед. наук, врач-оториноларинголог, руководитель клиники ООО «ЛОП Центр. Хирургия головы и шеи». Россия, 119034, Москва, ул. Новосущёвская, 21. тел. +7-495-477-45-34, e-mail: rgmirakyan@lormedcentr.ru

**ЕЛОХОВА ЮЛИЯ АЛЕКСЕЕВНА**, ORCID: 0000-0003-3455-6878, канд. биол. наук, доцент кафедры физической культуры и спорта Омского государственного аграрного университета, Россия, 644008, Омск, Институтская площадь, 1. тел. +7-903-926-44-24, e-mail: yua.elokhova@omgau.org

**Реферат. Введение.** Пандемия Covid-19, охватившая мир с начала 2020 г., изменила организационные основы оказания амбулаторной помощи и психологию пациентов. Недостаточно обоснованные медико-социальные решения вели к возрастанию недовольства граждан уровнем оказания медицинской помощи. Математическое моделирование играет большую роль в понимании процессов развития пандемии и поддержки принятия управленческих решений. **Цель работы** – обоснование выбора оптимального решения по управлению качеством оказания амбулаторной медицинской помощи в период пандемии с применением математического моделирования. **Материал и методы.** Материалом для исследования служили сведения о различных аспектах работы поликлиник из 871 анкеты опроса граждан г. Омска разных возрастных категорий: 1-ая группа до 25-лет (n=145), 2-ая группа – 25-55 лет (n=540), 3-я группа – свыше 55 лет (n=186). Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом. Методология исследования основана на теории нечетких множеств, математическом моделировании, применении когнитивного подхода и симплициального анализа. **Результаты и их обсуждение.** Выявлены факторы, влияющие на степень неудовлетворенности медицинским обслуживанием. Сформирована когнитивная карта причинно-следственных связей между ними, проведен ее симплициальный анализ и вычислительный эксперимент по определению тенденций развития неудовлетворенностью медобслуживанием в период пандемии. Выявлены гендерные и возрастные различия, показывающие, в частности, что у молодых мужчин этот показатель больше (0,6), чем у женщин (0,48), но с возрастом различия сглаживаются. Выявлены различия ведущих факторов, влияющих на удовлетворенность граждан медобслуживанием в поликлинике в допандемийный период и во время пандемии. При этом определено, что наиболее значимыми факторами будет грамотная маршрутизация на уровне регистратуры и кабинета общего приема и оптимизация режима работы поликлиники. **Заключение.** Использование когнитивных технологий и математического моделирования позволяет прогнозировать тенденции развития неудовлетворенности медобслуживанием при изменении отдельных его факторов и является обоснованием быстрого выбора медико-социального решения по устранению недостатков, что чрезвычайно важно в период пандемии.

**Ключевые слова:** здравоохранение, организация медицинского обслуживания, пандемия, нечеткое множество, когнитивная модель.

**Для ссылки:** Ляпин В.А., Маренко В.А., Нестерова К.И. Применение нечеткой математики для управления медико-социальными решениями в период // Вестник современной клинической медицины. – 2022. – Т.15, вып.5. - С.129-136. DOI: 10.20969/VSKM.2022.15(5).129-136.

## APPLICATION OF FUZZY MATHEMATICS TO MANAGE MEDICAL AND SOCIAL DECISIONS DURING A PANDEMIC

**LYAPIN VITALY A.**, ORCID ID: 0000-0002-9034-1727; D. Med. Sci., Professor, Professor of the Department of Management, Politics and Law, Omsk Humanitarian Academy, Russia, 644050, Omsk, st. 4th Chelyuskintsev, 2A, tel: 8-381-229-00-87, e-mail: upp@omga.su

**MARENKO VALENTINA A.**, ORCID ID: 0000-0001-7288-9353; C. Tech. Sci., associate professor, Senior researcher. Laboratory of methods for representation and transformation of information of the Sobolev Institute of mathematics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, 630090, Novosibirsk, Ac. Koptyuga, 4. tel: 8-902-677-39-13, e-mail: marenko@ofim.oscsbras.ru

**NESTEROVA KLIMENTINA I.**, ORCID ID: 0000-0002-9793-7179; Scopus Author ID: 8555826800; D. Med. Sci., Professor of the Department of ENT, Omsk State Medical University, Russia, 644099 Omsk, st. Lenina, 12, tel. 8-381-295-70-01, e-mail: klnesterova@gmail.com

**NESTEROVA ANNA A.**, ORCID ID: 0000-0002-2637-855X; C. Med. Sci., ENT doctor, Deputy for medical and scientific part of "ENT Center. Head and Neck Surgery". Russia, 119034, Moscow, ul. Novosushchevskaya, d. 21. tel. 8-495-477-45-34, e-mail: annamedical@gmail.com

**MIRAKYAN RUBEN G.**, ORCID ID:0000-0003-3563-2308, Cand. medical Sci., ENT doctor, head of the "ENT Center. Head and Neck Surgery". Russia, 119034, Moscow, ul. Novosushchevskaya, 21. tel. 8-495-477-45-34, e-mail: rgmirakyan@lormedcentr.ru

**YELOKHOVA YULIA A.** ORCID ID: 0000-0003-3455-6878, C. Biol. Sci., Associate Professor of the Department of Physical Culture and Sports, Omsk State Agrarian University. Russia, 644008, Omsk, Institutskaya Square, 1. tel.: +7-903-926-4424, e-mail: yua.elokhova@omgau.org

**Abstract. Introduction.** The Covid-19 pandemic, which began in early 2020, has changed the organizational foundations of outpatient care and the psychological mindset of patients. Insufficiently informed medical and social decisions led to increasing citizen dissatisfaction with the level of medical care. Mathematical modeling plays a major role in understanding pandemic processes and supporting management decision making. **Aim.** The aim is substantiation of the choice of the optimal solution for managing the quality of outpatient medical care during a pandemic using mathematical modeling. **Material and methods.** The material was information about various aspects of the work of polyclinics from 871 questionnaires of a survey of citizens of the city of Omsk of different age categories: group 1 up to 25 years old (n=145), group 2 - 25-55 years old (n=540), group 3 - over 55 years old (n=186). The study protocol was approved by the center's local ethics committee. Written informed consent was obtained from each participant to participate in the study. The research methodology is based on the theory of fuzzy sets, mathematical modeling, the use of a cognitive approach and simplicial analysis. **Results and discussion.** Factors influencing the degree of dissatisfaction with medical care have been identified. Possible causal relationships between them are constructed in the form of a cognitive map. A simplicial analysis of the formed cognitive structure and a computational experiment were carried out to observe trends in the development of dissatisfaction with medical care during a pandemic. Gender and age differences were revealed, showing, in particular, that young men have a higher degree of dissatisfaction with medical care (0.6) than women (0.48), but these differences smooth out with age. It was revealed, among other things, that with the improvement of the factor «work schedule of the polyclinic», the factor «dissatisfaction with medical care» is reduced by 2 times. It has been proven that the more significant for the satisfaction of the patient with medical care in the outpatient clinic will be its competent routing at the level of the registry and the general reception room. **Conclusion.** The use of cognitive technologies and mathematical modeling makes it possible to predict trends in the development of dissatisfaction with medical care when its individual factors change. This is the rationale for the rapid choice of a medical and social solution to eliminate deficiencies, which is extremely important during a pandemic.

**Key words:** healthcare, organization of medical care, pandemic, fuzzy set, cognitive model.

**For reference:** Lyapin V.A., Marenko V.A., Nesterova K.I., Nesterova A.A., Mirakyan R.G., Yelokhova Yu.A. Application of fuzzy mathematics to manage medical and social decisions during a pandemic. The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2022.15(5):129-136. DOI: 10.20969/VSKM.2022.15(5).129-136.

**В**ведение. Пандемия коронавирусной инфекции, охватившая мир с начала 2020 г., изменила не только организационные основы оказания амбулаторной помощи, но и психологию пациентов. Она потребовала более быстрой реакции в принятии управленческих решений, которые в ряде случаев носили спонтанный характер и вели к возрастанию недовольства граждан уровнем оказания медицинской помощи.

Оценка степени удовлетворенности медицинской помощью является важной социальной компонентой деятельности учреждений здравоохранения, но она не позволяет прогнозировать результаты тех или иных организационных решений и принятия корректирующих и, тем более, предупреждающих действий.

Большую роль в понимании процессов развития пандемии и поддержки принятия медико-социальных решений играют различные модели, оценивающие не только экономическую эффективность принимаемых мер, но и состояние людей в этот сложный период. Понятия «модель» и «моделирование» выступают как метод представления объекта, явления или процесса и как метод верификации [1], основанный на человеческом опыте, способности оценивать ситуации альтернативными способами [2]. Конкретная модель зависима от задач, решаемых субъектом [3], и учитывает его индивидуальное мнение [4]. Оно позволяет структурировать знания о проблеме с субъективных позиций, систематизировать и преобразовывать их в форму, удобную для анализа [5]. При этом используемые диаграммы являются активными компонентами абстрактных ментальных фигур в рабочей памяти,

которые сопровождают восприятие и доставляют схематизирующие идеи [6].

Разработана схема новой экономической модели в условиях социальной изоляции, которая базируется на рациональности индивидов, добровольно выбирающих и соблюдающих режим самоизоляции. К основным показателям модели относятся ограничение внешних связей, принудительная цифровизация всех отраслей экономики, активное развитие онлайн рынков и площадок, рост социальной ответственности бизнеса и др. [7].

С помощью технологии систем компьютерного автоматизированного анализа, алгоритмов распознавания образов, измерения и идентификации состояния больных создана прогностическая информационная модель расчета динамики развития инфекционных заболеваний, позволяющая определить группы, где они наиболее опасны [8]. Изучаются медико-социальные факторы формирования коморбидной патологии у отдельных групп больных [9]. Исследуется распространенность депрессивных расстройств и показатели эмоционального благополучия населения в период пандемии [10]. Эволюционная модель депрессии А.В. Васильевой (2021) предполагает адаптацию людей к неблагоприятным жизненным обстоятельствам, характеризующимся ограниченным доступом к ресурсам жизнеобеспечения. Заболевшим гражданам предлагается помощь с применением медикаментозных средств и психологических способов реабилитации [11]. Зарубежными исследователями для реагирования системы здравоохранения при пандемии создано программное средство, которое позволяет получать

конкретные результаты при имитации различных сценариев эпидемиологической обстановки. Программа позволяет определять дефицит или излишки ресурсов для каждого выбранного региона. А также проводить сравнительный анализ доступности ресурсов и последствий их использования при различных стратегиях [12]. Опираясь на кейсы лихорадки Эбола и гриппа, Т. Rhodes с соавт. (2020) построены и исследованы несколько моделей пандемии для реагирования на возникающие ситуации. Предлагается итеративно-адаптивный подход к моделированию пандемий, который предусматривает обдумывание и итеративное вмешательство в ситуации, развивающейся в условиях неопределенности [13]. Используемые понятия модели и моделирования стали неотъемлемой частью современных научных исследований. Анализ когнитивной модели позволяет в ряде случаев принимать взвешенные и математически обоснованные управленческие решения [14]. Обзор научных статей по проблеме показал, что основной инструмент исследователей – дифференциальные уравнения и математическая статистика.

**Цель работы** – обоснование выбора оптимального решения по управлению качеством оказания амбулаторной медицинской помощи в период пандемии с применением математического моделирования.

**Материал и методы.** Для построения и анализа моделей, характеризующих влияние существенных факторов среды жизнедеятельности на степень неудовлетворенности медобслуживанием населения в период пандемии использовались исходные данные, полученные из анкетирования взрослого населения г. Омска.

Респондентам предлагалось ответить на вопросы анкеты, которая включала сведения о различных аспектах работы поликлиник, в том числе: неудовлетворенность работой поликлиники в целом; графиком работы поликлиники; работой регистратуры; работой узких специалистов; работой лечебных кабинетов; наличием фактов нетактичного отношения к пациентам; наличием нареканий на обслуживание пациентов на дому; наличием фактов незаконной оплаты медицинских услуг; наличием отрицательного отношения к диспансеризации и др. Перечисленные «аспекты работы поликлиник» являются названиями связанных компонент, каждая из которых оценивается (-1 балл). Исходные данные получены от трех групп граждан разных возрастных категорий: 1-ая группа до 25-лет (n=145), 2-ая группа – 25-55 лет (n=540), 3-я группа – свыше 55 лет (n=186).

Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом центра. От каждого участника было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Гипотеза исследования состоит в том, что «степень неудовлетворенности медобслуживанием» зависит от гендерного признака. Для ее подтверждения проведено формирование и анализ графических моделей, использован метод нечетких множеств, который относится к методам искусственного интеллекта.

Моделирование проведено с использованием следующих процедур:

1. Сортировка исходных данных от минимального значения до максимального.
2. Разбивка диапазона значений на интервалы.
3. Подсчет количества данных в интервалах как частот их встречаемости.
4. Подсчет количества данных с накоплением.
5. Деление данных с накоплением на максимальное значение из диапазона данных.
6. Размещение полученных значений на координатной плоскости.

Визуализация вычислений осуществлена с применением программы Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ данных выборочной совокупности из 871 анкет позволил оценить уровень общей удовлетворенности пациентов качеством оказания медицинской помощи в период самоизоляции при пандемии Ковид-19. Результаты построения нечетких моделей представлены на рисунках 1-4 с учетом гендерного признака.

На рисунке 1 приведены две модели для мужчин и женщин в возрасте до 25 лет. На оси абсцисс – исходные данные в баллах, на оси ординат – функция принадлежности, которая показывает степень выраженности исследуемого свойства (в нашем случае «степень неудовлетворенности медобслуживанием»).

Пример 1. Пусть мужчина и женщина набрали при анкетировании одинаковое число баллов, равное (-8). На оси ординат мы получаем два значения, которые показывают, что у молодых мужчин «степень неудовлетворенности медобслуживанием» больше (0,6), чем у женщин (0,48) в 1,3 раза (рис. 1А). Пример 2. Рассмотрим показатели неудовлетворенности, если функция принадлежности  $\mu = 0,7$ . При этом оценочные значения неудовлетворенности для женщин около (-9,5 балла), а для мужчин – (-8,5 балла) (рис. 1Б).

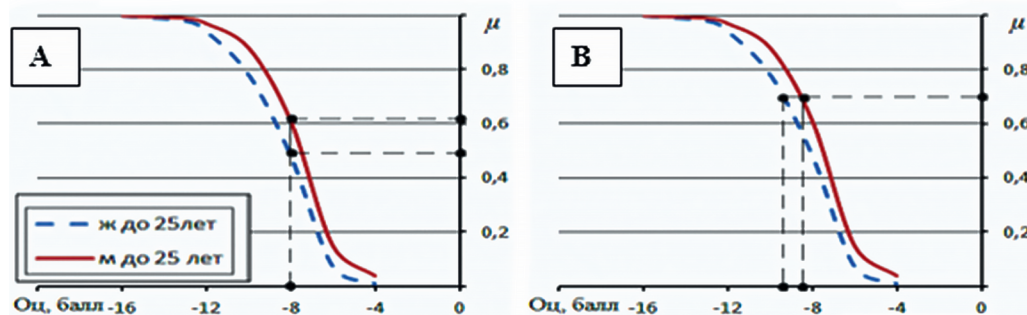


Рис. 1. Модели неудовлетворенности медобслуживанием для лиц в возрасте до 25 лет: А - при балльной оценке (-8); Б - при  $\mu = 0,7$

Fig. 1. Models of dissatisfaction with medical care for people under the age of 25: А - at score (-8); Б - at  $\mu = 0,7$

Эти результаты соответствуют другим исследованиям, описывающим гендерные и возрастные различия при изучении проблем в сфере здравоохранения. Так, С.А.Суслин (2018) отмечает, при изучении качества медицинского обслуживания в условиях городской многопрофильной больницы именно молодые пациенты в возрасте 18-29 лет в 30% случаев были не удовлетворены диагностическим процессом, причем доля лиц мужского пола преобладала на 13% над женским [15].

Такие особенности молодых пациентов можно связать с недостаточным личным опытом и непониманием процесса работы любых социальных

организаций. Причем, как видно в нашем исследовании, чем больше неудовлетворенность респондента, тем больше выражена асимметрия по гендерному признаку в сторону мужского пола.

В средней возрастной группе у лиц 25-55 лет при более позитивной общей оценке такая асимметрия сохраняется только при умеренно выраженном «недовольстве», и практически нивелируется при всех остальных оценках. Модель на рисунке 2, показывает, что «степень неудовлетворенности медобслуживанием» мужчинами 2-ой возрастной группы больше, чем женщинами этой группы в основном при оценках от (-10) до (-12) баллов.

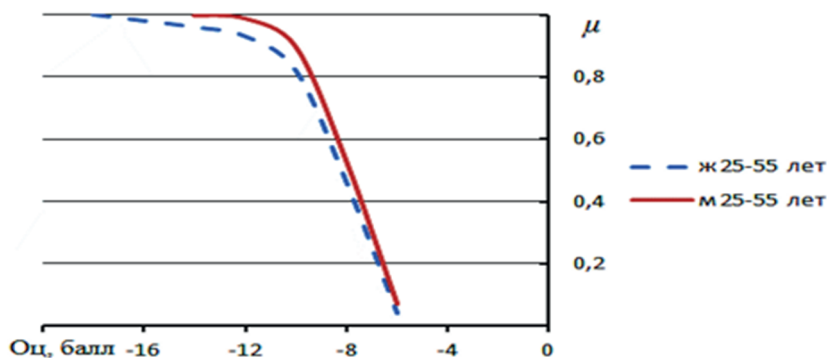


Рис. 2. Модели неудовлетворенности медобслуживанием лиц в возрасте 25 – 55 лет

Fig. 2. Models of dissatisfaction with medical care of persons aged 25-55 years

А модели для мужчин и женщин 3-ей возрастной группы практически одинаковы (рис. 3), хотя только в этой группе «недовольство» женщин больше при

оценках от (-6) до (-9) баллов. И, в целом, диапазон значений у женщин средней и старшей возрастных групп больше, чем у мужчин этого же возраста.

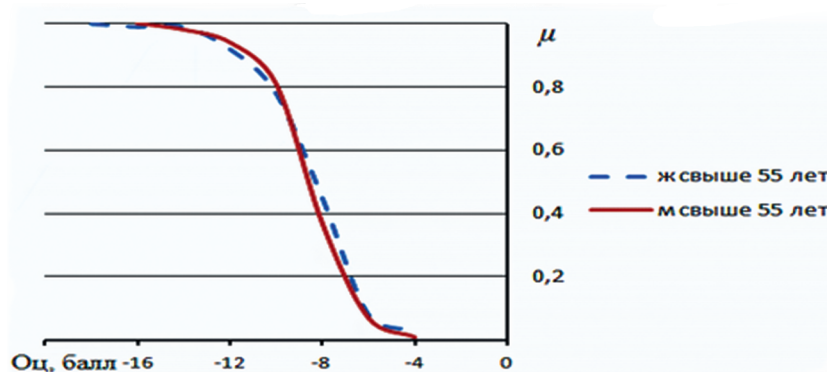


Рис. 3. Модели неудовлетворенности медобслуживанием лиц в возрасте свыше 55 лет

Fig. 3. Patterns of dissatisfaction with medical care of people over the age of 55

Метод нечетких множеств показал, что эти основные тенденции полностью соответствуют высказанной гипотезе зависимости степени неудовлетворенности медобслуживанием от гендерного признака, а также от возраста, но не от условий пандемии.

Создание когнитивных моделей позволяет формализовать субъективные представления исследователя о реальности путем построения новых логико-семантических образов [5, 16]. Для этого информацию о проблеме представили

схематически (рис. 4) и провели ее когнитивный анализ. На приведенной схеме мы видим, что на неудовлетворенность пациентами медобслуживанием могут влиять все 9 факторов, но внутри модели имеются также и связи между этими факторами. Для выявления латентных связей между факторами проводили симплициальный анализ, использующий понятия симплекса и симплициальных комплексов  $K_x$  и  $K_y$ . Симплексом называется предельно минимальный случай какого-либо события.



Рис. 4. Фрагмент когнитивной модели «степень неудовлетворенности медобслуживанием»  
 Fig. 4. A fragment of the cognitive model "the degree of dissatisfaction with medical care"

Комплекс  $KX(Y, R)$  имел одиннадцать симплексов с разной связностью от максимальной до равной нулю. Вид структурного вектора показал, что комплекс  $KX(Y, R)$  сильно связан для большого и малого значений  $-q_8$  и  $q_1$ , соответственно, а для промежуточных распадается на несвязные компоненты.

На уровне связности комплекса  $q=8$  имелся один компонент  $\{x_1\}$ , он соответствовал фактору «степень неудовлетворенности медобслуживанием» (строка 1 когнитивной модели на рис. 4), т.е. целевому назначению настоящего исследования. Далее последовательно понижался уровень связности на единицу, выявлялись соответствующие симплексы, и проверялось условие их объединения.

На уровне  $q=1$  имелся связный компонент  $\{x_1 \times x_2 \times x_4\}$ , который показал, что, изменяя факторы  $x_2$  – «график работы поликлиники»,  $x_4$  – «работа узких специалистов», можно управлять «степенью неудовлетворенности медобслуживанием».

Высокую значимость показал комплекс  $KY(X, R)$ , анализ которого также выявил наличие сильных связей только для большого и малого значений. Этот комплекс содержал 6 единиц, с наибольшей связностью на уровне  $q=5$ , где имелся один компонент  $\{x_{10}\}$ , который соответствовал фактору «распределение очередности приема».

На уровне  $q=1$  имелся связный компонент  $\{x_{10} \times x_2 \times x_4\}$ , который показал, что, изменяя факторы  $x_2$  – «график работы поликлиники»,  $x_4$  – «работа узких специалистов», можно управлять фактором  $x_{10}$  – «распределение очередности приема».

Проведенный симплицальный анализ позволил сделать вывод, что фактор «очередность приема», который соответствует вершине орграфа  $V_{10}$  с симплексом наибольшей размерности, можно выбрать в качестве управляющего для всей когнитивной структуры «степень неудовлетворенности медобслуживанием».

Практическая значимость этого вывода полностью подтверждается результатами многочисленных допандемийных опросов населения: низкий уровень удовлетворенности работой врачей-специалистов, связанный с их нехваткой или отсутствием в медицинских учреждениях, называют в числе основных негативных факторов, влияющих на проблемы здравоохранения в самых различных регионах России [15, 17].

Эти результаты симплицального анализа легли в основу авторского программного средства, разработанного с применением численных методов и кроссплатформенной технологии [18, 19], позволяющего имитировать в режиме «ускоренного времени» изменения факторов в любых комбинациях и прогнозировать степень неудовлетворенности медицинским обслуживанием при каждом варианте. Программа была апробирована в период пандемии Ковид-19, и результаты вычислительного эксперимента для условий пандемии отличались от базовых.

Имитация ухудшения факторов с 1 по 10 путем внесения импульсов по (-1) условной единицы во все управляющие вершины орграфа, получаемых на нескольких шагах вычислений, увеличивает до 5 единиц «степень неудовлетворенности медобслуживанием».

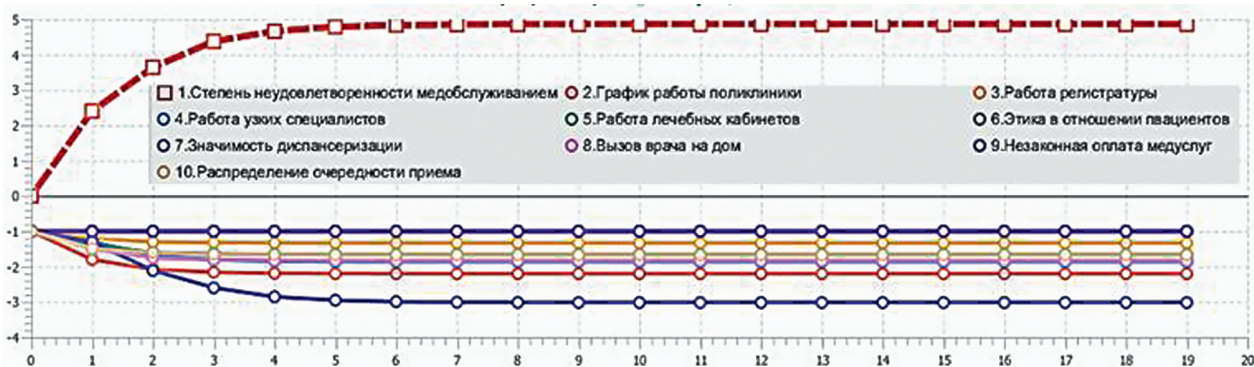


Рис. 5. Неудовлетворенность медицинским обслуживанием при имитации ухудшения факторов 1 – 10  
 Fig. 5. Dissatisfaction with medical care while simulating deterioration of factors 1 – 10

Напротив, при улучшении отдельных факторов мы можем не только прогнозировать общий результат, но и оценивать значимость каждого фактора для устранения недостатков в работе медицинского учреждения (рис.6). Так улучшение графика работы поликлиники на 1 условную единицу прогнозирует уменьшение неудовлетворенности медобслуживанием в 2 раза. Значительно повышается значение таких факторов, как «очередность

приема» - в 2,9 раза, «работа регистратуры» - в 2,5 раза. А вот работа и полнота кадрового состава «узких» специалистов будет оказывать меньшее влияние на целевой фактор, чем в допандемийный период - неудовлетворенность медобслуживанием уменьшается незначительно, всего в 1,34 раза с 5 условных единиц до 3,5, для «работы лечебных кабинетов», «диспансеризации» и «этики общения» этот показатель еще ниже - в 1,25 раза.

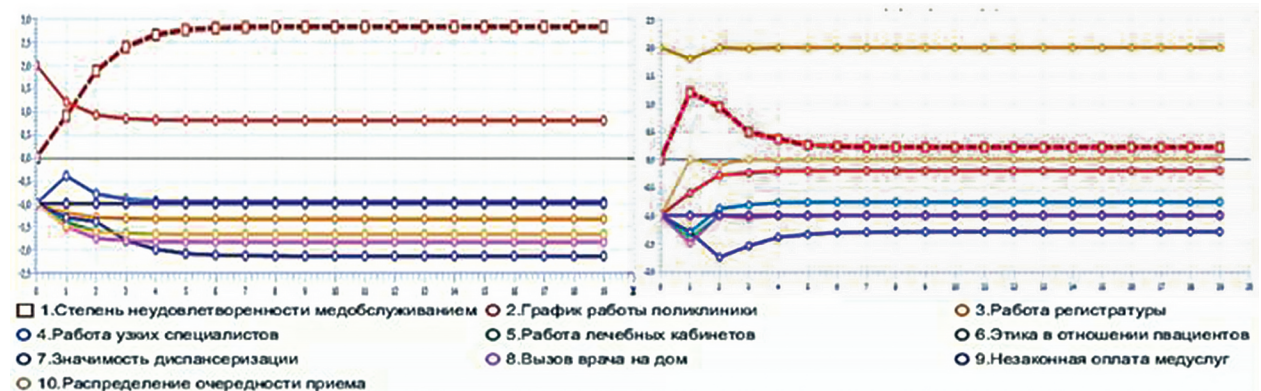


Рис. 6. Неудовлетворенность медицинским обслуживанием при имитации улучшения факторов 2 и 3

Fig. 6. Dissatisfaction with medical care while simulating improvement in factor 2 and 3

Использование авторского программного средства позволило определить факторы 2, 3 и 10 как наиболее значимые для организации работы поликлиники в период пандемии. Их

улучшение прогнозирует наиболее существенное повышение удовлетворенности граждан лечебно-диагностическим процессом – в 12 раз (рис. 7).



Рис. 7. Неудовлетворенность медицинским обслуживанием при имитации улучшения факторов 2,3,10

Fig. 7. Dissatisfaction with medical care while simulating improvement in factors 2, 3, 10

В соответствии с полученными данными организационные усилия администрации были направлены на оптимизацию режима работы поликлиники и особенно регистратуры и создания службы информаторов на входе в поликлинику для распределения потоков пациентов без изменения графика работы «узких» специалистов и пр. При этом не удалось кардинально изменить распределение очередности приема. Однако даже эти принятые меры позволили улучшить удовлетворенность граждан медобслуживанием в 8,4 раза, что близко к целевому показателю.

**Заключение.** 1. Использование метода нечетких множеств и когнитивного моделирования показали, что в формировании степени неудовлетворенности медобслуживанием имеются некорректируемые и корректируемые факторы. К некорректируемым относятся пол и возраст респондентов, к корректируемым – уровень управленческих решений в организации работы медучреждения.

2. Тенденция зависимости уровня неудовлетворенности медобслуживанием по гендерно-возрастному признаку сохраняется независимо от наличия или отсутствия пандемии.

3. На основе результатов симплициального анализа модели неудовлетворенности медицинским обслуживанием разработано авторское программное средство с применением численных методов и кроссплатформенной технологии, позволяющее имитировать в режиме «ускоренного времени» изменения любых факторов в любых комбинациях и прогнозировать результат при каждом варианте.

4. Результаты вычислительного эксперимента показали, что влияние отдельных факторов на «неудовлетворенность медобслуживанием» для условий пандемии отличалась от базовых. Влияние графика приема и кадрового состава «узких» специалистов, полнота диспансеризации, работа лечебных кабинетов, этика общения значительно снизили свое влияние, в то время как распределение потоков пациентов, их маршрутизация и очередность приема стали основными точками приложения для принятия управленческих решений.

Использование когнитивных технологий и математического моделирования позволяет оптимизировать управление качеством оказания медицинской помощи. Симплициальный анализ сформированной когнитивной структуры и вычислительный эксперимент по прогнозированию тенденций развития неудовлетворенности медобслуживанием при изменении отдельных его факторов является обоснованием быстрого выбора медико-социального решения по устранению недостатков, что чрезвычайно важно в период пандемии, т.к. регулирует не только организационные основы оказания амбулаторной помощи, но и учитывает психологию пациентов.

**Прозрачность исследования.** Работа выполнена в рамках государственного задания ИМ СО РАН, проект FWNF-2022-0016. Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

**Декларация о финансовых и других взаимоотношениях.** Все авторы принимали участие в разработке концепции и дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.

#### Литература / References.

1. Суходолов А.П., Маренко В.А. К вопросу использования математического моделирования в разработке теории медиасферы // Вопросы теории и практики журналистики. – 2018. – Т.7, №1. – С. 5-23. [Sukhodolov AP, Marenko VA. K voprosu ispol'zovaniya matematicheskogo modelirovaniya v razrabotke teorii mediasfery [On the issue of mathematical modelling and developing a theory of the media sphere]. Voprosy teorii i praktiki zhurnalistiki [Questions of theory and practice of journalism]. 2018; 7(1): 5-23. (In Russ.)]. DOI: 10.17150/2308-6203.2018.7(1).5-23
2. Dąbrowska E, Divjak D. Cognitive Linguistics - A Survey of Linguistic Subfields. Berlin, Boston: De Gruyter Mouton; 2019; 248. DOI: 10.1515/9783110626452
3. Langacker R.W. Discourse in Cognitive Grammar. Cognitive Linguistics. 2001; 12(2): 143-188. DOI: 10.1515/cogl.12.2.143
4. Багишева Н.В., Моисеева М.В., Викторова И.А. и др. Качество жизни как интегральный показатель эффективности терапии: в фокусе пациенты с хронической обструктивной болезнью легких, туберкулезом легких и артериальной гипертензией // Медицинский альянс. – 2020 – Т.8, №3. – С. 37-45. [Bagisheva NV, Moiseyeva MV, Viktorova IA. et al. Kachestvo zhizni kak integral'nyy pokazatel' effektivnosti terapii: v fokuse patsiyenty s khronicheskoy obstruktivnoy bolezn'yu legkikh, tuberkulezom legkikh i arterial'noy gipertenziyey [Quality of life as an integral indicator of the effectiveness of therapy: in focus are patients with chronic obstructive pulmonary disease, pulmonary tuberculosis and arterial hypertension]. Meditsinskiy al'yans [Medical Alliance]. 2020; 8(3): 37-45. (In Russ.)]. DOI: 10.36422/23076348-2020-8-3-37-45
5. Маренко В.А., Лучко О.Н., Ляпин В.А. и др. Анализ когнитивных моделей «Артериальная гипертензия» // Математические структуры и моделирование. – 2015. – №2 (34). – С. 64-74. [Marenko VA, Luchko ON, Lyapin VA, et al. Analiz kognitivnykh modeley «Arterial'naya gipertenziya» [Analysis of cognitive models "Hypertension"]. Matematicheskiye struktury i modelirovaniye [Mathematical structures and modeling.]. 2015; 2(34): 64-74. (In Russ.)]. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_25339520\\_34679086.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_25339520_34679086.pdf)
6. Brandt P, Cronquist U. Diagrams and mental figuration: A semio-cognitive analysis. // Semiotica. - 2019(229), 253-272.
7. Дмитриева В.Д. Экономическая модель социальной изоляции в условиях пандемии COVID-2019 // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2020. – №2. – С. 292-296. [Dmitriyeva VD. Ekonomicheskaya model' sotsial'noy izolyatsii v usloviyakh pandemii COVID 2019 [The economic model of social isolation in the context of COVID-2019 pandemic]. Intellektual'nyye resursy - regional'nomu razvitiyu [Intellectual resources for regional development]. 2020; 2: 292-296. (In Russ.)]. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_43033240\\_29449593.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_43033240_29449593.pdf)
8. Левкова Е.А., Сепиашвили Р.И., Савин С.З. Проблемы создания прогностических моделей пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 // Вестник Российского университета дружбы народов. – 2021. – Т.25, №1. – С. 31-38. [Levkova YeA, Sepiashvili RI, Savin SZ. Problemy sozdaniya prognosticheskikh modeley pandemii koronavirusnoy infektsii COVID-19 [Problems of creating predictive models for the pandemic of coronavirus infection COVID-19]. Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia]. 2021; 25(1): 31-38. (In Russ.)]. DOI: 10.22363/2313-0245-2021-25-1-31-38
9. Багишева Н.В., Мордык А.В., Нестерова К.И. и др. Факторный анализ социально-демографических предпосылок формирования туберкулеза у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких // Вестник современной клинической медицины. – 2021. – Т. 14, вып. 1. – С.7–15. [Bagisheva NV, Mordyk AV, Nesterova KI, et al. Faktorny analiz sotsial'no-demograficheskikh predposylok formirovaniya tuberkuleza u patsiyentov s khronicheskoy obstruktivnoy bolezn'yu legkikh [Factor analysis of socio-demographic

- prerequisites for the formation of tuberculosis in patients with chronic obstructive pulmonary disease]. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny* [Bulletin of modern clinical medicine]. 2021; 14(1): 7–15. (In Russ.]. DOI: 10.20969/VSKM.2021.14(1).7-15
10. Удалова Т.Ю., Багишева Н.В., Мордык А.В. и др. Особенности межличностного взаимодействия пациентов с социально значимым заболеванием // *Лечащий врач*. – 2020. – №1. – С. 55-57. [Udalova TYu, Bagisheva NV, Mordyk AV, et al. Osobennosti mezhlchnostnogo vzaimodeystviya patsiyentov s sotsial'no znachimym zabolevaniyem [Features of interpersonal interaction of patients with socially significant disease]. *Lechashchiy vrach* [Attending physician]. 2020;1: 55-57. (In Russ.]. DOI: 10.26295/OS.2019.45.65.012
  11. Васильева А.В. Эволюционная модель депрессии в период пандемии. Альянс психо- и фармакотерапии // *Обзорные психотерапии и медицинской психологии*. – 2021. – №1. – С. 91-101. [Vasil'yeva AV. Evolyutsionnaya model' depressii v period pandemii. Al'yans psikhо- i farmakoterapii [An evolutionary model of depression during a pandemic. Alliance of Psycho- and Pharmacotherapy]. *Obzreniye psikhoterapii i meditsinskoй psikhologii* [Review of Psychotherapy and Medical Psychology]. 2021; 1: 91-101. (In Russ.]. DOI: 10.31363/2313-7053-2021-1-91-101
  12. Stein ML, Rudge JW, Coker R, et al. Development of a resource modelling tool to support decision makers in pandemic influenza preparedness: The AsiaFluCap Simulator. *BMC Public Health*. – 2012; 12: 870. DOI: 10.1186/1471-2458-12-870
  13. Rhodes T, Lancaster K, Lees S, Parker M. Modelling the pandemic: attuning models to their contexts. *BMJ Global Health* 2020; 5: e002914. DOI:10.1136/bmjgh-2020-002914
  14. Шулаев А.В., Хисамиев Р.Ш., Зиновьев П.В. Оценка эффективности и степени зависимости показателей медицинской организации от уровня управленческих компетенций руководителя // *Вестник современной клинической медицины*. – 2021. – Т.14, №5. – С. 68-73. [Shulayev AV, Khisamiyev RSH, Zinov'yev PV. Otsenka effektivnosti i stepenizavisimosti pokazateley meditsinskoй organizatsii ot urovnya upravlencheskikh kompetentsiy rukovoditelya [Evaluation of the effectiveness and degree of dependence of the indicators of a medical organization on the level of managerial competencies of the leader]. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny* [Bulletin of modern clinical medicine]. 2021; 14(5): 68-73. (In Russ.]. DOI: 10.20969/VSKM.2021.14(5).68-73
  15. Суслин С.А., Вавилов А.В., Гиньятулина Р.И. Удовлетворенность пациентов городской многопрофильной больницы медицинским обслуживанием // *Исследования и практика в медицине*. – 2018. – Т.5, №4. – С. 118-125. [Suslin SA, Vavilov AV, Ginnyatulina RI. Udovletvorennost' patsiyentov gorodskoy mnogoprofil'noy bol'nitsy meditsinskim obsluzhivaniyem [Satisfaction of patients of the city multidisciplinary hospital with medical care]. *Issledovaniya i praktika v meditsine* [Research and practice in medicine]. 2018; 5(4): 118-125. (In Russ.]. DOI: 10.17709/2409-2231-2018-5-4-12
  16. Маренко В.А., Лучко О.Н. Когнитивное моделирование как инструмент поддержки принятия решений. Новосибирск, 2014. – 118 с. [Marenko VA, Luchko ON. Kognitivnoye modelirovaniye kak instrument podderzhki prinyatiya resheniy [Cognitive modeling as a decision support tool]. Novosibirsk, 2014:118. (In Russ.]. <https://www.iprbookshop.ru/32787>
  17. Билалов Ф.С., Сквирская Г.П., Шарафутдинова Н.Х. Доступность медицинской диагностической помощи на примере медицинских организаций Республики Башкортостан // *Менеджер здравоохранения*. – 2018. – №1. – С. 42-51. [Bilalov FS, Skvirskaya GP, Sharafutdinova NH. Dostupnost' meditsinskoй diagnosticheskoy pomoshchi na primere meditsinskikh organizatsiy Respubliki Bashkortostan [Availability of the medical diagnostic care and continuity in its organization at various stages of exercise of medical and diagnostic process] *Menedzher zdravookhraneniya* [Manager zdravookhraneniya] 2018; 1: 42-51. (In Russ.]. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_32716518\\_70504128.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32716518_70504128.pdf)
  18. Roberts FS. *Discrete Mathematical Models, with Applications to Social, Biological and Environmental Problems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1976. <https://archive.org/details/discretemathemat0000robe>
  19. Lozhnikov V, Marenko V. Software for the computational experiment “Synthesis of the topological structure of the cognitive model” // *Journal of Physics: Conference Series*. XIII International Scientific and Technical Conference “Applied Mechanics and Systems Dynamics”. 2020; 012148. DOI: 10.1088/1742-6596/1441/1/012148