

4. *Kereselidze N.* Combined continuous nonlinear mathematical and computer models of the Information Warfare // International journal of circuits, systems and signal processing. – 2018. – Vol. 12. – P. 220-228.

5. *Кереселидзе Н.Г.* Модели распространения ложной информации / Материалы XXVII международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (ПУБСС-2019) (18 декабря 2019 г. Москва). – М.: ИПУ РАН, 2019. – С. 167-172.

---

**Соколов А.В., Ройзензон Г.В., Комендантова Н.П.**

### **Технология создания систем мониторинга и прогноза состояния опасных явлений и объектов (на примере эпидемии COVID-19)**

**Аннотация:** В работе показано, как накопление информации (статистических данных и знаний) о пандемии COVID-19 приводит к уточнению математических моделей, к расширению области их использования. Построенная (на основе технологии сбалансированной идентификации [1]) модель удовлетворительно описывает динамику заболеваемости COVID-19 в г. Москва с 19.03.2020 по 22.10.2021 и может использоваться для прогноза с горизонтом в несколько месяцев. Основным внутренним механизмом, определяющим динамику модели, является коллективный иммунитет.

**Ключевые слова:** моделирование, сбалансированная идентификация, управление рисками, искусственный интеллект

#### **Оценка эффективности**

Важным направлением в рамках мониторинга и противодействия пандемии COVID-19 является разработка методологии оценки эффективности от введения дополнительных ограничительных мер, что предполагает разработку специальных систем критериев, по которым можно будет судить о степени достижения поставленных задач (целей). При этом критерии могут быть условно разделены на три большие группы. Первую группу образуют критерии, позволяющие для противодействия пандемии

COVID-19 оценивать имеющийся ресурс (количество больничных коек, приборов ИВЛ, медицинского персонала, медикаментов и т.п.). Вторая группа критериев позволяет оценивать скорость расходования и прироста ресурса во времени (возможность использования медицинских специалистов смежных специальностей, ускоренный ввод в эксплуатацию объектов медицинской сферы, возможности закупки лекарств и оборудования за рубежом и др.) необходимого для борьбы с пандемией COVID-19. Наконец, третья группа критериев позволяет сделать вывод о степени достижения поставленных целей (например, предполагается, что в течение определенного срока (например, года) вирусом заразиться не более 2 процентов населения, или процент падения ВВП и т.п.). Таким образом, оценки по указанным составным критериям, позволят сделать вывод насколько принятые меры, и полученные результаты, являются эффективными. С точки зрения методов теории принятия решений такую проблему (оценки эффективности) можно поставить как задачу многокритериальной порядковой классификации. В качестве классов решений будут выступать показатели эффективности (например, класс 1 – высокоэффективные меры, класс 2 – меры средней эффективности, класс 3- малоэффективные меры). Среди методов вербального анализа решений (ВАР), которые непосредственно можно использовать для решения поставленной задачи можно отметить методы ОрКласс и ЦИКЛ. К положительным сторонам использования методов ВАР, прежде всего, можно отнести то, что к исходным данным не применяются никакие операции по их переводу в количественную форму. Известно, что перевод вербальных измерений в «цифру» зачастую весьма субъективен и не имеет строгого математического обоснования. Кроме того, методы ВАР позволяют получить объяснения принятых решений (интерпретация результата) в терминах предметной области, здесь – в терминах описания критериев оценки эффективности противодействия пандемии COVID-19. В качестве недостатков методов ВАР можно отметить большие трудозатраты эксперта или лица, принимающего решения, при работе в признаковом пространстве большой размерности. В этом случае необходимо применять различные методы снижения его размерности. Использование многокритериальных методов (в

частности, методов ВАР) для оценки эффективности противодействия пандемии COVID-19 позволяет не только классифицировать меры (например, по степени эффективности), но и позволяет выработать механизмы анализа на основе применения продукционных правил. Такой подход позволяет выработать сценарии, позволяющие проанализировать по каким критериям и как необходимо улучшить оценки, для того чтобы те или иные не вполне эффективные меры, можно было «перевести» в более предпочтительный класс. При этом, для успешного решения такой задачи, совсем не обязательно улучшать оценки сразу по всем критериям, а можно ограничиться только каким-то подмножеством критериев, позволяющим минимизировать расход того или иного ресурса, что, в свою очередь, позволяет использовать предложенный механизм для создания системы поддержки принятия решений (СППР).

### **Создание систем мониторинга и прогноза состояния опасных явлений и объектов**

Эффективное проведение мониторинга состояния и прогноза поведения опасных явлений или объектов предполагает широкое использование математических моделей. Цели мониторинга и прогноза ставятся с учетом наличия математических моделей, сложность, подробность и надежность которых в свою очередь определяются количеством и качеством (точностью) экспериментальных данных (наблюдений) и знаний о функционировании объекта.

Иногда построение системы мониторинга и прогноза начинается с нуля и по мере накопления данных и знаний и построения все более подробных и точных моделей, возможности мониторинга и прогноза возрастают. В доступных рядах данных проявляется все больше эффектов, что позволяет усложнять соответствующие математические модели. Такому усложнению способствует и появление новых знаний об исследуемых процессах, которые, иногда, могут частично заменить цифровые данные.

Динамика эпидемии определяется процессами взаимодействия вируса, человеческого организма и общества. Различные процессы имеют различные характерные времена, причем, чем больше характерное время процесса, тем больше времени требуется для его

проявления, тем длиннее должны быть ряды наблюдений, необходимые для определения его характеристик.

Для пандемии COVID-19 характерные времена различных процессов могут быть оценены следующим образом:

- 15 дней – заразность и манифестация (выявляемость) как функции длительности заболевания;
- 30 дней – текущий индекс репродукции (контактное число) и индекс выявления (и последующей изоляции);
- 60 дней – зависимость индекса выявления от количества проведенных тестов;
- 90 дней – влияние естественного (после болезни) коллективного иммунитета;
- 200 дней – влияние ослабления естественного иммунитета со временем;
- 100 дней – влияние вакцинации;
- 180 дней (предварительная оценка) – влияние ослабления искусственного (после вакцинации) иммунитета,
- 365 дней – сезонность заразности.

Горизонт прогноза определяется погрешностью модели, которая определяется точностью описания отдельных процессов, которая в свою очередь определяется длиной рядов наблюдений (и их надежностью). Таким образом, длительность мониторинга определяет, какие процессы могут быть оценены (с характерными временами меньше этой длительности) и, следовательно, определяют горизонт и точность прогноза. С этой точки зрения становится понятной неудача попытки прогноза динамики пандемии, предпринятой Н. Фергюсоном. Его группа в начале 2020 года активно обосновывала тотальный карантин, «прогнозируя» (на несколько месяцев вперед) 500 тыс. смертей в Англии и 2 млн. в США (за лето 2020 года) [2].

Мониторинг и построение моделей осуществлялись с марта 2021г. Через несколько месяцев на основе анализа выявленных количеств зараженных для семи популяций удалось определить (идентифицировать) некоторые биологические функции, в том числе заразность как функцию длительности болезни (рисунок 1А), а еще через месяц, связать интенсивность выявления заболевших с количеством проведенных тестов (рисунок 1Б).

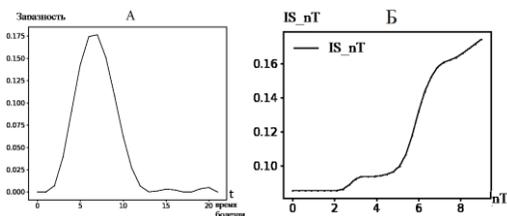
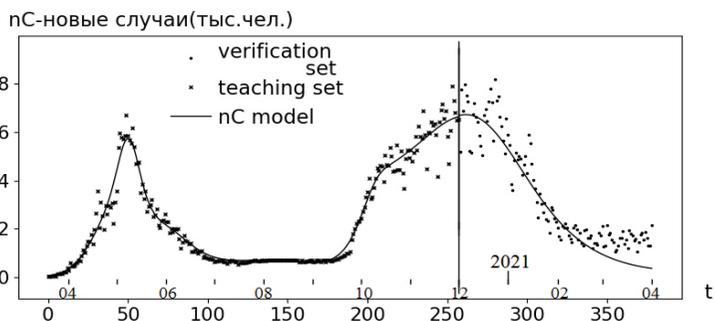


Рисунок 1 – А. Нормированная (на единицу) заразность как функция от длительности заражения (дни). Б.  $IS_{nT}$  – функция эффективности выявления больных в зависимости от количества тестов на тысячу человек ( $nT$ ) в г. Москва

Первые прогнозы удалось сделать в 01.12.2021 (рисунок 2), когда удалось интегрировать в модель процесс накопление естественного (переболевших) коллективного иммунитета и его ослабление.



Крестики – обучающий набор (до вертикальной линии), кривая – модель, точки – верификация (после вертикальной линии)

Рисунок 2 – Прогноз новых случаев заражения в Москве от 01.12.2020

В апреле 2021 учли вакцинацию. Прогноз от 15.04.2021 приведен на рисунке 3.

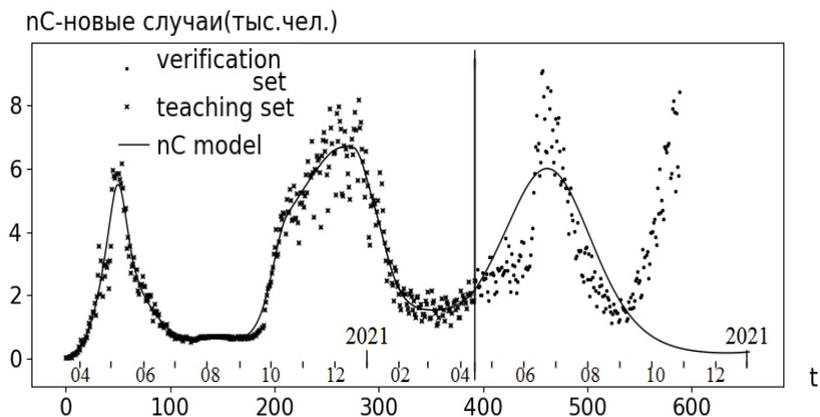


Рисунок 3 – Прогноз новых случаев заражения в Москве от 15.04.2021

И, наконец, учли ослабление иммунитета иммунизации – прогноз от 20.10.2021 (рисунок 4). Согласно этому прогнозу, до 01.01.2022 будет выявлено около 600 тыс. новых зараженных и около 950 т. – до 01.04.2022.

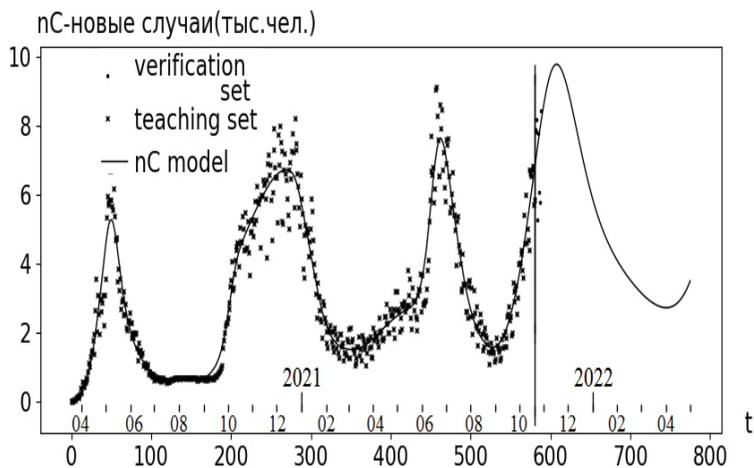


Рисунок 4 – Прогноз новых случаев заражения в Москве от 20.10.2021

## **Заключение**

К настоящему моменту разработано четыре основных способа оценки рисков, а именно: вероятностный (инженерный), модельный, экспертный и социологический. Важной особенностью представленной работы является разработка методологии и инструментария систем мониторинга и прогноза динамики пандемии. Система развивается и интегрирует в себя новые проявляющиеся процессы.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ проекты 20-57-82004, 20-07-00701 и 19-07-00522*

## **Литература:**

1. Sokolov A.V., Voloshinov V.V. Model Selection by Balanced Identification: the Interplay of Optimization and Distributed Computing // Open Computer Science. – 2020. – Volume 10. Issue 1. – P. 283-295.
  2. Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare. – URL: <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/mrc-gida/2020-03-16-COVID19-Report-9.pdf> (дата обращения 15.10.2021).
- 

**Грабчак Е.П., Логинов Е.Л.**

## **Подготовка системы государственного управления России к сверхкритическим ситуациям природного и техногенного характера**

**Аннотация:** Рассматриваются проблемы подготовки системы госуправления нашей страны к ситуациям, в которых состояние ключевых профилей жизнеобеспечения может оказаться ниже критической точки управляемости. Предлагается принятие в России упреждающего комплекса мер резко повышающих эффективность госуправления в отношении перечня регулируемых ресурсных, экономических, технических, социальных и иных параметров с учетом внешних и внутренних факторов функционирования суперсистемы.