

На правах рукописи

Егоров Дмитрий Борисович

**СИСТЕМА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННО
ОПАСНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПСИХИЧЕСКИ БОЛЬНЫХ**

**3.3.9. Медицинская информатика
(медицинские науки)**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Тюмень – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ

Кобринский Борис Аркадьевич

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук, профессор

Виноградов Константин Анатольевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра общественного здоровья и здравоохранения, заведующий кафедрой

доктор медицинских наук, профессор

Соколов Михаил Эдуардович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Институт математических исследований сложных систем, заместитель директора Института

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Псковский государственный университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «___» _____ 202_ года в _____ часов на заседании Диссертационного совета 99.0.122.02 на базе ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России по адресу: 117997, Москва, ул. Островитянова, д.1.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России по адресу: 117997, Москва, ул. Островитянова, д.1 и на сайте: <http://www.rsmu.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 202__ г.

Учёный секретарь Диссертационного совета
д.м.н.

Антонов Андрей Евгеньевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Информационное обеспечение в медицине является важным в работе, как врачей медицинской организации, так и руководителей всех уровней здравоохранения [Т.В. Зарубина с соавт, 2016]. Программные решения в медицине применяются, в том числе для формирования профильных баз данных с целью последующего анализа и принятия управленческих решений, влияющих на качество оказания медицинской помощи и жизни населения. Одним из инструментов управления в медицине является прогнозирование на основе математического моделирования.

Моделирование связано с проблемой адекватности сформированной модели реальной ситуации. В прогностических моделях состояние объекта исследования рассматривается как система на различных этапах ее развития [А.П. Суходолов, В.А. Маренко, 2018].

Математическое моделирование может применяться в судебной психиатрии с целью прогнозирования и последующего предупреждения совершения общественно опасных действий психически больных, что является важной задачей психиатрической службы.

Проблемы общественно опасных действий (ООД) психически больных всегда выделялись в отдельное направление при анализе деятельности региональной психиатрической службы. В среднем до 20% всех преступлений совершаются психически больными лицами [А.А. Ткаченко, 2018]. Чаще всего это лица с умственной отсталостью (21,5%), органическими психическими расстройствами (20,8%), реже с шизофренией (4,3%) [А.Р. Мохонько с соавт., 2019]. Такие преступления могут совершаться неосознанно, в силу психического заболевания [Т.Б. Дмитриева с соавт., 2004]. Они влияют на показатели уровня предотвратимой смертности, инвалидизации и качества жизни населения [О.А. Макушкина с соавт., 2018].

Оптимальным решением с целью предотвращения ООД психически больных принято считать меры первичной профилактики средствами общепсихиатрической сети [О.А. Макушкина с соавт., 2018]. Своевременное выявление потенциально опасных контингентов психически больных позволит значительно сократить количество ООД. Управленческие решения по организации деятельности общепсихиатрической сети с целью снижения показателей ООД психически больных должны основываться на глубоком анализе деятельности психиатрической службы в целом и, в частности, судебно-психиатрической экспертной службы [О.А. Макушкина с соавт., 2015].

Актуальным представляется проведение компьютерного мониторинга и математического прогнозирования совершения ООД психически больными, как меры первичной профилактики с целью своевременного обнаружения критических значений и выявления контингентов психически больных, потенциально способных на совершение ООД.

Цель исследования – разработка и программная реализация алгоритмов построения математической модели временных рядов для системы прогнозирования общественно опасных действий психически больных.

Задачи:

1. Выбрать критерии и определить кратность мониторинга общественно опасных действий психически больных на основе анализа деятельности региональной амбулаторной судебно-психиатрической экспертной службы.
2. Разработать алгоритм определения оптимального варианта математической модели временных рядов, описывающей динамический порог совершения общественно опасных действий психически больных.
3. Программно реализовать алгоритм математической модели и построить компьютерную систему для прогнозирования совершения общественно опасных действий психически больных.
4. Научно обосновать адекватность прогностической компьютерной системы, реализованной на основе математической модели, посредством сравнения прогностических и фактических данных

Научная новизна

Разработан алгоритм построения оптимального варианта математической модели для прогнозирования совершения ООД психически больных с применением регрессионного анализа и методов авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего (ARIMA).

Реализован алгоритм мониторинга и прогнозирования совершения ООД психически больных, позволяющий осуществлять оценку динамики популяционного динамического порога совершения преступлений по отдельным категориям психически больных.

Практическая значимость

Разработанное программное обеспечение позволяет проводить мониторинг ООД психически больных по следующим критериям в любом их сочетании: возраст, клинический диагноз, характер ООД. На этой основе возможно принятие своевременных управленческих решений направленных на проведение необходимых мероприятий по снижению уровня данных преступлений на уровне субъекта Российской Федерации.

Применение компьютерных технологий позволяет получать своевременную объективную информацию для формулирования целенаправленных мер профилактики ООД психически больных.

Материалы и методы исследования.

В основе научного исследования лежит комплексный анализ работы региональной судебно-психиатрической экспертной службы в области ООД психически больных.

Для математического моделирования временных рядов использовалась аддитивная модель

$$Y(t) = C(t) + S(t) + G(t) + E(t),$$

где $Y(t)$ – значение временного ряда в момент времени t по математической модели, $S(t)$ – сезонная, $C(t)$ – циклическая, $G(t)$ – детерминированная (или трендовая) и $E(t)$ – случайная (или стохастическая) компонента.

Определение циклических и сезонных компонентов осуществлялось на основе анализа автокорреляционной (ACF) и частной автокорреляционной (PACF) функций. Среди регрессионных моделей рассматривались следующие варианты: линейная, параболическая, логарифмическая, гиперболическая, экспоненциальная и степенная. Критерием оптимальности регрессионных моделей при сравнении друг с другом являлся наибольший коэффициент детерминации R^2 . Стохастическая составляющая анализировалась ARIMA-методом.

Алгоритм выбора оптимального варианта математической модели разрабатывался с учетом требований межгосударственного стандарта ГОСТ 19.701-90 ЕСПД. «Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения». Программная реализация осуществлялась в среде программирования Delphi XE2 с использованием системы управления базами данных Firebird версии 2.1.

Среди методов статистической обработки использовалась описательная статистика. Для оценки статистической значимости различий эмпирических и прогностических данных при проверке адекватности построенной математической модели использовался непараметрический критерий Манна-Уитни. Расчёты производились в системе IBM SPSS Statistics Version 23. Для проверки однородности эмпирических и прогностических данных при проверке адекватности математической модели использовался критерий Лемана-Розенблатта.

В процессе исследования использованы математико-статистический, аналитический, сравнительный анализы, контент-анализ. Математическая обработка данных проводилась с использованием компьютерных технологий.

По результатам исследований разработаны программные средства и внедрены в практическое здравоохранение:

- Программный продукт «Система для прогнозирования общественно опасных действий психически больных». Акт внедрения результатов научно-исследовательской работы ГБУЗ ТО «Областная клиническая психиатрическая больница»;
- Программный продукт «Система для прогнозирования общественно опасных действий психически больных». Акт внедрения результатов научно-исследовательской работы БУЗОО «Клиническая психиатрическая больница им. Н.Н. Солодниковой»;
- Программный продукт «Система для прогнозирования общественно опасных действий психически больных». Акт внедрения результатов научно-исследовательской работы ГАУЗ «Ямало-Ненецкий окружной психоневрологический диспансер».

Степень достоверности и апробации результатов. Достоверность полученных результатов определяется применением научных методов исследования, достаточным объемом используемой информации, подтвержденной выборочной совокупностью изучаемых объектов.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов-организаторов здравоохранения «Новые организационно-правовые и научные принципы в условиях модернизации здравоохранения России» ФГУ ЦНИИОИЗ (Москва, 2006); Научно-практической конференции «Актуальные проблемы теоретической, экспериментальной и клинической медицины» (Тюмень, 2006); Научно-практической конференции «Актуальные проблемы теоретической, экспериментальной и клинической медицины» (Тюмень, 2007); 4-м международном форуме «MedSoft-2008» (Москва, 2008); Международном конгрессе «Информационные технологии в медицине» (Москва, 2012); Всероссийском конкурсе научно-технического творчества молодежи «НТТМ-2013» (Москва, 2013); Форум «Открытые инновации-2014» (Москва, 2014); Научно-практической конференции «Актуальные проблемы теоретической, экспериментальной и клинической медицины» (Тюмень, 2015); Научно-практической конференции «Актуальные проблемы теоретической, экспериментальной и клинической медицины» (Тюмень, 2015); Окружная научно-практическая конференция «Особенности организации и оказания медицинской помощи пациентам с психическими расстройствами и различными формами зависимости от психоактивных веществ в Ямало-Ненецком автономном округе» (ЯНАО, 2017); Межрегиональном форуме «Инфосибирь 2017» (Новосибирск, 2017); Международной научно-практической конференции «Сибирская школа превентивной суицидологии и девиантологии» (Тюмень, 2021).

Личное участие автора. Основная часть исследования (не менее 85% общего объема) выполнена лично автором диссертационной работы. Автором определены основные направления исследования, разработана структура и инструментарий исследований, выбраны основные методы исследования, проанализированы литературные источники и нормативно-правовая документация. Автор лично участвовал во всех этапах научно-практического исследования: сборе, аналитической и статистической обработке материалов исследования, написание исходного программного кода, интерпретации их результатов, подготовке основных публикаций по диссертационной работе.

Публикации материалов исследований. По теме диссертации опубликовано 25 печатных научных работ, в том числе 9 в журналах, рекомендованных ВАК. По настоящей работе получено 19 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

– Применение технологий математического моделирования и компьютерного прогнозирования позволяет объективизировать профилактику общественно опасных действий психически больных;

- Прогнозирование общественно опасных действий психически больных основывается на объективных данных мониторинга, которые обеспечиваются функционированием компьютерной базы данных;
- Реализован алгоритм выбора оптимального варианта математической модели и компьютерная система для прогноза общественно опасных действий психически больных;
- Валидация системы компьютерного прогнозирования общественно опасных действий психически больных на основе сопоставления с реальными данными за аналогичный период времени показала высокую эффективность предложенной математической модели.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Научные положения диссертации соответствуют формуле специальности – 3.3.9. Медицинская информатика. Область и результаты проведенного исследования соответствуют пункту «5. Разработка алгоритмов профилактики, диагностики, прогнозирования, лечения; моделей и алгоритмов для оценки индивидуального и группового риска» паспорта специальности 3.3.9. Медицинская информатика.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация изложена на 143 страницах, содержит 32 рисунка и 6 таблиц; состоит из введения, глав «Обзор литературы», «Материалы и методы», результатов исследования и их обсуждения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и приложения. Список литературы включает 135 источников, из них 100 работ отечественных и 35 зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, указаны цель, задачи, научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе представлен обзор данных литературы. В первом разделе обозначена проблема совершения общественно опасных действий (ООД) психически больными. Данная проблема относится к числу наиболее актуальных в клинической, социальной и судебной психиатрии. Это доказывается высокой частотой противоправных действий, совершаемых в России психическими больными: от 1% до 20% по отдельным видам преступлений на фоне общего роста преступности. Психически больные лица способны причинять определенный и весьма существенный вред своими неправильными, неадекватными реальной обстановке действиями, которые совершаются нередко с большим упорством и активностью, своеобразной целеустремленностью. Поэтому профилактике ООД психически больных необходимо уделять особое внимание.

Во втором разделе первой главы рассмотрено понятие мониторинга. Приведены примеры его применения в разных областях медицины.

Третий раздел первой главы посвящен обзору применения математического моделирования и прогнозирования в сфере медицины. Рассмотрены различные методы анализа временных рядов: скользящее среднее, метод наименьших квадратов,

экспоненциальное сглаживание, регрессионный анализ, анализ аддитивной модели временного ряда, метод авторегрессионного проинтегрированного скользящего среднего (ARIMA).

Вторая глава посвящена описанию материалов и методов исследования. Все исходные данные были получены из годовых баз данных результатов амбулаторной судебно-психиатрической экспертной комиссии Тюменской области за 2001 – 2016 гг. Для исследования использовались только обезличенные данные. Общий объем судебно-психиатрических экспертиз (СПЭ) составил – 31793, из них к категории ООД относится 22981 экспертиза.

Исследование предметной области осуществлялось с помощью методов системного анализа. Временные ряды представлялись как упорядоченная последовательность величин

$$Y(t) = Y_1, Y_2 \dots, Y_t,$$

где t – момент времени. Математической модель временного ряда описывалась как аддитивная модель:

$$Y(t) = C(t) + S(t) + G(t) + E(t) \quad (1)$$

где основными составляющими являются циклическая $C(t)$, сезонная $S(t)$, трендовая $G(t)$ и стохастическая $E(t)$. Определение циклических и сезонных компонентов осуществлялось на основе анализа автокорреляционной (ACF) и частной автокорреляционной (PACF) функций. Детерминирующая составляющая находилась после исключения циклического и сезонного элементов методами регрессионного анализа, в основе которого лежит метод наименьших квадратов. Среди регрессионных моделей рассматривались следующие варианты: линейная, параболическая, логарифмическая, гиперболическая, экспоненциальная, степенная и полиномиальная 3-й степени.

Критерием оптимальности регрессионных моделей при сравнении друг с другом являлся наибольший коэффициент детерминации R^2

$$R^2 = \frac{ESS}{TSS},$$

где ESS – сумма квадратов регрессионных остатков, а TSS – общая дисперсия. ESS рассчитывалась по формуле

$$ESS = \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2,$$

где n – общее количество наблюдений, Y_t – фактическое значение переменной, $\hat{Y}_t$ – расчетное значение переменной по регрессии.

TSS рассчитывалась по формуле

$$TSS = \sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y}_t)^2,$$

где n – общее количество наблюдений, Y_t – фактическое значение переменной, $\bar{Y}_t$ – среднее значение.

После элиминации уже рассчитанных циклической, сезонной и детерминирующей элементов обрабатывается остаточный ряд с помощью методов ARIMA. Стохастическая составляющая математически представлена следующим выражением:

$$E(t) = \mu + \alpha_1 E_{t-1} + \alpha_2 E_{t-2} + \dots + \alpha_p E_{t-p} + \\ + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_0,$$

где $E_{t-1}, E_{t-2} \dots E_{t-p}$ – предыдущие значения стохастической составляющей временного ряда; $\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2} \dots \varepsilon_{t-q}$ – предыдущие значения ошибок стохастической составляющей временного ряда; p – порядок авторегрессии; q – порядок скользящего среднего; μ – константа; $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_p$ – коэффициенты авторегрессии; $\theta_1, \theta_2 \dots \theta_q$ – коэффициенты скользящего среднего; ε_0 – белый шум.

Общая формула нахождения прогноза на h шагов для модели ARMA (p, q) использовалась следующая:

$$\hat{E}_{(N+h)} = \mu(1 - \alpha_1 - \dots - \alpha_p) + \alpha_1 E_N + \dots + \alpha_p E_{N+h-p} + \\ + \theta_1 \varepsilon_N + \dots + \theta_q \varepsilon_{N+h-q}$$

Выбор оптимального варианта аддитивной математической модели обуславливался минимальным показателем критерия ВИС либо суммы квадратов разности между реальными и модельными данными.

При написании исходного кода программ использовалась среда программирования Delphi XE2. Для работы с базами данных была использована система управления базами данных – Firebird 2.1.

Основу для анализа ООД психически больных составил программный комплекс «Судебно-психиатрическая экспертиза», который состоит из следующих программ: автоматизированная информационная система «Судебно-психиатрическая экспертиза-Network» и автоматизированная информационная система «Отчет судебно-психиатрической экспертной комиссии».

Третья глава посвящена анализу состояния ООД психически больных на примере Тюменской области за 2001 – 2016 гг., как основы мониторинга. Для целей мониторинга ООД психически больных были определены критерии, а также подобрана оптимальная кратность наблюдения. Общий объем судебно-психиатрических экспертиз (СПЭ) составил – 31793. Распределение объема проведенных СПЭ по годам представлено на рисунке 1.

Экспертизы подразделялись по виду дела на уголовные и гражданские. Основу исследования составили АСПЭ по уголовным делам, где подэкспертные являлись обвиняемыми или подозреваемыми, общим количеством 22 981 экспертиза.

Выбор критериев мониторинга ООД психически больных проводился по основным показателям отраслевой отчетной формы №38 «Сведения о работе отделений судебно-психиатрической экспертизы», а именно: общий объем экспертиз, проведенных АСПЭС; распределение экспертиз по виду дела; распределение амбулаторных судебно-психиатрических экспертиз по уголовным делам по типу подэкспертных; гендерный признак; возраст подэкспертных; наименование

заболеваний, сгруппированных по шифрам МКБ-10; по характеру совершенных преступлений. Анализ гендерного признака оказался непоказательным. Определено, что для мониторинга необходимо использовать следующие критерии: возраст, клинический диагноз, характер ООД (статьи УК РФ).

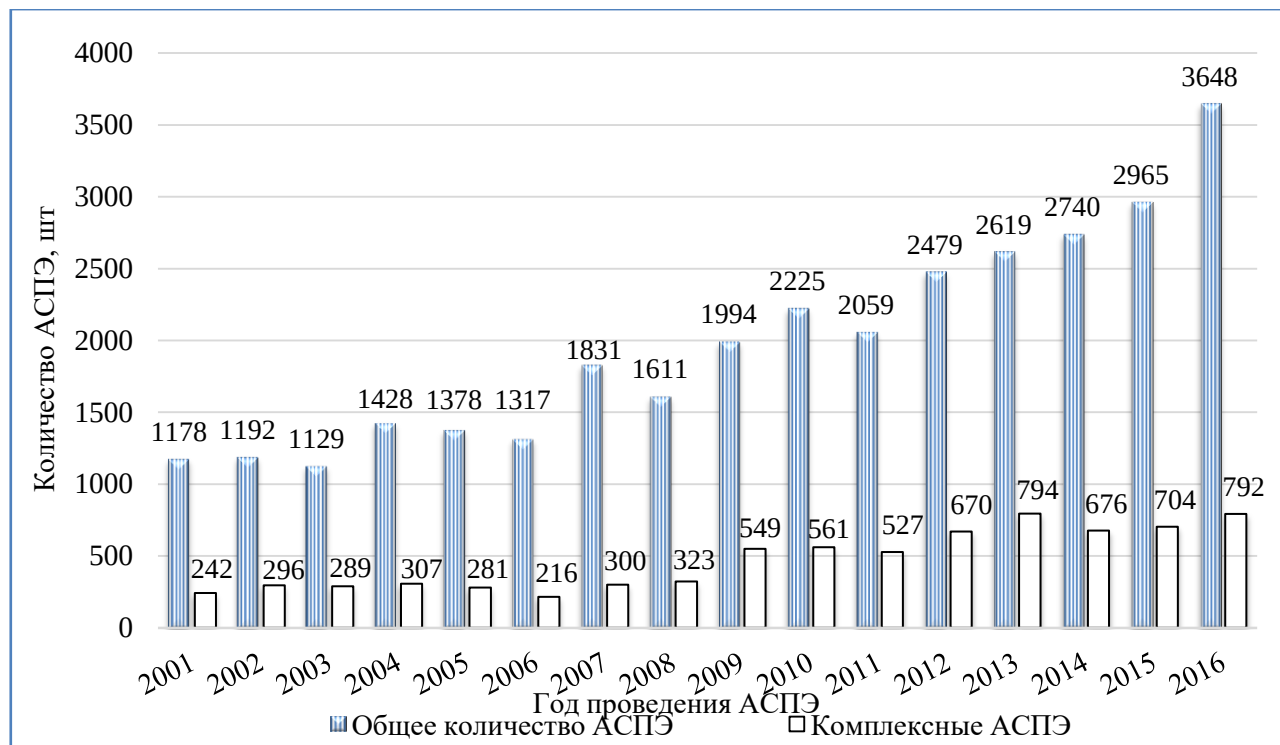


Рисунок 1. Динамика проведения АСПЭ по годам

При обосновании кратности мониторинга рассматривались три варианта: ежеквартальный, двухмесячный и ежемесячный. Наиболее показательным является наблюдение один раз в месяц. Данная кратность дает наиболее полную характеристику изучаемого критерия и облегчает интерпретацию причинно-следственных связей, наиболее точно показывает увеличение или уменьшение значений изучаемых признаков. Однако для целей прогноза следует выбирать ежеквартальный режим, учитывая наличие минимальных логических зависимостей между точками временных рядов.

Четвертая глава посвящена описанию разработанного алгоритма выбора оптимального варианта математической модели, программной реализации мониторинга и прогноза ООД психически больных. Первым шагом являлось выявление циклической и сезонной составляющих из аддитивной модели. Для каждого временного ряда строились кореллограммы ACF и PACF, в результате ни на одной из них не было выявлено сезонной или циклической зависимости временного ряда. Таким образом, данные компоненты аддитивной математической модели были исключены или приравнены к нулю. Качественная и параметрическая оценка трендовой и стохастической составляющих математической модели производилась методами регрессионного анализа и ARIMA.

Для выбора наилучшего варианта математической модели необходимо было найти оптимальное сочетание трендовой $G(t)$ и стохастических $E(t)$ составляющих. Для компоненты $G(t)$ используется 7 вариантов, для компоненты $E(t)$ – 27 вариантов, которые включают в себя перебор параметров AR, I, MA от 0 до 2 включительно, то есть от моделей ARIMA (0,0,0) до (2,2,2). Общее количество всех возможных вариантов моделей в данном случае составило $7 \times 27 = 189$. В аддитивной математической модели также рассматривался вариант отсутствия трендовой составляющей, и тогда использовалась только одна стохастическая компонента, которая в свою очередь добавляет еще 27 вариантов. Это определяется тем, что продифференцировав единожды или дважды, возможно получение стационарного временного ряда. Однако в данном случае исключается ARIMA модель с параметрами (0,0,0), так как по своей природе является горизонтальной линией и может быть описана линейной регрессией. Таким образом, общее число вариантов аддитивной математической модели составило 215.

Алгоритм определения оптимального варианта математической модели, наиболее точно показывающей зависимости исходного временного ряда для дальнейшего прогнозирования совершения ООД психически больных, представлен на рис. 1.

Анализ временных рядов, построенных по выбранным критериям, позволяет определить популяционный динамический порог количества совершения ООД лицами определенного возраста с указанным клиническим диагнозом, проживающими на определенной территории, в виде аддитивной математической модели.

Исследования критериев и кратности мониторинга легли в основу разработки автоматизированной информационной системы «Мониторинг и прогнозирование общественно опасных действий психически больных», предназначенной для наблюдения за состоянием ООД психически больных на учрежденческом и региональных уровнях (рис. 2).

Разработанный программный продукт позволяет в короткие сроки проводить углубленный анализ в необходимом временном интервале ООД психически больных в регионе на основе математических методов. Программа за указанный пользователем период с выбранной кратностью строит временной ряд по заданным критериям. Данная кривая анализируется регрессионными методами и с помощью авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего. Автоматический подбор оптимального варианта математической модели временного ряда позволяет предположить поведение данной кривой на 12 периодов (месяцев) вперед на основе математически обоснованного прогноза.

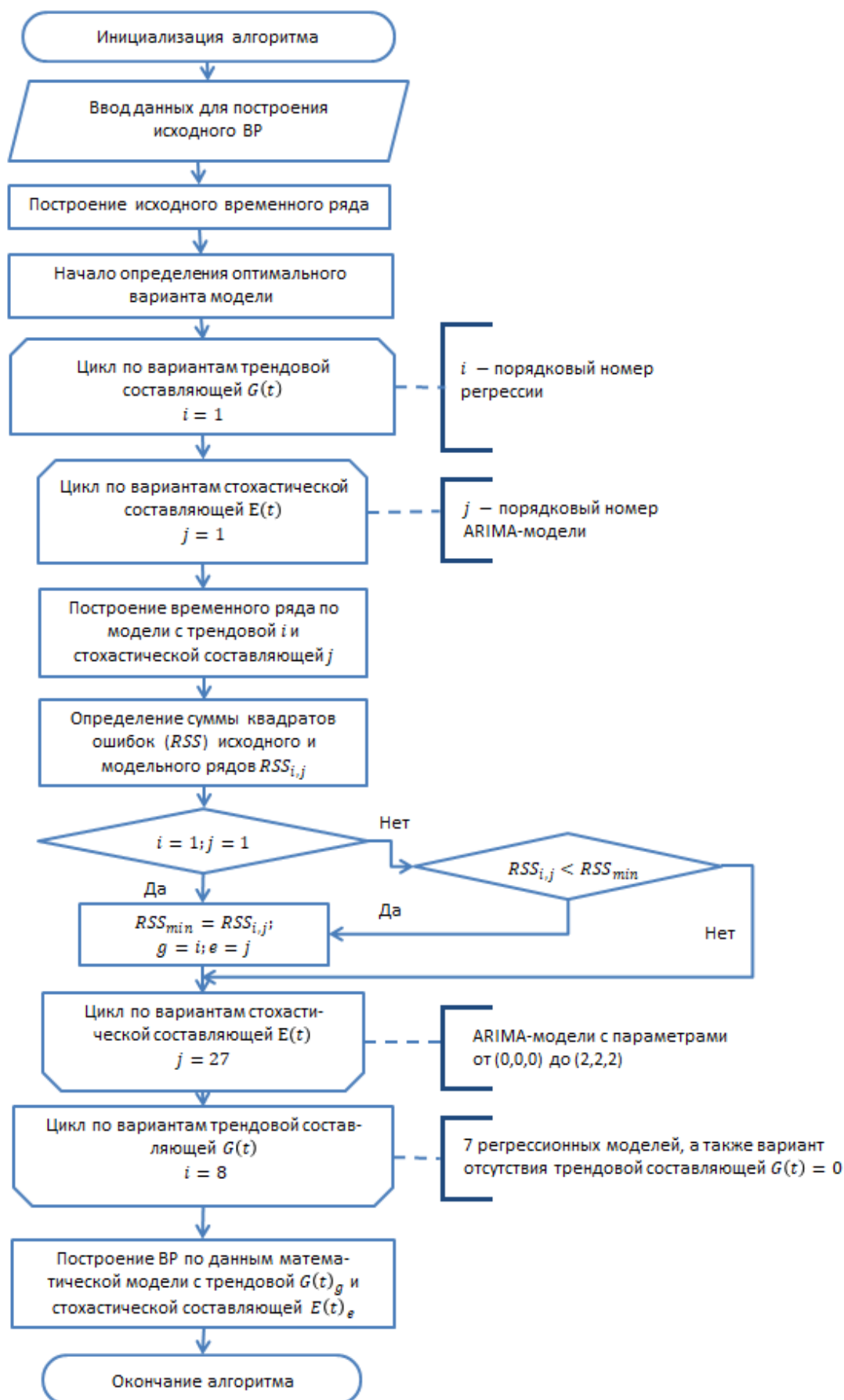


Рисунок 1. Алгоритм выбора оптимального варианта математической модели, описывающей исходный временной ряд

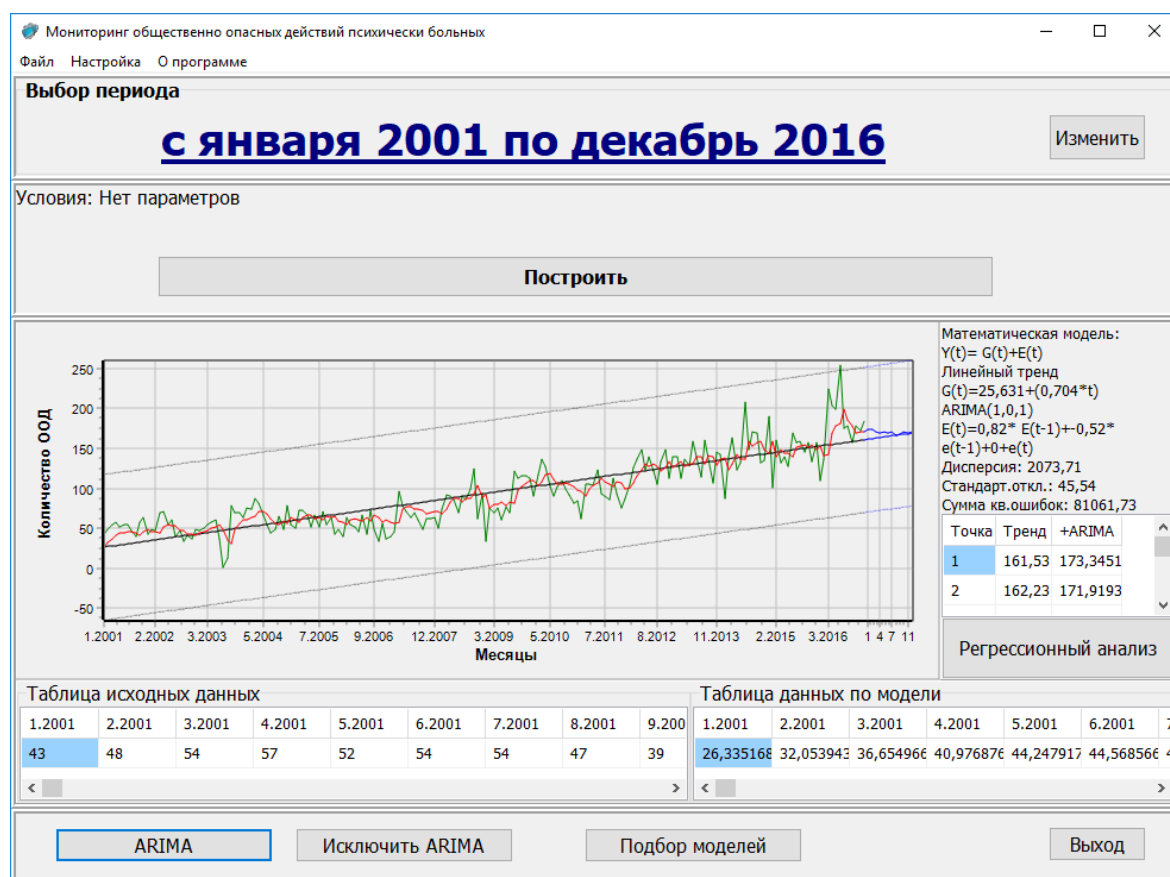


Рисунок 2. Главное окно программы «Мониторинг и прогнозирование общественно опасных действий психически больных» с регрессионной функцией, скорректированной ARIMA-моделью

Также была разработана геоинформационная система «Мониторинг общественно опасных действий психически больных Тюменской области», предназначенная для графического отображения количества совершенных ООД психически больными за указанный месяц на карте Тюменской области и города Тюмени средствами цветовой дифференциации.

Пятая глава посвящена проверке адекватности прогноза общественно опасных действий психически больных. Построение временных рядов, их анализ и прогнозирование проводилось в АИС «Мониторинг общественно опасных действий психически больных».

Обрабатывался массив данных с 2001 по 2014 года в ежеквартальном режиме, строился прогноз на 8 кварталов (2 года), который затем сравнивался с реальными данными 2015-2016 года. Выдвигалась нулевая (H_0) гипотеза об отсутствии различий между двумя независимыми выборками. Оценка проводилась по -критерию Манна-Уитни. Эмпирический критерий сравнивался с критическим табличным значением при уровне значимости $p = 0,05$. Если эмпирическое U_{emp} было больше табличного (для $N_1 = N_2 = 8$ $U_{kr} = 13$), то принималась H_0 гипотеза. Для наглядности U_{emp} рассчитывалась, как при использовании только регрессионной модели, так и для регрессионной модели скорректированной ARIMA. Критерием для выбора является

показатель суммы квадратов ошибок между эмпирическими и рассчитываемыми данными. При отсутствии детерминирующей составляющей оптимальной считалась модель с минимальным значением Байесовского информационного критерия (*BIC*).

Также однородность эмпирических и прогностических данных проверялась по критерию Лемана-Розенблатта, условие принятия нулевой гипотезы – $A_{emp} < 0,4614$. В настоящей работе проведены расчеты по двум вышеперечисленным критериям, но в виду высокой мощности и подтвержденной состоятельности последнего [А.И. Орлов, 2012] результаты проверки адекватности прогноза на основе оптимального варианта математической модели представлены по нему.

При проверке адекватности программного прогноза на основе оптимального варианта математической модели по критерию «Общее количество ООД психически больных» (рис. 3) была определен следующий вариант:

$$Y(t) = G(t) + E(t), \text{ где}$$

$$G(t) = 0,184t^2 - 4,898t + 266,737, \text{ и}$$

$$E(t) = 0,43E_{t-1} + 0,03E_{t-2} - 1,04 + \varepsilon_t.$$



Рисунок 3. Вариант математической модели для временного ряда, показывающий динамику общего количества ООД за период 2001-2014 гг. в ежеквартальном режиме, и его прогноз.

При проверке адекватности модели по критерию Лемана-Розенблатта типа омега-квадрат получили значение $A_{emp} = 0,3281$, что статистически подтверждает однородность эмпирических и прогностических данных (рис. 4).

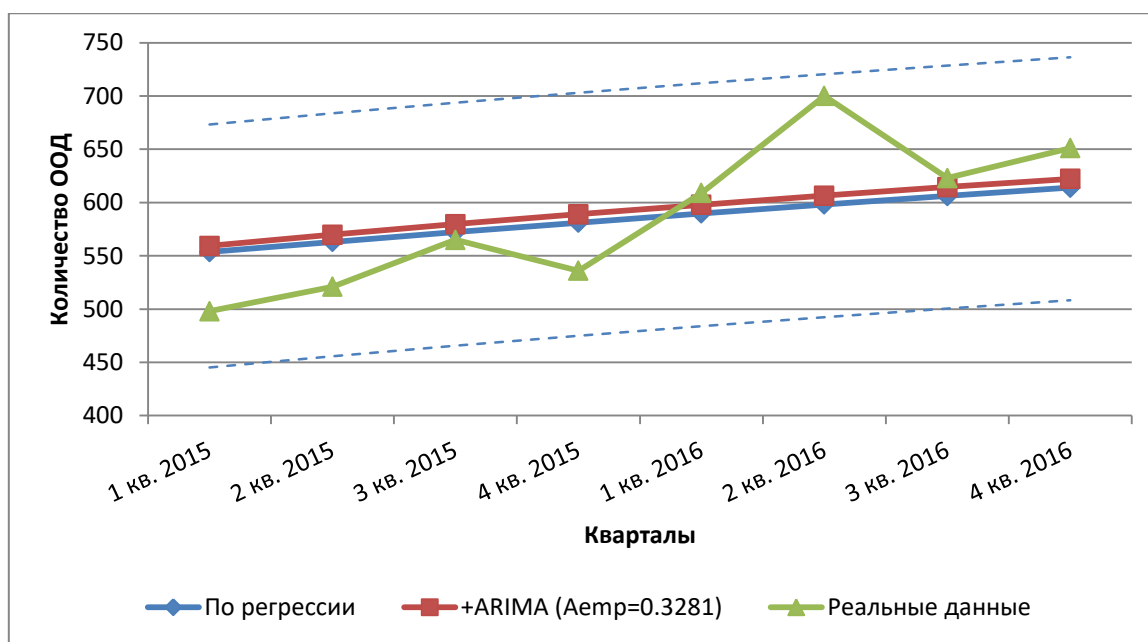


Рисунок 4. Сопоставление прогноза по регрессии и по регрессии, скорректированной ARIMA, а также реальных данных по общему количеству ООД за 2015-2016 года.

Согласно прогнозу, скорректированному математической моделью ARIMA (2,0,0), количество ООД психически больных данной группы в 2015-2016 гг. будет ежеквартально равномерно увеличиваться. Так, в 1 квартале 2015 года по прогнозу количество экспертиз составит 559 ± 114 , по реальным данным 498, что входит в указанный диапазон прогноза. Во втором квартале 2016 года наблюдается пик, и фактическое число экспертиз составило 700, по прогнозу же ожидалось 606 ± 114 , что входит в указанный диапазон значений. Прогноз, построенный на основе выявленного оптимального варианта математической модели, оказался адекватным, так как статистических значимых различий между реальными данными и прогнозом не выявлено. Фактическое количество экспертиз вошло в коридор доверительного интервала прогноза с ошибкой $6,9 \pm 3,4\%$ ($p = 0,05$).

Адекватность прогноза на основе оптимального варианта математической модели

$$Y(t) = G(t) + E(t), \text{ где}$$

$$G(t) = -0,0017t^3 + 0,166t^2 - 3,481t + 65,725, \text{ и}$$

$$E(t) = 0,4E_{t-1} - 0,02E_{t-2} + 0,77 + \varepsilon_t.$$

по критерию «Количество ООД несовершеннолетних психически больных» подтвердилась однородностью реальных данных и прогноза. Фактическое количество экспертиз вошло в коридор доверительного интервала прогноза с ошибкой $7,2 \pm 3,1\%$ ($p = 0,05$).

Проверка адекватности прогноза на основе оптимального варианта математической модели

$$Y(t) = G(t) + E(t), \text{ где}$$

$$G(t) = \exp(4,585 + 0,015t) \text{ и}$$

$$dE(t) = 0,74dE_{t-1} + 0,52dE_{t-2} - 0,15 + \varepsilon_t.$$

по критерию «Умственная отсталость (F70-F79)» также оказалась успешной. Фактическое количество экспертиз вошло в коридор доверительного интервала прогноза с ошибкой $11,4 \pm 5,0\%$ ($p = 0,05$).

Адекватность прогноза на основе оптимального варианта математической модели

$$Y(t) = G(t) + E(t), \text{ где}$$

$$G(t) = -0,00469t^3 + 0,492t^2 - 11,045t + 153,371, \text{ и}$$

$$E(t) = 0,56E_{t-1} - 0,04E_{t-2} + 2,03 + \varepsilon_t.$$

по критерию «Преступления против собственности (158-162 ст. УК РФ)» была доказана однородностью реальных данных и прогноза. Фактическое количество экспертиз вошло в коридор доверительного интервала прогноза с ошибкой $10,6 \pm 3,4\%$ ($p = 0,05$).

Адекватность прогноза на основе оптимального варианта математической модели

$$Y(t) = G(t) + E(t), \text{ где}$$

$$G(t) = -0,00185t^3 + 0,178t^2 - 3,687t + 46,083, \text{ и}$$

$$E(t) = 0,25E_{t-1} - 0,22\varepsilon_{t-1} + 0,65 + \varepsilon_t.$$

по критериям «Преступления против собственности (158-162 ст. УК РФ)» и «Возраст до 18 лет» была доказана однородностью реальных данных и прогноза. Фактическое количество экспертиз вошло в коридор доверительного интервала прогноза с ошибкой $11,1 \pm 3,9\%$ ($p = 0,05$).

Глава шестая посвящена обсуждению результатов исследований, их оценке и подведению итогов.

ВЫВОДЫ

1. Анализ состояния общественно опасных действий психически больных Тюменской области за 2001 – 2016 гг. позволил выбрать критерии для мониторинга общественно опасных действий психически больных: возраст, клинический диагноз, характер ООД (статьи УК РФ), территориальная принадлежность совершения ООД (район, регион). Для прогнозирования определена ежеквартальная кратность наблюдения.

2. Разработан алгоритм определения оптимального варианта математической модели, позволяющий прогнозировать совершение общественно опасных действий психически больных на основе выявленного популяционного динамического порога, используя регрессионный анализ и ARIMA-методы для подтверждения статистической значимости прогностических данных. Алгоритм позволяет найти оптимальное сочетание трендовой и стохастической составляющих аддитивной математической модели среди 215 возможных вариантов

3. Автоматизированная система «Мониторинг общественно опасных действий психически больных» обеспечивает построение и анализ временных рядов по выбранным критериям мониторинга в ежеквартальном режиме за указанный период, подбирает оптимальный вариант математической модели из 215 теоретически возможных, строит прогноз на 12-месячный период.

4. На основе сравнения значений, спрогнозированных по данным за 2001-2014 гг. с фактическими за 2015-2016 гг., статистически подтверждена адекватность прогноза (прогностическая эффективность) оптимального варианта математической модели в отношении пяти наиболее многочисленных (часто встречающихся) временных рядов.

5. Фактическое количество экспертиз вошло в коридор доверительного интервала ($p=0,05$): по критерию «Общее количество ООД психически больных» – $6,9 \pm 3,4\%$; по критерию «Количество ООД несовершеннолетних психически больных» – $7,2 \pm 3,1\%$; по критерию «Умственная отсталость (F70-F79)» – $11,4 \pm 5,0\%$; по критерию «Преступления против собственности» – $10,6 \pm 3,4\%$; по комплексу критериев «Преступления против собственности» и «Возраст до 18 лет» – $11,1 \pm 3,9\%$.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработанный алгоритм подбора вариантов математической модели рекомендуется применять с целью получения адекватного прогноза совершения общественно опасных действий психически больных относительно рассчитанного динамического популяционного порога.

2. Рекомендуется использовать разработанное программное обеспечение, которое позволяет выявить оптимальный вариант математической модели описываемого временного ряда среди 215 вариантов сочетания регрессионных и ARIMA моделей.

3. Программный продукт «Мониторинг общественно опасных действий психически больными» рекомендуется использовать в рамках работы региональной судебно-психиатрической экспертной службы при наличии данных не менее чем за три года.

4. Анализ полученного прогноза рекомендуется учитывать при разработке планов мероприятий по первичной профилактике общественно опасных действий психически больных средствами общепсихиатрической сети.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Санников, А.Г. Результаты амбулаторной судебно–психиатрической экспертизы в Тюменской областной экспертной комиссии за 2004–2005 годы (тезисы)/ А.Г. Санников, Д.Б. Егоров // Материалы ВОИР «Лучшие использованные технические решения, представленные на областные конкурсы». – Тюмень: Печатник, 2006. – С. 125.
2. Санников, А.Г. Автоматизированная информационная система «СПЭК–аналитика» / А.Г. Санников, Д.Б. Егоров // Материалы ВОИР «Лучшие использованные технические решения, представленные на областные конкурсы». – Тюмень: Печатник, 2007. – С. 127.
3. Санников, А.Г. О первичной профилактике общественно опасных действий психически больных / А.Г. Санников, В.И. Долгинцев, Д.Б. Егоров // Материалы всероссийской научной конференции, посвящённой 85–летию кафедры общественного здоровья и здравоохранения ММА «Общественное здоровье, управление здравоохранением и подготовка кадров» / Под ред. В.З. Кучеренко. – М.: ММА им. Сеченова, 2007. – С. 166-169.
4. Тюрин, М.В. Автоматизированная информационная система «СПЭК–аналитика» как средство анализа общественно-опасных действий психически больных / М.В. Тюрин, Д.Б. Егоров, А.Г. Санников // **Медицинская наука и образование Урала**. – 2007. – №3. – С. 125-126.
5. Егоров, Д.Б. Геоинформационная система «Мониторинг общественно опасных действий психически больных Тюменской области» / Д.Б. Егоров, А.Г. Санников // Бюллетень «Программы для ЭВМ, базы данных и топологии интегральных микросхем». – М.: ФИПС, 2008. – №4. – С. 4.
6. Егоров, Д.Б. Технология автоматизированного мониторинга общественно опасных действий психически больных лиц и информационная система для её реализации / Д.Б. Егоров, А.Г. Санников // **Врач и информационные технологии**. – 2008. – №4. – С. 74-75.
7. Санников, А.Г. Геоинформационная система «Судебно–психиатрическая экспертиза в Тюменской области» / А.Г. Санников, Д.Б. Егоров, И.А. Киреев // Сборник «Лучшие использованные технические решения, представленные на областные конкурсы». –Тюмень: Печатник, 2008. – С. 51-52.
8. Санников, А.Г. О параметрах автоматизированного мониторинга общественно опасных действий психически больных / А.Г. Санников, Д.Б. Егоров // Материалы международной конференции MedSoft–2008. – М. – 2008. – С. 55.
9. Санников, А.Г. Определение индикаторов для автоматизированного мониторинга общественно опасных действий психически больных / А.Г. Санников, Д.Б. Егоров // Материалы 7–го Российского конгресса «Современные технологии в педиатрии и детской хирургии». – М.: Издательство «Оверлей» – 2008. – С. 475-476.
10. Санников, А.Г. Характер и клинические причины общественно опасных действий психически больных, впоследствии признанных невменяемыми (на модели

Тюменской области) / А.Г. Санников, С.М. Уманский, Д.Б. Егоров // **Сибирский вестник психиатрии и наркологии.** – 2008. – №2. – С. 136-138.

11. Егоров, Д.Б. Регрессионный анализ как математическая основа формирования системы автоматизированного мониторинга общественно опасных действий психически / Д.Б. Егоров, А.Г. Санников // Академический вестник. – 2009. – №1. – С. 20-26.

12. Шваб, Д.В. Анализ видов общественно опасных действий, совершаемых больными с умственной отсталостью, как одна из основ их профилактики / Д.В. Шваб, Д.Б. Егоров, Г.В. Кулеватов // **Медицинская наука и образование Урала.** – 2016. – Т. 17 – №4. – С. 95-97.

13. Шваб, Д.В. Половозрастные характеристики больных умственной отсталостью как фактор совершения общественно опасных действий / Д.В. Шваб, Д.Б. Егоров, Г.В. Кулеватов // В сборнике: Новые задачи современной медицины Материалы IV Международной научной конференции. – СПб.: Свое издательство – 2016. – №4. – С. 85-89.

14. Шваб, Д.В. Структура рекомендаций амбулаторной судебно-психиатрической экспертной комиссии по результатам экспертизы лиц с умственной отсталостью и другими органическими поражениями головного мозга / Д.В. Шваб, Д.Б. Егоров, Г.В. Кулеватов // **Медицинская наука и образование Урала.** – 2016. – Т. 17 – №4. – С. 121-124.

15. Валеев, Р.И. Объем экспертной деятельности судебно-психиатрической экспертной службы в 2006-2016 гг. / Р.И. Валеев, Д.В. Шваб, Д.Б. Егоров с соавт. // Электронный научно-образовательный вестник здоровье и образование в XXI веке. – 2017. – Т. 19 – №12. – С. 71-73.

16. Егоров, Д.Б. Анализ и прогнозирование общественно опасных действий психически больных современными математическими методами / Д.Б. Егоров, А.Г. Санников, С.Д. Захаров с соавт. // **Врач и информационные технологии.** – 2017. – №3. – С. 67-75.

17. Егоров, Д.Б. Возможности интерпретации автоматизированного прогноза общественно опасных действий совершеннолетних психически больных/ Д.Б. Егоров, Д.В. Шваб, Г.В. Кулеватов // Журнал научных статей здоровье и образование в XXI веке. – 2017. – Т. 19 – №3. – С. 82-87.

18. Санников, А.Г. Анализ распространенности психических расстройств и общественно опасных действий психически больных с умственной отсталостью и приобретенным органическим поражением головного мозга (по данным Тюменской области) / А.Г. Санников, Д.Б. Егоров, Д.В. Шваб с соавт. // **Менеджер здравоохранения.** – 2017. – №3. – С. 28-34.

19. Санников, А.Г. Возможности интерпретации автоматизированного прогноза общественно опасных действий совершеннолетних психически больных/ А.Г. Санников, Д.В. Шваб, Д.Б. Егоров // Журнал научных статей здоровье и образование в XXI веке. – 2017. – Т. 19 – №12. – С. 243-245.

20. Санников, А.Г. Система мер профилактики общественно опасных действий психически больных с умственной отсталостью на основе выделения факторов и групп риска / А.Г. Санников, Е.В. Родяшин, М.В. Тюрин с соавт. // **Медицинская наука и образование Урала.** – 2017. – Т. 18 – №1. – С. 121-126.
21. Долгинцев, В.И. Оценка показателей общественно опасных действий психически больных / В.И. Долгинцев, Д.Б. Егоров, Д.В. Шваб с соавт. // **Сибирский вестник медицинской информатики и информатизации здравоохранения.** – 2018. – №1-2. – С. 41-43.
22. Долгинцев, В.И. Распространенность органических психических расстройств / В.И. Долгинцев, М.В. Тюрин, Д.Б. Егоров с соавт. // **Сибирский вестник медицинской информатики и информатизации здравоохранения.** – 2018. – №1-2. – С. 44-46.
23. Егоров, Д.Б. Применение математических методов для прогнозирования общественно опасных действий психически больных / Д.Б. Егоров, А.Г. Санников, Д.В. Шваб с соавт. // **Судебная психиатрия: современные проблемы теории и практики (диагностика, экспертиза, профилактика).** Материалы научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Е.В. Макушкина, Г.А. Фастовцова. – М. – 2018. – С. 70-72.
24. Егоров, Д.Б. Современные методы анализа и прогнозирования временных рядов и их применение в медицине / Д.Б. Егоров, С.Д. Захаров, А.О. Егорова // **Врач и информационные технологии.** – 2020. – №1. – С. 21-26.
25. Егоров, Д.Б. Результаты проверки адекватности математической модели прогнозирования общественно опасных действий психически больных / Д.Б. Егоров, С.Д. Захаров // **Вестник новых медицинских технологий.** – 2021. – Т. 28 – №2. С. 103–106. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-2-103-106.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АИС – Автоматизированная информационная система

АСПЭ – амбулаторная судебно-психиатрическая экспертиза

АСПЭС – амбулаторная судебно-психиатрическая экспертная служба

ООД – общественно опасные действия

СПЭ – судебно-психиатрическая экспертиза

СПЭС - судебно-психиатрическая экспертная служба

ACF – (Auto Correlations Function) – Функция автокорреляции

ARIMA – Autoregressive integrated moving average

BIC (Bayesian information criterion) – Байесовский информационный критерий

PACF (Partial Auto Correlations Function) – Функция частной автокорреляции

ЕГОРОВ
Дмитрий Борисович

**СИСТЕМА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ОБЩЕСТВЕННО ОПАСНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПСИХИЧЕСКИ БОЛЬНЫХ**

**3.3.9. Медицинская информатика
(медицинские науки)**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание
ученой степени кандидата медицинских наук

Подписано в печать 25.10.2023
Заказ № 77-24. Формат 60×84 /16. Усл. печ. л. 1,0.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman суг.
Печать цифровая. Тираж 100 экз.

Отпечатано в РИЦ «Айвекс» (ИП Батурин А.В.)
625013, г. Тюмень, проезд 7-й Губернский, д.43.
Тел. 8-908-869-84-89, e-mail: aiveks@mail.ru