

УДК 330.43:343.9

DOI 10.36511/2078-5356-2021-2-123-130

Терехов Андрей Михайлович
Andrey M. Terekhov

кандидат экономических наук, доцент кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин

Российский государственный университет правосудия (603022, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 17а)

candidate of sciences (economy), associate professor of the department of humanities and socio-economic disciplines

Russian State University of Justice (17a Gagarin av., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603022)

E-mail: ser-smir@yandex.ru

Кувычков Сергей Иванович
Sergey I. Kuvychkov

кандидат юридических наук, доцент кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин

Российский государственный университет правосудия (603022, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 17а)

candidate of sciences (law), associate professor of the department of humanities and socio-economic disciplines

Russian State University of Justice (17a Gagarin av., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603022)

E-mail: ser-smir@yandex.ru

Смирнов Сергей Александрович
Sergey A. Smirnov

старший преподаватель кафедры математики, информатики и информационных технологий
Нижегородская академия МВД России (603950, Нижний Новгород, Анкудиновское шоссе, 3)

senior lecturer of the department of mathematics, computer science and information technology

Nizhny Novgorod academy of the Ministry of internal affairs of Russia (3 Ankudinovskoye shosse, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603950)

E-mail: ser-smir@yandex.ru

Особенности статистического моделирования и прогнозирования преступности: теоретический аспект

Features of statistical modeling and forecasting of crime: theoretical aspect

Цель работы состоит в теоретическом анализе современных методик моделирования и прогнозирования состояния преступности, которые могут быть использованы в системе государственного управления правоохранительной сферой. В процессе исследования выявлены особенности использования различных инструментов и моделей прогнозирования состояния преступности. Значительная часть исследований ученых обращена в сторону использования пространственных и пространственно-временных моделей, а также методов искусственного интеллекта. Отмечено высокое качество месячных прогнозов. Выделены различные экономические, социальные, географические, временные и другие группы факторов, оказывающие влияние на состояние преступ-

ности. Установлено, что качество разрабатываемых прогнозов преступности зависит от выбора оптимального метода и периода прогнозирования, от полноты информационной базы, включающей социальные, экономические, правовые и другие характеристики явлений и процессов общественной жизни, оказывающих влияние на криминальную обстановку. Отмечено, что особенную актуальность в настоящее время приобретает практическое использование методов искусственного интеллекта и эконометрического анализа в прогнозировании состояния преступности.

Ключевые слова: анализ преступности, прогнозирование, моделирование, статистика преступности.

© Терехов А. М., Кувычков С. И., Смирнов С. А., 2021

The purpose of the work is to provide a theoretical analysis of modern methods of modeling and forecasting the state of crime, which can be used in the system of public administration of the law enforcement sphere. In the course of the research, the peculiarities of using various tools and models for predicting the state of crime are revealed. A significant part of the research of scientists is directed towards the use of spatial and spatiotemporal models, as well as methods of artificial intelligence. The high quality of monthly forecasts is noted. Various economic, social, geographical, temporal and other groups of factors that influence the state of crime are identified.

It is established that the quality of the developed crime forecasts depends on the choice of the optimal method and period of forecasting, on the completeness of the information base, including social, economic, legal and other characteristics of the phenomena and processes of public life that affect the criminal situation. It is noted that the practical use of artificial intelligence and econometric analysis methods in predicting the state of crime is becoming particularly relevant at the present time.

Keywords: crime analysis, forecasting, modeling, crime statistics.

Прогнозирование и моделирование преступности является важным элементом системы государственного управления социальными процессами, происходящими в стране. Прогнозирование преступности представляет собой предвидение вероятностных изменений тенденций и закономерностей возникновения преступных проявлений в будущем. Методы прогнозирования преступности широко используются в криминологии и основываются на имеющихся научных представлениях о преступности, использовании статистических, экспериментальных методов, математического моделирования. Данному вопросу посвящено множество исследований как отечественных, так и зарубежных авторов, отдельные результаты которых рассмотрены в данной статье.

Задачи исследования состоят в теоретическом анализе действующей практики моделирования и прогнозирования состояния преступности в различных странах с определением наиболее действенных методик.

Актуальность исследования заключается в том, что анализ современных методик моделирования и прогнозирования преступности позволяет установить наиболее подходящие и эффективные модели, которые могут быть использованы органами государственного управления для борьбы с преступностью; определить наиболее значимые факторы, оказывающие влияние на состояние преступности.

Рассматривая современные методы прогнозирования состояния преступности, следует уделить внимание пространственному и пространственно-временному подходам в построении моделей состояния правоохранительной сферы, которые задействованы в исследованиях многих отечественных и зарубежных ученых. Так, например, в работе [1] рассмотрена задача прогнозирования очагов преступности в регионах с низкой плотностью населения и неравно-

мерным распределением преступности. Авторами разработана модель машинного обучения для пространственно-временного прогнозирования, специально адаптированная к несбалансированному распределению преступности. Модель протестирована в реальных условиях с использованием современных прогностических параметров (в том числе: социально-экономических, географических, временных, метеорологических и криминальных). Мнения авторов сводятся к тому, что использование предложенной методики на практике позволит значительно увеличить точность прогнозирования (до 60,4 %) и будет способствовать принятию оптимальных управленческих решений в правоохранительной системе.

Особенности построения пространственно-временной авторегрессионной модели (ST-AR) для прогнозирования уровня насильственных и имущественных преступлений в США рассмотрены в работе [2]. Автор отмечает, что применяемая на практике дезагрегированная модель насильственных преступлений штата Флорида основана на данных об убийствах, изнасилованиях, грабежах и нападениях, в то время как модель имущественных преступлений включает информацию о кражах со взломом, кражах и угонах автомобилей. Модель ST-AR RMSE была применена при построении экспериментальных прогнозов, а результаты моделирования сравнили с результатами применения агрегированных одномерных моделей AR (p), векторных авторегрессий (VAR), байесовских VAR (BVAR), прогнозирующих будущие уровни преступности. Отмечается, что моделирование по технологии ST-AR превосходит остальные подходы в прогнозировании преступлений.

Исследование, описанное в работе [3], связано с выявлением и обоснованием возможности прогнозирования отдельных преступлений сроком на 1 календарный месяц в небольших

районах Питтсбурга. Авторами производится сравнение точности полученных прогнозных данных при использовании одномерных моделей временных рядов с «наивными» методами, используемыми полицией. Сделан вывод о том, что прогнозирование преступности по методу экспоненциального сглаживания Хольта с ежемесячной сезонностью, оцененной с использованием общегородских данных, является наиболее точным на уровне участков.

В работе [4] проанализирована пространственно-временная структура сообщений о стрельбе, собранных мобильным приложением *Fogo Cruzado* в столичном районе Рио-де-Жанейро (Бразилия). В исследовании были задействованы непараметрические инструменты вывода первого и второго порядков для характеристики поведения стрельбы, проведена проверка соответствия паттернов стрельбы предложенным моделям прогнозирования преступности (карты горячих точек ядра, случайный точечный процесс). Непараметрический тест для сравнения интенсивностей первого порядка выявил зависимость присутствия полиции и наличия жертв в перестрелках. Разработанный авторами логарифмический критерий отделимости первого порядка, основанный на логарифмическом соотношении, показал изменение с течением времени пространственного распределения огнестрельного оружия, погибших и присутствия полиции. Таким образом, случайный точечный процесс с несепарабельной фоновой составляющей, по мнению авторов, является приемлемой моделью для разработки подхода к прогнозированию преступности.

В работе [5] рассмотрены модели прогнозирования процессов (процесс Хокса и гауссовский процесс Кокса) для понимания особенностей изменения уровня преступности во времени и/или пространстве. Авторами был задействован метод максимального правдоподобия (MLE) с использованием пакетных данных с ограничениями по отслеживанию в режиме реального времени и количественной оценки неопределенности. В результате был разработан новый Байесовский последовательный алгоритм ассимиляции данных для совместной оценки параметров состояния неоднородного пуассоновского процесса путем получения аппроксимирующего пуассоновского гамма-фильтра Калмана, позволяющего количественно оценивать неопределенность.

Географические закономерности в области прогнозирования преступности изучены в статье [6]. Авторами проанализированы связи от-

дельных категорий преступлений со временем, погодой, местоположением, величиной годового дохода, уровнем грамотности применительно к определенной территории. Рассмотрена методика пространственно-временного прогнозирования преступности, основанная на машинном обучении в сочетании с анализом двумерной модели горячих точек на основе кластеризации. Проведено сравнение производительности предложенной модели при использовании современных методов классификации (как с анализом точек доступа, так и без анализа точек доступа) и установлено, что модель с анализом точек доступа имеет высокое качество.

В работе [7] проведено сравнение уровней преступности между южными и северными регионами Нигерии с использованием многомерного теста, основанного на модели Хотеллинга. Авторами были использованы данные 37 штатов по вооруженным разбойным нападениям, угонам транспорта, численности заключенных в тюрьмах. Результаты исследования показали более высокую распространенность вооруженных разбойных нападений в Южном регионе. При рассмотрении среднего количества преступлений, как в Южном, так и в Северном регионах существенной разницы не наблюдалось. Авторами установлены группы населения с высокими показателями судимости, в которые входят, например, христиане и отдельные лица в возрасте от 26 до 50 лет.

Возможности применения прогностического анализа в городском контексте на основе специальных статистических методов рассмотрены в работе [8]. Базой исследования послужили данные по трем видам преступности (квартирные кражи, уличные грабежи и побои), которые пространственно агрегированы в матрице размером 200×200 и ретроспективно проанализированы. Авторами задействована ансамблевая модель, синтезирующая результаты логистической регрессии и нейросетевой модели, в результате чего получены двухнедельные прогнозы на 2014 год, основанные на данных о преступности за предыдущие три года. Кроме этого, разработаны ежемесячные прогнозы с разбивкой по времени суток на дневные и ночные. Их качество оценивается на основе таких критериев, как: частота прямого попадания (доля правильно предсказанных инцидентов), точность (доля правильных прогнозов по отношению к общему числу прогнозов) и индекс прогнозирования (отношение частоты прямого попадания к доле общей площади, прогнозируемой как высокий риск). Отмечено более высокое качество

месячных прогнозов (с разделением на дневные и ночные) по сравнению с двухнедельными прогнозами, что указывает на то, что условие времени может оказать важное влияние на результаты прогнозирования.

Исследование различных особенностей мест совершения преступлений (таких как бары, школы, остановки общественного транспорта) представлено в работе [9]. Для выявления особенностей местности, повышающих риск ограбления, и их особого пространственного влияния авторами задействован инструментальный моделирование местности риска (RTM) на основе геопространственного прогнозирования и диагностики преступности. Результаты исследования показали схожесть (но не идентичность) факторов риска ограбления в различных средах.

Проблемы обеспечения общественной безопасности, связанные с усилившимися процессами урбанизации рассмотрены в работе [10]. Авторами представлен прогностический подход, основанный на пространственном анализе и авторегрессионных моделях для автоматического выявления регионов с высокими рисками преступности в городских районах и надежного прогнозирования тенденций преступности в каждом регионе. Таким образом, построена пространственно-временная модель прогнозирования преступности, состоящая из набора регионов с высокой плотностью преступности и связанных с ними предикторов преступности, каждый из которых представляет собой прогностическую модель для оценки числа преступлений, которые могут произойти в соответствующем регионе. Экспериментальная оценка проводилась на основе двух реальных наборов данных, собранных в городах Чикаго и Нью-Йорке. Она показала хорошие результаты выбранного подхода, который обеспечивает приемлемую точность пространственного и временного прогнозирования преступности на скользящих временных горизонтах.

В работе [11] сравниваются различные подходы к проблеме прогнозирования количества преступлений в различных районах города. В процессе исследования были испытаны три типа прогностических моделей: линейная регрессия, логистическая регрессия и градиентный бустинг. Прогностические факторы, используемые в этих моделях, были выбраны с использованием методов выбора признаков. Такой подход позволил повысить точность прогнозов и избежать переоснащения модели. Полученные модели были протестированы на кри-

минальных данных города Санкт-Петербурга. В процессе сравнения результатов модельных прогнозов было установлено, что градиентный бустинг является наиболее подходящим методом для решения задачи прогнозирования уровня преступности в определенной городской местности.

Варианты прогнозирования преступности с применением моделей нейронных сетей рассмотрены в работе [12]. На основе данных за 15 лет (посредством использования интегрирующих структур вариационных автокодиров и контекстно-зависимой последовательности генеративной нейронной сети) авторами построена новая эталонная модель прогнозирования — сеть осведомленности о криминальной ситуации (CSAN). Так, исследование регионального многотипного прогнозирования частоты преступлений показало превосходство CSAN в сравнении с другими широко используемыми алгоритмами пространственно-временного прогнозирования, например, такими, как Conv-LSTM. Также авторами обращено внимание на имеющиеся трудности в реализации поставленных задач, включающие: трудности в понимании региональной криминогенной ситуации, наличие трудноразрешимых корреляций, избыточность информации в пространственно-временных наборах данных и т. д.

В работе [13] использован анализ панельных данных по 21 стране за период с 1990 по 2015 год, на основе которого рассмотрена роль качественного образования в обеспечении доступа к правосудию. В исследовании задействована модель панельного фиксированного эффекта. Полученные результаты показали наличие положительной связи между наличием статей в научно-технических журналах и уровнем преступности. Установлено, что увеличение дохода на душу населения, заявок на товарные знаки и гранты на техническое сотрудничество приводит к значительному снижению уровня преступности в разных странах. Дисперсионный декомпозиционный анализ (VDA) показал большую долю влияния на уровень преступности объемов финансирования НИОКР, в то время как наличие грантов на техническое сотрудничество оказывает влияние на уровень преступности в течение последующих 10 лет.

Моделирование рельефа риска (RTM) для выявления факторов, предсказывающих преступность, связанную с бездомными (на примере Лос-Анджелеса) рассмотрено в работе [14]. Установлено, что из 26 различных аттракторов и генераторов преступности в тройку наиболее

значимых входят: имевшиеся ранее аресты, связанные с оборотом наркотиков, приюты для бездомных и автобусные остановки. Авторы приходят к выводу, что использование целенаправленных пространственных стратегий может снизить как риски правонарушений бездомных, так и риски виктимизации.

Важности использования алгоритмов машинного обучения для снижения уровня преступности детально обоснованы в работе [15]. При этом авторами установлена обратная зависимость между тенденциями экономического роста и уровнем преступности. На основе данного подхода разработана модель с использованием обучающего набора данных, прошедшего через процесс очистки и преобразования данных. Анализ набора данных вместе с его характеристиками реализован с помощью визуализации данных. В процессе исследования выявлены факторы риска и разработаны прогностические меры, которые помогают обеспечить безопасность общества. В данной работе были приведены различные алгоритмы кластеризации, оптимизации и статистического анализа.

Изучение причинно-следственных связей преступности проведено в работе [16]. Авторами задействовано несколько линейных моделей с целью прогнозирования преступности на основе существующих корреляций между преступностью и городскими показателями. Результаты моделирования показали наличие Негауссовских помех и мультиколлинеарности, обойти которые возможно посредством использования алгоритмов машинного обучения. Авторами задействован метод случайной лесной регрессии для прогнозирования преступности и количественной оценки влияния городских показателей на уровень убийств. Точность прогнозирования преступности составила до 97 %. Установлено, что безработица и неграмотность являются наиболее важными переменными, влияющими на объемы убийств в бразильских городах.

Влияние наличия/отсутствия уличного освещения на состояние преступности (на примере США) рассмотрено в работе [17]. В данном контексте авторами рассмотрены пространственные связи между плотностью уличного освещения, характеристиками социальной дезорганизации в районе и преступностью (например, кража с взломом, угон транспортных средств, преступления с применением оружия и т. д.) применительно к территории Детройта, штат Мичиган (по состоянию на 2014 г.). Для выявления влияния пространственных пере-

менных и времени суток на преступность, на основе данных об уличном освещении и данных о преступности авторами была построена обобщенная модель наименьших квадратов преступности в 879 группах переписных блоков. Результаты показали обратную зависимость между плотностью уличного освещения и уровнем преступности, при этом влияние периода времени суток варьировалось в зависимости от характера совершаемых преступлений.

В работе [18] обращается внимание на значимость прогнозирования преступных проявлений с точки зрения принятия оптимальных решений в области уголовного правосудия для предотвращения преступности. Авторами произведена оценка паттернов человеческой деятельности, полученных на основе данных социальных сетей: *Taxi trip*, *Twitter* и *Foursquare*. Анализ данных о преступности в Нью-Йорке за полугодие показал повышение точности прогнозирования имущественных преступлений на 19 % за счет использования указанных данных (в сравнении с использованием только демографических показателей). Этот эффект сильнее всего проявлялся, когда новые функции использовались вместе, что позволило по-новому взглянуть на прогнозирование преступности.

Анализ используемых в отечественной практике подходов к прогнозированию состояния преступности экстремистской направленности рассмотрен в работе [19]. Автором описаны наиболее распространенные методы прогнозирования (экстраполяция, моделирование, метод экспертных оценок), особенности их применения, оценены перспективы применения нового режима таргетирования с точки зрения его потенциальной эффективности. На основе показателей, характеризующих миграционные процессы, автором была предпринята попытка аргументированного прогнозирования развития преступности экстремистской направленности в стране на краткосрочную и среднесрочную перспективу. Особое место в вопросах влияния на уровень преступности отведено развитию нормативно-правового регулирования.

Проблемы математического моделирования состояния преступности с выявлением различных типов взаимосвязей социально-экономических факторов рассмотрены в работе [20]. Авторами задействован количественный анализ данных с использованием системного и структурно-функционального подхода для описания протекающих общественных процессов. Обозначена тенденция снижения/роста преступности под влиянием социальных transforma-

ний, проводимых изменений в законодательной сфере, а также других факторов. Выделена значимость математического моделирования динамических рядов преступности с точки зрения прогнозирования состояния правоохранительной системы.

В работе [21] приведена сравнительная характеристика основанных на искусственном интеллекте современных программных средств, направленных на противодействие преступности. Авторами описаны имеющиеся возможности предиктивной аналитики и прогнозирования, в том числе при использовании межведомственного экспериментального программного комплекса «Искусственный интеллект в расследовании и оперативно-розыскной деятельности при совершении уголовных преступлений», системы контекстного интеллекта *Nigel* и т. д. Рассмотрены особенности применения искусственного интеллекта для профилактики преступности с использованием следующих программных сред: *COMPAS*, *Harm Assessment Risk Tool*, *CEG*, *PredPol*, *ePOOLICE*, *Palantir*, системы прогнозной психометрики преступного сообщества и пр. Разработана система индикаторов раннего предупреждения преступности.

В работе [22] описана взаимосвязь состояния преступности в стране и уровня ее экономического развития, реализованы вертикальный и горизонтальный анализ, факторный анализ, сравнения и сопоставления данных, прогнозирования показателей экономической преступности. По результатам исследования выработаны предложения по оптимизации деятельности правоохранительных органов на основе оценки современного состояния и тенденций развития экономической преступности в Российской Федерации.

Особенности осуществления криминологического прогнозирования рецидивной преступности рассмотрены в работе [23]. Прогноз рецидивной преступности представлен как составной элемент системы криминологического прогнозирования преступности, позволяющий минимизировать неопределенность основных закономерностей и тенденций ее развития, предвидеть возможность ее состояния на прогнозируемый период и установить качественное состояние факторов, наиболее интенсивно воздействующих на рецидивную преступность. Автор обращает свое внимание на то, что использование на практике данного метода способствует повышению качества принятия управленческих решений государственными ор-

ганами, осуществляющими уголовно-исполнительную политику в процессе предупреждения рецидивной преступности.

В работе [24] описана методика моделирования и прогнозирования численности зарегистрированных преступлений в Российской Федерации за 2010—2019 годы, основанная на специфике изучаемого временного ряда, учитывающая следующие важные составляющие: возможность учета временной ценности информации, самокорректируемость модели. Моделирование и прогнозирование временного ряда количества зарегистрированных преступлений было выполнено с использованием экспоненциального сглаживания.

В работе [25] рассмотрен анализ методов математического моделирования преступности и социально-правовых факторов, оказывающих влияние на ее величину. Авторами доказана высокая эффективность методов простой линейной экстраполяции, выделения сезонной компоненты, количественного анализа с использованием структурно-функционального и системного подходов для прогнозирования преступности.

Таким образом, для прогнозирования преступности авторами используется широкий инструментарий методов построения моделей, в том числе: ST-AR, AR (p), VAR (BVAR), RTM, CSAN, VDA, MLE-метод, ансамблевая модель, модель Хотеллинга, метод экспоненциального сглаживания Хольта, нейросетевая модель, логистическая регрессия, градиентный бустинг, линейная регрессия и др. Периоды прогнозирования составляют от нескольких недель до года (в т. ч. разделяются по времени суток), при этом отмечается более высокое качество месячных прогнозов. Большинство исследований основывается на построении моделей, учитывающих пространственное и пространственно-временное распространение общественных явлений и процессов. Выделяются различные экономические, социальные, географические, временные, метеорологические, криминальные и другие факторы, оказывающие влияние на состояние преступности. Зачастую исследования сводятся к использованию методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решений множества сходных задач (алгоритмы машинного обучения). В современных условиях развития информационных технологий данное направление является обоснованным и перспективным с точки зрения получения качественных моделей и точных прогнозов.

Примечания

1. Kadar C., Maculan R., Feuerriegel S. Public decision support for low population density areas: An imbalance-aware hyper-ensemble for spatio-temporal crime prediction // *Decision Support Systems*. 2019. № 119. С. 107—117.

2. Shoensmith G. L. Space—time autoregressive models and forecasting national, regional and state crime rates // *International Journal of Forecasting*. 2013. № 29. С. 191—201.

3. Gorr W., Olligschlaeger A., Thompson Y. Short-term forecasting of crime // *International Journal of Forecasting*. 2003. № 19 (4). С. 579—594.

4. Fuentes-Santos I., González-Manteiga W., Zubelli J.P. Nonparametric spatiotemporal analysis of violent crime. A case study in the Rio de Janeiro metropolitan area // *Spatial Statistics*. 2020. № 100431. Doi.org/10.1016/j.spasta.2020.100431.

5. Santitissadeekorn N., Short M. B., Lloyd D. J. B. Sequential data assimilation for 1D self-exciting processes with application to urban crime data // *Computational Statistics & Data Analysis*. 2018. № 128. С. 163—183.

6. Hajela G., Chawla M., Rasool A. A clustering based hotspot identification approach for crime prediction // *Procedia Computer Science*. 2020. № 167. С. 1462—1470.

7. Adubisi O. D., Adubisi C. E., David I. J., Eleke C. C., Njoku N. Multivariate test based on Hotelling's trace with application to crime rates // *Scientific African*. 2019. № 6. e00166. Doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00166.

8. Rummens A., Hardyns W., Pauwels L. The use of predictive analysis in spatiotemporal crime forecasting: Building and testing a model in an urban context // *Applied Geography*. 2017. № 86. С. 255—261.

9. Barnum J. D., Caplan J. M., Kennedy L. W., Piza E. L. The crime kaleidoscope: A cross-jurisdictional analysis of place features and crime in three urban environments // *Applied Geography*. 2017. № 79. С. 203—211.

10. Catlett C., Cesario E., Talia D., Vinci A. Spatio-temporal crime predictions in smart cities: A data-driven approach and experiments // *Pervasive and Mobile Computing*. 2019. № 53. С. 62—74.

11. Ingilevich V., Ivanov S. Crime rate prediction in the urban environment using social factors // *Procedia Computer Science*. 2018. № 136. С. 472—478.

12. Wang Q., Jin G., Zhao X., Feng Y., Huang J. CSAN: A neural network benchmark model for crime forecasting in spatio-temporal scale // *Knowl. Based Syst.* 2020. № 189. Doi.org/10.1016/j.knosys.2019.105120.

13. Zaman K., Usman B., Sheikh S.M., Iswan, Khan A., Kosnin A. B. M., Rosman A. S. B., Ismail S., Ali D. F., Hishan S. S. Managing crime through quality education: A model of justice // *Science & Justice*. 2019. № 59 (6). С. 597—605.

14. Yoo Y., Wheeler A. P. Using risk terrain modeling to predict homeless related crime in Los Angeles, California

// *Applied Geography*. 2019. № 109. Doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102039.

15. Bandekar S. R., Vijayalakshmi C. Design and Analysis of Machine Learning Algorithms for the reduction of crime rates in India // *Procedia Computer Science*. 2020. № 172. С. 122—127.

16. Alves L. G. A., Ribeiro H. V., Rodrigues F. A. Crime prediction through urban metrics and statistical learning // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2018. № 505. С. 435—443.

17. Xu Y., Fu C., Kennedy E., Jiang S., Owusu-Agyemang S. The impact of street lights on spatial-temporal patterns of crime in Detroit, Michigan // *Cities*. 2018. № 79. С. 45—52.

18. Vomfell L., Härdle W. K., Lessmann S. Improving crime count forecasts using Twitter and taxi data // *Decision Support Systems*. 2018. № 113. С. 73—85.

19. Осипов В. А. Некоторые аспекты прогнозирования развития преступности экстремистской направленности в Российской Федерации // *Вестник Белгородского юридического института МВД России имени И. Д. Путилина*. 2019. № 4. С. 17—22.

20. Пилюгина Т. В., Пичкурено Е. А., Вендина А. А. Математические методы прогнозирования преступности // *Aspectus*. 2015. № 1. С. 98—103.

21. Суходолов А. П., Бычкова А. М. Искусственный интеллект в противодействии преступности, ее прогнозировании, предупреждении и эволюции // *Всероссийский криминологический журнал*. 2018. Т. 12. № 6. С. 753—766.

22. Маркина С. А. Оценка и прогнозирование экономической преступности в системе обеспечения экономической безопасности // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*. 2019. Т. 9. № 6 (35). С. 147—162.

23. Артемьев Н. С., Панкратов В. А. Общий теоретический аспект прогнозирования рецидивной (пенитенциарной) преступности // *Человек: преступление и наказание*. 2016. № 2 (93). С. 6—10.

24. Богданова М. В., Паршинцева Л. С., Квачко В. Ю. Методика моделирования и прогнозирования преступности в Российской Федерации // *Правовая информатика*. 2019. № 4. С. 50—62.

25. Пилюгина Т. В., Натура Д. А. Использование метода математического моделирования при прогнозировании региональной преступности в вопросах ее предупреждения // *Всероссийский криминологический журнал*. 2017. Т. 11. № 1. С. 61—70.

References

1. Kadar C., Maculan R., Feuerriegel S. Public decision support for low population density areas: An imbalance-aware hyper-ensemble for spatio-temporal crime prediction. *Decision Support Systems*, 2019, no. 119, pp. 107—117.

2. Shoensmith G. L. Space—time autoregressive models and forecasting national, regional and state

Терехов А. М., Кувычков С. И., Смирнов С. А. Особенности статистического моделирования и прогнозирования преступности: теоретический...

- crime rates. *International Journal of Forecasting*, 2013, no. 29, pp. 191—201.
3. Gorr W., Olligschlaeger A., Thompson Y. Short-term forecasting of crime. *International Journal of Forecasting*, 2003, no. 19 (4), pp. 579—594.
 4. Fuentes-Santos I., González-Manteiga W., Zucchini J.P. Nonparametric spatiotemporal analysis of violent crime. A case study in the Rio de Janeiro metropolitan area. *Spatial Statistics*, 2020, no. 100431. Doi.org/10.1016/j.spasta.2020.100431.
 5. Santitissadeekorn N., Short M. B., Lloyd D. J. B. Sequential data assimilation for 1D self-exciting processes with application to urban crime data. *Computational Statistics & Data Analysis*, 2018, no. 128, pp. 163—183.
 6. Hajela G., Chawla M., Rasool A. A clustering based hotspot identification approach for crime prediction. *Procedia Computer Science*, 2020, no. 167, pp. 1462—1470.
 7. Adebisi O. D., Adebisi C. E., David I. J., Eleke C. C., Njoku N. Multivariate test based on Hotelling's trace with application to crime rates. *Scientific African*, 2019, no. 6, e00166. Doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00166.
 8. Rummens A., Hardyns W., Pauwels L. The use of predictive analysis in spatiotemporal crime forecasting: Building and testing a model in an urban context. *Applied Geography*, 2017, no. 86, pp. 255—261.
 9. Barnum J. D., Caplan J. M., Kennedy L. W., Piza E. L. The crime kaleidoscope: A cross-jurisdictional analysis of place features and crime in three urban environments. *Applied Geography*, 2017, no. 79, pp. 203—211.
 10. Catlett C., Cesario E., Talia D., Vinci A. Spatio-temporal crime predictions in smart cities: A data-driven approach and experiments. *Pervasive and Mobile Computing*, 2019, no. 53, pp. 62—74.
 11. Ingilevich V., Ivanov S. Crime rate prediction in the urban environment using social factors. *Procedia Computer Science*, 2018, no. 136, pp. 472—478.
 12. Wang Q., Jin, G., Zhao X., Feng Y., Huang J. CSAN: A neural network benchmark model for crime forecasting in spatio-temporal scale. *Knowl. Based Syst.*, 2020, no. 189. Doi.org/10.1016/j.knosys.2019.105120.
 13. Zaman K., Usman B., Sheikh S. M., Iswan, Khan A., Kosnin A. B. M., Rosman A. S. B., Ismail S., Ali D. F., Hishan S. S. Managing crime through quality education: A model of justice. *Science & Justice*, 2019, no. 59 (6), pp. 597—605.
 14. Yoo Y., Wheeler A. P. Using risk terrain modeling to predict homeless related crime in Los Angeles, California. *Applied Geography*, 2019, no. 109. Doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102039.
 15. Bandekar S. R., Vijayalakshmi C. Design and Analysis of Machine Learning Algorithms for the reduction of crime rates in India. *Procedia Computer Science*, 2020, no. 172, pp. 122—127.
 16. Alves L. G. A., Ribeiro H. V., Rodrigues F. A. Crime prediction through urban metrics and statistical learning. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2018, no. 505, pp. 435—443.
 17. Xu Y., Fu C., Kennedy E., Jiang S., Owusu-Agyemang S. The impact of street lights on spatial-temporal patterns of crime in Detroit, Michigan. *Cities*, 2018, no. 79, pp. 45—52.
 18. Vomfell L., Härdle W. K., Lessmann S. Improving crime count forecasts using Twitter and taxi data. *Decision Support Systems*, 2018, no. 113, pp. 73—85.
 19. Osipov V. A. Some aspects of forecasting the development of extremist crime in the Russian Federation. *Bulletin of the Belgorod law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after I. D. Putilin*, 2019, no. 4, pp. 17—22. (In Russ.)
 20. Pilyugina T. V., Pichkurenko E. A., Vendina A. A. Mathematical methods of crime forecasting. *Aspectus*, 2015, no. 1, pp. 98—103. (In Russ.)
 21. Sukhodolov A. P., Bychkova A. M. Artificial intelligence in countering crime, its forecasting, prevention and evolution. *All-Russian criminological journal*, 2018, vol. 12, no. 6, pp. 753—766. (In Russ.)
 22. Markina S. A. Assessment and forecasting of economic crime in the system of ensuring economic security. *Izvestiya Yugo-zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Series: Economics. Sociology. Management*, 2019, vol. 9, no. 6 (35), pp. 147—162. (In Russ.)
 23. Artemyev N. S., Pankratov V. A. General theoretical aspect of forecasting recidivism (penitentiary) crime. *Man: crime and punishment*, 2016, no. 2 (93), pp. 6—10. (In Russ.)
 24. Bogdanova M. V., Parshintseva L. S., Kvachko V. Yu. Methods of modeling and forecasting crime in the Russian Federation. *Legal Informatics*, 2019, no. 4, pp. 50—62. (In Russ.)
 25. Pilyugina T. V., Natura D. A. Using the method of mathematical modeling in predicting regional crime in the issues of its prevention. *All-Russian criminological journal*, 2017, vol. 11, no. 1, pp. 61—70. (In Russ.)