

УДК 343.97; 004.81

А.А. Прокудин, М.П. Силич

Анализ факторов преступности на основе гибридных когнитивных карт

Построена гибридная когнитивная карта для оценки социально-экономических факторов преступности и их взаимосвязей на основе статистических данных. С помощью аппарата нечеткой логики получены лингвистические оценки состояния и динамики изменения каждого из выделенных факторов для регионов РФ. С помощью средств регрессионного анализа данных определены оценки силы влияния факторов друг на друга. Разработанная модель может быть использована для диагностики и сравнительного анализа, в качестве примера приведено сравнение преступности в федеральных округах.

Ключевые слова: гибридная когнитивная карта, нечеткая оценка факторов, регрессионный анализ, преступность.

DOI: 10.21293/1818-0442-2023-26-1-107-115

Моделирование социально-экономических систем является важной частью процессов анализа и принятия решений государственными и муниципальными органами власти. Высокий уровень развития информационных технологий, в том числе систем искусственного интеллекта предоставляет возможности применения комплексного подхода к анализу общественных проблем, опирающегося как на экспертные знания, так и на автоматизированную обработку данных и знаний. Это позволяет оценивать ситуацию более объективно и выработать более обоснованные стратегические решения по преодолению негативных тенденций и развитию.

Использование методов когнитивного моделирования обусловлено необходимостью принимать решения в сложных многофакторных ситуациях с большим уровнем неопределенности. Суть данных методов заключается в выделении факторов некоторой ситуации, представлении их взаимосвязей в виде графа и анализе карты с целью оценки факторов и их влияния на ситуацию. Существуют разные виды когнитивных карт, отличающиеся подходом к оценке и интерпретации силы влияния факторов. Когнитивные карты позволяют решать задачи в областях как технических, так и гуманитарных наук. Они все шире применяются для анализа и прогнозирования сложных социально-экономических процессов в странах и регионах. Примерами могут служить когнитивная модель экономического развития страны [1] или модель, описывающая проблему бездомности [2].

Указанные выше особенности делают когнитивные карты полезным инструментом для анализа уровня преступности. Преступность является комплексным явлением, объединяющим факторы общественные и индивидуальные, экономические и политические. Существует обилие теорий преступности, пытающихся понять первопричины разных преступлений в обществе. При этом тестирование данных теорий достаточно сложно ввиду большого разнообразия комбинаций различных факторов, способных вызвать рост преступности и ее падение.

Несмотря на сложность изучения, преступность нуждается в дальнейшем исследовании и выработке новых механизмов ее решения, так как является серьезной социальной проблемой. Целесообразность привлечения передовых методов обработки данных и знаний для анализа преступности отмечается в нескольких работах, посвященных созданию когнитивных моделей преступности в РФ [3, 4].

Целью данного исследования является моделирование и анализ состояния различных социально-экономических факторов, их влияния на преступность в регионах России. Для этого используется метод иерархических гибридных когнитивных карт, описанный в [5, 6]. В отличие от других видов когнитивных карт, данный метод предполагает возможность использования статистических данных для оценки состояния или изменения состояния факторов в конкретном регионе с помощью разнообразных методов (фаззификации, нечеткой кластеризации, аккумуляции), а также для оценки силы взаимовлияния факторов. При этом оценки выводятся с учетом различий во внешних условиях групп регионов, что полезно для понимания разнообразия ситуаций с преступностью в зависимости от территориальной специфики и уровня криминальности.

Рассмотрим применение метода для получения статических и динамических оценок состояния преступности и влияющих на нее факторов в субъектах РФ на начало и конец периода с 2010 по 2020 г. Это позволит выделить группы регионов с различным уровнем преступности (низким, средним, высоким) и различной степенью ее роста / падения и сделать выводы, в каких федеральных округах наибольшее число проблемных субъектов.

Кроме того, рассмотрим результаты регрессионного анализа статистических данных для оценки силы влияния различных факторов на уровень преступности. Такие оценки дают возможность выявить наиболее значимые факторы для преступлений различной степени тяжести, а также обнаружить различия в закономерностях, характерных для разных федеральных округов.

Построение когнитивной карты

Гибридная когнитивная карта представлена в виде иерархии, отображающей непосредственное или опосредованное влияние управляемых и внешних факторов на целевой фактор. Факторам сопоставляются индикаторы – измеримые показатели, на основе которых определяются лингвистические оценки их состояния.

Основой для построения гибридной когнитивной карты явились результаты исследований причин преступности, опубликованные в работах как отечественных, так и зарубежных авторов. Существующие особенности, специфичные для конкретных стран и регионов, при построении когнитивной карты не столь важны, они будут выявлены на этапе оценивания сил влияния факторов друг на друга. Таким образом, универсальная модель в дальнейшем может быть «настроена». Оценка взаимовлияния факторов на наборе данных для конкретного региона или группы регионов позволит отбросить неподтвержденные гипотезы о причинах преступности и показать общие закономерности.

Выявленные факторы и соответствующие им индикаторы представлены в табл. 1. Выбор факторов во многом определялся наличием статистических данных – значений индикаторов для субъектов РФ за довольно продолжительный период времени.

Таблица 1

Факторы когнитивной карты

Обозначение	Название фактора	Индикаторы
F_1	Уровень преступности	Количество тяжких и особо тяжких преступлений на 1000 чел. и количество преступлений легкой и средней тяжести на 1000 чел.
F_2	Бедность	Уровень бедности
F_3	Доход населения	Среднедушевой доход населения (без социальных выплат)
F_4	Поддержка населения	Среднедушевые расходы на социальную политику (без пособий) и пособия
F_5	Безработица	Уровень безработицы
F_6	Неравенство	Коэффициент Джини
F_7	Развитие экономики	ВРП на душу населения
F_8	Эффективность полиции	Доля нераскрытых преступлений за отчетный период

Построенная в результате анализа литературы когнитивная карта показана на рис. 1. Знаки «+» и «-» рядом с отношениями ассоциации, связывающими факторы с индикаторами, означают знак коэффициента соответствия: «+» – если оценка фактора тем выше, чем больше значение индикатора, «-» – если наоборот. По модулю все коэффициенты соответствия равны 1.

Целевым фактором является уровень преступности. Поскольку общая преступность складывается из преступлений разного уровня тяжести, причем разные факторы могут иметь различную важность

для отдельных видов преступлений, уровень преступности оценивается по двум индикаторам. Один – для тяжких преступлений, другой – для преступлений средней и легкой степени тяжести.

Большинство остальных факторов характеризуют социально-экономические условия, только один отражает эффективность самой правоохранительной системы. Для его оценки используется доля нераскрытых преступлений от общего числа преступлений за год.

В качестве социально-экономических условий, определяющих уровень преступности, были выбраны такие широко используемые метрики благополучия населения, как уровень бедности, безработицы и неравенства доходов населения. Существует достаточно большое количество литературы, связывающей преступность и указанные выше факторы. Экономические факторы стабильно оказывают влияние на преступность по данным исследований, анализирующих развитие ряда стран [7, 8].

Авторы в [9, 10] находят связь также между преступностью и безработицей в США и Швеции соответственно. Следует отметить, что данные авторы указывают на различия в степени влияния факторов на разные виды преступлений, в частности, на то, что экономические факторы сильнее влияют на имущественную преступность. Имеются и работы отечественных авторов о важности экономических факторов для уровня российской преступности, показывающие связь преступности с бедностью и уровнем заработка населения для страны в целом [11]. Другие исследования по теме выявляют довольно небольшую роль именно указанных экономических факторов в российской преступности [12]. Отмечается также, что косвенное влияние на преступность могут иметь уровень доходов населения и эффективность мер социальной поддержки населения.

Валовой региональный продукт используется в данной модели для оценки уровня экономики региона. Интересным является исследование влияния общего экономического состояния региона на уровень преступности в нем. Предполагается, что в регионах с развитой экономикой должно расти и социальное благополучие, приводя к уменьшению преступности. Однако некоторые авторы не находят значимой связи, и даже утверждают о наличии положительной связи с уровнем преступности [13].

Статическая оценка факторов

Статическая оценка фактора отражает его состояние в заданном регионе на конкретный момент времени, например на конец определенного года. Гибридность когнитивной карты подразумевает различные способы оценки элементов карты (факторов и связей). В данной работе для разделения регионов на группы по уровню состояния того или иного фактора используется процедура фаззификации значений индикаторов, сопоставленных фактору.

Статическая оценка фактора в конкретном регионе в заданном году определяется на множестве треугольных функций принадлежности, построен-

ных путем равномерного разбиения базового множества значений индикаторов на пересекающиеся интервалы по числу термов. Для оценок всех факторов используется множество термов $T = \{\text{«Низкая оценка»}, \text{«Оценка ниже среднего»}, \text{«Средняя оценка»}, \text{«Оценка выше среднего»}, \text{«Высокая оценка»}\}$. В

случае отрицательного коэффициента соответствия индикатора фактору термы следуют в обратном порядке. При наличии двух и более индикаторов для определения степени уверенности в принадлежности к терму используется максиминная свертка.

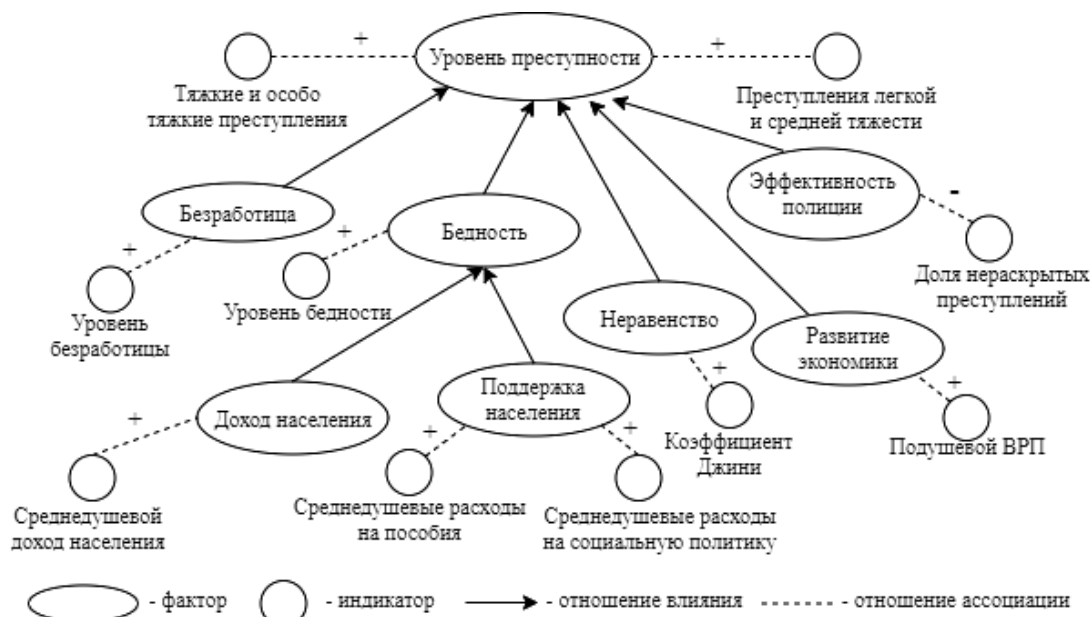


Рис. 1. Когнитивная карта влияния факторов на преступность

Все данные перед оценкой проверяются на наличие выбросов с использованием межквартильного расстояния. Состояние фактора для регионов с аномально низкими значениями индикатора, являющимися выбросами, оценивается как «Очень низкая оценка», с аномально высокими значениями – как «Очень высокая оценка». На рис. 2 показаны графики полученных функций принадлежности для оценки одного из факторов.

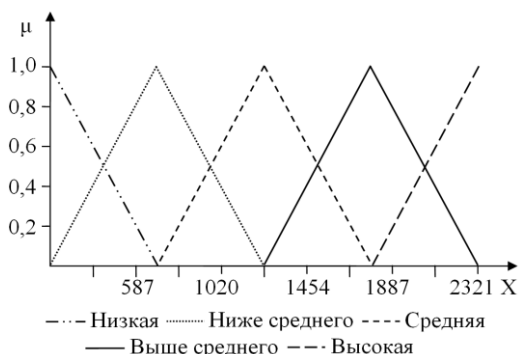


Рис. 2. Графики функций принадлежности для оценки по индикатору «Преступления средней и легкой тяжести»

Чтобы исключить дублирование индикаторов, связанных с одним и тем же фактором, выполняется проверка наличия корреляции между значениями индикаторов. Коэффициенты корреляции между индикаторами для оценки факторов «Уровень преступности» и «Поддержка населения» равны 0,74 и 0,5 соответственно (менее 0,8), что говорит о достаточном их различии и сохранении необходимости

использовать два индикатора для оценки каждого из факторов.

Статические оценки факторов, представленных на когнитивной карте (см. рис. 1), определялись для восьмидесяти трех субъектов РФ, по которым имеются открытые данные государственной и ведомственной статистики за период с 2010 по 2020 г. Экономические данные были получены с портала Федеральной службы государственной статистики, данные по преступности – с портала правовой статистики Генеральной прокуратуры Российской Федерации. Все денежные переменные приведены к реальным значениям на 2010 г.

Для каждого региона были получены оценки состояния факторов на каждый год периода 2010–2020 гг. Распределение регионов по уровню преступности в соответствии с полученными ими оценками целевого фактора в 2010 и в 2020 гг. приведено в табл. 2. Для регионов, получивших две оценки, учитывалась оценка с наибольшей степенью уверенности.

Таблица 2

Распределение регионов по уровню преступности в начале и конце периода

Уровень преступности	Количество регионов в	
	2010 г.	2020 г.
Очень низкий уровень	0	1
Низкий уровень	2	2
Уровень ниже среднего	12	19
Средний уровень	32	45
Уровень выше среднего	23	14
Высокий уровень	6	1
Очень высокий уровень	8	1

По полученным результатам можно сделать вывод, что за исследуемый период в России произошел спад преступности. Высокий уровень преступности в 2020 г. был установлен в Еврейской АО (степень уверенности равна 0,97), очень высокая оценка преступности была получена Амурской областью (значение является выбросом). Еврейская АО при этом имеет высокий уровень бедности и очень низкий уровень эффективности полиции. Амурская область имеет низкий уровень эффективности полиции, но другие факторы на среднем уровне.

Преступность на уровне выше среднего обнаружена в Псковской области (0,95), Курганской области (0,93), Республике Алтай (0,9), Республике Бурятия (0,89), Республике Карелия (0,85), Удмуртской Республике (0,85), Забайкальском крае (0,84), Ленинградской области (0,81), Кемеровской области (0,78), Костромской области (0,76), Новосибирской области (0,71), Республике Хакасия (0,69), Республике Коми (0,6), Республике Тыва (0,55). Причины повышенного уровня преступности встречаются различные. Часто обнаруживается относительно низкая эффективность полиции, но она обычно сопровождается низкими экономическими показателями. Есть и особые случаи. Так, в Республике Алтай эффективность полиции выше среднего при низких экономических показателях. В Новосибирской и Ленинградской областях эффективность полиции низкая и очень низкая, хотя экономические показатели находятся на среднем уровне и выше.

Низкий уровень преступности был выявлен в Республике Ингушетия (0,83) и Республике Дагестан (0,66). Очень низкий уровень преступности зафиксирован в Чеченской Республике. В Дагестане наблюдается высокая эффективность полиции, при этом имеется очень высокий уровень безработицы, очень низкий уровень социальной поддержки и уровень развития экономики ниже среднего. В Ингушетии обнаруживается средний уровень эффективности полиции, а также очень высокие показатели бедности, безработицы и социальной поддержки. В Чечне наблюдается очень высокий уровень безработицы, эффективности полиции и поддержки населения. Также наблюдаются показатели развития экономики на низком уровне и бедность выше среднего.

Результаты позволяют говорить о большой важности способности полиции раскрывать преступления для снижения уровня преступности. Большинство регионов с низким уровнем преступности не имеют высоких оценок экономических факторов, лишь уровень социальной поддержки высок в двух субъектах. Это может означать наличие других факторов, влияющих на уровень преступности, не учтенных моделью.

В табл. 3 показано распределение регионов разных федеральных округов по оценкам уровня преступности. Названия федеральных округов в табл. 3 представлены в виде аббревиатур (Центральный ФО – Ц, Северо-Западный ФО – СЗ, Южный ФО – Ю, Северо-Кавказский ФО – СК, Приволжский ФО – П, Ураль-

ский ФО – У, Сибирский ФО – С, Дальневосточный ФО – Д).

Таблица 3

Распределение регионов в разрезе федеральных округов по уровню преступности в 2020 г.

Уровень преступности	Ц	СЗ	Ю	СК	П	У	С	Д
Очень низкий	0	0	0	1	0	0	0	0
Низкий	0	0	0	2	0	0	0	0
Ниже среднего	8	1	2	3	4	1	0	0
Средний	9	6	4	1	9	4	5	7
Выше среднего	1	4	0	0	1	1	5	2
Высокий	0	0	0	0	0	0	0	1
Очень высокий	0	0	0	0	0	0	0	1

Наибольшее количество оценок преступности на уровне выше среднего зафиксировано в Сибирском федеральном округе (50% от общего числа регионов). Также достаточно высокое количество регионов с повышенным уровнем преступности находится в Дальневосточном и Северо-Западном ФО. Наибольшее количество регионов с оценкой ниже среднего находится в Северо-Кавказском ФО (86%). Достаточно много таких регионов также в Центральном ФО (44%). Данные результаты показывают наличие достаточно серьезных различий в уровне преступности, вызванных географией РФ.

Динамическая оценка факторов

Динамическая оценка фактора для конкретного региона отражает уровень изменения состояния фактора за заданный период времени. Для получения оценки рассматривается разница значений индикатора за исследуемый год и за 2010 г., выбранный в качестве базы для сравнения. Функции принадлежности строятся отдельно для оценки уровня снижения и оценки уровня повышения на подмножествах соответственно отрицательных и положительных чисел, нормированных по максимальному снижению или повышению значений индикатора (без учета выбросов). Для значений ниже 0 используются термины $T_d = \{\text{«Сильное снижение»}, \text{«Умеренное снижение»}, \text{«Незначительное снижение»}\}$, для значений больше 0 используются термины $T_i = \{\text{«Незначительное повышение»}, \text{«Умеренное повышение»}, \text{«Сильное повышение»}\}$. Если изменение равно нулю, используется оценка «Без изменений». Динамическая оценка позволяет проанализировать изменения в уровне преступности и соотнести их с изменениями состояния других факторов.

При рассмотрении динамики уровня преступности с 2010 по 2020 г. было выявлено 30 регионов, где преступность показала умеренное снижение. В 24 регионах снижение было незначительным. Незначительное повышение было зафиксировано в 12 регионах. Умеренный рост преступности произошел в 10 регионах. Сильное снижение произошло в 5 регионах. Сильный рост обнаружен в 2 регионах. Снова можно отметить общую тенденцию снижения уровня преступности по стране.

Сильный рост преступности произошел в Амурской области (0,83) и Республике Коми (1). В обоих случаях можно отметить умеренное снижение

эффективности полиции и умеренный рост социальной поддержки, незначительное снижение бедности и безработицы (что является трендом по стране). При этом в случае Республики Коми произошло умеренное снижение дохода населения, а в Амурской области умеренно выросло неравенство. В регионах с умеренным ростом преступности наблюдается рост бедности и снижение эффективности полиции.

Сильное снижение преступности произошло в Томской области (0,98), Астраханской области (0,95), Пермском крае (0,91), Ханты-Мансийском АО (0,68) и Нижегородской области (0,52). Во всех случаях, помимо Ханты-Мансийского АО, наблюдается повышение эффективности полиции.

В табл. 4 показывается распределение регионов в разрезе федеральных округов по оценкам изменения преступности за период с 2010 по 2020 г.

Таблица 4
Распределение регионов в разрезе федеральных округов по динамическим оценкам уровня преступности за период 2010–2020 г.

Оценка динамики преступности	Ц	СЗ	Ю	СК	П	У	С	Д
Сильное падение	0	0	1	0	2	1	1	0
Умеренное падение	9	3	0	0	4	4	5	5
Незначительное падение	3	2	5	5	5	0	1	3
Незначительный рост	5	2	0	2	0	1	1	1
Умеренный рост	1	3	0	0	3	0	2	1
Сильный рост	0	1	0	0	0	0	0	1

Наибольшее количество регионов, в которых наблюдался значительный рост уровня преступности, пришлось на Северо-Западный и Приволжский ФО. Довольно большое количество регионов с динамикой роста в Центральном ФО.

Динамические оценки других факторов позволяют объяснить причины изменения уровня преступности. Прослеживается четкая взаимосвязь динамики преступности с эффективностью полиции. Стоит отметить, что в большинстве регионов в 2020 г. резко возросла поддержка населения, что обусловлено повышением социальных выплат в связи с пандемией COVID-19. При этом во многих субъектах наблюдалось незначительное падение уровня доходов населения и повышение ВРП.

Оценка силы влияния факторов

Статическая и динамическая оценки факторов дают представление об их состоянии и об изменении состояния в конкретном регионе. Но чтобы понять, в какой мере состояние (изменение состояний) факторов обусловлено влиянием других факторов, необходимо выявить силу взаимовлияния факторов.

Для оценки силы влияния факторов используется регрессионный анализ. Все значения индикаторов нормируются, что позволяет привести получаемые оценки влияния к значениям в интервале [-1; 1] и сделать их сравнимыми между собой. При этом данные очищаются от выбросов. Если фактор характеризуется несколькими индикаторами, то для получения одного интегрированного показателя использу-

ется метод главных компонент (РСА) [6]. После этого находится уравнение регрессии для двух интегрированных показателей входного и выходного фактора, результирующий коэффициент регрессии принимается за силу влияния одного фактора на другой.

Анализ силы влияния проводился на статистических данных, характеризующих субъекты РФ за период 2010–2020 гг., с помощью сквозной регрессии. Рассмотрим полученные результаты, начиная с оценки силы влияния факторов нижнего уровня иерархии, представленной на когнитивной карте (см. рис. 1), на вышестоящий фактор. Влияние факторов «Доход населения» (F_3) и «Поддержка населения» (F_4) на «Бедность» (F_2) выявлялось путем нахождения регрессии между значениями каждого из трех индикаторов входных факторов и индикатора выходного фактора. Поскольку фактор F_4 имеет два индикатора, то определялся также интегрированный показатель методом РСА. Результаты расчетов приведены в табл. 5.

Таблица 5
Влияние F_3 и F_4 на F_2

Входной индикатор	Выходной индикатор	Коэффициент регрессии
Влияние F_3 на F_2		
Среднедушевой доход населения (без социальных выплат)	Уровень бедности	-0,471**
Влияние F_4 на F_2		
Среднедушевые расходы на социальную политику (без пособий)	Уровень бедности	-0,503**
Среднедушевые расходы на пособия		-0,036
Интегрированный показатель		-0,488**

** Р – значение ниже 0,01.

Можно сделать вывод, что оба входных фактора способствуют снижению уровня бедности, однако влияние показателя «Среднедушевые расходы на пособия» не имеет статистически значимого эффекта в отличие от показателя «Среднедушевые расходы на социальную политику (без пособий)», включение, в основном, расходы на пенсионное обеспечение. Полученные результаты говорят о малой эффективности некоторых адресных социальных выплат в РФ, что подтверждает выводы, сделанные другими исследователями [14].

Перейдем к результатам оценки влияния факторов на следующем уровне иерархии, представленной на когнитивной карте. Влияние бедности на преступность показано в табл. 6.

Таблица 6
Влияние F_2 на F_1

Входной индикатор	Выходной индикатор	Коэффициент регрессии
Уровень бедности	Количество тяжких и особо тяжких преступлений на 1000 чел.	0,052
	Количество преступлений легкой и средней тяжести на 1000 чел.	0,194**
	Интегрированный показатель	0,189**

** Р – значение ниже 0,01.

Оценка влияния безработицы на преступность показана в табл. 7.

Таблица 7

Влияние F_5 на F_1		
Входной индикатор	Выходной индикатор	Коэффициент регрессии
Уровень безработицы	Количество тяжких и особо тяжких преступлений на 1000 чел.	0,152**
	Количество преступлений легкой и средней тяжести на 1000 чел.	0,354**
	Интегрированный показатель	0,351**

** Р – значение ниже 0,01.

Оба фактора, и бедность, и безработица, положительно влияют на уровень преступности, однако в большей степени – на количество преступлений легкой и средней тяжести. Влияние уровня бедности на показатель тяжких преступлений не является статистически значимым. Данные результаты находятся в согласии с мнениями экспертов о различной степени влияния социально-экономических факторов на разные виды преступлений. Оценка влияния неравенства на преступность показана в табл. 8. Влияние фактора на преступность в целом не была найдена статистически значимой, хотя значимое и небольшое влияние обнаружено для особо тяжких преступлений. Похожие результаты наблюдаются при анализе с лагированными переменными [15].

Таблица 8

Влияние F_6 на F_1		
Входной индикатор	Выходной индикатор	Коэффициент регрессии
Коэффициент Джини	Количество преступлений легкой и средней тяжести на 1000 чел.	0,033
	Количество тяжких и особо тяжких преступлений на 1000 чел.	0,069*
	Интегрированный показатель	0,037

* Р – значение ниже 0,05.

Оценки силы влияния фактора F_7 «Развитие экономики», связанного с индикатором «ВРП на душу населения», на уровень преступности представлены в табл. 9. Гипотеза об отрицательном влиянии данного фактора на преступность (чем выше уровень экономического развития, тем меньше преступлений) не подтвердилась, что согласуется с уже упоминавшимися исследованиями, опубликованными в [13]. Выявлено положительное влияние, которое в большей степени сказывается на количестве тяжких и особо тяжких преступлений.

Таблица 9

Влияние F_7 на F_1		
Входной индикатор	Выходной индикатор	Коэффициент регрессии
ВРП на душу населения	Количество тяжких и особо тяжких преступлений на 1000 чел.	0,302**
	Количество преступлений легкой и средней тяжести на 1000 чел.	0,267**
	Интегрированный показатель	0,271**

** Р – значение ниже 0,01.

Результаты анализа влияния фактора F_8 «Эффективность полиции» на уровень преступности показаны в табл. 10. Индикатор данного фактора «Доля нераскрытых преступлений» имеет отрицательный коэффициент соответствия, поскольку чем ниже его значение, тем выше оценка фактора. Соответственно, положительный знак коэффициента регрессии трактуется как отрицательное влияние определяемого данным индикатором фактора. Как видно из таблицы, влияние эффективности полиции довольно велико, особенно на уровень особо тяжких и тяжких преступлений, что логично, так как при расследовании больше внимания уделяется именно таким преступлениям. Причем оценка данного влияния является максимальной по сравнению с оценками влияния всех остальных факторов.

Таблица 10

Влияние F_8 на F_1		
Входной индикатор	Выходной индикатор	Коэффициент регрессии
Доля нераскрытых преступлений за отчетный период	Количество тяжких и особо тяжких преступлений на 1000 чел.	-0,384**
	Количество преступлений легкой и средней тяжести на 1000 чел.	-0,295**
	Интегрированный показатель	-0,307**

** Р – значение ниже 0,01.

Регрессионный анализ данных позволил лучше понять взаимоотношения факторов построенной когнитивной карты. Интерпретация полученных результатов дает возможность дополнить, уточнить закономерности развития ситуации с преступностью, описанные в литературе. Можно сделать выводы, что наибольшее влияние на уровень преступности оказывают фактор безработицы и фактор эффективности полиции, причем первый больше сказывается на количестве преступлений легкой и средней тяжести, второй – на количестве тяжелых преступлений. Также существенное влияние на преступность оказывает уровень бедности, который, в свою очередь, в значительной степени зависит от мер социальной поддержки, однако степень зависимости существенно отличается для различных мер поддержки населения.

Ранее были отмечены территориальные различия в преступности между федеральными округами. Для выявления территориальных особенностей того, как складывается ситуация с преступностью, был проведен анализ влияния различных факторов друг на друга отдельно по каждому ФО. Результаты оценки силы влияния факторов приведены в табл. 11 (для факторов с несколькими индикаторами сила связи определялась по интегрированным показателям).

Во многих случаях наблюдаются те же закономерности, которые были выявлены при анализе на массиве данных по всем субъектам РФ. Однако есть и достаточно серьезные расхождения. Так, влияние на уровень преступности фактора «Эффективность полиции» (F_8 на F_1) в Сибирском округе очень сла-

бое, а в Северо-Западном округе имеет место даже положительная связь между ростом эффективности полиции и ростом преступности. Причины такого положения нуждаются в отдельном исследовании. Влияние фактора бедности (F_2 на F_1) в Северо-Кавказском и в Приволжском округах отрицательно,

как и влияние фактора безработицы (F_5 на F_1) в Северо-Кавказском и в Южном округах. Можно предположить, что данные об уровне бедности и безработицы в соответствующих субъектах РФ не учитывают скрытые доходы и самозанятость.

Таблица 11

Оценка силы влияния факторов по федеральным округам

Влияние	Ц	СЗ	Ю	СК	П	У	С	Д
F_3 на F_2	-0,779**	-0,486**	-0,724**	-0,912**	-0,642**	-0,548**	-0,471**	-0,803**
F_4 на F_2	-0,162	-0,149	-0,601**	-0,057	-0,258**	-0,484**	-0,502**	-0,803**
F_2 на F_1	0,355**	0,563**	0,167	-0,378**	-0,313**	0,268	0,393**	0,220**
F_5 на F_1	0,394**	0,709**	-0,581**	-0,969**	0,460**	0,667**	0,370**	0,401**
F_6 на F_1	-0,138	-0,189*	-0,163	-0,303**	0,392**	-0,471**	-0,185*	-0,162
F_7 на F_1	-0,396**	-0,174	0,478**	0,960**	0,288**	-0,353**	-0,112	-0,442**
F_8 на F_1	-0,437**	0,269*	-0,516**	-0,543**	-0,362**	-0,394**	-0,104	-0,639**

* Р – значение ниже 0,05. ** Р – значение ниже 0,01.

Заключение

В работе были применены возможности когнитивного моделирования для диагностики ситуации с преступностью в РФ с использованием статистических данных по 83 субъектам РФ за период с 2010 по 2020 г. Когнитивная карта, отражающая влияние различных факторов на уровень преступности, была сформирована на основе анализа российской и зарубежной литературы по вопросам преступности. Полученная модель позволяет проводить анализ состояния факторов на основе реальных данных в определенные моменты времени и рассматривать динамику их изменения индивидуально для каждого отдельного региона, при этом оценки даются в понятном лингвистическом формате.

Результаты статической и динамической оценки факторов на реальных данных за 11-летний период показали, что в целом по стране уровень преступности к 2020 г. снизился, однако в ряде регионов он повысился. Неблагополучной остается ситуация в Северо-Западном, Сибирском, Дальневосточном федеральных округах, негативные тенденции имеются также в регионах Приволжского и Центрального округов.

Выявление степени влияния факторов друг на друга проводилось как путем сопоставления оценок различных факторов, так и с помощью регрессионного анализа на статистических данных. Предварительное структурирование данных посредством когнитивной карты, включающее группировку показателей, характеризующих тот или иной фактор, и установление связей между выделенными группами показателей позволяют избежать слепого перебора всех возможных связей между всеми показателями.

Результаты анализа подтвердили существующие предположения о наличии положительной связи уровня преступности с уровнем бедности, безработицы и доходами населения. Также положительным оказалось влияние экономического роста, оцениваемого по показателю ВРП на душу населения, а влияние фактора неравенства было признано незначи-

тельным. Было подтверждено предположение о сильной отрицательной зависимости уровня преступности от эффективности полиции. Анализ также показал различия в силе влияния факторов на разные виды преступлений в зависимости от их тяжести. Кроме того, были выявлены различия в оценках силы влияния для различных федеральных округов. Территориальные особенности нуждаются в дополнительных исследованиях.

Данная работа может служить примером анализа социально-экономической ситуации с помощью методологии иерархических гибридных когнитивных карт. Полученная карта может быть применена, возможно, с некоторыми модификациями, для оценки ситуации с преступностью в других странах, а также сравнения стран или регионов между собой.

Литература

1. Морозова М.Е. Среднесрочное прогнозирование российской экономики с использованием когнитивной модели / М.Е. Морозова, В.В. Шмат // Проблемы прогнозирования. – 2017 – № 3. – С. 19–25.
2. Analyzing the impact of social factors on homelessness: a Fuzzy Cognitive Map approach / V.K. Mago, H.K. Morden, C. Fritz, T. Wu, S. Namazi, P. Geranmayeh, R. Chattopadhyay, V. Dabbaghian // BMC Medical Informatics and Decision Making. – 2013 – № 13. – URL: <https://bmcmedinformdecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6947-13-94> (дата обращения: 06.04.2023).
3. Когнитивное моделирование факторов, влияющих на криминализацию общества, в целях принятия управленческих решений в сфере борьбы с преступностью / А.П. Суходолов, В.А. Маренко, А.М. Бычкова, В.Е. Ложников // Всероссийский криминологический журнал. – 2020. – № 2. – С. 215–233.
4. Суходолов А.П. Моделирование процесса анализа криминализации общества с использованием когнитивной методологии / А.П. Суходолов, В.А. Маренко // Известия БГУ. – 2017. – № 4. – С. 577–584.
5. Силич М.П. Способы оценки факторов иерархической гибридной когнитивной карты на примере оценки состояния сферы теплотребления регионов / М.П. Силич, В.А. Силич, С.В. Аксенов // Проблемы управления. – 2018. – № 1. – С. 58–65.

6. Аксенов С.В. Оценка степени влияния различных факторов на энергетическую эффективность территориальных образований / С.В. Аксенов, В.А. Силич, М.П. Силич // Промышленная энергетика. – 2015. – № 2. – С. 2–7.

7. Fajnzylber P. What causes violent crime? / P. Fajnzylber, D. Lederman, L. Norman // *European Economic Review*. – 2002. – Vol. 46, Is. 7. – PP. 1323–1357.

8. Dynamic linkages between poverty, inequality, crime, and social expenditures in a panel of 16 countries: two-step GMM estimates / M.K. Anser, Z. Yousaf, A.A. Nassani, S.M. Alotaibi, A. Kabbani, K. Zaman // *Economic Structures*. – 2020. – № 9. – URL: <https://journalofeconomicstructures.springeropen.com/articles/10.1186/s40008-020-00220-6> (дата обращения: 06.04.2023).

9. Lin M. Does Unemployment Increase Crime?: Evidence from U.S. Data 1974–2000 // *Journal of Human Resources*. – 2008. – Vol. 43, No. 2. – PP. 413–436.

10. Edmark K. Unemployment and Crime: Is There a Connection? // *The Scandinavian Journal of Economics*. – 2005. – Vol. 107, No. 2. – PP. 353–373.

11. Мячин Н.В. Регрессионный анализ влияния экономических факторов на динамику уровня преступности в Российской Федерации // *Экономическая безопасность личности, общества, государства: проблемы и пути обеспечения: матер. ежегодной Всерос. науч.-практ. конф.* – СПб., 2019. – С. 235–239.

12. Зубова Ю.А. Социально-экономические детерминанты современной российской преступности // *Финансы и управление*. – 2021. – С. 63–74.

13. Klaer J. Effects of GDP on Violent Crime/ J. Klaer, V. Northrup // *Georgia Tech Library*. – 2014. – URL: <http://hdl.handle.net/1853/51649>, free (дата обращения: 06.04.2023).

14. Тимофеев Ю.В. Влияние социальных выплат на бедность и неравенство в России // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2012. – № 10. – С. 41–45.

15. Федотов А.А. Социальное неравенство и уровень преступности: межрегиональный анализ // *Экономика и бизнес: теория и практика*. – 2019. – № 9. – С. 208–211.

statistical data. The current state and change dynamics of every selected factor for each region of Russia were assessed with linguistic terms using fuzzy logic. Regression analysis was used to assess the impact that the factors have on each other. The resulting model can be used for diagnostics or comparative analysis, an example is given that compares crime rates in different federal districts.

Keywords: hybrid cognitive map, fuzzy factor assessment, regression analysis, crime.

DOI: 10.21293/1818-0442-2023-26-1-107-115

References

1. Morozova M.E., Shmat V.V. [Medium-term forecasting of russian economy using cognitive model]. *Studies on Russian Economic Development*, 2017, vol 28, no. 3, pp. 253–258 (in Russ.).

2. Mago V.K., Morden H.K., Fritz C., Wu T., Namazi S., Geranmayeh P., Chatopadhyay R., Dabaghian V. Analyzing the impact of social factors on homelessness: a Fuzzy Cognitive Map approach. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 2013, no. 13. Available at: <https://bmcmidinformatik.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6947-13-94> (Accessed: April 6, 2023).

3. Sukhodolov A.P., Marenko V.A., Bychkova A.M., Lozhnikov V.E. [Cognitive modeling of factors that influence the criminalization of society in making managerial decisions in the sphere of crime counteraction]. *Russian Journal of Criminology*, 2020, no. 2, pp. 215–233 (in Russ.).

4. Sukhodolov A.P., Marenko V.A. [Modeling the criminalization of society analysis process using the methodology]. *Bulletin of Baikal State University*, 2017, no. 4, pp. 577–584 (in Russ.).

5. Silich M.P., Silich V.A., Aksenov S.V.. [Methods of hierarchical hybrid cognitive map factors estimation on the example of assessment of energy consumption in regions]. *Control Sciences*, 2018, no. 1, pp. 58–65 (in Russ.).

6. Aksenov S.V., Silich V.A., Silich M.P. [Assessment of the impact of different factors on the energy efficiency of territorial entities]. *Industrial Energy*, 2015, vol 28, no. 2, pp. 2–7 (in Russ.).

7. Fajnzylber P., Lederman D., Norman L. What causes violent crime? *European Economic Review*, 2002, Vol. 46, Issue 7, pp. 1323–1357

8. Anser M.K., Yousaf Z., Nassani A.A., Alotaibi S.M., Kabbani A., Zaman K. Dynamic linkages between poverty, inequality, crime, and social expenditures in a panel of 16 countries: two-step GMM estimates. *Economic Structures*, 2020, no. 9. Available at: <https://journalofeconomicstructures.springeropen.com/articles/10.1186/s40008-020-00220-6>, free (Accessed: April 6, 2023).

9. Lin M. Does Unemployment Increase Crime?: Evidence from U.S. Data 1974–2000. *Journal of Human Resources*, 2008, Vol. 43, no. 2, pp. 413–436

10. Edmark K. Unemployment and Crime: Is There a Connection? *The Scandinavian Journal of Economics*, 2005, Vol. 107, no. 2, pp. 353–373.

11. Myachin N. V. Regressiionnyy analiz vliyaniya ekonomicheskikh faktorov na dinamiku urovnya prestupnosti v Rossiyskoy Federatsii [Regression analysis of the influence of economic factors on the dynamics of the crime rate in the Russian Federation] *Ekonomicheskaya bezopasnost lichnosti, obshchestva, gosudarstva: problemy i puti obespecheniya : Materialy ezhegodnoy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Economic security of the individual, society, state: problems and ways of ensuring. Proceedings of the Annual All-Russian Scientific Conference]*, Saint-Petersburg, 2019, pp. 235–239 (in Russ.).

Прокудин Александр Александрович

Магистрант каф. автоматизации обработки информации (АОИ) Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)
Ленина пр-т, 40, г. Томск, Россия, 634050
Тел.: +7-905-995-21-21
Эл. почта: igor.petrovich.rabinovitz@gmail.com

Силич Мария Петровна

Д-р техн. наук, проф. каф. АОИ ТУСУРа
Ленина пр-т, 40, г. Томск, Россия, 634050
ORCID: 0000-0002-2555-8145
Тел.: +7-913-813-88-80
Эл. почта: mary.silich@yandex.ru

Prokudin A.A., Silich M.P.

Analysis of crime factors with hybrid cognitive maps

A hybrid cognitive map has been created to assess the socio-economic factors of crime and their relationships based on

12. Zubova Y.A. [Socioeconomic determinants of the current russian crime rate]. *Finansy i upravlenie [Finance and Management]*, 2021, pp. 63–74 (in Russ.).

13. Klaer J., Northrup B. Effects of GDP on Violent Crime. *Georgia Tech Library*, 2014, Available at: <http://hdl.handle.net/1853/51649>, free. (Accessed: April 6, 2023).

14. Timofeev Yu.V. Vliyanie sotsialnykh vyplat na bednost i neravenstvo v Rossii [The impact of social benefits on poverty and inequality in Russia]. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2012, no. 10, pp. 41–45.

15. Fedotov A.A. [Social inequality and crime level: interregional analysis] *Economics and Business: Theory and Practice*, 2019, no. 9, pp. 208–211.

Aleksandr A. Prokudin

Master student, Department of Information Processing Automation, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR)

40, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050

Phone: +7-905-995-21-21

Email: igor.petrovich.rabinovitz@gmail.com

Maria P. Silich

Doctor of Science in Engineering, Professor,

Department of Information Processing Automation, TUSUR

40, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050

ORCID: 0000-0002-2555-8145

Phone: +7-913-813-88-80

Email: mary.silich@yandex.ru