

УДК 004.942.343

**ИССЛЕДОВАНИЯ УРОВНЯ ПРЕСТУПНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ****Фелькер Мария Николаевна<sup>1</sup>, Кирьянов Евгений Владимирович<sup>2</sup>,  
Вавилина Елена Алексеевна<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Доцент кафедры АТП;*Березниковский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета;  
618404, Пермский край, г. Березники, ул. Тельмана, 7;**e-mail: erymarya@yandex.ru.*<sup>2</sup>Студент;*Березниковский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета;  
618404, Пермский край, г. Березники, ул. Тельмана, 7;**e-mail: adven95@mail.ru.*<sup>3</sup>Студент;*Березниковский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета;  
618404, Пермский край, г. Березники, ул. Тельмана, 7;**e-mail: 89423453.98lena@gmail.com.*

*Рассмотрена проблема преступности в РФ. Подобраны некоторые факторы, которые могут влиять на число преступлений. С помощью полученных данных построены факторные и бесфакторные модели. Сделаны прогнозы с помощью этих математических моделей на 3 года. Выбраны 2 неуправляемых и 2 управляемых фактора. Изменяя выбранные факторы, получили прогнозы. Определена наихудшая комбинация изменений неуправляемых факторов, при которых повышается уровень преступности. Исходя из полученных данных, выбрали способы оптимального сдерживания уровня преступности в РФ.*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, прогнозирование, преступность, Росстат, РФ, улучшение.

**RESEARCH OF THE LEVEL OF CRIME IN THE RUSSIAN FEDERATION BY  
METHODS OF MATHEMATICAL MODELING****Felker Mariya<sup>1</sup>, Kiryanov Evgeny<sup>2</sup>, Vavilina Elena<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Associate Professor of the Department ATP;*Berezniki branch of the Perm National Research Polytechnic University;  
618404, Perm sky krai, Berezniki, St. Telman., 7;**e-mail: erymarya@yandex.ru.*<sup>2</sup>Student;*Berezniki branch of the Perm National Research Polytechnic University;  
618404, Perm sky krai, Berezniki, St. Telman., 7;**e-mail: adven95@mail.ru.*<sup>3</sup>Student;*Berezniki branch of the Perm National Research Polytechnic University;  
618404, Perm sky krai, Berezniki, St. Telman., 7;**e-mail: 89423453.98lena@gmail.com.*

*This article addresses the problem of crime in the RF. Some factors that may affect the number of crimes are selected. Using the obtained data, factor and factorless models were constructed. The forecasts were made using these mathematical models for 3 years. Selected 2 unmanaged and 2 controlled factors. Changing the selected factors received forecasts. The worst combination of changes of uncontrollable factors, at which the crime rate increases, is determined. Based on the data obtained, we chose the methods of optimal deterrence of the crime rate in the RF.*

**Keywords:** mathematical modeling, forecasting, crime, Rosstat, RF, improvement.

## Введение

Преступность РФ является исторически изменчивым социальным и уголовно-правовым явлением. Оно состоит из общности преступлений, которые совершены на определенной территории за определенный промежуток времени [1]. При пристальном изучении специалистами социально-экономических условий, результатом которых она является, возможно бороться с ней на ранних этапах, пресекая совершение преступления.

В РФ наблюдается непростая криминальная ситуация [2]. Преступность влияет на большинство аспектов жизни, а также она является постоянной опасностью для граждан и государства. Различные проявления преступности могут оказывать значимое, иногда определяющее, влияние в обществе на нравственную и правовую атмосферу, его духовную жизнь, повседневное общение людей, на их мировоззрение и материальное состояние. Исследование факторов, влияющих на преступность, может быть использовано для улучшения криминальной ситуации в России.

По данным Росстата в 2017 году [3] число зарегистрированных преступлений РФ составляет 2058,5 тысяч в том числе 86 тысяч фактов бандитизма, 374 тысяч фактов похищения человека, 105,1 тыс. преступлений экономической направленности.

Поэтому целью настоящей работы является исследование возможностей по снижению уровня преступности в России путем поддержки принятия решений с использованием математического моделирования.

### 1. Исходные данные

Данной проблемой занимались в России [4-8] и в зарубежных странах [9-11]. В этих научных статьях авторы изучают факторы из областей: статистики, эконометрики, криминологии, региональной экономики и компьютерной обработки информации, которые способствуют предотвращению преступности. Результаты получены разными способами, такими как кластерный анализ и с помощью самоорганизующихся карт Кохонена.

Для того чтобы достичь поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Предположить, какие факторы влияют на совершение преступлений.
2. Построение математических моделей.
3. Выбор подходящей модели по аппроксимации и качеству постпрогноза.
4. Исследовать влияние воздействия управляемых и неуправляемых факторов на изменение уровня преступности.

В качестве исследовательского инструментария для выбора таких воздействий может являться создание моделей, которые описывают зависимость количества преступлений от различных управляемых и неуправляемых факторов. Все модели делятся на факторные и бесфакторные. Рассмотрим некоторые из них:

1. Трендовая модель – прогнозирует изменение реакции системы на отдаленный момент времени, бесфакторная модель [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**];
2. Авторегрессионная модель (АВРМ) – бесфакторная модель временных рядов, в которой значения временного ряда в данный момент линейно зависят от предыдущих значений этого же ряда [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**];
3. Линейная многофакторная модель (ЛММ) – позволяет дать количественную оценку влияния различных факторов в их взаимосвязи на значение реакции системы [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**];
4. Модель в пространстве состояний (МПрС) – модель с переменными состояниями для каждого из которых своя реакция системы. Состояние – некоторый набор значений входных факторов [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Данные об уровне преступности и готовые ряды факторов получены из базы Росстата в период с 2005 по 2017 года.

Были рассмотрены разные факторы и их годовые ряды в базе Росстата (табл. 1):

1. Количество безработных, млн. чел.
2. Количество населения до 20 лет, млн. чел.
3. Количество мужского населения, млн. чел.
4. Количество женского населения, млн. чел.
5. Количество городского населения, млн. чел.
6. Количество сельского населения, млн. чел.
7. Количество населения, которые находятся ниже порога бедности, млн. чел.
8. Количество населения, зависимого от алкоголя, млн. чел.
9. Количество населения, имеющего наркозависимость, млн. чел.
10. Курс доллара.

Таблица 1. Значения реакции и факторов по годам

Год	y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
1	3,55	5,24	34,32	66,7	77,1	105,2	38,6	25,4	2,19	0,33	28,31
2	3,856	5,25	33,37	66,3	76,9	104,8	38,4	21,6	2,16	0,33	27,14
3	3,58	4,52	32,44	66,0	76,8	104,7	38,1	18,8	2,12	0,34	25,55
4	3,21	4,70	31,61	66,0	76,8	104,9	37,9	19	2,08	0,34	24,87
5	2,99	6,28	31,0	65,9	76,8	104,9	37,8	18,4	2,02	0,34	31,77
6	2,63	5,54	30,06	66,1	76,8	105,3	37,6	17,7	1,95	0,33	30,38
7	2,40	4,92	30,01	66,1	76,8	105,4	37,5	17,9	1,87	0,32	29,39
8	2,30	4,13	29,84	66,1	76,9	105,7	37,3	15,4	1,81	0,32	31,07
9	2,21	4,14	29,97	66,3	77,0	106,1	37,2	15,5	1,75	0,31	31,91
10	2,19	3,89	30,34	66,6	77,1	106,6	37,1	16,1	1,69	0,30	38,60
11	2,39	4,26	31,22	67,8	78,5	108,3	38,0	19,5	1,58	0,29	61,32
12	2,16	4,24	31,72	67,9	78,6	108,6	37,9	19,5	1,45	0,26	66,83
13	2,06	3,97	32,24	68,1	78,7	109,0	37,8	19,3	1,30	0,23	58,30

Данные факторы нормировали для исключения влияния размерности и провели корреляционный анализ. Он показал, что наиболее высокую взаимную зависимость имеют: количество городского населения, количество мужского населения, количество женского населения, а также курс доллара. Так как наибольшее влияние на  $y$  имеет количество городского населения, то для ЛММ оставляем данный фактор, а остальные уберем.

Проведем нормирование вышеуказанных данных для исключения влияния размерности по формуле:

$$y_{\text{норм.}} = \frac{y(t) - \min_t(y(t))}{\max_t(y(t)) - \min_t(y(t))},$$

где  $\min_t y(t)$  – минимум среди набора значений реакции системы,  $\max_t y(t)$  максимум из набора. Аналогичным образом нормируются факторы.

Построим линейную многофакторную модель нашей системы по формуле:

$$y(\vec{x}) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i(t),$$

где  $a_0$  – независимый коэффициент,  $a_i$  – коэффициент влияния  $x_i(t)$  на  $y(t)$ ,  $x_i(t)$  – значение фактора.

В результате были получены следующие коэффициенты:  $a_0 = -0,394$ ,  $a_1 = -0,0734$ ,  $a_2 = 0,6298$ ,  $a_5 = 0,1028$ ,  $a_6 = 0,582$ ,  $a_7 = -0,8264$ ,  $a_8 = 0,4736$ .

Из полученных коэффициентов следует, что факторы  $x_2$  и  $x_7$  имеют наибольшее влияние на модель. При увеличении количества населения, которое находится ниже порога бедности уровень преступности уменьшается, что противоречит здравому смыслу.

Вычислим квадратичную погрешность аппроксимации по формуле:

$$S = \sum_t (y - y(x))^2. \quad (1)$$

Квадратичная погрешность аппроксимации составила  $S = 0,015$ , а значит ее можно использовать для проведения прогноза.

## 2. Построение моделей

При построении ЛММ исходных данных и данных, которые получили после применения поиска решений, видно, что они почти одинаковые (рис. 1).

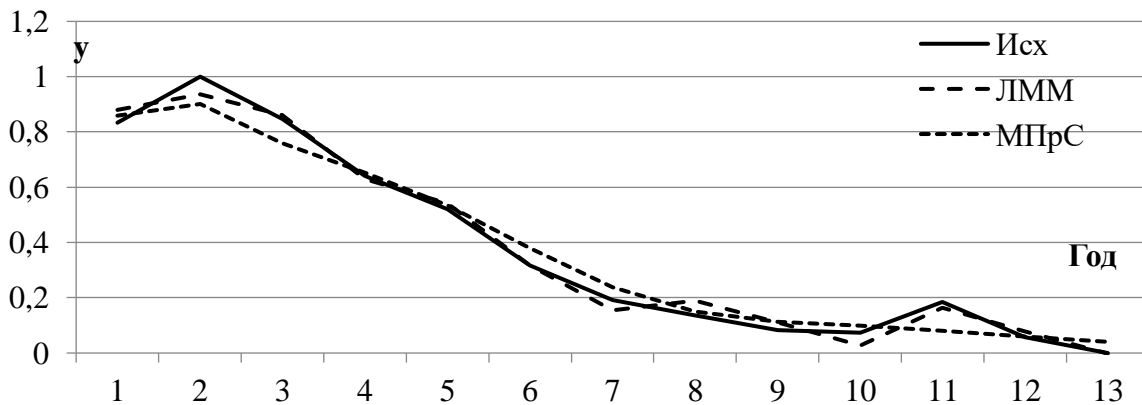


Рис. 1. ЛММ и МПРС

Построим модель в пространстве состояний по следующим уравнениям:

$$\begin{aligned} x'(n+1) &= a + b \cdot x'(n) \\ y(n) &= c + d \cdot x(n), \end{aligned}$$

где  $x'$  – вектор состояния,  $a$  – вектор функции перехода,  $b$  – матрица перехода,  $c$  и  $d$  – векторы функции выхода.

После проведения расчетов была получена квадратичная аппроксимация  $S = 0,0385$

В МПРС видно, что при построении  $y$  графиков по исходным данным и данным, полученным при помощи поиска решений, видно, что данные различаются немного больше в ЛММ и их график примерно совпадает (рис. 2).

Построим авторегрессионные модели 1-го, 2-го и 3-го порядка (рис. 3) по следующей формуле:

$$y(t_i) = a + \sum_j^N a_j y(t_{i-j}),$$

где  $a$  – независимый коэффициент,  $a_j$  – коэффициенты влияния  $i$ - $j$ -го расчетного значения критерия системы,  $N$  – порядок.

Проведя расчеты с помощью мастера поиска решений *MS Excel*, были получены следующие коэффициенты:

- Для 1-го порядка –  $a_0 = -0,0499$ ,  $a_1 = 0,9408$ , и квадратичная погрешность составила  $S = 0,1894$ .
- Для 2-го порядка –  $a_0 = 0,0119$ ,  $a_1 = 1,17$ ,  $a_2 = -0,3646$ , и квадратичная погрешность составила  $S = 0,0215$ .
- Для 3-го порядка –  $a_0 = 0,0110$ ,  $a_1 = 1,17$ ,  $a_2 = -0,3759$ ,  $a_3 = 0,0075$ , и квадратичная погрешность составила  $S = 0,0214$ .

По графику видно (рис. 3), что АвРМ 2-го и 3-го порядка неплохо аппроксимирует нашу модель, но АвРМ 1-го порядка сильно не совпадает с исходным графиком. Погрешности аппроксимаций 2-го

и 3-го порядка небольшие, однако поскольку нас также интересует возможность управления нашей системой, бесфакторные модели нам не подходят.

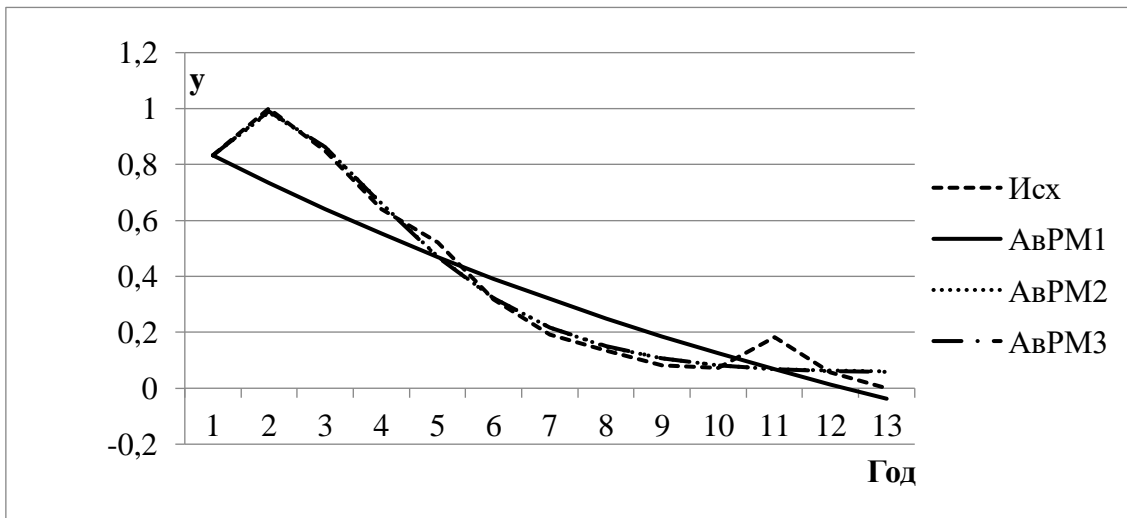


Рис. 2. Авторегрессионная модель

Для выбора подходящей модели для дальнейшего исследования проведена проверка методом постпрогноза (при котором известные данные принимаются неизвестными, и прогнозируются с помощью построенных моделей, а невязки сравниваются с исходными данными).

ЛММ имеет низкую погрешность по отношению к исходным данным. Также она имеет хороший постпрогноз только первые два года, но при постпрогнозе на 3 года он плохо реагирует на внезапное увеличение преступности в 2015 году и график начинает вести неправильно относительно исходного, квадрат невязки в последние 3 года имеет очень большое значение: в 2016 году – 1,347, в 2017 году – 1,004, в 2018 году – 0,8259.

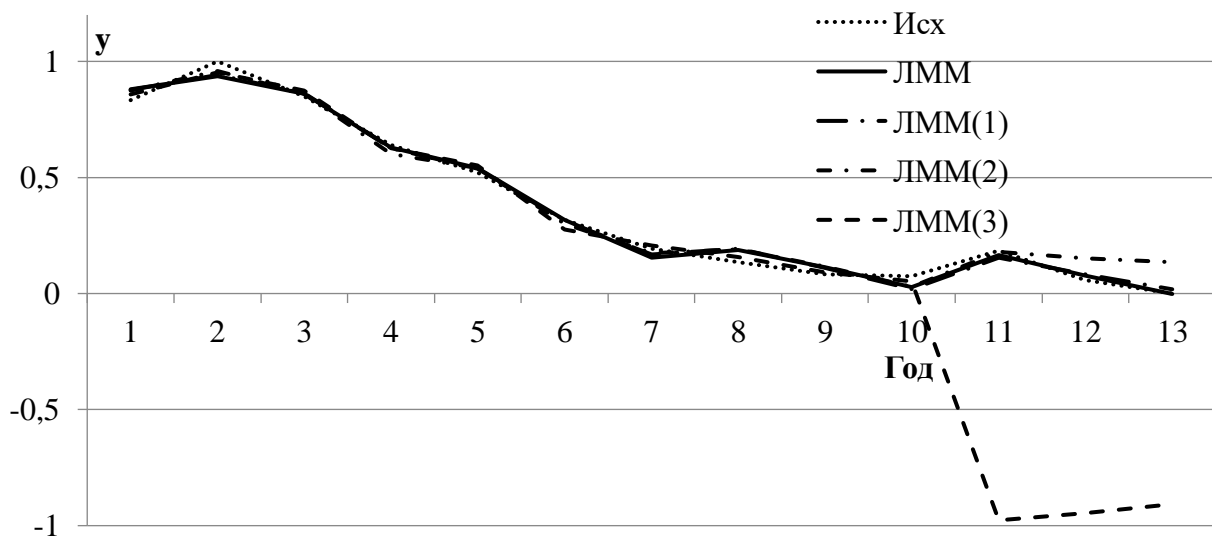


Рис. 3. Постпрогноз линейной многофакторной модели

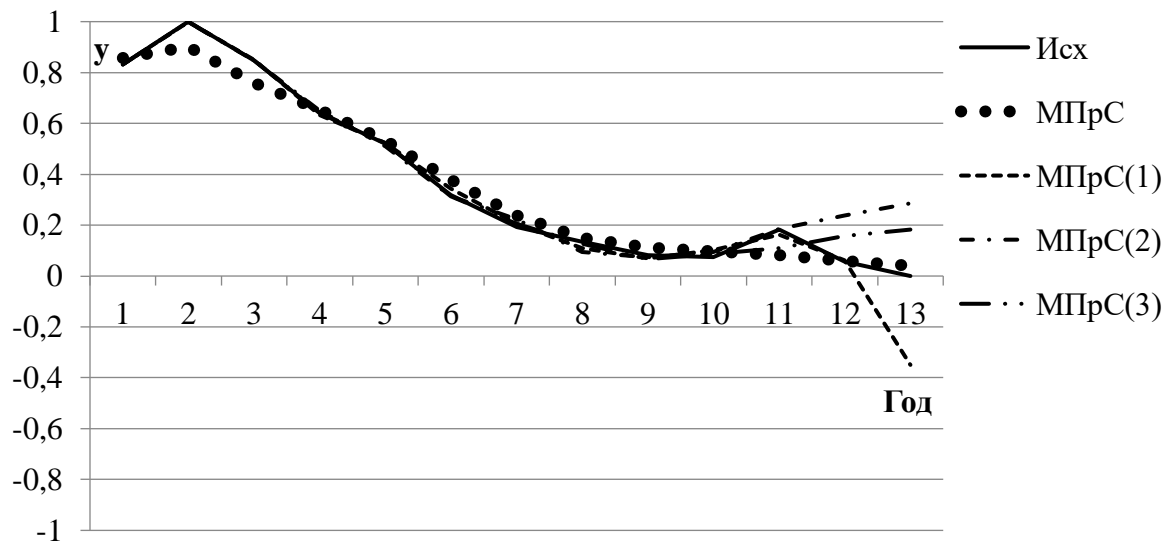


Рис. 4. Постпрогноз модели в пространстве состояний

МПрС аппроксимирует исходные данные хуже, чем ЛММ. Однако постпрогнозы, полученные в пространстве состояний показывают хорошие результаты. Из этого можно сделать вывод, что МПрС прогнозирует лучше, чем ЛММ и далее будет использоваться именно эта модель.

Исследуем прогноз на 3 года при изменении неуправляемых факторов. На основе полученных результатов исследуем возможность улучшения ситуации при отрицательном влиянии неуправляемых факторов.

Для прогнозирования выбирались неуправляемые факторы  $X_3$  (количество мужского населения) и  $X_6$  (количество сельского населения), используя модель в пространстве состояний, получили прогноз факторов на 3 года при изменении на  $\pm 5-10\%$ .

В наихудшей точке при изменении факторов ситуация изменяется в худшую сторону и уровень преступности начинает расти.

По центральной точке прогноза можно увидеть, что ситуация с преступностью, если ничего не предпринимать, будет едва заметно улучшаться.

Данные в таблицах 2,3 умножены на  $10^3$ .

Таблица 2. Изменение неуправляемых факторов

$X_3 \backslash X_6$	-10%	-5%	0	5%	10%
-10%	-23,03	-21,53	-20,06	-18,62	-17,72
-5%	-19,3	-17,91	-16,54	-15,21	-5,377
0	-14,88	-13,6	-12,34	-11,11	-9,92
5%	-9,76	-8,58	-7,44	-6,32	-5,23
10%	-3,88	-2,82	-1,8	-0,8	<b>-0,173</b>

Таблица 3. Изменение управляемых факторов

$X_1 \backslash X_7$	-10%	-5%	0	5%	10%
-10%	<b>-8,59</b>	-7,354	-6,15	-4,97	-3,823
-5%	-5,687	-4,51	-3,36	-2,25	-1,164
0	-2,014	-0,905	<b>-0,173</b>	1,219	2,234
5%	2,479	3,513	4,516	5,487	6,428
10%	7,848	8,801	9,722	10,612	11,472

При изменении управляемых факторов можно минимизировать негативное влияние неуправляемых факторов.

## Заключение

Наихудшее значение было достигнуто при изменении  $x_3$  на +10%, а  $x_6$  на +10%. Полученные результаты адекватны; при увеличении мужского и сельского населения, преступность будет увеличиваться, что логично. Увеличение мужского населения приводит к увеличению преступности. Уменьшение порога бедности, а также увеличение и предоставление рабочих мест говорит об улучшении качества жизни российского населения, а это, в свою очередь, влечет за собой уменьшение преступности. Спрогнозированное наилучшее значение при изменении факторов составило  $-8,59 \times 10^3$  оно меньше, чем полученное если объект предоставить самому себе. Значит при изменении управляемых факторов возможно снизить уровень преступности. Т.к. цель данной работы заключалась в исследовании влияния социально-экономических факторов на показатели преступности в России с учетом влияния рассмотренных факторов, то можно считать, что цель достигнута.

## Список литературы

1. Понятие преступность. — [Электронный ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/6189453/page:6/>.
2. Эхо Москвы. — [Электронный ресурс]. URL: <https://echo.msk.ru/blog/advokatvladimir/1241698-echo/>.
3. Правонарушения. — [Электронный ресурс]. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/population/infraction/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/infraction/).
4. Швецов А.В. Статистический анализ влияния социально-экономических факторов на уровень преступности в регионе. — [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dissercat.com/content/statisticheskii-analiz-vliyaniya-sotsialno-ekonomicheskikh-faktorov-na-uroven-prestupnosti-v>.
5. Кабанов П.А. Политическая преступность в России: криминологический анализ исторического развития. — [Электронный ресурс]. URL: [http://e-notabene.ru/lr/article\\_474.html](http://e-notabene.ru/lr/article_474.html).
6. Игнатов А.Н., Ильянович Е.Б. Методологические основы исследования преступности. — [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/metodologicheskie-osnovy-issledovaniya-prestupnosti>.
7. Шалагин А.Е. Преступность как объект криминологических исследований. — [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/prestupnost-kak-obekt-kriminologicheskikh-issledovaniy>.
8. Номоконов В.А. Причины преступности в современной России: Проблема обостряется. — [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/prichiny-prestupnosti-v-sovremennoy-rossii-problema-obostryaetsya>.
9. Jaishankar K. Cyber Criminology as an Academic Discipline: History, Contribution and Impact. — [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cybercrimejournal.com/JaiEditorialVol12Issue1IJCC2018.pdf>.
10. Griffiths M. Foreign, criminal: a doubly damned modern British folk-devil. — [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13621025.2017.1328486>.
11. Soon J.M., Manning L., Smith R. Advancing understanding of pinch-points and crime prevention in the food supply chain. — [Электронный ресурс]. URL: <https://link.springer.com/article/10.1057/s41300-019-00059-5>.