

## ВЫЯВЛЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ В СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАНЕЛЯХ

© 2022 В. О. Морозова , В. В. Меньших

*Воронежский институт МВД России  
пр-т Патриотов, 53, 394065 Воронеж, Российская Федерация*

**Аннотация.** Данная статья посвящена решению задачи исследования данных, значения которых представлены в виде статистических пространственно-временных панелей с точечными аномальными изменениями значений, которые могут возникать например, вследствие влияния социально-экономических, внешне и/или внутривнутриполитических факторов (для панелей, описывающих данные правовой статистики), или вследствие влияния чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (для панелей, описывающих процесс функционирования производственных или хозяйственных объектов или систем). Использование классических математических методов для анализа данных панелей с аномальными значениями данных, как правило, приводит к получению искажённых результатов, не позволяющих, в частности их использование для прогнозирования будущих значений статистических показателей с приемлемой точностью. В связи с этим возникает задача выявления аномальных значений в статистических панелях. Для решения данной задачи разработан метод, основанный на ретроспективном анализе значений показателей, содержащихся в данной панели, и использовании методов корреляционного анализа. При этом делается предположение о том, что появление аномалий приводит к нарушению устоявшихся соотношений между статистическими показателями. Метод предполагает осуществление двух последовательных этапов. Первый этап подразумевает выявления момента или промежутка времени, в котором присутствуют аномальные значения элементов выборки в статистических панелях. На втором этапе производится выявление конкретных элементов, имеющих аномальные значения в данном моменте или интервале времени в статистических панелях. Представленные методы проиллюстрированы примером для данных правовой статистики для Северо-Кавказского федерального округа, который позволил подтвердить информацию об аномальном изменении числа террористических актов в Чеченской Республике в 2011 году.

**Ключевые слова:** анализ данных, статистические панели, пространственная выборка, динамический ряд, статистические показатели, аномальные значения.

### ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях важной задачей является анализ данных, значения которых представлены в виде статистических панелей. Статистические панели данных представляют собой пространственную выборку значений параметров объектов, прослеживаемую во времени [1, 2]. Пространственными называются статистические данные, относящиеся

к различным объектам, но к одному фиксированному моменту времени [1, 3].

Статистические панели предоставляют лицам, принимающим решения, большое количество информации, используемой для принятия управленческих решений или в исследовательских целях [1, 2, 4].

Каждое значение показателя, содержащееся в статистической панели, является следствием проявления множества различных факторов. Указанные факторы можно разделить на долгосрочные, т. е. постоянно влияющие на изменение показателей (например,

 Морозова Валерия Олеговна  
e-mail: [dudckolera@yandex.ru](mailto:dudckolera@yandex.ru)



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

формирующие трендовую и сезонную компоненту динамического ряда), и краткосрочные, оказывающие влияние на изменение одного или нескольких близких по времени значений (например, формирующие случайную компоненту динамического ряда).

В связи с этим, в реальных условиях могут иметь место аномальные изменения значений показателей, отражённых в статистических панелях, возникающие вследствие действия краткосрочных факторов. Это в значительной степени может исказить результаты их использования. В панелях, содержащих социально-экономические показатели (например, данные правовой статистики [3–6]) аномальные изменения вызываются внешне- и/или внутрисполитическими факторами; в панелях описывающих производственные и хозяйственные объекты и системы аномальные изменения вызываются чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера [2, 7] и т. д. Также аномальные значения могут появляться в результате технических ошибок при работе с данными.

Однако, применение известных математических методов [1–3, 8–11] для исследования панелей, содержащих аномальные значения данных, как правило, приводит к получению моделей, при использовании которых появляется недопустимо большая погрешность результатов, например, при прогнозировании будущих значений показателей.

В связи с этим возникает задача выявления аномальных изменений значений статистических показателей, которые позволяют получить более точную статистическую панель и, следовательно, повысить точность прогнозирования будущих значений показателей, содержащихся в данной панели.

Как показывает анализ [1, 2, 4–6] аномальные изменения, как правило, носят апериодический и точечный характер, что значительно затрудняет их выявление. Наиболее перспективный подход заключается в принятии некоторых предположений о характере изменения статистических данных, отражающих природу их возникновения. Например, в [5, 6] описан метод выявления аномальных изменений

в динамических рядах в предположении, что они содержат циклическую компоненту.

В данной работе предлагается метод выявления аномальных изменений в статистических панелях в предположении об общности долгосрочных факторов, влияющих на показатели, данные о которых отражены в панелях, что проявляется в виде корреляционной зависимости значений показателей в различные периоды или моменты времени.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Каждое данное, т. е. элемент статистической панели  $x_{i,j_s,k_s}$ , соответствует определённому временному промежутку или моменту времени  $t_{i_s}$  выбранного показателя статистики  $p_{j_s}$  для объекта  $m_{k_s}$ . Поэтому панель может быть представлена в виде массива [2, 12]:

$$X = \left( x_{i,j_s,k_s} \right) \begin{matrix} i = 1, \dots, |I| \\ j = 1, \dots, |J| \\ k = 1, \dots, |K| \end{matrix}$$

Например, панели правовой статистики содержат информацию о количестве различных преступлений в различных территориальных образованиях в различные периоды или моменты времени [3, 13]; панели, описывающие производственные и хозяйственные объекты и системы, содержат информацию динамике изменения отраслевых показателей [7, 12].

Для выявления аномальных изменений в статистических панелях первоначально опишем пространственные выборки:

$$X_{i_0 j_0 K'} = \left( x_{i_0 j_0 k_1}, x_{i_0 j_0 k_2}, \dots, x_{i_0 j_0 k_{|K'|}} \right),$$

где  $|J'| = 1$ , т. е. для одного показателя  $p_{j_0}$  для множества объектов  $\{m_{k_1}, m_{k_2}, \dots, m_{k_{|K'|}}\}$ ;

$$X_{i_0 J' k_0} = \left( x_{i_0 j_1 k_0}, x_{i_0 j_2 k_0}, \dots, x_{i_0 j_{|J'|} k_0} \right),$$

где  $|K'| = 1$ , т. е. для множества показателей  $\{p_{j_1}, p_{j_2}, \dots, p_{j_{|J'|}}\}$  одного объекта  $m_{k_0}$ ;

$$X_{i_0 J' K'} = \left( x_{i_0 j_1 k_1}, x_{i_0 j_1 k_2}, \dots, x_{i_0 j_1 k_{|K'|}}, x_{i_0 j_2 k_1}, x_{i_0 j_2 k_2}, \dots, \right. \\ \left. x_{i_0 j_2 k_{|K'|}}, \dots, x_{i_0 j_{|J'|} k_1}, x_{i_0 j_{|J'|} k_2}, \dots, x_{i_0 j_{|J'|} k_{|K'|}} \right),$$

где  $|J'| > 1$ ,  $|K'| > 1$ , т. е. для множества показателей  $\{p_{j_1}, p_{j_2}, \dots, p_{j_{|J'|}}\}$  множества объектов  $\{m_{k_1}, m_{k_2}, \dots, m_{k_{|K'|}}\}$ .

Учитывая, что подход к рассмотрению выборок значений для всех перечисленных вариантов пространственных выборок данных не отличается, введем следующее обобщающее их описание вектор-столбца

$$B_i = (b_{i_1}, b_{i_2}, \dots, b_{i_s})^T,$$

где  $b_{i_s}$  — значение  $s$ -го элемента пространственной выборки в  $i$ -й момент или интервал времени.

Сложность задачи заключается в том, что непосредственное рассмотрение отдельной пространственной выборки не позволяет выявить аномалии, поскольку невозможно определить критерий аномальности значений элементов выборки. Такой критерий можно разработать только на основе учёта динамики значений рассматриваемых элементов.

Для ретроспективного анализа рассматриваются значения элементов показателей  $\{P_{j_1}, P_{j_2}, \dots, P_{j_{|J|}}\}$  и/или объектов  $\{m_{k_1}, m_{k_2}, \dots, m_{k_{|K|}}\}$  за  $n$  моментов или интервалов времени  $W_i = \{w_{i_1}, w_{i_2}, \dots, w_{i_n}\}$ , т. е. плоские панели данных, которые для общности описания представим как матрицу

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1l} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2l} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nl} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Фактически столбцы  $B_i$ ,  $i = 1, \dots, l$  представляют собой случайные величины, описывающие значения заданных показателей для заданных объектов, относящиеся к конкретным моментам или интервалам времени, а строки  $B^j$ ,  $j = 1, \dots, n$  — динамические ряды, каждый из которых описывает значения одного показателя за определённые промежутки или моменты времени.

Выявление аномальных значений элементов выборки в плоских статистических панелях будем осуществлять реализуемого в два этапа алгоритма:

1) выявление момента или интервала времени  $w_{i_0} \in W_i$ , в котором присутствуют аномальные значения элементов выборки;

2) выявление конкретных элементов, имеющих аномальные значения в данном моменте или интервале времени  $w_{i_0} \in W_i$ .

Для решения данной задачи может быть использован корреляционный анализ.

Первоначально проведем корреляционный анализ случайных величин, описываемых столбцами матрицы  $B$ . Это позволяет определить оценки взаимосвязи между этими выборками.

Обозначим

$$R = \begin{pmatrix} r_{B_1 B_1} = 1 & r_{B_1 B_2} & \dots & r_{B_1 B_n} \\ r_{B_2 B_1} & r_{B_2 B_2} = 1 & \dots & r_{B_2 B_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{B_n B_1} & r_{B_n B_2} & \dots & r_{B_n B_n} = 1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Заметим, что

– устоявшиеся соотношения между столбцами матрицы  $B$  означают, что соответствующие им случайные величины сильно коррелируют;

– если имеются аномальные значения элементов выборки, то для соответствующей им строки матрицы  $B_i$  значения коэффициентов корреляции  $r_{B_i B_j}$  в матрице  $R$  существенно меньше остальных.

Учитывая данное обстоятельство, пространственные выборки, содержащие аномальные данные, можно выявить на основе вычисления значений средних коэффициентов корреляции

$$\bar{r}_i(B) = \frac{\sum_{j=1}^n r_{B_i B_j} - 1}{n - 1}. \quad (3)$$

Проверку значимости средних коэффициентов корреляции  $\bar{r}_i(B)$  можно осуществить с помощью статистики, имеющей распределение Стьюдента при заданном значении доверительной вероятности, по формуле

$$t = \frac{|\bar{r}_i(B)| \cdot \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - \bar{r}_i^2(B)}}, \quad (4)$$

где  $n$  — количество наблюдений.

Эти значения могут рассматриваться как случайная величина, которую будем считать распределённой по нормальному закону. Примем, что если  $\bar{r}_i(B) < \hat{p}$  ( $\hat{p}$  — пороговое значение для среднего коэффициента корреляции), то случайная величина, описываемая столбцом  $B_i$  плохо коррелирует с остальными

ми случайными величинами. Это означает, что в интервале или моменте времени  $w_i$  присутствует аномальное значение показателя.

Пороговое значение  $\hat{p}$  может быть найдено как нижняя граница доверительного интервала случайной величины  $\bar{r}_i(B)$ :

$$\hat{p} = \bar{\lambda} - t_{1-\alpha, n-1} \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}, \quad (5)$$

где  $\bar{\lambda}$  — выборочное среднее;

$\sigma$  — выборочное среднеквадратическое отклонение;

$\alpha$  — заданный уровень значимости.

Рассмотрение первого этапа алгоритма предполагает выполнение следующих шагов.

Шаг 1. Сформировать плоскую панель вида (1).

Шаг 2. Построить корреляционную матрицу  $R$  вида (2).

Шаг 3. Найти значений средних коэффициентов корреляции  $\bar{r}_i(B)$  по формуле (3), используя формулу (1).

Шаг 4. Проверить значимость значений средних коэффициентов корреляции  $\bar{r}_i(B)$  по формуле (4).

Шаг 5. Найти пороговое значение  $\hat{p}$  по формуле (5).

Шаг 6. Выявить столбцы панели  $B$ , содержащие показатели, имеющие аномальные значения.

Обратимся к описанию второго этапа выявления аномальных значений элементов выборки в плоских панелях  $B$ .

Обозначим  $B / [B^{j_1}, \dots, B^{j_q}]$  — матрицу, полученную из матрицы  $B$  с помощью исключения строк  $B^{j_1}, \dots, B^{j_q}$ .

Предположим, что на первом этапе определено, что в столбце  $B_i$  содержатся аномальные значения. Обратимся к вопросу их выявления.

Первоначально рассматривается последовательность матриц

$$B / [B^1], B / [B^2], \dots, B / [B^n], \quad (6)$$

$$B / [B^1, B^2], \dots, B / [B^{j_1}, \dots, B^{j_q}], \dots,$$

до тех пор, пока условие

$$\bar{r}_i(B / [B^{j_1}, \dots, B^{j_q}]) \geq \hat{p} \quad (7)$$

не будет выполнено для матрицы  $B / [B^{j_1}, \dots, B^{j_q}]$ . Данное обстоятельство свидетельствует о том, что показатели, соответствующие строкам  $B^{j_1}, \dots, B^{j_q}$  в столбце  $B_i$ , т. е. в момент или промежуток времени  $w_i$ , имеют аномальные значения.

Рассмотрение второго этапа алгоритма предполагает выполнение следующих шагов.

Шаг 7. Рассмотреть очередную матрицу  $B / [B^{j_1}, \dots, B^{j_q}]$  из последовательности (6).

Шаг 8. Если выполнено условие (7), то  $B^{j_1}, \dots, B^{j_q}$  — строки, содержащие аномальные значения показателей.

Приведём пример использования разработанного алгоритма для выявления аномальных значений в панели правой статистики, содержащей данные о преступлениях террористической направленности с 2011 по 2020 г. в Северо-Кавказском федеральном округе [13].

Осуществление шагов 1–6 описанного выше алгоритма позволило определить, что в строке панели, соответствующей 2011 году имеется по крайней мере одно аномальное значение (уровень значимости  $\alpha$  принимался равным 0,05) (табл. 1).

Осуществление шагов 7 и 8 позволило определить, что аномальном является количество указанного вида преступлений в Чеченской Республике в данном году, что подтверждает официальную информацию (табл. 2).

Таблица 1. Корреляционный анализ данных по всем регионам федерального округа [Table 1. The correlation analysis of data for all regions of the federal district]

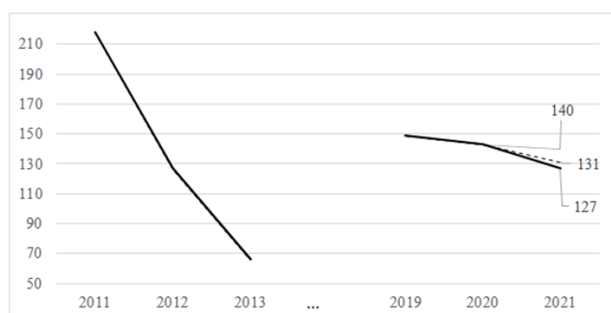
Год	$\bar{r}_i(B)$	$\hat{p}$
2011	<b>0,78</b>	0,94
2012	0,96	
2013	0,96	
2014	0,95	
2015	0,97	
2016	0,96	
2017	0,95	
2018	0,97	
2019	0,97	
2020	0,96	

Таблица 2. Корреляционный анализ данных по всем регионам федерального округа кроме Чеченской Республике

[Table 2. The correlation analysis of data for all regions of the federal district except for the Chechen Republic]

Год	$\bar{r}_i(B)$	$\hat{p}$
2011	0,97	0,97
2012	0,98	
2013	0,99	
2014	0,98	
2015	0,99	
2016	0,99	
2017	0,98	
2018	0,99	
2019	0,99	
2020	0,99	

Для проверки корректности полученного результата с использованием разработанного в [6] метода был осуществлён прогноз данных о данном виде преступлений в Чеченской Республике на 2021 год с учётом данных за 2011 год и без учёта этих данных. В соответствии с данным методом в обоих случаях была исключена трендовая компонента, т. к. её наличие при сравнении приводит к искажению результатов прогнозирования [9, 6, 14]. В результате оказалось, что погрешность второго прогноза составляет 3.1 %, а первого — 10,2 (рис. 1), что свидетельствует об эффективности разработанного алгоритма.



— истинное значение показателя  
 - - - прогноз значений показателя без учета 2011 года  
 ..... прогноз значений показателя с учетом 2011 года

Рис. 1. Результаты прогнозов показателя  
 [Fig. 1. The results of indicator forecasts]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявляемые аномалии хорошо коррелируют с известными социально-экономическими событиями и чрезвычайными ситуациями. Исключение аномальных значений показателей позволяет существенно повысить точность прогноза будущих значений статистических показателей [14, 15].

Статистические данные часто включают не только числовые значения, но и вербально заданные лингвистические оценки (например, «высокий» – «средний» – «низкий» уровень криминогенной ситуации в панелях правовой статистики [16, 17]). Вместе с тем, методы, разработанные в [5, 6] позволяют преобразовывать их к числовому виду так, что возникает возможность применять к ним разработанные методы по выявлению аномальных изменений значений.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ратникова, Т. А. Анализ панельных данных и данных о длительности состояний : учеб. пособие / Т. А. Ратникова, К. К. Фурманов. – Москва : Изд-во дом Высшей школы экономики, 2014. – 373 с.
2. Меньших, А. В. Работа с панельными данными / А. В. Меньших // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии. – 2018. – № 4-2. – С. 66–70.
3. Данилова, О. Ю. Правовая статистика: методы и модели : учебное пособие / О. Ю. Данилова, В. В. Меньших, С. В. Синегубов. – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2018. – 302 с.
4. Морозова, В. О. Формирование начальной выборки данных для моделей правовой статистики / В. О. Морозова, А. В. Меньших // Вестник Воронежского института МВД России. – 2022. – № 2. – С. 87–93.

5. Меньших, В. В. Выявление аномалий в динамических рядах правовой статистики на основе исследования тренда / В. В. Меньших, В. О. Морозова // Криминологический журнал. – 2021. – №3. – С. 120–122.
6. Морозова, В. О. Выявление и учёт аperiодических аномалий в динамических рядах с циклическими компонентами / В. О. Морозова, В. В. Меньших // Сборник трудов Международной научной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики». – 2022. – С. 662–666.
7. Степанов М. А. Диагностика состояния и определение тенденций развития промышленной системы региона / М. А. Степанов // Современные технологии в науке и образовании СТНО-2017. – 2017. – С. 145–149.
8. Кендэл, М. Временные ряды / М. Кендэл. – Москва, 1981. – 199 с.
9. Айвазян, С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики : учебник / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – Москва : ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
10. Бучацкая В. В. Обработка аномальных значений уровней временного ряда как этап комплексной оценки информации в подсистеме прогнозирования для ситуационного центра / В. В. Бучацкая // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2013. – С. 105–110.
11. Кендэл, М. Многомерный статистический анализ и временные ряды / М. Кендэл, А. Стюарт. – Москва : Наука, 1976. – 736 с.
12. Меньших А. В. Модели и алгоритмы выбора мер пожарной безопасности на основе исследования массивов пожарной статистики : дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2015. – 159 с.
13. Сведения о состоянии преступности в Российской Федерации за 2012–2022 года. – Режим доступа: <https://xn--blaew.xn--plai/reports/item/21933965/>. – (Дата обращения 10.06.2022).
14. Меньших А. В. Прогнозирование на основе выявления структуры временного ряда пожарной статистики / А. В. Меньших // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации. Материалы Недели Науки. – 2013. – С. 154–156.
15. Меньших, В. В. Компьютерные модели прогнозирования криминогенной ситуации / В. В. Меньших, В. О. Морозова // Южно-Уральская молодежная школа по математическому моделированию. – 2021. – С. 118–122.
16. Меньших, В. В. Использование лингвистических значений показателей в статистических моделях / В. В. Меньших, В. О. Морозова // Вестник Воронежского института МВД России. – 2021. – № 1. – С. 46–53.
17. Menshikh V., Morozova V. Models of using qualitative values of statistical indicators in organisational management systems // Proceedings – 2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2021. – 2021. – № 3. – P. 256–260.

**Морозова Валерия Олеговна** — адъюнкт 2-го года обучения Воронежского института МВД России.

E-mail: [dudckolera@yandex.ru](mailto:dudckolera@yandex.ru)

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2339-9515>

**Меньших Валерий Владимирович** — д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры математики и моделирования систем Воронежского института МВД России.

E-mail: [menshikh@list.ru](mailto:menshikh@list.ru)

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9235-4997>

## DETECTION OF ABNORMAL VALUES IN STATISTICAL PANELS

© 2022 V. O. Morozova✉, V. V. Menshikh

*Voronezh Institute of the Russian interior Ministry  
53, Patriotov Avenue, 394065 Voronezh, Russian Federation*

**Annotation.** This article is devoted to solving the problem of data research, the values of which are presented in the form of statistical space-time panels with point anomalous changes in values that may occur, for example, due to the influence of socio-economic, external and/or internal political factors (for panels describing legal statistics data), or due to the influence of natural and man-made emergencies (for panels describing the process of functioning of production or economic facilities or systems). The use of classical mathematical methods for analyzing panel data with abnormal data values, as a rule, leads to distorted results that do not allow, in particular, their use to predict future values of statistical indicators with acceptable accuracy. In this regard, the task of identifying abnormal values in statistical panels arises. To solve this problem, a method has been developed based on a retrospective analysis of the values of the indicators contained in this panel and the use of correlation analysis methods. At the same time, it is assumed that the appearance of anomalies leads to a violation of the established relationships between statistical indicators. The method involves the implementation of two consecutive stages. The first stage involves identifying the moment or time interval in which there are abnormal values of the sample elements in the statistical panels. At the second stage, specific elements that have abnormal values at a given moment or time interval in statistical panels are identified. The presented methods are illustrated by an example for legal statistics data for the North Caucasus Federal District, which allowed us to confirm information about an abnormal change in the number of terrorist acts in the Chechen Republic in 2011.

**Keywords:** data analysis, statistical panels, anomalous values, statistical indicators, prediction of future values, mathematical methods, numerical characteristics, dynamic series, spatial sampling.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

## REFERENCES

1. Ratnikova T. A. and Furmanov K. K. Analysis of panel data and data on the duration of states : studies. Manual. Moscow : Publishing House of the Higher School of Economics. (in Russian)
2. Menshikh A. V. (2018) Working with panel data. *Public safety, legality and law and order in the III millennium.* (4-2). P. 66–70. (in Russian)
3. Danilova O. Yu., Menshikh V. V. and Sinegubov S. V. (2018) Legal statistics: methods and

models : textbook. *Voronezh : Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia.* (in Russian)

4. Morozova V. O. (2022) Formation of initial data sampling for models of legal statistics. *Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia.* (2). P. 87–93. (in Russian)

5. Menshikh V. V. (2021) Identification of anomalies in the dynamic series of legal statistics based on trend research. *Criminological Journal.* (3). P. 120–122. (in Russian)

6. Morozova V. O. and Menshikh V. V. (2022) Identification and accounting of aperiodic anomalies in dynamic series with cyclic components. *Proceedings of the International Scientific Conference «Actual problems of applied mathematics, computer science and mechanics».* P. 662–666. (in Russian)

7. Stepanov M. A. (2017) Diagnostics of the state and determination of trends in the develop-

✉ Morozova Valeria O.  
e-mail: dudckolera@yandex.ru

ment of the industrial system of the region. *Modern technologies in science and education STNO-2017*. P. 145–149. (in Russian)

8. *Kendel M.* (1981) Time series. *Moscow*. (in Russian)

9. *Ayvazyan S. A.* (1998) Applied statistics and essentials of econometrics. *Moscow : UNITY*. (in Russian)

10. *Buchatskaya V. V.* (2013) Processing of anomalous values of time series levels as a stage of complex assessment of information in the forecasting subsystem for the situational center. *Bulletin of the Adygea State University*. P. 105–110.

11. *Kendal M.* (1976) Multidimensional statistical analysis and time series. *Moscow : Nauka*. (in Russian)

12. *Menshikh A. V.* (2015) Models and algorithms for the selection of fire safety measures based on the study of fire statistics arrays : dis. ... candidate of Technical Sciences. *Voronezh*. 159 p. (in Russian)

13. Information on the state of crime in the Russian Federation for 2012–2022. Available at: <https://xn--b1aew.xn--p1ai/reports/item/21933965/>. – (accessed: 10.06.2022).

14. *Menshikh A. V.* (2013) Forecasting based on the identification of the structure of the time series of fire statistics. *Actual problems of safety in the Russian Federation. Materials of the Science Week*. P. 154–156. (in Russian)

15. *Menshikh V. V. and Morozova V. O.* (2021) Computer models of forecasting the criminogenic situation. *South Ural Youth School of mathematical modeling*. P. 118–122. (in Russian)

16. *Menshikh V. V. and Morozova V. O.* (2021) The use of linguistic values of indicators in statistical models. *Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. (1). P. 46–53. (in Russian)

17. *Menshikh V. and Morozova V.* (2021) Models of using qualitative values of statistical indicators in organisational management systems. *Proceedings – 2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2021*. (3). P. 256–260. (in Russian)

**Morozova Valeria O.** — post-graduate cadet of the Voronezh Institute of the Russian interior Ministry.  
E-mail: [dudckolera@yandex.ru](mailto:dudckolera@yandex.ru)  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2339-9515>

**Menshikh Valeriy V.** — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of the chair of Mathematics and Systems Modeling of the Voronezh Institute of the Russian interior Ministry.  
E-mail: [menshikh@list.ru](mailto:menshikh@list.ru)  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9235-4997>