

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИКТИВНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЧИСЛА ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ПРЕСТУПЛЕНИЙ ПО РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

Е.А.Крылова¹, Н.Р.Ефимова²

*Северо-Восточный Федеральный университет им. М.К. Аммосова,
кафедра Математической экономики и прикладной информатики,
Республика Саха (Якутия), г. Якутск*

Аннотация: В настоящее время, когда преступность приобретает новые формы и ее объем растет, ее исследование является актуальной проблемой. Для борьбы с преступностью и профилактики правонарушений требуется разработка новых, современных методов ее исследования и принятия оперативных решений.

Метод математического моделирования преступности представляет собой один из способов опережающего анализа криминальной ситуации. Правильно построенная математическая модель позволяет прогнозировать динамику преступности и предпринимать соответствующие меры для ее предупреждения, дает возможность применять в ее исследовании методы количественного анализа для описания реальных процессов. В настоящее время математическое моделирование в криминологии ещё недостаточно развито. Не в полной мере применяются методы корреляционного, кластерного, структурного, факторного, причинного анализа и некоторых других математических методов с использованием современных программных средств.

Цель работы - построение качественной математической модели сезонных колебаний преступности, в максимальной мере приближенной к объективной реальности. В статье на основе статистических данных числа зарегистрированных преступлений по Республике Саха (Якутия) применен метод моделирования сезонных колебаний для прогнозирования преступности. Суть данного метода заключается в построении модели регрессии, которая наряду с фактором времени включает сезонные фиктивные переменные, что позволяет учитывать сезонную (циклическую) компоненту временного ряда. Объектом исследования выступает преступность в пределах территории Республики Саха (Якутия). Предметом исследования является математическое моделирование числа зарегистрированных преступлений. Практическая значимость результатов заключается в том, что разработанная математическая модель может быть применена в практической работе аналитических подразделений МВД Республики Саха (Якутия). Результаты расчета показывают, что сезонные «пики» преступности в целом чаще всего падают на II квартал, а «провалы» регистрируются зимой.

Ключевые слова: Метод фиктивных переменных, модель регрессии, сезонные колебания, преступность, прогнозирование.

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование – это процесс разработки системы математических формул, описывающих динамику преступности исходя из взаимосвязи комплекса условий, существенно влияющих на нее.

Прогнозирование как способ моделирования преступности включает модельно-кибернетический эксперимент, который состоит из закономерностей функционирования объекта, прослеживаемых во времени.

Преимущество данного метода заключается в том, что он позволяет абстрагироваться от мелких и несущественных свойств прогнозируемого явления и сосредоточить внимание на наиболее значимых сторонах изучаемого объекта.

Широкий круг вопросов, который охватывает настоящее исследование, предполагает необходимость обращения к работам представителей различных отраслей науки. Наибольший вклад в изучение данной проблемы внесен учеными-криминологами Г.А. Аванесовым, С.В. Бородиным, С.Е. Вициным, И.А. Возгриным, А.А. Герцензоном, Н.Ф. Кузнецовой, Д.А.

Ли, С.С. Остроумовым, В.С. Овчинским, А.Б. Сахаровым, А.М. Яковлевым и др. в трудах которых раскрыты теоретико-методологические основы исследования причинно-следственного комплекса преступности.

В основе предвидения тенденций преступности лежат статистические закономерности. Они формируются и проявляются в массе преступных деяний, где действует закон больших чисел, который позволяет выявить определенные закономерности в динамике и структуре преступности.

Некоторые сезонные волны имеют различные сдвиги по фазе и даже находятся между собой в противофазе. В автономных системах деятельности это не имеет особого значения, а в сезонных колебаниях могут иметь отрицательные последствия. Это замечание имеет прямое отношение к системе «преступность – борьба с преступностью».

Как отмечают П.В. Тепляшин и Е.А. Федорова интенсивность преступности является неоднородной на территории России, поскольку на нее влияют конкретные географические, социальные и исторические условия того или иного региона, экономические осо-

бенности, национальный состав, структура населения, уровень культурного воспитания, традиции и другие факторы. Поэтому анализ региональной преступности позволяет установить, в каком регионе нужно приложить максимальные усилия и сосредоточить больше средств противодействия преступности [8].

Т.В. Пилюгиной, Д.А.Натура [5] рассмотрен вопрос о возможности криминологического моделирования, применяемого в рамках статистических методов прогнозирования региональной преступности в вопросах ее предупреждения.

В настоящее время выделяется 2 направления математического моделирования преступности: моделирование в виде уравнения множественной регрессии и матричное моделирование преступности. Обширная статистическая база, охватывающая множество показателей, и использование ИТ технологий при их анализе делают применение математического моделирования реальным способом прогнозирования преступности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Метод сезонных фиктивных переменных относится к методам моделирования сезонных компонент временного ряда. Суть данного метода заключается в построении модели регрессии, которая наряду с фактором времени включает сезонные фиктивные переменные. А фиктивные переменные могут включаться в регрессию двумя способами:

1) в константу, путем простого добавления соответствующих переменных;

2) в угол наклона, путем перемножения фиктивных переменных на факторы и включения новых полученных переменных в регрессию.

При моделировании сезонности эти способы дают совершенно разные результаты. Первый способ фактически соответствует построению модели с аддитивной сезонностью, в то время как второй – соответствует построению модели с мультипликативной сезонностью.

Рассмотрим метод моделирования временного ряда, содержащего сезонные колебания, – построение модели регрессии с включением фактора времени и фиктивных переменных. Количество фиктивных переменных в такой модели должно быть на единицу меньше числа моментов (периодов) времени внутри одного цикла колебаний. Например, при моделировании поквартальных данных модель должна включать 4 независимые переменные – фактор времени и три фиктивные переменные. Каждая фиктивная переменная отражает сезонную (циклическую) компоненту временного ряда для какого-либо одного периода. Она равна единице для данного периода и нулю для всех остальных периодов.

Задача: имеются первичные статистические данные о зарегистрированных преступлениях в Республи-

ке Саха (Якутия) за период с 2014 по 2018 годы (табл. 1):

Табл. 1. Зарегистрированные преступления в РС(Я) с 2014-18 г.

Годы	2014	2015	2016	2017	2018
Январь	685	779	895	888	793
Январь-февраль	842	1667	1862	1721	1731
Январь-март	1056	1803	1965	2844	2843
Январь-апрель	2956	3593	4162	3823	3699
Январь-май	3842	4482	5222	4896	4667
Январь-июнь	5213	5536	6372	5983	5749
Январь-июль	6129	6486	7239	6968	6701
Январь-август	7712	7695	8182	8059	7700
Январь-сентябрь	8193	8643	9273	9198	8612
Январь-октябрь	9167	9843	10447	10557	9864
Январь-ноябрь	9866	10880	11414	11537	10880
Январь-декабрь	10715	11846	12375	12399	11936

Требуется измерить сезонность преступлений по кварталам, используя метод множественного регрессионного анализа с введением фиктивных переменных, построить график сезонности преступлений, оценить величину колебаний по кварталам, также сделать прогноз на последующие 4 квартала.

Решение:

1. Получим помесячные данные о преступлениях (табл. 2).

Табл.2. Месячные данные о преступлениях

Январь	685	779	895	888	793
Февраль	157	888	967	833	938
Март	214	136	103	1123	1112
Апрель	1900	1790	2197	979	856
Май	886	889	1060	1073	968
Июнь	1371	1054	1150	1087	1082
Июль	916	950	867	985	952
Август	1583	1209	943	1091	999
Сентябрь	481	948	1091	1139	912
Октябрь	974	1200	1174	1359	1252
Ноябрь	699	1037	967	980	1016
Декабрь	849	966	961	862	1056

2. Переведем помесячные данные в квартальные, последовательно суммируя данные из табл. 2, и получим готовые к работе данные в табл.3.

Табл. 3. Квартальные данные о преступлениях

		2014		2017	
		I	II	I	II
2014	I	1056		I	2844
	II	4157		II	3139
	III	2980		III	3215
	IV	2522		IV	3201
2015	I	1803	2018	I	2843
	II	3733		II	2906
	III	3107		III	2863
	IV	3203		IV	3324
2016	I	1965			
	II	4407			
	III	2901			
	IV	3102			

3. Построим табл.4, которая будет использоваться в расчетах модели множественного регрессионного анализа:

Табл. 4. Данные для множественного регрессионного анализа

		у, шт	t, мес	D2	D3	D4
2014	I	1056	1	0	0	0
	II	4157	2	1	0	0
	III	2980	3	0	1	0
	IV	2522	4	0	0	1
2015	I	1803	5	0	0	0
	II	3733	6	1	0	0
	III	3107	7	0	1	0
	IV	3203	8	0	0	1
2016	I	1965	9	0	0	0
	II	4407	10	1	0	0
	III	2901	11	0	1	0
	IV	3102	12	0	0	1
2017	I	2844	13	0	0	0
	II	3139	14	1	0	0
	III	3215	15	0	1	0
	IV	3201	16	0	0	1
2018	I	2843	17	0	0	0
	II	2906	18	1	0	0
	III	2863	19	0	1	0
	IV	3324	20	0	0	1

4. Следующий шаг получение оценочного уравнения множественной регрессии вида (1):

$$y = a + b_1 \cdot t + b_2 \cdot D2 + b_3 \cdot D3 + b_4 \cdot D4 + \varepsilon, \quad (1)$$

где ε – случайный член.

Оценим параметры этого уравнения с помощью команды «Анализ данных» в ППП Excel из табл. 5:

Табл. 5. Данные для регрессионного анализа

у, шт	t, мес	D2	D3	D4
1056	1	0	0	0
4157	2	1	0	0
2980	3	0	1	0
2522	4	0	0	1
1803	5	0	0	0
3733	6	1	0	0
3107	7	0	1	0
3203	8	0	0	1
1965	9	0	0	0
4407	10	1	0	0
2901	11	0	1	0
3102	12	0	0	1
2844	13	0	0	0
3139	14	1	0	0
3215	15	0	1	0
3201	16	0	0	1
2843	17	0	0	0
2906	18	1	0	0
2863	19	0	1	0
3324	20	0	0	1

Полученные результаты показаны в табл. 6.

Табл. 6. Результаты регрессионного анализа

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	
Y-пересечение	1933,731	302,893	6,384	1,228	
Переменная X1	18,719	20,952	0,893	0,386	
Переменная X2	1547,481	335,879	4,607	0,0003	
Переменная X3	873,5625	337,833	2,586	0,021	
Переменная X4	912,0437	341,0669	2,674	0,0173	
<i>Регрессионный анализ</i>					
	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%	
Y-пересечение	1288,129	2579,333	1288,13	2579,3	
Переменная X1	-25,938	63,376	-25,938	63,376	
Переменная X2	831,571	2263,391	831,571	2263,4	
Переменная X3	153,486	1593,639	153,486	1593,6	
Переменная X4	185,077	1639,011	185,077	1639,1	
<i>Дисперсионный анализ</i>					
	df	SS	MS	F	Знач. F
Регрессия	4	6487347,58	1621836,89	5,78	0,0051
Остаток	15	4214097,38	280939,825		
Итого	19	10701444,9			
<i>Регрессионная статистика</i>					
Множественный R	0,778596366				
R-квадрат	0,606212302				
Нормированный R-квадрат	0,501202249				
Стандартная ошибка	530,0375694				
Наблюдения	20				

Запишем общее оценочное уравнение множественной регрессии (2):

$$Y = 1933,73 + 18,718 \cdot t + 1547,48 \cdot D2 + 873,56 \cdot D3 + 912,044 \cdot D4 + \varepsilon, \quad (2)$$

7. Распишем линейные регрессионные уравнения для I, II, III и IV кварталов. Для I квартала, принятого в нашем случае за эталонный, получим (3):

$$Y1 = 1933,73 + 18,72 \cdot t + \varepsilon, \quad (3)$$

где в данном уравнении: $a=D1$.

Для II квартала (4):

$$Y2 = 3481,21 + 18,72 \cdot t, \quad (4)$$

где $D1+D2=3481,21$.

Здесь значение свободного члена получено путем суммирования

Для III квартала (5):

$$Y3 = 2807,29 + 18,72 \cdot t, \quad (5)$$

где $D1+D3=2807,29$.

Для IV квартала (6):

$$Y4 = 2845,77 + 18,72 \cdot t, \quad (6)$$

где $D1+D4=2845,77$.

8. Построим график, наглядно представляющий сезонную разность по кварталам (рис.1):

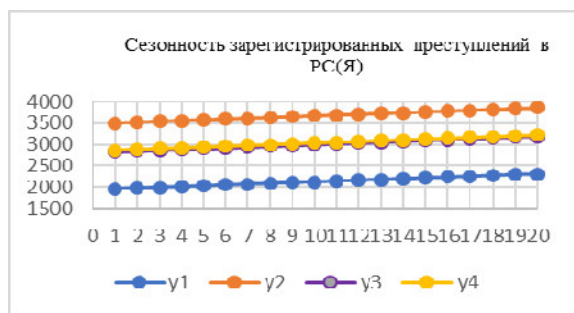


Рис. 1. Сезонность зарегистрированных преступлений в РС(Я)

9. Чтобы оценить величину колебаний отклонений по кварталам, найдем среднюю арифметическую свободных членов используя формулу (7):

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i,$$

$$\bar{D} = 2767$$

Имеем усредненную регрессионную линию (8):

$$\hat{Y}_{\text{сред}} = 2767 + 18,72 \cdot t, (8)$$

Разница между конкретной линией регрессии для соответствующего квартала и усредненной линией показывает оценку сезонных отклонений в данном квартале:

- I квартал: $1933,73 - 2767 = -833,27$
- II квартал: $3481,21 - 2767 = 714,21$
- III квартал: $2807,29 - 2767 = 40,29$
- IV квартал: $2845,77 - 2767 = 78,77$

Однако, достаточно высокое значение коэффициента детерминации ($R^2 = 0,606$) позволяет использовать полученное уравнение регрессии для прогноза развития явления на будущее.

Приведем прогноз преступлений РС(Я) на 2019 год в следующей табл. 7:

Табл. 7 Прогноз на 2019 год

Год	Квартал	t	D2	D3	D4	Прогноз
2019	I	21	0	0	0	2326,81
	II	22	1	0	0	3892,83
	III	23	0	1	0	3237,62
	IV	24	0	0	1	3295,01

И в конце наглядно посмотрим на график начальных и регрессионных данных (рис.2):



Рис.2. Начальные и регрессионные данные

Таким образом, мы применили модель временного ряда с фиктивными переменными для прогнозирования числа зарегистрированных преступлений по РС(Я) за 2014-18 годы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сезонные «пики» преступности в целом чаще всего падают на весну (II квартал), а точнее, на апрель и май, а «провалы» регистрируются зимой (январь-февраль), т. е. в конце и в начале отчетного периода. В летние месяцы (июль) уровни преступности ниже, чем весной и осенью. Можно предположить, что уровень преступной деятельности как-то коррелирует с активностью работы правоохранительной системы, на которую заметное влияние оказывает отпускной период.

Разработка моделей и схем анализа, расширяющих применение математических методов в практической работе аналитических подразделений МВД России, дает возможность на научной основе осуществлять контроль и предупреждение преступности. Комплексные целевые оперативно-профилактические мероприятия по предупреждению преступлений должны подготавливаться правоохранительными органами с учетом основных количественно-качественных показателей преступности и с опорой на изучение практики применения законодательных и ведомственных нормативно-правовых актов по проблемам профилактики и обеспечения безопасности граждан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В.Н. Эконометрика для бакалавров: учебник [Текст]/ В.Н. Афанасьев [и др.].//Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014.– 434 с.
2. Бражников Д.А. Криминальная ситуация в Российской Федерации: состояние и тенденции. 2017[Текст]/ Д.А. Бражников [и др.] Юридическая наука и правоохранительная практика. 2017. № 3(41). С. 66-78.
3. Вицин С.Е. Моделирование в криминологии [Текст]/ С.Е.Вицин// М: Высшая школа МВД СССР, 1973, с.59.
4. Ольков С.Г. Аналитическая юриспруденция: Учебник [Текст]/ С.Г. Ольков// Сургут: Издательство СурГУ, 2012. – 1125 с.
5. Пилогина Т.В. Использование метода математического моделирования при прогнозировании региональной преступности в вопросах ее предупреждения [Текст]/ Т.В. Пилогина, Д.А. Натура// Всероссийский криминологический журнал. 2017. Т. 11, № 1. С. 61–70
6. Салин В.Н. Статистика: учебное пособие [Текст]/В.Н. Салин, Э.Ю. Чурилова, Е.П.Шпаковская// М.: КноРус, 2009
7. Студии. Учебные материалы для студентов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studme.org/>
8. Тепляшин П.В. Условия, тенденции и краткосрочный прогноз преступности в Сибирском федеральном округе [Текст]/П.В. Тепляшин, Е.А. Федорова // Библиотека уголовного права и криминологии. 2017. № 6. С. 118-119.
9. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gks.ru/>
10. Understanding crime data: haunted by the dark figure. By Clive Coleman and Jenny Moynihan. Open University Press, 22 Ballmoor, Buckingham, MK18 1XW, September 1996, 160 pp.

Крылова Екатерина Анатольевна – доцент, кандидат физико-математических наук ФГАОУ ВО Северо-Восточного Федерального университета имени М.К. Аммосова, института математики и информатики, кафедры «Математической экономики и прикладной информатики», тел. +7 (914) 279-72-70, e-mail: krekan2012@mail.ru.

Ефимова Надежда Робертовна – студент магистратуры 2 курса группы М-ПИЮ-17 ФГАОУ ВО Северо-Восточного Федерального университета имени М.К. Аммосова, института математики и информатики, кафедры «Математической экономики и прикладной информатики», тел. +7 (914) 236-97-08, e-mail: robertovnanadia@gmail.com.

APPLICATION OF INDICATOR VARIABLES IN MODELING OF NUMBER OF RECORDED CRIMES IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

E.A. Krylova¹, N.R. Efimova²

*M. K. Ammosov North-Eastern Federal University,
Department of Applied Mathematics and Information Science,
the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk city*

Abstract. Nowadays with crime acts increasing and changing their forms its exploratory development is a highly topical issue. In order to prevent crime and for precrime activities it is necessary to develop new and con temporary methods of its researches for taking operating actions.

Method of mathematical model approach of crimes appears as one of the ways of anticipatory analysis of criminal situation. The well-formed mathematical model makes possible to predict crime dynamics and take actions for its prevention. It allows quantitative analysis to be used in its research for the description of real time events. Mathematical method in criminalistics is not developed enough today. Also it can be said that methods of correlation, cluster, structure, factor and cause-and-effect analysis and some other mathematical methods which apply current software tools are not put in use in full.

Goal of research is to form a proper mathematical model of seasonal variations of crime acts which tend to the full objective reality. This article considers the modeling method of seasonal variations of crime acts based on statistics of recorded crimes in Yakutia for its data forecasting. The key point of this method is forming of the regression model that includes not only the time factor but seasonal indicator variables which allows accounting for seasonal (cyclic) component of temporal series. The study object is actual criminal acts on the territory of the Republic of Sakha (Yakutia). The subject of the research is mathematical modeling of number of recorded crimes. Practical relevance of the research results is thus due to the fact that the developed mathematical method can be applied to in actual work of the analytical subdivisions of the MIA of the Republic of Sakha (Yakutia). Performed calculations depict that the highest rate of criminal acts is in spring and the lowest rate is in winter.

Key words: method of indicator variables, regression model, seasonal variations, crime, forecasting.

REFERENCES

1. Afanasyev V.N. Econometrics for bachelors: textbook [Text] / V.N. Afanasyev [et al.]. // Orenburg: Orenburg State University, EBS DIA, - 2014.- p.434.
2. Brazhnikov D.A. The criminal situation in the Russian Federation: the state and trends. 2017 [Text] // D.A. Brazhnikov [id.] Legal science and law enforcement practice. - 2017. - №3 (41). p. 66-78.
3. Vitsin S.E. Modeling in Criminology [Text] / S.E. Vitsin // M: Higher School of the Ministry of Internal Affairs of the USSR. – 1973. - p.59.
4. Olkov S.G. Analytical jurisprudence: Textbook [Text] / SG Olkov // Surgut: SurSU Publishing House. -2012. - p.1125.
5. Pilyugina T.V. Using the method of mathematical modeling in predicting regional crime in its prevention [Text] / T.V. Pilyugina, D.A. Nature // All-Russian Journal of Criminology. - 2017. - №1. p.61–70
6. Salin V.N. Statistics: textbook [Text] / V.N. Salin, E.Yu. Churilova, E.P.Shpakovskaya // Moscow: KnoRus, - 2009.
7. Studmi. Training materials for students [Electronic resource]. The access Mode: <https://studme.org/>
8. Teplyashin P.V. Conditions, trends and short-term crime forecast in the Siberian Federal District [Text] / P.V. Teplyashin, E.A. Fedorov // Library of Criminal Law and Criminology. - 2017. - №6. p.118-119.
9. Federal State Statistics Service [Electronic resource]. The access Mode: <http://www.gks.ru/>
10. Understanding crime data: haunted by the dark figure. By Clive Coleman and Jenny Moynihan. Open University Press, 22 Ballmoor, Buckingham, MK18 1XW, September 1996, 160 pp.

Krylova Ekaterina Anatolyevna¹ - Associate Professor, candidate of physical and mathematical Sciences, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "M. K. Ammosov North-Eastern Federal University", Institute of Mathematics and Information Science Department of Applied Mathematics and Information Science, tel.+7 (914) 279-72-70, e-mail: krekam2012@mail.ru.

Efimova Nadezhda Robertovna² - 2nd year master's student of M-PIU-17 group at Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "M. K. Ammosov North-Eastern Federal University", Institute of Mathematics and Information Science Department of Applied Mathematics and Information Science, tel.+7 (914) 236-97-08, e-mail: robertovnanadia@gmail.com