

УДК 519.257

Д. К. Капишева

Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина  
МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан

## РАСЧЕТ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА ПОЖАРОВ АДАПТИВНЫМ МЕТОДОМ

*Аннотация.* В данной статье произведен расчет краткосрочного прогнозирования количества пожаров с помощью адаптивного метода - экспоненциального сглаживания, то есть с помощью таких методов возможно получение прогноза только на один интервал времени. Точность прогнозов на большее количество интервалов значительно падает. Для прогнозирования была взята ежемесячная статистика пожаров за период 08.2022-09.2023 гг. по Акмолинской области. Полученный прогноз сравнили с данными за октябрь 2023 года. Для вычислений использовался пакет программы табличного процессора Microsoft Excel. Использование краткосрочного прогнозирования методом экспоненциального сглаживания позволяет автоматизировать расчеты при прогнозировании пожаров.

*Ключевые слова:* статистический анализ, прогнозирование, временные ряды, адаптивные методы, математическая модель, экспоненциальное сглаживание.

Статистический анализ и прогнозирование временных рядов имеет определенную важность при решении инженерных задач. Одно из перспективных направлений развития краткосрочного прогнозирования связано с адаптивными методами [1]. У истоков адаптивных методов лежит модель.

В данной статье рассмотрим применение метода экспоненциального сглаживания для прогнозирования пожаров на ближайший период, а именно на следующий месяц. Для расчетов будет использован простой метод экспоненциального сглаживания (ПЭС, simple exponential smoothing, SES) [2]. Инструмент создает модель прогноза, которая используется для прогнозирования значений следующих временных шагов.

Простое экспоненциальное сглаживание предполагает, временной ряд состоящий из двух компонентов: уровня (или среднего) и некоей погрешности вокруг этого значения. ПЭС использует лишь одну константу сглаживания. Расчет производится по формуле [3-4]:

$$S_t = ay_t + (1 - a)S_{t-1} \quad (1)$$

где  $S_t$  - значение экспоненциальной средней в момент времени  $t$ ;

$a$  - параметр сглаживания,  $a = \text{const}$ ,  $0 < a < 1$ ;

$y_t$  - текущее значение временного ряда;

$S_{t-1}$  - предыдущее значение экспоненциальной средней

Результат сглаживания зависит от параметра  $\alpha$  (*альфа*) [4-5]. Для определения значения  $\alpha$  используем формулу:

$$\alpha = \frac{2}{n+1} \quad (2)$$

где  $n$  – количество, которое мы берем в качестве временного ряда.

Для реализации расчета с помощью табличного процессора Microsoft Excel в качестве исходных данных возьмем ежемесячную статистику пожаров по Акмолинской области за один год – 08.2022-09.2023 гг. (все виды пожаров суммарно), т.к. прогнозировать будем только на следующий месяц – октябрь 2023 года. Результат произведенного расчета прогнозирования сравним с фактическим количеством пожаров за октябрь 2023 года.

Таблица 1 – Общее количество пожаров за 08.2022-09.2023 годы по Акмолинской области Республики Казахстан

Год	Общее кол-во пожаров за месяц	Год	Общее кол-во пожаров за месяц
08.2022 г.	50	03.2023 г.	64
09.2022 г.	77	04.2023 г.	113
10.2022 г.	80	05.2023 г.	78
11.2022 г.	180	06.2023 г.	85
12.2022 г.	15	07.2023 г.	70
01.2023 г.	62	08.2023 г.	45
02.2023 г.	65	09.2023 г.	38

Данные временного ряда в таблице (1) необходимо выравнить (сгладить) и сделать краткосрочный прогноз на октябрь 2023 год.

Определим параметр  $\alpha$  заданного временного ряда (формула 2) при  $n=14$ . Следовательно,

$$\alpha = \frac{2}{14+1} \approx 0,133(3) \approx 0,13$$

Также, для расчета (формула 1) найдем первоначальное значение  $S_0$ . Можно воспользоваться двумя способами нахождения  $S_0$ :

1 способ: средняя арифметическая, т.е.

$$S_0 = (50+77+80+180+15+62+65+64+113+78+85+70+45+38)/14=73$$

2 способ: принимаем  $S_0$ , как первое значение временного ряда, т.е.  $S_0 = 50$

В Microsoft Excel выполним расчет, результат внесем в таблицу 2.

Таблица 2 – Краткосрочный прогноз количества пожаров на октябрь 2023 год I и II способами

	A	B	C	D
1	год	общее кол-во пожаров за год	экспоненциально взвешенная средняя $S_t$	
2		$y_t$	I способ	II способ
3	авг.22	50	71	50
4	сен.22	77	68	50
5	окт.22	80	69	54
6	ноя.22	150	71	57
7	дек.22	60	81	69
8	январ.23	62	78	68
9	февр.23	65	76	67
10	мар.23	64	75	67
11	апр.23	113	73	66
12	май.23	78	78	73
13	июн.23	85	78	73
14	июл.23	70	79	75
15	авг.23	45	78	74
16	сен.23	38	74	70
17			<i>прогноз</i>	
18	окт.23		<b>69</b>	<b>66</b>
19				
20	$\alpha =$	0,13		
21	$S_0 :$	74		

Всякий прогноз должен иметь точность, которая является важнейшей его характеристикой [1]. Проверим достоверность краткосрочного прогноза каждого месяца, а также среднюю относительную ошибку, рассчитав [4-5] по формуле:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \frac{|y_{\phi} - y_p|}{y_{\phi}} \cdot 100 \right] \quad (4)$$

где  $y_{\phi}$  – фактическое значение исследуемого явления,  $y_p$  – расчетное значение исследуемого явления, n – число уровней временного ряда.

Чем ближе к нулю первый и второй показатели, тем выше точность прогноза (таблица 3) [5-6].

Таблица 3 – Интерпретация значений средней относительной ошибки

Средняя относительная ошибка (ε), %	Интерпретация
< 10	точность прогноза высокая
10 – 20	точность хорошая
20 – 50	точность удовлетворительная
> 50	точность неудовлетворительная

Таблица 4 – Расчет средней относительной ошибки ε (%)

	A	B	C	D	E	F
1	год	общее кол-во пожаров за год $y_t$	экспоненциально взвешенная средняя $S_t$		расчет средней относительной ошибки $\frac{ y_{\phi} - y_p }{y_{\phi}} \cdot 100$	
2			I способ	II способ	I способ	II способ
3	авг.22	50	71	50	42	0
4	сен.22	77	68	50	11	35
5	окт.22	80	69	54	13	33
6	ноя.22	150	71	57	53	62
7	дек.22	60	81	69	35	15
8	январ.23	62	78	68	26	9
9	февр.23	65	76	67	17	3
10	мар.23	64	75	67	17	4
11	апр.23	113	73	66	35	41
12	май.23	78	78	73	1	7
13	июн.23	85	78	73	8	14
14	июл.23	70	79	75	13	7
15	авг.23	45	78	74	74	65
16	сен.23	38	74	70	94	85
17			<i>прогноз</i>			
18	окт.23		<b>69</b>	<b>66</b>	<b>31</b>	<b>27</b>

Полученный результат показывает при первом способе расчета – 31 % достоверности, при втором – 27 %, что является удовлетворительным результатом. Средняя относительная ошибка находится в пределах 20 – 50 % точности. По имеющимся данным, за октябрь 2023 года общее количество пожаров по Акмолинской области составило 69 пожаров.

*Вывод:*

В данной статье мы рассмотрели упрощенный метод прогнозирования - простой метод экспоненциального сглаживания (ПЭС). Тем не менее,

экспериментальный расчет краткосрочного прогнозирования на основе объективных данных показал удовлетворительную точность на один период. В нашем случае, точность прогнозирования оказалась 100%, т.к. количество пожаров на период - октябрь 2023 года, составил 69 пожаров, прогноз по I способу составил – 69 пожаров, по II способу – 66 пожаров.

Метод экспоненциального сглаживания можно использовать как обучающий материал на учебных занятиях в качестве инструмента для прогнозирования [7].

#### Список литературы

1. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
2. Косовцева Т. Р., Беляев В. В. Технологии обработки экономической информации. Адаптивные методы прогнозирования: учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 31 с.
3. Бараз В. Р., Пегашкин В. Ф. Использование MS Excel для анализа статистических данных: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2014. – 181 с.
4. Борздова Т. В. Основы статистического анализа и обработка данных с применением Microsoft Excel: учебное пособие. – Минск: ГИУСТ БГУ, 2011. – 75 с.
5. Андерсон, Т. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976. – 756 с.
6. Агишева Д. К. Математическая статистика: учебное пособие / Д. К. Агишева, С. А. Зотова, Т. А. Матвеева, В. Б. Светличная; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2010. – 159 с.
7. Абдикаримов Д. К., Берденова Д. К., Усачева Т. В. Использование метода наименьших квадратов при прогнозировании количества пожаров // Вестник Кокшетауского технического института. – 2020. – № 2 (38). – С.89-94.

#### References

1. Lukashin YU. P. Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennyh ryadov. – M.: Finansy i statistika, 2003. – 416 s.
2. Kosovceva T.R., Belyaev V.V. Tekhnologii obrabotki ekonomicheskoy informacii. Adaptivnye metody prognozirovaniya: uchebnoe posobie. – SPb: Universitet ITMO, 2016. – 31 s.
3. Baraz V. R., Pegashkin V. F. Ispol'zovanie MS Excel dlya analiza statisticheskikh dannyh: uchebnoe posobie. 2-e izd., pererab. i dop. – Nizhnij Tagil: NTI (filial) UrFU, 2014. – 181 s.
4. Borzdova T. V. Osnovy statisticheskogo analiza i obrabotka dannyh s primeneniem Microsoft Ekhsel: ucheb.posobie. – Minsk: GIUST BGU, 2011. – 75 s.
5. Anderson, T. Statisticheskij analiz vremennyh ryadov. – M.: Mir, 1976. – 756 s.
6. Agisheva D. K., Zotova S. A., Matveeva T. A., Svetlichnaya V. B. Matematicheskaya statistika: ucheb.posobie; VPI (filial) VolgGTU. – Volgograd, 2010. – 159 s.
7. Abdikarimov D. K., Berdenova D. K., Usacheva T. V. Ispol'zovanie metoda naimen'shih kvadratov pri prognozirovanii kolichestva pozharov // Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo instituta. – 2020. – № 2 (38). – S.89-94.

Д. К. Капишева

Қазақстан Республикасы ТЖМ Малик Ғабдуллин атындағы азаматтық қорғау академиясы,  
Көкшетау, Қазақстан

## ҚЫСҚА МЕРЗІМДІ ӨРТ САНЫН БОЛЖАУҒА АРНАЛҒАН АДАПТИВТІ ӘДІС

*Аңдатпа.* Бұл мақалада адаптивті әдіс - экспоненциалды тегістеу арқылы өрттердің санын қысқа мерзімді болжау есебі жасалды. Болжау үшін Ақмола облысы бойынша бір жылдағы деректер алынды – 08.2022-09.2023 жж. Болжау міндеттері уақыт бойынша кейбір деректердің өзгеруіне (ай сайынғы өрт статистикасы) және осы өзгерістерді болашаққа жобалауға негізделген. Есептеу үшін Microsoft Excel кестелік процессор бағдарламасының пакеті қолданылды.

*Түйінді сөздер:* статистикалық талдау, болжау, уақыт қатарлары, бейімделу әдістері, математикалық модель, экспоненциалды тегістеу.

D. K. Kapisheva

*Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan,  
Kokshetau, Kazakhstan*

*Abstract.* This article calculates the short-term prediction of the number of fires using an adaptive method - exponential smoothing. For forecasting, data were taken for the Akmola region for one year – 08.2022-09.2023. Forecasting tasks are based on changes in certain data over time (monthly fire statistics) and projecting these changes into the future. The Microsoft Excel spreadsheet program package was used for calculations.

*Key words:* statistical analysis, forecasting, time series, adaptive methods, mathematical model, exponential smoothing.

## Авторлар туралы мәлімет/ Сведения об авторах/ Information about the authors

*Динара Қуанышбекқызы Капишева* – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Қазақстан Республикасы ТЖМ М. Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясының жалпы техникалық пәндер, ақпараттық жүйелер және технологиялар кафедрасы бастығының орынбасары. Қазақстан, Көкшетау, Ақана Сері к-сі, 136. E-mail: bdk-76@mail.ru

*Капишева Динара Қуанышбековна* – магистр естественных наук, заместитель начальника кафедры общетехнических дисциплин, информационных систем и технологий Академии гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан. Казахстан, Кокшетау, ул. Акана Серэ, 136. E-mail: bdk-76@mail.ru

*Dinara K. Kapisheva* – Master of Natural Sciences, Deputy Head of the Department of General Technical Disciplines, Information Systems and Technologies of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan. 136 Akan Sere str., Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: bdk-76@mail.ru