

УДК 614.84:519

kaibitchev@mail.ru

**УЧЕТ ОШИБКИ ПРОШЛОГО ПЕРИОДА ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ
ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАТИВНОГО РЕАГИРОВАНИЯ
ФПС МЧС РОССИИ**

**ACCOUNTING ERRORS OF PREVIOUS PERIOD IN PREDICTING
THE MAIN PARAMETERS OF THE OPERATIONAL RESPONSE
OF EMERCOM OF RUSSIA**

*Кайбичев И. А., доктор физико-математических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Кайбичева Е. И., кандидат экономических наук,
Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург*

*Kaibichev I. A.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg
Kaibicheva E. I., Ural State University of Economics, Yekaterinburg*

Объектом исследования является учет ошибки прошлого периода между прогнозным и фактическим значениями при математическом прогнозе основных показателей оперативного реагирования ФПС МЧС России. Цель исследования – показать полезность учета ошибки прошлого периода при прогнозе показателей оперативного реагирования ФПС МЧС России. В исследовании использован метод экспоненциального сглаживания. Автором предложена модернизация этого метода с учетом ошибки прошлого периода. В результате исследования установлено, что учет ошибки прошлого периода приводил к улучшению качества прогноза на 18,11–88,37 %.

Ключевые слова: показатели оперативного реагирования, федеральная противопожарная служба, метод экспоненциального сглаживания, учет ошибки прошлого периода между прогнозным и фактическим значениями, Российская Федерация

The object of the study is to take into account the error of the previous period between the forecast and actual values in the mathematical forecast of the main indicators of rapid response of the Federal emergency service of Russia. The purpose of the study is to show the usefulness of taking into account the error of the previous period in the forecast of operational response indicators of the Federal emergency service of Russia. The study used the exponential smoothing method. The author proposes a modernization of this method taking into account the error of the previous period. The study found that taking into account the errors of the previous period led to an improvement in the quality of the forecast by 18.11-88.37 %.

Keywords: rapid response indicators, Federal fire service, exponential smoothing method, accounting for the error of the previous period between the forecast and actual values, Russian Federation

Теория временных рядов [1–3] находит применение во многих отраслях человеческой деятельности, в том числе в пожарной статистике [4–11].

Практика показывает, что между прогнозным и фактическими значениями есть различие. Эту разницу называют ошибкой. Цель исследования – устано-

вить, влияет ли учет ошибки на результаты и качество прогноза.

В качестве примера выполним прогноз основных оперативных показателей оперативного реагирования ФПС МЧС России на 2019 год.

Методика расчета

Первая попытка учета ошибки прогноза на результаты, полученные в методе экспоненциального сглаживания, предпринята на примере прогноза среднего времени прибытия первого пожарного подразделения на пожар [12].

Модернизация метода экспоненциального сглаживания, предложенная в работе [12], состоит в добавлении в широко известную формулу дополнительного члена

$$Y_{i+1} = \alpha X_i + (1-\alpha) X_{i-1} + \beta \varepsilon_i. \quad (1)$$

Здесь Y_{i+1} – прогнозное значение. X_i – известные данные на i период, α – константа ($0 < \alpha < 1$), ошибка прогноза прошлого периода $\varepsilon_i = Y_i - X_i$, β – кон-

станта ($-1 \leq \beta \leq 1$). В базу прогноза вводят два предшествующих периода. Поэтому прогнозные значения можно получить по формуле (1) только начиная с третьего временного периода.

В качестве показателя качества прогноза принимали среднее значение квадрата ошибки. Чем меньше это значение, тем лучше прогноз. Минимизация осуществлялась с помощью средства Поиск решения программы Microsoft Excel. Прогноз основан на статистических данных [13–26].

Среднее время сообщения о пожаре

Первоначально используем классический метод экспоненциального сглаживания. Параметр α меняли в диапазоне [0,0001; 0,9999]. Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при $\alpha = 0,9999$ (табл. 1). При этом прогнозное значение показателя в основном определяется фактическим значением прошлого периода.

Таблица 1

Прогноз среднего времени сообщения о пожаре

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	8,88	8,88	0,00	0,00
2002	8,77	8,77	0,00	0,00
2003	7,74	8,77	1,03	1,06
2004	7,33	7,74	0,41	0,17
2005	7,02	7,33	0,31	0,10
2006	6,77	7,02	0,25	0,06
2007	6,04	6,77	0,73	0,53
2008	5,47	6,04	0,57	0,32
2009	4,13	5,47	1,34	1,80
2010	3,61	4,13	0,52	0,27
2011	3,25	3,61	0,36	0,13
2012	2,84	3,25	0,41	0,17
2013	2,49	2,84	0,35	0,12
2014	2,27	2,49	0,22	0,05
2015	1,98	2,27	0,29	0,08
2016	1,82	1,98	0,16	0,03
2017	1,7	1,82	0,12	0,01
2018	1,61	1,70	0,09	0,01
2019		1,70	0,40	0,27

Среднее значение ошибки равно 0,40, а среднее значение квадрата ошибки – 0,27.

Прогнозное значение для среднего времени сообщения о пожаре на 2019 год составило 1,70 мин.

Учет ошибки прошлого периода (табл. 2) привел к уменьшению среднего

значения квадрата ошибки на 27,70 % (до 0,20). Параметр $\alpha = 0,9999$, то есть не изменился. Параметр $\beta = -0,42374$.

Прогнозное значение для среднего времени сообщения о пожаре с учетом ошибки на 2019 год составило 1,59 мин.

Таблица 2

Прогноз среднего времени сообщения о пожаре с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	8,88	8,88	0,00	0,00
2002	8,77	8,77	0,00	0,00
2003	7,74	8,77	1,03	1,06
2004	7,33	7,30	-0,03	0,00
2005	7,02	7,34	0,32	0,10
2006	6,77	6,88	0,11	0,01
2007	6,04	6,72	0,68	0,46
2008	5,47	5,75	0,28	0,08
2009	4,13	5,35	1,22	1,49
2010	3,61	3,61	0,00	0,00
2011	3,25	3,61	0,36	0,13
2012	2,84	3,10	0,26	0,07
2013	2,49	2,73	0,24	0,06
2014	2,27	2,39	0,12	0,01
2015	1,98	2,22	0,24	0,06
2016	1,82	1,88	0,06	0,00
2017	1,7	1,80	0,10	0,01
2018	1,61	1,66	0,05	0,00
2019		1,59	0,28	0,20

В целом можно сделать вывод, что при прогнозе среднего времени сообщения о пожаре учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 27,70 %.

Среднее время прибытия первого пожарного подразделения

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при $\alpha = 0,9999$ (табл. 3). При этом прогнозное значение

показателя в основном определяется фактическим значением прошлого периода.

Среднее значение ошибки равно 0,19, а среднее значение квадрата ошибки – 0,21.

Прогнозное значение среднего времени прибытия первого пожарного подразделения на 2019 год составило 8,41 мин.

Таблица 3

Прогноз среднего времени прибытия первого пожарного подразделения

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	11,31	11,31	0,00	0,00
2002	11,80	11,80	0,00	0,00
2003	11,82	11,80	-0,02	0,00
2004	12,02	11,82	-0,20	0,04

2005	12,18	12,02	-0,16	0,03
2006	12,42	12,18	-0,24	0,06
2007	12,06	12,42	0,36	0,13
2008	11,71	12,06	0,35	0,12
2009	10,12	11,71	1,59	2,53
2010	9,57	10,12	0,55	0,30
2011	9,08	9,57	0,49	0,24
2012	8,76	9,08	-0,32	0,10
2013	8,40	8,76	0,36	0,13
2014	8,36	8,40	0,04	0,00
2015	8,21	8,36	0,15	0,02
2016	8,19	8,21	0,02	0,00
2017	8,16	8,19	0,03	0,00
2018	8,41	8,16	-0,25	0,06
2019		8,41	0,19	0,21

Учет ошибки прошлого периода (табл. 4) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 18,11 % (до

0,17). Параметр $\alpha = 0,9999$, то есть не изменился. Параметр $\beta = -0,32784$.

Таблица 5
Прогноз среднего времени прибытия первого пожарного подразделения с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	11,31	11,31	0,00	0,00
2002	11,80	11,80	0,00	0,00
2003	11,82	11,80	-0,02	0,00
2004	12,02	11,83	-0,19	0,04
2005	12,18	12,08	-0,10	0,01
2006	12,42	12,21	-0,21	0,04
2007	12,06	12,49	0,43	0,18
2008	11,71	11,92	0,21	0,04
2009	10,12	11,64	1,52	2,31
2010	9,57	9,62	0,05	0,00
2011	9,08	9,55	0,47	0,22
2012	8,76	8,92	0,16	0,03
2013	8,40	8,71	0,31	0,09
2014	8,36	8,30	-0,06	0,00
2015	8,21	8,38	0,17	0,03
2016	8,19	8,15	-0,04	0,00
2017	8,16	8,20	0,04	0,00
2018	8,41	8,15	-0,26	0,07
2019		8,50	0,14	0,17

Прогнозное значение для среднего времени прибытия первого пожарного подразделения с учетом ошибки на 2019 год составило 8,50 мин.

При прогнозе среднего времени прибытия первого пожарного подразделения учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 18,11 %.

Среднее время подачи первого ствола

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при $\alpha = 0,9999$ (табл. 5). При этом прогнозное значение показателя в основном определяется фактическим значением прошлого периода.

Среднее значение ошибки равно 0,15, а среднее значение квадрата ошибки – 0,07.

Прогнозное значение среднего времени подачи первого ствола на 2019 год составило 1,44 мин.

Таблица 5

Прогноз среднего времени подачи первого ствола

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	1,58	1,58	0,00	0,00
2010	1,44	1,44	0,00	0,00
2011	1,33	1,44	0,11	0,01
2012	1,84	1,44	-0,40	0,16
2013	1,20	1,44	0,24	0,06
2014	1,17	1,44	0,27	0,07
2015	1,13	1,44	0,31	0,10
2016	1,14	1,44	0,30	0,09
2017	1,12	1,44	0,32	0,10
2018	1,12	1,44	0,32	0,10
2019		1,44	0,15	0,07

Учет ошибки прошлого периода (табл. 6) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 32,08 % (до

0,05). Параметр $\alpha = 0,9999$, то есть не изменился. Параметр $\beta = -0,39784$

Таблица 6

Прогноз среднего времени подачи первого ствола с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	1,58	1,58	0,00	0,00
2010	1,44	1,44	0,00	0,00
2011	1,33	1,44	0,11	0,01
2012	1,84	1,40	-0,44	0,20
2013	1,20	1,57	0,37	0,14
2014	1,17	1,42	0,25	0,06
2015	1,13	1,32	0,19	0,04
2016	1,14	1,25	0,11	0,01
2017	1,12	1,20	0,08	0,01
2018	1,12	1,17	0,05	0,00
2019		1,15	0,07	0,05

Прогнозное значение для среднего времени подачи первого ствола с учетом ошибки на 2019 год составило 1,15 мин.

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 32,08 %.

Среднее время свободного горения

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при $\alpha = 0,037133$ (табл. 7). Среднее значение ошибки равно -4,19, а среднее значение квадрата ошибки – 28,32.

Прогнозное значение среднего времени свободного горения на 2019 год составило 19,47 мин.

Таблица 7

Прогноз среднего времени свободного горения

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	19,43	19,43	0,00	0,00
2002	19,59	19,59	0,00	0,00
2003	19,01	19,44	0,43	0,18
2004	19,35	19,58	0,23	0,05
2005	18,65	19,44	0,79	0,63
2006	18,63	19,58	0,95	0,90
2007	17,61	19,45	1,84	3,37
2008	16,90	19,57	2,67	7,15
2009	16,05	19,45	3,40	11,57
2010	14,80	19,57	4,77	22,75
2011	13,80	19,46	5,66	31,99
2012	12,96	19,57	6,61	43,63
2013	12,20	19,46	7,26	52,70
2014	11,90	19,56	7,66	58,70
2015	11,40	19,46	8,06	65,02
2016	11,16	19,56	8,40	70,52
2017	11,05	19,47	8,42	70,85
2018	11,20	19,55	8,35	69,80
2019		19,47	4,19	28,32

Учет ошибки прошлого периода (табл. 8) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 83,37 % (до

4,71). Параметр $\alpha = 0,037133$, то есть не изменился. Параметр $\beta = -0,45882$.

Таблица 8

Прогноз среднего времени свободного горения с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	19,43	19,43	0,00	0,00
2002	19,59	19,59	0,00	0,00
2003	19,01	19,44	0,43	0,18
2004	19,35	19,39	0,04	0,00
2005	18,65	19,42	0,77	0,59
2006	18,63	19,04	0,41	0,17
2007	17,61	19,22	1,61	2,58
2008	16,90	18,31	1,41	1,98
2009	16,05	18,54	2,49	6,18
2010	14,80	17,18	2,38	5,65
2011	13,80	17,39	3,59	12,92
2012	12,96	15,54	2,58	6,63
2013	12,20	16,14	3,94	15,55
2014	11,90	13,75	1,85	3,42
2015	11,40	15,21	3,81	14,49
2016	11,16	12,06	0,90	0,80
2017	11,05	14,68	3,63	13,16
2018	11,20	10,49	-0,71	0,51
2019		14,85	1,62	4,71

Прогнозное значение для среднего времени свободного горения с учетом ошибки на 2019 год составило 14,85 мин.

В целом учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 83,37 %.

Среднее время локализации пожара

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при $\alpha = 0,017660$ (табл. 9). Среднее значение ошибки равно 5,59, а среднее значение квадрата ошибки – 49,77.

Прогнозное значение среднего времени локализации пожара на 2019 год составило 17,76 мин.

Таблица 9

Прогноз среднего времени локализации пожара

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	17,74	17,74	0,00	0,00
2002	17,85	17,85	0,00	0,00
2003	16,99	17,74	0,75	0,57
2004	17,14	17,85	0,71	0,50
2005	17,10	17,74	0,64	0,41
2006	16,96	17,85	0,89	0,79
2007	15,32	17,75	2,43	5,88
2008	14,31	17,84	3,53	12,49
2009	11,34	17,75	6,41	41,05
2010	11,53	17,84	6,31	39,85
2011	10,49	17,75	7,26	52,69
2012	9,57	17,84	8,27	68,41
2013	8,35	17,75	9,40	88,37
2014	8,19	17,84	9,65	93,11
2015	7,08	17,75	10,67	113,90
2016	6,56	17,84	11,28	127,19
2017	6,33	17,75	11,42	130,50
2018	6,88	17,84	10,96	120,04
2019		17,76	5,59	49,77

Учет ошибки прошлого периода (табл. 10) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 78,35 % (до

10,78). Параметр $\alpha = 0,01766$, то есть не изменился. Параметр $\beta = -0,3945$.

Таблица 10

Прогноз среднего времени локализации пожара с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	17,74	17,74	0,00	0,00
2002	17,85	17,85	0,00	0,00
2003	16,99	17,74	0,75	0,57
2004	17,14	17,55	0,41	0,17
2005	17,10	17,58	0,48	0,23
2006	16,96	17,36	0,40	0,16
2007	15,32	17,41	2,09	4,38
2008	14,31	16,54	2,23	4,97
2009	11,34	16,52	5,18	26,81
2010	11,53	14,50	2,97	8,80

2011	10,49	15,31	4,82	23,26
2012	9,57	12,61	3,04	9,23
2013	8,35	14,07	5,72	32,68
2014	8,19	10,38	2,19	4,79
2015	7,08	13,14	6,06	36,70
2016	6,56	8,04	1,48	2,18
2017	6,33	12,46	6,13	37,64
2018	6,88	5,70	-1,18	1,40
2019		12,81	2,38	10,78

Прогнозное значение для среднего времени локализации пожара с учетом ошибки на 2019 год составило 12,81 мин.

В целом учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 78,35 %.

Среднее время ликвидации открытого горения

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при $\alpha = 0,025635$ (табл. 11). Среднее значение ошибки равно 3,12, а среднее значение квадрата ошибки – 13,76.

Прогнозное значение среднего времени ликвидации открытого горения на 2019 год составило 13,83 мин.

Таблица 11
Прогноз среднего времени ликвидации открытого горения

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	13,82	13,82	0,00	0,00
2010	13,94	13,94	0,00	0,00
2011	12,59	13,82	1,23	1,52
2012	11,60	13,94	2,34	5,46
2013	10,29	13,83	3,54	12,50
2014	10,38	13,93	3,55	12,63
2015	9,29	13,83	4,54	20,60
2016	8,59	13,93	5,34	28,53
2017	8,36	13,83	5,47	29,94
2018	8,79	13,93	5,14	26,41
2019		13,83	3,12	13,76

Учет ошибки прошлого периода (табл. 12) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 78,52 % (до

2,96). Параметр $\alpha = 0,025635$, то есть не изменился. Параметр $\beta = -0,63489$.

Таблица 12
Прогноз среднего времени ликвидации открытого горения с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	13,82	13,82	0,00	0,00
2010	13,94	13,94	0,00	0,00
2011	12,59	13,82	1,23	1,52
2012	11,60	13,15	1,55	2,42
2013	10,29	12,82	2,53	6,40
2014	10,38	11,54	1,16	1,35
2015	9,29	12,05	2,76	7,62

2016	8,59	9,80	1,21	1,47
2017	8,36	11,22	2,86	8,20
2018	8,79	8,02	-0,77	0,59
2019		11,63	1,25	2,96

Прогнозное значение для среднего времени ликвидации открытого горения с учетом ошибки на 2019 год составило 11,63 мин.

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 78,52 %.

Среднее время тушения пожара

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при $\alpha = 0,01469$ (табл. 13). Среднее значение ошибки равно 14,76, а среднее значение квадрата ошибки – 362,21.

Прогнозное значение среднего времени тушения пожара на 2019 год составило 44,39 мин.

Таблица 13

Прогноз среднего времени тушения пожара

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	44,35	44,35	0,00	0,00
2002	44,70	44,70	0,00	0,00
2003	42,73	44,36	1,63	2,64
2004	47,98	44,69	-3,29	10,79
2005	42,67	44,36	1,69	2,86
2006	41,89	44,69	2,80	7,84
2007	39,24	44,36	5,12	26,27
2008	36,91	44,69	7,78	60,45
2009	25,37	44,37	19,00	360,99
2010	25,70	44,68	18,98	360,26
2011	23,32	44,37	21,05	443,28
2012	21,39	44,68	23,29	542,24
2013	18,78	44,38	25,60	655,29
2014	18,65	44,67	26,02	677,13
2015	16,36	44,38	28,02	785,29
2016	15,14	44,67	29,53	871,87
2017	14,79	44,39	29,60	875,99
2018	15,74	44,66	28,92	836,56
2019		44,39	14,76	362,21

Учет ошибки прошлого периода (табл. 14) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 69,38 % (до

110,91). Параметр $\alpha = 0,01469$, то есть не изменился. Параметр $\beta = -0,30913$.

Таблица 14

Прогноз среднего времени тушения пожара с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	44,35	44,35	0,00	0,00
2002	44,70	44,70	0,00	0,00
2003	42,73	44,36	1,63	2,64
2004	47,98	44,19	-3,79	14,34

2005	42,67	45,52	2,85	8,14
2006	41,89	43,33	1,44	2,07
2007	39,24	45,05	5,81	33,71
2008	36,91	41,56	4,65	21,63
2009	25,37	43,56	18,19	330,78
2010	25,70	35,97	10,27	105,42
2011	23,32	40,27	16,95	287,37
2012	21,39	30,79	9,40	88,36
2013	18,78	37,23	18,45	340,28
2014	18,65	25,18	6,53	42,67
2015	16,36	35,03	18,67	348,59
2016	15,14	19,56	4,42	19,50
2017	14,79	33,44	18,65	347,76
2018	15,74	13,99	-1,75	3,05
2019		33,69	7,35	110,91

Прогнозное значение для среднего времени тушения пожара с учетом ошибки на 2019 год составило 33,69 мин.

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 69,38 %.

Среднее время ликвидации последствий пожара

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при $\alpha = 0,9999$ (табл. 15). Среднее значение ошибки равно 2,95, а среднее значение квадрата ошибки – 16,91.

Прогнозное значение среднего времени ликвидации последствий пожара на 2019 год составило 34,44 мин.

Таблица 15
Прогноз среднего времени ликвидации последствий пожара

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	34,56	34,56	0,00	0,00
2002	34,44	34,44	0,00	0,00
2003	31,25	34,44	3,19	10,18
2004	30,84	34,44	3,60	12,96
2005	31,11	34,44	3,33	11,09
2006	30,23	34,44	4,21	17,72
2007	28,05	34,44	6,39	40,83
2008	26,24	34,44	8,20	67,24
2009	28,27	34,44	6,17	38,07
2010	31,28	34,44	3,16	9,99
2011	29,90	34,44	4,54	20,61
2012	29,92	34,44	4,52	20,43
2013	29,38	34,44	5,06	25,60
2014	32,55	34,44	1,89	3,57
2015	31,89	34,44	2,55	6,50
2016	33,12	34,44	1,32	1,74
2017	35,28	34,44	-0,84	0,71
2018	38,59	34,44	-4,15	17,22
2019		34,44	2,95	16,91

Учет ошибки прошлого периода (табл. 16) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 79,57 % (до

3,46). Параметр $\alpha = 0,9999$, то есть не изменился. Параметр $\beta = -1$

Таблица 16

Прогноз среднего времени ликвидации последствий пожара с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	34,56	34,56	0,00	0,00
2002	34,44	34,44	0,00	0,00
2003	31,25	34,44	3,19	10,18
2004	30,84	31,25	0,41	0,17
2005	31,11	30,84	-0,27	0,07
2006	30,23	31,11	0,88	0,77
2007	28,05	30,23	2,18	4,75
2008	26,24	28,05	1,81	3,28
2009	28,27	26,24	-2,03	4,12
2010	31,28	28,27	-3,01	9,06
2011	29,90	31,28	1,38	1,90
2012	29,92	29,90	-0,02	0,00
2013	29,38	29,92	0,54	0,29
2014	32,55	29,38	-3,17	10,05
2015	31,89	32,55	0,66	0,44
2016	33,12	31,89	-1,23	1,51
2017	35,28	33,12	-2,16	4,67
2018	38,59	35,28	-3,31	10,96
2019		38,59	-0,23	3,46

Прогнозное значение для среднего времени ликвидации последствий пожара с учетом ошибки на 2019 год составило 38,59 мин.

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 79,57 %.

Среднее время занятости на пожаре

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при $\alpha = 0,0001$ (табл. 17). Среднее значение ошибки равно 3,34, а среднее значение квадрата ошибки – 11,18.

Прогнозное значение среднего времени занятости на пожаре на 2019 год составило 54,58 мин.

Таблица 17

Прогноз среднего времени занятости на пожаре

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	54,58	54,58	0,00	0,00
2010	57,86	57,86	0,00	0,00
2011	54,28	54,58	0,30	0,09
2012	53,33	57,86	4,53	20,52
2013	49,14	54,58	5,44	29,60
2014	52,56	57,86	5,30	28,09
2015	49,51	54,58	5,07	25,71
2016	50,08	57,86	7,78	60,53
2017	51,61	54,58	2,97	8,82

2018	55,81	57,86	2,05	4,20
2019		54,58	3,34	11,18

Учет ошибки прошлого периода (табл. 18) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 67,14 % (до 3,67). Параметр $\alpha = 0,28176$. Параметр $\beta = -1$.

Прогнозное значение среднего времени занятости на пожаре с учетом ошибки на 2019 год составило 51,00 мин.

Таблица 18

Прогноз среднего времени занятости на пожаре

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	54,58	54,58	0,00	0,00
2010	57,86	57,86	0,00	0,00
2011	54,28	55,50	1,22	1,50
2012	53,33	56,64	3,31	10,93
2013	49,14	52,20	3,06	9,35
2014	52,56	53,58	1,02	1,04
2015	49,51	51,18	1,67	2,79
2016	50,08	51,91	1,83	3,34
2017	51,61	49,35	-2,26	5,09
2018	55,81	54,16	-1,65	2,71
2019		51,00	0,82	3,67

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 67,14 %.

Среднее время обслуживания вызова

Минимум среднего значения квадрата ошибки получили при $\alpha = 0,0001$

(табл. 19). Среднее значение ошибки равно 4,49, а среднее значение квадрата ошибки – 20,19.

Прогнозное значение среднего времени обслуживания вызова на 2019 год составило 64,65 мин.

Таблица 19

Прогноз среднего времени обслуживания вызова

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	64,65	64,65	0,00	0,00
2010	67,28	67,28	0,00	0,00
2011	63,26	64,65	1,39	1,93
2012	61,11	67,28	6,17	38,07
2013	57,54	64,65	7,11	50,56
2014	60,95	67,28	6,33	40,06
2015	57,71	64,65	6,94	48,17
2016	58,23	67,28	9,05	81,89
2017	59,78	64,65	4,87	23,73
2018	64,21	67,28	3,07	9,42
2019		64,65	4,49	20,19

Учет ошибки прошлого периода (табл. 20) привел к уменьшению среднего значения квадрата ошибки на 87,88 % (до

2,45). Параметр $\alpha = 0,0001$. Параметр $\beta = -0,86794$.

Прогнозное значение среднего времени обслуживания вызова с учетом ошибки на 2019 год составило 49,56 мин.

Таблица 20

Прогноз среднего времени обслуживания вызова с учетом ошибки

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2009	64,65	64,65	0,00	0,00
2010	67,28	67,28	0,00	0,00
2011	63,26	64,65	1,39	1,93
2012	61,11	66,07	4,96	24,63
2013	57,54	60,34	2,80	7,86
2014	60,95	63,64	2,69	7,24
2015	57,71	58,01	0,30	0,09
2016	58,23	63,38	5,15	26,53
2017	59,78	53,54	-6,24	38,95
2018	64,21	68,80	4,59	21,03
2019		49,56	1,56	2,45

Учет ошибки оказался полезным и привел к улучшению качества прогноза на 87,88 %.

Выводы

В итоге установлена полезность учета ошибки прошлого периода в методе экспоненциального сглаживания при прогнозе основных показателей оперативно-реагирования ФПС МЧС России. Выполнен прогноз основных показателей оперативно-реагирования ФПС МЧС России на 2019 год по методу экспонен-

циального сглаживания. Учет ошибки прошлого периода приводил к улучшению качества прогноза на 18,11–88,37 %. Результативность учета ошибки прошлого периода зависит от набора фактических значений [39–43].

Полученные результаты могут быть использованы при обосновании принимаемых решений в области пожарной безопасности органов власти, ведомств и организаций Российской Федерации.

Литература

1. Box G. E. P. et al. Time Series Analysis: Forecasting and Control. N.Y., 2015. 712 p.
2. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М., 2003. 416 с.
3. Shumway R., Stoffer D. Time Series Analysis and Its Applications with R Examples. Springer Texts in Statistics. 2017. 564 p.
4. Пранов Б. М. О некоторых подходах к моделированию и прогнозированию временных рядов пожарной статистики // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – Вып. 5(57). – С. 5. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
5. Пранов Б. М. Адекватные междисциплинарные модели в прогнозировании рядов статистических данных // Программные продукты и системы. – 2018. – № 3(31). – С. 444–447.
6. Меньших А. В., Тростянский С. Н. Моделирование структуры временных рядов пожарной статистики // Вестник Воронежского института МВД России. – 2012. – № 4. – С. 97–103.
7. Ширяев Е. В. и др. Статистический анализ пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – Вып. 3(55). – С. 8. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
8. Асанина Д. А., Шишов В. Ф. Прогнозирование количества городских пожаров в регионе // Концепт. – 2014. – Т. 20. – С. 3256–3260. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/54915.htm>.
9. Салихова А. Х. и др. Опыт прогнозирования обстановки с пожарами на территории субъекта Российской Федерации на примере Ивановской области // Техносферная безопасность. – 2018. – № 1(18). – С. 9–16.
10. Матеров Е. Н. Использование языка программирования R в вопросах пожарной безопасности: анализ статистики количества пожаров на основе теории временных рядов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2019. – № 1 (12). – С. 52–57.

11. Батуро А. Н. Прогнозирование количества пожаров в регионе на основе теории временных рядов // Технологии гражданской безопасности. – 2013. – Т. 10. – № 3(37). – С. 84–88.
12. Кайбичева Е. И., Кайбичев И. А. Учет ошибки в методе экспоненциального сглаживания // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: сб. статей по материалам IX Всерос. науч.-практ. конф. курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых с международным уч. 27 сент. 2018 г. / Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. – Воронеж, 2018. – С. 310–313.
13. Пожары и пожарная безопасность в 2005 году: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2006. 139 с.
14. Пожары и пожарная безопасность в 2006 году: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2007. 137 с.
15. Пожары и пожарная безопасность в 2007 году: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2008. 137 с.
16. Пожары и пожарная безопасность в 2008 году: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2009. 137 с.
17. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: стат. сб. / под общ. ред. Н. П. Копылова. М., 2010. 135 с.
18. Пожары и пожарная безопасность в 2010 году: стат. сб. / под общ. ред. В. И. Климкина. М., 2011. 140 с.
19. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: стат. сб. / под общ. ред. В. И. Климкина. М., 2012. 137 с.
20. Пожары и пожарная безопасность в 2012 году: стат. сб. / под общ. ред. В. И. Климкина. М., 2013. 137 с.
21. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: стат. сб. / под общ. ред. В. И. Климкина. М., 2014. 137 с.
22. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: стат. сб. / под общ. ред. А. В. Матюшина. М., 2015. 124 с.
23. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: стат. сб. / под общ. ред. А. В. Матюшина. М., 2016. 124 с.
24. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: стат. сб. / под общ. ред. Д. М. Гордиенко. М., 2017. 124 с.
25. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: стат. сб. / под общ. ред. Д. М. Гордиенко. М., 2018. 125 с.
26. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: стат. сб. / под общ. ред. Д. М. Гордиенко. М., 2019. 125 с.

Referenses

1. Box G. E. P. et al. Time Series Analysis: Forecasting and Control. N.Y., 2015. 712 p.
2. Lukashin YU. P. Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennyh ryadov. M., 2003. 416 s.
3. Shumway R., Stoffer D. Time Series Analysis and Its Applications with R Examples. Springer Texts in Statistics. 2017. 564 p.
4. Pranov B. M. O nekotoryh podhodah k modelirovaniyu i prognozirovaniyu vremennyh ryadov pozharnoj statistiki // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. – 2014. – vyp. 5(57). – 5 s. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
5. Pranov B. M. Adekvatnye mezhdisciplinarnye modeli v prognozirovanii ryadov statisticheskikh dannyh // Programmnye produkty i sistemy. – 2018. – № 3(31). – S. 444–447.
6. Men'shikh A. V., Trostyanskiy S. N. Modelirovanie struktury vremennyh ryadov pozharnoj statistiki // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. – 2012. – № 4. – С. 97–103.
7. Shiryaev E. V. et al. Statisticheskij analiz pozharov na ob"ektah s obrashcheniem nefteproduktov // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. – 2014. – vyp. 3(55). – 8 s. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
8. Asanina D. A., SHishov VF. Prognozirovaniye kolichestvo gorodskih pozharov v regione // Koncept. – 2014. – Т. 20. – S. 3256–3260. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/54915.htm>.
9. Salihova A. H. et al. Opyt prognozirovaniya obstanovki s pozharami na territorii sub"ekta Rossijskoj Federacii na primere Ivanovskoj oblasti // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2018. – № 1 (18). – S. 9–16.
10. Materov E. N. Ispol'zovanie yazyka programmirovaniya R v voprosah pozharnoj bezopasnosti: analiz statistiki kolichestva pozharov na osnove teorii vremennyh ryadov // Sibirskij pozharo-spatatel'nyj vestnik. – 2019. – № 1 (12). – S. 52–57.

11. Baturo A. N. Prognozirovanie kolichestva pozharov v regione na osnove teorii vremennyh ryadov // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. – 2013. – T. 10. – № 3(37). – S. 84–88.
12. Kaybicheva E. I., Kaybichev I. A. Uchet oshibki v metode eksponentsialnogo sglazhivaniya // Pozharnaya bezopasnost: problemy i perspektivy: sb. statey po materialam IX Vseros. nauch.-prakt. konf. kursantov. slushateley. studentov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uch. 27 sent. 2018 g. / Voronezhskiy institut – filial FGBOU VO Ivanovskoy pozharno-spasatelnoy akademii GPS MChS Rossii. – Voronezh. 2018. – S. 310–313.
13. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2005 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej N. P. Kopylova. M., 2006. 139 s.
14. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2006 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej N. P. Kopylova. M., 2007. 137 s.
15. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2007 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej N. P. Kopylova. M., 2008. 137 s.
16. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2008 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej N. P. Kopylova. M., 2009. 137 s.
17. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2009 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej N. P. Kopylova. M., 2010. 135 s.
18. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2010 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej V. I. Klimkina. M., 2011. 140 s.
19. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2011 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej V. I. Klimkina. M., 2012. 137 s.
20. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2012 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej V. I. Klimkina. M., 2013. 137 s.
21. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2013 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej V. I. Klimkina. M., 2014. 137 s.
22. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2014 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej A. V. Matyushina. M., 2015. 124 s.
23. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2015 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej A. V. Matyushina. M., 2016. 124 s.
24. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2016 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej D. M. Gordienko. M., 2017. 124 s.
25. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2017 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej D. M. Gordienko. M., 2018. 125 s.
26. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2018 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshej redakciej D. M. Gordienko. M., 2019. 125 s.