



ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 614.841:001.891.54

КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ

С.Н. Тростянский, Ю.Н. Зенин

Приведены результаты анализа динамической модели панельных данных пожарной и экономической статистики по регионам России с 2006 по 2012 годы. Результаты регрессионного анализа позволяют представить интегральные пожарные риски на объектах надзора и в жилом секторе как линейную функцию от значений соответствующих показателей пожарной статистики за предшествующий год и значений региональных социально-экономических и административно-правовых факторов. Получены формулы для краткосрочного (на 1 год) прогнозирования интегральных пожарных рисков в регионах России, исходя из ожидаемых значений социально-экономических региональных факторов.

Ключевые слова: прогнозирование, интегральные пожарные риски, вероятность возникновения пожаров, анализ панельных данных, социально-экономические факторы.

Введение. Для минимизации вероятности возникновения пожаров и социально-экономического ущерба от них в регионах России, необходимо понимание и количественное описание зависимости интегральных пожарных рисков [1] в жилом секторе и на объектах надзора от социально-экономических, административных и правовых факторов. Особенно актуально прогнозирование пожарной обстановки в регионах при резком изменении экономических факторов, что и происходит в настоящее время. Для прогнозирования влияния факторов, определяющих пожарную обстановку в регионах РФ, эффективно использование анализа панельных данных [2] пожарной и экономической статистики по регионам России. Панельные данные это наблюдения одних и тех же экономических единиц или объектов, которые осуществляются в последовательные периоды времени.

Зенин Юрий Николаевич, начальник Воронежского института ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, e-mail: vigps@mail.ru

Тростянский Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент; Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, тел.: (473)236-33-05; e-mail: trostyansky2012@yandex.ru

Модели и результаты прогнозирования.

Информационную базу для анализа по объектам надзора составили панельные данные по 78 регионам РФ, а по жилому сектору по 82 регионам РФ (исключены автономные округа в составе областей, краев, а также регионы, не имеющие полного набора данных) за 2006–2012 гг.. Информация по пожарной статистике и административно-правовым показателям была получена из данных регистрируемых ГПС МЧС России, в частности из [3], а социальные и экономические показатели для регионов и показатели инфляции были взяты из публикаций Росстата. Набор социально-экономических факторов, исследуемых на детерминацию пожарных рисков, основывался на применении модели рационального правонарушителя к анализу социальных причин возникновения пожаров [4,5,6,7]

Полагая, что вероятность возникновения пожаров на объектах надзора и вероятность столкновения человека с пожаром в жилом секторе являются линейными функциями от социально-экономических, административных и климатических региональных факторов и агрегируя по населению региона, построим для них линейные динамические модели [2] в рамках подхода Ареллано-Бонда [8,9]:

1) модель для зависимости вероятности возникновения пожаров на объектах надзора от значе-

ний набора пожарных, экономических и административных показателей с временным лагом в 1 год и от значений набора социально-экономических факторов:

$$\begin{aligned}
 p_{nit} = & a_1 p_{ni(t-1)} + a_2 U_{ni(t-1)} + \\
 & + a_3 S_{i(t-1)} + a_4 R_{2ni(t-1)} + \\
 & + a_5 D_{it} + a_6 V_{it} + a_7 J_{it} + a_8 A_{it} + \\
 & + a_9 I_{it} + a_{10} G_{it} + a_{11} T_{it}^{\circ} + const_1
 \end{aligned} \quad (1)$$

2) модель для зависимости вероятности столкновения человека с пожаром в жилом секторе от значений набора пожарных и экономических показателей с временным лагом в 1 год и от значений набора социально-экономических факторов:

$$\begin{aligned}
 R_{1zi} = & b_1 R_{1zi(t-1)} + b_2 U_{zi(t-1)} + b_3 R_{2zi(t-1)} + \\
 & + b_4 D_{it} + b_5 J_{it} + b_6 A_{it} + b_7 I_{it} + b_8 Z_{it} + b_9 G_{it} + b_{10}'
 \end{aligned} \quad (2)$$

В моделях (1) и (2) нижние индексы i и t обозначают регион и год соответственно; смысл зависимых и независимых переменных представлен в Таблице, где приведены результаты идентификации параметров динамических моделей (1) и (2), выполненных на основе регрессионного анализа панельных данных по методу Ареллано-Бонда [8,9]. Расчеты проводились с применением пакета прикладных программ Stata. В таблице 1, кроме значений коэффициентов при переменных и значений констант, представлены также значения стандартных ошибок (в скобках), и соответственно, значимостей (z) этих независимых переменных и констант, которые определяются как отношение значения коэффициента или константы к значению соответствующей стандартной ошибки коэффициента или константы.

Таблица.

Факторы	Модель (1) : p_{it} - вероятность возникновения пожара на объектах надзора за год	Модель (2) : R_{1zi} - вероятность столкновения человека с пожаром в жилом секторе за год. Измеряется в единицах [пожар/(10 ³ человек·год)]
$p_{i(t-1)}$ - вероятность возникновения пожара на объектах надзора за год, с лагом в 1 год	$a_1 = 0.4691296$ (0.084365) $z = 5.56$	
$R_{1zi(t-1)}$ - вероятность столкновения человека с пожаром в жилом секторе за год, с лагом в 1 год. Измеряется в единицах [пожар/(10 ³ человек·год)]		$b_1 = 0.9910916$ (0.0792337) $z = 12.51$
$U_{ni(t-1)}$ - средний материальный ущерб от одного пожара на объектах надзора в тысячах рублей, с учетом инфляции относительно 2006 года, с лагом в 1 год	$a_2 = 5.29 \cdot 10^{-7}$ ($4.93 \cdot 10^{-7}$) $z = 1.07$	
$U_{zi(t-1)}$ - средний материальный ущерб от одного пожара в жилом секторе в тысячах рублей, с учетом инфляции относительно 2006 года, с лагом в 1 год		$b_2 = 0.0002009$ (0.0000921) $z = 2.18$
$S_{i(t-1)}$ - средний штраф в тысячах рублей, назначаемый за нарушение требований пожарной безопасности на объектах надзора, с учетом инфляции относительно 2006 года, с лагом в 1 год	$a_3 = 0.0003739$ (0.0000616) $z = 6.07$	

$R_{2ni(t-1)}$ - риск гибели человека при пожаре на объектах надзора, с лагом в 1 год. Измеряется в единицах [жертва/(10 ² пожаров)].	$a_4 = -0.000001915$ (0.000093596) $z = -0.02$	
$R_{2zi(t-1)}$ - риск гибели человека при пожаре в жилом секторе, с лагом в 1 год. Измеряется в единицах [жертва/(10 ² пожаров)].		$b_3 = 0.0152813$ (0.0047823) $z = 3.20$
D_{it} - ожидаемые средние месячные денежные доходы населения в тысячах рублей, с учетом инфляции относительно 2006 года, принимая за исходные – средние денежные доходы в тысячах рублей в 2006 году	$a_5 = -0.00161$ (0.000336) $z = -4.79$	$b_4 = -0.0030912$ (0.0095929) $z = -0.32$
V_{it} - ожидаемый валовый региональный продукт на душу населения в тысячах рублях, с учетом инфляции относительно 2006 года, принимая за исходный - валовый региональный продукт на душу населения в тысячах рублей в 2006 году	$a_6 = -1.67 \cdot 10^{-8}$ ($8.17 \cdot 10^{-8}$) $z = -0.20$	
J_{it} - ожидаемый коэффициент Джини в регионах	$a_7 = -0.0036074$ (0.0531789) $z = -0.07$	$b_5 = -0.1398921$ (0.3074268) $z = -0.46$
A_{it} - ожидаемое число больных с впервые в жизни установленным диагнозом психотического расстройства, связанного с употреблением алкоголя и синдрома зависимости от алкоголя, взятых под диспансерное наблюдение психоневрологическими и наркологическими учреждениями на 10 ⁵ человек населения региона	$a_8 = 0.0000467$ (0.0000141) $z = 3.32$	$b_6 = -0.0001761$ (0.000335) $z = -0.53$
I_{it} - ожидаемый процент студентов в населении региона	$a_9 = -0.0002779$ (0.0008036) $z = -0.35$	$b_7 = 0.0092577$ (0.0167199) $z = 0.55$
Z_{it} - ожидаемый процент ветхого и аварийного жилья в регионе		$b_8 = 0.0097755$ (0.0058765) $z = 1.66$
G_{it} - ожидаемый процент городского населения в регионе	$a_{10} = 0.0006583$ (0.0004873) $z = 1.35$	$b_9 = -0.0083854$ (0.0109358) $z = -0.77$
T_{it}° - ожидаемая средняя температура января в градусах Цельсия в регионе	$a_{11} = -0.0001072$ (0.0000673) $z = -1.68$	$b_{10} = 0.0015481$ (0.0014892) $z = -1.04$
Const	const ₁ = -0.0285645 (0.0413196) $z = -0.69$	const ₂ = 0.3958845 (0.8020479) $z = 0.49$
Тест Вальда, χ	222.33	788.43

При этом, для ретроспективного прогноза по формулам (1) и (2) для вероятности возникновения пожаров в 2012 г. на объектах надзора для 78 регионов РФ, представленных в панельных данных, и для вероятности столкновения человека с пожаром в 2012 г. в жилом секторе для 82 регионов РФ, представленных в панельных данных, рассчитаны величины средней ошибки аппроксимации:

$$A_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p(t_i) - p_{it})^2}{\sum_{i=1}^n p_{it}^2}} \cdot 100\% \quad (3)$$

$$A_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{1z}(t_i) - R_{1zit})^2}{\sum_{i=1}^n (R_{1zit})^2}} \cdot 100\% \quad (4)$$

где $p(t_i)$ - прогнозируемое значение вероятности возникновения пожаров на объектах надзора в t году, в i регионе; p_{it} - эмпирическое значение вероятности возникновения пожаров на объектах надзора в t году, в i регионе;

$R_{1z}(t_i)$ - прогнозируемое значение вероятности столкновения человека с пожаром в жилом секторе в t году, в i регионе; R_{1zit} - эмпирическое значение вероятности столкновения человека с пожаром в жилом секторе в t году, в i регионе.

Из модели (1) для вероятности возникновения пожаров на объектах надзора в регионах РФ средняя ошибка аппроксимации для 2012 года $A_n = 50,13\%$. Из модели (2) для вероятности столкновения человека с пожаром в жилом секторе регионов РФ средняя ошибка аппроксимации для 2012 года $A_z = 21,34\%$.

Значимое качество моделей (1) и (2) отражают высокие значения теста Вальда: $\chi_1 = 222,33$ для модели (1) и $\chi_2 = 748,43$ для модели (2).

Заключение. Результаты моделирования вероятности возникновения пожаров за год на объектах надзора и вероятности человека столкнуться с пожаром в жилом секторе для регионов России показали значимую зависимость интегральных пожарных рисков от социально-экономических и административно-правовых региональных факторов. Полученные для рассматриваемых интегральных пожарных рисков значения теста Вальда и средних ошибок аппроксимации для ретроспективных прогнозов на 2012 год подтверждают значимость соответствующих краткосрочных прогнозных моделей. При этом, следует отметить применимую для практики точность краткосрочной прогнозной оценки риска человека столкнуться с пожаром в жилом секторе на основе учета соответствующего риска за прошлый год и ожидаемых значений социально-экономических региональных факторов.

Библиографический список

1. **Брушлинский, Н.Н.** Основы теории пожарных рисков и ее приложение: Монография / Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Клепко Е.А., Белов В.А., Иванова О.В., Попков С.Ю. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012.–192 с.
2. **Магнус, Я.Р., Катышев, П.К., Пересецкий, А.А.** Эконометрика. Начальный курс: Учеб.-6-е издание переаб. и доп.-М.: Дело, 2004. 576 стр.
3. **АИС «Электронный инспектор»** [Электронный ресурс]: система гос. надзоров МЧС России / Департамент надзорной деятельности МЧС России. – Доступ из интрасети: <http://10.114.24.160/stats.php>
4. **Тростянский, С.Н.** Оценка вероятности возникновения пожаров на основе математической модели, учитывающей факторы, определяющие долю нарушителей требований пожарной безопасности среди собственников объектов / С.Н.Тростянский, Ю.Н.Зенин, В.А. Минаев, С.В. Скрьль, Г.А. Бакаева // Пожарная безопасность. - 2013. - № 2. - С. 86-91.
5. **Тростянский, С.Н.** Эконометрический подход к управлению пожарными рисками в регионах России / С.Н.Тростянский, С.В. Скрьль, Ю.Ю. Громов, Ю.Н. Зенин, М.С. Денисов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2014. – №5. – С.24 – 31.
6. **Тростянский, С.Н.** Математическое моделирование риска возникновения пожаров на хозяйственных объектах / С.Н.Тростянский, Ю.Н. Зенин, С.В. Скрьль, А.В. Калач // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. - 2013. - №4. – С. 28-33.

References

1. **Brushlinskiy, N.N.** Osnovy teorii pozharnyh riskov i ee prilozhenie: Monografija / Brushlinskiy N.N., Sokolov S.V., Klepko E.A., Belov V.A., Ivanova O.V., Popkov S.Ju.– M.: Akademija GPS MChS Rossii, 2012.–192 s.
2. **Magnus, Ja.R., Katyshev, P.K., Pereseckij, A.A.** Jekonometrika. Nachal'nyj kurs: Ucheb.-6-e izdanie pereab. i dop.-M.: Delo, 2004. 576 str.
3. **AIS «Jelektronnyj inspektor»** [Jelektronnyj resurs]: sistema gos. nadzorov MChS Rossii / Departament nadzornoj dejatel'nosti MChS Rossii. – Dostup iz intraseti: <http://10.114.24.160/stats.php>
4. **Trostjanskiy, S.N.** Ocenka verojatnosti vznikhoveniya pozharov na osnove matematicheskoy modeli, uchityvajushhej faktory, opredeljajushhie dolju narushitelej trebovanij pozharnoj bezopasnosti sredi sobstvennikov obektov / S.N.Trostjanskiy, Ju.N.Zenin, V.A. Minaev, S.V. Skryl', G.A. Bakaeva // Pozharnaja bezopasnost'. - 2013. - № 2. - S. 86-91.
5. **Trostjanskiy, S.N.** Jekonometricheskij podhod k upravleniju pozharnymi riskami v regionah Rossii / S.N. Trostjanskiy, S.V. Skryl', Ju.Ju. Gromov, Ju.N. Zenin, M.S. Denisov // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. – 2014. – №5. – S.24 – 31.
6. **Trostyanskiy, S.N.** Matematicheskoe modelirovanie riska vznikhoveniya pozharov na hozyaystvennyih ob'ektah / S.N. Trostyanskiy, Yu.N. Zenin, S.V. Skryil, A.V. Kalach // Pozhary i chrezvyichaynyie situatsii: predotvraschenie, likvidatsiya. - 2013. - №4. – S. 28-33.
7. **Pranov B.M.** O nekotoryh podhodah k

7. **Пранов Б.М.** О некоторых подходах к моделированию и прогнозированию временных рядов пожарной статистики / Б.М. Пранов // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2014. - №5(57).

8. **Arellano, M., Bond, S.** Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations // Review of Economic Studies 58, 1991. P. 277-297.

9. **Arellano, M., Bond, S.** Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations // Review of Economic Studies 58, 1991. P. 277-297.

modelirovaniju i prognozirovaniju vremennyh rjadov požarnoj statistiki / B.M. Pranov // Internet-zhurnal «Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti». – 2014. - №5(57).

8. **Arellano, M., Bond, S.** Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations // Review of Economic Studies 58, 1991. P. 277-297.

9. **Arellano, M., Bond, S.** Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations // Review of Economic Studies 58, 1991. P. 277-297.

SHORT-TERM FORECAST OF INTEGRAL FIRE RISKS IN THE RUSSIAN REGIONS

Zenin Yu. N.,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;
Russia, Voronezh, e-mail: vigps@mail.ru

Trostyanskij S. N.,

D. Sc. in Engineering, Assoc. Prof.,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;

Russia, Voronezh, tel.: (473)2363-305, e-mail: trostyansky2012@yandex.ru

The results of dynamic panel data model analysis of fire and economic statistics in regions of Russia from 2006 to 2012 are presented. The regression analysis results allow to represent as a linear function the dependence of integral fire risks at facilities under supervision and in residential area to the values of the corresponding fire statistic indicators during the previous year and the value of regional socio-economic, administrative and legal factors. Formulas are elicited for short-term (1 year) prediction of fires expectancy in Russia regions based on the expected values of regional socio-economic factors.

Keywords: forecast, integral fire risks, probability of fires, analysis of panel data, social-economic factors.