

раживается увеличение количества опубликованных статей на 0,32% при увеличении численности докторантов очной формы обучения на 1% (модель №3). В реальности должно быть, наоборот, 1 докторант должен опубликовать хотя бы 5 статей.

Прирост защит диссертаций на 0,42% при увеличении численности докторантов очной формы обучения объясняется тем, что не все докторские диссертации являлись успешными и заканчивались защитами (модель №9). Неудивительно, что прирост защит диссертаций больше, чем прирост публикаций студентов (модель №13).

Результаты моделирования №7, 8 и 10 с полным основанием дают нам утверждать, что чем больше прирост численности персонала (ППС, преподавателей, занимающихся НИР, НПР), тем больше прирост защит диссертаций. Весьма качественным моментом для вуза №2 является то, что число докладов на научных конференциях превышает количество защит диссертаций (модель №11).

По результатам моделирования НИД вузов можно сделать следующие выводы:

1. Научно-исследовательская деятельность вузов имеет стихийный характер, а не сознательно-управляемый. Для повышения научной активности труда и ее устойчивости необходимо совершенствовать организацию научного труда.
2. На развитие НИД в вузе №1 влияют в основном факторы, связанные с научно-педагогическими кадрами, в вузе №2 результат зависит от всех трех групп факторов – научно-педагогические кадры, финансирование научно-исследовательской работы и

научно-исследовательская работа студентов.

3. В формировании результатов НИД вуза №1 большую роль играют научно-педагогические кадры в целом, в вузе №2 значимый вклад в развитие НИД вносят докторанты очной формы обучения.
4. Результаты НИД вуза №1 имеют запаздывающий эффект первого и второго порядка?
5. У вуза №2 выявлено участие научно-педагогических кадров в работе научных конференций; сотрудникам университета предоставлена возможность для публикаций статей и монографий.
6. Вузу №1 необходимо развивать научно-исследовательскую деятельность студентов; вузу №2 - хозяйственные работы с предприятиями различных отраслей.

Литература

1. Владимиров А.И. О научной деятельности вуза. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2011. – 69с.
2. Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» от 23.08.1996 №127 – ФЗ // [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_11507/ (дата обращения 22.09.2019).
3. Федеральный закон "О коммерческой тайне" от 29.07.2004 № 98-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 18.04.2018 № 86-ФЗ) // [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_48699/ (дата обращения 22.09.2019).

УДК 332.1:338.27

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗЕРВА СРЕДСТВ НА ТУШЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РЕГИОНЕ

Петров Александр Николаевич (petrov_a-n@mail.ru)

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»

На базе теории управления запасами со случайным спросом предложена экономико-математическая модель прогнозирования объема средств на тушение лесных пожаров в регионе. Обоснована спецификация модели. На примере Центрального федерального округа проведена параметризация и верификация предложенной модели. Показано, что модель позволяет с приемлемой для практического использования точностью прогнозировать на плановый год оптимальную величину регионального резерва средств на тушение лесных пожаров.

Ключевые слова: лесные пожары, экономико-математическая модель, резервный фонд, прогнозирование.

Статья подготовлена по материалам исследований, поддержанных грантом РФФИ № 18-010-00842

В статье происходит логическое развитие темы, поднятой в [6], посвященной разработке экономико-математических моделей для прогнозирования величины резервного фонда для тушения лесных пожаров в регионе на плановый год. В работе [6] выделено три типа моделей, которые представляют перспективы для

прогнозирования величины резервного фонда для тушения лесных пожаров в регионе на плановый год:

1. Аддитивная модель множественной регрессии для прогноза количества лесных пожаров в регионе на пожароопасный сезон, предложенная в работе [7]. Недостатком модели

является необходимость прогнозирования на плановый год величины гидрометеорологических показателей региона, использующихся в модели в качестве предикторов.

2. Оптимизационная модель планирования величины регионального резервного фонда на тушение лесных пожаров на среднесрочную перспективу, для которой нет необходимости в прогнозировании количества, площади лесных пожаров или погодных условий [2]. Недостатком модели является то, что прогнозирование с приемлемой для практического использования точностью осуществляется не на плановый год, а на среднесрочный период 3-5 лет.

3. Стохастическая модель управления запасами со случайным спросом [9].

Третий тип экономико-математических моделей В. С. Мхитарян [4] предложил использовать для прогнозирования годового объема средств на ликвидацию последствий техногенных аварий в регионе на плановый год. В связи с тем, что у техногенных аварий и лесных пожаров есть большая общность – они возникают

под действием случайных факторов различной природы и характера, модель Мхитаряна имеет смысл адаптировать для прогнозирования затрат на тушение лесных пожаров в регионе.

Целью работы является спецификация модели прогнозирования на плановый год объема затрат на тушение лесных пожаров в регионе, ее параметризация и верификация на примере Центрального федерального округа.

К сожалению, величина годовых затрат регионов на ликвидацию лесных пожаров в публикациях Росстата приведена только для интервала времени с 2000 по 2012 год [3]. Поэтому для параметризации модели будут использоваться годовые статистические данные о количестве лесных пожаров в Центральном федеральном округе и расходов на их тушение в сопоставимых ценах за 2000 - 2011 годы, а оценка точности прогноза будет проводиться по 2012 году. Динамику указанных показателей иллюстрирует рисунок 1.

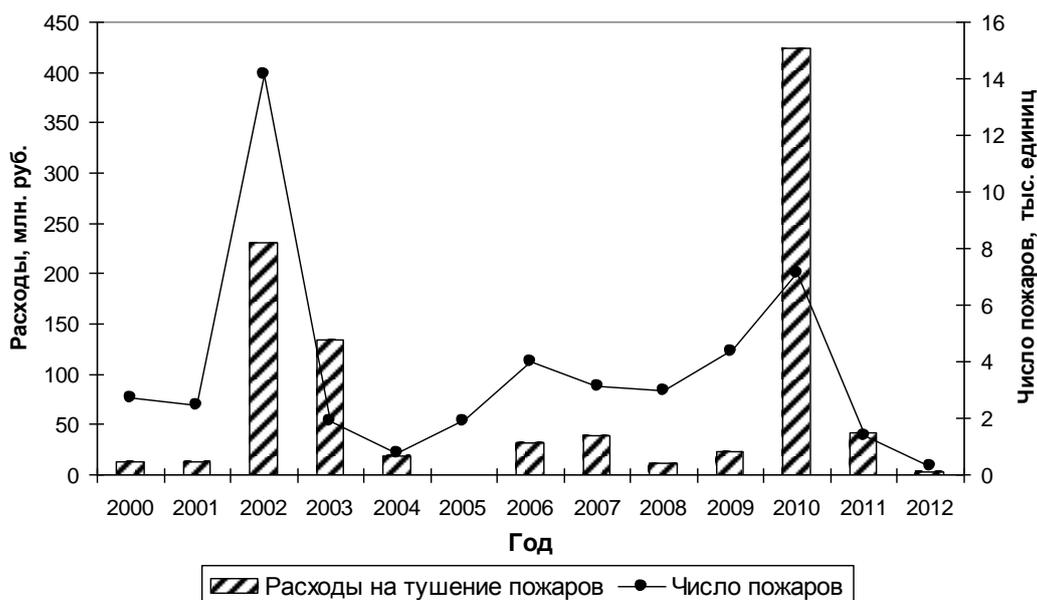


Рисунок 1. Динамика числа лесных пожаров в Центральном федеральном округе и расходов на их тушение в сопоставимых ценах

Публикуемые Росстатом [3] расходы на тушение лесных пожаров включают: заработную плату занятых тушением пожара рабочих организаций; стоимость услуг по эксплуатации машин, тракторов, других механизмов, использованных при тушении лесного пожара; стоимость израсходованных при тушении пожара материалов, средств тушения и другого имущества; другие расходы, связанные с мерами по тушению лесного пожара, предусмотренные действующим законодательством.

Стохастическая модель управления запасами со случайным спросом имеет следующий вид [9]:

$$C(s) = c_1 \int_0^s (s-r)f(r)dr + c_2 \int_s^{\infty} (r-s)f(r)dr, \quad (1)$$

где $C(s)$ - математическое ожидание суммарных затрат на тушение лесных пожаров;

s - уровень запаса (величина резерва средств);

r - величина спроса;

$f(r)$ - функция плотности вероятности величины спроса;

c_1 — затраты на хранение запаса;

c_2 — штраф (дополнительные расходы) за дефицит запаса.

Модель (1) включает два слагаемых: первое описывает затраты на содержание резервного фонда в случае, если величина резервного фонда s превышает величину спроса r , а второе — когда величина спроса на финансовые ресурсы превышает величину резервного фонда.

Задача управления запасами состоит в определении такой величины запаса s , при которой математическое ожидание суммарных затрат $C(s)$ принимает минимальное значение. Минимум функции (1) находится приравнением к нулю первой производной по s и определением знака второй производной в точке экстремума.

При непрерывном случайном спросе r математическое ожидание суммарных затрат на тушение лесных пожаров (1) будет минимальным при значении s_0 , определяемом из уравнения:

$$F(s_0) = \frac{c_2}{c_1 + c_2}, \quad (2)$$

где $F(s) = P(r < s)$ - функция распределения спроса.

Рассматривая спрос r как непрерывную случайную величину, следует определить минимальное значение $C(s)$ при уровне запаса s_0 из уравнения (2).

Таким образом, для определения оптимального запаса s_0 средств на тушение лесных пожаров в регионе необходимо знать закон распределения случайной величины спроса r , что фактически сводится к определению закона распределения величины затрат на тушение лесных пожаров.

В. С. Мхитарян обосновал процедуру упрощения при спецификации стохастической модели управления запасами со случайным спросом для прогнозирования годового запаса средств на ликвидацию последствий техногенных аварий [4]. При адаптации стохастической модели управления запасами со случайным спросом (1) для прогноза объема регионально-резервного фонда на тушение лесных пожаров на плановый год можно использовать методический подход, предложенный в работе [4].

Выдвигаем нулевую статистическую гипотезу: выборка случайных величин затрат на тушение единичного лесного пожара s_1 в Центральном федеральном округе взята из генеральной совокупности, значения признака в которой распределены по экспоненциальному закону с некоторым параметром λ (3).

$$F(s_1) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda s_1}, & s_1 \geq 0 \\ 0, & s_1 < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Проверка статистической гипотезы осуществлялась с помощью универсального статистического пакета STATISTICA 6.1, который имеет модуль «Подгонка распределений». Подгонкой (английский термин fitting) называют аналитические процедуры, позволяющие подобрать распределение, которое с достаточной степенью точности описывает наблюдаемые данные. Точность подгонки в STATISTICA 6.1 оценивается с помощью критериев согласия хи-квадрат [1] и одновыборочного критерия Колмогорова-Смирнова [1]. STATISTICA 6.1 рассчитывает численные значения статистик критериев и определяет их уровень значимости (p) с учетом числа степеней свободы. В нашем случае для критерия согласия хи-квадрат $p = 0.669$, а для одновыборочного критерия Колмогорова-Смирнова $p = 0.279$. Полученные уровни значимости статистик критериев во много раз превышают уровни значимости (0.05-0.01), используемые в статистике. Поэтому выдвинутая нулевая гипотеза не отвергается.

Для определения запаса средств, необходимых для тушения лесных пожаров, которые могут произойти в следующем году, необходимо знать закон распределения величины суммарных затрат за год Y , определяемого как сумма затрат на ликвидацию отдельных пожаров y_i , имеющих показательное распределение (с параметром λ):

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i, \quad (4)$$

где n — число предполагаемых лесных пожаров в следующем году.

В работе [8, с. 86] показано, что сумма независимых случайных величин, имеющих экспоненциальное распределение, принадлежит генеральной совокупности с гамма-распределением. Поэтому, случайная величина Y , как сумма независимых случайных величин, имеет гамма-распределение с функцией плотности, определяемой параметрами α и β (при $\alpha = 1$ гамма-распределение переходит в экспоненциальное распределение с параметром $\lambda = 1/\beta$):

$$f(y) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} y^{\alpha-1} e^{-y/\beta}, & y > 0 \\ 0, & y \leq 0 \end{cases}, \quad (5)$$

где $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx$ - гамма-функция Эйлера.

Численные значения параметров α и β для функции плотности вероятности (5) определялись с помощью пакета STATISTICA 6.1 на основе статистических данных по ежегодному количеству лесных пожаров в Центральном федеральном округе и затрат на их тушение в со-

поставимых ценах [3]. Получены следующие значения: $\alpha = 0.375$ и $\beta = 140134$.

В итоге, оптимальный уровень запаса средств на ликвидацию лесных пожаров на плановый год определяется из уравнения:

$$F(y) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^y u^{\alpha-1} e^{-u/\beta} du = \frac{c_2}{c_1 + c_2}. \quad (6)$$

В качестве затрат на хранение запаса c_1 целесообразно использовать годовой уровень инфляции в плановом году, а в качестве штрафа за дефицит c_2 - ставку по кредиту коммерческого банка [4]. Согласно закону «О Федеральном бюджете на 2012 год и на плановый период 2013 и 2014 годов» [5] инфляция в 2012 году прогнозировалась на уровне 6%. ПАО «Сбербанк России» предоставлял кредиты организациям по годовой ставке 16-18%. Для расчетов берем среднее значение 17%.

Численное значение y в (6) можно определить с помощью функции ГАММАОБР, входящей в категорию «Статистические функции» электронной таблицы MS Excel. Синтаксис функции: ГАММАОБР (Вероятность, Альфа, Бета). При использовании указанной функции решается следующая задача: известно, что случайная величина Y имеет гамма-распределение; известны параметры α и β распределения и значение функции распределения в заданной точке y (в нашем случае $c_2/(c_1+c_2)$). Функция ГАММАОБР по известным параметрам определяет значение точки y , в которой функция принимает заданную величину.

Величина оптимального запаса средств на тушение лесных пожаров на 2012 год составила 2878 тыс. рублей. Она превысила на 9.5% фактические затраты на тушение лесных пожаров в Центральном федеральном округе в 2012 году.

Необходимо отметить, что полученная величина запаса средств на тушение лесных пожаров оптимальна в плане минимизации общих затрат региона. Они включают обесценивание неизрасходованных до конца года средств регионального резервного фонда на тушение лесных пожаров и дополнительные расходы в случае, если фактические затраты превысят величину регионального резервного фонда и возникнет потребность в кредите коммерческого банка.

Стохастическая модель управления запасами со случайным спросом [9] в общем случае рекомендует увеличить оптимальный запас на величину страхового запаса. Суммарную величину оптимального и страхового запасов как верхнюю границу доверительного интервала при заданном уровне доверительной вероятности p :

$$F(y) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^y u^{\alpha-1} e^{-u/\beta} du = p \quad (7)$$

С помощью функции ГАММАОБР находим величину резерва средств, которой хватит с доверительной вероятностью p на тушение лесных пожаров в регионе при неблагоприятных погодных условиях и антропогенной нагрузки. Проведенные расчеты показали, что для Центрального федерального округа резерв средств в объеме 150086 тыс. рублей с доверительной вероятностью 0.9 не превысит расходы на тушение региональных лесных пожаров в 2012 году при неблагоприятном развитии пожароопасной ситуации.

В заключение следует отметить, что предложенная экономико-математическая модель позволяет с приемлемой для практического использования точностью прогнозировать на плановый год оптимальную величину регионального резервного фонда на тушение лесных пожаров. С учетом страхового резерва (запаса) фактические затраты на ликвидацию лесных пожаров с заданной вероятностью не превысят прогнозируемую величину регионального резервного фонда.

Литература

1. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики. Том 1. Теория вероятностей и прикладная статистика / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - 656 с.
2. Ильченко А. Н. Влияние погодного риска неопределенности чрезвычайных ситуаций на формирование региональных резервов: модельный подход / А. Н. Ильченко, Е. В. Бутько // Финансы и бизнес. - 2016. - №3. С. 20-34.
3. Лесные пожары. Центральный федеральный округ [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. ЦФСД. Интерактивная витрина. - 2019 / URL: <http://cbsd.gks.ru/#> (дата обращения 5.06.2019).
4. Мхитарян В. С. Прогнозирование запаса средств для ликвидации последствий техногенных аварий / В. С. Мхитарян, В. Ф. Шишов, А. Ю. Козлов // Прикладная эконометрика. - 2010. - № 3 (19). С. 91-100.
5. О Федеральном бюджете на 2012 год и на плановый период 2013 и 2014 годов. Федеральный закон от 22.11.2011 [Электронный ресурс] // Компьютерная справочная правовая система КонсультантПлюс / URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_107827/ (дата обращения 8.06.2019).
6. Петров А.Н. Модели прогнозирования региональных резервных фондов на ликвидацию лесных пожаров / А.Н. Петров // Известия

- ствия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством». 2018. №3 (37). С. 53-60.
7. Тряцын В. Г. Прогнозирование лесных пожаров на территории Ханты-Мансийского автономного округа / В. Г. Тряцын, Б. П. Ткачев // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2015. № 4. С. 49-55.
 8. Чернова Н. И. Теория вероятностей / Н. И. Чернова - Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т. - 2007. 160 с. [Электронный ресурс] URL: <https://nsu.ru/mmfm/tvims/chernova/tv/lec/node40.html> (дата обращения 10.06.2019).
 9. Черчмен У. Введение в исследование операций / У. Черчмен, Р. Акоф, Л. Арноф. - М.: Наука. - 1968. - 488 с.