

УДК 519.816

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СТРАХОВЫМ ТАРИФОМ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ

А. В. Моисеев, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры «Экономическая кибернетика» ФГБОУ ВО ПГУ, Пенза, Россия;

orcid.org/0000-0001-9534-2465, e-mail: moigus@mail.ru

А. Ю. Киндаев, аспирант, младший научный сотрудник отдела научных исследований ФГБОУ ВО ПензГТУ, Пенза, Россия;

orcid.org/0000-0002-3855-1970, e-mail: ale-kindaev@yandex.ru

Рассматривается задача оптимального управления в условиях недостаточности статистической информации для принятия решений. Целью работы является построение алгоритма управления страховым тарифом в условиях неполной информации. Статистические данные собраны по 4 областям Поволжья (Саратовской, Пензенской, Ульяновской и Самарской) по урожайностям таких сельскохозяйственных культур, как: пшеница озимая, пшеница яровая, ячмень яровой и рожь озимая за период с 1980 по 2015 годы в разрезе муниципальных образований. Проводится кластерный анализ муниципальных образований по урожайности сельскохозяйственных культур для выделения кластеров. На основе корреляционного анализа выделяются объекты страхового поля с попарно независимыми показателями урожайности и объекты с высокой зависимостью при выращивании культур. Предлагается алгоритм управления портфелем, включающего как попарно независимые по урожайности объекты страхования, так и объекты со значительной долей взаимосвязанности. Построенный таким образом портфель учитывает при расчёте риска коррелированность убытков по отдельным договорам, что будет способствовать повышению устойчивости развития страховой компании.

Ключевые слова: алгоритм управления, страховой тариф, эффективное управление, риск, коррелированность, зависимые и независимые данные.

DOI: 10.21667/1995-4565-2019-70-91-97

Введение

Рассматривается решение задачи выбора оптимальных вариантов для эффективного управления страховой компанией своими финансовыми ресурсами в условиях неполной информации. Оптимальное управление своими ресурсами позволяет обеспечить защиту страхователей, а также уверенно чувствовать себя на рынке. Однако в процессе экономической деятельности по отдельным направлениям (например, в сельскохозяйственном страховании) в силу стохастических и не прогнозируемых особенностей принятие верных управленческих решений существенно осложняется [1, 2]. В страховании решения принимаются на основании классических моделей, которые априори предполагают некоррелированность результатов наступления страхового случая между отдельными страхователями. В сельском хозяйстве наблюдается зависимость между результатами выращивания сельскохозяйственных культур товаропроизводителями. В связи с этим возникает необходимость планирования деятельности с учетом нарушения условий применимости классических моделей. Ключом к решению озвученной проблемы может быть анализ и преобразование первичной информации, определяющей принятие решения о формировании тарифных ставок [3, 4]. Следует заметить, что эффективнее всего принимать решения о тарифах на основе страховой статистики, к сожалению, при реализации программ сельскохозяйственного страхования страховой статистики не достаточно, т.е. приходится принимать решения в условиях неполной информации. Данный факт приводит к необходимости исследования дополнительных данных, характеризующих сельскохозяйственное производство. Основное внимание уделяется выявлению

нию закономерностей между результатами выращивания зерновых культур и учёту этих закономерностей при идентификации совокупного страхового риска страховой компании [5].

Теоретическая часть

На современном этапе развития общества все чаще возникают ситуации, когда одной переменной (величине) соответствует более одного значения другой величины. В связи с этим актуальным становится поиск вариантов исследования подобных ситуаций. Для количественной оценки зависимостей целесообразно использовать корреляционный анализ. Данный анализ позволяет оценить случайность или неслучайность различных совместного появления объектов на основе статистических данных.

Изменение случайной величины y , соответствующее изменению случайной величины x , разбивается на две составляющие – стохастическую, связанную с неслучайной зависимостью y от x , и случайную (или статистическую), связанную со случайным характером поведения самих y и x [6, 7].

Стохастическая составляющая связи между y и x характеризуется коэффициентом корреляции

$$\rho = \frac{E\{[x - E(x)][y - E(y)]\}}{\sqrt{D(x)D(y)}}, \quad (1)$$

где $E(x)$, $E(y)$ и $D(x)$, $D(y)$ – соответственно математическое ожидание и дисперсия случайных величин x и y .

Коэффициент корреляции показывает тесноту связи между фактором и показателем, если теснота связи равно нулю, это говорит о том, что связь отсутствует. Коэффициент корреляции может быть в интервале от -1 до +1, чем ближе коэффициент к единице, тем теснее связь. Связь может быть прямой и обратной, в зависимости от знака.

Для нормально распределенных случайных величин (СВ) выборочной оценкой коэффициента корреляции ρ является СВ

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (2)$$

где $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$; $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$; n – объем выборки.

В математической литературе принято, если объем выборки превышает 200, то данное распределение может быть аппроксимировано нормальным законом со средним $E(r)$ и дисперсией $D(r)$, что позволит построить статистические критерии и проверить гипотезу о наличии и тесноте связи [8]:

$$E(r) = \rho; \quad D(r) = \frac{1 - \rho^2}{n - 1}. \quad (3)$$

Зачастую при решении задач интерес представляет задача проверки гипотезы о значимости корреляционной связи между случайными величинами. В общепринятых обозначениях выдвигается нулевая гипотеза $H_0: |\rho| = 0$ против альтернативной $H_1: |\rho| \neq 0$.

Эта гипотеза проверяется сравнением выборочного значения коэффициента корреляции r с его критическим значением r_α , являющимися α -квантилью распределения r при $\rho = 0$. Корреляция между случайными величинами признается значимой, если $|r| \geq r_\alpha$.

На основе вышеизложенной аппроксимации оценка находится ($n > 200$) [8]:

$$r_{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{n-1}} u_{\frac{1+\alpha}{2}}, \quad (4)$$

где u_{α} – α -квантиль стандартного нормального распределения.

Построение доверительного интервала по его выборочному значению становится возможным при условии неотклонения гипотезы о значимости коэффициентов корреляции.

На основании проверки гипотезы о значимости коэффициентов корреляции между случайными величинами страховой компании можно будет принимать решения о выборе тарифной политики. В результате использования алгоритма проверки коррелированности данных будет получено объективное отображение реального процесса, что позволит избежать катастрофических потерь для организации. Если не учитывать взаимосвязи при формировании тарифной политики, то образуется недооцененный риск, который поставит под угрозу деятельность всей страховой компании в случае наступления страхового случая у многих страхователей одновременно.

Еще одним вариантом решения сложившейся проблемы недооценённого риска может быть рассмотрение модели страхования с учетом времени, что позволит принимать решения, уменьшающие риски за счет не коррелируемости убытков во времени. Для проверки данного факта был проведен анализ матриц парных коэффициентов корреляции на значимость полученных коэффициентов по критерию Стьюдента на уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Экспериментальные исследования

Алгоритм был определен на основании проведенного ранее исследования. В работе [9] было получено, что результаты выращивания сельскохозяйственных культур в Пензенской области статистически не отличаются друг от друга. Данные об урожайности были собраны с 1980 по 2015 годы по 5 сельскохозяйственным культурам в разрезе муниципальных образований. Исследуемый период был поделен на несколько отрезков времени, коррелируемость показателей урожайности была выявлена на каждом временном промежутке. Аналогичное исследование было проведено и по муниципальным образованиям Саратовской области за период с 1974 по 2015 годы, где получены аналогичные результаты исследованию в Пензенской области [10]. Таким образом, было показано, что проблема системности возникающих рисков существенна и требует разработки процедур учёта системного риска.

В страховую компанию могут обратиться организации, которые ведут деятельность вне зависимости о административно-территориального деления субъектов страны. Обработываемые земли могут находиться на любой территории, с разными агроклиматическими условиями. Для выявления однородных муниципальных образований четырех областей Поволжья (Пензенской, Самарской, Саратовской и Ульяновской) проведен кластерный анализ по таким культурам как: пшеница озимая, пшеница яровая, рожь озимая и ячмень яровой, за период с 1985 по 2017 годы. Результаты по пшенице озимой и пшеницы яровой представлены на рисунках 1-2.

В результате проведения кластерного анализа по каждой из четырех культур на уровне $\alpha = 0,05$ образовались два кластера. Цветом выделены кластеры с высокой урожайностью, белым цветом – кластеры с невысокой урожайностью. В результате в кластер с высокой урожайностью по 4 культурам были определены 13 муниципальных образований Саратовской области, 3 муниципальных образования Самарской области, 9 муниципальных образований Ульяновской области и 11 муниципальных образований Пензенской области. В кластер с низкой урожайностью по 4 культурам были определены 10 муниципальных образований Саратовской области, 3 муниципальных образования Самарской области, 4 муниципальных образования Ульяновской области и 3 муниципальных образования Пензенской области. По остальным территориям наблюдается преимущества яровых или озимых сельскохозяйственных культур.

Составленная на основе приведенных теоретических и экспериментальных положений схема алгоритма формирования стратегии управления страховой компании и управления

страховыми тарифами компании, работающей в сфере страхования сельхозпроизводителей, приведена на рисунке 3.



Рисунок 1 – Кластеризация муниципальных образований за ряд лет. Пшеница озимая
Figure 1 – Clusterization of municipalities over a number of years. Winter wheat



Рисунок 2 – Кластеризация муниципальных образований за ряд лет. Пшеница яровая
Figure 2 – Clusterization of municipalities over a number of years. Spring wheat

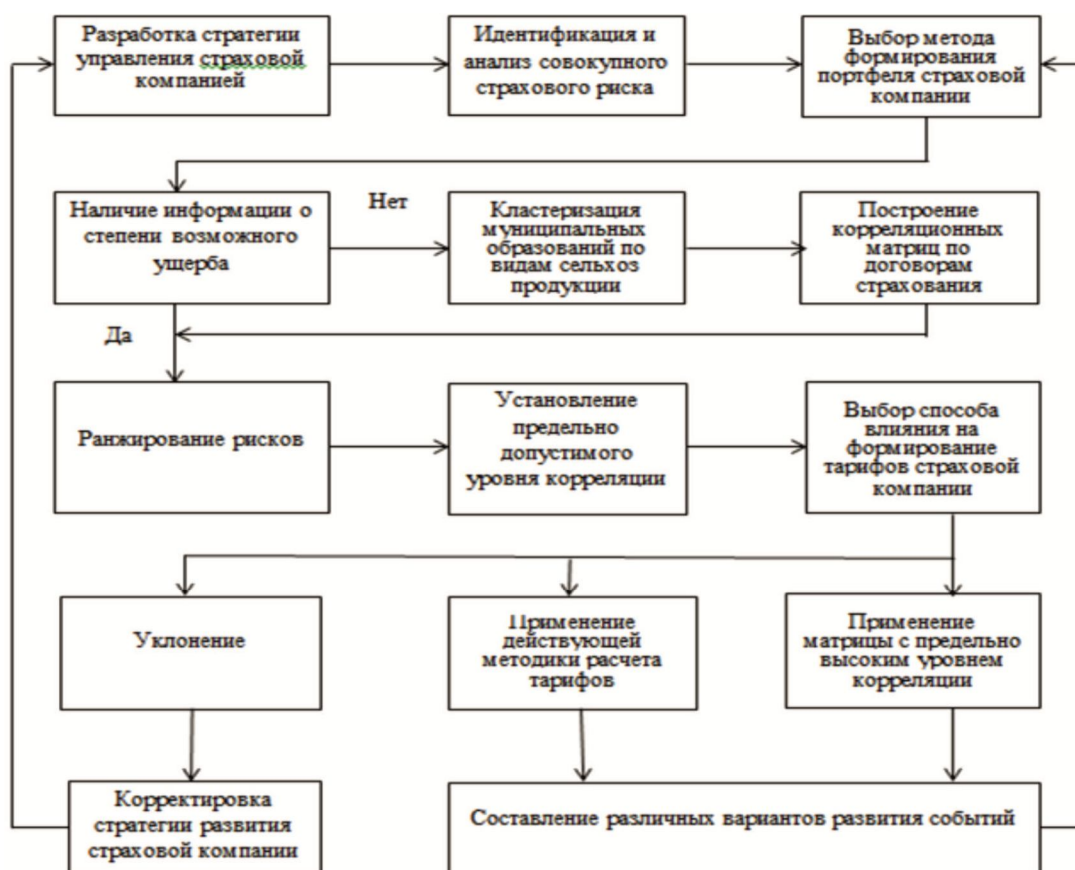


Рисунок 3 – Схема алгоритма формирования стратегии управления страховой компании и управления страховыми тарифами

Figure 3 – The scheme of algorithm formation of the management strategy of the insurance company and the management of insurance rates

Полученные результаты свидетельствуют о том, что территории со схожими агроклиматическими характеристиками располагаются во всех исследуемых регионах.

На основе проведенного корреляционного анализа среди 114 муниципальных образований исследуемых областей было получено, что, например, по пшенице озимой Александровогайский район Саратовской области не коррелирует ни с одним другим районом, в то время как Шигонский район Самарской области коррелирует со 106 другими районами. В таблице 1 представлены 5 районов, которые не коррелируют между собой (Коэффициенты корреляции составляют меньше 0,44) с другими районами.

Таблица 1 – Районы с не коррелируемыми результатами

Table 1 – Areas with uncorrelated results

Район	Область					
Духовницкий	Саратовская	1	0,23	-0,21	0,37	0,26
Александровогайский	Саратовская	0,23	1	-0,43	0,33	0,23
Нефтегорский	Самарская	-0,21	-0,43	1	0,14	-0,05
Старомайнский	Ульяновская	0,37	0,33	0,14	1	0,439
Наровчатский	Пензенская	0,26	0,23	-0,05	0,439	1

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что данные районы независимы между собой в результатах выращивания сельскохозяйственных культур. При формировании страховой компанией страхового портфеля из предприятий данных районов, то здесь применимы действующие модели страхования, основанные на предположении независимости наступления страховых случаев.

В таблице 2 представлены районы, у которых число значимых коэффициентов корреляции более 100 из 113, то есть практически со всеми.

Из таблицы 2 можно сделать вывод о том, что если у страховой компании сформируется портфель только из районов с такими высокими взаимозависимостями, то у страховой компании может возникнуть критическая ситуация в случае наступления страхового случая одновременно у всех, из недавнего, это наводнение в Хабаровском крае, Амурской области, в 2013 и в 2019 годах, засушливое лето 2010 года на территории Центральной России.

Таблица 2 – Районы с коррелируемыми результатами

Table 2 – Areas with correlated results

Район	Обл.*													
Базарнокарабул.	1	1	0,84	0,76	0,74	0,83	0,77	0,74	0,73	0,85	0,68	0,91	0,81	0,83
Балаковский	1	0,84	1	0,76	0,79	0,73	0,76	0,73	0,74	0,69	0,73	0,8	0,75	0,78
Приволжский	2	0,8	0,76	1	0,76	0,84	0,93	0,84	0,66	0,71	0,68	0,66	0,68	0,8
Ставропольский	2	0,7	0,79	0,76	1	0,84	0,77	0,86	0,87	0,77	0,76	0,69	0,76	0,79
Сызранский	2	0,8	0,73	0,84	0,84	1	0,87	0,94	0,82	0,87	0,73	0,81	0,89	0,92
Хворостянский	2	0,8	0,76	0,93	0,77	0,87	1	0,87	0,68	0,69	0,64	0,7	0,68	0,85
Шигонский	3	0,7	0,73	0,84	0,86	0,94	0,87	1	0,82	0,81	0,83	0,71	0,84	0,89
Майнский	3	0,7	0,74	0,66	0,87	0,82	0,68	0,82	1	0,88	0,84	0,74	0,84	0,79
Николаевский	3	0,9	0,69	0,71	0,77	0,87	0,69	0,81	0,88	1	0,78	0,87	0,91	0,84
Сенгилеевский	3	0,7	0,73	0,68	0,76	0,73	0,64	0,83	0,84	0,78	1	0,64	0,81	0,76
Колышлейский	4	0,9	0,8	0,66	0,69	0,81	0,7	0,71	0,74	0,87	0,64	1	0,87	0,88
Кузнецкий	4	0,8	0,75	0,68	0,76	0,89	0,68	0,84	0,84	0,91	0,81	0,87	1	0,9
Пензенский	4	0,8	0,78	0,8	0,79	0,92	0,85	0,89	0,79	0,84	0,76	0,88	0,9	1

* 1 – Саратовская область, 2 – Самарская область, 3 – Ульяновская область, 4 – Пензенская область

В работе [11] показано, что игнорирование системности риска при формировании страхового тарифа приводит к снижению оценки страхового риска в 3 раза. С другой стороны, формирование страхового портфеля из договоров, заключённых с предприятиями из районов, представленных в таблице 1 с использованием модели, ориентированной на коррелированность убытков (см. [11]), может привести к неоправданному завышению страховых тарифов. Именно неоправданно высокие тарифы приводят к существенному сокращению рынка сельскохозяйственного страхования.

Заключение

В статье приведен алгоритм управления страховыми тарифами для страховой компании, которая позволит сохранить устойчивость на рынке, принимать управленческие решения в условиях неполной статистической информации.

Игнорирование зависимости убытков по отдельным договорам между собой приводит к многократному занижению риска. Следует отметить, что в силу редкости наступления неблагоприятного исхода в течение нескольких лет может наблюдаться положительная разница между собранными страховыми взносами и выплаченными убытками, но наличие не учтённого риска приведет в конечном итоге к катастрофическим убыткам.

С другой стороны, как показано в работе, не следует при определении системного риска ориентироваться исключительно на территориальную принадлежность объектов страхования. Неверная интерпретация взаимосвязей между отдельными рисками приводит к завышению страховых тарифов.

Предлагаемый в работе алгоритм управления страховым тарифом в условиях неполной информации точнее описывает взаимосвязи между объектами страхования на основе представления информации в виде корреляционных матриц. Данный подход позволяет точнее идентифицировать страховой риск с целью определения страховых тарифов.

Библиографический список

1. **Perez-Blanco C. D., Delacamara G., Gomez C. M.** Revealing the willingness to pay for income insurance in agriculture, *Journal of Risk Research*. 2015. DOI: 10.1080/13669877.2015.104250.
2. **Баскаков В. Н., Крылова Е. К., Селиванова А. В. и др.** Страхование урожая сельскохозяйственных культур и посадок многолетних насаждений с государственной поддержкой: актуарная экспертиза. 2016. 320 с.
3. **Ifft J., Kuethe T. Morehart M.** Does federal crop insurance lead to higher farm debt use? Evidence from the Agricultural Resource Management Survey (ARMS). *Agricultural Finance Review*. 2015, vol. 75, no. 3, pp. 349-367.
4. **Juyun Y.** The Optimization Path and the Integration Mechanism of Agricultural Insurance in the Charge of Government. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2010, vol. 1, pp. 258-261.
5. **Qiujie Zheng H., Holly Wang. Qing Hua Shi.** Estimating bivariate yield distributions and crop insurance premiums using nonparametric methods. *Applied Economics*. 2014. 46:18, pp. 2108-2118.
6. **Волкотруб С. В.** Модель оптимального стохастического управления активами и обязательствами страховщика: непрерывное время // *Радиоэлектроника и информатика*. 2011. № 1. С. 36-40.
7. **Фалин Г. И., Фалин А. И.** Теория риска для актуариев в задачах. М.: Научный мир, 2016. 240 с.
8. **Кобзарь А. И.** Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. 816 с.
9. **Киндаев А. Ю.** Оценка корреляционных матриц в моделях риска // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2016. № 3(31). С.212-219.
10. **Моисеев А. В., Киндаев А. Ю.** К вопросу определения корреляционных матриц в моделях риска // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. 2016.
11. **Moiseev A. V., Kindaev A. Yu.** Simulation of insurance risks. *Journal of Applied Engineering Science*. 2015, vol. 13, no. 4, pp. 257-264, no. 4(20), pp. 34-43.

UDC 519.816

ALGORITHM OF INSURANCE RATES MANAGEMENT IN CONDITIONS OF INCOMPLETE INFORMATION

A. V. Moiseev, Ph.D (Phys. and Math.), associate professor Department of Economic Cybernetics, PSU, Penza, Russia;

orcid.org/0000-0001-9534-2465, e-mail: moigus@mail.ru

A. Yu. Kindaev, post-graduate student, Junior researcher of the research Department, PenzSTU, Penza, Russia;

orcid.org/0000-0002-3855-1970, e-mail: ale-kindaev@yandex.ru

The problem of optimal control in the conditions of insufficient statistical information for decision-making is considered. The aim of the work is to build an algorithm for managing the insurance rate in the conditions of incomplete information. Statistical data are collected for 4 regions of the Volga region (Saratov, Penza, Ulyanovsk and Samara) on yields of such crops as: winter wheat, spring wheat, spring barley and winter rye for the period from 1980 to 2015 in the context of municipalities. The cluster analysis of municipalities on productivity of agricultural crops for allocation of clusters is carried out. On the basis of correlation analysis the objects of insurance field with pairwise independent indices of productivity and high dependency in crop cultivation are singled out. The algorithm of portfolio management including both objects of insurance being pairwise independent on the yield as well as the objects with a significant share of interconnectedness is proposed. The portfolio constructed in this way takes into account correlation of losses under individual contracts when calculating the risk, which will help to increase the stability of insurance company.

Key words: management algorithm, insurance rate, effective management, risk, correlation, dependent and independent data.

DOI: 10.21667/1995-4565-2019-70-91-97

References

1. **Perez-Blanco C. D., Delacamara G., Gomez C. M.** Revealing the willingness to pay for income insurance in agriculture. *Journal of Risk Research*. 2015. DOI: 10.1080/13669877.2015.104250
2. **Baskakov V. N., Krylova E. K., Selivanov, A. V. et al.** Insurance crops and plantations of perennial plants with the state support: actuarial expertise. 2016. 320 p.
3. **Ifft J., Kuethe T. Morehart M.** Does federal crop insurance lead to higher farm debt use? Evidence from the Agricultural Resource Management Survey (ARMS). *Agricultural Finance Review*. 2015, vol. 75, no. 3, pp. 349-367.
4. **Juyun Y.** The Optimization Path and the Integration Mechanism of Agricultural Insurance in the Charge of Government. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2010, vol. 1, pp. 258-261.
5. **Qiujie Zheng H., Holly Wang. Qing Hua Shi.** Estimating bivariate yield distributions and crop insurance premiums using nonparametric methods. *Applied Economics*. 2014. 46:18. 2108-2118.
6. **Volkotrub S. V.** Model of optimal stochastic management of assets and liabilities of the insurer: continuous time. *Radioelectronics and Informatics*. 2011, no. 1, pp. 36-40.
7. **Falin G. I., Falin A. I.** *Theory of risk for actuaries in problems*. M.: Scientific world. 2016. 240 p.
8. **Kobzar A. I.** *Applied mathematical statistics. For engineers and scientists*. M.: FIZMATLIT, 2012. 816 p.
9. **Kindaev A. Y.** Estimation of the correlation matrices in risk models. *XXI century: the results of the past and challenges of the present plus*. 2016, no. 3(31), pp. 212-219.
10. **Moiseev A. V., Kindeev A. Y.** The determination of correlation matrices in risk models. *Models, systems, networks in Economics, technic, nature and society*. 2016, no. 4(20), pp. 34-43
11. **Moiseev A. V., Kindaev A. Yu.** Simulation of insurance risks. *Journal of Applied Engineering Science*. 2015, vol. 13, no. 4, pp. 257-264, no. 4(20), pp. 34-43.