

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ СЛОЖНЫХ СТРУКТУР

**МАТЕРИАЛЫ
ПЯТНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

16–20 сентября 2024 г.

Томск
Издательство Томского государственного университета
2024

УДК 004(082)
ББК 73я431
Н76

Редакционная коллегия выпуска:

А.В. Замятин, профессор, директор ИПМКН НИ ТГУ, Томск
А.Ю. Матросова, профессор кафедры КБ ИПМКН НИ ТГУ, Томск
Л.А. Нежелская, профессор кафедры ПМ ИПМКН НИ ТГУ, Томск
Г.М. Захарова, доцент, УрГАХУ, Екатеринбург
М.Л. Громов, доцент кафедры ИТИДиС РФФ НИ ТГУ, Томск
С.Н. Торгаев, доцент, заведующий кафедрой ИТИДиС РФФ НИ ТГУ, Томск

Н76 **Новые информационные технологии в исследовании сложных структур** : материалы
Пятнадцатой Международной конференции, 16–20 сентября 2024 г. – Томск : Издательство
Томского государственного университета, 2024 – 94 с.

ISBN 978-5-907722-98-9

Пятнадцатая конференция международная конференция «Новые информационные технологии в исследовании сложных структур» была проведена в посёлке Катунь Алтайского края с 16 по 20 сентября 2024 г.

Материалы сборника ориентированы на использование специалистами в области информационных технологий в различных сферах человеческой деятельности, включая вычислительные и телекоммуникационные системы, образование, архитектуру и градостроительство, охрану природы, здравоохранение, разработку систем искусственного интеллекта, исследование дискретных и стохастических структур управления и связи.

УДК 004(082)
ББК 73я431

ISBN 978-5-907722-98-9

© Томский государственный университет, 2024
© Авторы статей, 2024

ОСОБЕННОСТИ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛОВ ЕДИНОВРЕМЕННЫХ НЕТТО-ПРЕМИЙ ДЛЯ ОТСРОЧЕННОГО КОЛЛЕКТИВНОГО СТРАХОВАНИЯ ЖИЗНИ

Г.М. Кошкин¹, Я.Н. Лопухин², Н.Л. Ерёмкина³

^{1,2,3} Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
yarr77@yandex.ru

FEATURES OF NONPARAMETRIC ESTIMATION OF THE FUNCTIONALS OF ONE-TIME NET PREMIUMS FOR DEFERRED COLLECTIVE LIFE INSURANCE

G.M. Koshkin¹, Ya.N. Lopukhin², N.L. Eremina³

^{1,2,3} National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

Нахождение оптимального соотношения между страховыми премиями и страховыми выплатами является одной из основных проблем актуарной математики. Отметим, что в разделе, посвященном данной области в известной монографии «Актуарная математика» [1], рассматривается расчет единовременных нетто-премий на основе таблиц смертности. Интересные результаты, полученные с помощью данного подхода, были представлены, например, в работах [2, 3]. Тем не менее в нашем динамично изменяющемся мире, таблицы смертности могут довольно быстро устареть с точки зрения фиксации современных тенденций. Поэтому в настоящее время теория и практика страхования настоятельно требуют использования сложных математических моделей, которые будут адаптивно меняться в соответствии с изменениями демографических тенденций в соответствующих группах населения. В настоящей работе предлагается развитие идей работ [4, 5].

Пусть m индивидуумов с возрастами x_1, x_2, \dots, x_m желают заключить страховой договор. Предстоящее время жизни k -го индивидуума обозначим через $T(x_k) = X - x_k$. Совокупности m чисел $T(x_1), T(x_2), \dots, T(x_m)$ поставим в соответствие статус U , которому соответствует своя продолжительность жизни $T(U)$ [1].

Статус выживания k последних обозначается $U := \frac{k}{x_1 : x_2 : \dots : x_m}$ и существует до тех пор, пока живы по

крайней мере k из m индивидуумов x_1, x_2, \dots, x_m , т.е. он считается разрушенным при наступлении $(m-k+1)$ -й смерти. Двумя самыми распространенными статусами являются статус совместной жизни ($k=m$) и статус выживания последнего ($k = 1$). Статус совместной жизни обозначается $U := x_1 : x_2 : \dots : x_m$ и считается разрушенным, если наступила смерть хотя бы одного из индивидуумов, т.е. $T(U) = \min(T(x_1), T(x_2), \dots, T(x_m))$.

Статус выживания последнего обозначается $U := \overline{x_1 : x_2 : \dots : x_m}$ и считается разрушенным, если все представители коллектива умерли, т.е. $T(U) = \max(T(x_1), T(x_2), \dots, T(x_m))$ [1].

Точный статус выживания k последних обозначается $U := \frac{[k]}{x_1 : x_2 : \dots : x_m}$ и существует, если живы в

точности k из m индивидуумов x_1, x_2, \dots, x_m , т.е. он начинается в момент $(m-k)$ -й смерти и прекращается в момент $(m-k+1)$ -й смерти. Статус находит широкое применение при расчете аннуитетов [5].

Отсроченное на r лет страхование (выплата пособия производится в момент смерти застрахованного, если она произошла после r -летнего срока с момента заключения договора и не выплачивается, если застрахованный умрет в эти r лет). Данный вид страхования позволяет страховым компаниям снижать риски с подозрительными клиентами. В этом случае функционалы единовременных нетто-премий и их непараметрические оценки для статусов совместной жизни и выживания последнего строятся аналогично случаю полного страхования (нижний предел несобственного интеграла увеличивается на r) [5].

$$r|\bar{A}_{x_1:x_2:\dots:x_m} = \frac{\int_r^\infty e^{-\delta t} dP\{\min(X_1-x_1, X_2-x_1, \dots, X_m-x_1) \leq t\}}{S(x_1, x_2, \dots, x_m)} = \frac{\Phi(x_1, x_2, \dots, x_m, \delta, r)}{S(x_1, x_2, \dots, x_m)}, \quad (1)$$

$$r|\bar{A}_{\overline{x_1:x_2:\dots:x_m}} = \frac{\int_r^\infty e^{-\delta t} dP\{\max(X_1-x_1, X_2-x_1, \dots, X_m-x_1) \leq t\}}{S(x_1, x_2, \dots, x_m)} = \frac{\bar{\Phi}(x_1, x_2, \dots, x_m, \delta, r)}{S(x_1, x_2, \dots, x_m)}, \quad (2)$$

где $S(x_1, x_2, \dots, x_m)$ – функция совместного выживания.

Для общего случая k -выживших введем величины $Z_i = X_i - x_i$, $i = \overline{1, m}$. Упорядочим их по возрастанию и получим порядковые статистики $Z_{(i)}$, $i = \overline{1, m}$. Тогда

$$r|\bar{A}_{x_1:x_2:\dots:x_m}^k = \frac{\int_r^\infty e^{-\delta t} dP\{Z_{(m-k+1)} \leq t\}}{P\{Z_{(1)} > 0\}} = \frac{\Phi(x_1, x_2, \dots, x_m, \delta, k, r)}{S(x_1, x_2, \dots, x_m)}, \quad (3)$$

В случае точного статуса k -выживших

$$\bar{A}_{x_1, x_2, \dots, x_m}^{[k]} = \frac{\int_0^{\infty} e^{-\delta t} dP\{Z_{(m-k)} < t\} - \int_0^{\infty} e^{-\delta t} dP\{Z_{(m-k+1)} < t\}}{P\{Z_{(1)} > 0\}} = \bar{A}_{x_1, x_2, \dots, x_m}^{k-1} - \bar{A}_{x_1, x_2, \dots, x_m}^k.$$

В работе на основе функционалов (1)–(3) строятся непараметрические оценки подстановки и их кусочно-гладкие аппроксимации. А также изучаются асимптотические свойства предложенных оценок и проводится сравнительный анализ качества моделей оценивания.

Литература

1. Bowers N.L., Gerber H.U., Hickman J.C., Jones D.A., Nesbitt C.J. Actuarial Mathematics. Itasca, Illinois: The Society of Actuaries, 1986. 624 p.
2. Schmeiser H., Wagner J. A Joint Valuation of Premium Payment and Surrender Options in Participating Life Insurance Contracts, Insurance // Mathematics and Economics. 2011. № 49 (3). P. 580–596.
3. Maurer R., Rogalla R., Siegelin I. Participating Payout Life Annuities: Lessons from Germany // ASTIN Bulletin. 2013. № 43 (2). P. 159–187.
4. Koshkin G.M., Lopukhin Ya.N. Estimation of Net Premiums in Collective Models of Life Insurance // XIth Annual International AFIR Colloquium (September 6-7, 2001). Vol. 2. Toronto, Canada : Canadian Institute of Actuaries. 2001. P. 447–457.
5. Koshkin G., Lopukhin Y. Nonparametric Estimation of Net Premium Functionals for Different Statuses in Collective Life Insurance // Communications in Computer and Information Science. 2014. № 487. P. 223–233.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В БЕЗОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЕ

И.Ю. Гендрина¹

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, igendrina@bk.ru

STATISTICAL PROCESSING OF NUMERICAL EXPERIMENTS RESULTS IN A CLOUDLESS ATMOSPHERE

I.Yu. Gendrina¹

¹ National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

В данной работе продолжено [1, 2] исследование особенностей формирования солнечной радиации специального вида – отраженной солнечной радиации [3], в частности, солнечной дымки.

Геометрическая постановка задачи: на верхнюю границу атмосферы падает плоскопараллельный поток солнечного излучения в направлении, заданном зенитным и азимутальным углами. Приемник, регистрирующий угловое распределение отраженной солнечной радиации, находится в точке с заданными координатами и производит наблюдение в направлении, заданном зенитным и азимутальным углами.

Оптическую модель атмосферы описывают следующие характеристики:

а) коэффициенты аэрозольного рассеяния и ослабления; альbedo однократного рассеяния; б) аэрозольная индикатриса рассеяния; в) вертикальные профили температуры и давления для расчета коэффициентов молекулярного рассеяния.

Имитационное моделирование было проведено для следующих условий:

Координаты приемного устройства, км: (0,0,100).

Длина волны, мкм: 0,44; 0,50; 0,67; 0,87.

Зенитные углы Солнца, град: 0, 30, 60.

Азимутальные углы Солнца, град: 0, 30, 45, 60.

Азимутальные углы наблюдения, град: 0, 90, 180.

Тип аэрозоля: континентальный, лето средних широт.

Теоретической базой для проведения численных экспериментов является интегральное уравнение переноса излучения [4] в горизонтально однородной модели атмосферы Земли. Статистическая обработка результатов численных экспериментов заключалась в построении регрессионных зависимостей яркости от различных параметров модели.

К основным результатам статистической обработки данных численных экспериментов можно отнести следующие. Поведение регрессии яркости в зависимости от длины волны позволяет предположить, что длина может рассматриваться как качественный фактор при построении параметрической модели. Яркость солнечной дымки в зависимости от угла между направлением падения солнечных лучей и направлением наблюдения представляет собой монотонно возрастающую функцию в том случае, если при проведении экспериментов