

глобализации финансовой системы. В то же время, потоки экспорта сельскохозяйственной продукции, платежеспособность и устойчивость банковской системы имеют противоположное влияние. Исследование также показало, что в краткосрочной перспективе влияние упомянутых выше факторов неоднозначно.

В заключение отметим, что результаты исследования могут найти применение в разработке статистической методологии мониторинга экономической политики в странах Африки в рамках устойчивого развития. Главное преимущество использования эконометрических инструментов на основе панельной коинтеграции – это возможность получить статистически достоверные выводы о выявленных закономерностях и проведение дальнейшего сравнительного анализа аналогичных результатов в других регионах Африки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ФАО и 17 целей в области устойчивого развития. 2015 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/3/a-i4997r.pdf> (дата обращения: 25.08.2016).
2. FAOstat [Электронный ресурс]. URL: <http://faostat3.fao.org/download/I/IC/E> (дата обращения: 25.08.2016).
3. The World Bank Data [Электронный ресурс]. URL: <http://data.worldbank.org/indicator> (дата обращения: 25.08.2016).
4. *Hamilton J. D.* Time Series Analysis // Princeton University Press. 1994.
5. *Levin A., Lin C.-F., Chu C.-S. J.* Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties // Journal of Econometrics. 2002. Vol. 108. P. 1–24.
6. *Breitung J.* The local power of some unit root tests for panel data. In Advances in Econometrics, Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels, ed. B. H. Baltagi, Amsterdam // JAI Press. 2000. Vol. 15. P. 161–178.
7. *Breitung J., Das S.* Panel unit root tests under cross-sectional dependence // Statistica Neerlandica. 2005. Vol. 59. P. 414–433.
8. *Maddala G. S., Wu S.* A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and A New Simple Test // Oxford Bulletin of Economics and Statistics. 1999. Vol. 61. P. 631–652.
9. *Choi I.* Unit root tests for panel data // Journal of International Money and Finance. 2001. Vol. 20. P. 249–272.
10. *Pedroni P.* Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors // Oxford Bulletin of Economics and Statistics. 1999. Vol. 61. P. 653–670.
11. *Pedroni P.* Panel cointegration: Asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis // Econometric Theory. 2004. Vol. 20. P. 597–625.
12. *Kao C., Chiang M.-H.* On the Estimation and Inference of a Cointegrated Regression in Panel Data, in Baltagi, B. H. et al. eds., Nonstationary Panels, Panel Cointegration and Dynamic Panels, Amsterdam // Elsevier. 2000. P. 179–222.

ПЛАНИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ГАРАНТИЙНОГО СРОКА СЛУЖБЫ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ АССИМЕТРИЧНЫХ КОПУЛ

К. С. Ломовцева, Г. Р. Тугушева

Саратовский государственный университет, Россия
E-mail: lomovcevaks@rambler.ru, lyasan2008@gmail.com

В работе рассматривается возможность применения ассиметричных копул для определения оптимальной длительности гарантийного срока службы изделий.

OPTIMAL WARRANTY ASSURANCE PLAN OF PRODUCTS MECHANICAL ENGINEERING OF THE BASED ON THE THEORY OF ASYMMETRIC COPULA

K. S. Lomovtceva, G. R. Tugusheva

Possible applications of asymmetric copulas to determine the optimum duration of the warranty service life was investigated.

Копула является полезным инструментом в области моделирования зависимости между случайными величинами. Большинство существующих копул являются симметричными, в то время как экспериментальные данные, проявляют ассиметричный характер. Это обуславливает необходимость разработки и изучения ассиметричных копул, которые могут смоделировать такие данные, а именно те копулы, которые в состоянии уловить связь между двумерными характеристиками, например, описывающими долговечность изделия (срок службы и эксплуатация) [1-5]. Усиление конкуренции на автомобильном рынке, а также увеличение числа автосборочных производств, выпускающих свою продукцию на территории России, привели к тому, что все чаще востребованными становятся исследования, посвященные сервису автомобилей. Наиболее конфликтным и требующим особого внимания в этой сфере является гарантийное обслуживание автомобилей. В данной работе исследуется метод планирования длительности гарантийного срока автомобилей с помощью ассиметричной копулы. Также обсуждаются свойства симметричных и ассиметричных копул [6,7]. Выделяют несколько основных семейств копул: экстремальные, эллипсообразные и Архимедовы, именно они представляют особый интерес. Своё название архимедовы копулы получили из-за аналогии с архимедовой аксиомой. В ней говорится, что для любых двух целых положительных чисел a и b всегда найдется такое число n , что будет верно соотношение $n \cdot a > b$. Копулы данного семейства являются симметричными и имеют следующий вид:

$$C(X_1, X_2) = \varphi^{-1}[\varphi(X_1) + \varphi(X_2)] \quad (1)$$

где X_k ($k = 1, 2$) – это случайная величина, а φ – функция-генератор, которую можно выделить во всех архимедовых копулах. Функция-генератор обладает свойством непрерывности, является строго убывающей и выпуклой. Подробнее семейство Архимедовых копул описывается в работе [1]. Основное преимущество копул любого семейства заключается в том, что они позволяют рассматривать зависимость между случайными величинами вне контекста их распределений. Семейство архимедовых копул чаще всего применяется в оценке финансовых и страховых рисков, при моделировании природных явлений, в информационных технологиях для защиты данных. Достоинством данного семейства является относительная легкость его генерации, для чего достаточно лишь за-

дать функцию-генератор φ . Но наряду со многими достоинствами симметричных копул существуют и недостатки. Так, при моделировании двумерной надежности данных они: не дают реального представления о существующей зависимости между случайными величинами; не учитывают связь между двухмерными характеристиками, одна из которых описывается как дискретная случайная величина, а другая как непрерывная случайная величина; не учитывают хвостовую зависимость [2]. Они предопределили начало работ по созданию асимметричных копул. Наше исследование, основано на экспериментальных данных работы [2]: 3466 автомобиля, гарантийные рекламации которых были собраны у автопроизводителя, к 2289 автомобилям были предъявлены гарантийные требования в течении 36 месяцев или 30000 км, а к остальным 1177 автомобилям не было предъявлено требований. В основе, используемой нами, асимметричной копулы лежит двумерное распределение времени дожития (продолжительность жизни), а в качестве базовой копулы выступает копула Гумбеля:

$$S(x_1, x_2) = \exp \left\{ - \left[(-\ln(1 - v_1))^\theta + (-\ln(1 - v_2))^\theta \right]^{1/\theta} \right\}, \quad (2)$$

$$v_1 = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{x_1}{\beta_1} \right)^{\alpha_1 \theta} \right\} \text{ и } v_2 = \exp \left\{ - \left(\frac{x_2}{\beta_2} \right)^{\alpha_2 \theta} \right\} \quad (3)$$

где x_1, x_2 – случайные величины, α_1 – параметр формы распределения, β_1 – параметр разброса, а θ – параметр зависимости между случайными величинами. В итоге надежность определяли как:

$$\begin{aligned} C_I(v_1, v_2) &= p_0 C(v_1, v_2; \theta_1) + p_1 \check{C}_1(v_1, v_2; \theta_2) \\ &= p_0(v_1 + v_2 - 1 + C_0(1 - v_1, 1 - v_2; \theta_1)) + p_1(v_1 - C_0(v_1, 1 - v_2; \theta_2)) \\ &= p_0 \left\{ v_1 + v_2 - 1 + \exp \left\{ - \left[(-\ln(1 - v_1))^{\theta_1} + (-\ln(1 - v_2))^{\theta_1} \right]^{1/\theta_1} \right\} \right\} \\ &\quad + p_1 \left\{ v_1 - \exp \left\{ - \left[(-\ln(v_1))^{\theta_2} + (-\ln(1 - v_2))^{\theta_2} \right]^{1/\theta_2} \right\} \right\}. \end{aligned} \quad (4)$$

где p_0, p_1 – параметры распределения. Результаты исследования асимметричной копулы представлены на рис. 1.

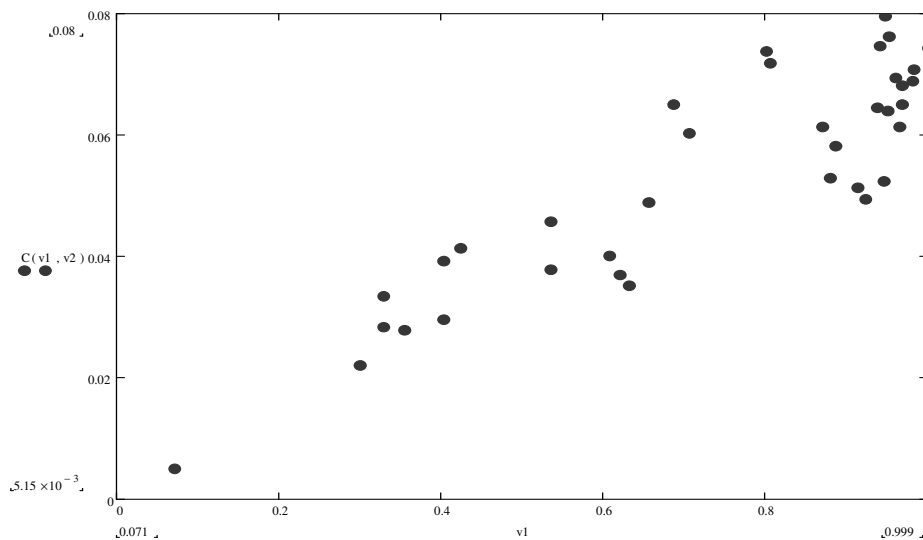


Рис. 1. Асимметричная копула для расчета надежности (основной характеристикой является срок службы)

Вероятность выхода из строя автомобиля велика при долговременном и интенсивном использовании, т.е. при долгом умеренном использовании авто-

мобиль перестанет функционировать слажено по истечению трехлетнего периода. Но при более интенсивной эксплуатации вероятность выхода из строя будет зависеть от пробега, из этого следует, что гарантийных требований будет достаточно, в случае с интенсивной эксплуатации, но не для случая умеренного длительного использования.

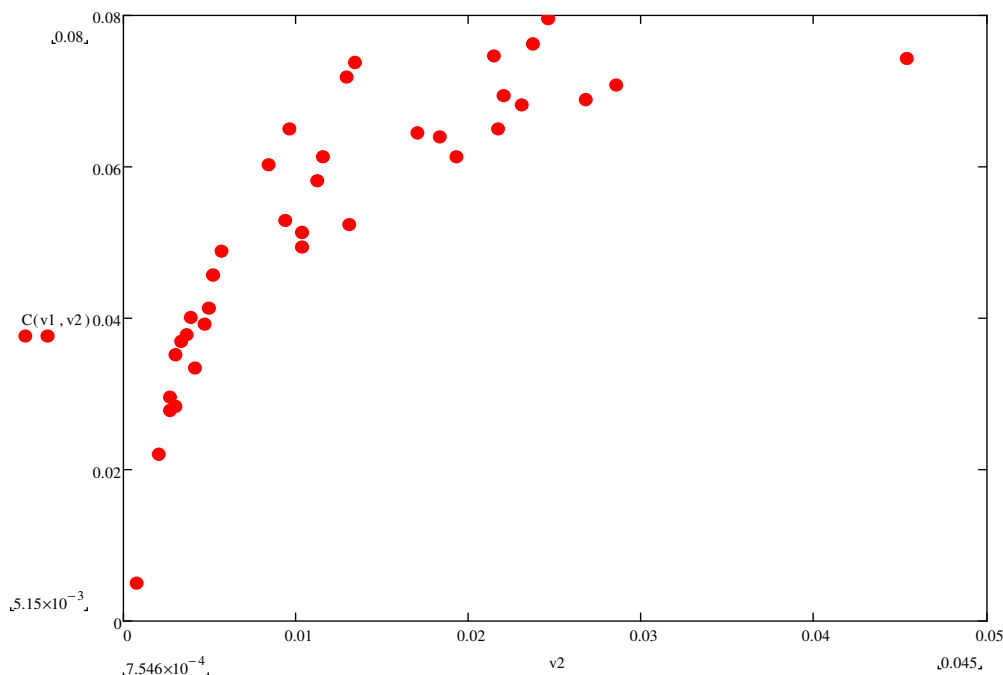


Рис. 2. Асимметричная копула для расчета надежности (основной характеристикой является эксплуатация)

Применение данного метода позволяет смоделировать асимметричную копулу, которая имеет следующие преимущества: созданная зависимость определяет связь между случайными величинами в заданном направлении; отсутствуют ограничения относительно формы маргинальных распределений, т.о. можно выбирать любое из двух распределений и совмещать с моделированием надежности; учитывается хвостовая зависимость. В практическом применении асимметричная копула может служить основой для законодателей, в части защиты прав потребителей, для установления двухлетней гарантии для промышленных продуктов и предполагает широкое использование в метеорологии, для оценки банковских рисков и др. [8-12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Nelsen, R.* An Introduction to Copulas / NY: Springer, 1999. 284 с.
2. *Wu S.*, Construction of asymmetric copulas and its application in two-dimensional reliability modelling // *European Journal of Operational Research*. 2014. Vol. 238 (2). P. 476-485.
3. *Кондратьева О. Ю., Терин Д. В., Ревзина Е. М., Вениг С. Б.* Оценка надежности нанобиосистем на основе теории копул // *Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине*. 2015. С. 182-184.
4. *Kondrateva O. Y., Bilenko D. I., Terin D. V., Revzina E. M., Safonov R., Lomovtseva K. S., Tugusheva G. R., Venig S. B.* Reliability evaluation of nanostructures using the theory of copulas // *Наночастицы, наноструктурные покрытия и микроконтейнеры: технология, свойства, применения*. 2015. С. 26-27.
5. *Кондратьева О. Ю., Терин Д. В., Сафонов Р. А., Ревзина Е. М., Кондратьева Е. В.* К

вопросу оценки надежности наноконпонентов с использованием понятия копулы // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами Саратов. 2015. С. 72-74.

6. *Kondrateva O. Y., Krylov S. N., Revzina E. M., Kondrateva E. V.* Using modern software for modeling of nano-sized materials // Наночастицы, наноструктурные покрытия и микроконтейнеры : технология, свойства, применения Саратов. 2015. С. 33-36.

7. *Кондратьева О. Ю., Терин Д. В., Ревзина Е. М., Сафонов Р. А.* Прогнозирование отказов наносистем // Математическое моделирование и информационные технологии в научных исследованиях и образовании. Саратов. 2015. С. 98-101.

8. *Safonov R., Glukhova O., Bulgakova K., Savostyanov G., Kondrateva O.* Gpu parallel computing in molecular dynamics calculations // Наночастицы, наноструктурные покрытия и микроконтейнеры: технология, свойства, применения. Саратов. 2015. С. 38.

9. *Абашиев А. В., Терин Д. В.* Применение современных математических и компьютерных методов для обработки и анализа результатов исследования устойчивости // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2014. № 12 (70). С. 46-49.

10. *Абашев А. В., Терин Д. В., Мурашев Д. А.* Разработка компонента для формирования библиографии и перекрестных ссылок в msword // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2012. № 8. С. 482-487.

11. *Galushka V. V., Bilenko D. I., Terin D. V., Revzina E. M., Kondratyeva O. Yu., Kozhevnikov I. O.* Controlled Investigation of Mass Transfer in Nanostructures AgI-Ag // BioNanoScience. 2015. № 5. P. 227-232.

12. *Вениг С. Б., Мурашев Д. А., Терин Д. В., Ставский Д. В.* Индивидуальные образовательные траектории и реализация компетентностного подхода при совместном использовании клипатов и виртуальных информационных образовательных систем // Инженерное образование. 2012. № 11. С. 149-151.

13. *Ломовцева К. С., Кондратьева Е. В., Кондратьева О. Ю.* Применение ассиметричной копулы для определения оптимальной длительности гарантийного срока службы легковых автомобилей // Нано- и биомедицинские технологии. Управление качеством. Проблемы и перспективы : сб. науч. ст. Саратов. 2016. С. 63-69.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Е. С. Магомедова, В. С. Панахов

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

E-mail: magomedova.e.s@mail.ru

Не секрет, что любая экономическая организация хочет добиться своего развития в желательном направлении и избежать нежелательных результатов. Поэтому необходимость прогноза является актуальной в наше время. В этой статье проведен статистический анализ данных. По этим данным был проведен прогноз, на основе экстраполяции тренда. Оценена погрешность и адекватность прогноза. Написана программа на языке программирования C#.

STATISTIC METHODS FORECASTING ECONOMIC PARAMETERS

V. S. Panakhov, E. S. Magomedova

It's no secret that any economic organization wants to achieve progress in desirable direction