

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОХОДНОСТИ АКЦИЙ КОМПАНИЙ РАЗЛИЧНОЙ СТРАНОВОЙ И ОТРАСЛЕВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Д.В. Кандауров

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

В статье рассматривается способ моделирования доходности портфеля акций, предполагающий выделение отраслевого и систематического риска на глобальном и национальном уровне. Выделение различных видов риска осуществляется путем внедрения в структуру модели конструкции из парных копул отраслевых и страновых фондовых индексов. Предлагаемый метод позволяет совместить преимущества традиционной САРМ и конструкций из парных копул. В рамках решения задачи оптимизации инвестиционного портфеля были протестированы два метода формирования структуры конструкции из парных копул: традиционный, обеспечивающий максимум суммы коэффициентов корреляции между доходностями активов, и способ структурирования по отраслевому и страновому принципу с введением в модель фондовых индексов. В качестве критериев оптимальности инвестиционного портфеля рассматривались минимум риска и максимум коэффициента Шарпа. Для обоих показателей модель, структурированная по отраслевому и страновому принципу, продемонстрировала больший прирост капитала. Предложенный способ учета отраслевого и систематического риска будет полезен профессиональным управляющим при формировании портфеля ценных бумаг и повышении его доходности.

Ключевые слова: управление риском и доходностью портфеля акций, отраслевой и систематический риск, международная диверсификация.

Введение

Особенностью современного этапа развития как национальной, так и глобальной экономики является ее функционирование в условиях нестабильности, неопределенности, сложности и неоднозначности.

Динамично развивающаяся в условиях неопределенности и повышенной волатильности рыночная среда ставит перед субъектами, принимающими решения, нестандартные задачи, которые либо с трудом решаются традиционными методами, либо полученные решения не дают желаемого эффекта. Сложность таких задач заставляет искать новые подходы к использованию различных аналитических приемов и методов, обосновывающих принятие конкретного управленческого решения. Особенно это заметно при выборе метода формирования инвестиционного портфеля. Портфельная теория основана на статистическом анализе, целью которого является выбор оптимального соотношения между доходностью и риском инвестиций. Применение современных статистических методов, позволяющих получать робастные оценки доходности и риска ценных бумаг, позволяет принимать более взвешенные инвестиционные решения.

Наиболее распространенным подходом к оценке уровня премий за акционерный риск, используемым на практике основными инвестбанками и аудиторами, а также широко описанным в научной литературе, является модель САРМ (Capital Asset Pricing Model) предложенная Уильямом Шарпом и Джоном Линтнером [11, 8]. Одной из причин популярности этой модели во второй по-

ловине XX века является простота расчета ожидаемой доходности долгосрочного актива. Такая оценка осуществляется относительно всего рыночного портфеля. Однако крупным недостатком САРМ является предположение о нормальности распределения доходностей активов, что противоречит эмпирическим наблюдениям. Современный уровень развития компьютерной техники позволяет повысить точность моделирования доходности в ущерб вычислительной простоте. Важной характеристикой совместного распределения доходностей финансовых активов является асимметрия в их взаимосвязи [1, 5, 10]. Эта асимметрия заключается в том, что цены акций сильнее склонны к совместному снижению, чем к совместному росту, более того, степень асимметрии может варьироваться для различных пар финансовых активов. В настоящей статье предлагается метод, позволяющий повысить эффективность деятельности инвестиционных и паевых фондов, путем увеличения точности прогнозирования доходности активов.

Теория

Гибким способом учета асимметрии совместного распределения доходностей является использование конструкций из парных копул (далее – КПК).

Использование условных парных копул при моделировании многомерных распределений было впервые рассмотрено в работе Гарри Джо [7]. В трудах Бедфорда и Кука [2, 3] была предложена графическая модель «правильных ветвлений», которая является удобным способом наглядного представления (в виде многоуровневого графа) разложения функции плотности распределения на

произведения плотностей парных копул и плотностей частных распределений. В работе Дж. Диссмана и др. [6] предложен способ выбора оптимальной структуры, основанный на максимизации суммарного коэффициента корреляции Кендалла на каждом уровне графа (метод максимального остонового дерева). Этот метод структурирования КПК чаще других используется в научной литературе, тем не менее, у него есть существенный недостаток – в случае появления сильной ложной корреляции между доходностями активов, формируется структура КПК, обладающая плохой прогностической силой. Способ решения этой проблемы был предложен в работе Айка Кристиана Брехмана и Клаудии Кзадо [4]. Авторы предложили ввести в КПК на правильных ветвлениях отраслевые и отраслевые фондовые индексы для выделения системной компоненты риска. Тем не менее, они существенно ограничили структуру КПК, используя независимую условную копулу для моделирования совместного распределения доходностей пар национальных фондовых рынков, а также используя Гауссову копулу для моделирования условных совместных распределений доходностей активов на «старших» уровнях ветвления. Эти ограничения были установлены для того, чтобы максимально приблизить КПК к CAPM, кроме того, они позволили сократить время оценки параметров модели. В приложении к моделированию на финансовых рынках, КПК представляют собой способ задания совместного распределения доходностей активов в виде комбинации парных¹ копула-функций условных и безусловных частных распределений доходностей каждого из них. Парной копулой называется совместная функция распределения двух случайных величин, в которой в качестве аргументов рассматриваются две функции частных распределений (условных или безусловных). Плотностью парной копулы называется ее производная по двум аргументам.

Наиболее распространенным в научной литературе способом выбора структуры КПК является метод максимального остонового дерева (R-Vine-MST), заключающийся в выборе структуры каждого уровня модели таким образом, чтобы максимизировать сумму коэффициентов корреляции Кендалла для всех парных копул представляемых ребрами этого графа. Тем не менее, корреляция не всегда говорит о реальной взаимосвязи между случайными величинами. Существует эффект ложной корреляции, который, при использовании метода максимального остонового дерева, может привести к выбору структуры, не отражающей реальной взаимосвязи между доходностями акций. Для того, чтобы ограничить влияние ложной корреляции на качество модели распределения доход-

¹ Различные виды парных копул и их свойства подробно рассмотрены в книге Роджера Нельсена [9].

ностей, рассмотрим в качестве альтернативного метод (R-Vine-INDX), при котором первое дерево ветвления структурировано жестко по отраслевому и страновому принципу с помощью фондовых индексов, а остальные уровни ветвления формируются по принципу максимизации суммы коэффициентов корреляции Кендалла.

Результат

Для того, чтобы оценить эффективность предлагаемого метода структурирования КПК, было проведено его сравнение с обыкновенным методом максимального остонового дерева в рамках решения задачи формирования оптимального инвестиционного портфеля из акций российских и американских компаний. В качестве критериев оптимальности были приняты два показателя: минимум ожидаемых потерь (CVaR, 95%), характеризующий ожидаемую абсолютную доходность портфеля в пяти процентах наихудших случаев и максимум коэффициента Шарпа².

В табл. 1 приведен перечень ценных бумаг и индексов, дневные доходности которых использовались при сравнении эффективности использования различных методов структурирования первого дерева КПК. Для проведения исследования отбирались ликвидные акции, принадлежащие компаниям из различных секторов экономики каждой из стран.

На рис. 1 представлены первые два дерева КПК, полученные с использованием различных методов задания структуры (R-Vine-MST и R-Vine-INDX) для дневных доходностей акций российских и американских компаний за период с 01.01.2007 г. по 23.12.2016 г. Рядом с каждым ребром дерева указан вид парной копулы, ее параметры в круглых скобках и значение коэффициента ранговой корреляции Кендалла, в квадратных скобках. При построении КПК, первые деревья которых представлены на рис. 1, рассматривались все парные копулы (t, Гаусса, Клейтона, Гумбеля, Франка, Тауна, Джо, BB1, BB6, BB7, BB8 и их вращения), доступные в библиотеке «VineCopula» [12] среды программирования R. Из рисунков видно, что в структуре преобладают парные копулы Стьюдента, что связано с достаточно длительным (10 лет) периодом оценки параметров, в то время как асимметрия во взаимосвязи между доходностями акций проявляет себя на более коротких интервалах (до трех лет). Из рис. 1 а также видно, что ценные бумаги склонны к объединению в кластеры по отраслевому и страновому принципу при использовании метода максимального остонового дерева.

² Коэффициент Шарпа – показатель, характеризующий качество инвестиционного портфеля и рассчитывающийся как отношение ожидаемой премии за риск (разница между доходностью портфеля и доходностью безрискового актива) к ее среднеквадратическому отклонению.

Таблица 1

Перечень акций и фондовых индексов

Тикер (обозначение)	Наименование акционерного общества/индекса
Акции российских компаний	
AFLT	ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии»
GAZP	ПАО «Газпром»
GMKN	ПАО «ГМК «Норильский никель»
LKOH	ПАО «Лукойл»
MGNT	ПАО «Магнит»
NLMK	ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат»
RASP	ПАО «Распадская»
ROSN	ПАО «НК «Роснефть»
SBER	ПАО Сбербанк
TATN	ПАО «Татнефть»
Акции американских компаний	
AAPL	Apple Inc.
AMZN	Amazon.com, Inc.
GOOGL	Alphabet Inc.
KO	The Coca-Cola Company
MCD	McDonald's Corporation
MSFT	Microsoft Corporation
NKE	NIKE Inc.
PEP	PepsiCo, Inc.
PG	The Procter & Gamble Company
WMT	Walmart Inc.
Отраслевые и страновые фондовые индексы	
WIDOW	Dow Jones Global Index
MOEX	Индекс МосБиржи
MICEX O&G	Индекс MMBB Компаний нефтегазового сектора
MICEX M&M	Индекс MMBB Горно-металлургического сектора
MSCI US	MSCI USA Index
MSCI US CS	MSCI USA Consumer Staples Index (индекс акций компаний – производителей товаров массового потребления и ретейлеров)
MSCI US CD	MSCI USA Consumer Discretionary Index (индекс акций компаний – производителей второстепенных товаров)
MSCI US IT	MSCI USA Information Technology Index

Для тестирования моделей оптимизации портфеля был использован метод скользящего окна, характеризующийся следующими условиями:

- в качестве горизонта тестирования моделей оптимизации выбран период с 01.01.2009 г. по 23.12.2016 г.;
- портфель пересматривался в начале каждого квартала;
- оценка параметров КПК осуществлялась на данных о дневных, простых доходностях акций и фондовых индексов за два года, предшествующих моменту оптимизации портфеля;
- в качестве безрисковой доходности для расчета коэффициента Шарпа использовалась ставка MIBOR со сроком от 31 до 90 дней;
- в качестве частных распределений доходностей рассматривались эмпирические функции (использовались рублевые доходности).

Были установлены дополнительные ограничения на структуру активов в портфеле – вес одной ценной бумаги в портфеле не отрицателен, и не должен превышать 0,15, это помогло избежать чрезмерной концентрации капитала в отдельных ценных бумагах в результате численного решения задачи оптимизации.

Алгоритм определения веса оптимального портфеля в начале каждого квартала сводится к следующему:

- 1) производится оценка совместного распределения дневных доходностей акций российских и американских компаний, а также фондовых индексов с использованием различных моделей КПК (R-Vine-MST и R-Vine-INDX). Для оценки моделей распределения используются данные о дневных рублевых доходностях акций и индексов за два года, предшествующих дате формирования портфеля;

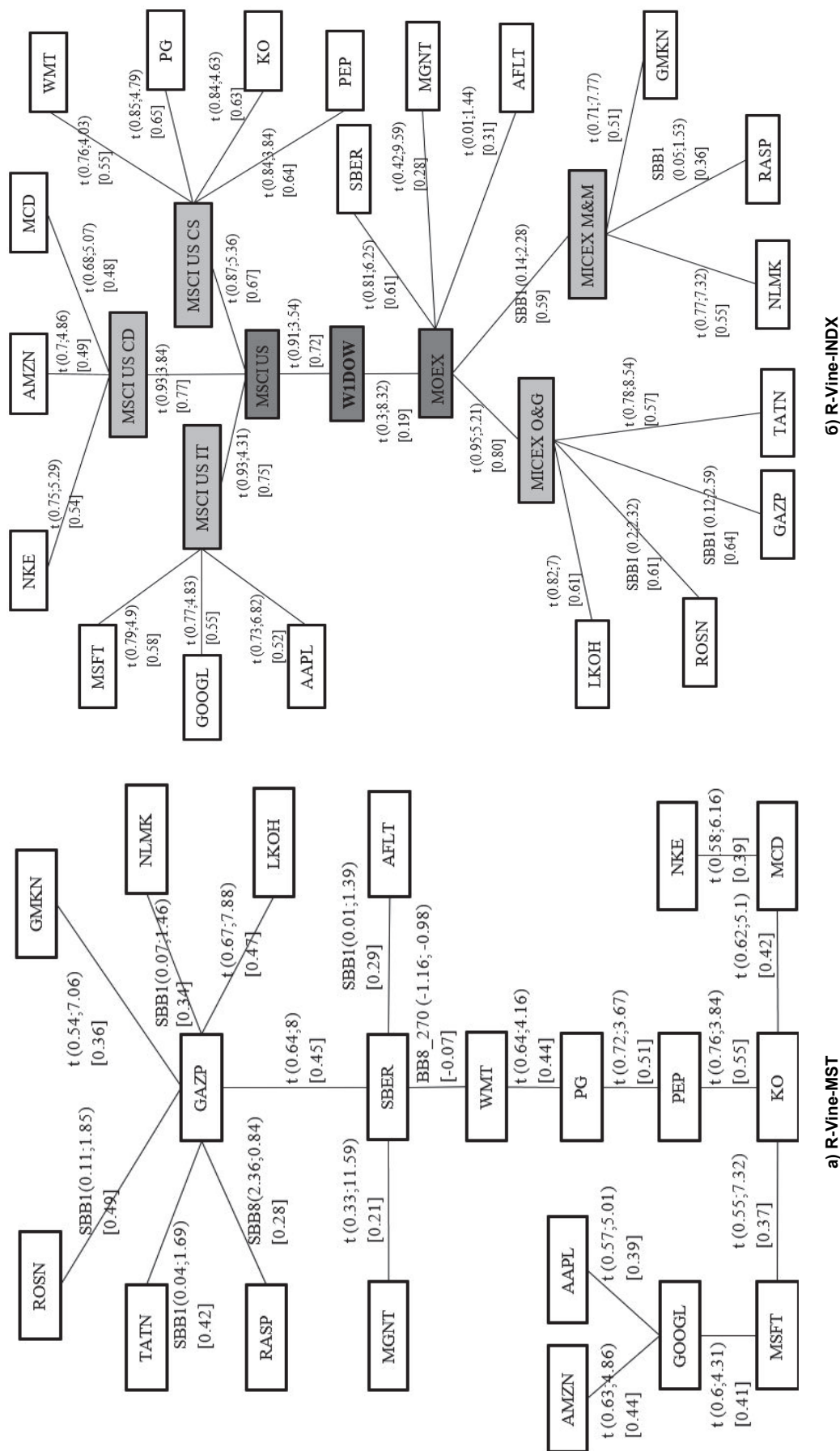


Рис. 1. Первое дерево КПК: построенное по принципу максимального остовного дерева (а) и с использованием отраслевых и страновых фондовых индексов (б).
 Рассчитано автором

2) генерируется $N = 10\,000$ независимых наблюдений дневных доходностей акций и индексов с использованием оценок моделей совместного распределения;

3) методом множителей Лагранжа рассчитываются веса портфелей, при которых достигается максимум (минимум) целевых функций³.

Накопленный доход, полученный с использованием различных моделей КПК, представлен на рис. 2.

Как видно из графика, модель КПК с первым деревом, структурированным по отраслевому и страновому принципу, продемонстрировала больший прирост капитала для двух задач оптимизации. Прирост капитала за весь период тестирования различных способов формирования структуры представлен в табл. 2.

Примечательно, что использование критерия минимума ожидаемых потерь позволило получить больший прирост капитала по итогам тестирования моделей оптимизации портфеля, в сравнении с критерием максимума коэффициента Шарпа.

Обсуждение и выводы

Результаты тестирования предлагаемого метода структурирования модели КПК по отраслевому и страновому принципу с использованием фондового индекса, в сравнении с традиционным методом максимального остоного дерева, показали, что первый метод позволяет получить больший прирост капитала в рамках решения задачи оптимизации портфеля. Правильные ветвления, первое дерево которых структурировано с использованием фондовых индексов в большей степени напоминают традиционную CAPM, где ожидаемая до-

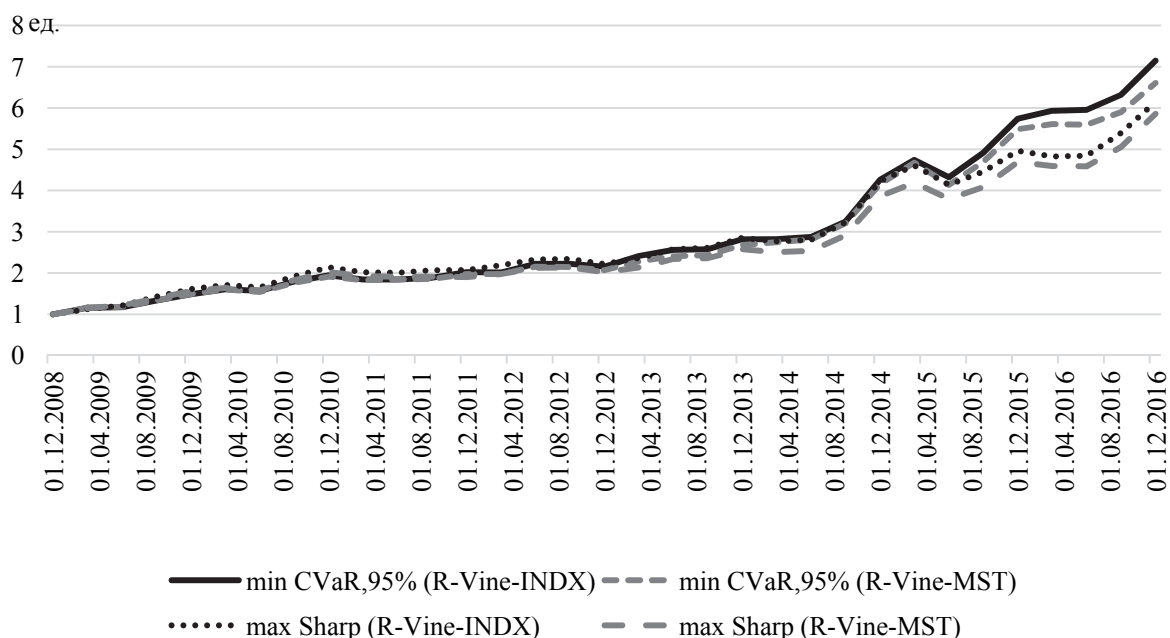


Рис. 2. Динамика накопленного дохода (с учетом реинвестирования) для различных способов формирования портфеля и различных способов структурирования КПК. Рассчитано автором.

Примечания к рисунку: max Sharp – максимизация коэффициента Шарпа, min CVaR – минимизация показателя ожидаемых потерь в 5 % наихудших случаях

Прирост капитала при разных методах формирования портфеля, %

Таблица 2

Критерии оптимизации	Используемые методы	
	R-Vine-INDX	R-Vine-MST
Минимизация уровня ожидаемых потерь (CVaR, 95%)	615	561
Максимизация коэффициента Шарпа	515	486

³ В качестве целевых функций выступают показатель ожидаемых потерь в 5 % наихудших случаев (CVaR, 95 %) и значение коэффициента Шарпа, рассчитанные по сгенерированным наблюдениям для того или иного вектора весов активов.

ходность актива моделируется относительно рыночного портфеля. По нашему мнению, введение в модель фондовых индексов позволяет выделить систематический риск ценных бумаг, снизить влияние временных ложных корреляций на принимаемые инвестиционные решения. Особую цен-

ность предлагаемый в статье метод структурирования моделей КПК может представлять при осуществлении международной диверсификации портфеля.

Благодарности. Автор выражает особую признательность Галкиной Лидии Александровне, кандидату экономических наук, доценту кафедры

«Финансы, денежное обращение и кредит» ЮУрГУ за помощь в редактировании текста статьи. Автор также благодарен профессору Даниловой Ирине Валентиновне (ВШЭУ ЮУрГУ) за конструктивную критику и четкое разъяснение требований журнала к научным публикациям.

Литература/References

1. Aas K., Czado C., Frigessi, A., Bakken H. Pair-copula constructions of multiple dependence. *Insurance: Mathematics and Economics*, 2009, no. 2(44), pp. 182–198. DOI: 10.1016/j.insmatheco.2007.02.001
2. Bedford T., Cooke R. M. Probability density decomposition for conditionally dependent random variables modeled by vines. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*. – 2001, vol. 32, pp. 245–268.
3. Bedford T., Cooke R. M. Vines – a new graphical model for dependent random variables. *Annals of Statistics*, 2002, vol. 30, pp. 1031–1068. DOI: 10.1214/aos/1031689016
4. Brechmann E.C., Czado C. Risk management with high-dimensional vine copulas: An analysis of the Euro Stoxx 50. *Statistics and Risk Modeling*, 2013, vol. 30, iss. 4, pp. 307–342. DOI: 10.1524/strm.2013.2002
5. Christoffersen P., Errunza V., Jacobs K., Langlois H. Is the potential for international diversification disappearing? A dynamic copula approach. *Review of financial studies*, 2012, vol. 25, no. 12, pp. 3711–3751. DOI: 10.1093/rfs/hhs104
6. Dissman J., Brechmann E. C., Czado C., Kurowicka D. Selecting and estimating regular vine copulae and application to financial returns. *Computational Statistics and Data Analysis*, 2013, no. 59, pp. 52–69. DOI: 10.1016/j.csda.2012.08.010
7. Joe H. Families of m-variate distributions with given margins and $m(m-1)/2$ bivariate dependence parameters. *Institute of Mathematical Statistics Lecture Notes – Monograph Series. Distributions with fixed marginals and related topics*. Institute of Mathematical Statistics, Hayward, CA., 1996, pp. 120–141. DOI: 10.1214/lnms/1215452614
8. Lintner J. The valuation of risky assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics*, 1965, vol. 47, pp. 13–37. DOI: 10.2307/1924119
9. Nelsen R.B. *An introduction to copulas. Lecture Notes in Statistics*. 2nd ed. Springer-Verlag, New York, 2006.
10. Patton A. Modelling asymmetric exchange rate dependence. *International Economic Review*, 2006, vol. 47, iss. 2, pp. 527–556. DOI: 10.1111/j.1468-2354.2006.00387.x
11. Sharpe W.F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 1964, vol. 45, pp. 425–442. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x
12. Schepsmeier U., Stoeber J., Brechmann E.C., Graeler B., Nagler T., Erhardt T. VineCopula: Statistical Inference of Vine Copulas. R package version 2.1.5. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=VineCopula> (accessed 2 October 2018).

Кандауров Дмитрий Владимирович, старший преподаватель кафедры «Финансы, денежное обращение и кредит», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), d.v.kandaurov@yandex.ru

Поступила в редакцию 27 февраля 2019 г.

MODELING OF STOCK RETURNS OF COMPANIES BELONGING TO DIFFERENT INDUSTRIES AND COUNTRIES

D.V. Kandaurov

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The article considers a method of modeling of a stock portfolio's returns, involving separation of industrial and systematic risk at the global and national levels. Various types of risk get distinguished by introduction of industrial and country stock indices into the structure of the pair copula. The proposed method allows combining advantages of the traditional CAPM and pair-copula structures. In the frameworks of solving the problem of a stock portfolio optimization, two methods of formation of the structure made of pair copulas have been tested: the traditional one that ensures the maximum of the sum of Kendall's correlation ratios between return on assets, and the method of structuring based on industrial and country principle featuring introduction of stock indices into the model. The minimum of risk and the maximum of the Sharpe ratio were considered as optimality criteria of the stock portfolio. The model, structured by the industrial and country principles, showed a greater capital gain for the both indices. The proposed method of accounting the industrial and systematic risk can be useful for professional managers when forming an investment portfolio and improving its returns.

Keywords: risk and return management of stock portfolio, industrial and systematic risk, international diversification.

Acknowledgment. The author would like to thank Lidia Galkina, Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor at the Department of Finance, Money Circulation and Credit at South Ural State University (Chelyabinsk, Russia), for paper editing. The author also extends his gratitude to Professor Irina Danilova (HSEM SUSU) for constructive criticism and clear explanation of submission requirements to scientific papers.

Dmitriy V. Kandaurov, Senior lecturer at the Department of Finance, Money Circulation and Credit, South Ural State University, Chelyabinsk, d.v.kandaurov@yandex.ru

Received February 27, 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Кандауров, Д.В. Моделирование доходности акций компаний различной страновой и отраслевой принадлежности / Д.В. Кандауров // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2019. – Т. 13, № 1. – С. 53–59. DOI: 10.14529/em190105

FOR CITATION

Kandaurov D.V. Modeling of Stock Returns of Companies Belonging to Different Industries and Countries. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2019, vol. 13, no. 1, pp. 53–59. (in Russ.). DOI: 10.14529/em190105