

ПРИМЕНЕНИЕ GAS-КОПУЛ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ АКЦИЙ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ**Исцф Алимович АЦКАНОВ**

аспирант департамента финансов,

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация

atskanov@gmail.com

История статьи:

Принята 21.06.2016

Принята в доработанном виде

20.07.2016

Одобрена 08.08.2016

УДК 336.767.017.2

JEL: C15, C61, C63, G11

Ключевые слова:

оптимизация портфеля, GAS-копула, CVaR

Аннотация

Предмет. GAS-копулы учитывают изменения в структуре взаимосвязи активов с течением времени, что позволяет построить динамический инвестиционный портфель, адаптирующийся к меняющимся условиям. Предлагаемая в работе процедура предполагает периодический пересмотр структуры инвестиционного портфеля, что должно способствовать повышению эффективности управления. Рассматриваются 10 наиболее ликвидных акций российского фондового рынка. Работа предлагает процедуры оптимизации нескольких форматов инвестиционных портфелей – портфель «long only», портфель «long only» с ограничениями на долю одного актива и портфель «long-short». Также рассматриваются несколько периодов пересмотра состава портфеля – месяц, квартал, полгода и год. Для оценки характеристик взаимосвязи акций и риска портфеля используется обратная GAS-копула Гумбеля, позволяющая уделить большее внимание взаимосвязи негативных доходностей. Для получения предельных распределений доходностей активов используется модель ARMA-GJR, параметры которой подбираются с помощью критерия BIC. Оптимизированные с использованием GAS-копул портфели сравниваются по ряду показателей эффективности с точки зрения риска и доходности с рыночными «бенчмарками».

Цели. Разработка эффективной процедуры оптимизации портфеля акций на российском фондовом рынке с использованием современных инструментов оценки риска и возможности применения для данной цели GAS-копул

Результаты. По итогам исследования предложенные процедуры оптимизации позволяют получать результаты выше рыночных. Результаты исследования и предложенная процедура оптимизации могут применяться в сфере управления активами и риск-менеджменте а также индивидуальными инвесторами в качестве вспомогательного инструмента инвестирования на рынке акций.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2016

Введение

В настоящее время копулы получают все более широкое применение в отечественных финансовых компаниях, главным образом в сфере риск-менеджмента. Копула представляет собой функцию совместного распределения двух или нескольких случайных величин и позволяет оценить вероятность наступления сразу нескольких событий. Если говорить конкретно о рынке акций, то при использовании копул можно оценивать вероятность того, что группа активов покажет определенную доходность в течение какого-то конкретного промежутка времени. Это позволяет оценить риск портфеля, в частности, с помощью расчета различных вариантов коэффициента Value-at-Risk. В последнее время все чаще применение в научных исследованиях получают GAS-копулы, позволяющие учитывать изменение в уровне взаимосвязи через изменение значения функции максимального правдоподобия.

Основной целью данного исследования является оценка эффективности использования GAS-копул

для вычисления риска инвестиционного портфеля российских акций. На основе этих оценок будут построены инвестиционные портфели нескольких форматов, предполагающие периодический пересмотр состава портфеля. Выбор отечественного рынка в качестве объекта исследования связан с несколькими моментами.

1. Нет полноценного исследования на тему применения копул для динамической оптимизации инвестиционного портфеля на отечественном рынке.
2. Нет исследования на тему оптимизации портфеля, учитывающего регуляторские ограничения на некоторые формы коллективных инвестиций в РФ (в первую очередь ПИФы).
3. В данный момент многие инвесторы, в том числе и иностранные, рассматривают отечественный рынок как потенциальный объект инвестирования, поскольку предполагается, что он прошел свое «дно» после введения санкций и начинает

восстанавливаться, в то время как остальные рынки находятся в противоположной фазе и могут сильно пострадать от замедления глобального экономического роста. В свете этого объект исследования представляется весьма актуальным для потенциальных и действующих инвесторов отечественного рынка.

Настоящее исследование структурировано так: в следующем разделе приводится обзор основных работ, связанных с данной темой, далее приводится описание инструментов исследования и процедуры оптимизации портфеля, затем – основные полученные результаты.

Обзор литературы

Несмотря на то, что концепция копул существует уже более полувека (предложена А. Sklar [1] в 1959 г), исследования возможностей применения в области финансов начали появляться сравнительно недавно, в 2000-х годах, и были ориентированы на оценку рисков. Одна из первых относительно значимых работ принадлежит Р. Embrechts et al. [2]. Авторы указывают на недостатки линейного коэффициента корреляции для оценки взаимосвязи случайных величин, заведомо не имеющих нормальное распределение, что характерно для доходностей финансовых активов, как показано у Е. Fama и К. French [3]. Примерно в это же время стали появляться первые работы, относящиеся к портфельному менеджменту с применением копул (L. Deng et al. [4], А. J. Patton [5]).

Среди важных изменений, которые произошли в области моделирования копул, стоит отметить постепенный переход от статической копулы к динамической или условной копуле, которая была предложена А. J. Patton [6] и допускала изменение параметра копулы с течением времени. Некоторые исследователи показали необходимость данного нововведения (Р. Embrechts и А. Dias [7], М. Mesfioui и J. F. Quessy [8]), а также рассмотрели примеры основных глобальных фондовых рынков, для которых динамическая копула обладает большей объясняющей силой, чем статическая (С. Ning [9], J. Hu [10]). Основной посыл подобных работ заключался в том, что коэффициенты взаимозависимости временных рядов на отдельных периодах могут сильно различаться между собой. Кроме попытки А. J. Patton [6] были еще несколько попыток моделирования копулы с параметрами, меняющимися во времени (В. V. Mendes [11],

R. Aloui et al. [12]). Тем не менее в последнее время все большую популярность получают GAS модели копул, предложенные D. Creal et al. [13] и заменившие условную копулу А. J. Patton [6].

Наиболее важные и актуальные аспекты применения и вычисления копул можно найти в работе А. J. Patton [14]. Вопрос выбора модели копулы покрывается как в работах С. Genest et al. [15], В. Rémillard [16], Y. T. Chen [17] и С. Genest et al. [18] с точки зрения GoF-тестов, так и в работах D. Rivers и Q. Vuong [19] и С. Diks et al. [20] – с точки зрения лучшей модели. Из русскоязычных статей уместно упомянуть работу Г. Пеникас [21], где сравниваются несколько моделей копул с точки зрения наиболее удачной для оценки риска инвестиционного портфеля акций компаний США. Общий вывод данных статей заключается в преимуществе архимедовых копул как семейства над эллиптическими копулами. Выбор модели копулы однако останется за пределами данного исследования, которое будет основано на результатах предшественников.

С точки зрения построения портфеля ключевой является работа Н. Markowitz [22], которая предлагает процедуры оптимизации инвестиционного портфеля активов на основе их статистических показателей. К ней важно добавить расширение, предложенное В. Jacobs [23] и позволяющее использовать процедуру оптимизации портфеля с добавлением коротких позиций без усложнения линейной задачи оптимизации до нелинейной. Другое важное дополнение относится к использованию более гибких статистических оценок, не имеющих недостатков в сравнении с традиционными оценками, предполагающими нормальное распределение доходности активов (стандартное отклонение, корреляция, математическое ожидание). Альтернативные оценки в данной работе будут получены с помощью копул. В частности, риск будет оцениваться с помощью CVaR, как в работах R. T. Rockafellar и S. Uryasev [24, 25]. Применение копул для оптимизации инвестиционного портфеля можно найти в работах А. J. Patton [5], L. Deng et al. [4], Y. Hong et al. [26], S. Ortobelli et al. [27], М. Bai и L. Sun [28], Р. Christoffersen и Н. Langlois [29], Р. Christoffersen et al. [30], R. Garcia и G. Tsafack [31], И. Ацканова [32]. Работы различаются как по набору исследуемых активов (акции, облигации, фондовые индексы), так и по типу используемых моделей копул.

Данные и методология

В качестве данных используются ежедневные значения цен закрытия 10 наиболее ликвидных акций отечественных компаний (основная их часть входит в базу расчета индекса ММВБ – 10 на начало 2016 г.), котирующихся по меньшей мере последние 10 лет (2006–2016): ПАО «Газпром», ПАО «ГМК «Норильский Никель», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Магнит», ПАО «Новатэк», ПАО «Роснефть», ПАО «Сбербанк» (обыкновенные и привилегированные акции), ОАО «Сургутнефтегаз» (привилегированные акции), ПАО «Банк ВТБ».

Для моделирования предельных распределений доходностей каждой акции будет использоваться следующая модель (подробнее можно посмотреть в работе A.J. Patton [14]):

$$Y_{it} = \mu_i(Z_{t-1}) + \sigma_i(Z_{t-1})\varepsilon_{it}, \text{ для } i=1,2,$$

где $Z_{t-1} \in F_{t-1}$

$$\varepsilon_{it} | F_{t-1} : iid F_i \forall t,$$

где Y_{it} – моделируемая доходность актива i на момент t ;

ε_{it} – стандартизированный остаток;

$\mu(Z_{t-1})$ и $\sigma(Z_{t-1})$ – математическое ожидание и стандартное отклонение предельного распределения доходности актива.

Моделирование математического ожидания будет производиться с помощью ARMA с возможным порядком до (5,5), где оптимальный порядок будет определяться с помощью критерия ВИС. Критерий будет также использоваться при определении оптимального порядка модели GJR-GARCH до порядка (2,2) для моделирования стандартного отклонения. Эти модели далее используются, чтобы вычислить стандартизованные остатки:

$$\hat{\varepsilon}_{it} = \frac{Y_{it} - \mu_i(Z_{t-1}; \hat{a})}{\sigma_i(Z_{t-1}; \hat{a})},$$

где \hat{a} – это вектор оптимальных параметров моделей математического ожидания и стандартного отклонения.

Остатки используются для построения совместного распределения на основе GAS-модификации обратной копулы Гумбеля, которая делает больший акцент на взаимосвязь отрицательных доходностей. GAS-модель определяет параметр копулы θ_t , зависящий от времени, который вычисляется на основе

предыдущего значения параметра и функции максимального правдоподобия копулы. Для того чтобы параметр лежал внутри интервала $[-1, 1]$, что важно для оценки уровня взаимосвязи, параметр соответствующим образом трансформируется:

$$f_t = h(\theta_t) \Leftrightarrow \theta_t = h^{-1}(f_t);$$

$$f_{t+1} = c + af_t + \beta I_t^{-0.5} S_t;$$

$$S_t = \frac{\partial}{\partial \theta} \log c(u_t, v_t, \theta_t);$$

$$I_t = E_{t-1}[s_t s_t'] = I(\theta_t).$$

Таким образом, следующее значение копулы составляется из константы с предыдущего значения f_t и преобразования на основе функции максимального правдоподобия $I_t^{-0.5} S_t$.

После вычислений временных параметров копул всех пар активов можно переключаться на составление оптимального портфеля. В данной работе будут рассматриваться три варианта портфелей: long only портфель без ограничений, long only портфель с ограничениями, накладываемыми регулятором на ОПИФ акций, и long-short портфель, применяющий фиктивные активы В. Jacobs [23]. Ограничения на ОПИФ акций подразумевают максимальный вес одного актива в портфеле в 15%.

Далее приводится процедура оптимизации портфеля, практически аналогичная работе И.А. Ацканова [32].

1. Портфель составляется с некоторой периодичностью на каждый момент времени T . В данной работе рассматриваются горизонты инвестирования – месяц, квартал, полгода и год.
2. Для оценки предельных распределений и параметров копул каждой пары активов используются данные на отрезке $[T-365, T]$, то есть используются данные за 365 дней, предшествовавших моменту обновления портфеля T .
3. На основе оптимальных к моменту времени T параметров активов строится матрица ранговой корреляции.
4. Генерируются сценарии доходности на основе симуляции Монте-Карло.

5. Методом Монте-Карло получают ожидаемая доходность каждого актива и оценка его риска по значению коэффициента CVaR.

6. Строится эффективная граница портфеля путем минимизации общего портфельного CVaR для набора желаемых портфельных доходностей:

$$\min(CVaR): E(R_p) = \sum_{i=1}^{10} w_i E(R_i) = k; \sum_{i=1}^{10} w_i = 1,$$

где $E(R_p)$ и $E(R_i)$ – ожидаемы доходности портфеля и актива i ;

w_i – вес актива в портфеле.

Для портфеля long only без ограничений, несмотря на определение, все же есть ограничения, связанные с положительностью всех весов:

$$w_i \geq 0 \forall i \in [1, 10].$$

Для портфеля long only с ограничениями ОПИФа акций дополнительно появляется еще одно условие:

$$0.15 \geq w_i \geq 0 \forall i \in [1, 10].$$

Для long-short портфеля добавляются фиктивные активы, которые дублируют оригинальные, но с противоположной доходностью. Таким образом, портфель составляется из 10 оригинальных активов и 10 «фиктивных» активов с противоположной доходностью.

$$\min(CVaR): E(R_p) = \sum_{i=1}^{10} (w_i - \tilde{w}_i) E(R_i) = k.$$

$$\sum_{i=1}^{10} (w_i + \tilde{w}_i) = 2; 1 \geq w_i, \tilde{w}_i \geq 0 \forall i \in [1, 10].$$

Далее соответствующие веса оригинального и «фиктивного» актива складываются, чтобы получить чистую позицию оригинального актива в портфеле.

Для каждого формата портфеля на момент времени T выбирается портфель с максимальным соотношением ожидаемой доходности к оценке риска.

$$\max \frac{E(R_p^W)}{CVaR_p^W},$$

где $E(R_p^W)$ и $CVaR_p^W$ – это соответственно – ожидаемый доход и риск портфеля из множества портфелей, полученных на предыдущем шаге.

Используются также бенчмарки – индекс ММВБ-10 и равновзвешенный портфель.

Кроме элементарных коэффициентов общей и ануализированной доходности, используются также оценки риска (дисперсия и максимальная просадка) и коэффициенты Шарпа, Сортини и Gain-to-Pain.

$$SharpeRatio = \frac{E(PRet)}{\sqrt{Var(PRet)}}.$$

$$GainToPain = \frac{Annualized Return}{MaxDrawDown}.$$

Коэффициент Сортини является модификацией коэффициента Шарпа, в котором оценивается стандартное отклонение лишь отрицательных доходностей. Коэффициент Gain-to-Pain рассматривается, в частности, в работе К. Fitschen [34] и также уделяет большее внимание негативному риску, так как использует максимальную просадку.

Результаты

Портфель long only

Первый из рассматриваемых форматов портфеля подразумевает наличие только длинных позиций без ограничений на вес каждого отдельного актива в портфеле. Важно отметить, что, поскольку рассматриваются акции из сравнительно свежей базы расчета фондового индекса «ММВБ-10», в результатах может присутствовать так называемый survivorship bias. Этот термин довольно часто встречается в литературе по тестированию торговых стратегий (к примеру, К. Fitschen [34]). Смысл его заключается в том, что текущий состав базы расчета фондового индекса «ММВБ-10» – это крупные надежные компании, продемонстрировавшие свою устойчивость к кризисам и лучше других нарастившие рыночную капитализацию на протяжении всего рассматриваемого периода с 2006 г. Однако база индекса ММВБ за это время претерпевала изменения, и какие-то компании были исключены из индекса вследствие значительной потери рыночной капитализации, потери ликвидности, делистинга или даже банкротства. Однако непосредственно перед исключением они могли негативно влиять на значение индекса, занижая его своей слабой доходностью. Поэтому сравнивать результаты предложенной процедуры оптимизации исключительно с фондовым индексом ММВБ-10 было бы не совсем справедливо. Именно для этой цели и введен второй бенчмарк, составленный исключительно из тех же бумаг, из которых

строится сам инвестиционный портфель – это равновзвешенный портфель, в который все активы входят с одинаковым весом.

Построим графики, отображающие изменение стоимости портфеля, составленного с помощью GAS-копулы и бенчмарков (рис. 1). Изменение стоимости портфеля показано в соотношении к начальной стоимости в 100%. Представлены результаты с месячным, квартальным, полугодовым и годовым пересмотром весов портфеля GAS-копулы.

Как видно из рисунка, все форматы GAS-портфеля выросли значительно сильнее бенчмарков. Наибольшую накопленную доходность показывает портфель с годовым пересмотром, далее – полугодовой, месячный и квартальный. Если преимущества годового и полугодового пересмотра перед другими двумя форматами можно оправдать снижением влияния «шума» на принятие решений, то преимущество месячного перед квартальным не столь очевидно. Оно может быть связано с влиянием на алгоритм оптимизации разного рода «моментум» эффектов (подробнее можно прочесть среди прочих в работе Т.В. Тепловой [33]), выхода квартальных прибылей, экспирации опционов или каких-то других краткосрочных факторов, влияющих на значение функции максимального правдоподобия для копулы. Разъяснение данного аспекта останется за пределами настоящего исследования, так как значимо отклоняется от исходной цели.

Важно отметить, что результаты, рассмотренные выше, относятся к портфелям, на которые не накладываются ограничения на максимальный вес одного актива в портфеле. В частности, в отдельные периоды доля одного актива в портфеле GAS-копулы составляла более 50%. В более экстремальном случае отсутствие ограничений подразумевает возможность инвестирования 100% денежных средств в один актив. Несмотря на то что такой подход приемлем для отдельных групп инвесторов, логично рассмотреть и более консервативный подход, который является уместным для коллективных форм инвестирования. Поэтому в данной работе рассматривается портфель с ограничениями на вес 1 актива в портфеле, аналогичными ограничениям, накладываемым российским законодательством на открытые ПИФы акций, а именно – 15% на одного эмитента. Далее приводится соответствующий график изменения стоимости портфелей с таким ограничением (рис. 2).

Доходность портфелей GAS с ограничениями логично несколько ниже, чем доходность соответствующих портфелей без ограничений, однако преимущество перед бенчмарками все еще имеет место.

Портфель long-short

Портфель long-short подразумевает наличие коротких позиций по отдельным акциям. Это дает, с одной стороны, больший контроль над уровнем рыночного риска через управление экспозицией, а, с другой стороны, возможность получить дополнительный доход по активам, падающим в цене.

Важно отметить, что используемый в данном исследовании формат long-short портфеля не подразумевает каких-то ограничений на соотношение длинных и коротких позиций, есть только ограничение на валовую позицию – 200% от стоимости инвестированных средств. Таким образом, хотя структура риска такого портфеля отличается от рыночного, она все же не нивелирует рыночный риск полностью. Поэтому за неимением более подходящих бенчмарков будут использоваться те же, что и для long only портфеля.

Приведем график изменения стоимости long-short портфелей (рис. 3). В целом портфель с пересмотром раз в месяц представляется наиболее доходным, причем доходность даже выше, чем у long-only портфеля. Это объясняется достаточно удачным позиционированием перед началом геополитического кризиса в 2014 г., в результате которого сильно выросла волатильность на отечественном рынке, что сказалось благоприятно на росте стоимости long-short портфеля.

Тем не менее портфели с пересмотром реже, чем раз в месяц оказались менее доходными чем бенчмарки. Это можно связать с краткосрочной природой спадов, за которыми следует более продолжительные консолидации и рост рынка. Соответственно, короткие позиции должны пересматриваться относительно часто, что и подтверждается результатами данного исследования.

Стоит также отдельно выделить несколько важных нюансов относительно построения такого формата портфеля, как предложенный в работе В. Jacobs [23]. Концепция фиктивных активов существенно упрощает расчеты, однако сильно затрудняет управление ограничениями на портфель. В частности, нет возможности контролировать максимальный и минимальный вес актива в

портфеле, поскольку итоговый вес складывается из весов реального и фиктивного. Таким же образом невозможно контролировать отдельно вес коротких и длинных позиций. Возможность управления весами отдельных активов в long-short портфеле можно вынести в отдельное исследование.

Показатели эффективности

Приведем различные коэффициенты эффективности для всех рассмотренных GAS-портфелей и равновзвешенного портфеля (табл. 1). Коэффициенты рассчитаны для периодичности пересмотра в один месяц¹. Как видно из таблицы, GAS-портфель long-short демонстрирует наилучшие значения по всем показателям, кроме показателя «Стандартное отклонение», который отражает высокую волатильность этого портфеля в сравнении с остальными. Однако большее внимание стоит уделять показателю «Стандартное негативное отклонение», который у данного портфеля самый низкий, что отражает более низкие риски снижения стоимости портфеля. Тем не менее важно отметить, что коэффициент «Gain-to-Pain» у всех форматов портфеля ниже единицы, а максимальная просадка превышает 60%. Это говорит о том, что данные стратегии – высокорискованные. Возможно, имеет смысл комбинировать их с более консервативными стратегиями, либо использовать предложенную процедуру оптимизации в качестве вспомогательного инструмента – в таком случае за управляющим будет оставаться возможность выбора экспозиции на рынок акций и выбор конкретных компаний.

Заключение

Данное исследование было предназначено для определения возможностей применения GAS-копул для оптимизации портфеля ликвидных акций отечественных компаний. Новизну работы можно видеть в нескольких аспектах: 1) применение GAS-копул для динамической

оптимизации портфеля; 2) исследование возможностей оптимизации портфеля на российском рынке акций, в том числе с учетом специфики регулирования; 3) динамическая оптимизация long-short портфеля.

По результатам работы была предложена процедура динамической оптимизации нескольких форматов инвестиционных портфелей на основе параметров GAS-копулы. Были рассмотрены разные периодичности пересмотра портфеля – месяц, квартал, полугодие, год. Для всех построенных портфелей были вычислены основные коэффициенты для определения эффективности управления портфелем. Предложенная процедура показала преимущество над бенчмарками по всем критериям для всех рассмотренных периодичностей пересмотра структуры портфеля. Для портфелей формата long-short результаты улучшаются при относительно частом пересмотре портфеля (один месяц), что согласуется с краткосрочной природой падающего рынка. При этом результаты портфеля long-short оказались наилучшими среди всех рассмотренных, так как с добавлением коротких позиций портфель получает дополнительное преимущество в периоды кризисов.

Стоит, однако, отметить и слабые моменты данной процедуры – большая просадка капитала в период мирового финансового кризиса 2007–2008 гг., в том числе и для портфеля long-short, который допускает использование коротких позиций. Коэффициенты Gain-to-Pain у предложенных стратегий хотя и выше, чем у бенчмарков, но все-таки ниже 1. Это говорит о том, что предложенную процедуру оптимизации консервативным инвесторам не стоит использовать как единственный инструмент управления портфелем. Имеет смысл добавить, к примеру, дополнительные критерии для определения доли денежных средств в портфеле в зависимости от состояния рынка, возможно, стоит также переключить вопрос выбора конкретных акций на управляющего.

¹ Для других периодичностей пересмотра состава портфеля информация может быть предоставлена по запросу.

Таблица 1

Коэффициенты эффективности GAS портфелей в сравнении с «бенчмарками», %

Table 1

Efficiency ratios of GAS portfolios as compared with benchmarks, %

Показатель	GAS-портфель без ограничений	Равновзвешенный портфель	GAS-портфель с ограничениями	GAS-портфель long-short
Накопленный доход	307	204,7	250,5	546,4
Среднегодовая доходность	16,58	12,95	14,69	22,62
Стандартное отклонение	9,17	8,67	8,95	10,54
Коэффициент Шарпа	1,8	1,49	1,64	2,15
Максимальная просадка	68,1	70,63	72,37	61,19
Стандартное негативное отклонение	-7,4	-7,6	-7,6	-6,7
Коэффициент Сортини	2,25	1,7	1,93	3,4
Коэффициент Gain-to-Pain	0,24	0,18	0,2	0,37

Источник: составлено автором

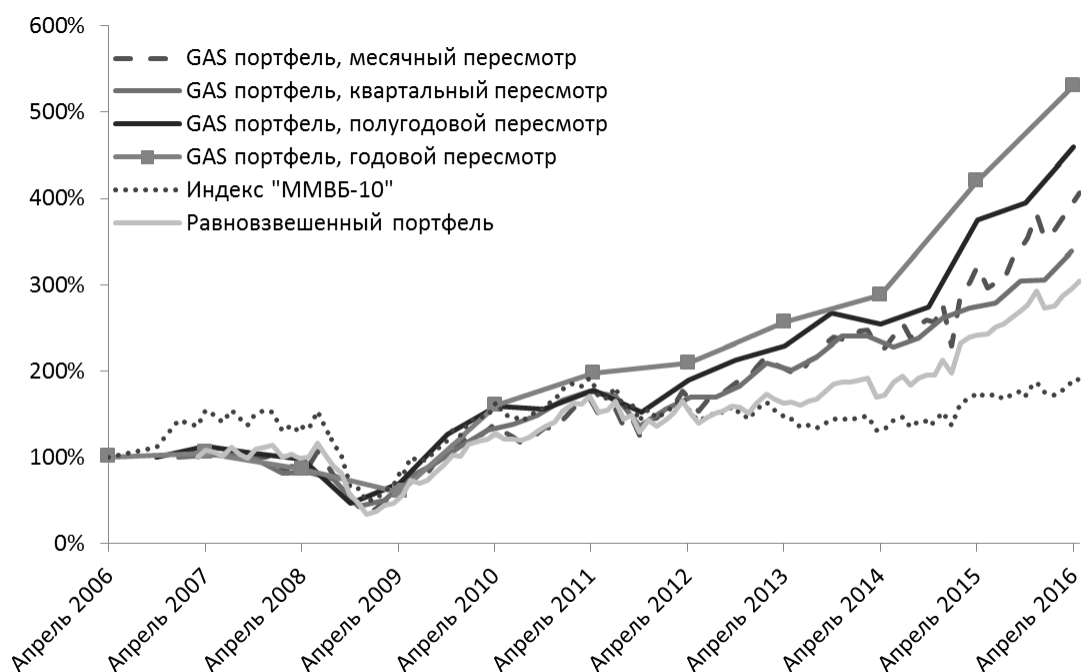
Source: Authoring

Рисунок 1

Изменение стоимости GAS-копула портфелей с различными горизонтами пересмотра состава в сравнении с «бенчмарками» (2006–2016 гг.)

Figure 1

Change in value of GAS-copula portfolios with different time periods of revision as compared with benchmarks (2006–2016)



Источник: составлено автором

Source: Authoring

Рисунок 2

Изменение стоимости GAS-копула портфелей с ограничением на вес одного эмитента с различными горизонтами пересмотра состава в сравнении с «бенчмарками» (2006–2016 гг.)

Figure 2

Change in value of GAS-copula portfolios with one-issuer-weight restriction and different time periods of revision as compared with benchmarks (2006–2016)



Источник: составлено автором

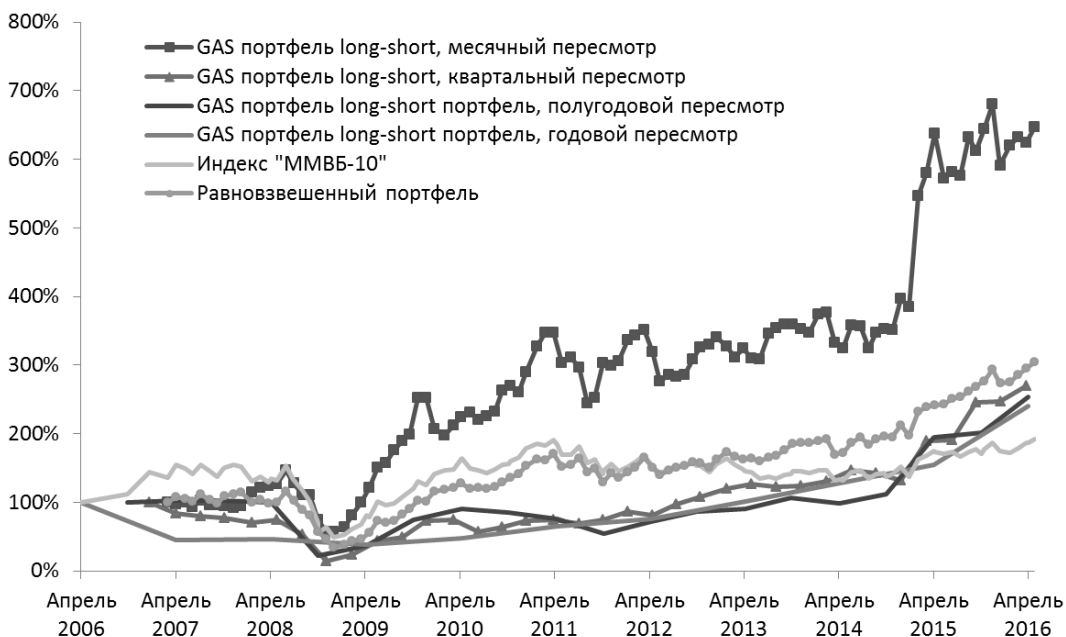
Source: Authoring

Рисунок 3

Изменение стоимости GAS-копула портфелей long-short в сравнении с «бенчмарками» (2006–2016 гг.)

Figure 3

Change in value of GAS-copula long-short portfolios as compared with benchmarks (2006–2016)



Источник: составлено автором

Source: Authoring

Список литературы

1. Sklar A. Fonctions de répartition à n dimensions et leurs marges. *Publications de l'Institut de Statistique de l'Université de Paris*, 1959, vol. 8, pp. 229–231.
2. Embrechts P., McNeil A., Straumann D. Correlation: Pitfalls and Alternatives. *Risk Magazine*, 1999. URL: https://people.math.ethz.ch/~embrecht/ftp/risk_pitt_alter_1999.pdf.
3. Fama E.F., French K.R. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of Financial Economics*, 1993, vol. 33, pp. 3–56. doi: 10.1016/0304-405X(93)90023-5
4. Deng L., Ma C., Yang W. Portfolio Optimization via Pair Copula-GARCH-EVT-CVaR Model. *Systems Engineering Procedia*, 2011, vol. 2, pp. 171–181. doi: 10.1016/j.sepro.2011.10.020
5. Patton A.J. On the out-of-sample importance of skewness and asymmetric dependence for asset allocation. *Journal of Financial Econometrics*, 2004, vol. 2, iss. 1, pp. 130–168. doi: 10.1093/jfinec/nbh006
6. Patton A.J. Modeling asymmetric exchange rate dependence. *International Economic Review*, 2006, vol. 47, iss. 2, pp. 527–556. doi: 10.1111/j.1468-2354.2006.00387.x
7. Embrechts P., Dias A. Dynamic copula models for multivariate high-frequency data in finance. URL: <https://people.math.ethz.ch/~embrecht/ftp/dynacops.pdf>: <http://down.cenet.org.cn/upfile/54/2009929202116121.pdf>.
8. Mesfioui M., Quessy J.F. Dependence structure of conditional Archimedean Copulas. *Journal of Multivariate Analysis*, 2008, vol. 99, iss. 3, pp. 372–385. doi:10.1016/j.jmva.2006.10.007
9. Ning C. Extreme dependence in international stock markets. *Ryerson University Working Paper*, 2009. URL: <http://economics.ryerson.ca/workingpapers/wp008.pdf>.
10. Hu J. Dependence structures in Chinese and U.S. financial markets: A time-varying conditional copula approach. *MPRA Paper*, 2008, no. 11401. URL: https://mpa.ub.uni-muenchen.de/11401/1/MPRA_paper_11401.pdf.
11. Mendes B.V. Computing conditional VaR using time-varying copulas. *Revista Brasileira de Finanças*, 2005, vol. 3, iss. 2, pp. 251–265.
12. Aloui R., Hammoudeh S., Nguyen D.K. A time-varying copula approach to oil and stock market dependence: The case of transition economies. *Energy Economics*, 2013, vol. 39, pp. 208–221. doi: 10.1016/j.eneco.2013.04.012
13. Creal D., Koopman S.J., Lucas A. Generalized autoregressive score models with applications. *Journal of Applied Econometrics*, 2013, vol. 28, iss. 5, pp. 777–795. doi: 10.1002/jae.1279
14. Patton A.J. Copula Methods for Forecasting Multivariate Time Series. Elsevier B.V., Handbook of Economic Forecasting, 2013, vol. 2B. URL: <http://urlid.ru/amim>. doi: 10.1016/B978-0-444-62731-5.00016-6
15. Genest C., Remillard B., Beaudoin D. Goodness-of-fit tests for copulas: A review and a power study. *Insurance: Mathematics and Economics*, 2009, vol. 44(2), pp. 199–213. doi: 10.1016/j.insmatheco.2007.10.0
16. Remillard B., Scaillet O. Testing for Equality Between Two Copulas. *Journal of Multivariate Analysis*, 2009, vol. 100, iss. 3, pp. 377–386. doi: 10.1016/j.jmva.2008.05.004
17. Chen Y.-T. Moment Tests for Density Forecast Evaluation in the Presence of Parameter Estimation Uncertainty. *Journal of Forecasting*, 2011, vol. 30(4), pp. 409–450.
18. Genest C., Huang W., Dufour J.M. A modified regularized goodness-of-fit test for copulas. *SSRN Electronic Journal*, 2012, vol. 154, pp. 64–77. doi: 10.2139/ssrn.2022367
19. Rivers D., Vuong Q. Model Selection Tests for Nonlinear Dynamic Models. *The Econometrics Journal*, 2002, vol. 5, iss. 1, pp. 1–39. doi: 10.1111/1368-423X.t01-1-00071

20. Diks C., Panchenko V., Van Dijk D. Out-of-sample comparison of copula specifications in multivariate density forecasts. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2010, vol. 34, iss. 9, pp. 1596–1609. doi: 10.1016/j.jedc.2010.06.021
21. Пенюкас Г.И. Иерархические копулы в моделировании рисков инвестиционного портфеля // Прикладная эконометрика. 2014. № 3. С. 18–38.
22. Markowitz H. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 1952, vol. 7, no. 1, pp. 77–91. doi: 10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525
23. Jacobs B., Levy K., Markowitz H. Portfolio optimization with factors, scenarios, and realistic short positions. *Operations Research*, 2005, vol. 53, iss. 4, pp. 586–599. doi: 10.1287/opre.1050.0212
24. Rockafellar R.T., Uryasev S. Optimization of conditional value-at-risk. *Journal of Risk*, 2000, vol. 2, iss. 3, pp. 21–41. doi: 10.1.1.125.7903
25. Rockafellar R.T., Uryasev S. Conditional value-at-risk for general loss distributions. *Journal of Banking and Finance*, 2002, vol. 26, iss. 7, pp. 1443–1471. doi: 10.1.1.298.9577
26. Hong Y., Tu J., Zhou G. Asymmetries in stock returns: Statistical tests and economic evaluation. *Review of Financial Studies*, 2007, vol. 20, iss. 5, pp. 1547–1581. doi: 10.1093/rfs/hhl037
27. Ortobelli S., Biglova A., Rachev S.T., Stoyanov S. Portfolio Selection Based on a Simulated Copula. *Journal of Applied Functional Analysis*, 2010, vol. 5, iss. 2, pp. 177–193.
28. Bai M., Sun L. Application of copula and copula-CVaR in the multivariate portfolio optimization. ESCAPE'07 Proceedings of the First International Conference on Combinatorics, Algorithms, Probabilistic and Experimental Methodologies. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2007, pp. 231–242.
29. Christoffersen P., Langlois H., The Joint Dynamics of Equity Market Factors. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 2013, vol. 48, iss. 5, pp. 1371–1404. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0022109013000598>
30. Christoffersen P., Errunza V., Jacobs K., Langlois H. Is the Potential for International Diversification Disappearing? A Dynamic Copula Approach. *The Review of Financial Studies*, 2012, vol. 25, iss. 12, pp. 3711–3751. doi: 10.1093/rfs/hhs104
31. Garcia R., Tsafack G. Dependence Structure and Extreme Comovements in International Equity and Bond Markets with Portfolio Diversification Effects. *Journal of Banking & Finance*, 2011, vol. 35, iss. 8, pp. 1954–1970. URL: <http://ssrn.com/abstract=1107718>. doi: 10.2139/ssrn.1107718
32. Ауканов И.А. Динамическая оптимизация инвестиционного портфеля с использованием парных копул на примере основных фондовых рынков Европы // Прикладная эконометрика. 2015. № 4. С. 84–105.
33. Теплова Т.В. Моментум-эффект на рынке акций и инвестиционная торговая стратегия «по течению»: методики тестирования и развитие модели ценообразования финансовых активов портфеля // Управление финансовыми рисками. 2013. № 4. С. 282–295.
34. Fitschen K. Building reliable trading systems: Tradable strategies that perform as they backtest and meet your risk-reward goals. New Jersey, John Wiley & Sons, 2013, 304 p.

APPLYING THE GAS COPULA MODELS TO OPTIMIZE THE INVESTMENT PORTFOLIO OF SHARES OF RUSSIAN COMPANIES**Isuf A. ATSKANOV**

National Research University – Higher School of Economics, Moscow, Russian Federation

atskanov@gmail.com

Article history:

Received 21 June 2016

Received in revised form

20 July 2016

Accepted 8 August 2016

JEL classification: C15, C61,

C63, G11

Abstract**Subject** The article considers GAS-copulas that take into account changes in the structure of asset relationships over time, enabling to build a dynamic investment portfolio capable to adapt to changing conditions.**Objectives** The study aims to develop an efficient procedure to optimize the share portfolio in the Russian stock market, using modern risk assessment tools and GAS-copulas.**Methods** To characterize the relationship of stock and the portfolio risk, I use a reverse Gumbel GAS-copula that allows paying more attention to the relationship of negative returns. To obtain the limiting distributions of return on assets, I apply the ARMA-GJR model, the parameters of which are selected using the BIC criterion. The optimized portfolios with the use of GAS-copulas are compared by several performance indicators from the point of view of risk and return with the market benchmarks.**Results** I consider ten the most liquid shares of the Russian stock market. The paper proposes optimization procedures for several formats of investment portfolios, i.e. the 'long only' portfolio, the 'long only' with restrictions per the share of one asset, and the 'long-short' portfolio. It also considers several periods of portfolio revision, namely, a month, a quarter, six months and a year. The offered optimization procedures enable to obtain results that are above market.**Conclusions** The proposed optimization procedure can be applied in the field of asset management and risk management; it may be useful for individual investors as an additional tool for investing in the stock market.**Keywords:** portfolio

optimization, GAS-copula, CVaR

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2016

References

1. Sklar A. Fonctions de répartition à n dimensions et leurs marges. *Publications de l'Institut de Statistique de l'Université de Paris*, 1959, vol. 8, pp. 229–231.
2. Embrechts P., McNeil A., Straumann D. Correlation: Pitfalls and Alternatives. *Risk Magazine*, 1999. Available at: https://people.math.ethz.ch/~embrecht/ftp/risk_pitt_alters_1999.pdf.
3. Fama E.F., French K.R. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of Financial Economics*, 1993, vol. 33, pp. 3–56. doi:10.1016/0304-405X(93)90023-5
4. Deng L., Ma C., Yang W. Portfolio Optimization via Pair Copula-GARCH-EVT-CVaR Model. *Systems Engineering Procedia*, 2011, vol. 2, pp. 171–181. doi:10.1016/j.sepro.2011.10.020
5. Patton A.J. On the out-of-sample importance of skewness and asymmetric dependence for asset allocation. *Journal of Financial Econometrics*, 2004, vol. 2, iss. 1, pp. 130–168. doi: 10.1093/jfinec/nbh006
6. Patton A.J. 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
7. Embrechts P., Dias A. Dynamic copula models for multivariate high-frequency data in finance. Available at: <https://people.math.ethz.ch/~embrecht/ftp/dynacops.pdf>.
8. Mesfioui M., Quessy J.F. Dependence structure of conditional Archimedean Copulas. *Journal of Multivariate Analysis*, 2008, vol. 99, iss. 3, pp. 372–385. doi:10.1016/j.jmva.2006.10.007
9. Ning C. Extreme dependence in international stock markets. *Ryerson University Working Paper*, 2009. Available at: <http://economics.ryerson.ca/workingpapers/wp008.pdf>.

10. Hu J. Dependence structures in Chinese and U.S. financial markets: A time-varying conditional copula approach. *MPRA Paper*, 2008, iss. 11401. Available at: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/11401/1/MPRA_paper_11401.pdf.
11. Mendes B.V. Computing conditional VaR using time-varying copulas. *Revista Brasileira de Finanças*, 2005, vol. 3, iss. 2, pp. 251–265.
12. Aloui R., Hammoudeh S., Nguyen D.K. A time-varying copula approach to oil and stock market dependence: The case of transition economies. *Energy Economics*, 2013, vol. 39, pp. 208–221. doi: 10.1016/j.eneco.2013.04.012
13. Creal D., Koopman S.J., Lucas A. Generalized autoregressive score models with applications. *Journal of Applied Econometrics*, 2013, vol. 28, iss. 5, pp. 777–795. doi: 10.1002/jae.1279
14. Patton A.J. Copula Methods for Forecasting Multivariate Time Series. Elsevier B.V., Handbook of Economic Forecasting, 2013, vol. 2B. Available at: <http://urlid.ru/amim>. doi: 10.1016/B978-0-444-62731-5.00016-6.
15. Genest C., Remillard B., Beaudoin D. Goodness-of-fit tests for copulas: A review and a power study. *Insurance: Mathematics and Economics*, 2009, vol. 44(2), pp. 199–213. doi: 10.1016/j.insmatheco.2007.10.0
16. Rémillard B., Scaillet O. Testing for Equality Between Two Copulas. *Journal of Multivariate Analysis*, 2009, vol. 100, iss. 3, pp. 377–386. doi:10.1016/j.jmva.2008.05.004
17. Chen Y.-T. Moment Tests for Density Forecast Evaluation in the Presence of Parameter Estimation Uncertainty. *Journal of Forecasting*, 2011, vol. 30(4), pp. 409–450.
18. Genest C., Huang W., Dufour J.M. A modified regularized goodness-of-fit test for copulas. *SSRN Electronic Journal*, 2012, vol. 154, pp. 64–77. doi: 10.2139/ssrn.2022367
19. Rivers D., Vuong Q. Model Selection Tests for Nonlinear Dynamic Models. *The Econometrics Journal*, 2002, vol. 5, iss. 1, pp. 1–39. doi: 10.1111/1368-423X.t01-1-00071
20. Diks C., Panchenko V., Van Dijk D. Out-of-sample comparison of copula specifications in multivariate density forecasts. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2010, vol. 34, iss. 9, pp. 1596–1609. doi: 10.1016/j.jedc.2010.06.021
21. Penikas H.I. [Investment portfolio risk modeling based on hierarchical copulas]. *Prikladnaya econometrica = Applied Econometrics*, 2014, no. 3, pp. 18–38. (In Russ.)
22. Markowitz H. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 1952, vol. 7, iss. 1, pp. 77–91. doi: 10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x
23. Jacobs B., Levy K., Markowitz H. Portfolio optimization with factors, scenarios, and realistic short positions. *Operations Research*, 2005, vol. 53, iss. 4, pp. 586–599. doi: 10.1287/opre.1050.0212
24. Rockafellar R.T., Uryasev S. Optimization of Conditional Value-at-Risk. *Journal of Risk*, 2000, vol. 2, iss. 3, pp. 21–41. doi: 10.1.1.125.7903
25. Rockafellar R.T., Uryasev S. Conditional Value-at-Risk for General Loss Distributions. *Journal of Banking and Finance*, 2002, vol. 26, iss. 7, pp. 1443–1471. doi:10.1.1.298.9577
26. Hong Y., Tu J., Zhou G. Asymmetries in stock returns: Statistical tests and economic evaluation. *The Review of Financial Studies*, 2007, vol. 20, iss. 5, pp. 1547–1581. doi: 10.1093/rfs/hhl037
27. Ortobelli S., Biglova A., Rachev S.T., Stoyanov S. Portfolio Selection Based on a Simulated Copula. Available at: https://statistik.econ.kit.edu/download/JAFA-simulated_copula.pdf.
28. Bai M., Sun L. Application of copula and copula-CVaR in the multivariate portfolio optimization. ESCAPE'07 Proceedings of the First International Conference on Combinatorics, Algorithms, Probabilistic and Experimental Methodologies. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2007, pp. 231–242.

29. Christoffersen P., Langlois H., The Joint Dynamics of Equity Market Factors. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 2013, vol. 48, iss. 5, pp. 1371–1404. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0022109013000598>
30. Christoffersen P., Errunza V., Jacobs K., Langlois H. Is the Potential for International Diversification Disappearing? A Dynamic Copula Approach. *The Review of Financial Studies*, 2012, vol. 25, iss. 12, pp. 3711–3751. doi: 10.1093/rfs/hhs104
31. Garcia R., Tsafack G. Dependence Structure and Extreme Comovements in International Equity and Bond Markets with Portfolio Diversification Effects. *Journal of Banking & Finance*, 2011, vol. 35, iss. 8, pp. 1954–1970. Available at: <http://ssrn.com/abstract=1107718>. doi: 10.2139/ssrn.1107718
32. Atskanov I.A. [Dynamic optimization of investment portfolio in the European stock markets using pair copulas]. *Prikladnaya econometrika = Applied Econometrics*, 2015, no. 4, pp. 84–105. (In Russ.)
33. Teplova T.V. [Momentum effect in the equity market and momentum and reversal investment trade strategies: Testing techniques and financial asset pricing model development]. *Upravlenie finansovymy riskamy = Financial Risk Management*, 2013, no. 4, pp. 282–295. (In Russ.)
34. Fitschen K. Building Reliable Trading Systems: Tradable Strategies That Perform As They Backtest and Meet Your Risk-Reward Goals. New Jersey, John Wiley & Sons, 2013, 304 p.