

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ФИНАНСОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

В.Г. Саркисов, Г.А. Саркисов

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: vigen.sarkisov@mail.ru

Исследуется вопрос синтеза оптимальной системы управления инвестиционным портфелем на основе комбинации уже существующих систем. Обобщается понятие финансового инструмента, вводится новый класс – виртуальные финансовые инструменты, использование которых расширяет возможности применения математического аппарата теории управления инвестиционным портфелем.

Ключевые слова: инвестиционный портфель, управление портфелем, финансовый инструмент, портфель систем.

Введение. Оптимальному управлению инвестиционным портфелем предприятия посвящено множество исследований. Разработаны алгоритмы формирования портфелей финансовых инструментов, причем в разные периоды времени наиболее эффективным оказывается тот или иной из них. Вследствие этого инвестор часто сталкивается с проблемой потери эффективности работы выбранного им алгоритма формирования портфеля. Актуальным представляется создание механизма своевременного перехода от одного алгоритма к другому и совместного использования нескольких алгоритмов.

Целью данной работы является создание формального понятийного аппарата, позволяющего синтезировать системы управления инвестиционными портфелями путем комбинации уже существующих систем, и формирование структур управления на основе введенных понятий.

В литературе описаны следующие варианты совместного использования нескольких систем управления портфелями:

1. Портфель, диверсифицированный по нескольким рынкам [1]. На каждом из них формируется отдельный портфель из инструментов, доступных на этом рынке. Примером данного подхода может служить инвестирование в финансовые рынки разных государств.

2. Портфель, диверсифицированный по нескольким доверительным управляющим. В качестве управляющих могут выступать компании, управляющие паевыми инвестиционными фондами, общими фондами банковского управления, индивидуальными счетами клиентов. Эффективность этого подхода базируется на предположении, что управляющие не будут принимать ошибочные инвестиционные решения одновременно.

3. Портфель, диверсифицированный по нескольким системам управления [2]. Данный подход идеологически близок к предыдущему, с тем различием, что роль управляющих отводится не людям или организациям, а алгоритмам и системам.

Во всех трех случаях можно говорить о портфеле, сформированном из нескольких других портфелей. При этом не были сформулированы общие принципы построения портфеля портфелей, которые могли бы в значительной мере повысить эффективность управления инвестициями предприятия на финансовом рынке.

Базовые понятия и определения. Обозначим через I множество *финансовых инструментов* (ФИ) I_n , вложения в которые доступны рассматриваемому инвестору:

$$I = \{I_n, n = 1..N\}. \quad (1)$$

ФИ I_n с точки зрения инвестора характеризуется главным образом динамикой изменения цены. Существует также множество других характеристик, например связанных с бухгалтерской отчетностью эмитента, однако они интересны для инвестора лишь в той мере, в которой влияют на изменения цен ФИ.

Динамика изменений цены описывается временным рядом. Период дискретизации ряда обычно выбирается из следующих значений: 1 сделка (тиковый ряд), 1 минута, 5 минут, 10 минут, 15 минут, 30 минут, 1 час, 1 сутки, 1 неделя, 1 месяц или 1 год.

Член $C_n(t)$ ряда C_n , описывающий поведение цены финансового инструмента I_n за t -ый период ($t=1..T$), представляет собой вектор, координатами которого являются:

- 1) $C_n^{open}(t)$ – цена в первой сделке с начала t -го периода (цена открытия, open);
- 2) $C_n^{max}(t)$ – максимальная цена сделки за t -ый период;
- 3) $C_n^{min}(t)$ – минимальная цена сделки за t -ый период;
- 4) $C_n^{close}(t)$ – цена последней сделки за t -ый период (цена закрытия, close);
- 5) $C_n^{vol}(t)$ – суммарный объем (в рублях) сделок за t -ый период.

При построении системы управления инвестиционным портфелем и сравнении финансовых инструментов между собой удобнее рассматривать не ряды цен C_n , а ряды ΔC_n их приращений относительно цены закрытия предыдущего периода:

$$\Delta C_n(t) = (\Delta C_n^{open}(t), \Delta C_n^{max}(t), \Delta C_n^{min}(t), \Delta C_n^{close}(t), C_n^{vol}(t)), \quad (2)$$

где $\Delta C_n^{open}(t) = \frac{C_n^{open}(t) - C_n^{close}(t-1)}{C_n^{close}(t-1)}$, $\Delta C_n^{max}(t) = \frac{C_n^{max}(t) - C_n^{close}(t-1)}{C_n^{close}(t-1)}$ и так далее.

Систему управления инвестиционным портфелем будем рассматривать как «преобразователь» относительных приращений цен финансовых инструментов в относительное приращение $\Delta S(t)$ стоимости портфеля $S(t)$. Если изменение структуры портфеля происходит только в конце периода дискретизации, то $\Delta S(t)$ может быть рассчитано по формуле

$$\Delta S(t) = \sum_{n=1}^N (\alpha_n(t-1) \cdot \Delta C_n^{close}(t)), \quad (3)$$

где $\Delta S(t) = (S(t) - S(t-1)) / S(t-1)$ – относительное приращение стоимости портфеля за t -ый период; $\alpha_n(t-1)$ – доля финансового инструмента I_n в портфеле на конец $(t-1)$ -го периода. Денежные средства рассматриваются как один из финансовых инструментов в таком портфеле.

На доли $\alpha_n(t-1)$ накладываются ограничения в соответствии с одним из вариантов, например:

- 1) портфель без использования кредитования;
- 2) портфель квалифицированного инвестора [3];
- 3) портфель неквалифицированного инвестора.

При работе на фондовом рынке квалифицированному инвестору может предоставляться кредитное плечо в размере 300% от собственных средств (плечо равно 3), а неквалифицированному – в размере 100% (плечо равно 1).

Обозначим кредитное плечо для финансового инструмента I_n через β_n^l для длинных позиций и β_n^s для коротких позиций. Для квалифицированного инвестора $\beta_n^l, \beta_n^s \in \{0; 3\}$, а для неквалифицированного – $\beta_n^l, \beta_n^s \in \{0; 1\}$, причем $\beta_n^l \geq \beta_n^s$. В портфеле без кредитования $\beta_n^l = \beta_n^s = 0$. Кредитное плечо по денежным средствам всегда равно нулю. Ограничение на доли $\alpha_n(t-1)$ будет иметь вид:

$$\sum_{n=1}^N \left[\begin{cases} \alpha_n(t-1) / (\beta_n^l + 1), & \text{при } \alpha_n(t-1) > 0 \\ |\alpha_n(t-1) / \beta_n^s|, & \text{при } \alpha_n(t-1) < 0 \end{cases} \right] = 1. \quad (4)$$

Понятие и основные классы виртуальных финансовых инструментов. В настоящей работе расширяется понятие финансового инструмента. Вводится класс виртуальных финансовых инструментов и исследуются основные возможности управления инвестиционным портфелем, включающим как реальные, так и виртуальные финансовые инструменты.

Определение 1. Под ценой V_k виртуального финансового инструмента (ВФИ) будем понимать значение некоторого функционала, аргументами которого являются временные ряды цен финансовых инструментов (эти финансовые инструменты будем называть базовыми финансовыми инструментами – БФИ):

$$V_k(t) = f_k(C_1, C_2, \dots, C_N, \Delta C_1, \Delta C_2, \dots, \Delta C_N), \quad (5)$$

где C_n – временные ряды цен БФИ, ΔC_n – временные ряды относительных приращений цен БФИ.

Далее вводятся основные классы ВФИ и рассматриваются свойства ВФИ, принадлежащих различным классам.

Определение 2. ВФИ будем называть торгуемым (ТВФИ), если его цена соответствует стоимости инвестиционного портфеля, который может быть практически сформирован.

Инвестор может реально купить ТВФИ, сформировав соответствующий портфель, а затем продать его, продав все финансовые инструменты портфеля.

Цена любого ТВФИ является линейной комбинацией цен базовых финансовых инструментов, а приращений цены ТВФИ – линейной комбинацией их приращений:

$$\Delta V_k(t) = \sum_{n=1}^N \left(\alpha_n^k(t-1) \cdot \Delta C_n^{close}(t) \right), \quad (6)$$

где $\Delta V(t) = (V(t) - V(t-1)) / V(t-1)$ – относительное приращение цены ТВФИ за t -ый период; $\alpha_n^k(t-1)$ – доля финансового инструмента I_n в k -ом ТВФИ на конец $(t-1)$ -го периода.

Соответственно цена ТВФИ может быть найдена по формуле

$$V_k(t) = V_k(t-1)(1 + \Delta V_k(t)). \quad (7)$$

Определение 3. Неторгуемыми ВФИ (НТВФИ) будем называть такие ВФИ, цена которых не может быть представлена в виде линейной комбинации цен базовых финансовых инструментов.

К НТВФИ относятся почти все индикаторы технического анализа. Также возможно формирование новых инвестиционных инструментов, называемых композициями. Каждый член временного ряда цены композита представляет собой отноше-

ние, произведение, сумму или разность соответствующих членов временных рядов исходных финансовых инструментов.

Композиты, сформированные на основе сложения или вычитания, являются ТВФИ, а на основе умножения или деления – НТВФИ, так как их цены непредставимы в виде линейной комбинации цен базовых инструментов.

Двухуровневые системы на основе торгуемых виртуальных финансовых инструментов. С точки зрения автора наибольший интерес представляют ТВФИ, цены которых отражают стоимость некоторого динамического инвестиционного портфеля, управляемого в соответствии со своим набором правил (системой управления портфелем).

Портфель из виртуальных инструментов такого типа является портфелем, составленным из других портфелей. Рассмотрение стоимостей портфелей в качестве цен новых ТВФИ предоставляет широкие возможности по применению хорошо разработанного математического аппарата, рассчитанного на работу с реальными инструментами.

Фактически «портфель портфелей» сводится при этом к портфелю систем управления портфелями.

Структуры двухуровневых систем. Если говорить более подробно, в хронологическом порядке, то сначала в [4] было рассмотрено формирование двухуровневой системы управления простейшим портфелем, включающим только один финансовый инструмент и денежные средства, причем в каждый момент времени вся стоимость портфеля сосредоточена либо на 100% в денежных средствах, либо на 100% в финансовом инструменте. Такие системы управления портфелем называют *механическими торговыми системами* (МТС). Задачей МТС является оптимальный выбор моментов покупки и продажи финансового инструмента (БФИ).

Далее в [4] рассмотрена структура системы, представленная на рис. 1.



Рис. 1. Двухуровневая система на основе механических торговых систем

МТС¹ (МТС первого уровня) моделирует изменение стоимости портфеля, формируя цену ТВФИ, а МТС² (МТС второго уровня) находит оптимальные моменты для покупки и продажи ТВФИ.

Если МТС¹ работает эффективно, то цена ТВФИ постоянно растет. МТС² распознает растущий тренд, открывает и удерживает длинную позицию по ТВФИ. В случае потери эффективности МТС¹ цена ТВФИ начинает снижаться и МТС² закрывает длинную позицию. Такой подход позволяет получать прибыль при эффективной работе МТС¹ и избегать убытков в периоды времени, когда МТС¹ работает неэффективно.

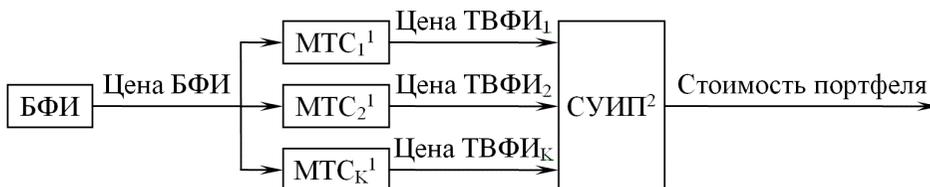


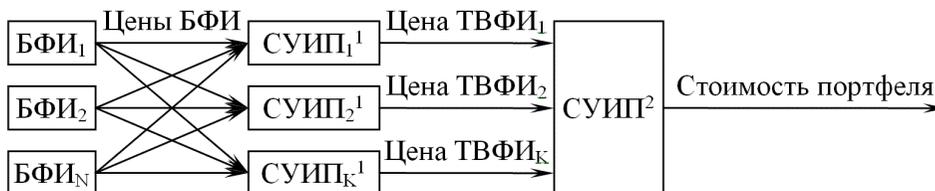
Рис. 2. Двухуровневая система С.Ю. Титова

Дополнительно рассмотрена возможность открытия МТС² коротких позиций, что позволяет получать прибыль и во время убыточных периодов работы МТС¹.

Несколько отличный подход к построению портфеля систем рассмотрен С.Ю. Титовым в [5]. Схема предложенной им системы, приведенная к терминологии ВФИ, представлена на рис. 2.

Каждая из МТС первого уровня (МТС₁¹, ..., МТС_к¹) формирует решения о покупке или продаже базового финансового инструмента. Система управления инвестиционным портфелем второго уровня (СУИП²) выбирает наиболее эффективные на текущий момент МТС первого уровня. Однако отсутствие концепции ВФИ привело к разработке СУИП² «с нуля», без использования математического аппарата теории управления инвестиционным портфелем. Предложенный в [5] подход базируется на сравнении прибылей, полученных от каждой из МТС первого уровня за период с начала наблюдений до текущего момента времени. Очевидно, что со временем такой подход сохраняет эффективность лишь в том случае, когда одни МТС постоянно являются более прибыльными, чем другие. Если же такого постоянного превосходства не наблюдается (то есть разные системы показывают максимальную доходность в разные периоды), то такая СУИП² стабильно отдает предпочтение одной из МТС, которая когда-то давно получила большую прибыль.

В настоящей работе рассматривается более общий случай двухуровневой системы. Предлагаемая структура системы приведена на рис. 3.



Р и с . 3 . Двухуровневая система на основе систем управления портфелем

Оба уровня представляют собой системы управления портфелями (СУИП_к¹ и СУИП²). Каждая из СУИП первого уровня (СУИП_к¹) формирует свой вектор α_k^1 долей $\alpha_{k,n}^1$ базовых финансовых инструментов I_n . СУИП второго уровня (СУИП²) формирует вектор долей α_k^2 виртуальных финансовых инструментов (ТВФИ_к). Формула (8) позволяет найти доли $\alpha_n(t)$ каждого из БФИ в итоговом портфеле в момент времени t :

$$\alpha_n(t) = \sum_{k=1}^K [\alpha_{k,n}^1(t) \cdot \alpha_k^2(t)]. \quad (8)$$

Например, инвестор рассматривает возможность вложения средств в три финансовых инструмента (БФИ₁, БФИ₂ и БФИ₃). Пусть двухуровневая система содержит две СУИП первого уровня (СУИП₁¹ и СУИП₂¹). В некоторый момент времени СУИП₁¹ сформировала следующие значения долей в своем портфеле: $\alpha_{1,1}^1 = 0,3$; $\alpha_{1,2}^1 = 0,1$; $\alpha_{1,3}^1 = 0,6$, то есть стоимость портфеля распределена на 30% в БФИ₁, на 10% в БФИ₂ и на 60% в БФИ₃. Аналогично СУИП₂¹ сформировала следующие значения долей: $\alpha_{2,1}^1 = 0$; $\alpha_{2,2}^1 = 0,8$; $\alpha_{2,3}^1 = 0,2$. В это же время СУИП² сформировала портфель, состоящий на 40% из ТВФИ₁ и на 60% из ТВФИ₂ ($\alpha_1^2 = 0,4$; $\alpha_2^2 = 0,6$). Тогда доли БФИ в итоговом портфеле составят:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= 0,3 \cdot 0,4 + 0,0 \cdot 0,6 = 0,12; \\ \alpha_2 &= 0,1 \cdot 0,4 + 0,8 \cdot 0,6 = 0,52; \\ \alpha_3 &= 0,6 \cdot 0,4 + 0,2 \cdot 0,6 = 0,36.\end{aligned}\tag{9}$$

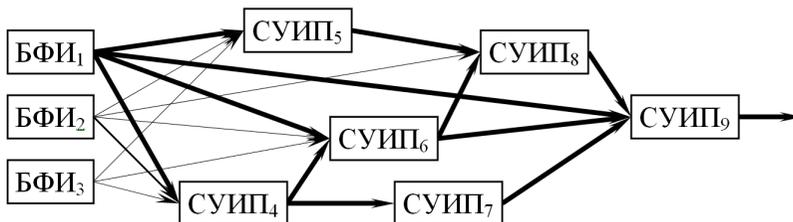
Основные требования к компонентам двухуровневой системы. Формирование двухуровневой структуры системы управления инвестиционным портфелем приводит к появлению ряда новых требований к компонентам системы.

Требования к портфелю, формируемому СУИП², понятны и очевидны – высокая доходность и низкий риск. Требования к СУИП¹ существенно отличаются. Задача СУИП¹ – сформировать цену ТВФИ таким образом, чтобы работа с ней при помощи СУИП² была наиболее эффективной.

Целью СУИП¹ становится уже не извлечение прибыли, а формирование удобного для обработки временного ряда стоимости динамического портфеля (то есть цены ТВФИ). Таким образом, с СУИП¹ практически снимаются ранее очень значимые требования к величине возможных потерь капитала, снижается значимость высокой доходности и малого СКО доходности. Вместо них появляются совершенно иные требования. Глубокие провалы являются уже скорее плюсом, а не минусом для СУИП¹, так как их появление сопровождается продолжительным направленным движением, на котором СУИП² может получить прибыль. Негативным же качеством СУИП¹ становится наличие «трудно торгуемых» участков, например продолжительных ненаправленных движений цены ТВФИ. То есть при выборе СУИП¹ применяются те же требования, что и при выборе финансовых рынков для инвестирования.

Многоуровневая система. Продолжение обобщения двухуровневой системы приводит к многоуровневой системе. Структура многоуровневой системы представима в виде графа. Такой граф является ориентированным (все ребра графа являются ориентированными), простым (каждая пара вершин графа соединена не более чем одним ребром) и не содержит циклов.

Пример такой структуры показан на рис. 4 (для простоты все вершины графа пронумерованы последовательно).



Р и с . 4 . Пример структуры многоуровневой системы управления портфелем

Для определения долей БФИ в итоговом портфеле можно обобщить формулу (8). Произведения в полученной формуле должны отражать все ориентированные маршруты от БФИ к последней из СУИП (жирные линии на рис. 4). Например, формула для вычисления доли инструмента БФИ₁ в итоговом портфеле имеет вид

$$\alpha_1 = \alpha_{9,1} + \alpha_{9,8}(\alpha_{8,5}\alpha_{5,1} + \alpha_{8,6}(\alpha_{6,1} + \alpha_{6,4}\alpha_{4,1})) + \alpha_{9,7}\alpha_{7,4}\alpha_{4,1},\tag{10}$$

где $\alpha_{i,j}$ – доля ТВФИ (или БФИ), получаемого на выходе j -ой вершины графа, в портфеле СУИП _{i} .

Применение неторгуемых виртуальных финансовых инструментов. Использование НтВФИ открывает новые возможности при разработке отдельных СУ-ИП. Например, рассмотрение в качестве НтВФИ композита, полученного в результате деления цены одного финансового инструмента на цену другого, дает возможность применять к нему механические торговые системы, находя оптимальные моменты для включения в портфель одного и исключения другого инструмента [6].

Заключение. Предлагаемая концепция виртуальных финансовых инструментов позволяет синтезировать системы управления инвестиционным портфелем на финансовом рынке путем комбинации уже существующих систем с эффективным использованием математических методов управления портфелем.

Разработанный принцип построения системы принятия решений может быть применен не только при управлении портфелем, но и при построении множества других систем принятия решений в различных экономических и технических задачах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мерфи Дж.Дж. Межрыночный технический анализ. Торговые стратегии для мировых рынков акций, облигаций, товаров и валют. – М.: Диаграмма, 2002. – 317с.
2. Винс Р. Математика управления капиталом. Методы анализа риска для трейдеров и портфельных менеджеров. – М.: Альпина, 2007. – 402 с.
3. Положение о порядке признания лиц квалифицированными инвесторами. Приказ ФСФР России от 18.03.2008 №08-12/пз-н.
4. Саркисов В.Г. Многоуровневый алгоритм формирования систем принятия решений // Вестник СамГТУ. Сер. Технические науки. – 2002. – №14. – С. 37-44.
5. Тутов С.Ю. Адаптивная система принятия решений на финансовых рынках // Прикладная эконометрика. – 2007. – №3(7). – С. 27-43.
6. Саркисов В.Г. Методика формирования портфеля ЦБ на основе применения МТС к графикам композитов // Межвузовский сборник «Совершенствование теории и практики производственно-хозяйственной деятельности предприятий». Часть 2. – Самара: СГЭА, 2001. – С. 40-49.

Статья поступила в редакцию 5 июня 2011 г.

SYNTHESIS OF AN INVESTMENT PORTFOLIO MANAGEMENT SYSTEM BASED ON VIRTUAL FINANCIAL INSTRUMENTS' MODELLING

V.G. Sarkisov, G.A. Sarkisov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

The issue of the optimal investment portfolio synthesis based on a combination of existing systems is investigated. The concept of financial instrument is generalized and a new class, virtual financial instruments, the use of which allows for wider application of the investment portfolio management theory's mathematical apparatus is introduced.

Keywords: *investment portfolio, portfolio management, financial instruments, portfolio of systems.*

*Vigen G. Sarkisov – Candidate of Technical Sciences, Associate professor.
Gennadiy A. Sarkisov – Candidate of Technical Sciences, Associate professor.*