

УДК 007, 336.76

МНОГООБРАЗИЕ СТРУКТУР ДВУХУРОВНЕВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИЧЕСКИХ ПОРТФЕЛЕЙ

В.Г. Саркисов, Г.А. Саркисов

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассматриваются различные подходы к построению систем управления инвестиционными портфелями, предусматривающие как единовременное формирование инвестиционного портфеля, так и изменение его структуры во времени. Проводится сравнительный анализ классического статического инвестиционного портфеля, динамических портфелей, управляемых по различным алгоритмам, и динамических портфелей, являющихся линейными комбинациями других портфелей (статических или динамических). Предлагается обобщенная двухуровневая структура системы управления портфелем, в которой подсистема нижнего уровня производит моделирование временных рядов доходностей портфелей из реальных инвестиционных инструментов, а подсистема верхнего уровня формирует портфель, рассматривая портфели нижнего уровня в качестве инвестиционных инструментов.

Ключевые слова: двухуровневая система, многоуровневая система, инвестиционный портфель, управление портфелем, финансовый инструмент, портфель систем, динамический портфель.

Частные случаи построения систем управления инвестиционным портфелем на основе объединения уже существующих систем известны и представлены в литературе. Например, в [1] рассматривается единовременное построение оптимального портфеля из портфелей, сформированных на разных организованных рынках. В работе [2] рассмотрен портфель систем в общем виде, а в [3] – конкретная реализация двухуровневой системы управления портфелем с неизменной заранее заданной структурой рисков части портфеля.

В настоящей статье авторы исследуют различные варианты объединения исходных систем в двухуровневую систему.

Под статическим портфелем будем понимать инвестиционный портфель, доли инструментов в котором неизменны в течение всего рассматриваемого интервала времени. Основы теории формирования таких портфелей были заложены Г. Марковицем в [4]. Предложенные им методы базируются на статистической оценке и прогнозе математических ожиданий и ковариаций доходностей инвестиционных инструментов на рассматриваемый интервал времени. Основными характеристиками оценки качества портфеля являются математическое ожидание доходности (мера доходности) и дисперсия доходности (мера риска). Оптимальным (недоминируемым) будем называть портфель с одновременно минимальным риском при данной доходности и максимальной доходностью при данном риске.

При формировании портфелей широко используется диверсификация – рас-

Виген Геннадьевич Саркисов (к.т.н.), доцент кафедры «Высшая математика и прикладная информатика».

Геннадий Арсенович Саркисов (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Высшая математика и прикладная информатика».

пределение средств между различными инструментами (например акциями и облигациями) в целях улучшения соотношения доходности и риска.

В динамическом портфеле общего вида доли инструментов могут изменяться в течение рассматриваемого интервала времени в соответствии с заданным алгоритмом, учитывающим динамику рыночных цен инвестиционных инструментов. При этом в соответствии с алгоритмом может изменяться как структура рискованной части портфеля, так и соотношение рискованной и безрискованной частей. При построении и оптимизации алгоритмов управления портфелем часто применяются вспомогательные показатели, учитывающие динамику доходности (как в течение заданного периода времени, так и в отдельных сделках).

Из введенных определений следует, что статический портфель является частным случаем динамического, алгоритм формирования которого предполагает изменение долей лишь в начальный момент времени.

Статическими портфелями (по определению) являются портфели индексных фондов: их структура постоянна и соответствует структуре индекса, например индекса Московской межбанковской валютной биржи (ММВБ) или Dow Jones Industrial Average (DJIА).

Инвестиционные портфели крупных корпораций также близки к статическим, так как рыночная ликвидность недостаточна для быстрого изменения структуры портфеля большого объема.

Напротив, частные инвесторы и небольшие предприятия имеют возможность динамично управлять своими вложениями, постоянно изменяя структуру портфеля.

Двухуровневая система управления портфелем

Структуру портфеля в момент времени t будем описывать вектором $x_k(t) = (x_{k,1}(t), x_{k,2}(t), \dots, x_{k,N}(t))$ долей инструментов в этом портфеле, где k – номер портфеля ($k = \overline{1, K}$), N – количество доступных инвестиционных инструментов. Обычно на доли инструментов в портфеле в каждый момент времени накладываются ограничения, описывающие отсутствие кредитования:

$$x_{k,n}(t) \geq 0, n = \overline{1, N}, k = \overline{1, K}, \quad (1)$$

$$\sum_{n=1}^N x_{k,n}(t) = 1, k = \overline{1, K}. \quad (2)$$

Если же кредитование доступно для инвестора, то в зависимости от условий кредитования по аналогии с (1) и (2) можно построить ту или иную систему ограничений, содержащую ограничения вида равенств и неравенств.

Из K исходных портфелей составлен объединенный портфель y (рис. 1). Можно показать [5], что при этом доходности исходных портфелей можно рассматривать в качестве доходностей новых виртуальных инвестиционных инструментов. Доли исходных портфелей в объединенном портфеле обозначим $a_k(t), k = \overline{1, K}$. На эти доли также накладываются ограничения:

$$a_k(t) \geq 0, k = \overline{1, K}, \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^K a_k(t) = 1. \quad (4)$$

Доли исходных инвестиционных инструментов в объединенном портфеле:

$$y(t) = \left(\sum_{k=1}^K a_k(t)x_{k,1}(t), \sum_{k=1}^K a_k(t)x_{k,2}(t), \dots, \sum_{k=1}^K a_k(t)x_{k,N}(t) \right). \quad (5)$$

Системы управления исходными портфелями, формирующие доли $x_{k,n}(t)$, будем называть системами нижнего уровня, а системы, формирующие $a_k(t)$, – системами верхнего уровня.

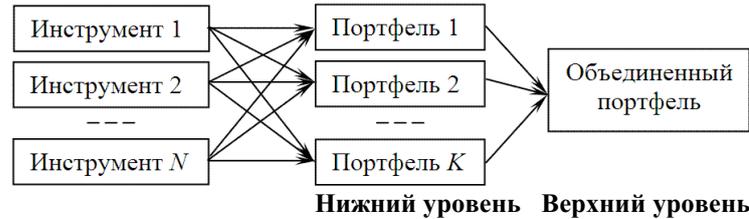


Рис. 1. Формирование портфеля с помощью двухуровневой системы

Формирование двухуровневой системы приводит к изменению критериев оценки качества работы системы нижнего уровня. Задача системы нижнего уровня – формирование такого набора временных рядов виртуальных инструментов, который позволяет получить высокую эффективность системы верхнего уровня. При этом к системе верхнего уровня применяются классические критерии качества (доходности и риска).

Рассматриваемые системы и виртуальные инструменты

Будем рассматривать следующие варианты систем управления портфелем (и соответствующих виртуальных инструментов).

1) *Системы управления статическими портфелями* (рис. 2). Структура портфеля формируется одновременно и остается неизменной до конца рассматриваемого периода. Доходность системы (и соответствующего виртуального инструмента) определяется изменением цен входящих в портфель инструментов.

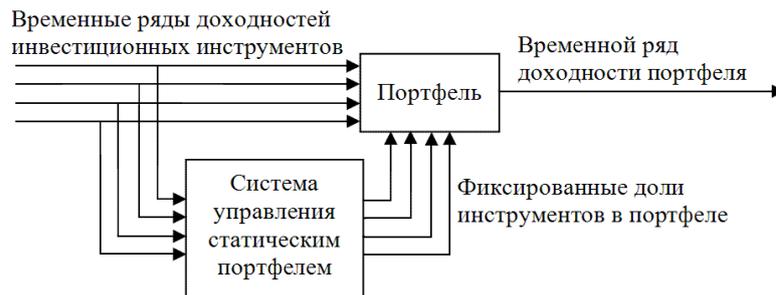


Рис. 2. Управление статическим портфелем

2) *Системы управления динамическими портфелями общего вида* (рис. 3). Структура портфеля постоянно изменяется на основе анализа динамики изменения цен входящих в него инвестиционных инструментов.

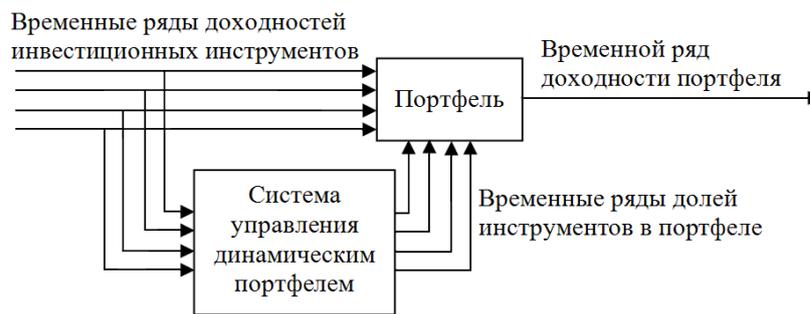


Рис. 3. Управление динамическим портфелем

3) *Механическая торговая система (МТС)* (рис. 4) – простейший вариант системы управления динамическим портфелем. Портфель состоит либо полностью из одного инструмента, либо полностью из денежных средств. Управление таким портфелем заключается лишь в выборе моментов времени для изменения структуры портфеля.

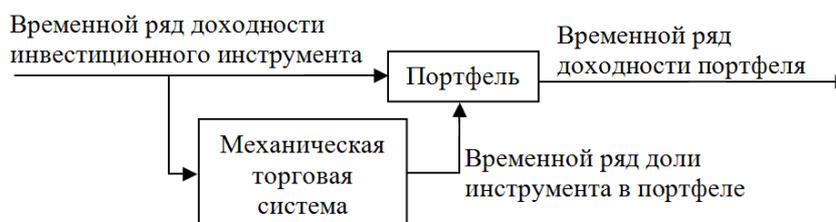


Рис. 4. Механическая торговая система

Каждый из вариантов может быть реализован как на нижнем, так и на верхнем уровне. Соответственно, всего возможно 9 вариантов структур двухуровневой системы. Рассмотрим эти варианты, сгруппировав их по типу системы верхнего уровня.

Двухуровневые системы с механической торговой системой (МТС) на верхнем уровне

Двухуровневые системы с МТС на верхнем уровне по своей структуре являются наиболее простыми, так как наличие МТС на верхнем уровне обуславливает единственность выхода структуры первого уровня.

Наиболее простая из двухуровневых структур данного типа получается, если на нижнем уровне находится также МТС (рис. 5).

Далее для краткости не будем рассматривать внутреннюю структуру уровней системы. Компактное представление для схемы рис. 5 показано на рис. 6.

Так как и первый и второй уровни системы имеют по одному входу, то работа такой системы возможна с единственным выбранным реальным инвестиционным инструментом.

Портфель двухуровневой системы МТС (как и обычной МТС) имеет два состояния: вся стоимость портфеля сосредоточена либо в единственном инвестиционном инструменте ($a_1(t)=1$ и $x_{1,1}(t)=1$), либо в денежных средствах ($a_1(t)=0$ и/или $x_{1,1}(t)=0$). Структура портфеля (выражение (5) с учетом (2)) описывается следующим вектором (6):

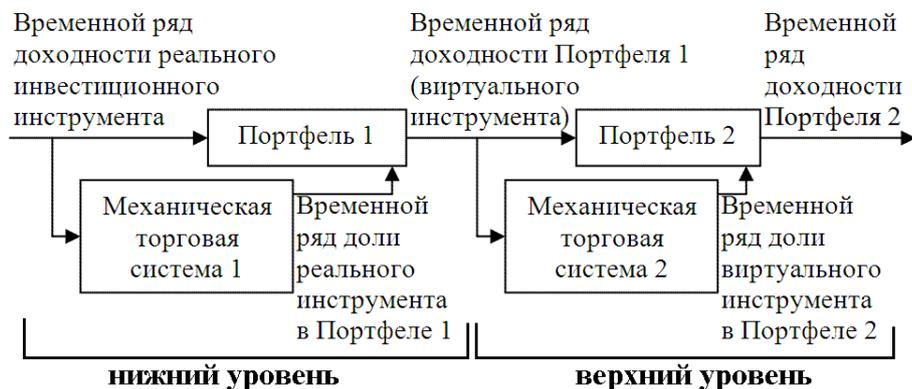


Рис. 5. Система управления портфелем на основе МТС на нижнем и верхнем уровнях

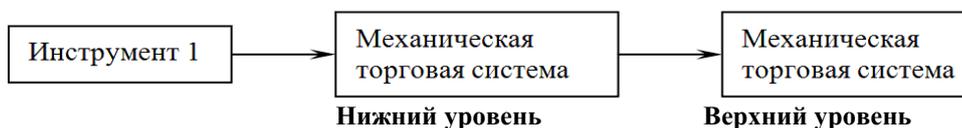


Рис. 6. Система управления портфелем на основе МТС на нижнем и верхнем уровнях (компактное представление)

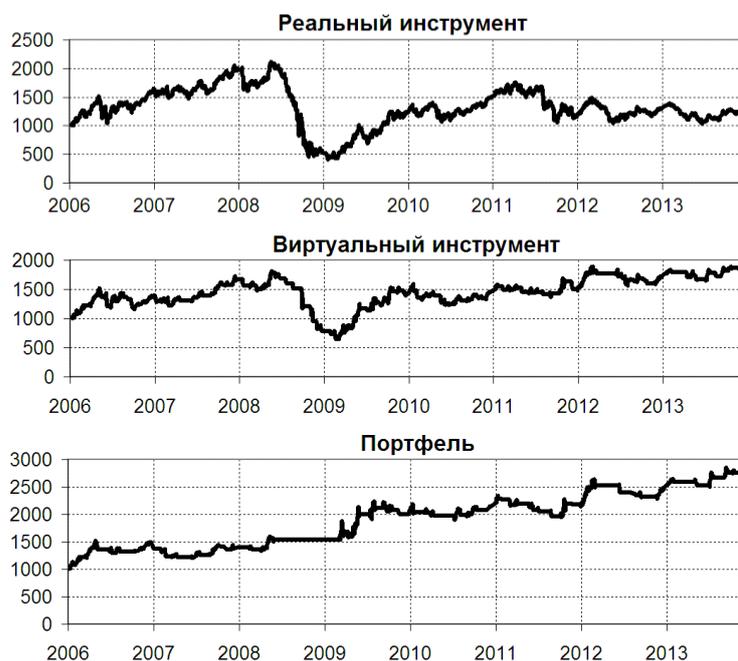


Рис. 7. Динамика стоимости реального и виртуального инструментов и стоимости портфеля в системе с МТС на нижнем и верхнем уровнях

$$y(t) = (a_1(t)x_{1,1}(t), 1 - a_1(t)x_{1,1}(t)), \quad (6)$$

где первая координата вектора $y(t)$ описывает долю инвестиционного инструмен-

та в портфеле, а вторая – долю денежных средств.

Задачей МТС верхнего уровня является включение в портфель ($a_1(t)=1$) виртуального инструмента с выхода нижнего уровня в те периоды времени, когда МТС нижнего уровня дает прибыль, и исключение его из портфеля ($a_1(t)=0$) в убыточные периоды. На рис. 7 представлен пример временных рядов на входе системы (реальный инструмент), на выходе нижнего уровня (виртуальный инструмент) и на выходе двухуровневой системы (портфель).

Интересным представляется период с середины до конца 2008 года, когда реальный инструмент (фьючерс на индекс РТС) потерял примерно 80 % стоимости, потери МТС первого уровня – около 60 %. Введение МТС верхнего уровня позволило исключить продолжительные убыточные периоды и снизить потери до 17 %.

Аналогичный рассмотренному выше принцип лежит и в основе функционирования других систем с МТС на верхнем уровне (рис. 8 и рис. 9).

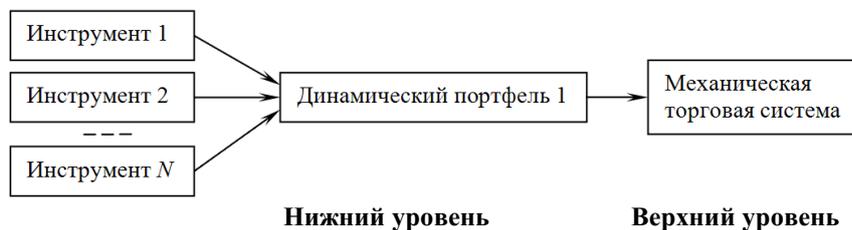


Рис. 8. Система с динамическим портфелем общего вида на нижнем уровне и МТС на верхнем уровне

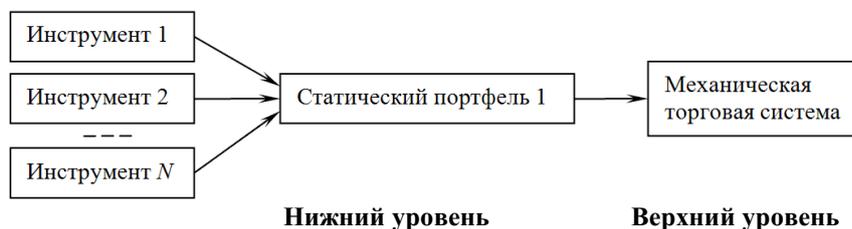


Рис. 9. Система со статическим портфелем на нижнем уровне и МТС на верхнем уровне

В каждом из этих вариантов МТС верхнего уровня оценивает (прямо или косвенно) текущую эффективность работы системы нижнего уровня и на основе этой оценки либо инвестирует в портфель этой системы все средства, либо отказывается от инвестирования.

Двухуровневые системы со статическим портфелем на верхнем уровне

Система формирования статического портфеля на верхнем уровне единовременно оценивает доходности и риски (а также некоторые вспомогательные показатели) систем нижнего уровня. На основе этих оценок формируется оптимальный статический портфель. Например, можно оценить математические ожидания и ковариации доходностей всех МТС и составить оптимальный портфель в соответствии с моделью Марковица (с заданной доходностью и наименьшим риском). С практической точки зрения система верхнего уровня перераспределяет средства между системами нижнего уровня в зависимости от качества их работы.

Простейшим случаем является система с набором МТС на нижнем уровне. Схема такой системы представлена на рис. 10. Преимуществом такого подхода является существенное увеличение разнообразия виртуальных инструментов: каждая из K МТС нижнего уровня может быть применена к каждому из N реальных инвестиционных инструментов, что дает $K \cdot N$ виртуальных инструментов. В этом наборе с большой вероятностью найдутся инструменты, пригодные для формирования качественного портфеля. Интерес представляют виртуальные инструменты, доходности которых слабо и/или отрицательно коррелированы. Это позволяет снизить риск при формировании портфеля.

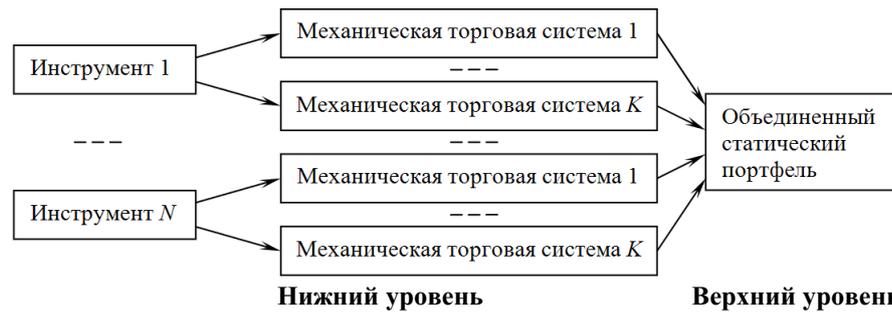


Рис. 10. Система с МТС на нижнем уровне и статическим портфелем на верхнем уровне

Более общим подходом является использование на нижнем уровне не МТС, а систем управления динамическим портфелем общего вида (рис. 11).

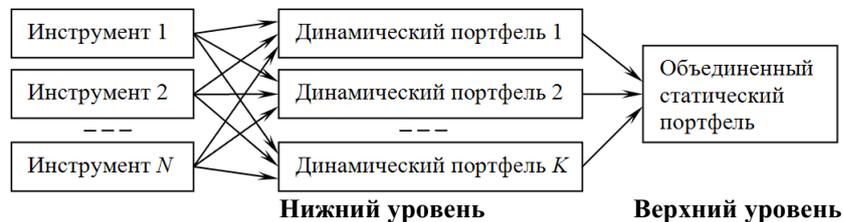


Рис. 11. Система с динамическими портфелями общего вида на нижнем уровне и статическим портфелем на верхнем уровне

При использовании статических портфелей на верхнем и нижнем уровнях (рис. 12) все доли инструментов (реальных и виртуальных) фиксируются в начальный момент времени. Следовательно, доли реальных инструментов в объединенном портфеле (5) также являются постоянными. С этой точки зрения его можно рассматривать в качестве обычного статического портфеля.

Никакие новые полезные свойства в результате объединения статических портфелей не возникают. Более того, можно показать [6], что существуют такие недоминируемые исходные портфели, при объединении которых невозможно получить недоминируемый портфель.

Исходя из этих соображений можно сделать вывод: формирование статического портфеля из других статических портфелей не дает преимуществ по сравнению с формированием оптимального портфеля непосредственно из реальных

инвестиционных инструментов. Это единственный вариант, когда формирование двухуровневой системы бессмысленно.

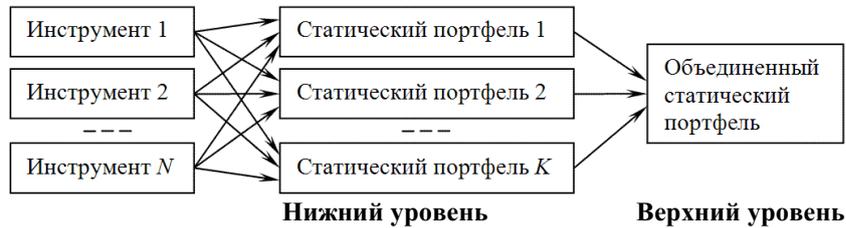


Рис. 12. Система со статическими портфелями на нижнем и верхнем уровнях

Двухуровневые системы с динамическим портфелем общего вида на верхнем уровне

Система формирования динамического портфеля общего вида на верхнем уровне в реальном времени оценивает (прямо или косвенно) доходности виртуальных инструментов, формируемых на нижнем уровне, и строит оптимальный портфель в соответствии с этими оценками и их динамикой.

Схемы таких систем полностью аналогичны схемам, приведенным на рис. 10, рис. 11 и рис. 12, с той лишь разницей, что на верхнем уровне формируется динамический, а не статический портфель.

Система с динамическими портфелями на обоих уровнях является наиболее общим случаем двухуровневой системы. Она предоставляет максимально широкие возможности для формирования оптимального инвестиционного портфеля и изменения его структуры на основе анализа динамики инвестиционных инструментов.

Важными факторами, которые необходимо учитывать при оптимизации систем подобного рода, являются транзакционные издержки и потенциальные потери, связанные с ограниченной ликвидностью реальных инструментов. Система производит большое число сделок относительно небольших объемов, которые не оказывают существенного влияния на текущие рыночные цены (этот факт можно рассматривать в качестве преимущества предлагаемых подходов). Однако при определенных обстоятельствах даже небольшое изменение цены может привести к лавинообразному удовлетворению условий, используемых в системах нижнего уровня, и лавинообразному же неблагоприятному движению цены, вызванному исполнением соответствующих этим условиям заявок. Фактически в системе неявно присутствует положительная обратная связь, наличием которой в большинстве случаев можно пренебречь (в силу инерционности совокупности остальных участников рынка), но существование которой необходимо учитывать при оценке неблагоприятных для системы сценариев.

Заключение

Анализ разнообразия двухуровневых систем показал возможность построения структур, положительно влияющих на эффективность инвестиций. В зависимости от своих индивидуальных предпочтений и капитала инвестор может выбрать более или менее диверсифицированную и/или агрессивную систему, а в зависимости от особенностей конкретного рынка и условий совершения сделок на нем – с большей или меньшей интенсивностью сделок.

Начинающему разработчику целесообразно сосредоточиться на наиболее

простых типах двухуровневых систем – двух последовательно соединенных МТС (см. рис. 6) и статическом портфеле из множества МТС (см. рис. 10).

Также выделен случай, не дающий преимуществ ни при каких условиях, – система со статическими портфелями на обоих уровнях (см. рис. 12). Для формирования статического портфеля достаточно использовать классическую одноуровневую систему.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мерфи Дж.Дж. Межрыночный технический анализ. Торговые стратегии для мировых рынков акций, облигаций, товаров и валют. – М.: Диаграмма, 2002. – 317 с.
2. Винс Р. Математика управления капиталом. Методы анализа риска для трейдеров и портфельных менеджеров. – М.: Альпина, 2007. – 402 с.
3. Титов С.Ю. Адаптивная система принятия решений на финансовых рынках // Прикладная эконометрика. – 2007. – № 3(7). – С. 27-43.
4. Markowitz H. Portfolio selection // The Journal Of Finance. – 1952. – № 1. – С. 77-91.
5. Саркисов В.Г., Саркисов Г.А. Синтез системы управления инвестиционным портфелем на основе моделирования виртуальных финансовых инструментов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2011. – № 3(31). – С. 33-39.
6. Саркисов В.Г. Система оптимального управления коллективными инвестициями в модели Марковица // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2013. – № 4(40). – С. 45-52.

Статья поступила в редакцию 26 июня 2014 г.

STRUCTURE VARIETY OF TWO-LEVEL INVESTMENT MANAGEMENT SYSTEMS WITH THE USE OF DYNAMIC PORTFOLIOS MODELS

V.G. Sarkisov, G.A. Sarkisov

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

Different approaches to the construction of investment portfolios management systems, providing both single formation of an investment portfolio and dynamical changes in its structure, are considered. A comparative analysis of the classical static investment portfolio, dynamic portfolios managed by different algorithms and dynamic portfolios being linear combinations of other portfolios (static or dynamic) are carried out. The generalized two-level structure of a portfolio management system is offered. The lower-level subsystem simulates profitabilities time series of real investment instrument portfolios. The top-level subsystem forms a portfolio, using lower-level formed portfolios as investment instruments.

Keywords: two-level system, multilevel system, investment portfolio, portfolio management, financial instrument, portfolio of systems, dynamic portfolio.

Vigen G. Sarkisov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.
Gennady A. Sarkisov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.