

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИЯМИ

Рассмотрена проблема принятия решений при управлении инвестициями. Существующие решения данной проблемы не позволяют управлять инвестициями комплексно: одновременно реальными и финансовыми.

Приведена постановка задачи принятия решений при управлении инвестициями, которая позволяет распределять инвестиционные средства между реальными и финансовыми инвестициями на основе максимизации прибыли с минимизацией максимального допустимого уровня риска неуспеха.

Модифицирован способ вычисления риска неуспеха портфеля ценных бумаг с использованием D-оценок Руссмана, первая составляющая которого учитывает критическую текущую доходность.

Ключевые слова: *реальные инвестиции, финансовые инвестиции, риск неуспеха, оптимальное стохастическое управление, принятие решений, портфель ценных бумаг.*

ВВЕДЕНИЕ

Принятие решений при управлении инвестициями является важным процессом, результат которого влияет как на развитие субъектов инвестиционной деятельности и в частности на их финансовое состояние, так и на развитие всей страны, что требует использования системного подхода к рассматриваемой проблеме принятия решений при управлении инвестициями.

Под инвестициями понимают деньги, целевые банковские вклады, пай, акции и ценные бумаги (ЦБ), технологии, машины и оборудование, кредиты, любую другую собственность или права на собственность, интеллектуальные ценности, которые вкладываются в объекты предпринимательской и других видов деятельности для получения прибыли и достижения позитивного социального эффекта [1]. По признаку цели вложения капитала различают реальные и финансовые инвестиции.

Реальные инвестиции [2] – обычно долгосрочное вложение средств в материальную сферу для производства продукции. Они предназначены для вложения средств в создание новых, реконструкцию и техническое переоборудование действующих предприятий.

Финансовые инвестиции – вложения в финансовые инструменты: акции, облигации, другие ЦБ и банковские депозиты, активы других предприятий.

Возникновение и оборот финансового капитала непосредственно связаны с функционированием реального капитала, то есть финансовые инвестиции непосредственно связаны с реальными, что позволяет, исходя из теории систем, рассматривать процесс управления инвестициями в качестве сложной взаимосвязанной системы. При этом если реальные инвестиции как правило осуществляются на долгий срок, то финансовые могут относиться как к долгосрочным, так и к краткосрочным.

Таким образом, проблема принятия решений при управлении инвестициями комплексно

(одновременно реальными и финансовыми) является актуальной и её решение должно позволить повысить эффективность процесса инвестирования.

1. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИЯМИ

Патентный поиск позволил выделить набор методов и средств, которые предоставляют возможность управлять портфелем ЦБ и реальными инвестициями.

Методы и средства управления реальными инвестициями не позволяют решить данную проблему на этапе выбора из множества предложенных альтернатив с возможностью не только планировать затраты и длительность реального инвестирования, но и прогнозировать отклонение затрат и длительности выполнения от запланированных значений, основываясь на возможных рисках процесса инвестирования: отклонение от плана фиксируется только по факту.

Патент № 7512555 US [3] выдан на инструментарий управления инвестициями, который предоставляет инвестору возможность формировать и управлять портфелем инвестиций на основе собственных требований. Данная система использует динамически связанные и сконфигурированные блоки портфелей для конструирования и управления иерархией портфелей.

Автоматизированная система управления инвестициями представлена в патенте № 2316819 RU [4]. Система содержит запоминающее устройство для хранения стоимости счёта предоставляемых активов и связанное с ним устройство управления акциями актива, и брокерский модуль, соединённый с устройством управления активом и сконфигурированный для определения возможности покупки как минимум нескольких акций из набора.

Существующие постановки задач и соответствующие им методы принятия инвестиционных решений не предоставляют

возможность распределять средства между реальными и финансовыми инвестициями и соответственно управлять ними. Кроме того решение проблемы принятия инвестиционных решений связано с необходимостью прогнозирования результатов выполнения реального инвестирования и оптимизации портфелей ЦБ.

В данной работе необходимо выполнить математическую постановку задачи принятия решений при управлении инвестициями, которая должна позволить распределять средства и управлять одновременно реальными и финансовыми инвестициями, и определить способы вычисления соответствующих показателей данных видов инвестирования.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИЯМИ

Задача принятия решений при управлении инвестициями является задачей оптимального стохастического управления и направлена на оптимизацию и управление динамической системой при наличии ограничений на управление.

Пусть $Q = N_1 + N_2$ – общее количество направлений реального инвестирования или инвестирования в портфель ЦБ, N_1 – количество рассматриваемых направлений реального инвестирования, а N_2 – количество вариантов стандартного размещения временно свободных средств, которые должны быть направлены на реальное инвестирование.

Управляющее воздействие на каждое из направлений инвестирования или вложения инвестиций в портфель ЦБ может равняться 0 или 1 (направить средства на реальное инвестирование или аналогичное ему финансовое). Элементы пространства управлений $U = (U_1, U_2, \dots, U_T)$ определяют текущее управляющее воздействие U_t в момент времени $t = 1, 2, \dots, T$:

$$U_t = (U_1^t, \dots, U_Q^t, U_{Q+1}^t, \dots, U_{2 \times Q}^t), \quad \text{где}$$

$U_1^t, \dots, U_Q^t = \{0, 1\}$ – управляющее воздействие в момент времени t на каждое из $i = 1 \dots Q$ направлений реального инвестирования или способов стандартного размещения временно свободных средств, которые должны быть направлены на реальное инвестирование; $U_{Q+1}^t, \dots, U_{2 \times Q}^t = \{0, 1\}$ – управляющее воздействие в момент времени t на каждое из $i = Q+1 \dots 2Q$ направлений инвестирования в портфель ЦБ.

Пространство возмущений ϖ представляет неопределённость, с которой сталкивается лицо, принимающее решение, в процессе управления. Возмущение ϖ является элементом некоторого вероятностного пространства (W, W_Σ, P) , где W –

пространство возмущений, W_Σ – δ -алгебра подмножеств из W и задано распределение $P(d\varpi | x, u)$.

Вектор ϖ состоит из элементов, которые представляют вектор случайных возмущений, обусловленных соответственно отклонением в: прогнозированном и фактическом значении риска неуспеха реального и финансового инвестирования; прогнозированных и фактически полученных результатах отклонения фактического объёма (и длительности) инвестиций от запланированного; прогнозированном и фактическом уровне доходности инвестирования в портфель ЦБ, а также вектора случайных возмущений, обусловленных неточностью экспертных оценок приоритетности направлений реального инвестирования.

Задача принятия решений при управлении инвестициями состоит в нахождении такой стратегии управления U на множестве допустимых решений Ω , которая максимизирует прибыль $B(U_t, x_t, \varpi)$, полученную от вложения на период времени T объёма средств S_0 в реальные инвестиции и портфели ЦБ и стандартного размещения временно свободных средств, которые должны быть направлены на реальное инвестирование, характеризующееся пространством состояний x при неопределённости ϖ , и минимизирует максимальный допустимый уровень риска неуспеха $R(U_t, x_t, \varpi)$:

$$\sum_{t=0}^T M\{B(U_t, x_t, \varpi)\} \rightarrow \max, \quad U \in \Omega \quad (1)$$

$$\max_{t=0 \dots T} M\{R(U_t, x_t, \varpi)\} \rightarrow \min, \quad U \in \Omega \quad (2)$$

где $M\{\dots\}$ – математическое ожидание соответствующей величины.

При этом длительность инвестирования $T(x_i^t)$ и затрат $I(x_i^t)$ на реальное инвестирование должны равняться длительности и объёму средств, которые инвестируются в портфель ЦБ:

$$\sum_{t=0}^T I(x_i^t) = \sum_{t=0}^T I(x_{Q+i}^t), \quad (3)$$

$$T(x_i^t) = T(x_{Q+i}^t), i = 1 \dots Q. \quad (4)$$

Общий объём затрат на инвестирование на протяжении периода T не должен превышать общий объём наличных инвестиций S_0 :

$$\sum_{i=1}^{N_1} \left(\sum_{t=0}^T U_i^t I(x_i^t) \right) + \sum_{i=Q+1}^{Q+N_1} \left(\sum_{t=0}^T U_i^t I(x_i^t) \right) \leq S_0. \quad (5)$$

Период выполнения каждого направления инвестирования не должен превышать плановый период T :

$$\forall i, t: t + T(x_i^t) \leq T, \quad i = 1 \dots 2Q, t = 0 \dots T. \quad (6)$$

Ограничение на вектор управляющего воздействия:

$$U_i^t \oplus U_{Q+i}^t = 1, \quad i = 1 \dots Q. \quad (7)$$

Постановка задачи принятия решений при управлении инвестициями (1)–(2) с ограничениями (3)–(7), решение которой выполнено с помощью соответствующего метода [5], определяет необходимость прогнозирования показателей объёма и длительности реального инвестирования и риска неуспеха реального и финансового инвестирования.

Риск неуспеха реального инвестирования при этом рассматривается как вероятность принадлежности данного направления к классу неуспешных (тех, для которых фактические затраты и длительность превысили плановые показатели). Для прогнозирования отклонения фактических показателей (объёма и длительности) реального инвестирования от плановых и его риска неуспеха предложены соответствующие методы на

основании искусственных нейронных сетей. Рассмотрим детально способ определения риска неуспеха финансового инвестирования на основе модифицированного метода принятия решений при управлении портфелем ЦБ на основе D-оценок Руссмана [6].

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКА НЕУСПЕХА ФИНАНСОВОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ D-ОЦЕНОК РУССМАНА

Риск неуспеха финансового инвестирования определяется следующим образом [7]:

$$d(t) = \max\{d_1(t), d_2(t)\}, \quad d(t) \in [0, 1], \quad (8)$$

$$d_1(t) = \frac{(V_{\max} t - f(t))(A_{pl} + V_{\min} t - V_{\min} t_{pl} - f(t))}{t(A_{pl} - V_{\min} t_{pl})(V_{\max} - V_{\min})} \quad (9)$$

$$d_2(t) = \frac{(V_{\max} t - f(t))(A_{pl} + V_{\min} t - V_{\min} t_{pl} - f(t))}{(t_{pl} - t)(V_{\max} t_{pl} - A_{pl})(V_{\max} - V_{\min})} \quad (10)$$

Геометрическая интерпретация управления системой достижения цели на основе D-оценок Руссмана представлена на рис. 1. Прямые OB и OD соответствуют траектории движения системы с максимальной и минимальной возможной скоростью на протяжении планового периода. В процессе управления портфелем ЦБ обычно минимальная скорость оказывается отрицательной.

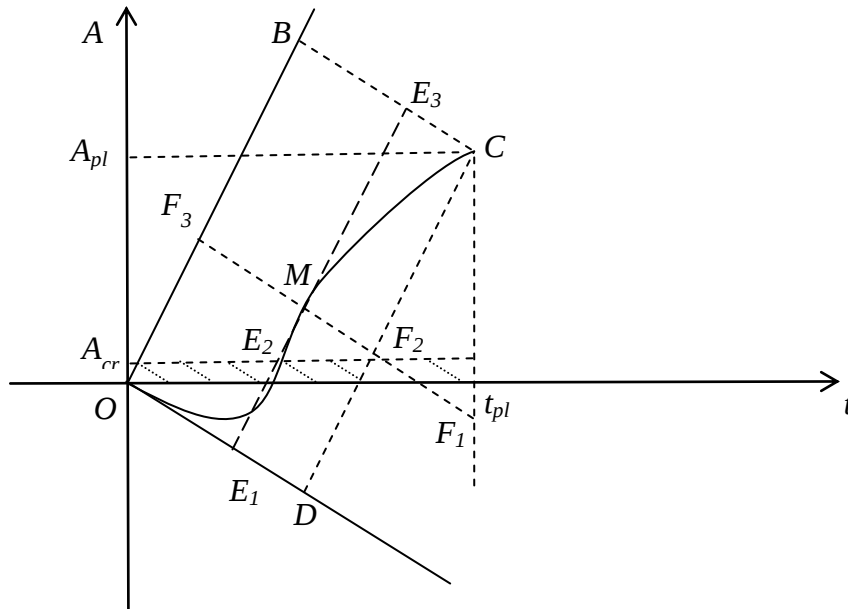


Рис. 1. Геометрическая интерпретация риска неуспеха финансового инвестирования

OC – ожидаемая траектория движения системы к цели, которая определяется согласно модифицированному методу принятия решений при управлении портфелями ЦБ [6] на основании метода группового учёта аргумента, а точка $M(t_0, f(t_0))$ – произвольная точка данной кривой $A = f(t)$. Точка C соответствует плановому результату

системы A_{pl} в момент времени t_{pl} . Прямые BC и CD проведены параллельно соответственно OD и OB через точку C . Первая составляющая сложности достижения цели системой находится на уровне 0 на прямой BC , которая определяет положение системы, при котором движения с минимальной скоростью достаточно для достижения цели.

В данном случае считается одинаково неблагоприятным результат, который находится на прямых CD ($d_2 = 1$, так как достичь запланированного результата из положения на данной прямой можно только двигаясь с максимальной скоростью), и тот, который находится на прямой Ot ($d_1 = 1$). Инвестор, стремящийся избежать убытков, старается избежать не просто движения с отрицательной скоростью, так как такого движения из-за экономической природы избежать невозможно, а именно избежать получения текущего результата, который приближается к нулевому. Исходя из данного предположения, возникает необходимость установления сложности, равной 1, на уровне критической текущей доходности ($A = A_{cr}$).

Если $\mu \in (0;1]$ – безразмерная оценка качества ресурса, $\varepsilon \in [0;1)$ – нижняя граница требований к качеству ресурса, а ресурс считается допустимым, если $\mu \geq \varepsilon$, то сложность достижения цели (риск неуспеха) задаётся следующим соотношением [8]:

$$d = \frac{\varepsilon(1-\mu)}{\mu(1-\varepsilon)}, \mu \geq \varepsilon. \quad (11)$$

Для первой составляющей риска неуспеха величины ε_1 и μ_1 определяются как:

$$\varepsilon_1 = \frac{|E_1 E_2|}{|E_1 E_3|}, \quad (12)$$

$$\mu_1 = \frac{|E_1 M|}{|E_1 E_3|}. \quad (13)$$

Если подставить значения, полученные с помощью выражений (12) и (13), в (11), то будет

$$|E_1 E_2| = \frac{|V_{\min} V_{\max} t_0 - V_{\min} f(t_0) - V_{\max} A_0 + V_{\min} A_0|}{V_{\max} (V_{\max} - V_{\min})} \sqrt{1 + V_{\max}^2},$$

$$|E_1 E_3| = \frac{|A_{pl} - V_{\min} t_{pl}|}{V_{\max} - V_{\min}} \sqrt{1 + V_{\max}^2},$$

$$|E_1 M| = \frac{f(t_0) - V_{\min} t_0}{V_{\max} - V_{\min}} \sqrt{1 + V_{\max}^2}.$$

$$d_1(t) = \frac{(V_{\max} A_{cr} - V_{\min} A_{cr} - V_{\min} V_{\max} t + V_{\min} f(t))}{(A_{pl} V_{\max} - V_{\min} V_{\max} t_{pl} - V_{\max} A_{cr} + V_{\min} A_{cr} + V_{\min} V_{\max} t - V_{\min} f(t))} \times$$

$$\times \frac{(A_{pl} - V_{\min} t_{pl} - f(t) + V_{\min} t)}{(f(t) - V_{\min} t)} \quad (15)$$

Вторая составляющая, как и в существующем подходе, определяется с помощью (10).

Таким образом, для вычисления риска неуспеха на основании (8) с учётом текущей критической доходности можно использовать выражения (10) и (15).

получено выражение для определения первой составляющей риска неуспеха:

$$d_1 = \frac{|E_1 E_2| (|E_1 E_3| - |E_1 M|)}{(|E_1 E_3| - |E_1 E_2|) |E_1 M|}. \quad (14)$$

Прямая OB характеризуется уравнением $A = V_{\max} t$, прямой OD соответствует уравнение $A = V_{\min} t$, а прямая $E_1 E_3$ проведена параллельно OB и проходит через точку M , а значит определяется уравнением $A = V_{\max} (t - t_0) + f(t_0)$. Прямая BC проходит параллельно OD через точку C (t_{pl}, A_{pl}), а значит определяется уравнением $A = V_{\min} (t - t_{pl}) + A_{pl}$. Точка E_1 лежит на пересечении прямой OD с прямой $E_1 E_3$, а значит ей соответствуют координаты

$$\left(\frac{V_{\max} t_0 - f(t_0)}{V_{\max} - V_{\min}}, V_{\min} \frac{V_{\max} t_0 - f(t_0)}{V_{\max} - V_{\min}} \right).$$

Аналогично определяются координаты точек

$$E_2 \left(\frac{A_0 - f(t_0) + V_{\max} t_0}{V_{\max}}, A_0 \right) \quad \text{и} \quad E_3 \left(\frac{A_{pl} + V_{\max} t_0 - V_{\min} t_{pl} - f(t_0)}{V_{\max} - V_{\min}}, \frac{A_{pl} V_{\max} + V_{\max} V_{\min} t_0 - V_{\max} V_{\min} t_{pl} - V_{\min} f(t_0)}{V_{\max} - V_{\min}} \right).$$

На основе полученных координат можно определить длины отрезков $E_1 E_2$, $E_1 E_3$, $E_1 M$:

Если подставить полученные значения длин отрезков в (14), то будут получены значения первой составляющей d_1 :

ВЫВОДЫ

Существующие методы принятия решений при управлении инвестициями не позволяют распределять инвестиционные средства между реальными и финансовыми инвестициями, то есть управлять инвестициями комплексно. Реальные инвестиции характеризуются долгосрочностью, в

то время как финансовые инвестиции (в портфели ценных бумаг), происходят как на короткий, так и на длительный период.

Научная новизна статьи состоит в следующем:

– приведена постановка задачи принятия решений при управлении инвестициями, которая позволяет распределять инвестиционные средства между реальными и финансовыми инвестициями на основе максимизации прибыли и минимизации максимального допустимого уровня риска неуспеха и включает в себя определение прогнозируемых показателей реального и финансового инвестирования;

– модифицирован способ вычисления риска неуспеха портфеля ценных бумаг на основе D-оценок сложности Руссмана, в котором учитывается критическая текущая доходность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шарп, У.* Инвестиции : пер. с англ. / У. Шарп, Г. Александер, Дж. Бэйли. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 1028 с.

2. *Greer, G.E.* Investment Analysis For Real Estate Decisions : 7 Edition / Gaylon E. Greer. – Chicago : Dearborn Financial Publishing, 2009. – 552 p.

3. *Pat. 7512555 US, IPC G06Q 99/00.* Investment management tool / Finn ; Gregory M. – Appl. No. 10/292,079 ; published 31.03.2009 ; filed 12.11.2002. – Режим доступа : <http://patimg1.uspto.gov/piw?Docid=7512555>.

4. *Пат. 2316819 РФ, МПК G06Q40/00.* Система для создания инвестиционного инструмента в виде набора представляемых активов и его акций / Вейс Аллан Н. ; патентообладатель : МакроМакитс эЛэЛСи (US). – Заявка № 2003129533/09 ; заявл. 01.03.2002 ; опубл. 27.04.2005. – Режим доступа : http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=7121&DocNumber=231681.

5. *Льовкін, В.М.* Прийняття інвестиційних рішень в умовах невизначеності / В.М. Льовкін, В.І. Дубровін // Системи обробки інформації. – 2012. – № 2 (100). – С. 264–270.

6. *Льовкін, В.М.* Формування інвестиційного портфеля в умовах нестабільного фондового ринку / В.М. Льовкін, В.І. Дубровін // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – 2011. – № 51. – С. 145–149.

7. *Берколайко, М.З.* Использование D-оценок Руссмана для управления портфелем активов / М.З. Берколайко, И.Л. Каширина, К.Г. Иванова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия : Системный анализ и информационные технологии. – 2008. – №1. – С. 102–110.

8. *Берколайко, М.З.* О некоторых методах формирования и управления портфелем активов. Часть 2 / М.З. Берколайко, И.Б. Русман // Экономическая наука современной России. – 2004. – №2. – С. 25–36.