

УДК 338.12.017

# УПРАВЛЕНИЕ ПОРТФЕЛЕМ ИНВЕСТИЦИЙ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ

**С.Л. Чернышев**

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
Россия, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5  
E-mail: [chernshv@bmsu.ru](mailto:chernshv@bmsu.ru)

**А.Ю.Грибов**

ООО «Киберплат»  
Россия 123610, г. Москва, ЦМТ, Краснопресненская набережная, 12  
E-mail: [info@cyberplat.ru](mailto:info@cyberplat.ru)

**Ключевые слова:** чистый приведенный доход, портфель, дисконтирование, дисперсия, диверсификация, оптимальные доли, вероятность риска.

**Аннотация:** Рассмотрена актуальная задача определения технологии управления портфелем инвестиционных проектов на основе диверсификации с учетом фактора времени и с применением принципа дисконтирования. Найдены выражения для чистого приведенного дохода портфеля с учетом разброса цен на продукцию разных проектов. Определено его среднее значение и дисперсия. Рассмотрено управление долями финансирования проектов на основе критерия минимума дисперсии чистого приведенного дохода. Показано, что определение оптимальных долей зависит от ставки дисконтирования. При неравных сроках проектов, входящих в портфель оптимальные доли необходимо изменять при изменении ставки инфляции, входящей в ставку дисконтирования. С увеличением ставки дисконтирования оптимальные доли сближаются. Показано, что чистый приведенный доход при управлении долями превышает величину, получаемую без этого управления, а вероятность риска снижается.

## 1. Введение

Управление инвестициями основано на минимизации вероятности их риска. Такая минимизация обеспечивается распределением инвестиций между разными проектами, на чем основан метод диверсификации. Марковицем [1-8] и другими авторами разработана теория управления портфелем производственных проектов. Как известно, уменьшение вероятности риска портфеля проектов возможно за счет минимизации дисперсии дохода. Технология управления, описанная в настоящей статье, основана именно на этом способе. Нужно также учитывать моменты времени, в которые осуществляются платежи в проектах, входящих в портфель. Эта особенность производственных проектов делает необходимым применение дисконтного метода [9], согласно которому платежи в проектах дисконтируются. Экономическая эффективность оценивается по четырем показателям – чистому приведенному доходу  $NPV$ , Внутренней норме доходности  $IRR$ , дисконтному сроку окупаемости  $PP$  и индексу доходности  $PI$ . Настоящая статья посвящена технологии управления портфелем инвестиций, основанной на дисконтном подходе с учетом долговременности производственных проектов.

## 2. Чистый приведенный доход портфеля проектов и его дисперсия

Пусть в портфеле имеется  $N$  проектов, то чистый приведенный доход  $NPV$  такого портфеля будет определяться из следующего выражения:

$$(1) \quad \overline{NPV} = \overline{NPV} + \sum_{k=0}^T \sum_{l=1}^N S_l(k) \varepsilon_{Rl}(k) (1+i)^{-k},$$

где  $\overline{NPV}$  – среднее значение чистого приведенного дохода,  $S_l(k)$  – натуральные объемы продаж,  $\varepsilon_{Rl}(k)$  – случайный разброс цен,  $i$  – ставка дисконтирования,  $T$  – рассматриваемый период времени. Случайный разброс чистого приведенного дохода определяется вторым слагаемым в (1).

В (1) учтено, что чистый приведенный доход портфеля является случайной величиной. Его дисперсия будет определяться выражением [10]

$$(2) \quad \sigma_{NPV}^2 = \sum_{n=1}^N \sigma_{Rn}^2 S_{nd}^2 + \sum_{m=1}^N \sum_{\substack{n=1 \\ m \neq n}}^N r_{mn} \sigma_{Rm} \sigma_{Rn} S_{mnd}^2,$$

где  $S_{nd}^2 = \sum_{k=0}^T S_n^2(k) (1+i)^{-2k}$ ,  $r_{TT}$  – коэффициент корреляции между ценами на продукцию разных проектов,  $\sigma_{Rn}$  и  $\sigma_{Rm}$  – их стандартные отклонения,  $S_{mnd}^2 = \sum_{k=0}^T S_m(k) S_n(k) (1+i)^{-2k}$ . Управление с целью уменьшения вероятности риска портфеля заключается в минимизации дисперсии (2) за счет подбора в портфель соответствующих проектов и долей их финансирования, то есть за счет диверсификации.

## 3. Управление долями

Оптимальные доли  $c_{lopt}$  по Марковицу определяются по критерию минимума дисперсии чистого приведенного дохода портфеля. В нашем случае доли определяются, как  $c_l = S_l / S_{\Sigma}$ , т.е. как доля выпуска продукции  $l$ -го проекта в общем суммарном объеме производства  $S_{\Sigma}$  всех проектов.

Рассмотрим для упрощения частный случай, когда во всех проектах осуществляются постоянные продажи постнумерандо, то есть  $S_l(k) \bar{R}_l(k) = const$ , а также когда эти проекты некоррелированы между собой. Для этого случая формула (2) приобретает вид  $\sigma_{NPV}^2 = \sum_{l=1}^N \sigma_{Rl}^2 S_l^2 d_{Ti}$ , где  $d_{Ti} = \frac{1-(1+i)^{-2T}}{(1+i)^2 - 1}$ .

Средний чистый приведенный доход для этого случая будет определяться, как

$$\overline{NPV} = \sum_{l=1}^N (S_l \bar{R}_l a_{Ti} - K_l), \quad NPV_{\min} = \overline{NPV} - 2\sigma_{NPV},$$

где  $a_{Ti} = \frac{1-(1+i)^{-T}}{i}$  – коэффициент приведения постоянной ренты постнумерандо,  $K_l$  – единовременные инвестиции.

Технология управления портфелем проектов изменяется, если сроки проектов становятся разными. В этом случае

$$\sigma_{NPV}^2 = \sum_{l=1}^N \sigma_{Rl}^2 \sum_{k=0}^{T_l} S_l^2(k) (1+i)^{-2k} + \sum_{m=1}^N \sum_{\substack{n=1 \\ m \neq n}}^N r_{mn} \sigma_{Rm} \sigma_{Rn} \sum_{k=0}^{T_r} S_m(k) S_n(k) (1+i)^{-2k},$$

где  $T_l$  – срок  $l$ -го проекта. Рассмотрим для упрощения портфель из двух проектов ( $N = 2$ ). Для этого случая, в соответствии с известным подходом [9], минимальной вероятности риска соответствуют оптимальные доли инвестирования в проекты  $c_l$ . Эти оптимальные доли для некоррелированных цен рассчитываются как

$$c_1 = \frac{\sigma_2^2 d_{T_2 i}}{\sigma_1^2 d_{T_1 i} + \sigma_2^2 d_{T_2 i}} \quad \text{и} \quad c_2 = \frac{\sigma_1^2 d_{T_1 i}}{\sigma_1^2 d_{T_1 i} + \sigma_2^2 d_{T_2 i}}.$$

Очевидно, что с изменением сроков проектов  $T_l$  изменяются и оптимальные доли. Поэтому технология управления инвестициями будет зависеть как от сроков проектов, так и от процентной ставки дисконтирования  $i$ .

На рис. 1 показана зависимость оптимальных долей инвестирования проектов от процентной ставки дисконтирования, которая, как известно, зависит от уровня инфляции. Так, с увеличением процентной ставки инфляции, растет и ставка дисконтирования. В этих условиях следует управлять оптимальными долями, обеспечивая минимальную вероятность риска. Для зависимости рис. 1 для примера взяты сроки проектов  $T_1 = 5$  лет, а  $T_2 = 10$  лет. Из рис. 1 следует, что управление инвестициями проектов с разными сроками действительно зависит от процентной ставки и технология управления должна учитывать эту зависимость. Важно также учесть, как меняется чистый приведенный доход портфеля при таком управлении долями. Если потоки платежей в проектах представляют собой постоянные ренты постнумерандо с разными сроками и единовременными инвестициями, то каждый из проектов будет иметь чистый приведенный доход, который определяется, как  $\overline{NPV} = \sum_{l=1}^N (S_l \bar{R}_l a_{T_l i} - K_l)$ . Оптимальные выпуски при описанном выше управлении долями будут определяться, как  $S_{lopt} = c_{lopt} S_{\Sigma}$ .

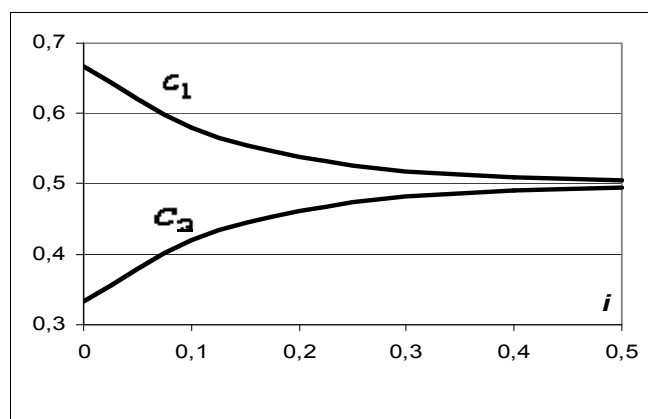
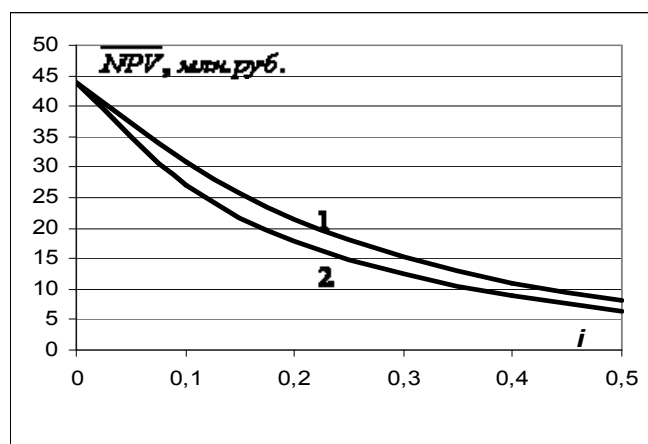
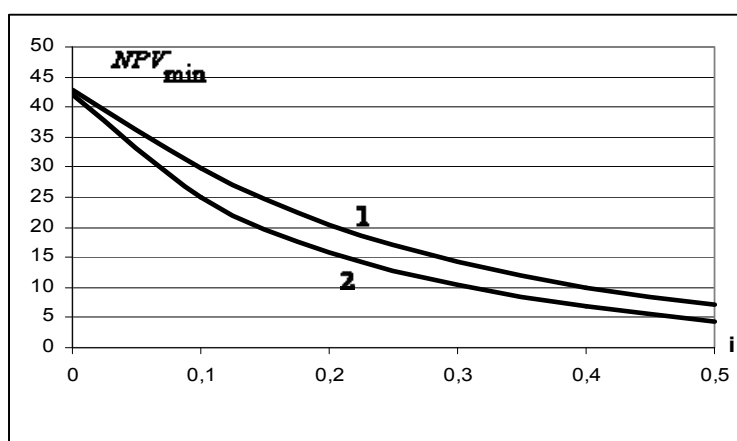


Рис. 1. Зависимость оптимальных долей от ставки дисконтирования.

На рис. 2 показано изменение среднего значения  $\overline{NPV}$  при изменении ставки дисконтирования. Как видно из рисунка, при управлении долями значение  $\overline{NPV}$  оказывается выше, чем без управления долями. При расчетах был взят частный случай, когда  $S_{\Sigma} \bar{R}_1 = 5$  млн. руб.,  $S_{\Sigma} \bar{R}_2 = 10$  млн.руб.,  $T_1 = 5$  лет,  $T_2 = 10$  лет,  $K_1 = 2$  млн.руб.,  $K_2 = 4$  млн.руб.



**Рис. 2.** Изменение среднего чистого приведенного дохода при увеличении ставки дисконтирования (1 – с управлением долями, 2 – без него).



**Рис. 3.** Изменение нижнего порога чистого приведенного дохода для вероятности риска 5% при увеличении ставки дисконтирования (1 – с управлением долями, 2 – без него).

На рис. 3 приведена зависимость минимального порога чистого приведенного дохода для вероятности риска, равной 5% при управлении долями и без него ( $NPV_{\min} = \overline{NPV} - 2\sigma_{NPV}$ ). Видно, что при управлении долями этот порог выше, то есть вероятность риска 5% обеспечивается при большей доходности портфеля. Внутренняя норма доходности  $IRR$  при управлении долями возросла с 80% до 105%. Дисконтный срок окупаемости  $PP$  при любой ставке дисконтирования меньше, а индекс доходности, например, для  $i = 0,5$  возрос с 2,05 до 2,35. Приведенные данные свидетельствуют, что, кроме уменьшения риска, описанная технология управления инвестициями приводит и к улучшению экономической эффективности капиталовложений.

## 4. Заключение

Технология управления портфелем инвестиционных проектов на основе диверсификации должна учитывать фактор времени и использовать принцип дисконтирования. Среднее значение чистого приведенного дохода портфеля и его дисперсия зависят от

процентной ставки дисконтирования. Рассмотрено управление долями финансирования проектов на основе критерия минимума дисперсии чистого приведенного дохода. Показано, что оптимальные доли финансирования проектов в портфеле должны учитывать процентную ставку дисконтирования. При неравных сроках проектов, входящих в портфель, оптимальные доли необходимо изменять при изменении ставки инфляции, входящей в ставку дисконтирования. С увеличением ставки дисконтирования оптимальные доли сближаются. Вероятность риска при управлении долями снижается. Показано, что чистый приведенный доход при управлении долями превышает величину, получаемую без этого управления, а внутренняя норма доходности и индекс доходности увеличивается.

## Список литературы

1. Markowitz H.M. Foundations of Portfolio Theory // Journal of Finance. 1991. Vol. 46, No. 2, P. 469-477.
2. Guerard J.B., Markowitz H., Xu G. Earnings forecasting in a global stock selection model and efficient portfolio construction and management // International Journal of Forecasting, 2015. Vol. 31, No. 2. P. 550-560.
3. Guerard J.B., Markowitz H., Xu G. The role of effective corporate decisions in the creation of efficient portfolios // IBM Journal of Research and Development. 2014. Vol. 58, No. 4. 6861538.
4. Markowitz H.M. Market Efficiency: A Theoretical Distinction and So What? // Financial Analysts Journal. 2005. Vol. 61, No. 5. P. 17-30.
5. Gupta F., Markowitz H.M. Theory of Portfolio Selection (Book chapter) // Institutional Investment Management: Equity and Bond Portfolio Strategies and Applications. 2012. P. 13-40.
6. Markowitz H.M. Harry Markowitz: Selected Works. World Scientific-Nobel Laureate Series: Vol. 1. Hackensack, New Jersey: World Scientific, 2009. 716 p.
7. Markowitz H.M. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. New York: John Wiley & Sons. (Reprinted by Yale University Press, 1970, ISBN 978-0-300-01372-6; 2nd ed. Basil Blackwell, 1991.)
8. Markowitz H.M., Belzer J., Holzman A.G., Kent A. (Eds.) SIMSCRIPT, Encyclopedia of Computer Science and Technology. 1979, New York and Basel: Marcel Dekker. 516 p.
9. Четыркин Е.М. Финансовая математика. М.: Дело, 2011. 392 с.
10. Чернышев С.Л. Риски портфеля производственных проектов с учетом случайного разброса рыночных цен и дисконтирования // Машиностроение и компьютерные технологии. 2016. № 11. С. 153-161.