

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Viktorija STASYTYTĖ

# INVESTMENT PORTFOLIO DECISION SUPPORT SYSTEM

SUMMARY OF DOCTORAL DISSERTATION

SOCIAL SCIENCES,  
ECONOMICS (04S)



LEIDYKLA  
Vilnius TECHNIKA 2011

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2007–2011.

Scientific Supervisor

**Prof Dr Habil Aleksandras Vytautas RUTKAUSKAS** (Vilnius Gediminas Technical University, Social Sciences, Economics – 04S).

**The dissertation is being defended at the Council of Scientific Field of Economics at Vilnius Gediminas Technical University:**

Chairman

**Prof Dr Habil Borisas MELNIKAS** (Vilnius Gediminas Technical University, Social Sciences, Economics – 04S).

Members:

**Prof Dr Birutė GALINIENĖ** (Vilnius University, Social Sciences, Economics – 04S),

**Prof Dr Habil Artūras KAKLAUSKAS** (Vilnius Gediminas Technical University, Social Sciences, Management and Administration – 03S),

**Prof Dr Habil Rimvydas SIMUTIS** (Kaunas University of Technology, Technological Sciences, Informatics Engineering – 07T),

**Assoc Prof Dr Rima TAMOŠIŪNIENĖ** (Vilnius Gediminas Technical University, Social Sciences, Economics – 04S).

Opponents:

**Prof Dr Habil Narimantas Kazimieras PALIULIS** (Vilnius Gediminas Technical University, Social Sciences, Economics – 04S),

**Prof Dr Vytautas SNIEŠKA** (Kaunas University of Technology, Social Sciences, Economics – 04S).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Council of Scientific Field of Economics in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at 10 a. m. on 21 October 2011.

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4952, +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112;

e-mail: doktor@vgtu.lt

The summary of the doctoral dissertation was distributed on 20 September 2011.

A copy of the doctoral dissertation is available for review at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania).

© Viktorija Stasytytė, 2011

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Viktorija STASYTYTĖ

# INVESTICIJŲ PORTFELIO SPRENDIMŲ PARAMOS SISTEMA

DAKTARO DISERTACIJOS SANTRAUKA

SOCIALINIAI MOKSLAI,  
EKONOMIKA (04S)



Vilnius LEIDYKLA  
TECHNIKA 2011

Disertacija rengta 2007–2011 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.  
Mokslinis vadovas

**prof. habil. dr. Aleksandras Vytautas RUTKAUSKAS** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika – 04S).

**Disertacija ginama Vilniaus Gedimino technikos universiteto Ekonomikos mokslo krypties taryboje:**

Pirmininkas

**prof. habil. dr. Borisas MELNIKAS** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika – 04S).

Nariai:

**prof. dr. Birutė GALINIENĖ** (Vilniaus universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika – 04S),

**prof. habil. dr. Artūras KAKLAUSKAS** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, socialiniai mokslai, vadyba ir administravimas – 03S),

**prof. habil. dr. Rimvydas SIMUTIS** (Kauno technologijos universitetas, technologijos mokslai, informatikos inžinerija – 07T),

**doc. dr. Rima TAMOŠIŪNIENĖ** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika – 04S).

Oponentai:

**prof. habil. dr. Narimantas Kazimieras PALIULIS** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika – 04S),

**prof. dr. Vytautas SNIEŠKA** (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika – 04S).

Disertacija bus ginama viešame Ekonomikos mokslo krypties tarybos posėdyje 2011 m. spalio 21 d. 10 val. Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva.

Tel.: (8 5) 274 4952, (8 5) 274 4956; faksas (8 5) 270 0112;

el. paštas doktor@vgtu.lt

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2011 m. rugsėjo 20 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva).

VGTU leidyklos „Technika“ 1900-M mokslo literatūros knyga.

© Viktorija Stasytytė, 2011

## **Introduction**

### ***Definition of the problem***

The capital market, as a core of market economics, is a framework for sustainable economic development strengths and mechanisms formation. The phenomena of sustainability, named as a main attained development characteristic of the economy as a whole, as well as of capital market, lacks quantitative measurement, and, at the same time, constructiveness. The dissertation analyses investment return in capital market applying the quantitatively expressed reliability indicator. A viewpoint towards investments in capital market through the prism of reliability of investment return should become a step towards sustainable development of economy.

However, in order to be able to manage investment decisions practically in capital market with regard to their reliability, one should possess constructive theoretical knowledge and apply it to the evaluation of reliability impact on investors' expectations, and which could be used by investors in order to participate in capital market processes. The formation of such knowledge becomes a core problem of capital market.

### ***Topicality of the research***

Since the origins of modern investment portfolio theory it has gained a great importance among various scientists, analysing the investment management field and among the practicians who would like to detect favourable opportunities for investment. Researches of various directions had begun in order to improve this theory and detect the adequate form of probability distribution for description of return possibilities. The risk (riskness) concept has been intensively analysed searching for the most suitable measure of risk applicable for investment portfolio. Along with profitability and risk, additional parameters have been proposed for investment portfolio optimization, such as skewness, Value at Risk (VaR), Conditional Value at Risk (CVaR), semivariance. A notion has been developed that portfolio optimization should be multiobjective. However, a primary particular problem has been arisen in order to ensure the economy of investment – how to commensurate investment return and reliability with regard to investor and how to balance investment riskness with investor's risk. Unfortunately, till this time only fragmented research of similar nature has been done. Thus there appears a need to develop a decision support system for capital markets to implement the mentioned objective, which would systemically consider the processes taking place in capital market in terms of its concept and technical characteristics.

The dissertation is aimed at analysing up-to-date and theoretically meaningful aspects of investment portfolio management in capital market. The

possible ways of their solving have been proposed and the means which could be applied to investment decisions management in capital markets have been investigated.

### ***The object of the scientific research***

The object of research is the decision support system, allowing to make investment decisions in capital market with regard to their reliability.

### ***The objective of the work***

The research objective is to develop the investment portfolio decision support system, applying and developing the principles of adequate investment portfolio model, which is capable of forming efficient investment strategies in capital market, considering investor's possibilities to manage risk, and implement the developed system in practice in the selected stock markets.

### ***The tasks of the work***

The following tasks are formulated in order to achieve the objective of the work:

1. To analyse the conceptions and main principles of the modern investment portfolio theory and its ways of development.
2. To analyse the adequate investment portfolio model, which jointly with the subject's utility function constitutes a sound base for proper description of investment return possibilities' set and for finding an optimal solution.
3. To develop and elaborate the investment portfolio decision support system in capital market.
4. To investigate the application possibilities of investment decision support system in capital market by performing the investment experiment in the selected capital markets using historical data in order to determine the suitability of the system strategies for the market.
5. To conduct a real-time research in virtual demo portfolio management platform in order to reveal the applicability of strategies in the real time.
6. To present a thorough monitoring scheme for capital market and to perform a historical monitoring in the selected capital markets on purpose of disclosing the possibilities of search for market efficiency shoals.

### ***Methodology of the research***

For analysis of conceptual provisions associated with consistent patterns of capital market and models of portfolio theory the comparative analysis, logical and systemical analysis methods have been used. To develop and elaborate the investment portfolio decision support system the methods of synthesis, concretization, generalization have been used. In order to disclose the possibilities of adequate investment portfolio model and apply them in capital markets possibilities' research, as well as for processing results provided by the

system, the mathematical-statistical analysis, stochastic optimization, imitative modelling and spatial analysis was applied.

### ***Scientific novelty***

1. After analysing the newest scientific research related with investment portfolio formation and management problems the main development trends of these researches were classified, and the groups of most important means for such problems solving were distinguished. Thus, the most prospective trends of development of investment portfolio theory were pointed out.

2. The premises to apply the whole probability distribution of expected investment portfolio return were proposed. In the dissertation the investment return possibilities of the capital market have been analysed with regard to three characteristics of the possibilities' set – the extent of return possibilities, their reliability and investor's risk. On the basis of such three-dimensional perception the methodical scheme of adequate portfolio formation and management in capital market is derived.

3. The investment portfolio decision support system in capital market has been developed, which is based on the reliability of return possibilities. Applying the system it is possible to generate sustainable return investment strategies for particular investor in capital market. Investor's utility function is being formed, which depends on investment return, reliability and risk. Risk in the utility function is perceived as the riskness level of the investment return set, acceptable for a particular investor, because the essence of risk concept in the subject's context of interests requires to take into account the possible loss extent incurred by the subject.

4. The link between decision support system's subsystems has been disclosed along with their significance for the general objective of the system – a search for optimal investment decisions. The monitoring scheme for capital markets is developed and thoroughly described.

### ***Practical value***

1. The developed investment portfolio decision support system is a meaningful methodological instrument of investment management in capital markets, and practical implementation of the system could help investors to reach higher than average (index) market return.

2. Using the proposed system, the adequate portfolio principles and selecting the respective utility function for particular investor, institutional investors and other professionals of this field could personally apply or propose for their customers the quantitatively reasoned decisions.

3. Investment portfolio decision support system in capital market, selecting the optimal portfolio formation and management scenario composition for investor, considers particular investor's characteristics, including avoidance

of critical situations, which is expressed in terms of risk contents – the possibilities of loss. For this reason the system could be attractive for an individual investor.

4. The developed system constitute the synergy with the adequate portfolio model. The proposed investment decisions could contribute to the market decisions efficiency, qualifying the professional investors and training the investment culture in Lithuania.

#### ***Defended propositions***

1. The set of investment return possibilities should be analysed considering three characteristics of this set – the return possibilities, their reliability and riskness of return possibilities (as a main factor of investor's risk), because only in such a manner the investment portfolio, adequate for investment possibilities' stochasticity management, could be formed.

2. Investment portfolio decision support system is necessary in order to effectively combine the stochastically described possibilities of investment return set with investor's interests, expressed in investor's utility function.

3. Using the investment portfolio decision support system it is possible to find efficiency shoals in capital market – certain market segments in particular periods of time when applying adequate investment strategies one could obtain higher than the average (index) return in the market.

#### ***The scope of the scientific work***

The scientific work consists of the introduction, three chapters, general conclusions, list of literature (214 sources), list of author's publications and annexes (in electronic storage). The total scope of the dissertation – 164 pages (without annexes), 52 figures, 36 tables and 11 annexes.

## **1. Theoretical Aspects of Investment in Capital Market**

The first chapter of the dissertation is oriented towards the analysis of the main theoretical aspects of investment, particularly in capital markets, which constitute the framework for further research.

The classic and contemporary attitudes towards capital market behaviour were compared by analysing the works of L. Bachelier, E. F. Fama, A. W. Lo, B. G. Malkiel, H. Roberts, A. V. Rutkauskas, A. Timmerman and C. W. J. Granger.

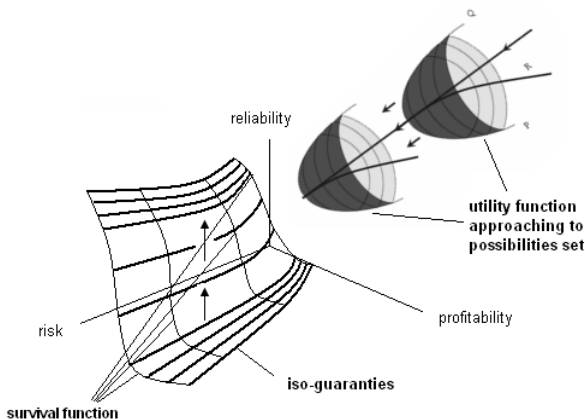
Various perceptions of risk concept, declared by E. W. Anderson, A. Balžeikienė, E. G. Van Brunschot, S. French and Y. Liang, G. E. Rejda, A. Riabacke, R. D. Luce and H. Raiffa, R. A. Olsen, and attempts to measure risk, proposed by P. Artzner, L. A. Jr. Cox, H. Konno and H. Yamazaki, H. M. Markowitz, G. Szego, C. Veld and C. Veld-Merkoulova, were analysed.



On the basis of these findings the innovative definition of risk has been proposed: the author proposes to treat risk in the context of investor's interests and to define risk as the effect of possible losses on the subject (investor).

The modern theory of investment portfolio and its amplifications, as well as attempts to formulate and solve the portfolio selection problem as a multiobjective optimization problem were described by K. P. Anagnostopoulos and K. P. Mamanis, E. Jurczenko, K. Kerstens, H. Konno, L. Liu, H. M. Markowitz, J. Nenortaitė, D. Roman, J. S. B. Soler, R. E. Steuer and P. Na, C. Zopounidis in their research publications.

However, the premium attention in the work has been paid to the adequate portfolio model, initially developed by A. V. Rutkauskas in order to apply it practically to decision making in capital markets. The model is intended for the evaluation of investment return reliability, along with general commensuration of profitability (return), risk, and reliability levels. The essence of the model discloses through an efficient surface in three-dimensional space (Fig. 1, left side).



**Fig. 1.** A scheme of efficient surface

The surface is formed as an intersection of survival functions of portfolio possible return values and iso-guaranties – the efficiency lines raised by the level of their reliability (guarantee). On the right side of Fig. 1 the three-dimensional utility function is depicted, representing investor's characteristics. In the point of intersection of these two surfaces an optimal portfolio is found. Thus, the three-objective portfolio optimization problem is solved using geometrical instruments and imitative technologies.

## 2. Investment Portfolio Decision Support System Development and Possibilities of its Operation in Capital Market

The investment portfolio decision support system, developed in the dissertation, is intended towards the management of investment decisions in capital markets. The system proposed by the author is oriented towards the particular investor, because the solution is found with the help of utility function possessing the parameters of the particular investor.

The investment portfolio decision support system consists of the four main subsystems (Fig. 2). There are two agents participating in the system – an investor and a system engineer. The engineer is an intermediary between the investor and all subsystems of the system.

**Table 1.** Analytical scheme of portfolio decisions implementation

Description of action or condition	Analytical expression
Investment moment $t_0$ is determined; since that moment the stock prices from the forecasting subsystem are transmitted to the decision implementation subsystem. If the seventh asset – cash – is included into portfolio, its price is set to be 1.	$k_1^0, k_2^0, k_3^0, k_4^0, k_5^0, k_6^0$ $k_1^1, k_2^1, k_3^1, k_4^1, k_5^1, k_6^1$ .....
The sum of money for investment is selected, which at the moment $t_0$ is invested into cash.	$C_0$
The formed portfolio structure for $t_1$ investment step is transmitted from the decision making subsystem into the decision implementation subsystem.	$w_1^1, w_2^1, w_3^1, w_4^1, w_5^1, w_6^1, w_7^1$
The rebalancing is performed using buying and selling rebalancing costs set in the market ( $r_\alpha$ and $r_\beta$ , respectively). The costs for every stock are calculated and presented in monetary expression.	$r_i = (IF(w_i^1 \geq w_i^0; (w_i^1 - w_i^0) \cdot C_0 \cdot r_\alpha; (w_i^1 - w_i^0) \cdot C_0 \cdot r_\beta),$ $i = 1, 2, \dots, 7.$
The rebalancing costs for all the stocks are summed up.	$R = \sum_{i=1}^7 r_i$
The invested capital sum after subtracting all the rebalancing costs is calculated.	$C_{r0} = C_0 - R$
The volume invested in every asset is determined.	$a_i^1 = C_{r0} \cdot w_i^1, i = 1, 2, \dots, 7.$
The quantity of every stock in a portfolio is calculated.	$n_i^1 = a_i^1 / k_i^1$
The quantity of every stock to buy/sell is determined.	$\Delta n_i = n_i^1 - n_i^0$
The stock prices of the next step are loaded to the decision implementation subsystem.	$k_1^2, k_2^2, k_3^2, k_4^2, k_5^2, k_6^2$
The new volume of every stock is determined.	$a_i^2 = n_i^1 \cdot k_i^2$
The sum of money for the next step investment is identified.	$C_1 = \sum_{i=1}^7 a_i^2$

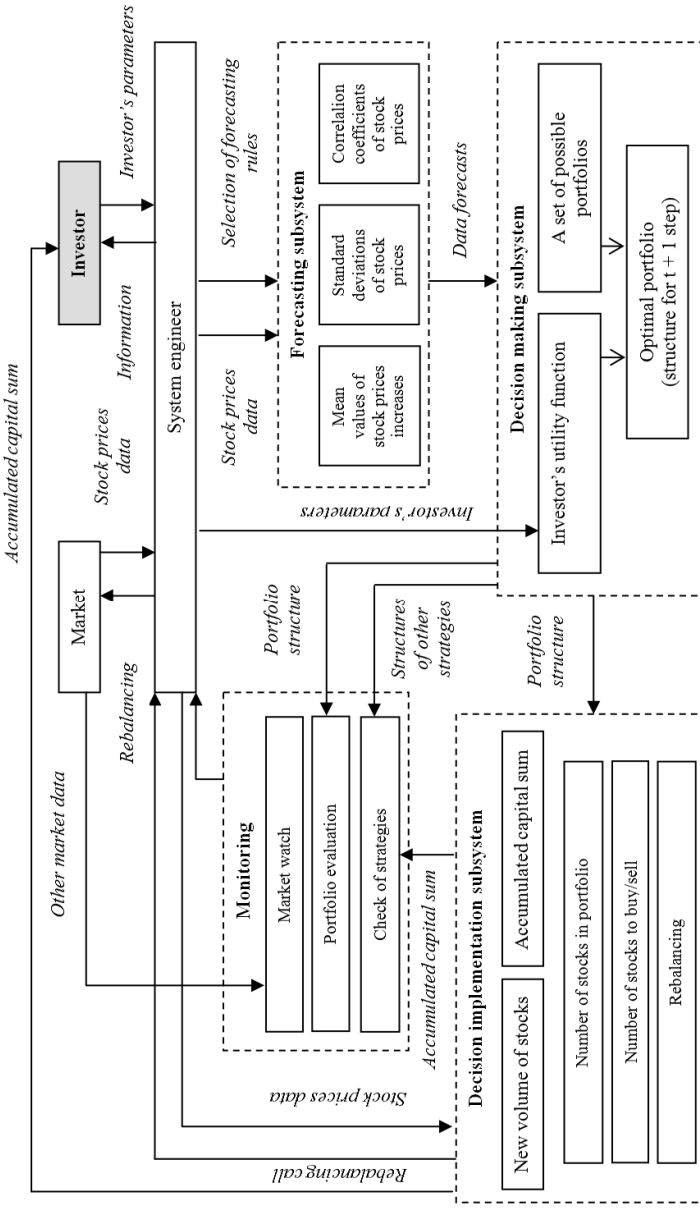


Fig. 2. Investment portfolio decision support system

Before starting to use the decision support system, the preparation step is performed, where the exchange of information between the system and external environment takes place. Next, the data in the proper form is transmitted to the forecasting subsystem, and the obtained forecasts – into the decision making subsystem. After the required actions had been taken in the decision implementation subsystem (Table 1), there is a possibility to move to the real market or to perform monitoring or both actions simultaneously.

### **3. Application of Decision Support System in Capital Market**

In the third chapter of doctoral dissertation the implementation of the developed decision support system has been described. The practical application of the system was intended for efficient capital investment and for realization of capital market mission – to distribute funds for advanced business capable to use it profitably. The practical experiment in selected capital markets had been made using historical data, the broad monitoring in selected capital markets had been implemented and the real portfolio management through the virtual portfolio function in demo investment account had been done.

The objectives and results of each of the three stages of practical research are summarized in Table 2.

Thus, performing practical research of the three levels, different system implementation aspects are disclosed. It is worth noticing that by investing in demo environment through the virtual portfolio it was not aimed to get high growth of invested sum, but it was aimed to persist at the market with such a means as decision support system and to find out if the projected steps are adequate for the real market process and are sound for investment in the real market.

The main experiment as well as monitoring with historical data was conducted in German, French and Swedish stock markets, there were 6 stocks selected from the main indices of each market. While selecting the initial data, a brief fundamental analysis was performed in order to find out what stocks have intentions to rise and what are, on the contrary, overvalued. Also, an analysis of statistical parameters was made in order to determine what kind of probability distribution the analysed stock returns are similar to.

The research was performed with daily and weekly data applying certain rebalancing costs. The obtained results were compared with respective market index. Investing through the virtual portfolio in demo investment account was performed through the two demo environments – Bloomberg and Yahoo Finance.

**Table 2.** Objectives and results of experimental system test

Means of participation	Objectives	Results
Historical data	To elaborate the mechanism of stock selection for investment	The statistics of stock prices change direction forecasting; The results provided by the strategies
	To analyse the dependencies of results with stock prices statistical parameters	
	To get prepared for participation in the real market	
Monitoring	To find out the broad possibilities of the system	The results of the strategies behaviour in the analysed and in other markets; A conclusion about the existence of efficiency shoals
	To form the scheme enabling constant monitoring of the analysed and neighbouring markets	
	To determine the existence of capital market efficiency shoals	
Virtual portfolio	To implement the real scheme of participation in the market	Suitability of the system for participation in the market; The points to be improved and their improvement means
	To check the adequacy of system strategies for the real market	
	To determine the aspects to be improved in the system	

Such experiment revealed the drawbacks of these environments and inadequacies to the real market procedures, so a search for the more appropriate platform for virtual investment is needed. The results of virtual investment showed that the decision support system is applicable in the real market and is capable of generating solutions that allow investor to sustain its investment funds and get a valuable experience of participation in the real market.

## General Conclusions

1. In the scientific literature on the topic of portfolio optimization it is stated that the fundamental Markowitz viewpoint towards portfolio formation should be purposefully developed. Such additional criteria as liquidity, width (uncertainty), skewness, Conditional Value at Risk (CVaR) are proposed for portfolio optimization. Sometimes for risk expression in portfolio not standard deviation is used, which is common, but other measures such as absolute and semi-absolute deviation, Value at Risk (VaR). Having three criteria in portfolio selection problem not efficiency line, but efficient surface is being formed. The

expansion of portfolio formation problems to a multidimensional space also conditioned the emergence of mean – variance – skewness – kurtosis portfolio problem.

2. The three parameters – investment return, reliability and investor’s risk – applied to the formation of investment portfolio decision support system, proposed in the dissertation, constitute a sound base to disclose investment return possibilities’ reliability, as well as to determine a link between expected investment return and investor’s expectations.

3. After the investment portfolio decision support system, proposed in the work, had been thoroughly examined, it can be concluded that it allows to combine properly stochastic investment return possibilities, expressed as a survival function of probability distribution, with investor’s interests, the latter being expressed by investor’s utility function. Both functions are expressed graphically as spatial surfaces in three-dimensional space and they depend on three parameters – profitability (return), risk and reliability. The tangency point of these two convex surfaces points out the optimal solution – the best structure of investment portfolio for particular moment according the constraints stated by investor. These principles and steps of system’s activity confirm that the system is oriented towards the particular investor.

4. After analysing the application possibilities of the system proposed by the author it is stated that quantitatively-based decisions allow investors to invest capital efficiently to attain the highest utility. Along with that, application of system’s proposed decisions in practice (in the stock market) allows to participate in the capital market mission – to distribute the capital in such a manner that businesses could efficiently use it or direct it towards the modern activity development and training the national investment intellect.

5. Evaluating the results of experiment, performed with historical data on German, French and Swedish stock markets a conclusion has been made that accumulated capital sum during the investment period in German and French markets (investing with daily data) is higher than the index growth. Investing according the weekly data in German and Swedish markets the invested capital sum has been always higher than the index, in French market – in 4 cases out of 5. The return of investment according the system’s strategy with daily stock prices data in German and Swedish stock markets in all the cases is smaller than investing according weekly data, in French market – in 3 cases out of 5. The reason is an impact of rebalancing costs on the accumulated capital sum.

6. Treating the obtained results in terms of efficiency shoals search a conclusion has been made that efficiency shoals have been found in the analysed markets, but they are short-term, week form and can be profited by only investing (rebalancing a portfolio) with weekly stock prices data.

7. Generalizing the results of the real-time investment a conclusion can be made that the decisions proposed by the decision support system are applicable for real-time investment. The following important moments of real market investment have been noticed:

- Transaction costs, applied for trading in a stock market, constitute one of the most important factors diminishing profitability.

- In order to detect an efficiency shoal a long-term investment period is needed, because the system should run up and detect market trends. Consequently, the proposed system is not intended for short-term investment management in capital market.

- While investing in the real market it is advisable to combine active strategies, proposed by the system, with passive one (retaining the same portfolio structure), also to apply selected integrated indicators of technical and fundamental analysis, analyse the statistical parameters of the data set while selecting the stocks for investment.

## **List of Published Works on the Topic of the Dissertation**

### **In the reviewed scientific periodical publications**

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V. 2011. Optimal portfolio search using efficient surface and three-dimensional utility function, *Technological and Economic Development of Economy* 17(2): 305–326. ISSN 2029-4913 (Thomson ISI Web of Science).

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V. 2011. Rizikos sampratos formavimosi ypatumai, *Verslas: teorija ir praktika* 12(2): 141–149. ISSN 1648-0627 (Business Source Complete, ICONDA).

Stasytytė, V.; Rutkauskas, A. V. 2009. Prospecting for sustainable investment possibilities in financial markets, *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics* 7(3): 6–11. ISSN 1690-4524 (EBSCO).

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V.; Borisova, J. 2009. Adequate portfolio as a conceptual model of investment profitability, risk and reliability adjustment to investor's interests, *Economics & Management* 14: 1170–1174. ISSN 1822-6515 (EBSCO, Business Source Complete).

Rutkauskas, A. V.; Miečinskienė, A.; Stasytytė, V. 2008. Investment decisions modelling along sustainable development concept on financial markets, *Technological and Economic Development of Economy* 14(3): 417–427. ISSN 1392-8619 (Thomson ISI Web of Science).

Rutkauskas, A. V.; Borisova, J.; Stasytytė, V. 2006. How to measure and ensure sustainability in financial markets, *Management and Education* II(2): 37–42. ISSN 1312-6121.

## In the other editions

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V. 2010. Effectiveness, reliability and subject risk – shaping drivers for the set of possibilities and utility function when investment decision is made under uncertainty, in *The 6<sup>th</sup> International Scientific Conference “Business and Management 2010”*: Selected papers (May 13–14, 2010, Vilnius, Lithuania), 176–183. ISSN 2029-4441.

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V.; Borisova, J. 2009. Unexpected and innovative moments of investment strategies, in *Global and Regional Challenges for the 21<sup>st</sup> Century Economics*, Cracow, 249–269. ISBN 978-83-927790-4-9.

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V.; Stankevičienė, J. 2009. Profit, riskness and reliability – three-dimensional base for investment decisions management, in *Proceedings of the International Scientific School „Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems“* (July 7–11, 2009, Saint-Petersburg, Russia), 105–110. ISBN 978-5-8088-0460-9.

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V. 2009. With Double Trump boat through turbulent markets oceans, in *Proceedings of the International Scientific School „Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems“* (July 7–11, 2009, Saint-Petersburg, Russia), 212–217. ISBN 978-5-8088-0460-9.

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V. 2009. REGCIS kaip priemonė regiono investavimo strategijų kūrimui, iš *konferencijos “Verslas, vadyba ir studijos ‘2008” medžiaga*. Mokslo darbai. 2 knyga. Vilnius: Technika, 406–416. ISSN 1648-8156.

Stasytytė, V. 2008. From two-dimensional profit-risk to three-dimensional profit-reliability-risk in capital markets, in *The 20<sup>th</sup> International Conference, EURO Mini Conference “Continuous Optimization and Knowledge-Based Technologies” (EUROPT-2008)*: Selected papers (May 20–23, 2008, Neringa, Lithuania), 149–153. ISBN 978-9955-28-283-9 (Thomson ISI Proceedings).

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V.; Ginevičius, A. 2008. Three-dimensional measurement of market behaviour, in *The 5<sup>th</sup> International Scientific Conference “Business and Management 2008”*: Selected papers (May 16–17, 2008, Vilnius, Lithuania), 297–302. ISBN 978-9955-28-311-9 (Thomson ISI Proceedings).

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V. 2008. Utility function as a constructive instrument for investment decision making, in *Proceedings of the VI International Scientific conference “Management and Engineering ‘08”* (June 19–21, 2008, Sofia, Bulgaria), 217–220. ISSN 1310-3946.

Stasytytė, V. 2008. Investment strategies formation in Baltic stock market, iš *Respublikinės konferencijos „Verslas, vadyba ir studijos ‘2007“*, straipsnių rinkinys (2007 m. lapkričio 22 d., Vilnius). Vilnius: Technika, 53–62. ISSN 1648-8156.

Jakštas, V.; Jakštienė, V.; Stasytytė, V.; Borisova, J. 2007. Imitative technologies as appropriate computational instrument of adequate portfolio application, in *The 4<sup>th</sup> International Scientific Conference “Business and Management 2006”*: Selected papers



(October 5–6, 2006, Vilnius, Lithuania), Vilnius: Technika, 107–113. ISBN 978-9955-28-114-6 (Thomson ISI Proceedings).

Stasytytė, V.; Rutkauskas, A. V. 2007. Rinkos elgsenos tyrimas Vilniaus vertybinių popierių biržos pavyzdžiu, iš *10-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos "Verslas XXI amžiuje"*, straipsnių rinkinys (2007 m. vasario 8 d., Vilnius). Vilnius: Technika, 93–103. ISBN 978-9955-28-188-7.

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V. 2007. Decision making strategies in global exchange and capital markets, in *Advances and Innovations in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*. Springer, 17–22. ISBN 978-1-4020-6263-6.

Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V. 2006. The Double Trump portfolio as the core of sustainable decision making strategy in currency markets, in *Proceedings of the 10<sup>th</sup> World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics* (July 16–19, 2006, Orlando, Florida, USA), International Institute of Informatics and Systemics, 57–62. ISBN 980-6560-66-3 (Thomson ISI Proceedings).

Rutkauskas, A. V.; Borisova, J.; Stasytytė, V. 2006. Advanced intention and applicability features of the Double Trump decision management model in exchange market, in *Proceeding of the IV International Scientific Conference "Management and Engineering '06"* (June 19–23, 2006, Sozopol, Bulgaria), 2(85): xxiv–xxvii. ISSN 1310-3946.

### **About the author**

Viktorija Stasytytė was born in Vilnius, on 5 of May 1982. First degree in Management and Business Administration, Faculty of Business Management, Vilnius Gediminas Technical University, 2005. Master of Science in Management and Business Administration, Faculty of Business Management, Vilnius Gediminas Technical University, 2007. Since 2005 she has been working as a senior manager in the Department of Finance Engineering of Vilnius Gediminas Technical University. In 2007–2011 – PhD student at Vilnius Gediminas Technical University.

# INVESTICIJŲ PORTFELIO SPRENDIMŲ PARAMOS SISTEMA

## *Problemos formulavimas*

Kapitalo rinkoje kaip rinkos ekonomikos šerdyje ženkliai dalimi formuojasi ekonomikos tvarios plėtros galios ir mechanizmai. Kaip kertinis tiek ekonomikos visumoje, tiek kapitalo rinkos pageidautinas raidos bruožas įvardijamas tvarumo fenomenas, kuriam valdyti, deja, stinga kiekybinio jo matavimo, o kartu ir konstruktyvumo. Darbe investicijų grąža kapitalo rinkoje nagrinėjama pasitelkiant kiekybiškai išreikštą patikimumo parametą. Požiūris į investicijas kapitalo rinkoje per investicijų grąžos patikimumo prizmę taptų žingsniu ekonomikos tvarios plėtros link.

Tačiau norint praktiškai gebėti valdyti investicinius sprendimus kapitalo rinkoje, atsižvelgiant į tų sprendimų patikimumą, reikalingos konstruktyvios teorinės žinios, kurias pasitelkus būtų galima įvertinti patikimumo poveikį investuotojų lūkesčių išsipildymui ir kuriomis investuotojai galėtų vadovautis, įsitraukdami į kapitalo rinkos vyksmą. Tokių žinių kūrimas tampa svarbia kapitalo rinkos problema.

## *Disertacinio darbo aktualumas*

Modernioji investicijų portfelio teorija nuo pat sukūrimo susilaukė didelio investicijų valdymo sritį tyrinėjančių mokslininkų bei pragmatikų, norinčių ją panaudoti palankioms investavimo galimybėms išvelgti, susidomėjimo. Pradėti vykdyti tyrimai įvairiomis kryptimis, siekiant patobulinti šią teoriją ir nustatyti adekvačią tikimybės skirstinio formą portfelio pelningumo galimybių aibeį aprašyti. Buvo intensyviai nagrinėjama rizikos (rizikingumo) koncepcija, ieškant tinkamiausio jos mato investicijų portfelyje. Be pelningumo ir rizikos, mokslininkai nagrinėjo ir kitus parametrus, taikytinus investicijų portfeliui optimizuoti: asimetriją, rizikuojamąją vertę (VaR), sąlyginę rizikuojamąją vertę (CVaR), semivariaciją. Susiformavo tvirta nuostata, jog portfelio optimizavimas turi būti daugiatikslis. Tačiau investavimo ekonomiškumui užtikrinti iškilo pirmaeilė konkreti problema – kaip subendramatinti investicijos grąžą ir patikimumą investuotojo požiūriu ir kaip sugretinti investicijos rizikingumą ir investuotojo riziką. Deja, iki šiol vykdomi tik fragmentiniai tokio pobūdžio tyrimai. Todėl kyla poreikis sukurti šiam tikslui įgyvendinti skirtą sprendimų paramos sistemą kapitalo rinkoje, kuri savo koncepcija ir techninėmis galimybėmis sistemiškai atsižvelgtų į kapitalo rinkose vykstančius procesus.

Disertacijoje nagrinėjami aktualūs ir teoriškai svarūs investicijų portfelio valdymo kapitalo rinkoje klausimai. Pasiūlyti galimi jų sprendimo būdai ir

analizuojamos priemonės, kurios galėtų būti taikomos investiciniams sprendimams kapitalo rinkoje valdyti.

#### ***Mokslinių tyrimų objektas***

Darbo tyrimų objektas – sprendimų paramos sistema, leidžianti formuoti investavimo sprendimus kapitalo rinkoje, atsižvelgiant į jų patikimumą.

#### ***Darbo tikslas***

Darbo tikslas – pasitelkiant ir plėtojant adekvačiojo investicijų portfelio modelio principus sukurti ir praktiškai pritaikyti pasirinktose vertybinių popierių rinkose investicijų portfelio sprendimų paramos sistemą, galinčią padėti formuoti efektyvias investavimo strategijas kapitalo rinkoje, atsižvelgiant į investuotojo rizikos valdymo galimybes.

#### ***Darbo uždaviniai***

Darbo tikslui pasiekti iškelti šie uždaviniai:

1. Išnagrinėti investicijų portfelio teorijos koncepcijas ir pagrindinius principus bei moderniosios portfelio teorijos tobulinimo kryptis.
2. Išanalizuoti adekvačiojo investicijų portfelio modelį, kartu su subjekto naudingumo funkcija sudarantį tvirtą pagrindą prognozuojamos investicijų gražos galimybių aibei tinkamai aprašyti ir optimaliam sprendiniui surasti.
3. Parengti ir detalizuoti investicijų portfelio sprendimų paramos sistemą kapitalo rinkoje.
4. Išnagrinėti investavimo sprendimų paramos sistemos kapitalo rinkoje taikymo galimybes, atliekant investavimo eksperimentą pasirinktose kapitalo rinkose su faktiniais praėjusio laikotarpio duomenimis ir tokiu būdu nustatyti sistemos siūlomų strategijų tinkamumą rinkoje.
5. Įgyvendinti realiojo laiko investavimo eksperimentą virtualioje demonstracinėje portfelio valdymo platformos versijoje, norint atskleisti sistemos strategijų pritaikomumą realiuoju laiku.
6. Pateikti išsamią monitoringo schemą kapitalo rinkai ir atlikti retrospektyvų monitoringą pasirinktų pasaulio šalių vertybinių popierių rinkose, siekiant parodyti rinkos efektyvumo seklumų paieškos galimybes.

#### ***Tyrimo metodika***

Konceptualiosioms nuostatomis, susijusioms su kapitalo rinkos dėsningumais ir portfelio teorijos modeliais analizuoti buvo naudoti lyginamosios analizės, loginės ir sisteminės analizės metodai. Investicijų portfelio sprendimų paramos sistemai sudaryti ir detalizuoti taikyti sintezės, konkretizavimo, apibendrinimo metodai. Adekvačiojo investicijų portfelio modelio galimybės atskleisti ir pritaikyti kapitalo rinkos galimybių tyrimui, taip pat panaudojus sistemą gautiems rezultatams apdoroti buvo panaudoti

matematinės-statistinės analizės, stochastinio optimizavimo, imitacinio modeliavimo, erdvinės analizės metodai.

### ***Darbo mokslinis naujumas***

1. Išnagrinėjus naujausius mokslinius tyrimus, susietus su investicijų portfelio sudarymo ir valdymo problemomis, suklasifikuotos pagrindinės šių tyrimų plėtros kryptys ir išskirtos svarbiausios tokių problemų sprendimo priemonių grupės. Taip išgrynintos perspektyviausios investicijų portfelio teorijos plėtotės tendencijos.

2. Sukurtos prielaidos visiškai panaudoti laukiamos investicijų portfelio gražos tikimybės skirstinį. Darbe investicijų gražos galimybės kapitalo rinkoje nagrinėtos atsižvelgiant į tris galimo pelningumo reikšmių aibės charakteristikas – pelningumo galimybės dydį, tos galimybės patikimumą ir investuotojo riziką. Tokio trimačio suvokimo pagrindu išplėtotą adekvačiojo portfelio sudarymo ir valdymo metodika kapitalo rinkoje.

3. Sukurta investicijų portfelio sprendimų paramos sistema kapitalo rinkoje, besiremianti pelningumo galimybių patikimumu, kurią naudojant galima kurti tvarios gražos investavimo strategijas konkrečiam investuotojui akcijų rinkoje. Sudaroma investuotojo naudingumo funkcija, priklausanti nuo investicijos pelningumo, patikimumo ir rizikos. Rizika naudingumo funkcijoje suprantama kaip konkrečiam investuotojui priimtinas laukiamos investicijų gražos aibės rizikingumo lygis, kadangi rizikos esmė subjekto interesų kontekste reikalauja atsižvelgti į galimos netekties reikšmę subjektui.

4. Atskleistas sprendimų paramos sistemos posistemių sąryšis ir reikšmė bendram sistemos tikslui – optimalių investicinių sprendimų paieškai. Sukurta ir išsamiai aprašyta kapitalo rinkų monitoringo atlikimo schema.

### ***Darbo rezultatų praktinė reikšmė***

1. Sukurta investicijų portfelio sprendimų paramos sistema yra svari investicijų valdymo kapitalo rinkoje metodologinė priemonė. Sistemos praktinis įgyvendinimas galėtų padėti investuotojams siekti didesnės nei vidutinės (indekso) investicijų gražos rinkoje.

2. Naudodamiesi pasiūlyta sistema, adekvačiojo portfelio principais bei atitinkamos naudingumo funkcijos parinkimu konkrečiam investuotojui, instituciniai investuotojai ir kiti profesionalūs šios srities specialistai galėtų patys naudoti arba siūlyti savo klientams kiekybiškai pagrindžiamus sprendimus.

3. Investicijų portfelio sprendimų paramos sistema kapitalo rinkoje, parinkdama investuotojui optimalią portfelio sudarymo ir valdymo scenarijų sąranką, įvertina investuotojo konkrečias savybes, taip pat ir kritinių situacijų išvengimo, kas išreiškiama investuotojo rizikos turiniu – netekčių galimybėmis. Dėl to siūloma sistema galėtų būti patraukli individualiam investuotojui.

4. Sukurta sistema ir į ją įdiegtas adekvačiojo portfelio modelis lemia sinerginį rezultatą. Siūlomi investiciniai sprendimai galėtų prisidėti prie rinkoje priimamų sprendimų efektyvumo, profesionalių investuotojų rengimo ir investavimo kultūros Lietuvoje ugdymo.

### ***Ginamieji teiginiai***

1. Investicijų grąžos galimybių aibę būtina nagrinėti atsižvelgiant bent į tris tos aibės charakteristikas – pelningumo galimybes, tų galimybių patikimumą ir galimybių aibės rizikingumą (kaip pagrindinį investuotojo rizikos veiksni), kadangi tokiu būdu gali būti sudarytas portfelis, adekvatus investicinių galimybių stochastiškumo valdymui.

2. Investicijų portfelio sprendimų paramos sistema yra būtina siekiant efektyviai panaudoti laukiamos investicijų grąžos galimybes, aprašytas stochastiškai, ir atsižvelgti į investuotojo interesus, išreikštus investuotojo naudingumo funkcija.

3. Naudojant investicijų portfelio sprendimų paramos sistemą kapitalo rinkoje įmanoma aptikti rinkos efektyvumo sekumas – tam tikrus rinkos segmentus tam tikrais laikotarpiais, kai taikant atitinkamas investavimo strategijas galima pasiekti didesnę nei vidutinę rinkos (indekso) grąžą.

### ***Darbo rezultatų aprobavimas***

Darbo rezultatai paskelbti 20 mokslinių straipsnių, du iš kurių publikuoti mokslo žurnaluose, įtrauktuose į *Thomson ISI Web of Science* duomenų bazę, 4 – į *Thomson ISI Proceedings* duomenų bazę, 3 – mokslo žurnaluose, cituojamuose kitose duomenų bazėse, 6 – tarptautinių konferencijų leidiniuose, 5 – kituose leidiniuose. Skaityta 10 pranešimų tarptautinėse mokslinėse konferencijose.

### ***Darbo struktūra ir apimtis***

Darbą sudaro įvadas, trys skyriai, bendrosios išvados, literatūros šaltinių sąrašas, autorės publikacijų disertacijos tema sąrašas, priedai (elektroninėje laikmenoje). Disertacijos apimtis yra 164 puslapiai (be priedų). Darbe pateiktos 52 iliustracijos, 36 lentelės ir 11 priedų. Rašant disertaciją naudotasi 214 literatūros šaltiniais.

Pirmame disertacijos skyriuje nagrinėjamos pagrindinės teorinės investicijų kapitalo rinkoje nuostatos, formuojančios gaires tolimesniam tyrimui. Lyginti pasaulio ir Lietuvos mokslininkų požiūriai į kapitalo rinkos elgseną, rizikos sampratą. Didelis dėmesys skirtas investicijų portfelio sudarymo ir valdymo problemoms ir jų sprendimo būdams.

Antrasis disertacijos skyrius skirtas autorės sukurtai investicijų portfelio sprendimų paramos sistemai aprašyti. Išanalizuotos sistemos sukūrimo prielaidos, autorės sukurtos sistemos ir kitų padedančių priimti investicinius sprendimus kapitalo rinkoje sistemų panašumai ir skirtumai. Darbe pateikiama

bendroji siūlomos sistemos veikimo schema, detalizuojamas kiekvienas sistemos posistemis, posistemų ryšiai su pagrindiniais sistemos dalyviais, vaidmuo sistemoje ir poveikis bendram sistemos tikslui.

Trečiame disertacijos skyriuje buvo pateiktas sukurtos sprendimų paramos sistemos įgyvendinimas. Aprašytas praktinis eksperimentas, atliktas pasirinktose kapitalo rinkose su faktiniais praėjusio laikotarpio duomenimis. Išanalizuoti pasirinktose kapitalo rinkose vykdyto retrospektyvaus monitoringo ir portfelio valdymo realiuoju laiku virtualioje demonstracinėje investavimo aplinkoje rezultatai.

### ***Bendrosios išvados***

1. Mokslinėje literatūroje portfelio optimizavimo tema vis dažniau teigiama, jog fundamentalų Markovitzo (Markowitz) požiūrį į portfelio sudarymą reikėtų kryptingai plėtoti. Portfeliumi optimizuoti siūlomi tokie papildomi kriterijai kaip likvidumas, plotis (neapibrėžtumas), asimetrija, sąlyginė rizikuojamoji vertė (CVaR). Kai kuriais atvejais rizikai portfelyje išreikšti naudojamas ne klasikinis standartinis nuokrypis, o kiti matai – absoliutus ir semiabsoliutus nuokrypis, rizikuojamoji vertė (VaR). Turint tris portfelio parinkimo kriterijus, formuojama jau ne efektyvioji linija, o efektyvusis paviršius. Portfelio uždavinių formavimo plėtra į didesnę dimensijų skaičių turinčią erdvę lėmė ir vidurkio – dispersijos – asimetrijos – eksceso portfelio uždavinio formuluotės atsiradimą.

2. Disertacijoje siūlomoje investicijų portfelio sprendimų paramos sistemoje parinkti trys – investicijos grąža, patikimumas ir investuotojo rizika – parametrai sudaro pagrindą tiek investicijos grąžos galimybių patikimumui atskleisti, tiek sąsajai tarp laukiamos investicijos grąžos ir investuotojo lūkesčių nustatyti.

3. Detaliai išnagrinėjus darbe siūlomą investicijų portfelio sprendimų paramos sistemą, nustatyta, kad ji leidžia tinkamai suderinti investicijos grąžos galimybes, aprašytas stochastiškai ir išreikštas tikimybės skirstinio išlikimo funkcija, su investuotojo interesais, išreikštais investuotojo naudingumo funkcija. Abi funkcijos vaizduojamos grafiškai kaip erdviniai paviršiai trimatėje erdvėje ir priklauso nuo trijų parametru – pelningumo, rizikos ir patikimumo. Šių išgaubtų vienas kito atžvilgiu paviršių susilietimo taške randamas optimalus sprendimas – geriausia konkrečiam momentui investicijų portfelio struktūra pagal investuotojo nustatytus apribojimus. Šie sistemos veikimo principai ir etapai patvirtina, kad sistema nukreipta į konkretų investuotoją.

4. Atlikus darbo autorės siūlomos sistemos pritaikymo galimybių analizę, nustatyta, jog sistemos siūlomi kiekybine analize paremti sprendimai leidžia investuotojams efektyviai investuoti kapitalą, siekiant didžiausios naudos. Taip pat sistemos siūlomų sprendimų taikymas praktikoje (rinkoje) sudaro sąlygas

investuotojams dalyvauti kapitalo rinkos misijoje – paskirstyti kapitalą taip, kad verslo subjektai galėtų jį efektyviai panaudoti ar nukreipti progresyviai veiklai plėtoti ir investiciniam šalies intelektui ugdyti.

5. Vertinant eksperimento su faktiniais duomenimis rezultatus, atlikto Vokietijos, Prancūzijos ir Švedijos akcijų rinkose, nustatyta, kad sukaupta lėšų suma per investavimo laikotarpį Vokietijos ir Prancūzijos rinkose viršija indeksą investuojant pagal dienos trukmės duomenis. Investuojant pagal savaitės trukmės duomenis Vokietijos ir Švedijos rinkose investuotos lėšų sumos augimas visais atvejais viršijo indekso augimą, Prancūzijos rinkoje – 4 atvejais iš 5. Rebalansuojant portfelį kasdien grąža Vokietijos ir Švedijos rinkose visais analizuojamais atvejais buvo mažesnė nei keičiant portfelio struktūrą kas savaitę, o Prancūzijos rinkoje – 3 atvejais iš 5. To priežastis – rebalansavimo mokesčių poveikis kaupiamai lėšų sumai.

6. Traktuojant gautus rezultatus efektyvumo seklumų paieškos atžvilgiu, darytina išvada, kad efektyvumo seklumos tiriamose rinkose aptiktos, tačiau jos yra trumpo laikotarpio, silpnos formos ir jomis galima pasinaudoti tik rebalansuojant portfelį kartą per savaitę (pagal savaitės trukmės akcijų kainų duomenis).

7. Apibendrinant investavimo realiuoju laiku rezultatus, galima teigti, kad sprendimų paramos sistemos siūlomi sprendimai pritaikomi investuoti realiuoju laiku. Pastebėti tokie svarbūs investavimo realioje rinkoje momentai:

- rebalansavimo mokesčiai, taikomi prekiaujant rinkoje, yra vienas svarbiausių veiksnių, mažinančių gaunamą pelną;
- efektyvumo seklumoms aptikti reikia ilgalaikio investavimo laikotarpio, kadangi sistema turi savotiškai „išibėgėti“ ir atpažinti rinkos tendencijas; tai reiškia, kad siūloma sistema nėra pritaikyta trumpalaikėms investicijoms kapitalo rinkoje valdyti;
- investuojant realioje rinkoje tikslinga derinti aktyviasias sistemos strategijas su pasyviaja (išlaikančia pastovią portfelio struktūrą), o pasirenkant akcijas portfeliiui – taikyti integruotus techninės ir fundamentaliosios analizės rodiklius bei analizuoti statistinius duomenų sekos parametrus.

### **Trumpos žinios apie autorių**

Viktorija Stasytytė gimė 1982 m. gegužės 5 d. Vilniuje. 2005 m. įgijo vadybos ir verslo administravimo bakalauro laipsnį Vilniaus Gedimino technikos universiteto Verslo vadybos fakultete. 2007 m. įgijo vadybos ir verslo administravimo mokslo magistro laipsnį Vilniaus Gedimino technikos universiteto Verslo vadybos fakultete. 2007–2011 m. – Vilniaus Gedimino technikos universiteto doktorantė. Nuo 2005 m. dirba VGTU Finansų inžinerijos katedros vyresniąja vadybininke.

Viktorija STASYTYTĖ

INVTMENT PORTFOLIO  
DECISION SUPPORT SYSTEM

Summary of Doctoral Dissertation  
Social Sciences, Economics (04S)

Viktorija STASYTYTĖ

INVESTICIJŲ PORTFELIO  
SPRENDIMŲ PARAMOS SISTEMA

Daktaro disertacijos santrauka  
Socialiniai mokslai, ekonomika (04S)

2011 09 06. 1,5 sp. l. Tiražas 70 egz.  
Vilniaus Gedimino technikos universiteto  
leidykla „Technika“,  
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius,  
<http://leidykla.vgtu.lt>  
Spausdino UAB „Ciklonas“  
J. Jasinskio g. 15, 01111 Vilnius