

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

UDC 519.71:330.322.54

Z. M. GASANOV^{1*}

^{1*}Dep. «Applied Mathematics», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 36, e-mail zakariya@ukr.net, ORCID 0000-0002-2312-8053

ABOUT OPTIMIZING OF INVESTMENTS VOLUME TO IMPROVE THE BASIC INDICATORS OF THE ENTERPRISE EFFECTIVENESS

Purpose. Profit and profitability of any, including transport enterprises are the main economic indicators of the enterprise effectiveness. These indicators reflect the results and successful performance of the enterprise. On the other hand the enterprise effectiveness in the long term, assurance of rapid development and competitiveness is largely determined by the level of investment activity and the range of investment activity. The purpose of this study is the feasibility of the method to determine optimal investments volume for improving these or others (selectable by the management) principal economic indicators of the enterprise effectiveness. **Methodology.** The basis of the proposed methodology for determining the optimal investments volume is the theory of optimal control, in particular, the procedure of dynamic programming since a managed development process of the enterprise is a multiple stage. This procedure, using a phased plan, allows not only simplifying the solution of optimization problems, but also solving those, which are impossible to apply the methods of mathematical analysis. **Findings.** The expediency of performing the calculations to determine the optimal investments volume to ensure high rates of enterprise development was proved, it is a key to the effectiveness of the enterprise in the long term and it improves its competitiveness. **Originality.** It is shown that using methods of the optimum control theory one can calculate the minimum volume of capital investments for the improvement of economic indicators, which determine the enterprise effectiveness. The proposed method of calculation does not depend on the specific content of economic indicators. The effectiveness of this calculation method is demonstrated on a model example. **Practical value.** The proposed method of calculating the minimum volume of capital investments to improve the economic effectiveness of enterprises is quite simple, but at the same time enables, on the one hand, to determine priority directions of investment activity of the enterprise. On the other hand it improves the manageability and transparency of business enterprises, increases the head's confidence in the correctness of decisions.

Keywords: income; profitability; economic indicators; efficiency; optimal volume of investments; optimization; competitiveness; controllability; dynamic programming

Introduction

Income and profitability of any, including transport [5–7] enterprise are the main economic indicators of enterprise effectiveness. These indicators reflect the results and successful performance of the enterprise. They will help determine the viability of the realizable business-project and to correlate values of benefits and costs [10]. On the

other hand the enterprises effectiveness in the long-term prospects, assurance a high rate of development and increasing competitiveness is largely determined by its level and range of investment activity.

The volume of investments depends on many factors. For example, volume of investments depends on the distribution of the earned incomes on

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

consumption and savings. With low per capita incomes most of them are spent on consumption. Revenue growth causes an increase in their share allocated to savings, which are a source of investment resources. Consequently, the share increase of savings causes corresponding increase in the volume of investment and vice versa. Also the expected net profit margin has significant influence on the volume of investments. This is due to the fact that profit is the main motive of investments. The higher expected net profit margin the higher volume of investments will be and vice versa [4, 6, 11].

As it is known [1–3], before the investment one should perform a range of activities to substantiate the effectiveness of investments at the enterprise, called the investment project. Preparation of an investment project is a long and sometimes very expensive process consisting of series of acts and stages.

The main purpose of the investment project, as a rule, is increase the net income and profitability, therefore increasing the efficiency of the enterprise performance to the desired level. Consequently, one of the stages of its preparation may be determining the optimal (minimum) volume of investments. This object can be effectively solved by the methods of optimal management theory. Examples of these methods application in economics are presented in papers [13, 14].

Purpose

In this paper we present a method for calculating the minimum volume of investments to achieve the desired values P_k – net income and R_k – profitability of the enterprise. It is assumed that the costs are known $a_{i \rightarrow i+1, j}$, $b_{i, j \rightarrow j+1}$, $c_{i \rightarrow i+1, j \rightarrow j+1}$ at the change-over from the level (P_i, R_j) magnitudes of income and profitability up to levels (P_{i+1}, R_j) , (P_i, R_{j+1}) and (P_{i+1}, R_{j+1}) correspondingly, where $P_i < P_{i+1}$, $R_j < R_{j+1}$, $i = 0, 1, \dots, N_k$ $j = 0, 1, \dots, M_k$ – numbers of steps calculations, and a step of calculation are month, quarter or a year. These costs may be calculated by using the discounting method, i.e reduction of nonsimultaneous incomes and expenses, carried out within the framework of investment project to the single (base) moment in time [6, 10]. All calculations are carried out in basis, anticipated and in the setting prices.

Methodology

The proposed methodology is a dynamic programming procedure [8, 9]. This procedure, using a phased plan, not only let simplify the solution of optimization problems, but also solve those of them to which it is impossible to apply the methods of mathematical analysis.

Accordingly to this procedure, the process of decision-making concerning investments begins from the last k -step. On this step one choose the solution that allows obtaining the greatest effect (reaching the final level (P_k, R_k) for a minimum volume of investment). Having planned this step, it can be attached to the penultimate $(k-1)$ step, which in turn, $(k-2)$ and so on.

In order to plan k -step, one should know the level (P, R) of the enterprise on $(k-1)$ -step. If the level (P, R) of the enterprise on $(k-1)$ -step is unknown, then one consider the various levels at this step. For each possible level is selected so-called conditionally optimal solution on the last, k -step.

Let us plan k -step-by-step investment process and $(P_{k-1,1}, R_{k-1,1})$, $(P_{k-1,2}, R_{k-1,2})$, \dots , $(P_{k-1,r}, R_{k-1,r})$ – possible levels on $(k-1)$ -step. On the last step we will find conditionally optimal solution for each of them. Thus, k -step has been planned. Really, whatever level (P, R) on the penultimate step was, we already know what solution should be applied on the last step. We proceed similarly to $(k-1)$ -step, only conditionally optimal solutions should be chosen, taking into account already selected suboptimal solutions on k -step and so on. As a result, we are on the original level (P_0, R_0) of net income and profitability.

For the first step of assumptions about the possible level (P, R) we do not do, as the level (P_0, R_0) is known, but we find the optimal solution, taking into account all conditionally optimal solutions, which have been found for the second step. When passing from (P_0, R_0) to (P_k, R_k) , we obtain the desired optimal solution that provides minimum volume of investments and their best distribution on the steps of calculating.

Findings

As we have defined the performance level of the enterprise with two parameters (P, R) , then

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

the optimal solution is convenient to search with the geometric method on the plane POR , or rather on bounded with lines $P = P_0, P = P_k, R = R_0, R = R_k$ of rectangle, which is the domain of acceptable levels. Initial (P_0, R_0) and final (P_k, R_k) levels are well defined as two points of the plane (Fig. 1).

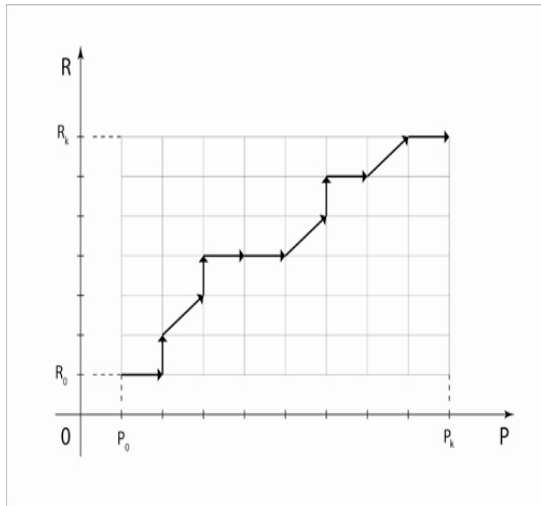


Fig. 1

On fig. 1 vertical segments show profitability increase at a constant value of income, horizontal segments show income increase at a constant value of profitability, and diagonal segments show simultaneously increase of income and profitability.

It is assumed that in one step one can increase either net income on the amount ΔP , or profitability on the amount ΔR or it is possible simultaneous increase both income and profitability. Here

$$\Delta P = \frac{P_k - P_0}{n_1}, \Delta R = \frac{R_k - R_0}{n_2},$$

where n_1, n_2 – numbers of steps, accordingly, horizontally and vertically. Obviously, there are many trajectories (solutions) that are represented as broken lines (P, R) on which the point can be moved around from (P_0, R_0) to (P_k, R_k) . Thus, from solution set we have to choose the single one that will minimize funds expenses equal to the amount of funds expenses for each stage corresponding to the broken line.

To demonstrate the efficiency of the above mentioned algorithm one should construct an optimal solution for the investment process, shown in Fig. 2.

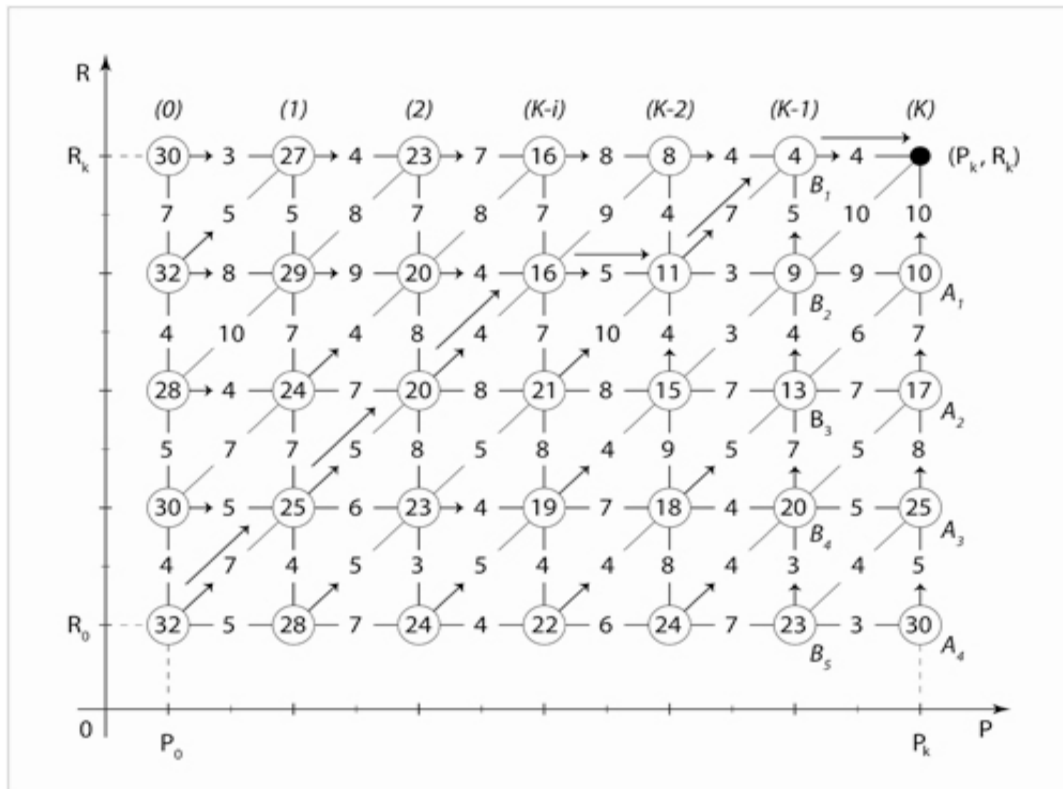


Fig. 2

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

Fig. 2. On the horizontal, vertical and diagonal lines are given the model parameters $a_{i \rightarrow i+1, j}$, $b_{i, j \rightarrow j+1}$, $c_{i \rightarrow i+1, j \rightarrow j+1}$.

Suboptimal solutions will be represented by the arrows coming out of circles, and the minimum expenditure of funds will be recorded in circles. If the point (P, R) is on the line k , that pass through the (P_k, R_k) , then one can be moving around only vertically to this point. This is the only solution possible and optimal.

In our case there are four points on the straight line k (A_1, A_2, A_3, A_4), for which a path of motion in (P_k, R_k) vertically is the only thing, and funds expenditure are 10, 17, 25 and 30 units accordingly. On the straight line k point (P, R) may be from points $(B_1, B_2, B_3, B_4, B_5)$ of straight line $k-1$. Considering these points, we choose the conditionally optimal solution for each of them, taking into account conditionally optimal solutions that have been found for points. If the point (P, R) is in the point B_1 as a result of previous step, then single (horizontally) funds expenditure is 4 units.

Three ways are possible from the point B_2 in to the point (P_k, R_k) : through point B_1 and funds expenditure is 9 units; through point A_1 , and funds expenditure is 19 units; diagonally (and funds expenditure is 10 units.). In this case the conditional optimal solution is jump in vertical direction (through the point B_1).

Similarly, we find suboptimal solutions for points B_3, B_4, B_5 . Then subsequently find suboptimal solutions for points on other lines, until we are at a point (P_0, R_0) , for which we establish the optimal solution, therefore, the optimal solution for the entire process. The final optimal solution is shown in Fig. 2 with two parallel arrows. Number 32, standing next to the point (P_0, R_0) , mean minimum funds expenditure for jump from this point in to the point (P_k, R_k) .

Originality and practical value

It is shown that using the theory methods of optimal control one can calculate the minimum volume calculation of capital investments for improving the economic indicators which are determine

the enterprise effectiveness. The proposed method of calculation does not depend on the specific content of economic indicators. The effectiveness of this calculation method is demonstrated on the model example.

Suggested calculation method of minimum volume of capital investments in order to improve the economic indicators of the enterprise effectiveness is quite simple, but at the same time it allows, on the one hand, determining major priorities for investment activity of the enterprise. On the other hand it increases the manageability and transparency of economic activity at the enterprise, enhances the confidence of the head concerning the correctness of decisions.

Conclusions

If for some node point there are several (two or three) conditionally optimal solutions, then they are all marked by arrows, and after that any of them is selected. In these cases, the problem has several solutions, if such nodal points belong to the optimal trajectory.

We should note that the above mentioned calculation algorithm can be applied for any pair of the economic indicators operating efficiency at any enterprise.

LIST OF REFERENCE LINKS

1. Беляков, Г. С. Как оценить экономическую эффективность инвестиционных проектов / Г. С. Беляков // ЭКО. – 2010. – № 6. – С. 121–129.
2. Берлин, А. Механизм инвестиционных решений на промышленном предприятии / А. Берлин, А. Арзамов // Пробл. теории и практики упр. – 2001. – № 1. – С. 80–85.
3. Бирман, Г. Экономический анализ инвестиционных проектов / Г. Бирман, С. Шмидт. – Москва : Банки и биржи : ЮНИТИ, 1997. – 631 с.
4. Вечканов, Г. Инвестиции: объемы, динамика, структура / Г. Вечканов // Экономист. – 2012. – № 3. – С. 16–28.
5. Гайдук, Н. О. Оновлення рухомого складу як пріоритетний напрямок інвестиційної діяльності «Укрзалізниці». / Н. О. Гайдук, О. М. Пшінько // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – С. 219–222.
6. Гитман, Л. Дж. Основы инвестирования / Л. Дж. Гитман, М. Д. Джонк. – Москва : Дело, 1997. – 1008 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

7. Кірдіна, О. Г. Інвестиційно-інноваційний розвиток як фактор відтворення економічного потенціалу залізничного транспорту / О. Г. Кірдіна // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 35. – С. 234–240.
8. Кузнецов, Ю. Н. Математическое программирование / Ю. Н. Кузнецов, В. И. Кузубов, А. Б. Волощенко. – Москва : Высш. шк., 1976. – 352 с.
9. Математическая теория оптимальных процессов / Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко. – Москва : Наука, 1976. – 392 с.
10. Скриптунова, Е. А. Основные показатели эффективности предприятия, которые необходимо знать руководителю, чтобы эффективно управлять и видеть истинное положение дел на своем предприятии. / Е. А. Скриптунова // Менеджмент сегодня. – 2003. – № 3. – С. 20–26.
11. Теплова, Т. В. Инвестиции / Т. В. Теплова. – Москва : Юрайт, 2011. – 724 с.
12. Guo, M.-W. Evaluation of profit variable weight of risk investment enterprises financial profit of risk investment projects based on set pair theory / M.-W. Guo // Wuhan Ligong Daxue Xuebao / J. of Wuhan University of Technology. – 2010. – Vol. 32. – Iss. 3. – P. 147–150.
13. Kuhn, D. Stochastic optimization of investment planning problems in the electric power industry / D. Kuhn, P. Pappas, B. Rustem // Process Systems Engineering. – 2011. – Vol. 5 – P. 215–230. doi: 10.1002/9783527631209.ch48
14. Svensson, E. A model for optimization of process integration investments under uncertainty / E. Svensson, A.-B. Strömberg, M. Patriksson // Energy. – 2011. – Vol. 36. – Iss. 5. – P. 2733–2746. doi: 10.1016/j.enpol.2008.10.023.

З. М. ГАСАНОВ^{1*}

^{1*}Каф. «Прикладная математика», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 36, эл. почта zakariya@ukr.net, ORCID 0000-0002-2312-8053

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЪЕМА ИНВЕСТИЦИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Цель. Прибыль и рентабельность любого, в том числе транспортного, предприятия – это основные экономические показатели эффективности работы предприятия. Эти показатели отражают результаты и успешность работы предприятия. С другой стороны, эффективная деятельность предприятия в долгосрочной перспективе, обеспечение высоких темпов его развития и повышения конкурентоспособности в значительной мере определяются уровнем его инвестиционной активности и диапазоном инвестиционной деятельности. Целью данного исследования является обоснование метода определения оптимального объема инвестиций для улучшения этих или других (выбираемых руководством) основных экономических показателей эффективности работы предприятия. **Методика.** В основе предлагаемой методики определения оптимального объема инвестиций лежит теория оптимального управления, в частности, процедура динамического программирования, так как управляемый процесс развития предприятия является многоэтапным. Данная процедура, используя поэтапное планирование, позволяет не только упростить решение задач оптимизации, но и решить те из них, к которым нельзя применить методы математического анализа. **Результаты.** Обоснована целесообразность проведения расчетов для определения оптимального объема инвестиций с целью обеспечения высоких темпов развития предприятия. Это является залогом эффективности деятельности предприятия в долгосрочной перспективе и повышения его конкурентоспособности. **Научная новизна.** Показано, что с помощью методов теории оптимального управления можно произвести расчет минимального объема капитальных вложений для улучшения экономических показателей, которые определяют эффективность работы предприятия. Предложенная методика расчета не зависит от конкретного содержания экономических показателей. Эффективность данной методики расчета продемонстрирована на модельном примере. **Практическая значимость.** Предлагаемая в статье методика расчета минимального объема капитальных вложений для улучшения экономических показателей эффективности предприятия довольно проста, но в то же время позволяет, с одной стороны, определить приоритетные направления инвестиционной деятельности предприятия. С другой стороны, она повышает управляемость и прозрачность хозяйственной деятельности предприятия, повышает уверенность руководителя в правильности принимаемых решений.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

Ключевые слова: прибыль; рентабельность; экономические показатели; эффективность работы; оптимальный объем инвестиций; оптимизация; конкурентоспособность; управляемость; динамическое программирование

З. М. ГАСАНОВ^{1*}

^{1*}Каф. «Прикладна математика», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 36, ел. пошта zakariya@ukr.net, ORCID 0000-0002-2312-8053

ПРО ОПТИМІЗАЦІЮ ОБСЯГУ ІНВЕСТИЦІЙ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА

Мета. Прибуток і рентабельність будь-якого, в тому числі транспортногo, підприємства – це основні економічні показники ефективності роботи підприємства. Ці показники відображають результати та успішність роботи підприємства. З іншого боку, ефективна діяльність підприємства в довгостроковій перспективі, забезпечення високих темпів його розвитку й підвищення конкурентоспроможності значною мірою визначаються рівнем його інвестиційної активності та діапазоном інвестиційної діяльності. Метою даного дослідження є обґрунтування методу визначення оптимального обсягу інвестицій для поліпшення цих або інших (обраних керівництвом) основних економічних показників ефективності роботи підприємства. **Методика.** В основі запропонованої методики визначення оптимального обсягу інвестицій лежить теорія оптимального управління, зокрема, процедура динамічного програмування, так як керований процес розвитку підприємства є багатоетапним. Дана процедура, використовуючи поетапне планування, дозволяє не тільки спростити рішення задач оптимізації, але й вирішити ті з них, до яких не можна застосувати методи математичного аналізу. **Результати.** Обґрунтовано доцільність проведення розрахунків для визначення оптимального обсягу інвестицій з метою забезпечення високих темпів розвитку підприємства. Це є запорукою ефективності діяльності підприємства в довгостроковій перспективі та підвищення його конкурентоспроможності. **Наукова новизна.** Показано, що за допомогою методів теорії оптимального управління можна зробити розрахунок мінімального обсягу капітальних вкладень для покращення економічних показників, які визначають ефективність роботи підприємства. Запропонована методика розрахунку не залежить від конкретного змісту економічних показників. Ефективність даної методики розрахунку продемонстрована на модельному прикладі. **Практична значимість.** Пропонована в статті методика розрахунку мінімального обсягу капітальних вкладень для поліпшення економічних показників ефективності підприємства досить проста, але в той же час дозволяє, з одного боку, визначити пріоритетні напрямки інвестиційної діяльності підприємства. З іншого боку, вона підвищує керованість і прозорість господарської діяльності підприємства, підвищує впевненість керівника у правильності прийнятих рішень.

Ключові слова: прибуток; рентабельність; економічні показники; ефективність роботи; оптимальний обсяг інвестицій; оптимізація; конкурентоспроможність; керованість; динамічне програмування

REFERENCES

1. Belyakov G.C. Kak otsenit ekonomicheskuyu effektivnost investitsionnykh projektov [How to evaluate the economic efficiency of investment projects]. *EKO – ECO*, 2010, issue 6, pp.121-129.
2. Berlin A. Mekhanizm investitsionnykh resheniy na promyshlennom predpriyatii [The mechanism of investment decisions in an industrial plant]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya. – Problems of the Theory and Practice of Management*, 2001, issue 1, pp. 80-85.
3. Birman G., Shmidt C. *Ekonomicheskii analiz investitsionnykh projektov* [Economic analysis of investment projects], Moscow, Banki i birzhi, YuNITI Publ., 1997. 631 p.
4. Vechkanov G. Investitsii: obemy, dinamika, struktura. [Investments: the volume, dynamics and structure]. *Ekonomist – Economist*, 2012, issue 3, pp. 16-28.
5. Haiuduk N.O., Pshinko O.M. Onovlennia rukhomoho skladu yak priorytetnyi napriamok investytsiinoi diialnosti «Ukrzaliznytsi». [The renewal of the rolling stock as a priority of «Ukrzaliznytsia»'s investment activity]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2010, issue 35, pp.219-222.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

6. Gitman L.J., Jonk M.D. *Osnovy investirovaniya*. [Fundamentals of investments]. Moscow, Delo Publ., 1997. 1008 p.
7. Kirdina O.H. Investytsiino-innovatsiynnyi rozvytok yak faktor vidtvorennia ekonomichnoho potentsialu zaliznychnoho transportu [Investment and innovation development as reproduction factor of the economic potential of railway transport]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2010, issue 35, pp. 234-240.
8. Kuznetsov Yu.N., Kuzubov V.I., Voloschenko A.B. *Matematichskoye programmirovaniye* [Mathematical programming]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1976. 352 p.
9. Pontryagin L.S., Boltyanskiy V.G., Gamkrelidze R.V., Mischenko Ye.F. *Matematicheskaya teoriya optimalnykh protsessov* [The mathematical theory of optimal processes]. Moscow, Nauka Publ., 1976. 392 p.
10. Skriptunova Ye.A. Osnovnyye pokazateli effektivnosti predpriyatiya, kotoryye neobkhodimo znat rukovoditelyu, chtoby effektivno upravlyat i videt istinnoye polozheniye del na svoem predpriyatii [Key performance indicators of the enterprise that the director should know to manage effectively and see the true state of affairs in the company]. *Menedzhment segodnya – Management Today*, 2003, issue 3, pp. 20-26.
11. Teplova T.V. *Investitsii*. [Investments]. Moscow, Yuraut Publ., 2011. 724p.
12. Guo M.-W. Evaluation of profit variable weight of risk investment enterprises financial profit of risk investment projects based on set pair theory. Wuhan Ligong Daxue Xuebao. *Journal of Wuhan University of Technology*, 2010, vol. 32, issue 3, pp. 147-150.
13. Kuhn D., Parpas P., Rustem B. Stochastic optimization of Investment planning problems in the electric power industry. *Process Systems Engineering*, 2011, vol. 5, pp. 215-230. doi: 10.1002/9783527631209.ch48
14. Svensson E., Strömberg A.-B., Patriksson M. A model for optimization of process integration investments under uncertainty. *Energy*, 2011, vol. 36, issue 5., pp. 2733-2746. doi: 10.1016/j.enpol.2008.10.023.

Prof. A. A. Bosov, D. Sci. (Tech.); Prof. V. Ye. Bilozorov, D. Sci. (Phys.– Math.) recommended this article to be published

Received: Nov. 04, 2014

Accepted: Dec. 23, 2014