

2022. № 17. S. 693–707. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-022-01240-w>
17. Lund University. *Living Labs for Sustainable Development*: web-sayt. URL: <https://lunduniversity.lu.se>
18. Mitchell W.J. *City of Bits: Space, Place, and the Infobahn*. Cambridge: MIT Press, 1996. 225 p.
19. MOVE21: *Innovative Living Labs*: web-sayt. URL: <https://move21.eu>
20. Smart Agri-Food Living Lab: web-sayt. URL: <https://www.smartagrifood.ca>
21. UNDP Ukraine. *Support to Biodiversity Conservation in Ukraine*: web-sayt. URL: <https://www.undp.org>
22. Urban Climate Resilience Living Lab: web-sayt. URL: <https://www.ucrll.org>
23. Urban Living Labs: Pathways of Sustainability Transitions towards Circular Economy. *Sustainability*: web-sayt. 2022. № 14(16). S. 9831. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/16/9831>

Отримано: 22.10.2024

УДК 004.9;519.8

DOI: 10.32626/2307-4507.2024-30.130-133

Tetiana PYLYPIUK<sup>1</sup>, Viktor SHCHYRBA<sup>2</sup>, Rostyslav MOTSYK<sup>3</sup>

Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University

e-mail: <sup>1</sup>[pylypyuk.tetiana@kpnu.edu.ua](mailto:pylypyuk.tetiana@kpnu.edu.ua), <sup>2</sup>[shchyrba.viktor@kpnu.edu.ua](mailto:shchyrba.viktor@kpnu.edu.ua), <sup>3</sup>[motsyk@kpnu.edu.ua](mailto:motsyk@kpnu.edu.ua);ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-4676-9830, <sup>2</sup>0000-0002-2520-5825, <sup>3</sup>0000-0003-0947-3579

### MATHEMATICAL METHODS APPLICATION IN SYSTEM ANALYSIS FOR DECISION-MAKING IN THE EDUCATIONAL PROCESS

**Abstract.** Modern education is characterized by a high level of uncertainty and dynamism, which requires the educators ability to make informed decisions in limited information conditions. Mathematical methods of system analysis are applied in the research to optimize the decision-making process in the educational environment. One of the models in the educational process for the description and analysis of various aspects of the educational process, such as the motivation of the participants of the educational process, the quality of educational services, is considered. The search for optimal solutions in conditions of uncertainty for the processing of inaccurate and incomplete information, which is typical for the educational environment, was carried out. The algorithm of the decision-making process under uncertainty conditions is described. The problem of finding the optimal solution in conditions of uncertainty is considered using the example of one model of promoting an educational service with various modifications of the risk matrix. Optimal solutions were found using the Bayes criteria, the minimum variance of the estimated functional with its modifications, the maximizing the probability distribution of an estimated functional, the modal criterion, the minimum entropy, and the combined criterion. The results of calculations for decision-making according to various criteria in the conditions of uncertainty are obtained for various risk matrix modifications. Relevant conclusions were drawn. The study results can be used to optimize educational programs and teaching methods, improve the quality of educational services, increase the motivation of the educational process participants and more effectively use educational resources. The obtained results are useful for researchers and practitioners who are dealing with decision-making problems under uncertainty in various fields.

**Key words:** system analysis, decision-making, educational process, uncertainty, risk matrix, optimal decision.

#### I. Introduction

«Decision making is a creative, responsible management task. Its successful implementation consists in determining, in accordance with the circumstances, the algorithm of further actions in a specific area of management (production of goods or provision of services), outlining the functions of structural subdivisions in the activity system, the order of their interaction and material and information support. At the same time, the decision often has to be made taking into account the incompleteness of information, in particular, when external circumstances or the environment behavior are known with a certain probability, that is, in conditions of risk» [1].

The decision-making process under conditions of uncertainty can be described by the following algorithm [1]:

1. Forming a possible solutions set  $\Phi = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m\}$  and set of environment states:  $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$ .
2. Definition and specification of the main indicators of the estimated functional:  $F = \{f_{j,k}\}$ , which characterizes "winning" or "losing" when choosing a solution from a set  $\Phi$ , if the environment is in one of the states of the set  $\Theta$ .

3. Definition of the information situation that describes the behavior strategy of environment  $C$ , which, in turn, is described by a set of mutually exclusive states and can be in one of them  $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$ .

4. Selection of a decision-making criterion from a set of criteria characterizing the information situation determined by the management body. The informational situation is characterized by the given distribution of a priori probabilities  $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$  on the elements

$$\text{of the set } \Theta \left( p_j = p(\theta_j), \sum_{j=1}^n p_j = 1 \right).$$

5. Acceptance of the optimal decision or its correction according to the selected criterion.

Let's consider the tasks of finding the optimal solution under conditions of uncertainty on the example of one model of the promotion of an educational service with various risk matrix modifications and let's find optimal solutions using the Bayes criteria, the minimum variance of the estimated functional with its modifications, the maximizing the probability distribution of an estimated functional, the modal criterion, the minimum entropy, and the combined criterion. Calculation results for decision-making according to various criteria in con-

ditions of uncertainty will be obtained by means of electronic spreadsheets.

We will make the appropriate calculations and get the optimal solutions for various risk matrix modifications. We will present the calculations in the form of tables and let's analyze the results and compare them.

## II. The search for an optimal solution in conditions of uncertainty on the example of one model of the educational services promotion

### Setting the problem.

The teacher offers his educational discipline (educational product-service) to the catalog of free-choice disciplines for study by students of higher education in the next academic year. It is necessary to make a decision about the optimal way of promoting the educational service, taking into account the risks [2].

Let's define situations:

$\varphi_1$  – independent promotion of the educational service through informing higher education students;

$\varphi_2$  – publication of the academic discipline syllabus on the department website;

$\varphi_3$  – publishing information in social networks;

$\varphi_4$  – self-promotion of the educational service.

And the risks:

$\theta_1$  – competition between proposals;

$\theta_2$  – established reputation of the teacher, which can attract a larger number of students;

$\theta_3$  – lack of interest of education students in the educational product-service that is offered;

$\theta_4$  – technical problems of publishing information about the educational service.

We will assume that all states occur with approximately the same probability.

We present the risk matrix, for example, in the form:

$$\begin{matrix}
 p & & \varphi_1 & \varphi_2 & \varphi_3 & \varphi_4 \\
 0,3 & \theta_1 & 1 & 4 & 3 & 0 \\
 0,3 & \theta_2 & 2 & 2 & 3 & 4 \\
 0,2 & \theta_3 & 2 & 0 & 3 & 4 \\
 0,2 & \theta_4 & 2 & 4 & 3 & 1
 \end{matrix} \quad (1)$$

A risk matrix is a visual tool used to assess and classify potential risks in a project, business, or any other area of activity. Using a risk matrix, we can determine which risks are most likely and have the greatest potential impact.

Each risk is marked in the matrix depending on its probability and impact. This allows us to divide risks into several categories:

- low risk (low probability and insignificant impact);
- medium risk (medium probability or medium impact);
- high risk (high probability and high impact).

A risk matrix is important because it allows you to identify which risks need the most attention, helps to develop an action plan to reduce the impact of risks, provides information for informed decision-making, facilitates communication about risks between different stakeholders.

Advantages of risk matrix using:

- a simple and intuitive tool;
- makes it possible to visualize risks;
- promotes a more objective risk assessment.

A risk matrix is a powerful tool for managing uncertainty and reducing potential losses. Due to its simplicity and effectiveness, it is widely used in various spheres of activity.

As for the risk matrix (1), we have four possible strategies for promoting the educational product-service ( $\varphi_1 - \varphi_4$ ) and four potential risks ( $\theta_1 - \theta_4$ ). Our goal is to determine which strategy is the least risky, given that all risks have approximately the same probability. To build the matrix, we evaluated how each risk affects each strategy. We presented the assessment of the impact, for example, in the form of points on a five-point scale from 0 to 4, where 0 is the least impact, and 4 is the greatest.

We will find the optimal solution using the Bayes criteria, the minimum variance of the estimated functional with its modifications, the maximizing the probability distribution of an estimated functional, the modal criterion, the minimum entropy, and the combined criterion [1]. We have 10 criteria. Calculation results for decision-making according to various criteria in conditions of uncertainty will be obtained by means of electronic spreadsheets.

Let's present the results calculated using different criteria in a table 1.

Table 1

### The calculation results and decision-making according to various criteria in risk conditions according to the risk matrix (1)

Criterion name	Criterion value in relation to decisions				The optimal solution
	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$	$\varphi_4$	
Bayes criteria	1,7	2,6	3	2,2	$\varphi_3$
Minimum dispersion	0,46	2,86	0,68	1,94	$\varphi_1$
Modification 1	0,67	2,49	0,39	3,39	$\varphi_3$
Modification 2	0,46	2,6	0,64	3,36	$\varphi_1$
Maximizing the probability distribution of an estimated functional	0	0,4	0,7	0,6	$\varphi_3$
Modal criterion	2	0	3	4	$\varphi_4$
Minimum entropy	0,56	0,3	0,4	0,33	$\varphi_2$
Combined criteria $\lambda=0,4$	1,67	-0,4	5,21	3,19	$\varphi_3$
Combined criteria $\lambda=1,01$	-0,74	-5,96	-0,56	-2,23	$\varphi_3$
Combined criteria $\lambda=0,7$	0,48	-3,13	2,38	0,53	$\varphi_3$

Table 1 shows that the optimal solution is  $\varphi_3$  (information publication in social networks). This result was obtained in 6 criteria out of 10. Strategy  $\varphi_3$  is the most profitable in terms of audience coverage and is also the most competitive. Strategy  $\varphi_3$  is the least risky strategy – publishing information in social networks. This option makes it possible to convey detailed information about the academic discipline to potential higher education applicants who are interested in choosing a discipline of free formation of an educational trajectory. At the same time, the influence of competition and lack of interest among those seeking higher education is minimized.

The use of different criteria gives different optimal alternatives, and therefore, before making a decision, it is necessary to determine by which criterion it will be chosen, taking into account the conditions of the task and the requirements for the decision. For example, in the considered model the alternatives  $\varphi_2$  (publication of the academic discipline syllabus on the department website) and

$\varphi_4$  (self-promotion of the educational service) are optimal in relation to one of the criteria. The alternative  $\varphi_1$  (independent promotion of the educational service through informing the students of higher education) is optimal only according to two criteria. That's why, the person making the decision needs to choose the alternative  $\varphi_3$  – publishing information about the academic discipline in social networks. We obtained the optimal solution by assuming that all states occur with approximately equal probability.

Let's change the risk matrix and present it, for example, in the form:

$$\begin{array}{cccccc}
 P & \varphi_1 & \varphi_2 & \varphi_3 & \varphi_4 & \\
 0,2 & \theta_1 & 1 & 4 & 3 & 0 \\
 0,4 & \theta_2 & 2 & 2 & 3 & 4 \\
 0,2 & \theta_3 & 2 & 0 & 3 & 4 \\
 0,2 & \theta_4 & 2 & 4 & 3 & 1
 \end{array} \quad (2)$$

We will assume that the state  $\theta_2$  (the established reputation of the teacher, which can attract a greater number of students) occurs with the highest probability.

Let's record the results calculated using different criteria in a table 2.

Table 2

**The calculation results and decision-making according to various criteria in risk conditions according to the risk matrix (2)**

Criterion name	Criterion value in relation to decisions				The optimal solution
	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$	$\varphi_4$	
Bayes criteria	1,8	2,4	3	2,6	$\varphi_3$
Minimum dispersion	0,46	2,58	0,46	2,38	$\varphi_1, \varphi_3$
Modification 1	0,58	2,24	0,30	3,1	$\varphi_3$
Modification 2	1,60	2,28	0,16	3,04	$\varphi_3$
Maximizing the probability distribution of an estimated functional	0	0,4	0,4	0,6	$\varphi_4$
Modal criterion	2	2	3	4	$\varphi_4$
Minimum entropy	0,69	0,45	0,41	0,33	$\varphi_4$
Combined criteria $\lambda=0,7$	0,68	-0,44	2,47	0,45	$\varphi_3$
Combined criteria $\lambda=1$	-0,46	-3,22	-0,46	-2,38	$\varphi_1, \varphi_3$
Combined criteria $\lambda=0,8$	0,27	-1,43	1,43	-0,56	$\varphi_3$

Analyzing Table 2, we can conclude that the optimal solution is  $\varphi_3$  (information publication in social networks). This result was obtained in 7 criteria out of 10. Strategy  $\varphi_3$  is the most profitable and the least risky. In the second model considered by us, the alternative  $\varphi_2$  (publication of the academic discipline syllabus on the department website) is not considered, and the alternatives  $\varphi_4$  (self-promotion of the educational service) and  $\varphi_1$  (independent promotion of the educational service through informing higher education students) are optimal with respect to three and two criteria, respectively.

Obviously, according to other probabilities of occurrence of events, we can obtain other values of optimal solutions. Experiments regarding the risk matrix may also be interesting. To build a risk matrix, we assessed how each risk affects each strategy. We presented the impact assessment in the form of points on a five-point scale from 0 to 4 (where 0 is the least impact, and 4 is the greatest) and to find the optimal solution according to the risk matrices (1) and (2) were left unchanged.

### III. Conclusions

The research results can be used to optimize educational programs and teaching methods, improve the quality of educational services, increase the motivation of participants in the educational process, and more effectively use educational resources. The obtained results are useful for researchers and practitioners who deal with decision-making problems under uncertainty in various fields. Since the use of different criteria gives different optimal alternatives, therefore, in order to make a final decision, it is necessary to take into account the conditions of the task and the requirements for the decision made by the governing body, and according to the conditions of our task, the person who makes the decision. This work can become the basis for further research in the field of the application of mathematical methods in the educational process and contribute to the development of innovative approaches to the management of educational systems.

### References:

1. Us S.A. Decision Making Under Risk: A Laboratory Manual for Systems Analysis Students 6.040303. National University, Dnipropetrovsk, 2014. 35 c.
2. Pylypiuk T.M. Decision-making in conditions of uncertainty. *Modern problems of mathematical modeling, forecasting and optimization*: abstracts of reports of the 10th International Scientific Conference. In memory of the honorary professor of Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University, Doctor of Technical Sciences, professor, honorary academician of National Academy of Sciences Anatoliy Fedorovych VERLAN [Electronic resource]. Kamianets-Podilskyi: Kamianets-Podilskyi Ivan Ohiienko National University, 2024. P. 56–57.

**Тетяна ПИЛИПЮК, Віктор ЩИРБА,  
Ростислав МОЦИК**

*Кам'янець-Подільський національний університет  
імені Івана Огієнка*

### ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ У СИСТЕМНОМУ АНАЛІЗІ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

**Анотація.** Сучасна освіта характеризується високим рівнем невизначеності та динамічності, що вимагає від освітян здатності приймати обґрунтовані рішення в умовах обмеженої інформації. У роботі для дослідження застосовано математичні методи системного аналізу для оптимізації процесу прийняття рішень в освітньому середовищі. Розглянуто одну з моделей в освітньому процесі для опису та аналізу різних аспектів освітнього процесу, таких як мотивація учасників освітнього процесу, якість освітніх послуг. Здійснено пошук оптимальних рішень в умовах невизначеності для обробки неточної та неповної інформації, що характерна для освітнього середовища. Описано алгоритм процесу прийняття рішень в умовах невизначеності. Розглянуто задачу пошуку оптимального рішення в умовах невизначеності на прикладі однієї моделі просування освітньої послуги з різними модифікаціями матриці ризиків. Оптимальні рішення знайдено із застосуванням критеріїв Байєса, мінімуму дисперсії оцінного функціонала з його модифікаціями, максимізації ймовірності розподілу оцінного функціоналу, модального критерію, мінімуму ентропії та комбінованого критерію. Результати обчислень для прийняття рішень за різними критеріями в умовах невизначеності

ності отримано для різних модифікацій матриці ризиків. Зроблено відповідні висновки. Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації навчальних програм та методів навчання, покращення якості освітніх послуг, підвищення мотивації учасників освітнього процесу, ефективнішого використання освітніх ресурсів. Одержані результати є

корисними для дослідників та практиків, які займаються проблемами прийняття рішень в умовах невизначеності у різних областях.

**Ключові слова:** системний аналіз, прийняття рішень, освітній процес, невизначеність, матриця ризиків, оптимальне рішення.

Отримано: 30.08.2024

УДК 37.091.33-044.247:[5+65+004]:614

DOI: 10.32626/2307-4507.2024-30.133-138

Руслан ПОВЕДА<sup>1</sup>, Тетяна ПОВЕДА<sup>2</sup>

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

e-mail: <sup>1</sup>povedar@kpmu.edu.ua, <sup>2</sup>poveda.tetiana@kpmu.edu.ua;

ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-0067-6153, <sup>2</sup>0000-0003-3244-6907

## ЕЛЕМЕНТИ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОЗРОБКИ І ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТУ «ЦЕНТРАЛІЗОВАНА СИСТЕМА ОПОВІЩЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НАЯВНОЇ WIFI МЕРЕЖІ»

**Анотація.** У статті акцентовано на важливості впровадження в освітній процес STEM-підходу, який поєднує науку, технології, інженерію та математику. Підкреслено значимість STEM-освіти в контексті глобального дефіциту фахівців у технічних сферах та зростаючого попиту на них. Зазначено, що застосування елементів STEM-технологій у навчанні з фізики має велике значення для створення практичних діючих пристроїв, які надихають учнів на проєктну роботу та сприяють їхньому розвитку. Ці технології дозволяють створювати функціональні пристрої, що сприяють поглибленню розуміння учнями наукових концепцій. Створення таких пристроїв активізує творчість, розвиває проблемно-орієнтоване мислення та навички розв'язування завдань, дозволяє учням застосовувати теоретичні знання на практиці, вирішуючи реальні проблеми за допомогою новаторських рішень. Наведено приклад захопливого кейсу (проєкту) – системи голосового оповіщення з використанням наявної WIFI мережі, який демонструє, як учні можуть застосовувати отримані інтегровані знання з різних навчальних предметів для вирішення реальних проблем сьогодення. Наголошено на важливості STEM-освіти для розвитку суспільства.

**Ключові слова:** STEM-освіта, навчання фізики, технології, проєкт KaRadio, ESP32.

У сучасному світі, де технології стрімко розвиваються, освітні підходи повинні відповідати викликам часу. Одним із таких підходів є STEM-освіта, яка інтегрує чотири ключові напрями: науку (Science), технології (Technology), інженерію (Engineering) та математику (Mathematics). Головна мета STEM-освіти полягає у реалізації державної політики з урахуванням нових вимог Закону України «Про освіту» щодо посилення розвитку науково-технічного напрямку [1].

Світові лідери в цій сфері, такі як Австралія, Китай, Великобританія, Ізраїль, Корея, Сінгапур та США, вже давно реалізують державні програми з впровадження STEM-освіти. Особливо успішним виявився Сінгапур, який почав ініціативу «Перетворення Сінгапуру» ще 20 років тому. Одним із головних завдань було переглянути навчальні програми, зробивши їх більш орієнтованими на підхід STEM. В цьому підході учень перестає бути об'єктом отримання знань, а стає активним учасником освітнього процесу.

Тема впровадження STEM у освіту є міждисциплінарною, тому її досліджують учені з різних галузей науки. Різні аспекти впровадження STEM-освіти в Україні все більше привертають увагу вітчизняних науковців, методистів, керівників навчальних закладів та вчителів-практиків (О. Барна, С. Кириленко, Л. Клименко, О. Кузменко, М. Садовий, І. Савченко, В. Сіпій, О. Стрижак, І. Сліпучіна, О. Трофімова, Н. Поліхун, І. Чернецький та ін.) [2; 3; 5].

STEM-освіта в Україні має за мету створення умов для розвитку комплексної підготовки особистості, яка вміє об'єднувати технічні знання з креатив-

ним мисленням, сприяючи тим самим підготовці нового покоління громадян, здатних ефективно функціонувати в сучасному світі. Важливо розуміти, що STEM-освіта – це не лише технічне навчання, а широке поєднання креативності та технічних знань. STEM-освіта навчає учнів ефективно використовувати отримані знання для реальних ситуацій, допомагаючи їм готуватися до дорослого життя, де вони зустрінуться з викликами та труднощами. Цей підхід дозволяє вчителям наочно пояснювати матеріал, доповнюючи теорію реальними прикладами. Наприклад, коли учні отримують завдання спроектувати «розумний будинок», вони не лише враховують технічні аспекти, але й розвивають свою уяву та креативність, створюючи комфортне та естетичне житло. Головна перевага STEM-навчання полягає в тому, що воно готує учнів до життя у реальному світі, де знання швидко застарівають, а гнучкість у навчанні та критичне мислення набувають переваги. Під час STEM-уроків у старших класах фокус зміщується з «сухої» теорії на практичні завдання, які потрібно вирішити, шляхом проб та експериментів.

Варто зауважити, що STEM-дослідженням сприяють різні організації, наприклад, STEM Coalition (США) об'єднує освітян, науковців і політиків для розвитку STEM на всіх рівнях освіти; Європейська мережа STEM координує освітні проєкти в Європі, пов'язані з інтеграцією STEM у шкільну систему; Український центр STEM-освіти підтримує розвиток STEM-освіти через тренінги, семінари та наукові конференції. Одним з функціонуючих центрів STEM-освіти є STEM лабораторія *МАНЛаб – лабораторний*