

УДК 378.013.3

DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2019.162684>

**Даніїл Шматков**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики, електротехніки і електроенергетики Української інженерно-педагогічної академії

**Надія Белікова**, доктор економічних наук, доцент, учений секретар Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України

**Олександр Шелковий**, аспірант кафедри фізики, електротехніки і електроенергетики Української інженерно-педагогічної академії

### РЕДУКЦІЯ ЗМІСТУ НАВЧАННЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ҐРУНТУ СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ

На підставі теоретичного аналізу науково-технічної та науково-методичної літератури, вивчення і узагальнення досвіду розробки методів дидактичної редукції, із застосуванням методів ентропії, регресії, кластеризації, розроблено метод вертикальної дидактичної редукції змісту навчання моніторингу стану ґрунту середовища існування – однієї з основних тем дисципліни. Впровадження методів математичної статистики підтверджено високими значеннями коефіцієнта детермінації, скоректованого коефіцієнту детермінації, низьким значенням стандартної помилки оцінювання. Метод забезпечує науково обґрунтоване скорочення змісту навчання в умовах скорочення навчального часу та може бути застосований до більшості тем моніторингу середовища існування.

**Ключові слова:** ґрунт; дидактична редукція; ентропія; зміст навчання; кластеризація; моніторинг середовища існування; регресія.

**Рис. 3. Табл. 3. Літ. 15.**

**Daniyil Shmatkov**, Ph.D.(Pedagogy), Associate Professor of the Physics, Electrical Engineering and Electric Power Industry Department of the Ukrainian Engineering Pedagogics Academy

**Nadiya Byelikova**, Doctor of Sciences(Economics), Associate Professor, Scientific Secretary of the Research Center of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine

**Oleksander Shelkoviyy**, Postgraduate Student of the Physics, Electrical Engineering and Electric Power Industry Department of the Ukrainian Engineering Pedagogics Academy

### REDUCTION OF THE LEARNING CONTENT OF THE ENVIRONMENTAL SOIL MONITORING

Based on the theoretical analysis of scientific, technical and methodological literature, study and summarizing the experience of didactic reduction methods developing, using the methods of statistics, a method of vertical didactic reduction of the learning content of the environmental soil monitoring has been developed. The sufficiency of the content is substantiated, verified and confirmed using the methods of statistics. The implementation of the method leads to a decrease in time for measurements, calculations, and analysis when obtaining an approximate result with statistically small errors. It leads to the maximization of information about the results obtained under conditions of limited study time, as well as under conditions of limited time for its implementation into future professional activities. The vertical reduction method comprises the following steps: selection of research objects and identification of partial indicators for soil evaluation; data collection for analysis; standardization of partial indicators and calculation the integral indicator for soil evaluation; identification of partial indicators that are the most important in their influence on the integral indicator on the basis of multiple regression; clustering research objects in order to determine their excellent characteristics and typical cluster representatives; formation of conclusions and implementation of the vertical reduction method of the learning content of the environmental soil monitoring. The results are adequate which is evidenced by the high values of the coefficient of determination,  $R^2 = 0,967$ , the adjusted coefficient of determination,  $Adj. R^2 = 0,961$ , and by the low value of the standard error estimator;  $Std. Error of estimate = 0.021$ . The method forms a toolkit for its application in relation to other topics of the environmental monitoring learning.

**Keywords:** clustering; didactic reduction; entropy; environmental monitoring; learning content; regression; soil.

**Постанова проблеми.** Методики навчання дисциплін екологічного напрямку із розвитком інформаційних технологій набувають нових форм, методів та засобів. Відбувається також і трансформація змісту навчання за умов переходу на дистанційну

форму та скорочення аудиторного навчального часу. До таких дисциплін відноситься і моніторинг середовища існування, характерною особливістю якої є наявність міждисциплінарних зв'язків із метрологічним напрямом. Крім того, як і в інших споріднених дисциплінах, важливим є відображення правових аспектів напряму, засад сталого розвитку тощо. Моніторинг середовища існування поєднує такі теми, як моніторинг стану ґрунту, використання водних ресурсів, атмосферного повітря, утворення відходів та поводження з ними, охорони та використання лісових ресурсів, оцінки витрат на охорону навколишнього природного середовища.

Враховуючи те, що зміст дисципліни містить значну кількість тем та міждисциплінарних зв'язків, в умовах скорочення часу на аудиторне навчання його зменшення повинно підпорядковуватись науково обґрунтованим методам.

#### **Аналіз основних досліджень і публікацій.**

Розробка методів зменшення, спрощення, трансформації змісту навчання підпорядковується науковому підходу, що має назву "дидактична редукція". Відповідно до праць засновника підходу, Г. Грюнера [8], зі зменшенням обсягу інформації досягається вертикальна редукція, що полягає у виборі та представленні основних понять дисципліни. Зниження складності навчання переформулюванням або заміною інформаційних одиниць є горизонтальною редукцією.

Методам впровадження дидактичної редукції присвячено значну кількість наукових праць. Розглянемо методи, що стосуються процесів побудови алгоритмів, проведення вимірювань та обробки результатів – аспектів, якими характеризується зміст навчання моніторингу середовища існування. Так, відомими є пропозиції щодо застосування програмних засобів, як засобів дидактичної редукції змісту навчання теорії графів [4]; застосування графів у формі семантичних мереж [14] та математичних моделей, заснованих на теорії обробки сигналів і теорії систем [13], як засобів дидактичної редукції змісту навчання наук про вимірювання; впровадження когнітивного програмування [5; 11]; моделювання в процесі навчання фізики [6]; зменшення рівня складності навчальних книг з математики шляхом виключення зайвих підрозділів [9]; редукування формул збіжності степеневих рядів з метою полегшення навчання вищої математики [3]; застосування стандартизованих методів і ретельного вибору тем, як засіб скорочення навчального часу в процесі навчання біометрії [15]; приховування складних деталей в процесі навчання структур даних [7].

Відомі методи описують горизонтальну

дидактичну редукцію, як, наприклад заміну комп'ютерного програмування когнітивним з поступовим переходом до більш високого рівня або впровадження стандартизованих методів навчання біометрії. Тобто, не зменшуючи кількість інформації, яку отримують студенти, змінюється форма її представлення відповідно до необхідного ступеню складності. В процесі навчання моніторингу середовища існування особливо актуальним є така зміна представлення інформації, як перехід до мобільних застосунків та онлайн моніторингу [10; 12]. Однак, науковцями не наведено даних щодо зменшення часу, необхідного на навчання із застосуванням подібних інновацій.

Наведені методи також описують і вертикальну дидактичну редукцію. Так, видалення з програми дисципліни складних тем та їх підрозділів, редукція графів і математичних формул, пов'язаних з дисципліною, означає зменшення обсягу змісту навчання і призводить до зменшення навчального часу. Проте, наведені методи або мають локальний характер (наприклад, редукція формул збіжності степеневих рядів), або описані занадто загально, що може призвести до значної кількості помилкових інтерпретацій в процесі їх застосування.

Для забезпечення скорочення змісту навчання в умовах скорочення навчального часу метод саме вертикальної дидактичної редукції буде доречним. Такий метод повинен бути універсальним для всіх або більшості тем змісту навчання моніторингу середовища існування.

**Мета статті** – розробка науково обґрунтованого методу редукції змісту навчання моніторингу стану ґрунту середовища існування.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На підставі теоретичного аналізу науково-технічної та науково-методичної літератури, вивчення і узагальнення досвіду розробки методів дидактичної редукції, із застосуванням методів математичної статистики розроблено метод вертикальної дидактичної редукції змісту навчання моніторингу стану ґрунту середовища існування – однієї з основних тем дисципліни.

Розглянемо розроблений метод більш детально. Він складається з наступних етапів:

- обґрунтування переліку об'єктів моніторингу стану ґрунту середовища існування;
- затвердження переліку часткових показників моніторингу стану ґрунту середовища існування, їх збір та аналіз;
- стандартизація часткових показників моніторингу стану ґрунту середовища існування;

## РЕДУКЦІЯ ЗМІСТУ НАВЧАННЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ҐРУНТУ СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ

- розрахунок інтегрального показника оцінки стану ґрунту середовища існування;
- побудова регресійної моделі визначення впливу часткових показників на зміни інтегрального показника оцінки стану ґрунту середовища існування;
- групування об'єктів моніторингу стану ґрунту середовища існування на основі кластерного аналізу;
- формування висновків та впровадження вертикальної редукції змісту навчання моніторингу стану ґрунту середовища існування.

Об'єктами моніторингу стану ґрунту прийнято Україну та її регіони.

На другому етапі відбувається формування часткових показників оцінки стану ґрунту середовища існування. Такі показники мають у достатньому обсязі характеризувати стан ґрунту, бути доступними для вимірювання або у статистичних джерелах.

Третій етап передбачає стандартизацію часткових показників оцінки стану ґрунту середовища існування. Для цього визначено тип впливу кожного показника на систему середовища існування (стимулюючий або дестимулюючий) та використано наступні формули [1]:

- для показників-стимуляторів:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1)$$

- для показників-дестимуляторів:

$$Z_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (2)$$

де  $Z_{ij}$  – стандартизоване значення  $i$ -го часткового показника для  $j$ -го об'єкту дослідження;

$x_{\max}$  – максимальне значення серед усіх часткових показників ( $i=m$ ) для усіх об'єктів дослідження ( $j=k$ );

$x_{\min}$  – максимальне значення серед усіх часткових показників ( $i=m$ ) для усіх об'єктів дослідження ( $j=k$ ).

На четвертому етапі з використанням методу ентропії розраховано значення інтегрального показника оцінки стану ґрунту середовища існування. Вибір цього методу пояснюється тим, що ґрунти є складовим елементом системи середовища існування, яка належить до складних систем з неупорядкованим характером розвитку та функціонування.

Для розрахунку інтегрального показника оцінки стану ґрунту ( $K_{ip}$ ) середовища існування запропоновано такі етапи:

- формування матриці стандартизованих часткових показників оцінки стану ґрунту середовища існування;

- розрахунок стандартного відхилення для кожного часткового показника за сукупністю об'єктів моніторингу;

- розрахунок вектору матриці стандартизованих часткових показників оцінки стану ґрунту середовища існування;

- розрахунок інтегрального показника оцінки стану ґрунту середовища існування шляхом помноження вектору на матрицю стандартизованих часткових показників оцінки стану ґрунту середовища існування.

У табл. 1 наведено перелік часткових показників, за значеннями яких було сформовано вхідну матрицю даних оцінки стану ґрунту середовища існування [2].

На рис. 1 представлено розподіл об'єктів моніторингу за значенням інтегрального показника оцінки стану ґрунту середовища існування у 2017 р.

На наступному етапі запропонованого методу на основі множинної регресії отримано наступні параметри рівняння визначення впливу часткових показників на інтегральний показник оцінки стану ґрунту середовища існування (табл. 2, рис. 2).

Дані табл. 2 та рис. 2 підтверджують, що

**Таблиця 1.**

**Часткові показники оцінки стану ґрунту середовища існування**

Код показника	Назва показника	Тип впливу на систему довкілля
p. 25	Внесення мінеральних добрив на один гектар посівної площі сільськогосподарських культур, кг	Дестимулятор
p. 26	Внесення органічних добрив на один гектар посівної площі сільськогосподарських культур, т	Стимулятор
p. 27	Площа сільськогосподарських культур, удобрена мінеральними добривами, тис. га	Дестимулятор
p. 28	Площа сільськогосподарських культур, удобрена органічними добривами, тис. га	Стимулятор
p. 29	Площа, на якій застосовувались пестициди, тис. га	Дестимулятор

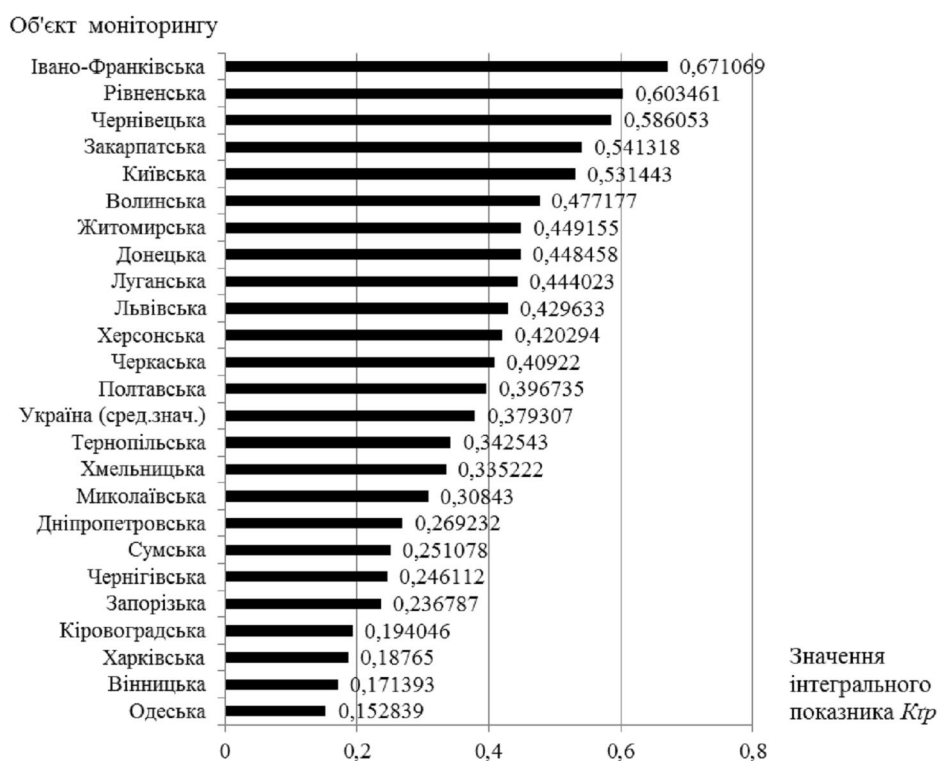


Рис. 1. Розподілення об'єктів моніторингу за значеннями інтегрального показника оцінки стану ґрунту середовища існування

Таблиця 2.

Параметри регресійної моделі для визначення вагомості впливу часткових показників на зміни інтегрального показника оцінки стану ґрунту середовища існування

Склад часткових показників до моделювання	Коефіцієнти $\beta$ у регресійній моделі		Склад часткових показників після моделювання	Достовірність моделі ( $R^2$ )
n25, n26, n27, n28, n29	n25	0,285	n25, n27, n28, n29	0,967
	n27	0,91		
	n28	0,503		
	n29	0,174		

одержана модель є адекватною, має високі значення коефіцієнта детермінації,  $R^2 = 0,967$ , скоректованого коефіцієнту детермінації, Adjusted  $R^2 = 0,9606$ , значення стандартної помилки оцінювання, Std. Error of estimate = 0,021.

В результаті впровадження методу на етапі застосування методу регресії отримано наступні показники, що чинять найбільший вплив, із відповідними коефіцієнтами впливу на інтегральний показник:

- внесення мінеральних добрив на один гектар посівної площі сільськогосподарських культур – 0,285;
- площа сільськогосподарських культур, удобрена мінеральними добривами – 0,91;
- площа сільськогосподарських культур, удобрена органічними добривами – 0,503;

- площа, на якій застосовувались пестициди – 0,174.

Інший показник не чинить статистично значущого впливу на інтегральний показник, тому може бути опущений в умовах обмеженого часу на навчання.

На наступному етапі запропонованого методу проведено групування об'єктів моніторингу у три кластери з низькими, середніми та високими характеристиками стану ґрунту середовища існування (табл. 3, рис. 3).

Як видно з рис. 3, середні значення часткових показників оцінки стану ґрунту середовища існування у рамках визначених кластерів диференційовані, а відстані між центрами кластерів достатньо значні.

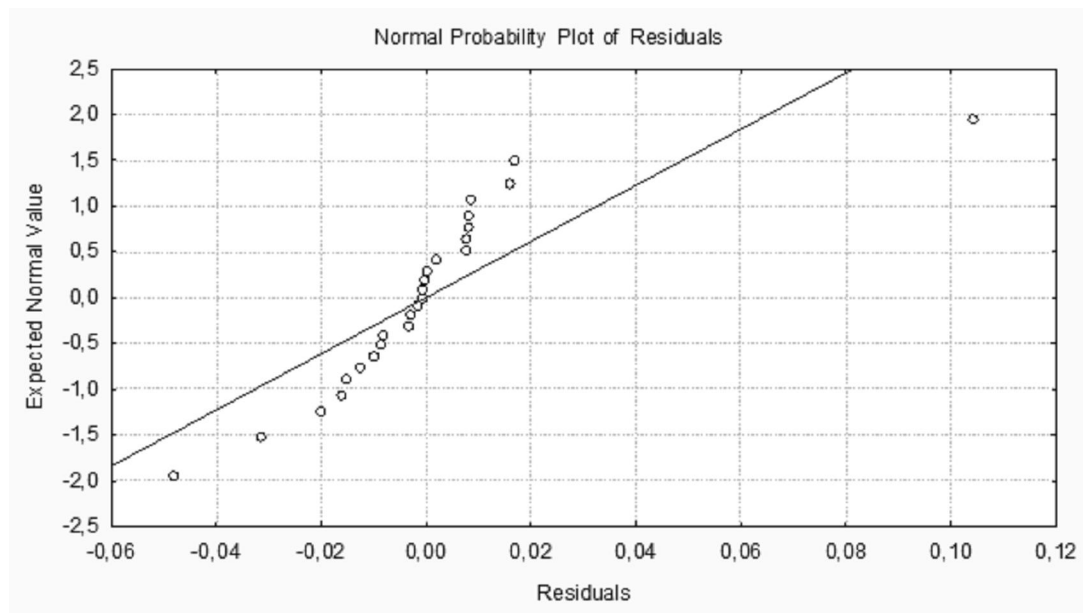


Рис. 2. Графік розподілу залишків регресійної моделі визначення впливу часткових показників на інтегральний показник оцінки стану ґрунту середовища існування

Таблиця 3.

Результати кластеризації об'єктів дослідження за значеннями часткових показників моніторингу стану ґрунту середовища існування у 2017 р.

Кластер 1		Кластер 2		Кластер 3	
Склад кластеру	Евклідова відстань між об'єктами	Склад кластеру	Евклідова відстань між об'єктами	Склад кластеру	Евклідова відстань між об'єктами
Вінницька	0,130330	Дніпропетровська	0,163212	Волинська	0,156884
Київська	0,306242	Донецька	0,131796	Закарпатська	0,207743
Одеська	0,194796	Житомирська	0,180794	Івано-Франківська	0,297340
Полтавська	0,275156	Запорізька	0,129314	Львівська	0,112220
Сумська	0,131865	Кіровоградська	0,164656	Рівненська	0,123457
Харківська	0,173946	Луганська	0,146925	Тернопільська	0,209767
Хмельницька	0,112165	Миколаївська	0,051641	Чернівецька	0,255405
Черкаська	0,138940	Херсонська	0,100635		
Чернігівська	0,126103				

Отже, до кластеру 1 потрапило дев'ять регіонів, які мають низький стан часткових показників оцінки ґрунту. Типовими представниками цього кластеру можна вважати Хмельницький та Чернігівський регіони, які мають найменші значення евклідової відстані.

До кластеру 2, представники якого мають середній стан ґрунту середовища існування, потрапили 8 регіонів. Типовими представниками кластеру 2 є Миколаївський та Херсонський регіони.

До кластеру 3 потрапили 7 регіонів. Стан ґрунту в цих регіонах є високим. Типовим представником кластеру є Львівський та Рівненський регіони.

За типовими представниками кластерів в процесі навчання можна аналізувати інші об'єкти з цього кластеру, що призводить до редукції змісту навчання та зменшення часу, потрібного на нього. Крім того, відстань представників кластеру від його центра може бути представлено у вигляді графу, що призведе до зменшення когнітивної складності навчання.

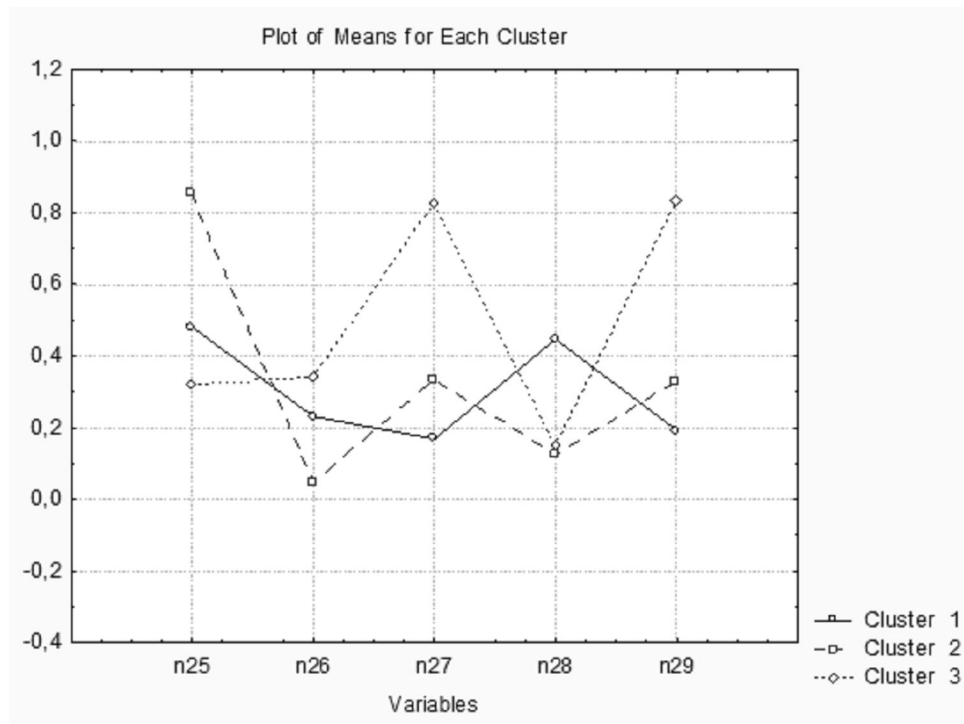


Рис. 3. Графік розподілу значень для кластерів об'єктів дослідження за частковими показниками оцінки стану ґрунту середовища існування

**Висновки.** Отже, розроблено метод вертикальної редукції змісту навчання моніторингу стану ґрунту середовища існування. Метод забезпечує науково обґрунтоване скорочення змісту навчання в умовах скорочення навчального часу і може застосовуватись викладачем в процесі формування програми дисципліни та студентами в процесі навчання або у майбутній професійній діяльності. Метод формує інструментарій для його застосування у перспективі відносно більшості тем моніторингу середовища існування, адже ці теми характеризуються подібними показниками, що можуть бути виміряні, зібрані, проаналізовані та, відповідно, редуковані, забезпечуючи при цьому максимально низькі похибки за відображення обмеженої кількості інформації в процесі навчання.

Додаткових досліджень потребує впровадження розробленого методу у процесі навчання моніторингу стану водних ресурсів, атмосферного повітря, охорони та використання лісових ресурсів, утворення відходів та поводження з ними, оцінки витрат на охорону навколишнього природного середовища.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Статистический анализ многомерных объектов произвольной природы / В.И. Васильев, В.В. Красильников, С.И. Плаксий, Т.Н. Тягунова. – М.: Издательство ИКАР, 2004. – 382 с.

2. Статистичний збірник Довкілля України за 2017 рік / За редакцією О. М. Прокопенко – К.: Державна служба статистики України, 2018. – 225 с.

3. Bentz T., Helfrich-Schkarbanenko A., Koß R., Nitsche A. Ressourcenökonomische Erstellung von Materialien für Lehrende und Lernende in der Studieneingangsphase // Tagungsband zum 2. HD MINT Symposium (24–25 September, 2015). – Technische Hochschule Nürnberg, 2015. – S. 87–92.

4. Costa G. Graphs J 3: A modern didactic application for graph algorithms / G. Costa, C. D'Ambrosio, S. Martello // Journal of Computer Science. – 2014. – Vol. 10 (7). – P. 1115–1119. doi:10.3844/jcssp.2014.1115.1119

5. Flannery L. P. Designing cratchJr: Support for early childhood learning through computer programming / L. P. Flannery, B. Silverman, E. R. Kazakoff, M. U. Bers, P. Bontá, M. Resnick // Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children. – 2013. – P. 1–10.

6. Forjan M., Sliško J. Simplifications and Idealizations in High School Physics in Mechanics: A Study of Slovenian Curriculum And Textbooks / M. Forjan, J. Sliško // European Journal of Physics Education. – 2014. – Vol. 10, Is. 3. – P. 20–31.

7. Futschek G. Extreme Didactic Reduction in Computational Thinking Education / G. Futschek // X World Conference on Computers in Education. July 2-5, 2013. – Toruń, Poland. – Access mode: [http://wce2013.umk.pl/publications/Short\\_Papers/086-Futschek-SP-ext\\_msy.pdf](http://wce2013.umk.pl/publications/Short_Papers/086-Futschek-SP-ext_msy.pdf)

8. Grüner G. Die didaktische Reduktion als Kernstück

- der Didaktik / G. Grüner // Die Deutsche Schule. – 1967. – Nr. 59. – S. 414–430.
9. Haolader F. The taxonomy for learning, teaching and assessing. Current practices at polytechnics in Bangladesh and its effects in developing students' competences / F. Haolader, M. Ali, K. Foysol // International journal for research in vocational education and training 2. – 2015. – Vol. 2. – P. 99–118. doi: 10.13152/IJRVET.2.2.2
10. Ibekwe T. S. Evaluation of mobile smartphones app as a screening tool for environmental noise monitoring / Ibekwe T. S. et al. // Journal of occupational and environmental hygiene. – 2016. – Vol. 13(2). – D31–D36. <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1093134>
11. Krpan D., Brčić D. Posredovani prijenos u poučavanju programiranja s vizualnim programskim jezicima. – 2018. – S. 71–79.
12. Ramamurthy K. N. Teaching Earth signals analysis using the Java-DSP Earth Systems edition: Modern and past climate change / K. N. Ramamurthy, L. A. Hinnov, A. S. Spanias // Journal of Geoscience Education. – 2014. – Vol. 62(4). – P. 621–630. <https://doi.org/10.5408/13-025.1>
13. Ruhm K. H. From Verbal Models to Mathematical Models – A Didactical Concept not just in Metrology / K. H. Ruhm // Joint International IMEKO TC1+TC7+TC13 Symposium August 31st – September 2nd, 2011. – Jena, Germany. – Access mode: <http://www.db-thueringen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-24167/ilm1-2011imeko-002.pdf>
14. Shmatkov D. The use of causal maps as interdisciplinary didactic reduction method / D. Shmatkov // Advanced Education. – 2016. – Is. 6. – P. 16–21. <https://doi.org/10.20535/2410-8286.74335>
15. Zeimet R. Approaches to Teaching Biometry and Epidemiology at Two Veterinary Schools in Germany / R. Zeimet, L. Kreienbrock, M. G. Doherr // Journal of Veterinary Medical Education. – 2016. – Vol. 43. – No. 2. – Access mode: <http://jvme.utpjournals.press/doi/abs/10.3138/jvme.0915-152R1>. <https://doi.org/10.3138/jvme.0915-152R1>
16. Studieneingangsphase. In 2. HDMINT Symposium, p. 87. [in German].
17. Costa, G., & Martello, S. (2014). Graphs 3: A modern didactic application for graph algorithms. doi:10.3844/jcssp.2014.1115.1119 [in English].
18. Flannery, L. P., Silverman, B., Kazakoff, E. R., Bers, M. U., Bontj, P. & Resnick, M. (2013). Designing Scratch Jr: Support for early childhood learning through computer programming. Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children, 1–10. [in English].
19. Forjan, M., & Sli ko, J. (2017). Simplifications and idealizations in high school physics in Mechanics: a study of Slovenian curriculum and textbooks. European Journal of Physics Education, 5(3), 20–31. [in English].
20. Futschek, G. (2013, July). Extreme didactic reduction in computational thinking education. In X World Conference on Computers in Education, pp. 1– 6. [in English].
21. Grüner, G. (1967). Die didaktische Reduktion als Kernstück der Didaktik. Die Deutsche Schule, 59(7/8), 414–430. [in German].
22. Haolader, F. A., Ali, M. R., & Foysol, K. M. (2015). The taxonomy for learning, teaching and assessing: current practices at polytechnics in Bangladesh and its effects in developing students' competences. International Journal for Research in Vocational Education and Training (IJRVET), 2(2), 99–118. doi: 10.13152/IJRVET.2.2.2 [in English].
23. Ibekwe, T. S., Folorunsho, D. O., Dahilo, E. A., Gbujie, I. O., Nwegbu, M. M., & Nwaorgu, O. G. (2016). Evaluation of mobile smartphones app as a screening tool for environmental noise monitoring. Journal of occupational and environmental hygiene, 13(2), D31–D36. <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1093134> [in English].
24. Krpan, D., & Brčić, D. (2018). Posredovani prijenos u poučavanju programiranja s vizualnim programskim jezicima. [in Croatian].
25. Ramamurthy, K. N., Hinnov, L. A., & Spanias, A. S. (2014). Teaching Earth signals analysis using the Java-DSP Earth Systems edition: Modern and past climate change. Journal of Geoscience Education, 62(4), 621 – 630. <https://doi.org/10.5408/13-025.1> [in English].
26. Ruhm, K. H. (2011). From Verbal Models to Mathematical Models – A Didactical Concept not just in Metrology. Joint International IMEKO TC1+TC7+TC13 Symposium. [in English].
27. Shmatkov, D. (2016). The use of causal maps as interdisciplinary didactic reduction method. Advanced Education, 16–21. <https://doi.org/10.20535/2410-8286.74335> [in English].
28. Zeimet, R., Kreienbrock, L., & Doherr, M. G. (2016). Approaches to Teaching Biometry and Epidemiology at Two Veterinary Schools in Germany. Journal of veterinary medical education, 43(4), 332–343. <https://doi.org/10.3138/jvme.0915-152R1> [in English].

Стаття надійшла до редакції 28.12.2018

