

Інформаційні технології в освіті

УДК 378.18.3

DOI: 10.30748/soi.2018.153.12

В.В. Браткевич

Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеця, Харьков

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ СВЯЗЕЙ В ХОЛАРХИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ОЦЕНИВАНИЯ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ E-LEARNING

Рассматривается модель в виде многосвязного графа оценивания важности критериев выбора альтернативных вариантов систем разработки e-learning. Предлагается методика, позволяющая удалять наименее существенные связи между критериями в исходном графе. Методика основана на переборе и последующем анализе всех (или выборочных) связей, при этом в качестве индикатора важности связи служит изменение вектора конфигурации ранжированного графа. Методика сопровождается пошаговой процедурой ее реализации, которая состоит из двух этапов. На первом этапе на основании диалога с экспертом формируется многосвязный (холархический) граф и осуществляется его формализованное представление в виде соответствующих матриц смежности и достижимости. Далее последовательно анализируются строки и столбцы матрицы достижимости и строится многоуровневый (ранжированный) граф, конфигурация которого представляется в виде соответствующего вектора. На втором этапе методики последовательно разрываются (а затем, вновь восстанавливаются) связи между критериями и анализируются изменения исходного вектора конфигурации, который рассматривается как индикатор важности анализируемой связи. Исходные данные могут формироваться как в интерактивном режиме, путем организации диалога с экспертом, так и непосредственным заполнением матрицы смежности. Полученные результаты могут быть использованы в смежных областях, где возникают задачи поиска максимального пути (обратная задача коммивояжера) в многосвязном весомазначном графе.

Ключевые слова: *ранжированная модель, многосвязный граф, оценка, связь, e-learning, инструментальные средства, критерии.*

Введение

Постановка проблемы. Под инструментальным базисом, лежащим в основе проектирования систем обучения (e-learning), понимается базовый набор инструментальных средств, поддерживающих предметную технологию разработки средств обучения.

В настоящее время существует более десятка средств организации электронного обучения [1; 4] и множество сопутствующих им вариантов систем инструментальной поддержки (СИП) e-learning [6–11]. Поэтому одной из главных задач на начальном этапе проектирования подобных систем является обоснование выбора наиболее подходящего для реализации рассматриваемого педагогического сценария инструментального средства разработки e-learning.

Формальная постановка задачи обычно [5] представляется в виде многосвязного ориентированного графа, вершины которого соответствуют факторам (критериям), влияющим на выбор СИП, а дуги показывают направление зависимости одного фактора от другого. Как правило, разработчик ищет ответ на два вопроса: 1) как оценить степень влияния факторов на

конечный результат выбора? 2) какие связи между факторами оказываются наиболее существенными? В работе предлагается формализованная методика, позволяющая на базе сети с уровнями [2, С. 185] оценивать важность критериев выбора альтернативных вариантов СИП e-learning и на этой основе оптимизировать связи в исходном графе.

Поскольку исходная сеть, как правило, содержит обратные связи, т.е. представляют собой холархический вариант иерархии [3, С. 92], то в дальнейшем представление подобной сети в виде ранжированных уровней будем называть ранжированной или холархической моделью оценивания СИП e-learning.

Под оптимизацией здесь понимается удаление в исходном графе взаимосвязей между критериями, которые не оказывают существенного влияния на выбор альтернативных вариантов разработки СИП e-learning.

Методика основана на переборе и последующем анализе всех (или выборочных) связей в исходном графе, при этом в качестве индикатора несущественности связи впервые предлагается использо-

вать изменение ранга критериев в ранее построенной ранжированной модели.

Анализ литературных источников. Известны два подхода для количественного оценивания степени важности критериев, влияющих на обоснование принятия конкретного решения.

Первый [2] основан на методе анализа иерархий (МАИ), в котором предполагается, что взаимосвязи между факторами носят иерархический характер, что ограничивает область его применения.

Второй подход [3] использует метод анализ систем (МАС). Здесь, несмотря на учет всех межфакторных – холархических связей, возникает проблема трудоёмкости построения множества матриц парных сравнения и их достаточно сложная (практически невозможная вручную) математическая обработка. Известный коммерческий пакет ExpressionDesign [14], позволяющий решать подобные задачи, в настоящее время в рамках университета практически недоступен из-за финансовых трудностей.

Количественное оценивание степени важности взаимосвязей между критериями, как правило, определяется на базе известных алгоритмов решения задачи «коммивояжера». При этом в качестве исходных данных служит весомозначный по дугам граф, весовые коэффициенты которых определяются на базе полученных ранее весовых коэффициентов вершин исходного графа.

Известны два подхода для расчета весовых коэффициентов дуг, первый из которых [12] основан на усреднении весовых коэффициентов вершин, между которыми имеется связь. Для него характерна высокая степень идеализации предметной области, и он может быть рекомендован исключительно для предварительных расчетов.

Второй подход основан на методе анализа иерархий [2] и, в отличие от первого, позволяет получить достаточно объективные результаты количественного оценивания. К его недостатку следует отнести высокую трудоёмкость и отсутствие инструментальных средств, позволяющих в полной мере автоматизировать соответствующие процедуры

В настоящей работе предлагается двухэтапный компромиссный вариант решения рассматриваемых задач. На первом этапе из исходного многосвязного графа по известной методике [2, С. 185] строится многоуровневый (ранжированный) граф, а на втором – осуществляется оценивание влияния конкретных связей между вершинами на возможные изменения уровня (ранга) этих вершин.

Цель и задачи исследования. Целью работы является разработка формализованной методики, позволяющей оптимизировать связи в исходном многосвязном графе критериев оценивания альтернативных вариантов систем инструментальной поддержки e-learning.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

разработать критериальную базу оценивания альтернативных вариантов СИП e-learning;

путем экспертного оценивания факта наличия или отсутствия зависимости одного критерия от другого представить критериальную базу в виде соответствующего многосвязного (холархического) графа;

построить ранжированную по степени влияния на выбор альтернативных вариантов СИП e-learning холархическую модель (сеть с уровнями);

оценить степень изменения конфигурации ранжированной модели при последовательном разрыве анализируемых связей между критериями.

Методика оптимизации связей в холархических моделях оценивания альтернативных вариантов СИП e-learning

Шаг 1. Разработка критериальной базы оценивания альтернативных вариантов СИП e-learning.

В качестве критериев оценивания был выбран общепринятый в практике проектирования систем дистанционного обучения [4; 12] набор критериев: 1) модульность; 2) ассоциативность; 3) удобство использования; 4) функциональность; 5) интерактивность; 6) качество технической поддержки; 7) 100% - мультимедийность; 8) масштабируемость и расширяемость; 9) кросс-платформенность; 10) перспективы развития платформы.

Шаг 2. Построение исходного графа взаимосвязи критериев.

Процесс построения состоит в формулировке последовательности вопросов к эксперту типа: есть ли связь между сравниваемыми парами критериев? И, если есть, то какой из критериев оказывает более сильное влияние на выбор СИП e-learning?

В случае положительного ответа соответствующие пары критериев соединяются стрелкой, причем острие стрелки указывает на доминирующий критерий.

На рис. 1 показан один из возможных результатов выполнения текущего шага.

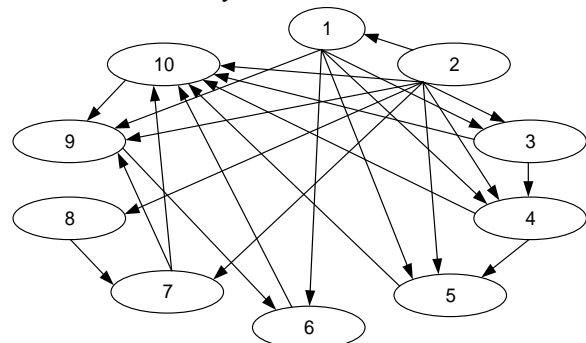


Рис. 1. Исходный граф взаимосвязей критериев оценивания альтернативных вариантов СИП e-learning

Шаг 3. Преобразование исходного графа в холархическую сеть с уровнями или, по аналогии с работой [13], – построение модели в виде много-связного графа, ранжированного по степени влияния критериев на выбор альтернативных вариантов СИП e-learning.

В общем виде методика построения сети с уровнями впервые была предложена в работе [2], а примеры ее пошаговой реализации рассмотрены в работе [13].

Ниже приведены основные результаты реализации третьего шага методики.

3.1. Представление исходного графа в виде матрицы достижимости (табл. 1).

Таблица 1

Матрица достижимости

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1		1	1	1	1			1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3			1						1	1
4				1					1	1
5					1				1	1
6						1			1	1
7						1	1		1	1
8							1	1	1	1
9						1			1	1
10						1			1	1

3.2. Формирование на базе матрицы достижимости таблицы для определения перечня критериев, которые относятся к одному из рангов холархической модели с уровнями.

Посторонние графической модели начинается с самого низкого ранга (первого уровня).

В табл. 2 приведен результат реализации первого этапа рассматриваемой процедуры.

Таблица 2

Определение вершин низшего уровня иерархии (1-й уровень)

h_i	ДВ(h_i)	ВП(h_i)	ДВ(h_i) \cap ВП(h_i)
1	2	3	4
1	1,3,4,5,7,8,9,10	1,2	1
2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	2	2
3	3,9,10	1,2,3	3
4	4,9,10	1,2,4	4
5	5,9,10	1,2,5	5
6	6,9,10	1,2,6,7,9,10	6,9,10
7	6,7,9,10	2,7,8	7
8	7,8,9,10	2,8	8
9	6,9,10	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	6,9,10
10	6,9,10	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	6,9,10

Здесь приняты следующие обозначения колонок:

1 – номера вершин ($h_i, i = 1,2,3,\dots$);

2 – множество вершин, которые можно достичь из i -ой вершины – достижимые вершины: ДВ(h_i);

3 – множество вершин, из которых можно достичь i -ю вершину – вершины предшественницы: ВП(h_i);

4 – пересечение множества достижимых вершин и множества вершин предшественниц: ДВ(h_i) \cap ВП(h_i).

Так как множества ВП(h_i) и ДВ(h_i) \cap ВП(h_i) совпадают только для второй строки ($i = 2$), то согласно [2], первый (самый нижний) уровень состоит из одного критерия №2 – ассоциативности.

3.4. Далее, из табл. 2 удаляются все ранее выделенные критерии и соответствующие им строки. В рассматриваемом примере – строка h_2 и критерий 2.

Полученная таким образом новая таблица анализируется по аналогии с пунктом 3.2. В результате определяется множество критериев, которые соотносятся с более старшими уровнями.

На рис. 2 приведен конечный результат рассматриваемой процедуры построения ранжированной модели.

Из рисунка следует, что на выбор альтернативных вариантов СИП e-learning наибольшее влияние оказывают критерии 6, 9 и 10, а наименее существенным является критерий 2.

Полученная конфигурация ранжированной модели может быть представлена в виде следующего 6-ти элементного вектора конфигурации:

$$\{(6, 9, 10); 5; 4; (3, 7); (1, 8); 2\},$$

где каждый элемент содержит подмножество критериев соответствующего уровня, начиная со старшего уровня – шестого.



Рис. 2. Ранжированная модель критериев оценивания альтернативных вариантов СИП e-learning (связи между критериями не показаны)

Шаг 4. Анализ влияния наличия связей на изменение конфигурации ранжированной модели.

Рассматривая конфигурацию полученной модели как индикатор важности анализируемой связи, последовательно разрывая (а затем, вновь восстанавливая) связи между критериями, оценить степень изменения исходного вектора конфигурации.

Выполнение данного шага предполагает построение множества вариантов ранжированной модели, что делает его выполнение «вручную», по аналогии с шагами 3.2 и 3.3, практически невозможным. Поэтому на кафедре компьютерных систем и технологий Харьковского национального экономического университета им. С. Кузнеця было разработано соответствующее программное обеспечение, позволяющее полностью автоматизировать рассматриваемую процедуру. При этом исходные данные могут формироваться как в интерактивном режиме, путем организации диалога с экспертом, так и непосредственным заполнением матрицы смежности. Результат обработки формируется в виде вектора конфигурации.

В качестве примера, в табл. 3 приведен анализ влияния каждой из семи связей критерия №10 (рис. 1) на изменение исходной конфигурации (рис. 2) модели.

Из табл. 3 следует, что из семи только три связи оказывают влияние на изменение конфигурации модели.

Аналогичным образом выполнялся анализ всех связей исходного графа (рис. 1). В результате были определены избыточные связи, после устранения которых исходный граф был преобразован к виду, приведенному на рис. 3.

Следует отметить, что если на базе оптимизированного графа сформировать соответствующие ему матрицу смежности и матрицу достижимости, то их вид будет аналогичен матрицам, приведенным в табл. 1 и табл. 2. К аналогичному выводу можно прийти непосредственно анализируя связи оптимизированного графа.

Таблица 3

Изменение исходного вектора $\{(6, 9, 10); 5; 4; (3, 7); (1, 8); 2\}$ конфигурации ранжированной модели относительно анализируемых связей

Анализируемая связь	Вектор конфигурации
2 → 10	без изменения
3 → 10	без изменения
4 → 10	без изменения
5 → 10	$\{(5, 6, 9, 10); 4; (3, 7); (1, 8) 2\}$
6 → 10	$\{6; 9; 10; 5; 4; (3, 7); (1, 8) 2\}$
7 → 10	без изменения
10 → 9	$\{10; (5, 6); (4, 9); (3, 7); (1, 8) 2\}$

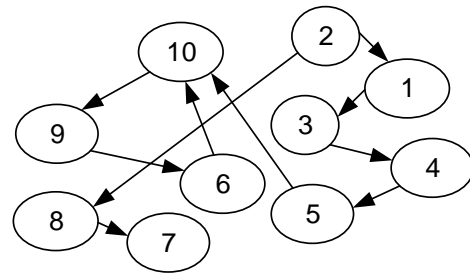


Рис. 3. Оптимизированный исходный граф взаимосвязей критериев оценивания альтернативных вариантов СИП e-learning

На рис. 4. показан конечный результат оптимизации связей.

Приведенная модель позволяет разработчику СИП e-learning не только выделить наиболее важные критерии выбора инструментальной среды, но и определить доминирующие связи, которые влияют на перераспределение рангов критериев.

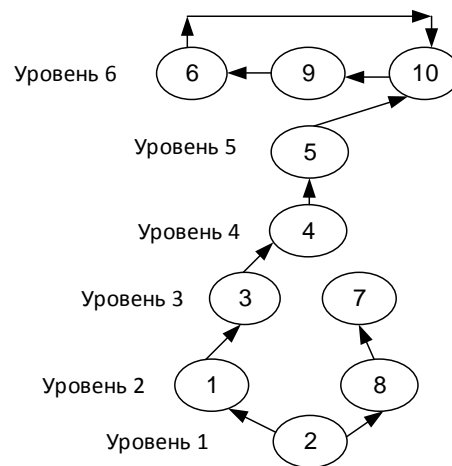


Рис. 4. Оптимизированная графическая модель взаимосвязей критериев оценивания альтернативных вариантов СИП e-learning

Так, из рис. 4 можно сделать вывод, что одним из наиболее значимых факторов, определяющих выбор СИП e-learning, является перспективы развития платформы (критерий №10), при этом на доминирование этого фактора существенное влияние оказывает возможность технической поддержки СИП e-learning (связь 6 → 10) и ее интерактивность (связь 5 → 10).

Выводы

Научный результат исследования заключается в разработке пошаговой методики, которая позволяет: 1) распределить исходное множество критериев оценивания альтернативных средств разработки e-learning, представленных в виде многосвязного графа, по уровням (рангам) их значимости; 2) оптимизировать

зировать полученную ранговую модель, исключив из ней наименее существенные связи.

Практический результат исследования состоит в построении оптимизированной модели взаимосвязей критериев оценивания альтернативных вариантов СИП e-learning для заданного шестиэлементного множества критериев.

Предложенная методика может рассматриваться как вариант решения обратной задачи коммивоя-

жера – поиска максимального пути покрытия многосвязного графа.

Одним из путей дальнейшего развития данного исследования является переход от рангового оценивания важности критериев к их количественному эквиваленту и, соответственно, представлению вектора конфигурации ранговой модели в виде единого количественного показателя.

Список литературы

1. Кречетников К.Г. Педагогический дизайн и его значение для развития информационных образовательных технологий [Электронный ресурс] / К. Г. Кречетников // XVI Междунар. конф. Применение новых технологий в образовании. – Троицк, 2005. – Режим доступа: <http://ito.edu.ru/2005/Troitsk/2/2-0-9.html>.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати; пер. Р.Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
3. Саати, Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети [Текст] / Т.Л. Саати; ред. А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.
4. SCORM [Электронный ресурс] / Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SCORM>.
5. Зайцева Л.В. Адаптация в компьютерных системах на базе структуризации объектов обучения [Текст] / Л.В. Зайцева, Е.Е. Буль // Образовательные технологии и общество. – 2006. – № 9 (1). – С. 422-427.
6. Система сетевого и дистанционного обучения Sakai [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sakai.spbu.ru/library/content/gateway/features.html>.
7. Основные возможности Moodle [Электронный ресурс] / MoodleLearn. – Режим доступа: <http://moodlelearn.ru/mod/page/view.php?id=174>.
8. Система WebTutor [Электронный ресурс] / WebSoft. – Режим доступа: http://www.websoft.ru/db/wb/root_id/webtutor/doc.html.
9. LMS eLearning Server [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://refdb.ru/look/2705407-p3.html>.
10. Сравнение Adobe Captivate 9, Articulate Storyline 2 и iSpring Suite 8.3 [Электронный ресурс] / iSpring. – Режим доступа: <http://www.ispring.ru/elearning-insights/adobe-captivate-9-vs-articulate-storyline-2-vs-ispring-suite-8/>.
11. Сравнение iSpring Suite 8.3 vs. Articulate Studio 13 vs. Adobe Presenter 11 [Электронный ресурс] / iSpring. – Режим доступа: <http://www.ispring.ru/elearning-insights/ispring-suite-vs-articulate-studio-and-adobe-presenter/>.
12. Готская И.Б. Аналитическая записка “Выбор системы дистанционного обучения” [Электронный ресурс] / И.Б. Готская, В.М. Жучков, А.В. Кораблев. – Режим доступа: <https://refdb.ru/look/2705407.html>.
13. Пушкар О.И. Формалізація процесу розроблення педагогічного сценарію електронного навчання [Текст] / О.И. Пушкар, В.В. Браткевич, І.В. Литовченко // ScienceRise. – 2016. – Т. 10, № 2 (27). – С. 34-41. <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2016.80472>.
14. The Super Decisions is decision support software that implements the AHP and ANP [Electronic resource]. – Available at: <https://www.superdecisions.com/>.

References

1. Krechetnikov, K.G. (2005), “Pedagogicheskij dizajn i ego znachenie dlya razvitiya informacionnyh obrazovatel'nyh tekhnologij [Pedagogical design and its importance for the development of information educational technologies], *Primenenie novyh tekhnologij v obrazovanii*, Troitsk, www.ito.edu.ru/2005/Troitsk/2/2-0-9.html.
2. Saati, T. (1993), “*Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij*” [Decision-making. The method of analyzing hierarchies], Radio and Communication, Moscow, 278 p.
3. Saati, T.L. (2008), “*Prinyatie reshenij pri zavisimostyah i obratnyh svyazyah: Analiticheskie seti*” [Decision making with dependencies and feedbacks: Analytical networks], Publishing house LCI, Moscow, 360 p.
4. “SCORM Vikipediya” [SCORM. Wikipedia], <https://en.wikipedia.org/wiki/SCORM>.
5. Zaitseva, L.V. and Bule, E.E. (2006), “Adaptaciya v komp'yuternyh sistemah na baze strukturizacii obektov obucheniya” [Adaptation in computer systems based on the structuring of learning objects], *Educational Technologies and Society*, No. 9 (1), pp. 422-427.
6. “Sistema setevogo i distancionnogo obucheniya Sakai” [System of network and distance learning Sakai], www.sakai.spbu.ru/library/content/gateway/features.html.
7. “Osnovnye vozmozhnosti Moodle” [The main features of Moodle], *MoodleLearn*, www.moodlelearn.ru/mod/page/view.php?id=174.
8. “Sistema WebTutor WebSoft” [System WebTutor. WebSoft], www.websoft.ru/db/wb/root_id/webtutor/doc.html.
9. *LMS eLearning Server*, <https://refdb.ru/look/2705407-p3.html>.
10. “Sravnenie Adobe Captivate 9, Articulate Storyline 2 i iSpring Suite 8.3” [Comparison of Adobe Captivate 9, Articulate Storyline 2 and iSpring Suite 8.3], *iSpring*, www.ispring.ru/elearning-insights/adobe-captivate-9-vs-articulate-storyline-2-vs-ispring-suite-8/.
11. “Sravnenie iSpring Suite 8.3 vs. Articulate Studio 13 vs. Adobe Presenter 11” [Comparison of iSpring Suite 8.3 vs. Articulate Studio 13 vs. Adobe Presenter 11], *iSpring*, www.ispring.ru/elearning-insights/ispring-suite-vs-articulate-studio-and-adobe-presenter/.

12. Gotskaya, I.B., Zhuchkov, V.M. and Korablev, A.V. "Analiticheskaya zapiska «Vybor sistemy distancionnogo obucheniya» [Analytical note «Choosing a distance learning system»], <https://refdb.ru/look/2705407.html>.
13. Pushkar, O.I., Bratkevych, V.V. and Litovchenko, I.V. (2016), "Formalizaciya procesu rozroblennya pedagogichnogo scenariyu elektronnoho navchannya" [Development formalization of the e-learning pedagogical scenario], *ScienceRise*, Vol. 10, No. 2 (27), pp. 34–41. <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2016.80472>.
14. *The Super Decisions is the decision support software that implements the AHP and ANP*, www.superdecisions.com/.

Поступила в редколлегию 16.05.2018
Одобрена к печати 19.06.2018

Відомості про автора:

Браткевич Вячеслав Вячеславович
кандидат технічних наук доцент
професор кафедри Харківського національного
економічного університету ім. С. Кузнеця,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7217-7767>

Information about the author:

Vyacheslav Bratkevych
Ph.D. Associate Professor
Professor of Department of Simon Kuznets
Kharkiv National University of Economics,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7217-7767>

**МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ ЗВ'ЯЗКІВ У ХОЛАРХІЧНИХ МОДЕЛЯХ ОЦІНЮВАННЯ
ЗАСОБІВ РОЗРОБКИ E-LEARNING**

В.В. Браткевич

Розглядається модель у вигляді багатозв'язного графа оцінювання важливості критеріїв вибору альтернативних варіантів систем розробки e-learning. Пропонується методика, що дозволяє видаляти найменш суттєві зв'язки між критеріями в вихідному графі. На першому етапі методики на базі вихідного багатозв'язного графа будується багаторівневий (ранжирований) граф, а на другому - здійснюється оцінювання впливу конкретних зв'язків між вершинами критеріями на можливі зміни рівня (рангу) цих вершин. Розглядаючи конфігурацію отриманої моделі як індикатор важливості зв'язку, послідовно розриваючи (а потім, знову відновлюючи) зв'язки між критеріями, оцінюється ступінь зміни вихідного вектора конфігурації. При цьому вихідні дані можуть формуватися як в інтерактивному режимі, шляхом організації діалогу з експертом, так і безпосереднім заповненням матриці суміжності. Результат обробки формується у вигляді вектора конфігурації. Методика заснована на переборі і подальшому аналізі всіх (або вибіркового) зв'язків, при цьому у якості індикатора важливості зв'язку служить зміна вектору конфігурації ранжированого графа. Методика супроводжується покроковою процедурою її реалізації. Отримані результати можуть бути використані в суміжних областях, де виникають завдання пошуку максимального шляху (зворотна задача комівояжера) в багатозв'язному вагомозначному графі.

Ключові слова: рангова модель, багатозв'язний граф, оцінка, зв'язок, e-learning, інструментальні засоби, критерії.

**METHODOLOGY OF BROADCASTING OF RELATIONS IN CHOLARCHIC MODELS OF ESTIMATION
OF DEVELOPMENT FACILITIES E-LEARNING**

V. Bratkevych

A model is considered in the form of a multiply connected graph evaluating the importance of the criteria for selecting alternatives for e-learning development systems. A technique is proposed that allows removing the least significant links between the criteria in the original graph. The method is based on the search and subsequent analysis of all (or selective) relationships, while the change in the configuration vector of the ranked graph serves as an indicator of the importance of communication. The methodology is accompanied by a step-by-step procedure for its implementation, which consists of two stages. At the first stage, on the basis of a dialogue with the expert, a multiply connected (holarchic) graph is formed and its formalized representation is realized in the form of corresponding matrices of contiguity and attainability. Next, the rows and columns of the reachability matrix are analyzed in sequence, and a multilevel (ranked) graph is constructed whose configuration is represented as the corresponding vector. At the second stage of the methodology, the links between the criteria are successively broken (and then re-stored) and the changes in the initial configuration vector are analyzed, which is considered as an indicator of the importance of the link being analyzed. The initial data can be formed both in an interactive mode, by organizing a dialogue with the expert, and by directly filling the adjacency matrix. The obtained results can be used in related fields, where the problems of finding the maximum path (the inverse traveling salesman problem) arise in a multiply connected weight-valued graph.

Keywords: ranked model, multiply connected graph, evaluation, communication, e-learning, tools, criteria.