

УДК 519.816

UDC 519.816

05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)

05.13.18 - Mathematical modeling, numerical methods and software packages (technical sciences)

МЕТОДЫ ОПТИМАЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЕТЕНЦИЙ**METHODS OF OPTIMAL IMPLEMENTATION OF COMPETENCIES**

Ганичева Антонина Валериановна
к.ф.-м.н., доцент
SPIN-код: 9049-4545, AuthorID: 177856,
ORCID: 0000-0002-0224-8945
*Тверская государственная сельскохозяйственная академия, Тверь, Россия, доцент кафедры “Физико-математических дисциплин и информационных технологий”,
ул. Василевского, дом 7, поселок Сахарово, Тверь, 17131, Россия, tgan55@yandex.ru*

Ganicheva Antonina Valerianovna
Cand.Phys-Math.Sci., Associate Professor
RSCI SPIN-code: 9049-4545, AuthorID: 177856
*Tver state agricultural academy, Tver, Russia, Associate Professor of the Department of Physical and Mathematical Sciences and Information Technologies,
ul.Vasilevskogo, 7, Saharovo, Tver, 171314, Russia, tgan55@yandex.ru*

Ганичев Алексей Валерианович
SPIN-код: 4747-0880, AuthorID: 178091
ORCID: 0000-0003-3389-7582
*Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия, доцент кафедры “Информатики и прикладной математики”,
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, дом 22, Россия, alexej.ganichev@yandex.ru*

Ganichev Alexey Valerianovich
RSCI SPIN-code: 4747-0880, AuthorID: 178091
*Tver State Technical University, Tver, Russia, Associate Professor of the Department of Computer Science and Applied Mathematics,
Nikitin nab., 22, Tver, 170026, Russia, alexej.ganichev@yandex.ru*

В статье для оптимизации реализации компетенций в учебном процессе используются три классических математических метода: упрощение схем из функциональных элементов на основе методов минимизации функций алгебры логики; отыскание кратчайшего пути на ориентированном графе методом Дейкстры; применение метода нахождения минимальных нечетких внешне устойчивых множеств с наибольшей степенью внешней устойчивости. Целью данной работы является применение современных методов дискретной математики для обеспечения оптимального формирования компетенций. Оптимизация реализации компетенций достигается выбором соответствующего набора учебных дисциплин и организацией последовательности их изучения. Рассматриваемые в статье вопросы поясняются для наглядности и облегчения восприятия конкретными числовыми примерами. Предлагаемые в статье методы оптимизации формирования компетенций можно применять не только в учебном процессе, но и в системах профессиональной переподготовки и повышения квалификации работников предприятий и учреждений

In the article, three classical mathematical methods are used to optimize the implementation of competencies in the educational process: simplification of schemes from functional elements based on methods of minimizing functions of the algebra of logic; finding the shortest path on a directed graph by the Dijkstra method; application of the method of finding minimal fuzzy externally stable sets with the highest degree of external stability. The purpose of this work is to apply modern methods of discrete mathematics to ensure optimal formation of competencies. Optimization of the implementation of competencies is achieved by choosing the appropriate set of academic disciplines and organizing the sequence of their study. The issues considered in the article are explained for clarity and ease of perception by specific numerical examples. The methods proposed in the article for optimizing the formation of competencies can be applied not only in the educational process, but also in the systems of professional retraining and advanced training

Ключевые слова: КОМПЕТЕНЦИЯ, АЛГЕБРА ЛОГИКИ, СХЕМА ИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, МИНИМИЗАЦИЯ, ГРАФ, КРАТЧАЙШИЙ ПУТЬ, НЕЧЕТКОЕ ВНЕШНЕ УСТОЙЧИВОЕ МНОЖЕСТВО

Keywords: COMPETENCE, ALGEBRA OF LOGIC, SCHEME OF FUNCTIONAL ELEMENTS, MINIMIZATION, GRAPH, SHORTEST PATH, FUZZY EXTERNALLY STABLE SET

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-175-019>

<http://ej.kubagro.ru/2022/01/pdf/19.pdf>

Введение

Проблема управления реализацией компетенций в учебном процессе является важной и актуальной в связи с современным процессом цифровизации всех сфер жизни общества.

Для реализации компетенций эффективно использовать математические методы. В статье [1] описан процесс приобретения компетенций в виде динамической системы, подверженной помехам. Методы корреляционно-регрессионного анализа для оценивания профессиональных компетенций использованы в работе [2]. В статье [3] разработана модель проверки качества компетентностного обучения, основанная на оценки латентных переменных.

В данной работе будут рассмотрены три метода оптимальной реализации компетенций. Первый метод связан с выбором альтернативных дисциплин и сводится к упрощению схем из функциональных элементов с использованием правил математической логики, когда в качестве функциональных элементов рассматриваются учебные дисциплины, связанные с определенным множеством компетенций, причем значимость компетенций одинакова. Второй метод применяется, когда значимость компетенций разная, причем, чем значимее компетенция, тем меньше ее вес. Задача заключается в поиске последовательности дисциплин с наименьшим суммарным весом компетенций. Используется метод Дейкстры отыскания кратчайшего пути на графе. Третий метод также применяется для компетенций разной значимости в условиях неопределенной информации с применением нечетких внешне устойчивых множеств с наибольшей степенью внешней устойчивости.

Рассмотрим детально эти методы, причем для облегчения восприятия, но не нарушая общности, рассмотрим на конкретных примерах.

1. Метод «анализа схем из функциональных элементов»

На рис. 1 схематично показана последовательность изучения дисциплин, реализующих компетенции $x_i (i = \overline{1,6})$, причем каждая переменная x_i - это либо отдельная компетенция, либо множество компетенций. Отрезки $A_i B_i (i = \overline{1,3})$, $C_i D_i (i = \overline{1,3})$, $E_i F_i (i = \overline{1,2})$, GH соответствуют 9-ти изучаемым дисциплинам, причем параллельные отрезки: $A_i B_i$ соответствуют трем дисциплинам по выбору, $C_i D_i$ также дисциплины по выбору и являются последующими по отношению к $A_i B_i$, $E_i F_i$ также – по выбору, за ними следует дисциплина GH . Начальная развилка означает 2 комплекса дисциплин по выбору: или верхняя ветвь, или нижняя ветвь.

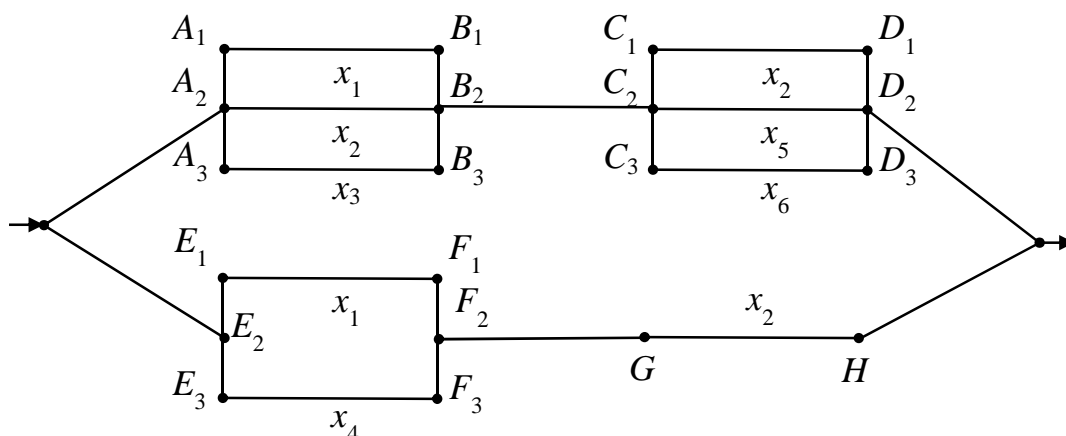


Рис. 1. Схема последовательности изучения дисциплин

Дисциплины по выбору описываются союзом «или», последовательное изучение соответствует союзу «и». Если дисциплина изучается, то ей присваивается значение 1, в противном случае – 0.

Тогда схему на рис. 1 можно описать формулой логики высказываний.

Запишем эту логическую формулу с учетом того, что параллельное соединение x, y означает возможную реализацию « x или y », а последовательное « x и y ». Таким образом в первом случае имеем

логическое сложение $x \vee y$, во втором – логическое умножение $x \wedge y$.

Следовательно, схеме на рис. 1 соответствует булева функция

$$f = (x_1 \vee x_2 \vee x_3) \wedge (x_2 \vee x_5 \vee x_6) \vee (x_1 \vee x_4) \wedge x_2.$$

Преобразуем данную формулу по правилам логики, получим:

$$f = x_1 \wedge x_2 \vee x_1 \wedge x_5 \vee x_1 \wedge x_6 \vee x_2 \vee x_2 \wedge x_5 \vee x_2 \wedge x_6 \vee x_3 \wedge x_2 \vee x_3 \wedge x_5 \vee x_3 \wedge x_6 \vee x_1 \wedge x_2 \vee x_4 \wedge x_2 = x_1 \wedge x_5 \vee x_1 \wedge x_6 \vee x_2 \vee x_3 \wedge x_5 \vee x_3 \wedge x_6.$$

Полученной после преобразования формуле будет соответствовать более простая схема, представленная на рис. 2.

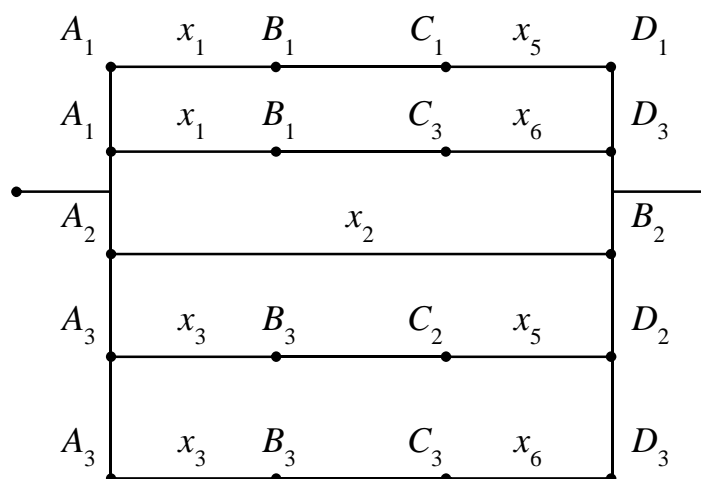


Рис. 2. Упрощенная схема

Таким образом, можно ограничиться одним из указанным вариантов, например, дисциплина A_1B_1 , реализующая компетенцию x_1 , и последующая дисциплина C_1D_1 , реализующая компетенцию x_5 . Хотя можно реализовать все 5 вариантов.

2. Метод поиска кратчайшего пути на графе

Компетенции взвешены (проранжированы) относительно их важности: чем больше важность, тем меньше вес.

На рис 2 изображена схема реализации компетенций $x_i (i = \overline{0,5})$; здесь дуга графа соответствуют дисциплинам, реализующим данную компетенцию, которой соответствует вершина – начало дуги. Числа над

дугами обозначают вес данной компетенции. При этом x_i могут обозначать как отдельные компетенции, так и множества компетенций. Если это множества компетенций, то числа над дугами обозначают суммарный вес.

Рис. 3. Схема реализации компетенций

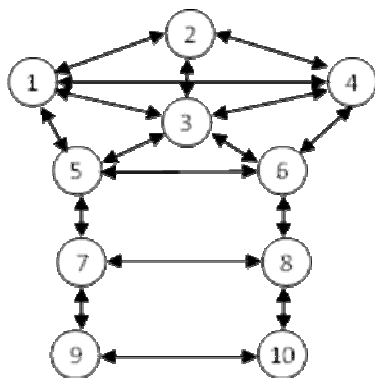
Решается задача отыскания кратчайшего пути на графе с начальной компетенций x_0 и конечной x_5 по методу Дейкстры [4]. В результате получаем искомую последовательность компетенций: $x_0 x_1 x_2 x_5$. На рис. 3 эта последовательность показана двойной линией.

3. Метод «минимальных нечетких внешне устойчивых множеств»

Пусть имеется 10 компетенций (множество компетенций) -

$x_i (i = \overline{1,10})$ и 10 соответствующих дисциплин

$D_i (i = \overline{1,10})$.



Изобразим их вершинами графа, дуги которого соответствуют связям между изучаемыми дисциплинами (рис. 4).

Рис. 4. Граф компетенций

На рисунке вершине с номером i соответствует компетенция x_i и дисциплина D_i . Переход из вершины (x_i, D_i) в вершину (x_j, D_j) означает, что при изучении дисциплины D_i реализуется множество компетенций x_j .

Задана матрица $M_{ij} = (\mu_{ij}) (i, j = \overline{1,10})$, определяющая степень реализации i -ой компетенции при изучении j -ой дисциплины. Пусть, для примера, матрица M_{ij} имеет вид

$$M_{ij} = \begin{pmatrix} 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,9 & 0,9 & 0,9 & 0,9 & 0,9 & 0,9 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 1 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,9 & 0 & 1 & 0,9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Используя алгоритм нахождения минимальных нечетких внешне устойчивых множеств [5, 6], находим искомую последовательность дисциплин D_1, D_2, D_6, D_7, D_8 и соответствующих множеств компетенций: D_1 реализует x_2, x_5, x_3 ; D_2 реализует x_1, x_3, x_4 ; D_6 реализует x_4, x_3, x_5, x_8 ; D_8 реализует x_7, x_6, x_{10} ; D_7 реализует x_5, x_8, x_9 .

При этом достигается максимальная степень реализации, равная 0,9.

Заключение

В статье разработаны три метода реализации компетенций: 1) упрощение схем из функциональных элементов; 2) отыскание кратчайшего пути на графе; 3) применение нечетких внешне устойчивых множеств с наибольшей степенью внешней устойчивости.

Разработанные в статье методы могут найти применение не только в учебном процессе, но и в системах профессиональной переподготовки и повышения квалификации работников предприятий и учреждений.

Литература

1. Доррер Г.А. Оптимальное управление процессом приобретения и оценивания компетенций студентов вуза / Г.А. Доррер, А.Г. Доррер, Г.М. Рудакова // Открытое образование. - 2018. - № 22(2). - С. 37-44. - Режим доступа: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-2-37-44>.
2. Борzych В.Э. Метод математического моделирования процесса оценивания профессиональных компетенций выпускников вуза / В.Э. Борzych, Т.Н. Шалкина, Д.Р. Николаева // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - № 1-1 - Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17882>.
3. Баркалов С.А. Математические модели подготовки и проверки качества освоения компетенций в образовательном процессе / С.А. Баркалов, С.И. Моисеев, Н.С. Кочерга, Е.В. Соловьева // Открытое образование. - 2014. - № 2 (103). - С. 9-16.
4. Ганичева А.В. Дискретная математика / А.В. Ганичева, А.В. Ганичев. - Тверь: Тверской государственный технический университет, 2021. - 160 с.
5. Берштейн Л.С. Нечеткие графы и гиперграфы / Л.С. Берштейн, А.В. Боженюк. - М.: научный мир, 2005. - 256 с.
6. Ганичева А.В. Интеллектуальная информационная система оптимального контроля знаний / А.В. Ганичева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2014. - №07(101). С. 358 – 374. - IDA [article ID]: 1011407019. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/19.pdf>, 1,062 у.п.л.

References

1. Dorrer G.A. Optimal'noe upravlenie processom priobretenija i ocenivaniya kompetencij studentov vuza / G.A. Dorrer, A.G. Dorrer, G.M. Rudakova // Otkrytoe obrazovanie. - 2018. - № 22(2). - S. 37-44. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-2-37-44>.
2. Borzyh V.Je. Metod matematicheskogo modelirovaniya processa ocenivaniya professional'nyh kompetencij vypusknikov vuza / V.Je. Borzyh, T.N. Shalkina, D.R. Nikolaeva // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. - 2015. - № 1-1 - Rezhim dostupa: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17882>.
3. Barkalov S.A. Matematicheskie modeli podgotovki i proverki kachestva osvoenija kompetencij v obrazovatel'nom processe / S.A. Barkalov, S.I. Moiseev, N.S. Kocherga, E.V. Solov'eva // Otkrytoe obrazovanie. - 2014. - № 2 (103). - S. 9-16.
4. Ganicheva A.V. Diskretnaja matematika / A.V. Ganicheva, A.V. Ganichev. - Tver': Tverskoj gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 2021. - 160 s.
5. Bershtejn L.S. Nechetkie grafy i gipergrafy / L.S. Bershtejn, A.V. Bozhenjuk. - M.: nauchnyj mir, 2005. - 256 s.
6. Ganicheva A.V. Intellektual'naja informacionnaja sistema optimal'nogo kontrolja znaniy / A.V. Ganicheva // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. - Krasnodar: KubGAU, 2014. - №07(101). S. 358 – 374. - IDA [article ID]: 1011407019. - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/19.pdf>, 1,062 u.p.l.