

УДК 778.528.7

Горда Елена Владимировна

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, orcid.org/0000-0001-7380-0533

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Михайленко Виктор Мефодиевич

Доктор технических наук, профессор кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, orcid.org/0000-0002-9573-9873

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**ОНТОЛОГИЯ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЕФЕКТА ТИПА «ТРЕЩИНА»
НА ОБЪЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА**

***Аннотация.** В последние десятилетия наблюдается быстрое развитие технологий и методов компьютерной обработки цифровых изображений. Актуальность моделирования цифровых изображений дефектов типа «трещина» определяется необходимостью и возможностью реализации различных подходов в исследовании задач диагностики технического состояния строительных объектов и оборудования. На основании проведенных исследований построена онтология цифровых изображений дефектов типа «трещина» с использованием модели цветовых пространств и функций специального вида, которая позволяет построить адекватную топологию распределения цвета по изображению и учитывать специфику распределения цветов на дискретном цифровом изображении. Описаны свойства онтологии. Применение на практике онтологии цифрового изображения дефекта типа «трещина» позволяет, с одной стороны, формализовать его описание в наиболее емком и полном представлении, а с другой – определить классы особенностей, что в свою очередь дает возможность строить адаптивные алгоритмы распознавания дефектов такого типа в рамках методик неразрушающего контроля технического состояния объектов строительства.*

Ключевые слова: объект строительства; трещина; дефект; изображение; онтология; граф; метрика

Актуальность

Цифровые изображения дефектов типа "трещина" (ИЗО ДТТ), их методы исследования для объектов строительства, машин и конструкций определяют предметную область на стыке нескольких дисциплин: материаловедения, строительной механики и механики машин, контроля технического состояния объектов строительства, фотограмметрии, теории распознавания образов. Каждая из перечисленных прикладных областей содержит свою наработанную базу знаний, различные информационные технологии, учитывающие особенности каждой из них [1; 3; 7].

Под онтологией ИЗО ДТТ будем подразумевать точную спецификацию ее предметной области, т.е. спецификацию концептуализации с целью изучения и распознавания ИЗО ДТТ строительных объектов, машин и конструкций, а также структурирования, упорядочивания знания, объединения терминологий, включая их внутреннюю взаимосвязь [2; 4; 17].

Задачи онтологии ИЗО ДТТ

К задачам создания онтологии ИЗО ДТТ относятся [5; 7]:

– создание целостной системы знаний, обеспечивающей информационную поддержку специалистов и экспертов различных смежных областей, в рамках которых используется или исследуется ИЗО ДТТ;

– поскольку ИЗО ДТТ является сложной, комбинированной в информационном плане областью знаний, то ее онтология должна позволять формировать предметную область для обеспечения автоматизации вывода в рамках интеллектуальной базы знаний ИЗО ДТТ с целью построения интеллектуального (автоматизированного) распознавания и классификации соответствующего дефекта;

– поскольку база знаний в онтологии ИЗО ДТТ является интегрированной из базы прикладных областей, онтология ИЗО ДТТ должна обеспечивать синтез алгоритмов интеграции вывода для каждой конкретной формализованной прикладной задачи;

– онтология ИЗО ДТТ должна допускать построение метрик на совокупности ИЗО ДТТ с целью применения методов кластерного анализа.

Структурные требования к онтологии ИЗО ДТТ

Онтология ИЗО ДТТ с точки зрения семантической классификации должна быть тяжеловесная, высокодетализированная, формальная онтология, что позволит исключить неоднозначность, неправильные интерпретации терминов соответствующей предметной области [2; 8].

Онтология ИЗО ДТТ с точки зрения прагматической классификации является специализированной по нахождению дефектов типа "трещина" на объектах строительства и строительных машин.

Онтология верхнего уровня ИЗО ДТТ представляет собой синтез баз знаний дискретной геометрии, фотограмметрии и строительных дисциплин с учетом их внутренней иерархии классов понятий и семантических отношений на этих классах, что является начальным развитием онтологии ИЗО ДТТ, за которым в дальнейшем следует заключительный этап – уточнение онтологии ИЗО ДТТ. В этом плане методология IDEF5 с разработанным инструментарием диаграмм классификаций композиционных схем, схем взаимосвязей и диаграмм состояния объектов является структурированной методологией разработки, поддержки и изучения онтологии ИЗО ДТТ.

Построение онтологии ИЗО ДТТ

В настоящее время для построения онтологий широкое применение получила методология IDEF5, предполагающая пять этапов. В работе [2] достаточно глубоко рассмотрены три первые этапа:

- 1) изучение, систематизация в предметной области;
- 2) сбор и накопление данных;
- 3) анализ данных.

Рассмотрим четвертый этап – синтез онтологии в соответствии с методологией IDEF5: начальная онтология. В работах [9 – 16] описаны термины, объекты, процессы и их характеристики, что составляют тезаурус (вершины графа) онтологии, а именно:

1. Универсум W (непосредственно цифровое изображение трещины на носителе изображения).
2. Col и {colfon} – цвета на изображении.
3. Свойства W (связность, касание, и т.д.) – топология носителя изображения
4. Структуры на носителе изображения.
5. Палитры на носителе изображения.

6. Кластера на носителе изображения.
7. Признаки на носителе изображения.
8. Параметры на носителе изображения.
9. Дескрипторы на носителе изображения.
10. Фигуры на носителе изображения.
11. Шумы на носителе изображения.
12. Фон на носителе изображения.
13. Структуры фона на носителе изображения.
14. Структуры корней на носителе изображения.
15. Структуры точек роста на носителе изображения.
16. Структуры берегов на носителе изображения.
17. Структуры точек ветвления на носителе изображения.
18. Структуры шумов на носителе изображения.
19. Цвета области.
20. Градиенты на области.
21. Текстуры области.
22. ИЗО ДТТ.
23. Трещина – тип.
24. Области вокруг трещины (окрестности).
25. Тип – магистральная трещина.
26. Тип – обобщенная трещина.
27. Формы трещины.
28. Раскрытая трещина.
29. Волосая трещина.
30. Серповидная трещина.
31. Древовидная трещина.
32. Много русловая (ветвящаяся) трещина.
33. Скелет трещины.

С целью иллюстрации онтологии ИЗО ДТТ используем модель онтологии в форме графа (рисунок), где дуги указывают соотношения терминов и правил, которыми описывается взаимосвязи (связи is-A):

$$G = \{U, E\} \text{ – граф;}$$

$$U = \{u_i\}_{i=1,33} \text{ – множество вершин;}$$

$$E = \{e_j\}_{j=1,60} \text{ – множество ребер.}$$

Основные метрики онтологии

Оценим когнитивное и субъективное качества построенной онтологии [18] определив основные метрики.

Метрики Ингве-Миллера

Все вершины имеют нормальную степень. Отношение количества вершин с нормальной степенью ко всем вершинам =1, что говорит о том, что онтология хороша с точки зрения когнитивной эргономики.

Средняя степень вершины графа:

$$m = \frac{2 \cdot n_E}{n_G} = \frac{2 \cdot 60}{33} = \frac{40}{11} = 3,63.$$

Медиана степени вершины графа =3.

Метрики циклов

Количество циклов=0. Количество различных типов связей= 1.

Метрики глубины

Абсолютная глубина – 741. Средняя глубина – 23. Максимальная глубина (эксцентриситет) $\epsilon = 9$. Минимальная глубина (радиус) $r = 3$.

Метрики ширины

Средняя ширина 4,125. Максимальная ширина 11.

Выводы

1. В рамках онтологии ИЗО ДТТ определены основные понятия и термины, а также взаимоотношения между ними.
2. Осуществлено разбиение на классы в рамках онтологии ИЗО ДТТ на ее верхнем уровне.
3. Показано, что онтология ИЗО ДТТ ориентирована на решение задач, определенных в процессе ее построения.

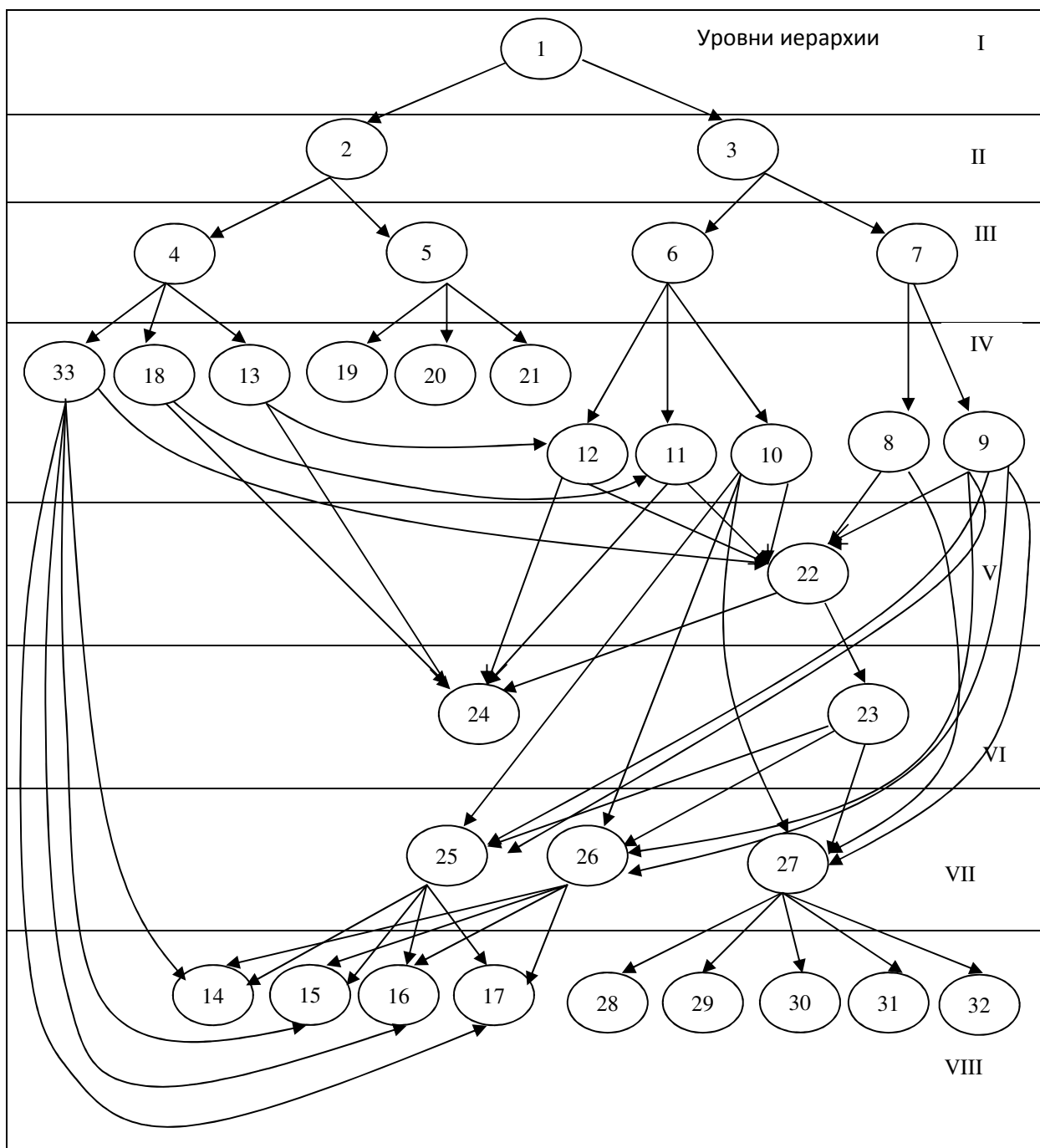


Рисунок – Граф онтологии цифрового изображения дефекта типа "трещина" в объектах строительства

Список літератури

1. Загорулько Ю.А. Технологии разработки интеллектуальных систем, основанные на интегрированной модели представления знаний // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: материалы III Междунар. научн.-техн. конф. (Минск, 21-23 февраля 2013 г.). – Минск : БГУИР, 2013. – С. 31–42.
2. Палагин А.В. Системно-онтологический анализ предметной области [Текст] / А.В. Палагин, Н.Г. Петренко // УСиМ. – 2009. – № 4. – С. 3–14.
3. Кравченко Ю.А. Онтологический подход формирования информационных ресурсов на основе разнородных источников знаний [Текст] / Ю.А. Кравченко, В.В. Марков // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 7 (144). – С. 116–120.
4. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем [Текст] / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский // СПб. : Питер, 2000. – 383 с.
5. Бова В.В. Компьютерная онтология: задачи и методология построения [Текст] / В.В. Бова, Д.Ю. Кравченко, Д.В. Лещанов, А.А. Новиков // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2014. – № 4 (19) – С. 1–11.
6. Клецев А.С. Математические модели онтологий предметных областей [Текст] / А.С. Клецев И.Л. Артемьева // СПб. : Питер, 2005. – 100 с.
7. Загорулько Ю.А. Описание сложных предметных областей на основе интеграции средств представления знаний / Ю.А. Загорулько И.Г. Попов // М: Москва, 2001. – 115 с.
8. Ануреев И.С. Модели и методы построения информационных систем, основанных на формальных, логических и лингвистических подходах / И.С. Ануреев, Т.В. Батура, О.И. Боровикова, Ю.А. Загорулько, И.С. Кононенко, А.Г. Марчук, П.А. Марчук, Ф.А. Мурзин, Е.А. Сидорова, Н.В. Шилов // Отв. ред. А.Г. Марчук. Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т систем информатики им. А.П. Ершова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 330 с.
9. Горда О.В. Визначення дефекту типу «тріщина» в оптичному діапазоні / О.В. Горда // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2009. – № 74. – С. 89–93.
10. Горда О.В. Вплив формуючого тракту на представлення дефекту типу «тріщина» на цифровому зображенні / О.В. Горда, О.О. Пузько // Управління розвитком складних систем. – 2013. – №13. – С. 113–118.
11. Коломиец С.П. Исследование контраста цифровых изображений дефекта типа "трещина" / С.П. Коломиец, Е.В. Горда // Scientific discussion. – 1016. – №1. – С. 26–30.
12. Горда О.В. Моделирование метрик в пространстве цифрового изображения дефекту типу "тріщина" / О.В. Горда // Управління розвитком складних систем. – 2014. – № 17. – С. 112–120.
13. Горда Е.В. Цветовое моделирование цифрового изображения дефекта типа "трещина" / О.В. Горда // Управління розвитком складних систем. – 2015. – №23. – С. 127–132.
14. Горда О.В. Модель області суміжності дефекту типу "тріщина" на цифровому зображенні / О.В. Горда, О.О. Пузько // Scientific Journal "ScienceRise". Vol. 4/2 (21), 2016. – С. 24–27.
15. Горда О. В. Побудова кольорного атласу цифрового зображення дефекту типу "тріщина" / О.В. Горда // Scientific Journal "ScienceRise". 10.2016. V.10/2(27). – С. 55–60.
16. Горда Е.В. Структура цветового атласа цифрового изображения дефекта типа "трещина" / Е.В. Горда, В.М. Михайленко // Scientific discussion. – 1016. – №3.
17. Михайленко В.М. Интеллектуальная информационная технология диагностики технического состояния зданий [Текст]: монография / В.М. Михайленко, А. А. Терентьев, М.И. Цюцюра. – К.: ЦБ «Компринт», 2015. – 162 с.
18. Гаврилова Т.А. Оценка когнитивной эргономичности онтологии на основе анализа графа / Т.А. Гаврилова, В.А. Горовой, Е.С. Болотникова // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. – №3. – С. 33–41.

Статья поступила в редакцию 11.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.А. Терентьев, Киевский национальный университет строительства и архитектуры.

Горда Олена Володимирівна

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, orcid.org/0000-0001-7380-0533

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Михайленко Віктор Мефодійович

Доктор технічних наук, професор кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, orcid.org/0000-0002-9573-9873

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ОНТОЛОГІЯ ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ ДЕФЕКТУ ТИПУ «ТРИЩИНА» НА ОБ'ЄКТАХ БУДІВНИЦТВА

Анотація. В останні десятиліття спостерігається швидкий розвиток технологій і методів комп'ютерної обробки цифрових зображень. Актуальність моделювання цифрових зображень дефектів типу «тріщина» визначається необхідністю і можливістю реалізації різних підходів в дослідженні завдань діагностики технічного стану будівельних об'єктів і обладнання. На базі проведення досліджень побудована онтологія цифрових зображень дефектів типу «тріщина» з використанням моделі кольорних просторів, функції спеціального виду, яка дозволяє побудувати адекватну топологію розподілу кольору по зображенню і враховувати специфіку розподілу кольорів на дискретному цифровому зображенні. Описано властивості онтології.

Ключові слова: об'єкт будівництва; тріщина; дефект; зображення; онтологія; граф; метрика

Gorda Elena

Assistant professor of information technology design and applied mathematics, orcid.org/0000-0001-7380-0533
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Mihaylenko Victor

Professor of Information Technology Design and Applied Mathematics, orcid.org/0000-0002-9573-9873
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

ONTOLOGY OF DIGITAL IMAGE OF DEFECTS OF TYPE "CRACK" OF OBJECTS OF CONSTRUCTION

Abstract. The last decades have seen the rapid development of technology and methods of computer processing of digital images. The relevance of the modelling of digital images of defects of type "crack" is defined by the necessity and possibility of implementing different approaches in the study of diagnostics of technical state of construction facilities and equipment. In this paper, we construct the ontology of digital images of defects of type "crack" model-based color spaces, functions of a special form, which allows you to build an adequate topology of the color distribution in the image and consider the specifics of the distribution of colors to a discrete digital image. Describes the properties of the ontology. The practical application of the ontology of the digital image of the defect type "crack" allows, on the one hand, to formalize its description to the most extensive and complete representation, and on the other hand, to define classes of features, which in turn provides an opportunity to construct adaptive algorithms for the recognition of defects of this type in the framework of the methods of non-destructive control of technical condition of construction sites.

Keywords: construction project; crack; defect; image; ontology; graph; metric

References

1. Zagorulko, Y.A. Technologies for the development of intelligent systems based on an integrated model of knowledge representation // *Open semantic technologies for the design of intelligent systems: materials III Intern. Scientific-technical. Conf. (Minsk, February 21-23, 2013) / rarely. : V. V. Golenkov (editor of the editorial board). – Minsk: BSUIR, 2013. S. 31-42.*
2. Palagin, A.V. & Petrenko, N.G. (2009). System-ontological analysis of the subject domain. *USM*, 4, 3-14.
3. Kravchenko, Yu.A. & Markov, V.V. (2013). Ontological approach of formation of information resources on the basis of heterogeneous sources of knowledge. *Izvestiya SFU. Technical science*, 7 (144), 116-120.
4. Gavrilova, T.A & Khoroshevsky, V.F. (2000). Knowledge bases of intellectual systems. *PSP: Peter*, 383.
5. Bova, V.V., Kravchenko, D.Yu., Leshchanov, D.V. & Novikov, A.A. (2014). Computer ontology: problems and methodology of construction. *Informatics, computer engineering and engineering education*, 4 (19), 1-11.
6. Kleshev, A.S. & Artemieva, I.L. (2005). Mathematical models of ontologies of subject areas. *St. Petersburg: Peter*, 100.
7. Zagorulko, Yu.A. & Popov, I.G. (2001). Description of complex subject areas based on the integration of knowledge representation tools. *M: Moscow*, 115.
8. Anureev, I.S., Batura, T.V., Borovikova, O.I., Zagorulko, Yu.A., Kononenko, I.S., Marchuk, AG., Marchuk, P.A., Murzin, F.A., Sidorova, E.A. & Shilov, N.V. (2009). Models and methods of constructing information systems based on formal, logical and linguistic approaches. *Ros. Acad. Sciences, Sib. Depth, Institute of Informatics Systems. A.P. Ershova. Novosibirsk: Izd. SB RAS*, 330.
9. Gorda, O.V. (2009). Determination of defect type "crack" in the optical range // *Mountain, building and meliorative machines*, 74, 89-93.
10. Gorda, O.V. & Puzko O.O. (2013). Fusion of the form tract on the represented defect type "trishchina" on digital zabrazhenny. *Management f development of complex system*, 13, 113-118.
11. Kolomiets, S.P. & Gorda, E.V. (2016). Investigation of the contrast of digital images of a "crack" type defect. *Scientific discussion*, 1, 26-30.
12. Gorda, O.V. (2014). Mdelling of metrics in the space of digital coloring defect type "crack". *Management of development of complex system. K: KNUBA*, 17, 112-120.
13. Gorda, E.V. (2015). Color modeling of the digital image of a defect of the "crack" type. *Management of development of complex system. K.: KNUBA*, 17.23 (1), 127-132.
14. Gorda, O.V. & Puz'ko, O.O. (2016). Model fields of coexistence defect type "crack" on the digital coloring. *Scientific Journal "ScienceRise"*, 4/2 (21), 24-27.
15. Gorda, O.V. (2016). Creation of color atlas of digital coloring defect type "crack". *Scientific Journal "ScienceRise"*, 10, 2 (27), 55-60.
16. Gorda, E.V. & Mikhaylenko, V.M. (2016). Structure of the color atlas of the digital image of a defect of the "crack" type. *Scientific discussion*, 3.
17. Mikhaïlenko, V.M. & Terentyev, A.A. & Tsutsura M.I. (2015). Intellectual information technology for diagnosing the technical condition of buildings [Text]: monograph // *To the Central Bank "Comprint"*, 162.
18. Gavrilova, T.A, Gorovoy, V.A. & Bolotnikova, E.S. (2009). Evaluation of cognitive ergonomics of ontology on the basis of graph analysis. *Artificial intelligence and decision making*, 3, 33-41.

Ссылка на публикацию

- APA Gorda, E. & Mihaylenko, V. (2017). Ontology of digital image of defects of type "crack" of objects of construction. *Management of Development of Complex Systems*, 30, 142 – 146.
- ГОСТ Горда Е.В. Онтология цифрового изображения дефекта типа «трещина» на объектах строительства [Текст] / Е.В. Горда, В.М. Михайленко // *Управление развитием сложных систем.* – 2017. – № 30. – С. 142 – 146.