

МЕТОД ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ ПРОСТРАНСТВА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ

*О.А. Шабалина**, *А.Г. Давтян***, *Н.П. Садовникова**
(* *Волгоград, Волгоградский государственный технический университет,*
***Москва, Московский физико-технический институт)*
O.A.Shabalina@gmail.com, agvs@mail.ru, npsn1@yandex.ru

ASSESSMENT OF COMPETENCES ON TOPOLOGICAL STRUCTURE OF PROFESSIONAL KNOWLEDGE SPACE

O.A. Shabalina¹, A.G. Davtian², N.P. Sadovnikova¹
(* *Volgograd, Volgograd State Technical University,*
Moscow, Moscow Institute of Physics and Technology)

Annotation. The article proposes a new approach to the competencies assessment based on the knowledge space model represented as an algebraic structure (lattice). In contrast to the existing approach, suggested by Doignon and Falmagne within their Knowledge Space Theory (KST), using lattice makes it possible to build knowledge space without constructing large combinatorial structures. Each competence is matched to a subspace of the knowledge space, the study of which means mastering corresponding competence. The set of intersecting subspaces determines the topology of competences on the knowledge space. The level of each competence is evaluated by a pair of differential and integral assessments. The results of the competencies assessment are visualized in the form of heat maps. The proposed approach allows both to evaluate individual competencies mastering and to compare the results of competencies assessments obtained by different students.

Keywords: competencies assessment, Knowledge Space Theory, knowledge space, knowledge state, lattice, topology of competences, competence heat map.

Введение. Ключевым условием подготовки конкурентоспособных специалистов стало обеспечение их компетентности, позволяющей осуществлять профессиональную деятельность в условиях непрерывного обновления профессиональных знаний, появления новых профессиональных задач и их постоянного усложнения. Для организации новой компетентностно-ориентированной системы подготовки специалистов необходима разработка не только новых форм представления связи между знаниями, умениями, навыками и компетенциями, но и новых методов оценки результатов подготовки в контексте компетентностной образовательной парадигмы

В настоящее время появилось достаточно большое количество исследований, посвященных разработке методов оценки компетенций [1-3]. Большая часть предлагаемых методов основана либо на непосредственной количественной оценке результатов изучения отдельных дисциплин с последующей их интеграцией с применением различного вида сверток, либо на применении дескрипторных описаний компетенций, для оценки которых также используются различные метрики. Таким образом, способы оценки результатов обучения интерполируют оценки знаний и навыков, полученных в рамках отдельных фрагментов знаний, в освоение той или иной компетенции в целом.

В терминах компетентностного подхода оценка компетенций подразумевает оценку способности решать определенный класс профессиональных задач, т.е. оценку потенциала обучаемого, который экстраполирует в будущее возможность дальнейшего освоения знаний. При сворачивании числовых оценок и сведении их к одному числу теряется смысл оценки компетенции как целостной и связной характеристики, определяющей способность обучаемых применять полученные знания для решения новых задач.

Методы оценки компетенций на основе теории пространств знаний. В работе [4] посвященной теории пространств знаний (*Knowledge Space Theory, KST*), предложен подход к оценке компетенций, основанный на утверждении, что оценка компетенции не может быть

сведена к числу. Уровень овладения компетенцией представляется состоянием обучаемого (*Knowledge State*) в некоторой области знаний (*Knowledge Domain, KD*). Состояния обучаемого образуют набор подмножеств концептов области знаний, определяющих пространство знаний (*Knowledge Space, KS*). При этом набор подмножеств состояний покрывает всю структуру области знаний.

KST была разработана как альтернатива существующим методам тестирования в математической психологии и применена в нескольких обучающих компьютерных системах (например, *ALEKS* [5], *RATH* [6]). Дальнейшее развитие теории привело к появлению теории компетентностно-ориентированных пространств знаний (*Competence-based Knowledge Space Theory, CBKST*), ориентированной на применение в персонифицированном компетентностно-ориентированном обучении [7].

В соответствии с *KST* уровень овладения компетенцией определяется состоянием обучаемого, представляемым подмножеством элементов пространства знаний, освоенным обучаемым. Множество всех возможных с точки зрения логики освоения состояний образует пространство знаний. Формирование пространств знаний требует построения из элементов области знаний больших комбинаторных структур (антиматроидов). Кроме того, такой метод оценки компетенций как состояния обучаемого в пространствах знаний не зависит от способов организации процесса освоения знаний и не контролирует освоение всех элементов этого пространства.

Модель пространства знаний на основе алгебраической структуры. В работах [8,9] предложена модель области знаний, представляемая в виде алгебраической структуры (решетки). Предложенная модель позволяет исчислять процесс освоения области знаний в ее заданных логических связях и отображать пространство знаний как совокупность всех состояний обучаемого на модели области знаний без построения комбинаторных структур. Процесс построения пространств знаний реализован в библиотеке построения структурных моделей систем [10], Web-системе разработки модульных образовательных программ вуза [11], разработан декларативный язык описания структурных моделей, представляемых решеткой [12].

В [13,14] описан процесс освоения пространства знаний, представляемого решёткой. Процесс взаимодействия обучаемого с пространством знаний *KS* представляется как выполнение обучаемым действий, сопоставленных фрагментам пространства. Каждому действию *d* по освоению элемента *a* сопоставляется оценка освоенности $\lambda(a)$, полученная извне (тьютором, экспертом, обучающей системой) и определяющая состояние обучаемого $\varphi(a)$. Таким образом, состояние обучаемого φ является отображением: $\varphi \in \Phi \leftrightarrow \varphi: KS \rightarrow \Lambda_\varphi$, где Φ – множество состояний обучаемого, определяющих пространство знаний *KS*, $\Lambda_\varphi = \{\lambda_{min}, \dots, \lambda_i, \dots, \lambda_{max}\}$ – линейно-упорядоченное множество оценок выполнения действий *d*.

Для каждого элемента *a* пространства *KS* задается пороговое состояние $\varphi^*(a)$, определяющее требуемый уровень освоенности *a*, и $J^*(a)$ – пороговое значение уровня знаний, определяющее возможность освоения *a*. Каждое действие изменяет состояние обучаемого: $d \in D \leftrightarrow d: \Phi(KS, \Lambda_\varphi) \rightarrow \Phi(KS, \Lambda_\varphi)$ и расширяет область освоенных знаний в пространстве *KS*. Алгоритм освоения пространства знаний основан на исчислении пространства в идемпотентной алгебре.

Механизм оценки компетенций. Представление области знаний как единого пространства позволяет оценивать компетенции, которыми овладевает обучаемый в их преемственном развитии. Результат освоения области знаний оценивается состоянием:

$$\varphi \in \Phi^{obj} \leftrightarrow \varphi: KS \rightarrow Comp,$$

где Φ^{obj} – множество состояний, определяющих овладение совокупностью компетенций $Comp = \{Comp_1, \dots, Comp_i, \dots, Comp_n\}$, определяемой соответствующими требованиями. На пространстве знаний *KS* определяется множество подпространств KS_i , задающих

элементы, влияющие на овладение соответствующей компетенцией $Comp_i$. Совокупность пересекающихся в общем случае подпространств определяет топологию компетенций на пространстве знаний. Уровень овладения компетенцией R_{Comp_i} оценивается парой (Λ_φ, J_I) , где Λ_φ – множество оценок, сопоставленных элементам пространства KS_i , полученных обучаемым в процессе обучения, J_I – относительная совокупная оценка компетенции, сопоставленная элементу $sup(KS_i)$.

Множество Λ_φ отображает дифференциальную оценку компетенции:

$$\Lambda_\varphi = \{\lambda(\varphi_{inf(KS_i)}), \dots, \lambda(\varphi_i), \dots, \lambda(\varphi_{sup(KS_i)})\}.$$

J_I представляет собой интегральную оценку компетенции:

$$J_I = J(\varphi, sup(KS_i) | I_{inf(KS_i)}^{sup(KS_i)}) / J(\varphi_{max}, sup(KS_i) | I_{inf(KS_i)}^{sup(KS_i)}),$$

где $J(\varphi, sup(KS_i) | I_{inf(KS_i)}^{sup(KS_i)})$ – текущая интегральная оценка, определяемая подпространством KS_i на интервале $I_{inf(KS_i)}^{sup(KS_i)}$ и сопоставленная элементу $sup(KS_i)$;

$J(\varphi_{max}, sup(KS_i) | I_{inf(KS_i)}^{sup(KS_i)})$ – интегральная оценка, определяемая KS_i на $I_{inf(KS_i)}^{sup(KS_i)}$ и сопоставленная $sup(KS_i)$, при условии, что $\varphi_{max}: \varphi_{max}(a) = \lambda_{max}, \forall a \in KS_i$.

Результаты оценки по каждой компетенции могут быть визуализированы в виде карты компетенции. Карта компетенции отображает подпространство знаний, определяющее область знаний, с сопоставленной каждому элементу подпространства φ_i дифференциальной оценкой $\lambda(\varphi_i)$ и интегральной оценкой J_I , сопоставленной $sup(KS_i)$ (Рисунки 1,2). Для визуализации карт компетенций может быть использована технология тепловых карт (*heatmaping technology*). Использование шкалы интенсивности цвета, сопоставленной шкале количественной оценке Λ_φ , позволяет отобразить распределение дифференциальных оценок на качественном уровне, и показать его сильные и слабые стороны в рамках освоенной компетенции. Фрактальная структура пространства знаний определяет масштабируемость карт компетенций, т.е. возможность отображать дифференциальные и интегральные оценки на различных уровнях вложенности пространства.

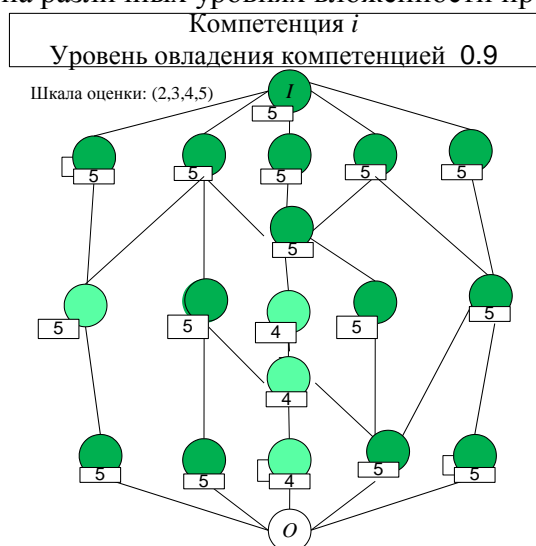


Рисунок 1 – Карта компетенции

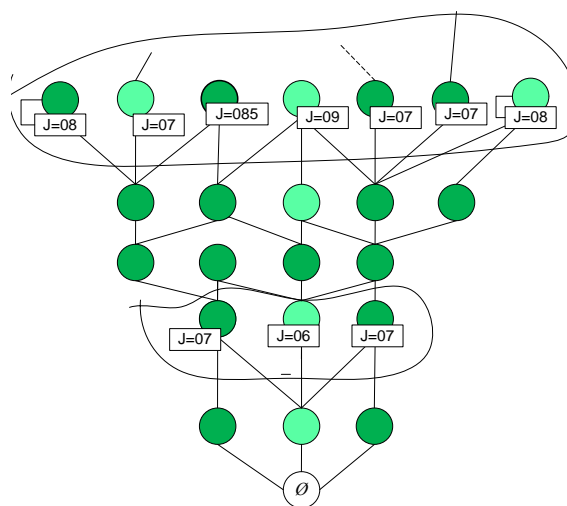


Рисунок 2 – Фрагмент карты компетенций

Заключение. В рамках предложенного метода компетенции, осваиваемые в процессе освоения знаний, не связаны с какой либо отдельной дисциплиной, а представляют собой сложный объект, определяемый на всем пространстве знаний. Процесс освоения этого пространства формирует компетенции. Совокупность компетенций представляется как топологическое пространство на пространстве знаний. Предлагаемый подход позволяет оценивать как развитие компетенций отдельных обучаемых, так и сравнивать оценки приобретенных

компетенций различными обучаемыми, так как абсолютных значений компетенций быть не может.

ЛИТЕРАТУРА

1. Berestneva O., Marukhina O., Benson G., Zharkova O. Students' Competence Assessment Methods // In *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2015. – V. 166. P. 296-302, ISSN 1877-0428, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.527>.
2. Дворянинова О.П., Назина Л.И., Никульчева О.С. Разработка методики оценки компетенций студентов // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 8-2. – С. 257-260; URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38882> (дата обращения: 14.10.2017).
3. Мирошин Д.Г. Оценка уровня сформированности профессиональных компетенций студентов по техническим дисциплинам // *Современная педагогика*. 2015. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://pedagogika.snauka.ru/2015/02/3313> (дата обращения: 01.10.2017)
4. Doignon J.-P., Falmagne J.-C. *Knowledge Spaces*. – Berlin: Heidelberg, New York, Springer, 1999. – 334 p.
5. Ward C. ALEKS: a Web-based intelligent tutoring system // *Mathematics and Computer Education*. –(2001. № 35 (2). – P. 152–158.
6. Hockemeyer, C., Held, T., & Albert, D. (1998). RATH — a relational adaptive tutoring hypertext WWW–environment based on knowledge space theory. In C. Alvegård (Ed.), *CALISCE'98: Proceedings of the Fourth International Conference on Computer Aided Learning in Science and Engineering* (pp. 417–423). Göteborg, Sweden: Chalmers University of Technology.
7. Heller J., Steiner C., Hockemeyer C., Albert D. Competence-Based Knowledge Structures for Personalised Learning // *International Journal on E-Learning*. 2006. – Т.5. – №1. – P.75-88.
8. Shabalina O., Yerkin D., Davtian A., Sadovnikova N. A lattice-Theoretical Approach to Modeling Naturally Ordered Structures // *Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine' (ITSMSSM 2016) : Proceedings of III International Scientific Conference (Tomsk, Russian Federation, 23-26 May 2016) / Tomsk Polytechnic University*. – [Published by Atlantis Press], 2016. – P. 158-161.
9. Шабалина О.А., Давтян А.Г., Еркин Д.А. Модель пространства знаний на основе алгебраической структуры и ее реализация в системе проектирования обучающих курсов // *Известия Волгоградского государственного технического университета*. 2015. № 2 (157). С. 141-150.
10. Еркин Д.А., Шабалина О.А. Разработка библиотеки построения структурных моделей систем // *Известия Волгоградского государственного технического университета*. 2015. № 13 (177). С. 61-65.
11. Галимов А.А., Шабалина О.А. Веб-система разработки модульных образовательных программ вуза // *Программные системы и вычислительные методы*. 2017. № 2. С. 14-21.
12. Еркин Д.А., Шабалина О.А. Декларативное описание структурных моделей систем // *Известия Волгоградского государственного технического университета*. 2016. № 3 (182). С. 36-40.
13. Шабалина О.А., Давтян А.Г. Согласованное управление многоуровневой системой подготовки специалистов // *Машиностроение и компьютерные технологии*. 2016. № 7. С. 274-284.
14. Shabalina O., Yerkin D., Kamaev V., Davtian A. Competence-oriented learning process model and its implementation in a learning management system // *Proceedings of 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications*. 2015. P. 7387967.