

**Корзникова Галина Григорьевна,**

кандидат педагогических наук, профессор, кафедра технологии и экономики, Уральский государственный педагогический университет; 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, д. 9а; e-mail: ggg\_50@mail.ru.

**Чикова Ольга Анатольевна,**

доктор физико-математических наук, заведующая кафедрой технологии и экономики, Уральский государственный педагогический университет; 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, д. 9а; e-mail: chik63@mail.ru.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ОВЛАДЕНИЯ СТУДЕНТАМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПЕРКОЛЯЦИИ

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** математическое моделирование в дидактике, теория перколяции, образование, компетенции, образовательная программа.

**АННОТАЦИЯ.** Рассмотрено применение теории перколяции для математического моделирования получения студентом профессионального образования. Получение профессионального образования рассматривается как процесс постепенного овладения студентом комплексом компетенций. Проведен анализ публикаций, посвященных раскрытию гностических возможностей теории перколяции в отношении социальных и социально-экономических процессов и явлений. Показано, что теория перколяции может быть применена для обоснования перехода количественных изменений в качественные в математическом моделировании в дидактике. В образовательной отрасли использование перколяционной теории возможно для проектирования и анализа таких процессов, как выбор студентами индивидуальных образовательных траекторий; проектирование процесса усвоения ими общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций и осуществления самоконтроля этого процесса; оценка уровня овладения компетенциями, обеспечивающее численное/количественное отражение/наполнение содержания результата; оценка уровня овладения компетенциями на основе степени усвоения образовательной программой (что позволит сделать заключение о качестве самой программы).

**Korznikova Galina Grigorievna,**

Candidate of Pedagogy, Professor, Department of Technology and Economics, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia.

**Chikova Olga Anatolievna,**

Doctor of Physics and Mathematics, Head of Department of Technology and Economics, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia.

### MODELLING OF THE PROCESS OF EVALUATION OF THE COMPETENCE FORMATION LEVEL ON THE BASIS OF PERCOLATION THEORY

**KEYWORDS:** mathematic modeling in didactics, the percolation theory, education, competences, educational program.

**ABSTRACT.** The article discusses the use of the percolation theory for mathematical modeling of professional education of a student. The process of getting professional education is the process of gradual formation of a number of competences. The analysis of the research works devoted to the description of the gnostic opportunities of the percolation theory in the sphere of social and social-economic processes and phenomena is undertaken. It is shown that the percolation theory can be applied to explain the transition from the quantitative changes into the qualitative ones in mathematical modeling in didactics. It is possible to use percolation theory to plan and analyze such processes as: the choice of the individual educational trajectories by the student; planning of the process of acquisition of cultural, general professional and professional competences and self-control of this process; evaluation of the level of formation of the competences that reflects the content of the result; evaluation of the level of formation of competences on the basis of the degree of comprehension of the educational program (this may help to evaluate the quality of the program as well).

Задачи модернизации системы образования Российской Федерации требуют специальных исследований в области педагогической логики [14]. Очевидна перспективность ее развития в отношении управления учебно-познавательной деятельностью студентов по освоению образовательной программы. Если получение профессионального образования сегодня рассматривается как процесс постепенного овладения студентом комплексом компетенций [1; 5; 7] в ходе достижения определенного квалификационного уровня, то теория

перколяции [3; 8; 9] может быть использована для моделирования таких процессов.

Перколяция — достаточно широкое понятие. Теория перколяции (теория протекания или теория просачивания) — математическая теория. Перколяционные модели находят применение в описании перехода количественных изменений в качественные для разнообразных систем и явлений, в том числе социальных.

Проведенный нами анализ публикаций [2; 6; 11; 12; 13; 15; 18], посвященных раскрытию гностических возможностей теории

перколяции перколяционных моделей в отношении социальных и социально-экономических процессов и явлений, позволил установить широкие возможности данной математической теории в проектировании/описании социальных процессов. Теория перколяции применяется для прогнозирования развития различных социально-экономических явлений, включая сферу услуг [2], моделирования соответствующих им процессов. В ряде работ опыт применения теории перколяции показан для описания процессов на финансовом рынке [6; 11; 12; 13; 18], в частности, при взаимодействии его агентов [6]. Перколяционная модель, раскрывающая возможные взаимодействия агентов на финансовом рынке [6], по мнению исследователей, может быть полезна для анализа процесса коллективного решения индивидов в выборе образовательной программы, например, среди приоритетных направлений подготовки для нужд отечественной промышленности [4]. Перколяционная модель применялась также для описания процесса сетевого взаимодействия фирм посредством обмена научно-технической информацией [10]. В данном случае перколяционный подход обеспечивает фактическое моделирование экономической и технологической политики сети инновационных предприятий. Описан и опыт применения перколяционной модели для профессионального отбора астронавтов [17]. Отбор индивидов с определенными профессионально значимыми качествами рассматривается как процесс скрининга через иерархию испытаний. Рассматривается явление «adaptive percolation», которое подразумевает незначительное обобщение вероятностной модели, используемой в теории перколяции. Вероятностная модель, разработанная автором [17], является «beta-binomial» — распределением с общими параметрами. Обобщение в этом случае выражается в использовании субъективно указанной функции правдоподобия при построении вероятностной модели.

Таким образом, теория перколяции может быть применена для обоснования перехода количественных изменений в качественные, в том числе, и в математическом моделировании в дидактике [16; 19]. В образовательной отрасли использование перколяционной теории возможно для проектирования и анализа таких процессов, как выбор студентами индивидуальных образовательных траекторий; проектирование процесса усвоения ими общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций и осуществления самоконтроля этого процесса; оценка уровня

овладения компетенциями, обеспечивающее численное/количественное отражение/наполнение содержания результата; оценка уровня овладения компетенциями на основе степени усвоения образовательной программой (что позволит сделать заключение о качестве самой программы).

Предположим, что образовательную программу можно моделировать квадратной решеткой, с учетом особенностей блочно-модульного ее построения, в узлах которой располагаются компетенции, а в сопредельных ячейках — дисциплины, их формирующие. Блоками образовательной программы, как правило, являются:

- базовая часть (обязательные и обязательные профессиональные дисциплины);
- курсы по выбору;
- практика (учебная, производственная, преддипломная).

Для упрощения понимания модели остановимся на квадратной решетке 2x2 (рис. 1). В такой решетке может быть отражено любое из двух сочетаний рассмотренных выше блоков образовательной программы. Например, два блока базовой части или базовая часть и предметы по выбору и пр. В нашем случае в качестве примера рассмотрены обязательный профессиональный блок и блок практики. В сопредельных ячейках решетки располагаются учебные дисциплины, отражающие соответствующие блоки образовательной программы. Для блока практики вместо учебных дисциплин прорабатывается программа практик, планируемые для усвоения практические приемы и навыки, способы деятельности и пр. В движении от первоначальных шагов освоения профессии к профессионализму и личностному восприятию профессии содержательное наполнение определяется на основе профессионального стандарта педагога.

Вертикаль решетки — это профессиональная составляющая образовательной программы, освоение которой свидетельствует об овладении профессиональным (учебным) опытом, высшим проявлением которого является верхний правый угол перколяционной решетки. Точка «О» — характеристики проявления профессионализма, которые неконкретны и размыты. Данные характеристики находят слабое отражение на практике и действуют на уровне интуиции. Точка «Г» — освоены не все области профессиональной деятельности; приложение знаний на практике является фрагментарным. Точка «Д» — проявление профессионализма в соответствии с профессиональным стандартом педагога.

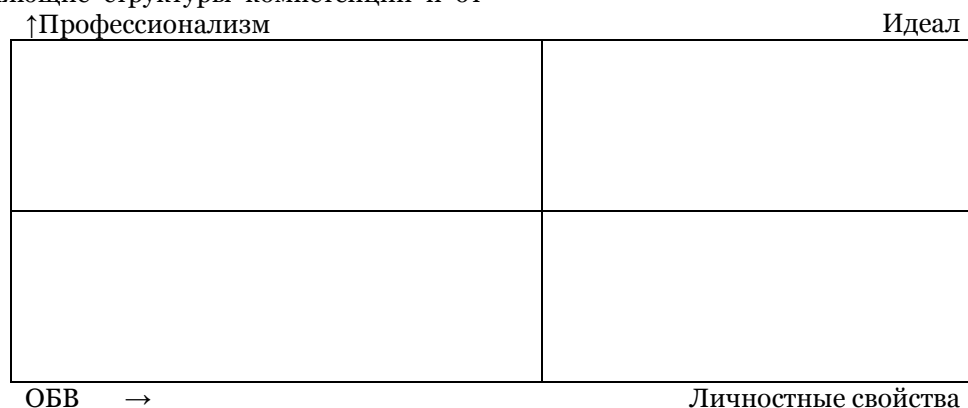
По горизонтали располагается личностная составляющая профессиональной подготовки педагога (личностные качества). Точка

«О» соответствует низкому уровню осознания будущим специалистом личностного потенциала профессиональной готовности к определенному виду работы в выбранной сфере деятельности, в частности, педагогической (методической, преподавательской). Точка «Б» — осознание частичной, фрагментарной, избирательной готовности к профессиональной деятельности. Точка «В» — осознание личностной готовности к профессиональной деятельности с различными ее аспектами: готовность к выполнению функций классного руководителя, осуществлению внеклассной работы по предмету или внеклассной воспитательной работы и т.д. Осознание личностной готовности к профессиональной деятельности также связывают с местом работы, в частности, в различных структурах системы образования.

Узлы решетки выступают контрольными точками в определении сформированности составляющих компетенции. Верхний правый угол решетки интегрирует профессиональную (знания, умения и навыки) и личностную (опыт и качества личности) составляющие структуры компетенции и от-

ражает критерий (идеал) сформированности конкретной компетенции, что является свидетельством образовательного процесса, ориентированного на соответствующий результат. Каждый из узлов решетки также отражает компетенции, но степень выраженности ее структурных элементов может быть различной, поскольку такие узлы соответствуют промежуточным замерам на пути освоения компетенций и профессионального становления.

Практическая интерпретация явления перколяции на узлах решетки заключается в следующем: компетенция, в силу своей специфики (как интеграция профессиональных требований и личностных проявлений личности), формируется всей совокупностью учебных дисциплин учебного плана по направлению подготовки. В этой связи определять уровень сформированности компетенции в рамках конкретного предмета не имеет смысла. Перколяционная решетка позволяет сделать это в целом не по конкретной дисциплине, а в отношении конкретного обучаемого.



**Рис. 1. Перколяционная решетка освоения образовательной программы**

Квадратной решеткой можно моделировать и процессы формирования компетенции и оценки уровня ее сформированности. В таблице показана решетка 4x4, в которой отражены составляющие компетенции (по вертикали) и уровни сформированности каждой из этих составляющих (по го-

ризонтالي). Теоретическое и практическое наполнение ее содержания отражено в отношении общекультурной компетенции — *способность к самостоятельному освоению и использованию новых методов исследования, к освоению новых сфер профессиональной деятельности (ОК-3)*.

Таблица

**Составляющие общекультурной компетенции  
(способность к самостоятельному освоению и использованию  
новых методов исследования, к освоению новых сфер профессиональной  
деятельности (ОК-3)) и проектирование динамики их освоения**

Составляющие компетенции	Уровни, признаки/показатели усвоения составляющих компетенции			
	Низкий	Средний	Высокий	На перспективу
1. Знать методы исследования, способы и приемы освоения новых сфер профессиональной деятельности в зависимости от ее специфики	Иметь представление о методах исследования и различных направлениях профессиональной деятельности	Знание новых методов исследования в различных направлениях профессиональной деятельности педагога	Знание новых методов исследования в различных направлениях профессиональной деятельности руководителя в сфере образования	Достижение синергетического эффекта интегрированного комплекса знаний при самостоятельном освоении и использовании новых методов исследования в различных сферах профессиональной деятельности
2. Умения и навыки использования новых методов исследования в профессиональной деятельности	Освоение новых методов исследования и новых сфер профессиональной деятельности осуществляется при наличии консультанта, помощника, более опытного напарника, наставника	Умения и навыки самостоятельного использования новых методов исследования в профессиональной деятельности педагога	Умения и навыки самостоятельного использования новых методов исследования в профессиональной деятельности руководителя образовательной организации	Умения и навыки самостоятельного использования комплекса методов исследования в различных сферах профессиональной деятельности педагога и руководителя
3. Профессиональная и личностная мобильность как доминирующее качество	Осознание потребности в профессиональном и личностном самосовершенствовании на предмет самостоятельного освоения и использования новых методов исследования, освоения новых сфер профессиональной деятельности	Постоянная рефлексия профессионального и личностного потенциала и внутренних резервов для целенаправленного освоения и обеспечения готовности к профессиональным и личностным изменениям	Актуализация профессиональных и личностных качеств в освоении и использовании новых методов исследования, освоение новых сфер профессиональной деятельности как возможность профессиональной и личностной самореализации	Проявление профессиональной и личностной мобильности при самостоятельном освоении и использовании новых методов исследования в ходе освоения новых сфер профессиональной деятельности
4. Опыт самостоятельного применения методов исследования и освоения различных видов профессиональной деятельности	Опыт проявления самостоятельности в различных направлениях профессиональной деятельности	Продуктивная направленность реализации опыта применения методов исследования и освоения различных видов профессиональной деятельности	Осмысление приобретаемого опыта и проектирование направлений его углубления и совершенствования	Опыт самостоятельного освоения новых сфер профессиональной деятельности

Содержательное наполнение данной решетки не конкретизировано в отношении определенной учебной дисциплины, она обозначает ориентиры профессионально-личностного развития субъекта в ходе освоения содержания образования в целом. При использовании данного конструкта в отношении конкретного учебного предмета будут актуализированы те составляющие компетенций, формирование и развитие которых является наиболее благоприятным в рамках изучения данной учебной дисциплины.

В соответствии с представленной моделью преподаватели, читающие разные дисциплины, могут разработать задания (требования), относящиеся и к другим компетенциям ФГОС ВО, тем самым максимизируя возможности содержания образования по своему предмету в качественной подготовке специалистов.

Таким образом, данная математическая интерпретация обусловленности качества освоения обучаемыми блоков образовательной программы и формируемых у них компетенций позволит преподавателям видеть свой предмет во взаимодействии с другими дисциплинами, обеспечивая тем самым целостное воздействие на процесс подготовки специалистов.

Рассмотрим применение теории перколяции к процедуре оценивания учебных достижений учащихся. Введем следующие обозначения:  $p$  — успеваемость студентов по предметам блока (в нашем примере — базового блока учебного плана) в баллах (суммарный балл отметок по всем дисциплинам блока);  $p_c$  — некоторая критическая величина (порог протекания), свидетельствующая об объеме освоения образовательной программы [9]. В случае неудовлетворительных результатов обучения  $p < p_c$ ; это свидетельствует о том, что освоение образовательной программы происходит частями и не охватывает всего ее объема. Наоборот, при  $p > p_c$  освоение программы идет высокими темпами и охватывает все дисциплины рассматриваемого блока:  $p_c = 0,34$  — пороговый уровень — вероятность заполнения той или иной ячейки, что означает возможность выставления/получения положительной оценки: «3», «4» и «5». В нашем случае каждый узел перколяционной решетки может находиться в одном из двух состояний — *освоено* или *не освоено*. Конкретное состояние определяется («осваивается») с вероятностью  $p$  независимо от состояния соседних узлов.

Эта модель называется *перколяцией на узлах*. Занятые узлы либо изолированы друг от друга, либо образуют группы, состоящие из ближайших соседей, которые образуют кластер. Другими словами, кластер —

это группа занятых узлов решетки, связанных с ближайшими соседями. Два узла принадлежат одному кластеру, если они соединены занятыми узлами, в ином случае кластер не существует.

Наиболее распространенным способом изучения перколяции является использование *генератора случайных чисел*. Вычислительная процедура при этом сводится к генерации случайного числа и его сравнению с некоторым порогом  $p$  (узел решетки считается занятым, если случайное число меньше  $p$ ). Если вероятность занятия узла мала, то можно ожидать, что будут присутствовать только небольшие, изолированные кластеры. По сравнению с этим, если  $p \sim 1$ , то можно ожидать, что большинство занятых узлов образуют один большой кластер, который протянется от одной стороны решетки до другой. Такой кластер называют *соединяющим*. В нашем случае моделирования соединяющий кластер — образовательная траектория студента. В пределе бесконечной решетки существует вполне определенная «пороговая вероятность»  $p_c$  такая, что для  $p \geq p_c$  существует один соединяющий кластер или путь; для  $p < p_c$  нет ни одного соединяющего кластера и все кластеры конечны. С нашей точки зрения, переход из состояния, в котором соединяющего кластера не образуется, в состояние, в котором существует данный кластер, является математической моделью выполнения минимальных требований ФГОС ВПО к квалификации выпускника. Речь идет о конечных величинах, отсюда значение  $p_c(n)$  определяется как такое значение  $p$ , при котором впервые появляется соединяющий кластер. Для конечной решетки определение протекания произвольно и вычисленное выражение  $p_c$  зависит от критерия протекания.

Свяжем решетку из образовательных кредитов в вертикальном направлении, ассоциируя модули со стадиями освоения ФГОС ВПО. Характерной особенностью, присущей перколяции, является связность, которая обнаруживает качественное изменение при конкретном значении некоторого параметра. Такой параметр можно менять непрерывно. Смена состояния, не содержащего перколяционный кластер, на состояние с одним перколяционным кластером представляет собой переход количественных изменений (освоение определенного количества учебных дисциплин) в качественное (освоение образовательной программы в целом, овладение компетенциями, присвоение квалификации). Повторение численных экспериментов всякий раз приводит к получению новых конфигураций кластеров. Численное моделирование на больших решетках показало, что при

$p < p_c$  имеет место вероятность простирающегося по всей решетке кластера, которая падает до нуля при  $N \rightarrow \infty$ . При  $p > p_c$ , простирающемуся по всей решетке, кластеру принадлежит конечная доля узлов. В случае квадратной решетки критическая вероятность  $p_c$ , при которой впервые возникает кластер, простирающийся по всей решетке, равна  $0,59275 \pm 0,0003$  [5].

Вероятность перколяции  $P_\infty(p)$  определяется как вероятность того, что студент, освоивший одну из компетенций, освоит (частично или полностью) и все остальные компетенции. При численном моделировании определяется число узлов  $M(N)$ , принадлежащих наибольшему кластеру на решетке  $N \times N$ , и оценивается вероятность протекания  $P_N(p)$ , которая равна величине  $M(N)N^2$ . По результатам многих численных экспериментов данная величина является усредненной. При низкой  $p$  вероятность протекания  $P_N$  пренебрежимо мала. При увеличении  $p$  вероятность принадлежности узла к наибольшему кластеру резко возрастает вблизи  $p_c = 0,593$ . При  $p \rightarrow 1$  вероятность протекания  $P_N$  возрастает почти линейно до единицы. Критическая вероятность определяется как наибольшее значение вероятности  $p$ , при котором  $P_\infty = 0$ . Следовательно, по определению  $P_\infty(p) = 0$  при  $p \leq p_c$ . Экстенсивное моделирование и теоретические соображения показывают, что вблизи  $p_c$  вероятность перколяции убывает по степенному закону  $p_\infty(p) \approx (p - p_c)^\beta$  при  $p > p_c; p \rightarrow p_c$ , где показатель  $\beta$  для двумерного протекания равен  $5/36 \sim 0,1389...$  [9]. Перколяционный процесс претерпевает переход от состояния локальной связности к состоянию, в котором связи простираются неограниченно далеко.

Педагогическая интерпретация данного утверждения заключается в том, что каждая учебная дисциплина характеризуется локальной связностью, которая находит отражение в:

- определенной продолжительности (времени), отведенной для обучения / изучения (определенное число зачетных единиц, время обучения в образовательной организации и т.п.);

- ограничении числа компетенций, которые могут быть усвоены обучаемыми только в рамках изучения конкретной учебной дисциплины;

- отсутствии гарантий, в том, что сам процесс изучения учебной дисциплины обеспечит высокий уровень формирования конкретной компетенции без «сопровождения» других предметов.

Перколяционное моделирование позволяет организовать подготовку специалистов таким образом, что значительно рас-

ширяет возможности интеграционных межпредметных связей, обеспечивая тем самым переход образовательного процесса, ограниченного рамками отдельной дисциплины, от состояния локальной связности к новому состоянию. В этом новом состоянии, с одной стороны, расширяются многообразные связи (иерархии, соподчиненности, целевые и пр.), с другой, — эти связи простираются неограниченно далеко. Подтверждением этому следует считать:

- расширение и углубление опыта учебно-познавательной деятельности обучаемых. Изучая разнообразное содержание образования и осуществляя большое разнообразие практических действий студент овладевает инструментами интеллектуальной деятельности;

- формирование словарного запаса и расширение понятийной базы за счет системного анализа сущностной основы понятий, относящихся к различным сферам деятельности человека;

- расширение механизмов определения учебных достижений обучаемых не только через усвоенные знания, умения и навыки, но и через такие составляющие компетенции, как опыт и качества личности;

- выход на рефлексивные механизмы самоактуализации субъекта познания, что обеспечивает беспротирывную обратную связь в системе «учитель—ученик»;

- актуализация принципиально нового инструментария оценки уровня сформированности компетенций у студентов, который ориентирован на установление достижения ими пороговой перколяции, что освобождает аналитика делать это в отношении каждой компетенции и в рамках отдельного предмета.

Перколяция на узлах неоднократно исследовалась, и результат проведенной работы может быть представлен в виде зависимости  $p_c(N)$ .

Предположим, необходимо вычислить оптимальную с социально-экономической точки зрения образовательную траекторию для образовательной программы, состоящей из пяти модулей (блоков), каждый из которых включает пять образовательных кредитов (дисциплин). Результат моделирования на Matlab [14]:  $p_c = 0,345$ . Следовательно, студенту для получения искомой квалификации и документа об образовании достаточно освоить более 34,5% дисциплин учебного плана, т.е. продемонстрировать уровень успеваемости — 34,5%. В этом случае возникает перколяционный кластер, т.е. образовательная траектория, соединяющая начало и конец обучения.

Начало и конец обучения — это условная фиксация овладения субъектом познания

«когнитивным» элементом познавательной деятельности, который в триединстве (цель, средство, результат) следует рассматривать и как фактор профессионального становления личности специалиста, и как фактор его интеллектуального развития. Компетентность позволяет интегрировать данные факторы, тем самым обеспечивая в единстве профессиональные и личностные подвижки в ходе профессиональной подготовки личности.

Практико-ориентированный подход в проектировании индивидуальной траектории обучения/учения/самообразования студента может быть представлен в виде карты-концепции освоения компетенции, которая позволяет:

- усвоить и осознать смысловое теоретическое и практическое содержание конкретной компетенции;
- соотнести предложенное содержание с собственным представлением/видением составляющих компетенции, спроецированные с будущей работой, требованиями работодателей;
- установить/спроектировать динамику овладения конкретной компетенцией в соответствии с карьерными притязаниями;

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дегтерев В. А. К вопросу о модернизации образования // Педагогическое образование в России. 2014. № 11. С. 56-62.
2. Караблин О. В. Особенности моделирования сферы услуг с помощью теории перколяции // Инженерный вестник Дона. 2010. Вып. 4. Т. 14. С. 299-307.
3. Кестен Х. Теория просачивания для математиков. М. : Мир, 1986.
4. Кокшаров В. А. Анализ экономической мотивации при выборе индивидами образовательных траекторий // Экономика региона. 2015. № 1. С. 245-252.
5. Концепция ФЦП развития образования на 2016-2020 гг : утверждена распоряжением Правительства РФ от 29 декабря 2014 года № 2765.
6. Мызникова Б. И. Моделирование финансового рынка с помощью теории перколяции // Информационные системы и математические методы в экономике. 2012. № 5. URL: [www.es.rae.ru/ismme/119-322](http://www.es.rae.ru/ismme/119-322).
7. Соболев А. Б. Программа развития педагогического образования: новые вызовы (Актуальное состояние и тенденции развития государственной политики в сфере высшего педагогического образования) // Психологическая наука и образование. 2015. № 5. Т. 20. С. 5-12.
8. Тарасевич Ю. Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы. М. : Едиториал УРСС, 2002.
9. Федер Е. Фракталы : пер. с англ. М. : Мир, 1991.
10. Antonelli C. Localized knowledge percolation processes and information networks // Journal of Evolutionary Economics. 1996. Vol. 6. Issue 3. P. 281-295.
11. Vyachkova A. Modeling Financial Market Using Percolation Theory, in: Financial Econometrics and Empirical Market Microstructure / науч. ред. S. Ivliev, A. K. Bera, F. Lillo. NY : Springer, 2015. P. 47-53.
12. Chang I., Stauffer D., Pandey R. B. Asymmetries, correlations and fat tails in percolation market model // International Journal of Theoretical and Applied Finance. 2002. Vol.5. №. 6. P.585-597.
13. Feigenbaum J. Financial physics // Reports on Progress in Physics. 2003. Vol. 66. Issue 10. P. 1611-1649.
14. Fischer G. H. The linear logistic test model as an instrument in educational research // Acta Psychologica. 1973. Vol. 37. Issue 6. P. 359-374.
15. Ilahi M., Belcadhi L. C., Braham R. Semantic models for competence-based assessment // International Journal of Human Capital and Information Technology Professionals. 2014. Vol. 5. Issue 3. P. 33-46.
16. Leuders T. Modelling Mathematical Competences-Criteria for Validity from a Perspective of Subject Pedagogy // Journal fur Mathematik-Didaktik. 2014. Vol. 35. Issue 1. P. 7-48.
17. Singpurwalla N. D. Adaptive Percolation Using Subjective Likelihoods // Econometric Reviews. 2014. Vol. 33. Issue 1-4. P. 379-394.
18. Stauffer D. Percolation models of financial market dynamics // Advances in Complex Systems. 2001. Vol. 4. № 1. P. 19-27.
19. Winsløw C., Mathero Y., Mercier A. Study and research courses as an epistemological model for didactics // Educational Studies in Mathematics. 2013. Vol. 83. Issue 2. P. 267-284.

– обеспечить синергетический эффект других сфер и направлений деятельности и познания в овладении будущим специалистом составляющими конкретной компетенции.

Перколяционный кластер выступает мини траекторией профессиональной подготовки и личностного развития будущего специалиста, а сформированную потребность в постоянном его использовании следует рассматривать как инструмент учения на протяжении всей жизни.

Таким образом, в условиях модернизации системы высшего профессионального образования, осуществления модульного проектирования основных образовательных программ, применения кредитно-рейтинговой системы оценивания учебных достижений студентов на основе компетентностного подхода, необходимости обеспечения профессиональной мобильности обучаемых очевидна перспективность применения методов эконометрического прогнозирования. Перколяционная теория может быть использована для научного обоснования критерия освоения образовательной программы при учете возможности выбора студентами образовательных траекторий.

## REFERENCES

1. Degterev V. A. K voprosu o modernizatsii obrazovaniya // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2014. № 11. S. 56-62.
2. Karablin O. V. Osobennosti modelirovaniya sfery uslug s pomoshch'yu teorii perkolyatsii // In-zhenernyy vestnik Dona. 2010. Vyp. 4. T. 14. S. 299-307.
3. Kesten Kh. Teoriya prosachivaniya dlya matematikov. M. : Mir, 1986.
4. Koksharov V. A. Analiz ekonomicheskoy motivatsii pri vybore individami obrazovatel'nykh traektoriy // Ekonomika regiona. 2015. № 1. S. 245-252.
5. Kontseptsiya FTsP razvitiya obrazovaniya na 2016-2020 gg : utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 29 dekabrya 2014 goda № 2765.
6. Myznikova B. I. Modelirovanie finansovogo rynka s pomoshch'yu teorii perkolyatsii // Infor-matsionnye sistemy i matematicheskie metody v ekonomike. 2012. № 5. URL: [www.es.rae.ru/ismme/119-322](http://www.es.rae.ru/ismme/119-322).
7. Sobolev A. B. Programma razvitiya pedagogicheskogo obrazovaniya: novye vyzovy (Aktual'noe sostoyanie i tendentsii razvitiya gosudarstvennoy politiki v sfere vysshego pedagogicheskogo obrazovaniya) // Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie. 2015. № 5. T. 20. S. 5-12.
8. Tarasevich Yu. Yu. Perkolyatsiya: teoriya, prilozheniya, algoritmy. M. : Editorial URSS, 2002.
9. Feder E. Fraktaly : per. s angl. M. : Mir, 1991.
10. Antonelli C. Localized knowledge percolation processes and information networks // Journal of Evolutionary Economics. 1996. Vol. 6. Issue 3. P. 281-295.
11. Byachkova A. Modeling Financial Market Using Percolation Theory, in: Financial Econometrics and Empirical Market Microstructure / науч. ред. S. Ivliev, A. K. Bera, F. Lillo. NY : Springer, 2015. P. 47-53.
12. Chang I., Stauffer D., Pandey R. B. Asymmetries, correlations and fat tails in percolation market model // International Journal of Theoretical and Applied Finance. 2002. Vol.5. №. 6. P.585-597.
13. Feigenbaum J. Financial physics // Reports on Progress in Physics. 2003. Vol. 66. Issue 10. P. 1611-1649.
14. Fischer G. H. The linear logistic test model as an instrument in educational research // Acta Psychologica. 1973. Vol. 37. Issue 6. P. 359-374.
15. Ilahi M., Belcadhi L. C., Braham R. Semantic models for competence-based assessment // International Journal of Human Capital and Information Technology Professionals. 2014. Vol. 5. Issue 3. P. 33-46.
16. Leuders T. Modelling Mathematical Competences-Criteria for Validity from a Perspective of Subject Pedagogy // Journal fur Mathematik-Didaktik. 2014. Vol. 35. Issue 1. P. 7-48.
17. Singpurwalla N. D. Adaptive Percolation Using Subjective Likelihoods // Econometric Reviews. 2014. Vol. 33. Issue 1-4. P. 379-394.
18. Stauffer D. Percolation models of financial market dynamics // Advances in Complex Systems. 2001. Vol. 4. № 1. P. 19-27.
19. Winslow C., Mathero Y., Mercier A. Study and research courses as an epistemological model for didactics // Educational Studies in Mathematics. 2013. Vol. 83. Issue 2. P. 267-284.

Статью рекомендует д-р пед. наук, проф. Б. М. Игошев.