

УДК 37.01:007

СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЕМ КОМПЕТЕНЦИЙ И КОМПЕТЕНТНОСТИ

А.В. Ганичева

Тверская государственная сельскохозяйственная академия

В статье на основе дерева компетенций рассмотрено сетевое планирование и управление формированием компетенций и компетентности в случае детерминированной, вероятностной и нечётко сконструированной исходной информации.

***Ключевые слова:** компетенция, дерево компетенций, компетентность, детерминированные, вероятностные и нечёткие условия, сеть (сетевой график), разрез знаний, поток сети, пропускная способность, событие, работа, параметры сети.*

Вопросы, связанные с компетенциями и компетентностью, рассмотрены во многих работах отечественных и зарубежных авторов.

В [3, с. 71–74] проанализирован вопрос управления качеством образования на основе компетентностного подхода, в [2, с. 19–23] предложен метод анализа и оценки компетенций, а на их основе – компетентности с применением дерева компетенций, трансформируемого в сеть.

Цель предлагаемой работы состоит в разработке метода сетевого планирования и управления формированием компетенций и компетентности обучаемых, а также оценки параметров сетевого графика данного процесса. Решаются следующие задачи:

1. Построение сетевого графика формирования компетенций и компетентности.
2. Определение разреза знаний и его пропускной способности.
3. Оценка параметров (характеристик) сетевого графика при детерминированных, вероятностных и нечётких условиях.

Как показано в [2, с. 20–21], любую компетенцию, а также совокупность компетенций можно представить в виде дерева, вершины которого – подкомпетенции разных уровней. Нагруженное дерево превращается в сеть при соединении висячих вершин в одну вершину, называемую стоком. Если рассматривается всё множество формируемых за период обучения компетенций, то их совокупное дерево представляет собой дерево компетентности обучаемого. Рассмотрим пример дерева компетенций из [2, с. 20] – компетенции ПК-6 по курсу «Теория вероятностей и математическая статистика» (направление подготовки 080100 «Экономика»), которая формулируется

так: способность на основе описания экономических процессов и явлений строить стандартные теоретические (A_5) и эконометрические модели (A_6), анализировать (A_3) и содержательно интерпретировать (A_4) полученные результаты. Эта компетенция может быть описана в виде дерева следующим образом.

Первый уровень A_1 – формирование данной компетенции (ПК-6); второй уровень: A_2 – развита способность на основе описания экономических процессов и явлений строить стандартные теоретические и эконометрические модели, A_3 – имеются навыки анализа полученных результатов, A_4 – приобретена способность обоснованно интерпретировать полученные результаты; третий уровень: A_5 – развита способность на основе описания экономических процессов и явлений строить стандартные теоретические модели, A_6 – сформирована способность на основе описания экономических процессов и явлений строить стандартные эконометрические модели, $A_{9,j}$ – развита способность анализировать полученные результаты, связанные с j -ым ($j = \overline{1, m}$) видом или классом экономических процессов и явлений, $A_{10,j}$ – умеет содержательно интерпретировать полученные результаты, относящиеся к j -ому ($j = \overline{1, n}$) виду или классу экономических процессов и явлений; четвертый уровень: $A_{7,j}$ ($j = \overline{1, k}$) – умеет строить стандартные теоретические модели на основе описания j -ого вида (класса) экономических явлений и процессов, A_{ijt} ($i = 9, j = \overline{1, m}, t = \overline{1, s_{ij}}$) – развита способность анализировать полученные результаты, связанные с j -ым видом или классом экономических процессов на основе t -ого вида типа математического аппарата (формулы, метода, алгоритма), A_{ijt} ($i = 10, j = \overline{1, m}, t = \overline{1, s_{ij}}$) – то же самое, что и в предыдущем случае, но относительно способности интерпретаций полученных результатов. Наконец, пятый уровень: A_{ijt} ($i = 7, j = \overline{1, k}; i = 8, j = \overline{1, l}$) – тот же смысл, что и A_{ijt} четвертого уровня, но относительно построения теоретических моделей для $i = 7$ и эконометрических моделей для $i = 8$.

Соответствующее дерево показано на рис.1.

Введем ещё одну вершину $A_{\text{фамилия}}$, соответствующую данному обучаемому (A_{Γ} – для группы учащихся), соединив её со всеми висячими вершинами. На основе полученного графа построим два

ориентированных графа, у первого из которых начальная вершина – это A_1 , а сток – вершина $A_{\text{фамилия}} (A_{\Gamma})$, дуги – это ориентированные ребра исходного графа при ориентации сверху вниз; у второго – начальная вершина – $A_{\text{фамилия}} (A_{\Gamma})$, сток – вершина A_1 , а дуги – ориентированные ребра исходного графа при ориентации снизу вверх.

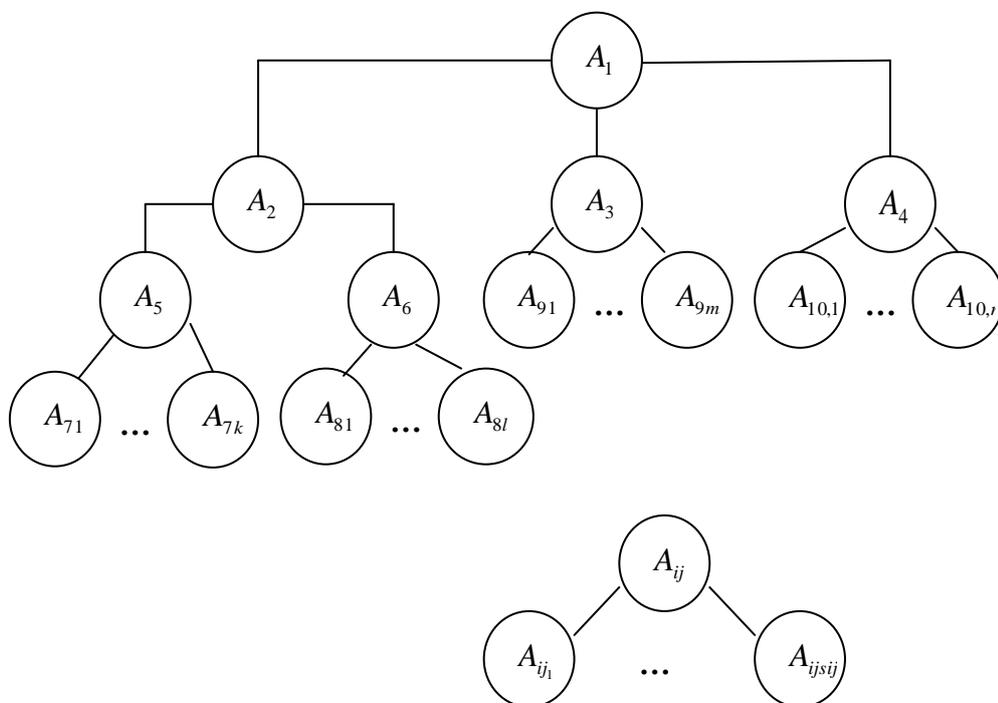


Рис.1. Дерево компетенций

Поставим каждой дуге (A_i, A_j) первого орграфа число, характеризующее планируемую (теоретическую) степень усвоения (как номинальную, так и конкретно для данного учащегося), либо степень сложности [4, с. 24–25], либо плотность совокупной информации (плотность информационного потока), поступающей от вершины A_i в вершину A_j . Для второго орграфа соответствующим дугам ставится в соответствие практическая степень усвоения (сложность, плотность) для данного учащегося (группы учащихся). Для группы учащихся это средние показатели. Таким образом, оба графа представляют собой сети.

Совокупная информация равна взвешенной сумме оценок ключевых понятий, примеров, задач, доказательств, таблиц, схем, рисунков. Плотность совокупной информации определяется как взвешенная сумма плотностей слагаемых.

Таким образом, каждой дуге x ставится в соответствие неотрицательное число $\varphi(x)$, которое называется потоком сети. Пусть $c(x)$ - максимально возможное значение для $\varphi(x)$, т.е. $\varphi(x) \leq c(x)$. Величина $c(x)$ называется пропускной способностью дуги x . Допустим, что для любой вершины (кроме V_1 и $A_{\text{фамилия}}$) сумма потоков по дугам, заходящим в данную вершину, равна сумме потоков по дугам, исходящим из неё.

Пусть D – сеть некоторой компетенции (множества компетенций) и V – некоторое подмножество её вершин. Если рассматривается множество компетенций и реализация подкомпетенции B_j – ой компетенции зависит от реализации подкомпетенции A_i – ой компетенции ($i, j = \overline{1, l}, i \neq j, l$ – общее число компетенций), то от вершины A идет дуга (стрелка) в вершину B . Разрезом знаний относительно V называется множество дуг, включающее в себя все дуги, исходящие из вершин, не принадлежащих V , и заходящие в вершины, принадлежащие V , при этом сток принадлежит V , исток не принадлежит V . Общая сумма пропускных способностей дуг разреза называется пропускной способностью разреза. Разрез с минимальной пропускной способностью называется минимальным. Для графа на рис.1 обозначим через c_{ij} пропускную способность дуги (A_i, A_j) и через c_{ij} – пропускную способность дуги (A_{ij}, A_{ij}) .

Тогда, например, разрез сети относительно множества вершин $\{A_5, A_6\}$ в первом орграфе представляет собой множество дуг $\{(A_2, A_5), (A_2, A_6)\}$ с пропускной способностью, равной $c_{25} + c_{26}$; разрез сети относительно множества вершин $\{A_{721}, A_{732}\}$ представляет собой множество дуг $\{(A_{72}, A_{721}), (A_{73}, A_{732})\}$ при числе классов экономических явлений $k \geq 2$ и числе типов математических формул, методов и алгоритмов $t \geq 2$. В этом случае пропускная способность разреза равна сумме $c_{721} + c_{732}$. Во втором орграфе пропускная способность относительно тех же множеств вершин будет соответственно равна $\sum_{j=1}^k c_{7j} + \sum_{j=1}^l c_{8j}$ и сумме пропускных способностей двух дуг, одна из которых идёт от вершины $A_{\text{фамилия}}$ к A_{721} , а другая – от $A_{\text{фамилия}}$ к A_{732} .

Пропускная способность первого разреза знаний в первом орграфе дает оценку планируемой степени усвоения (сложности, плотности совокупной информации) при построении стандартных

теоретических и эконометрических моделей: пропускная способность второго разреза дает оценку планируемой степени усвоения (сложности, плотности) при построении стандартных теоретических моделей на основе 2-го и 3-го класса экономических процессов с применением соответственно 1-го и 2-го типа математического аппарата. Пропускная способность первого и второго разреза во втором орграфе дает аналогичные практические оценки для данного учащегося (группы учащихся) по итогам его работы по формированию компетенций и соответствующей компетентности.

Для второго орграфа первый уровень – это $A_{\text{фамилия}}$, второй уровень – подкомпетенции A_{ijt} , которые образуют предпоследний уровень первого орграфа. Анализ успеваемости учащегося (учащихся) начинается со второго уровня второго орграфа (графа его практических успехов). Если практическая пропускная способность данного уровня оказывается существенно меньше теоретической, то это говорит о недостаточном или даже плохом уровне усвоения данного учебного материала, соответственно слишком упрощенном варианте изложения и недостаточной информации. Поэтому на этом шаге необходима корректировка предлагаемого для изучения учебного материала, способа его изложения, проведение соответствующих мероприятий: консультаций, индивидуальной домашней работы и т.п. Далее весь процесс повторяется уже для следующего уровня и т.д. Происходит процесс управления формированием компетенций и компетентности.

Особый интерес представляет минимальный разрез знаний, соответствующий минимальной степени усвоения данного учебного материала, или его минимальной сложности, или минимальной информативности – теоретической – при планировании (орграф 1) и практической – при формировании компетенции и соответствующих ее подкомпетенций у данного учащегося (группы) (орграф 2). В этом случае необходим детальный анализ со стороны преподавателя и соответствующих структур учебного отдела процедуры формирования данных подкомпетенций и компетентности учащихся с точки зрения корректировки тематического плана (может быть, и программы), структуры и содержания лекций, практических занятий, самостоятельной работы учащихся.

При переходе от вершины $A_{\text{фамилия}}$ (A_{Γ}) к A_1 согласно рис.1 имеем 6 уровней, включая уровни $A_{\text{фамилия}}$ (A_{Γ}) и A_1 . При формировании компетенции можно использовать уровни компетенции: познавательный, практический, репродуктивный, продуктивный, исследовательский [2, с. 22], полагая уровень $A_{\text{фамилия}}$ (A_{Γ}) соответствующим познавательному уровню, следующий уровень дерева – соответствующим практическому уровню, далее (движение снизу

вверх) – репродуктивный уровень, затем продуктивный и, наконец, совокупность вершин A_2 , A_3 и A_4 соответствует исследовательскому уровню.

Рассмотрим оргграф 2, который представляет собой графовую модель планирования и управления процессом формирования указанной компетенции для данного учащегося (группы учащихся). В качестве параметров сетевого графика можно рассматривать: 1) степень усвоения учебного материала, 2) степень сложности данного материала, 3) плотность совокупной информации.

События сетевого графика соответствуют его вершинам и имеют то же смысловое содержание. При переходе от одной вершины к другой совершается определенная работа по изучению учебного материала, связанная с развитием определенных способностей (строить модели, анализировать и интерпретировать полученные результаты).

Сначала рассмотрим детерминированный случай определения параметров сетевого графика компетенции (совокупности компетенций). По полной аналогии с временными параметрами сетевого графика [5] определяются параметры степени усвоения, степени сложности и плотности совокупной информации. Так, для данной вершины определяется наименьшая и наибольшая степень усвоения (степень сложности, плотность совокупной информации), резервное значение степени усвоения (степени сложности, плотности совокупной информации) как разность между наибольшим и соответствующим наименьшим значением. Совершаемая работа имеет характеристики, связанные с показателями усвоения, сложности и плотности совокупной информации учебного материала. В этом случае вместо продолжительности работы (A_i, A_j) будет рассматриваться общая (суммарная) степень усвоения (сложность усвоения, плотность совокупной информации) при движении по сетевому графику от вершины A_i к вершине A_j . Аналогично раннему и позднему срокам начала и окончания работы определяются наименьшая и наибольшая степень усвоения (сложность, плотность) учебного материала при достижении вершин A_i и A_j соответственно.

Полный путь определяется как путь с началом в $A_{\text{фамилия}}$ и концом в A_1 . Критический путь по степени усвоения – это полный путь с наибольшим суммарным значением степени усвоения. Аналогично определяется критический путь по степени сложности и по плотности совокупной информации. Резерв степени усвоения по данному пути равен разности между длиной критического пути и данного, но для весовых значений дуг, равных соответствующим показателям степени усвоения. Совершенно аналогично определяется резерв сложности учебного материала и резерв плотности совокупной информации.

Полный резерв степени усвоения на данном отрезке пути показывает, насколько можно увеличить степень усвоения на данном участке, чтобы степень усвоения на других участках пути, проходящих через данный, не изменилась. Совершенно аналогично определяется полный резерв степени сложности и плотности совокупной информации. Частный резерв степени усвоения (сложности, плотности) по данному пути есть часть полного резерва, на которую можно увеличить степень усвоения (сложность, плотность), не изменив при этом наибольшего значения его начальной вершины. Свободный резерв степени усвоения (сложности, плотности) по данному пути является частью полного резерва, на которую можно увеличить степень усвоения (сложность, плотность), не изменив при этом наименьшего значения его конечной вершины.

Одной из важных характеристик сетевого графика является коэффициент напряжённости работ. Обычно он вводится для времени выполнения работ. Аналогичный коэффициент можно ввести для степени усвоения, сложности усвоения и плотности информационного потока. Пусть A_i и A_j – соответственно начальная и конечная вершины рассматриваемого пути, L_{\max} – длина максимального пути, проходящего через вершины A_i и A_j , $L_{кр}$ – длина критического пути, $L'_{кр}$ – длина отрезка рассматриваемого пути, совпадающего с критическим путём. Тогда коэффициент напряжённости

$$k_n(i, j) = \frac{L_{\max} - L'_{кр}}{L_{кр} - L'_{кр}}.$$

Этот коэффициент заключен в границах от 0 до 1. Чем он ближе к 1, тем труднее идет усвоение учебного материала: 1) с заданной степенью усвоения, 2) при заданной сложности усвоения, 3) при заданной плотности информационного потока. Чем меньше коэффициент $k_n(i, j)$ отличается от нуля, тем большим относительным резервом обладает максимальный путь с начальной вершиной A_i и конечной A_j .

Например, вершинам орграфа 2 (кроме $A_{\text{фамилия}}$ и A_1) соответствуют равные минимальная и максимальная степень усвоения (сложность, плотность информации). Если рассмотреть путь из начальной вершины в одну из данных вершин, не лежащей на критическом пути, то коэффициент напряжённости будет равен $L_{\max}/L_{кр}$, где L_{\max} равен сумме весов всех дуг, образующих данный путь. Для вершин, лежащих на критическом пути, коэффициент напряжённости равен единице.

При нечётких значениях потока $\varphi(x)$ можно использовать треугольное представление нечётких чисел [1, с. 143–145]. Пусть c – нечёткое число. В этом случае можно воспользоваться треугольным представлением: $c = [c'_1, \bar{c}, c'_2]$, здесь левая граница соответствует минимально возможному значению данного числа, правая граница – максимально возможному значению, среднее число – наиболее ожидаемому значению, определяемому как среднее арифметическое границ. При фиксированном уровне принадлежности α указанный сегмент преобразуется соответственно в более узкий сегмент с тем же центром. Границы нечёткого числа будут соответствовать абсциссам точек пересечения прямой, соответствующей уровню α , с функцией принадлежности данного нечёткого числа (рис. 2). Тогда параметры сетевого графика будут определяться через исходные нечёткие числа применением операций сложения и вычитания, что сводится к соответствующим операциям над их границами, а при определении коэффициента напряженности используется ещё операция деления.

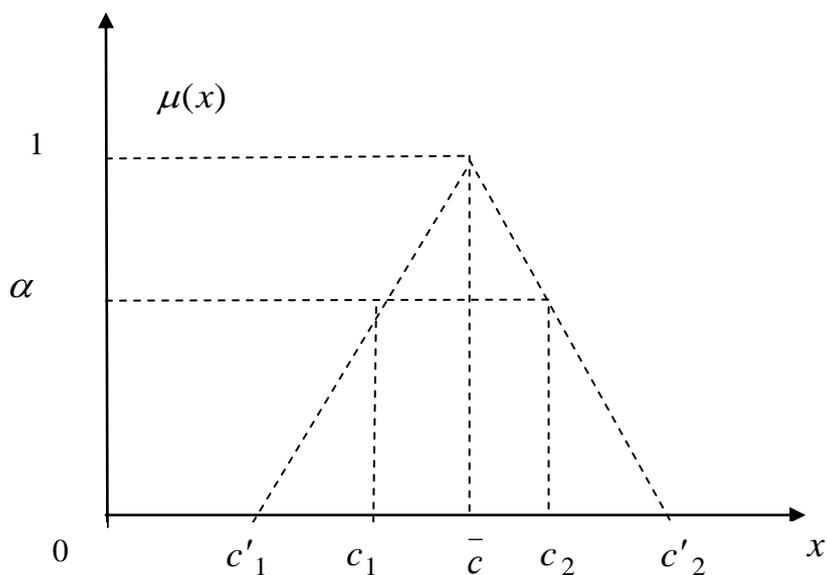


Рис 2. Треугольное представление нечеткого числа

Для определения вероятностных характеристик сетевого графика используем следующий подход. Рассмотрим объединение орграфа 1 и орграфа 2. Получим оргграф 3. Оргграф 3 – нагруженный оргграф: весами дуг являются соответствующие суммы плотностей информационных потоков согласно их направлению движения. Данный граф представляет собой граф состояний системы, в которой протекает процесс планирования и управления формированием компетенций и

компетентности учащегося (группы учащихся). Будем считать, что эта система в любой момент времени находится только в одном из своих состояний, которые соответствуют вершинам графа.

В системе протекает марковский процесс, т.к. заданное состояние системы в данный момент определяет ей переход в другие состояния, которые не зависят от предыстории процесса; кроме того, за малый промежуток времени появляется не более одной единицы потока. Таким образом, данную систему можно описать системой дифференциальных уравнений Колмогорова [5, с. 340–343], решение которой представляет собой изменяющиеся во времени вероятности состояний системы, предельные значения которых являются постоянными величинами и показывают доли времени нахождения системы в соответствующих состояниях. Данные вероятности рассматриваются в качестве вероятностных характеристик сетевого графика.

Итак, нами разработан метод сетевого планирования и управления формированием компетенций и компетентности учащихся в рамках характеристик: сложностных, информационных и степени усвоения. Рассмотрены оценки параметров сетевого графика для детерминированной, вероятностной и нечеткой информации. Предложено определение разреза знаний, его пропускной способности для характеристики компетентности по итогам изучения данного учебного материала.

Разработанный метод может найти широкое использование в учебном процессе, лингвистике, социологии, биологии и т.п. при использовании сетей и сетевых графиков не только с временными, но и с характеристиками (параметрами) усвояемости, сложности, информативности и т.д. при четкой и нечеткой информации об исходных данных.

Список литературы

1. Батыршин И.З., Недосекин А.О., Стецко А.А., Тарасов В.Б., Язенин А.В., Ярушкина Н.Г. Нечеткие гибридные системы. Теория и практика / под ред. Н.Г. Ярушкиной. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 208 с.
2. Ганичева А.В. Метод определения оптимальных модулей и компетентности обучаемых // Качество. Инновации. Образование. №10. 2013. 77 с.
3. Ганичева А.В. Нахождение оптимального распределения учебных составляющих лекции и практического занятия // Материалы Международной заочной конференции «Образование в 21 веке». Тверь: ТГТУ, 2013. Вып. 12. 136 с.
4. Ганичева А.В. Показатели качества учебного процесса // Материалы 5-й Международной научно-практической интернет-конференции «Новые

технологии в образовании» (Таганрог). М.: Изд-во «Спутник+», 2010 г. С. 23–27.

5. Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике. М.: UNITY, 2005. 407 с.

NETWORK PLANNING AND MANAGEMENT OF FORMATION OF COMPETENCES AND COMPETENCE

A.V. Ganicheva

Tver State Agricultural Academy

In article on the basis of a tree of competences network planning and management of formation of competences and competence of a case of determined, probabilistic and indistinctly designed initial information is considered.

Keywords: *competence, tree of competences, the competence determined, probabilistic and indistinct conditions, network (the network schedule), section of knowledge, network stream, capacity, event, work, network parameters.*

Об авторе:

ГАНИЧЕВА Антонина Валериановна – доцент, кандидат физико-математических наук, заведующая кафедрой математики и вычислительной техники ФГБОУ ВПО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия» (ул. Василевского, д.7, пос. Сахарово, г. Тверь, 171314, Россия), e-mail: alexej.ganichev@yandex.ru