МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Вилков Валерий Борисович,
к.ф/м.н., доцент,
Военная академия материально-технического обеспечения
им. генерала армии А.В. Хрулёва,
г. Санкт-Петербург; Россия,
amirusha@rambler.ru

Черных Андрей Клементьевич,
д.т.н., доцент; профессор кафедры информатики и математики
Санкт-Петербургского военного института
войск национальной гвардии Российской Федерации,
nataliachernykh@mail.ru

Бабошин Владимир Александрович,
к.т.н., доцент; доцент кафедры информатики и математики
Санкт-Петербургского военного института
войск национальной гвардии Российской Федерации,
г. Санкт-Петербург, Россия,
boboberst@mail.ru

АННОТАЦИЯ
Математические методы применяются практически во всех сферах человеческой деятельности. С 70-х годов прошлого века, все более заметную роль при использовании математики играет теория нечетких множеств и нечеткой логики, которая широко применятся при решении технических, экономических и психологических задач, а также задач образовательной деятельности, в части, касающейся вопросов их оптимального решения. Одной из таких задач и является задачи выбора оптимального плана обучения в образовательных организациях высшего образования, направленного на достижение требуемого уровня подготовки специалистов нужного профиля, для которой предложено оптимальное решение этой задачи. Изложенные обстоятельства предопределили использование авторами математического аппарата, включающего методы линейного программирования, теории графов, теории нечетких множеств и нечеткой логики, в целях выбора оптимального плана обучения в образовательных организациях высшего образования, направленного на достижение требуемого уровня подготовки специалистов нужного профиля. Актуальность и новизну работе придаёт то обстоятельство, что задача решается в рамках предположения о том, что информация о соответствии специалиста профильным требованиям определяется компетенциями, полученными по программе обучения, и имеет нечёткий, неоднозначный характер. Цель работы заключается в разработке, альтернативного методам теории вероятностей, подхода к решению задачи выбора оптимального плана обучения в образовательных организациях высшего образования, направленного на достижение требуемого уровня подготовки специалистов нужного профиля. В качестве основных научных результатов следует отметить постановку указанной задачи, а также алгоритм её решения, составляющие теоретическую значимость данной работы. Практическая значимость работы заключается в возможности использования кадровыми органами компьютерной программы, реализующей предложенный оптимальный алгоритм решения задачи для подбора наиболее компетентных специалистов для вакантных должностей. Результаты исследования могут быть применены при создании информационных систем, реализующих в реальном масштабе времени оптимальный выбор наиболее компетентных специалистов для вакантных должностей. В работе приведён также содержательный пример, который иллюстрирует представленные теоретические положения, а также предложено естественное обобщение рассмотренной задачи.

Ключевые слова: образование, компетентность, оптимальный план, нечёткое решение, нечёткие множества, нечёткая логика.

В отечественной системе образования происходит смена парадигмы образования – знаниевой на компетентностную. Основными целями компетентностного подхода являются повышение качества и усиление практической направленности образования, а его результатами повышение эффективности управленческой деятельности. Основными направлениями реформирования системы образования являются:

- определение перечня требуемых специальностей;
- прогноз потребностей общества в профильных специалистах и их квалификации;
- определение условий для подготовки таких специалистов;
- внедрение информационных технологий в образовательный процесс.

Предполагается, что информация о соответствии специалиста профильным требованиям определяется компетенциями, полученными по программе обучения, и имеет нечёткий, неоднозначный характер. В связи с этим, задача выбора оптимального плана образовательного процесса должна быть направлена на обеспечение соответствия достигнутого уровня компетентности обучаемых требованиям федеральных образовательных стандартов и является актуальной.

Для формализации задачи воспользуемся математическим аппаратом теории графов и приведем некоторые данные необходимые для дальнейшего рассуждения. Графом $G=(V,E)$ называется пара множеств, множество вершин V и множество ребер E [1, 2, 3]. В качестве вершин будем рассматривать: обучаемых; программы обучения; должности, на которые они подготавливаются, а в качестве рёбер: связи обучаемых и программ обучения; связи обучаемых и возможных должностей.

Пусть u и v вершины графа G. Ребро, соединяющее эти вершины, будем обозначать (u,v), говорят, что вершины u и v инциденты ребру (u,v), а ребро (u,v) инцидентно вершинам u и v. Вершины u и v называются конечными для ребра (u,v); если вершина не является конечной ни для какого ребра, то она называется изолированной. Если ребро начинается и заканчивается в одной и той же вершине, то оно называется петлёй.

Взвешенное ребро – это ребро, которому соответствует некоторое число. Например, если ребро (u,v) означает, что обучаемый u освоил программу v, то его весом может быть оценка качества освоения материала или вероятность того, что он успешно освоил программу и достиг требуемого уровня компетентности. Взвешенный граф – граф, все ребра которого являются взвешенными.

Если $(u,v) = (v,u)$, то ребро (u,v) называется неориентированным. Непрерывная последовательность неориентированных рёбер называется *цепью.* Циклом называется конечная цепь, у которой начало и конец совпадают. Неориентированным графом называется граф, у которого все рёбра неориентированные. Неориентированный граф называется связным, если любые две его вершины соединены хотя бы одной цепью.

Подграфом графа $G=(V,E)$ называется граф $F=(W,D)$, все вершины и ребра которого являются вершинами и соответственно ребрами графа G.

Компонентой связности графа называется любой максимальный по включению его подграф, являющийся связным графом.

Трёхвершинным ансамблем называется цепь, состоящая из двух ребер и содержащая три различные вершины.

Трёхвершинным сочетанием P в графе $G=(V,E)$ называется такое множество трёхвершинных ансамблей из G, что любые два различных ансамбля из P не являются смежными, т.е. не имеют общих вершин. Мощностью трёхвершинного сочетания называется количество трёхвершинных ансамблей в нём.

Если все вершины графа являются вершинами ребер рассматриваемого трёхвершинного сочетания, то это сочетание называется полным.

Граф $G=(V,E)$ назовем трёхдольным, по аналогии с двудольным, если множество его вершин распадается на три непересекающиеся части V_1, V_2, V_3, при этом, если $(u,v)\in E$, то либо $u\in V_1$ и $v\in V_2$ либо $u\in V_2$ и $v\in V_3$ (рис. 1).

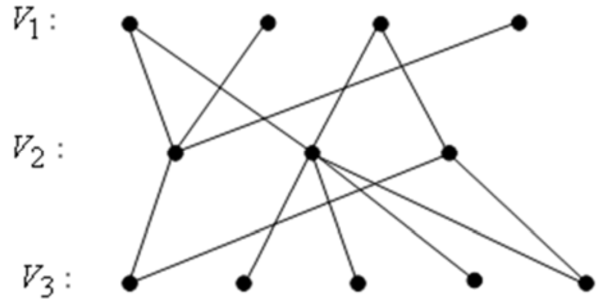

Рис. 1. Трёхдольный граф

Приведем некоторые понятия теории нечетких множеств и нечеткой логики [4-6].

Понятие нечеткого множества – это попытка математической формализации нечеткой информации для построения математических моделей. Предполагается, что составляющие данное множество элементы, обладающие общим свойством, могут обладать этим свойством в различной мере и, следовательно, принадлежать к данному множеству с различной степенью. Говоря о том, что элемент принадлежит данному множеству, необходимо указать с какой степенью он удовлетворяет свойствам этого множества.

Приведём далее понятия и результаты теории нечетких множеств и нечеткой логики, используемые в дальнейшем [4-11].

Нечетким множеством A^* на универсальном множестве U называется совокупность пар $(\mu_{A^*}(u), u)$, где $\mu_{A^*}(u)$ – функция принадлежности (степень принадлежности, надежность), т.е. степень принадлежности элемента $u \in U$ к нечеткому множеству U. Степень принадлежности – это число из замкнутого промежутка [0;1], чем она выше, тем в большей мере элемент соответствует свойствам нечеткого множества, тем скорее он является элементом этого нечеткого множества.

Учитывая, что носителем нечёткого множества называется подмножество универсального множества, содержащее все те элементы универсального множества, для которых значение функции принадлежности данного нечеткого множества больше нуля, определим теоретико-множественную операцию пересечения.

Нечётким числом называется нечёткое множество с кусочно-непрерывной и выпуклой функцией принадлежности, заданное на универсальном множестве действительных чисел. Мы для простоты ограничимся треугольными нечеткими числами, которые можно рассматривать как линейные приближения нечётких чисел более общего вида.

Треугольным нечетким числом называется нечеткое множество, обозначаемое $\langle a, b, c \rangle$ и имеющее функцию принадлежности (1):

$$\mu(v) = \begin{cases} \dfrac{v-a}{b-a}, \text{ если } v \in [a,b], \\ \dfrac{c-v}{c-b}, \text{ если } v \in [b,c]. \\ 0, \text{ иначе.} \end{cases} \tag{1}$$

Пересечением нечетких множеств A^* и B^* заданных на U, называется нечеткое множество C^* с функцией принадлежности (2):

$$\mu_{C^*}(u) = \min\{\mu_{A^*}(u), \mu_{B^*}(u)\} \text{ для всех } u \in U. \tag{2}$$

В нечеткой логике рассматриваются высказывания, которые могут быть истинными или ложными в какой-то степени, такие высказывания называются нечеткими. Нам потребуются логические операции с нечеткими высказываниями, в частности операция конъюнкции [4, 12, 13]. Степень истинности нечеткого высказывания принимает значения из замкнутого промежутка [0;1]. Нечеткое высказывание со степенью истинности «ноль» воспринимается как «ложь», со степенью истинности «единица» – как «истина». Степень истинности нечеткого высказывания «А» будем обозначать μ_A.

Пусть даны нечеткие высказывания «А» и «В». Нечеткая логическая операция $\wedge$ (конъюнкция) по аналогии с теоретико-множественной операцией пересечения выполняется по правилу (3):

$$\mu_{A\text{“}\wedge B\text{“}} = \min\{\mu_{A\text{“}}, \mu_{B\text{“}}\}. \tag{3}$$

Сформулируем постановку задачи в терминах теории графов и введем некоторые понятия и ограничения. Дан неориентированный трёхдольный взвешенный граф $G=(V,E)$ с l вершинами в каждой доле. Под весом ребра понимается надежность выполнения соответствующего требования (получение качественного образования, качественное выполнение служебных обязанностей). Требуется построить полное трёхвершинное сочетание максимального веса.

Под весом сочетания понимается минимальный вес ребра из ребер, образующих это сочетание. Множество вершин представим в виде $V=V_1\cup V_2\cup V_3$, при этом вершинам из множества V_1 соответствуют обучаемые, вершинам из V_2 – программы обучения, вершинам из V_3 – должности. Предполагается, что все обучаемые, программы обучения и должности перенумерованы. Обозначим:

i (i=1,2,...i) – номер обучаемого (вершины из V_1);
j (j=1,2,..j) – номер программы обучения (вершины из V_2);
k (k=1,2,...,k) – номер вакантной должности (вершины из V_3).

Наличие на графе ребра (i,j) означает, что обучаемый с номером i обучался по программе с номером j. Наличие ребра (j,k) – специалист, прошедший обучение по программе с номером j занимает должность с номером k.

Предполагается, что обучаемые осваивают программу обучения с определенной оценкой, измеряемой по 100 бальной шкале. Степень соответствия этой оценки требованиям по освоению необходимых компетенций не однозначна и является нечеткой. Будем задавать ее нечетким числом D_{ij}^p, $D_{ij}^p = \left\langle a_{ij}^p, b_{ij}^p, c_{ij}^p \right\rangle$, функцию принадлежности которого обозначим $\mu_{D_{ij}^p}$. Мы считаем, что обучаемый i надежно освоил программу, если его оценка 90 баллов и выше. Тогда степень истинности нечеткого высказывания «специалист надежно освоил программу» равна $\mu_{D_{ij}^p}(90)$.

Степень готовности к исполнению k-й вакантной должности специалиста, прошедшего обучение по j-ой программе, так же оценивается по 100 бальной шкале и является нечетким числом $D_{jk}^d = \left\langle a_{jk}^d, b_{jk}^d, c_{jk}^d \right\rangle$, функцию принадлежности которого обозначим $\mu_{D_{jk}^d}$. Так же будем считать, что специалист будет надежно исполнять должность, если его оценка по окончанию обучения 90 баллов и выше. Тогда степень истинности нечеткого высказывания «специалист готов надежно исполнять должность» равна $\mu_{D_{jk}^d}(90)$.

Пусть, например, график функции принадлежности нечеткого числа $D_{11}^p = \langle 30, 70, 100 \rangle$ представлен на рисунке 2. Тогда $\mu_{D_{11}^p}(90) = 0{,}33$.

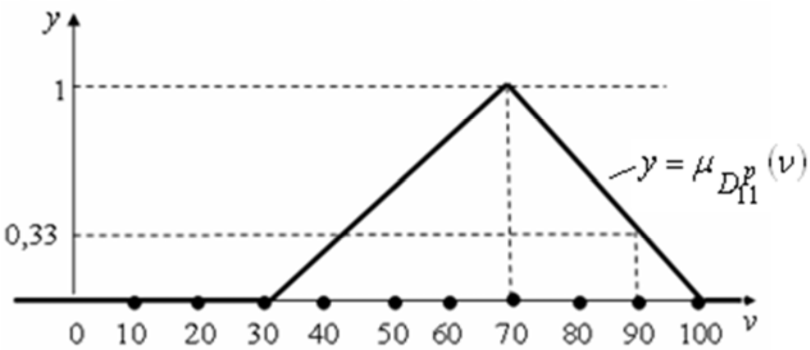

Рис. 2. График функции принадлежности нечёткого числа

Рассматриваемую задачу выбора оптимального плана осуществления программы обучения обучаемых и их назначения на вакантные должности будем называть задачей об обучении. В сформулированных выше терминах это задача построения полного трёхвершинного сочетания.

Для решения этой задачи воспользуемся алгоритмом решения транспортной задачи с промежуточными пунктами, для корректной постановки решения задачи об обучении целесообразно дублировать постановку этой задачи в терминах транспортной задачи [14].

Даны: множество обучаемых, которые будут осваивать различные программы (множество складов) – V_1; множество программ обучения (множество перевалочных баз) – V_2; множество вакантных должностей (множество потребителей) – V_3.

Количество специалистов, которые могут заместить вакантную должность (объём запасов), количество специалистов, которые должны заместить вакантную должность (объём потребностей), количество специалистов, обучающихся по каждой программе обучения (возможности по переработке грузов) равны единицам, степень несоответствия оценки i-го кспециалиста требованиям по овладению необходимыми компетенциями j-ой программы обучения (расстояния между пунктами $i \in V_1$ и $j \in V_2$) равны $1-\mu_{D_{ij}^p}(90)$, степень неготовности специалиста, завершившего обучение по j-ой программе обучения к исполнению k-ой должности (расстояния между пунктами $j \in V_2$ и $k \in V_3$) равны $1-\mu_{D_{jk}^d}(90)$.

Замечание 1. В рамках решения задачи об обучении будем минимизировать указанные степени несоответствия и построим алгоритм решения задачи:

Шаг 1. Решая задачу об обучении, получим z^* оптимальный план (решение) указанной задачи (4):

$$z^* = \left(x_{11}^*, x_{12}^*, \ldots, x_{1l}^*, x_{21}^*, \ldots, x_{2l}^*, \ldots, x_{l1}^*, \ldots, x_{ll}^*, y_{11}^*, \ldots, y_{ll}^*\right), \tag{4}$$

где x_{ij}^* $(i=1,2,\ldots,l;\, j=1,2,\ldots,l)$ – назначение i-го обучаемого на освоение j-ой программы обучения, y_{jk}^* $(j=1,2,\ldots,l;\, k=1,2,\ldots,l)$ – назначение специалиста, завершившего обучение по j-ой программе обучения на k-ю вакантную должность.

Замечание 2. Искомое трёхвершинное сочетание (решение задачи об обучении) состоит из таких пар рёбер $\{(i,j),(j,k)\}$, для которых $x_{ij}^* = 1$ и $y_{jk}^* = 1$.

Шаг 2. Если искомого сочетания нет, то задача не имеет решения (плана) и осуществляется переход на Шаг 5.

Шаг 3. Найдём вес (пусть он равен *m*) полученного трёхвершинного сочетания графа и удалим из рассматриваемого графа все рёбра, вес которых не превосходит *m*, для чего положим вес таких рёбер равным большому числу, например 100, делающим неприемлемым использование таких рёбер в плане обучения по соответствующим этим рёбрам программам обучения или назначение специалистов, завершивших программы обучения на вакантные должности, соответствующие этим рёбрам.

Шаг 4. Рассматривая получившийся граф в качестве исходной информации для решения задачи об обучении, переходим на шаг 1.

Замечание 3. Выполнение итераций алгоритма (шаги 1-4) осуществляется до тех пор, пока не получим граф, не имеющий искомого трёхвершинного сочетания. Сочетание, полученное на предыдущей итерации, и есть искомое.

Шаг 5. Остановка.

Проиллюстрируем предлагаемый алгоритм на упрощённом примере. Имеются 4 кандидата на обучение, 4 программы обучения и 4 вакантные должности, веса соответствующих ребер указаны в таблицах 1 и 2. Далее: $\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3,\alpha_4$ – кандидаты; $\beta_1,\beta_2,\beta_3,\beta_4$ – программы; $\chi_1,\gamma_2,\chi_3,\chi_4$ – вакантные должности.

Таблица 1

Исходные данные для определения порядка обучения

Кандидаты на обучение(V_1)	**Программы обучения (V_2)**			
	β_1	β_2	β_3	β_4
α_1	0.6	0.7	0.8	0.9
α_2	0.7	0.5	0.9	0.8
α_3	0.9	0.7	0.9	0.6
α_4	0.8	0.8	0.7	0.9

Таблица 2

Исходные данные для определения порядка замещения
вакантных должностей

Программы обучения (V_2)	**Вакантные должности (V_3)**			
	χ_1	χ_2	χ_3	χ_4
β_1	0.8	0.5	0.7	0.9
β_2	0.9	0.8	0.9	0.7
β_3	0.6	0.9	0.6	0.9
β_4	0.5	0.9	0.8	0.7

Условия исходной задачи об обучении (по аналогии с транспортной задачей) приведены в таблице 3.

Таблица 3

Исходные данные для решения задачи об обучении

Кандидаты на обучение (α_i) и программы(β_i)	**Программы(β_i) и вакантные должности (χ_i)**								**Наличие кандидатов**
	β_1	β_2	β_3	β_4	χ_1	χ_2	χ_3	χ_4	
α_1	0.4	0.3	0.2	0.1	100	100	100	100	1
α_2	0.3	0.5	0.1	0.2	100	100	100	100	1
α_3	0.1	0.3	0.1	0.4	100	100	100	100	1
α_4	0.2	0.2	0.3	0.1	100	100	100	100	1
β_1	100	100	100	100	0.2	0.5	0.3	0.1	1
β_2	100	100	100	100	0.1	0.2	0.1	0.3	1
β_3	100	100	100	100	0.4	0.1	0.4	0.1	1
β_4	100	100	100	100	0.5	0.1	0.2	0.3	1
Потребности в кандидатах	1	1	1	1	1	1	1	1	

Замечание 4. Так как для решения задачи об обучении используется алгоритм решения транспортной задачи, в котором целевая функция минимизируется, то в качестве характеристик рёбер использованы разности между максимальным (единица) и получившимися значениями надёжности.

Замечание 5. Выбор значений весов представляет собой самостоятельную задачу, которая может быть решена методом экспертной оценки.

В результате решения задачи об обучении с использованием метода решения транспортной задачи получаем оптимальное решение (план) в виде полного трёхвершинного сочетания максимального веса (в скобках указаны надёжности трёхвершинных ансамблей):

$$\alpha_1 - \beta_4 - \chi_3\,(0.8),\ \alpha_2 - \beta_3 - \chi_2\,(0.9), \alpha_3 - \beta_1 - \chi_4\ (0.9),\ \alpha_4 - \beta_2 - \chi_1\,(0.8). \tag{3}$$

Отметим, что надёжность трёхвершинного ансамбля равна минимуму из надёжностей его рёбер, надёжность полного трёхвершинного сочетания, в соответствии с формулой (2) равна минимальной из надёжностей трёхвершинных ансамблей его составляющих, и, следовательно, равна 0.8.

В соответствии с указаниями шага 3, запрещаем использование рёбер надёжностью 0.8 и меньше (в таблице 3 – 0.2 и больше) и проводим решение задачи об обучении с полученными данными. Для рассматриваемого в статье примера эта задача не имеет допустимых решений (планов) и, следовательно, оптимальным решением (планом) задачи является решение (3), полученное на предыдущей итерации.

Приведём вербальную постановку оптимального решения (3) задачи об обучении: первый кандидат обучался по четвёртой программе и занял третью должность; второй кандидат обучался по третьей программе и занял вторую должность; третий кандидат обучался по первой программе и занял четвёртую должность; четвёртый кандидат обучался по второй программе и занял первую должность.

Отметим, что если на основе предложенного подхода, будет создана программно-реализованная модель, то её качество можно оценивать на основе подхода, предложенного в [15].

В заключение, в соответствии с принципами подготовки специалистов [16, 17], предложим обобщение предложенной в статье постановки задачи об обучении, учитывая два следующих соображения.

1. Если на обучение по некоторой программе может быть принято несколько (t) кандидатов, то можно считать, что в множестве V_2 графа имеется t вершин, соответствующих этой программе. Аналогично для случая, когда имеется несколько одинаковых вакантных должностей.

2. Если число вершин в двух долях трёхдольного графа одинаковое, но больше числа вершин в третьей доли графа, то к вершинам этой доли надо добавить несколько вершин так, чтобы число вершин во всех трёх долях графа стало бы одинаковым. Добавленные вершины, по аналогии с тем как это делается при рассмотрении несбалансированной транспортной задачи, будем называть фиктивными. Вес ребра, инцидентного фиктивной вершине, положим равным единице. Тогда искомое трёхвершинное сочетание состоит из пар ребер $\{(i,j),(j,k)\}$, не инцидентных фиктивным вершинам, для которых $x_{ij}^{*} = 1$ и $y_{jk}^{*} = 1$.

Таким образом, предложено решение задачи, реализующее оптимальный порядок организации образовательного процесса, учитывающее как разницу в программах обучения, так и порядок последующего назначения на вакантные должности, которое может быть использовано кадровыми органами для подбора наиболее компетентных специалистов для вакантных должностей.

Литература

1. *Вилков В.Б., Черных А.К.* Теория и практика оптимизации управленческих решений в условиях ЧС на транспорте: монография. СПБ.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2016. 162 с.
2. *Берж К.* Теория графов и ее применения. М.: ИЛ, 1962. 320 с.
3. *Оре О.* Теория графов. М.: Наука, 1968. 352 с.
4. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 166 с.
5. *Кофман А.* Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 429 с.
6. *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 725 с.
7. *Орловский С.А.* Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. 206 с.
8. *Яхъяева Г.Э.* Нечеткие множества и нейронные сети. М.: Бином, 2006. 315 с.
9. *Zadeh L.A.* Fuzzy sets. Information and Control. 1965. Vol.8. No. 3. Pp. 338-353.
10. *Черных А.К., Вилков В.Б.* Управление безопасностью транспортных перевозок при организации материального обеспечения сил и средств МЧС России в условиях чрезвычайной ситуации // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 9. С. 52-59. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.09.52-59.
11. *Черных А.К., Козлова И.В., Вилков В.Б.* Вопросы прогнозирования материально-технического обеспечения с использованием нечётких математических моделей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 4 (36). С. 107-117.
12. *Тэрано Т., Асаи К., Сугэно М.* Прикладные нёчеткие системы. М.: Мир, 1993. 368 с.
13. *Штовба С.Д.* Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 2001. 71 с.
14. *Вагнер Г.* Основы исследования операций. Т.1. М.: Мир, 1972. 335 с.
15. *Плотников В.А., Черных А.К.* Время, вперед! Использование математического моделирования в управлении организациями // Российское предпринимательство. 2005. № 12. С. 57-62.
16. *Костюк А.В., Черных А.К., Малыгина Е.А.* Использование инновационных технологий в подготовке специалистов для силовых структур // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 2 (34). С. 134-138.
17. *Vilkov V.B., Shcherbakova O.I., Chernykh A.K., Andreev V.P., Khudyakova T.L., Kazakova S.N.* The choice of an optimal methodology for the retraining organization of psychologists based on the use of mathematical methods. Espacios. 2018. Vol. 39. No. 20. p. 16.

MATHEMATICAL APPROACHES TO AUTOMATION PLANNING OF THE EDUCATIONAL PROCESS

Valery B. Vilkov,
Saint-Petersburg; Russia,
amirusha@rambler.ru

Andrew K. Chernykh,
Saint-Petersburg; Russia,
nataliachernykh@mail.ru

Vladimir A. Baboshin,
Saint-Petersburg; Russia,
boboberst@mail.ru

ABSTRACT
Mathematical methods are used in almost all spheres of human activity. Since the 70s of the last century, the theory of fuzzy sets and fuzzy logic has played an increasingly prominent role in the use of mathematics, which will be widely used in solving technical, economic and psychological problems, as well as problems of educational activity, in terms of their optimal solution.One of these tasks is the task of choosing the optimal training plan in educational institutions of higher education, aimed at achieving the required level of training of specialists of the desired profile, for which an optimal solution to this problem has been proposed.The foregoing circumstances predetermined the use by the authors of a mathematical apparatus, including linear programming methods, graph theory, fuzzy set theory and fuzzy logic, in order to select the optimal training plan in educational institutions of higher education aimed at achieving the required level of training for specialists of the desired profile.The urgency and novelty of the work are given by the fact that the task is solved within the framework of the assumption that the information on the specialist's compliance with the core requirements is determined by the competences obtained through the training program and is unclear, ambiguous.The purpose of the work is to develop an alternative to the methods of probability theory, an approach to solving the problem of choosing the optimal training plan in educational institutions of higher education, aimed at achieving the required level of training of specialists of the desired profile. As the main scientific results, it should be noted the formulation of this problem, as well as an algorithm for its solution, which constitute the theoretical significance of this work.The practical significance of the work lies in the possibility of using the personnel bodies of a computer program that implements the proposed optimal algorithm for solving the problem for the selection of the most competent specialists for vacant positions.The results of the study can be applied when creating information systems that implement in real time the optimal choice of the most competent specialists for vacant positions.The work also contains a substantial example that illustrates the presented theoretical principles, and also proposed a natural generalization of the considered problem.

Keywords: education, competence, optimal plan, fuzzy solution, fuzzy sets, fuzzy logic.

References
1. Vilkov V. B., Chernykh A. K. *Teoriya i praktika optimizacii upravlencheskix reshenij v usloviyax ChS na transporte: monografiya* [Theory and practice of optimization of management decisions in the conditions of transport] Saint-Petersburg.: Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia, 2016. 162 p.
2. Des Berges K.. *Teoriya grafov i ee prilozheniya* [Graph theory and its applications]. Moscow: IL, 1962. 320 p.
3. Ore O. *Teoriya grafov* [Theory of graphs]. Moscow: Science, 1968. 352 p.
4. Zadeh L. *Ponyatie lingvisticheskoj peremennoj i ego primenenie k prinyatiyu priblizhenny`x reshenij* [The concept of linguistic variable and its application to approximate decision-making]. Moscow: Mir, 1976. 166 p.
5. Kofman A. *Vvedenie v teoriyu nechetkix mnozhestv* [Introduction to the theory of fuzzy sets]. Moscow: Radio and communication, 1982. 429 p.

6. The Leonenko A.V. *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH* [Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH]. Saint-Petersburg: BHV-Petersburg, 2005. 725 p.
7. Orlov S. A. *Problemy` prinyatiya reshenij pri nechetkoj isxodnoj informacii* [Problems of decision - making at fuzzy initial information] Moscow: Science. Home edition physical and mathematical literature, 1981. 206 p.
8. Yahyaeva G. E. *Nechetkie mnozhestva i nejronny`e seti* [Fuzzy sets and neural networks]. Moscow: Binom, 2006. 315 p.
9. Zadeh L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, 1965. Vol.8. No. 3. Pp. 338-353.
10. Chernykh A.K., Vilkov K.V. Cherny`x A.K., Vilkov V.B. Upravlenie bezopasnost`yu transportny`x perevozok pri organizacii material`nogo obespecheniya sil i sredstv MChS Rossii v usloviyax chrezvy`chajnoj situacii [Safety Management of transportation in the organization of material support of forces of the Ministry of emergency situations of Russia in the conditions of emergency]. *Pozharovzry`vobezopasnost`.* [Fire and explosion safety]. 2016. Vol. 25. No. 9. Pp. 52-59.
11. Chernykh A.K., Kozlova I.V., Vilkov V.B. Voprosy` prognozirovaniya material`no-texnicheskogo obespecheniya s ispol`zovaniem nechyotkix matematicheskix modelej [Forecasting logistics using fuzzy mathematical models]. *Problemy` upravleniya riskami v texnosfere.* [Problems of risk management in technosphere]. 2015. No. 4 (36). Pp. 107-117.
12. Terano T., Asai K., Sugeno M. *Prikladny`e nyochetkie sistemy`* [Applied fuzzy system]. Moscow: Mir, 1993. 368 p.
13. Shtovba S. D. *Vvedenie v teoriyu nechetkix mnozhestv i nechetkuyu logiku* [Introduction to the theory of fuzzy sets and fuzzy logic]. Vinnitsa: UNIVERSUM-Vinnitsa, 2001. 71 p.
14. Wagner G. *Osnovy` issledovaniya operacij* [Fundamentals of operations research]. Vol.1. Moscow: Mir, 1972. 335 p.
15. Plotnikov V. A., Chernykh, A. K. Vremya, vpered! Ispol`zovanie matematicheskogo modelirovaniya v upravlenii organizaciyami [Time, forward! The use of mathematical modeling in the management of organizations]. *Rossijskoe predprinimatel`stvo* [Russian entrepreneurship]. 2005. No. 12. Pp. 57-62.
16. Kostyuk A.V., Chernykh A. K., Malygin A. E. Ispol`zovanie innovacionny`x texnologij v podgotovke specialistov dlya silovy`x struktur [The use of innovative technologies in training specialists for law enforcement bodies]. *Problemy` upravleniya riskami v texnosfere* [Problems of risk management in technosphere]. 2015. No. 2 (34). Pp. 134-138.
17. Vilkov V.B., Shcherbakova O.I., Chernykh A.K., Andreev V.P., Khudyakova T.L., Kazakova S.N. The choice of an optimal methodology for the retraining organization of psychologists based on the use of mathematical methods. *Espacios*. 2018. Vol. 39. No. 20. 16 p.

Information about authors:
Vilkov V.B., PhD, docent, associate Professor at the Department of mathematics, St. Petersburg Military Academy of material and technical support, St. Petersburg, Russia;
Chernykh A.K., PhD, professor, Professor at the Department of Informatics and mathematics, St. Petersburg military Institute of national guard troops, St. Petersburg, Russia;
Baboshin V.A., PhD, docent, associate Professor at the Department of Informatics and mathematics, St. Petersburg military Institute of national guard troops, St. Petersburg, Russia;