

## СИСТЕМА ОБРАЗОВАНИЯ

*Лыгина Нина Ивановна*

канд. пед. наук, доцент

*Лудцев Кирилл Борисович*

магистрант

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный

технический университет»

г. Новосибирск, Новосибирская область

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАДАЧИ РАНЦЕВОГО ТИПА**

*Аннотация:* в статье рассматривается актуальная проблема эффективного проектирования индивидуальной образовательной траектории. Анализируются существующие алгоритмы, недостатки рабочих программ учебных дисциплин и стандартов ФГОС ВО. В работе предложен алгоритм, учитывающий данные недостатки.

*Ключевые слова:* индивидуальная образовательная траектория, ранцевая задача, учебный план, педагогическое проектирование, компетенции, компетентностный подход, компетентностная модель выпускника.

Проектирование индивидуальной образовательной траектории является одной из актуальных задач, которые решают в современных условиях российские вузы. Как показал анализ, для решения данной задачи используются различные математические модели, в частности, генетический алгоритм [5], сети Петри [2], задачи линейного программирования [1]. Общим недостатком данных подходов является неполное покрытие требований существующих образовательных стандартов и недостаточная гибкость в вопросе адаптации к новым реалиям. Проектирование индивидуальной образовательной траектории по-прежнему относится к классу слабо структурированных задач в силу высокой степени общности внешних требований к образовательному процессу, в том числе Федеральных

государственных образовательных стандартов, а также в силу трудности определения в явном виде «вклада» учебных дисциплин в создание условий для развития компетенций и учета межпредметных связей.

Задача проектирования индивидуальной образовательной траектории сводится к построению индивидуального учебного плана, включающего в себя перечень учебных дисциплин и траекторию (временной порядок) их освоения.

Предлагаемый в данной работе алгоритм базируется на решении целочисленной задачи ранцевого типа. Задача о ранце является NP-полной [3] задачей дискретной оптимизации, в рамках данной работы она выглядит следующим образом: вектор булевых неизвестных – дисциплины, претендующие на вхождение в учебный план; ограничения – трудоемкость в часах или кредитах учебных дисциплин, минимальное и максимальное количество зачетов, экзаменов и вариативных дисциплин и т. д.; целевые функции – выбранный критерий оптимальности. В качестве критериев оптимальности предлагается максимизация суммы оценок ценности дисциплин, где ценность – субъективная экспертная оценка.

В качестве обобщенной модели будем рассматривать многомерную многокритериальную задачу ранцевого типа. Данная задача имеет следующую математическую постановку:

$$F(x) = \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_j \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^g a_{kj} \cdot x_j \leq b_i, \quad (2)$$

$$x_j = \{0, 1\}; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; k = \overline{1, g}. \quad (3)$$

Пусть  $x_j = \{0, 1\}$  – j-ая дисциплина, при этом, если j-ая дисциплина попадает в учебный план на n-ной итерации алгоритма, то  $x_j = 1$ , иначе  $x_j = 0$ ;  $c_{ij}$  – является оценкой ценности j-ой дисциплины i-тым экспертом;  $a_{kj}$  – количественное значение k-того ограничения j-ой дисциплины;  $b_k$  – максимальное значение k-того ограничения.

Для решения задач данного типа используются методы свертки критериев [6] в сочетании с точными (метод ветвей и границ, динамического программирования, полный перебор и т.п.) и приближенными (жадный, генетический и т.п.)

алгоритмами, подходы, которые комбинируют разные методы, метод муравьиных колоний, используется свертка ограничений в сочетании с методами, описанными выше [8], и множество других методов [9]. В данной работе проводится свертка критериев, если их в модели больше одного, далее одномерный/многомерный вариант задачи решается методом ветвей и границ. Такой подход обеспечивает простоту и вместе с тем достаточность выбранных методов для обеспечения требований ФГОС ВО.

В качестве исходных данных для использования предлагаемого алгоритма достаточно требований ФГОС ВО и рабочих программ учебных дисциплин по соответствующему направлению подготовки, а также при необходимости дополнительных внешних требований. Отметим, что в настоящее время уровень формализации целей (прогнозируемых результатов обучения) учебных дисциплин и требований к первоначальной подготовке обучающихся, используемых вузами в шаблонах рабочих программ учебных дисциплин, недостаточен для непосредственного применения предлагаемого алгоритма нахождения индивидуальной образовательной траектории. Еще более этот уровень снижается при непосредственной подготовке рабочих программ, поскольку имеет место несколько вольная трактовка требований к заполнению рабочих программ учебных дисциплин в процессе педагогического проектирования образовательного процесса по дисциплине преподавателями высшей школы. Этот факт делает невозможным применение алгоритма в его изначальной форме, так как связи между дисциплинами «размыты» и слабо проработаны, особенно в «молодых» ООП, имеющих опыт практической реализации всего в несколько лет. Вместе с тем существуют общие рекомендации и положительный опыт их использования для формулирования целей учебных дисциплин и межпредметных связей через учебные цели [7]. В этом случае часто используемый на практике способ представления межпредметных связей в виде простого набора дисциплин, обеспечивающих первоначальную подготовку обучающихся для успешного освоения материала

учебной дисциплины, и перечень дисциплин, для которых материал данной дисциплины в свою очередь является «входным», оказывается достаточным для применения выбранного алгоритма.

Таким образом, для успешного применения алгоритма необходимо сформулировать в рабочих программах учебных дисциплин «вклад» дисциплины в развитие компетенций как внешних требований к ней, условия для развития которых создаются в образовательном процессе данной дисциплины. При этом используется модель компетенций Зимней И.А [4], которая обеспечивает реализацию принципа преемственности в процессе педагогического проектирования образовательного процесса по дисциплине.

Компетенции, имеющие высокий уровень общности, имеют четырехкомпонентную структуру, а именно, каждый компонент представляет собой требования к результатам обучения на уровнях «знать», «уметь», «иметь опыт» или «владеть» и ценностно-смысловое отношение к трем названным компонентам. В свою очередь цели дисциплины формулируются как диагностируемые цели обучающегося на тех же уровнях усвоения учебного материала дисциплины, который представлен в модели компетенций, что обеспечивает четкую связь между компетенциями и целями учебных дисциплин.

На рис. 1 представлен фрагмент индивидуальной образовательной траектории, в которой выделены две типичные ситуации: 1 – есть дисциплины которые обеспечивают условия для освоения учебного материала в соответствии с требованиями ФГОС ВО; 2 – таких дисциплин нет. Следует отметить, что на определенном этапе образовательной траектории цели дисциплин ставшие результатами обучения «на выходе» становятся первоначальными требованиями к уровню подготовки обучающегося для последующих дисциплин. На рис. 1 показано, как в принципе последовательно осуществляется процесс подготовки обучающегося в соответствии с требованиями ФГОС ВО, т.е. как постепенно обучающийся осваивает компоненты компетенций.

Под компетентностной моделью выпускника в общем случае понимают множество требований, сформулированных как цели дисциплин, вносящих свой

конкретный вклад в развитие компетенций, заданных ФГОС ВО. В данной работе компетенции могут расширяться множеством дополнительных требований к подготовке выпускника, которые также рассматриваются как цели дисциплины. Наличие дополнительных требований создает необходимость построения индивидуальной траектории обучающегося.

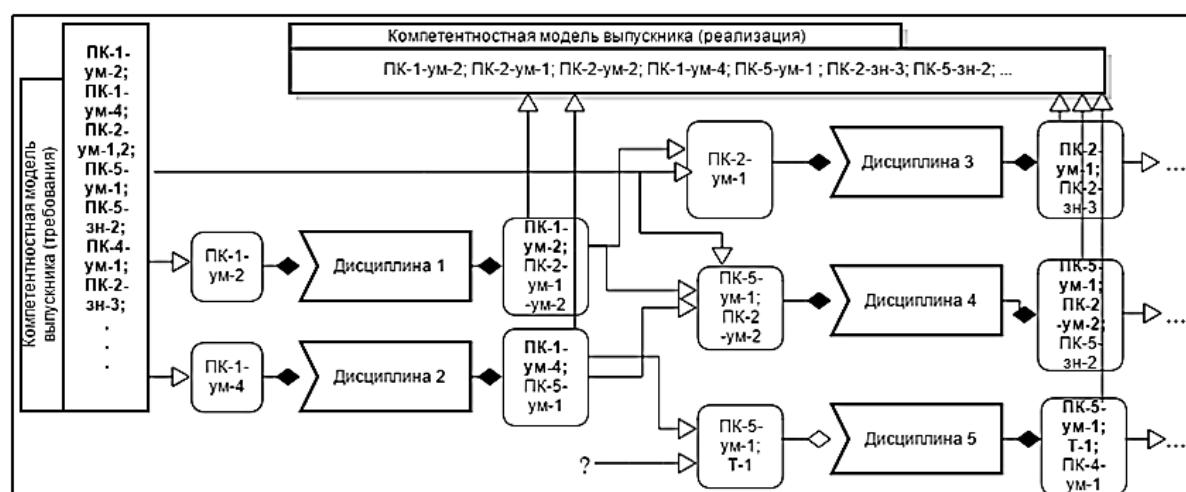


Рис. 1. Пример фрагмента индивидуальной образовательной траектории

Отметим, что в алгоритме используется рабочий термин «связанные дисциплины» – это дисциплины, на освоение которых отводится несколько семестров.

В представляемом алгоритме проектирования индивидуальной образовательной траектории не проводится деление учебных дисциплин на базовые и вариативные, что позволяет описывать без лишних усложняющих деталей собственно алгоритм. Обязательное деление дисциплин учитывается при введении дополнительных ограничений в математическую модель решаемой задачи.

На рисунке 2 представлена схема алгоритма построения индивидуальной образовательной траектории. Опишем основные шаги алгоритма для  $i$ -той итерации:

$I_i\text{Ш}_1$ : Заполнить компетентностную модель выпускника набором компетенций, условия для развития которых будут создаваться в учебном плане. Данный шаг выполняется только на первой итерации.

$I_i\text{Ш}_2$ : Определить набор дисциплин, которые были освоены до построения данной индивидуальной образовательной траектории. Необходимость данной

процедуры объясняется возможностью связи между предшествующими, уже освоенными обучающимся дисциплинами, и набором дисциплин, из которых будет сформирован учебный план. Данный шаг выполняется только на первой итерации.

*I<sub>i</sub>Ш<sub>3</sub>*: Составить список дисциплин, которые обязательно войдут в учебный план на *i*-той итерации. Для этого проанализировать набор дисциплин, вошедший в учебный план на *i*-1 итерации, на предмет связи с еще не вошедшими в учебный план дисциплинами (пример: если на предыдущей итерации в учебный план вошла первая часть математического анализа, значит на текущей итерации план должен пополниться второй частью). Если *i*=1, то анализируем связи между дисциплинами, определенными на шаге 2, с дисциплинами, которые могут быть включены в учебный план.

*I<sub>i</sub>Ш<sub>4</sub>*: Составить список дисциплин, которые вероятно войдут в учебный план на *i*-той итерации. Для этого необходимо сопоставить содержимое компетентностной модели выпускника с первоначальными требованиями к каждой дисциплине. Для этих дисциплин вхождение в учебный план на данной итерации будет определяться по факту попадания в оптимальное решение математической модели.

*I<sub>i</sub>Ш<sub>5</sub>*: Составить математическую модель (1–4), вектором неизвестных которой будет набор дисциплин 4 шага. Ограничения (2–4), накладываемые на математическую модель, будут складываться из следующих требований ФГОС ВО: максимальное и минимальное количество часов/кредитов, отводимое на все дисциплины; максимальное и минимальное количество часов/кредитов, отводимое на базовые дисциплины; максимальное и минимальное количество часов/кредитов, отводимое на вариативные дисциплины; количество дисциплин, экзаменов, зачетов.

Критерием оптимальности (1) будет являться максимизация суммы оценок ценности дисциплин, где ценность – субъективная экспертная оценка. Критерий

может быть единственным (ценность оценивает один эксперт – одномерная ранцевая задача), или критериев может быть несколько (оценивание производится несколькими экспертами – многомерная задача).

При составлении модели необходимо скорректировать систему ограничений с учетом тех дисциплин которые уже включены в учебный план.

*I<sub>i</sub>Ш<sub>6</sub>*: Получить оптимальное решение, решив модель, сформулированную на предыдущем шаге. Если решение оптимально, то выполняется Ш<sub>7</sub>, если неоптимально – дальнейшее построение индивидуальной образовательной траектории невозможно из-за недостатка ресурсов.

*I<sub>i</sub>Ш<sub>7</sub>*: Пополнить компетентностную модель выпускника целями дисциплин, вошедших в учебный план на *i*-той итерации. Перейти к третьему шагу следующей итерации.

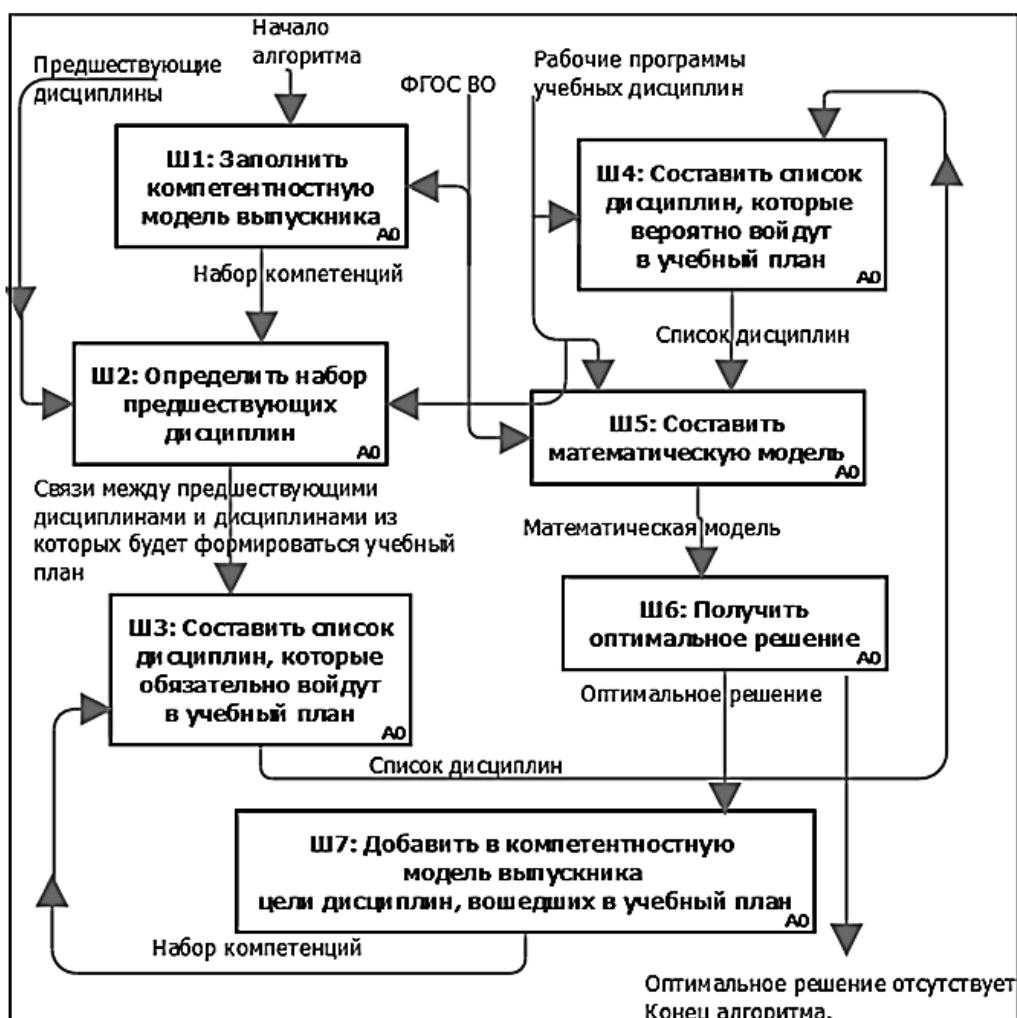


Рис. 2. Схема алгоритма

Результатом каждой итерации становится частичный учебный план (учебный план на семестр), а результатом выполнения алгоритма в целом является индивидуальная образовательная траектория. Представленный алгоритм имеет возможности для удовлетворения существующих требований ФГОС ВО к проектированию образовательных траекторий, что говорит о его работоспособности.

На основании анализа теоретических возможностей алгоритма и проведенного тестирования можно сделать следующие выводы:

- а) выявлена возможность адаптации и решения задачи ранцевого типа для моделирования и оптимизации образовательной траектории;
- б) представленный алгоритм позволяет автоматизировать процесс проектирования образовательной траектории;
- в) пользуясь представленным алгоритмом, можно оценить существующие траектории на предмет полноты охвата перечня компетенций ФГОС ВО;
- г) выявлена проблема слабого уровня формализации целей (прогнозируемых результатов обучения) учебных дисциплин и требований к первоначальной подготовке обучающихся, используемых вузами в шаблонах рабочих программ учебных дисциплин. Устранение этого недостатка позволяет:

1. Представить все связи между дисциплинами в виде ориентированного графа.

2. Формировать образовательную траекторию, учитывая цели дисциплин как компоненты удовлетворяющие первоначальные требования к подготовке.

3. Выявить непоследовательность включения дисциплин в образовательную траекторию в существующих учебных планах. Для этого необходимо сравнить существующую траекторию с траекторией, полученной при помощи представленного алгоритма.

### ***Список литературы***

1. Воробьёва Н.А. Алгоритм формирования учебного плана вуза на основе решения задачи целочисленного линейного программирования / Н.А. Воробьева,

С.И. Носков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – №12. – С. 82–83.

2. Горелик А.А. Моделирование индивидуальных образовательных траекторий с помощью сетей Петри [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://conference.osu.ru/assets/files/conf\\_info/conf9/s10.pdf](http://conference.osu.ru/assets/files/conf_info/conf9/s10.pdf)

3. Додонова М.М. Изучение различных постановок задачи о рюкзаке и методов их решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://su0.ru/ZNg3>

4. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования / И.А. Зимняя // Высшее образование сегодня. – 2003. – №5. – С. 34–42.

5. Курилова О.Л. Применение генетического алгоритма для оптимизации учебного плана / О. Курилова // Информационные технологии и образование. – 2013. – №3. – С. 84–92.

6. Лотов А.В. Многокритериальные задачи принятия решений: учебное пособие / А.В. Лотов, И.И. Поспелова – М.: Макс Пресс, 2008. – 197 с.

7. Лыгина Н.И. Проектируем образовательный процесс по дисциплине в условиях компетентностного подхода: Учебное пособие для преподавателей / Н.И. Лыгина, О.В. Макаренко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 132 с.

8. Pisinger D. Algorithms for knapsack problems. PhD. Diss. Copenhagen, 1995. – 199 p.

9. Kellerer H., Pferschy U., Pisinger D. Knapsack Problems. – Berlin, Springer-Verlag publ., 2003. – 535 p.