УДК 378.14

ЗАДАЧА СИНТЕЗА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПЛАНОВ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНЫХ ГРУПП В СИСТЕМЕ ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ

Денкс К.А.
научный руководитель канд. техн. наук Якунин Ю.Ю.
Сибирский федеральный университет

Вступление России в зону европейского высшего образования подразумевает обеспечение возможности студентам обучаться по индивидуальному учебному плану. Государственные образовательные стандарты, основанные на компетентностном подходе, предполагают, что студенты ВУЗов к моменту завершения обучения должны обладать набором компетенций по соответствующим специальностям и направлениям подготовки, а так же иметь возможность обучаться по индивидуальному учебному плану. Оптимальным учебным процессом будет считаться совокупность индивидуальных планов студентов, в которых будут удовлетворяться их пожелания. Для обеспечения реализации индивидуальных учебных планов наравне с академическими учебными группами предлагается использовать так называемые виртуальные учебные группы. Использование виртуальных групп в рамках системы зачетных единиц (СЗЕ) позволяет распределять студентов, изучающих ту или иную дисциплину в определённом семестре в соответствие с их индивидуальными планами, и позволит оптимально распределить нагрузку на преподавателей, а студентам самостоятельно выбирать лекторов и семестры для чтения дисциплин.

Индивидуальные траектории обучения студентов

В состав основной образовательной программы (ООП) входит учебный план, который является основой для организации учебного процесса. Учебный план включает в себя перечень дисциплин, их трудоёмкость по видам занятий, формы контроля и график учебного процесса. Множество дисциплин по учебному плану специальности k обозначим как D_k, туда входят все дисциплины по данному направлению подготовки $d \epsilon D_k$, $D_k = \left\{d_{k1}, d_{k2}, \dots, d_{N_k}\right\}$, где N_k – количество дисциплин по данному направлению k. Каждая дисциплина из данного множества представляет из себя множество параметров $d_{ik} = \left\{name, H, H^{\text{а}}, H^{\text{с}}, h^{\text{л}}, h^{\text{п}}, h^{\text{лаб}}, h^{\text{КСР}}, CH, vr\right\}$, где $i = \overline{1, N_k}$ $H = H^{\text{а}} + H^{\text{с}}$ – общее число часов; $H^{\text{а}} = h^{\text{л}} + h^{\text{п}} + h^{\text{лаб}}$ – аудиторные часы; $H^{\text{с}}$ – часы самостоятельной работы; $h^{\text{л}}$ – часы лекций; $h^{\text{п}}$ – часы практических занятий; $h^{\text{лаб}}$ – часы лабораторных работ; $h^{\text{КСР}}$ – часы самостоятельной работы по курсовому проекту; $CH = \left\{\{sm_i, ch_i\}\right\}$ – форма контроля ch в семестре sm; vr – показатель состояния дисциплины, выбрана ли она студентом – 1 или не выбрана – 0.

Таким образом, траекторию обучения представим в виде последовательности множеств дисциплин каждого семестра $\bigcup_{q=1}^{Q} TR^q = D_k$ и $\bigcap_{q=1}^{Q} TR^q = \emptyset$, где $q = \overline{1, Q}$ – количество вариантов последовательностей дисциплин. Как видно из записи, дисциплины в каждой из траекторий повторяться не могут. Возможные комбинации перестановок дисциплин во множестве D_k позволяют получить множество траекторий обучения $TR_{k,s} = \left\{TR_{k,s}^{(1)}, TR_{k,s}^{(2)}, \dots, TR_{k,s}^{Q}\right\}$, $k = \overline{1, K}$ – направление обучения и $s = \overline{1, S}$ – количество студентов. Каждая такая комбинация $TR_{k,s}^{(q)}$ из множества $TR_{k,s}$ представляется в виде вектора дисциплин, т.е. в виде упорядоченного множества дисциплин из D_k: $TR_{k,s}^{(q)} = \left(d_{I_1^{D_k}}, d_{I_2^{D_k}}, \ldots, d_{I_{N_k}^{D_k}}\right)$, где $I_j^{D_k}$ – индекс дисциплины из множества дисциплин D_k.

Все дисциплины по направлению k связаны между собой. С помощью матрицы зависимостей дисциплин представлена их связь:

$$B_k = \begin{pmatrix} \theta & b_{12} & \vdots & b_{1N_k} \\ b_{21} & \theta & \vdots & b_{2N_k} \\ \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ b_{N_k 1} & b_{N_k 2} & \vdots & \theta \end{pmatrix} \quad (1)$$

где N_k – количество дисциплин по данному направлению k, а элементы матрицы:

$$b_{ij} = \begin{cases} 0, \text{ если дисциплины не связаны;} \\ 1, \text{если } b_i \text{ необходима для изучения } b_j; \\ \theta, \text{если } b_i \text{ и } b_j \text{ несравнимы;} \\ -1, \text{если } b_i \text{ изучается в случае только если } b_j \text{ уже изучена} \end{cases} \quad (2)$$

Введём понятие виртуальной учебной группы ($Gr_{k,d,r}$) для дисциплины d по направлению k, где $r = \overline{1,R}$ – количество виртуальных групп. Виртуальная группа создаётся в зависимости от количества студентов, желающих изучать дисциплину в заданном семестре. То есть, если в виртуальную группу распределилось количество человек, которое максимально может принадлежать группе, то создается новая виртуальная группа.

Для определения пожеланий студентов относительно приобретаемых компетенций им предлагается проранжировать все компетенции по направлению обучения. Ранги для компетенций присваиваются следующим образом: компетенции присваивается ранг 1, если студент желает освоить ее в первую очередь, ранг 2, если компетенция для студента чуть менее интересна и т.д. Все компетенции по направлению k представлены в виде множества векторов компетенций $C_k = \{C_{k1}, C_{k2}, \ldots, C_{kG}\}$, g= $\overline{1,G}$ – количество компетенций во множестве. Тогда вектор компетенций по данному направлению k, определенный студентом $C_{k,s}^* = (C_{I_1^{C_k}}, C_{I_2^{C_k}}, \ldots, C_{I_{G_k}^{C_k}})$, где $I_i^{C_k}$ – индекс компетенции из множества компетенций по данному направлению C_k, $C_{I_i^{C_k}}$ – ранг $I_i^{C_k}$ компетенции и G_k – количество компетенций по направлению k. Аналогично, необходимо определить вектор компетенций для каждой последовательности дисциплин из $TR_{k,s} - C_{k,s} = (C_{I_1^{C_k}}, C_{I_2^{C_k}}, \ldots, C_{I_G^{C_k}})$. Но если в векторе $C_{k,s}^*$ точно определены ранги, то вектор компетенций $C_{k,s}$ необходимо получить из соответствующей траектории $TR_{k,s}^{(q)}$ с помощью матрицы $A_k = (a_{ij}^k)_{i=1,j=1}^{m,n}$, которая представляет собой матрицу отношений, устанавливающую связь между компетенциями C_k и дисциплинами D_k. Определённые вектора компетенций из множества возможных траекторий обучения будем сравнивать с вектором проранжированных компетенций посредством меры близости. Для этого будем использовать метризованные отношения.

Определим матрицы метризованных отношений $M(C_{k,s}) = \left\|p_{ij}^{k,s}\right\|$ для каждого ранжирования по траекториям обучения и для ранжирования студента $M(C_{k,s}^*) = \left\|p_{ij}^*\right\|$. Метризованным отношением будем называть пару <P, $W(P)$>, где P – бинарное отношение двух произвольных элементов ранжирования $K_{k,s}$, а $W(P) = \{\omega_{ij}^{k,s}\}$ – некоторое положительное вещественное число, характеризующее степень предпочтительности одного элемента над другим в бинарном отношении P. Элементы матрицы метризованных отношений (3) представляют собой отношения максимальных уровней владения компетенциями (4) в случае их сравнимости, принимают значение 0, если компетенции равноценны, принимают значение θ, если компетенции несравнимы.

$$p_{ij}^{k,s}=\begin{cases}\omega_{ij}^{k,s},\left(c_i^{k,s},c_j^{k,s}\right)\in P,\left(c_j^{k,s},c_i^{k,s}\right)\notin P\\-\omega_{ij}^{k,s},\left(c_j^{k,s},c_i^{k,s}\right)\notin P,\left(c_i^{k,s},c_j^{k,s}\right)\in P\\0,\left(c_i^{k,s},c_j^{k,s}\right)\in P,\left(c_j^{k,s},c_i^{k,s}\right)\in P\\\theta,\left(c_i^{k,s},c_j^{k,s}\right)\notin P,\left(c_j^{k,s},c_i^{k,s}\right)\notin P\end{cases}\tag{3}$$

$$\omega_{ij}=\frac{y_i^k}{y_j^k}\tag{4}$$

Соответственно по такому же принципу определяются элементы матрицы для вектора компетенций определенного студентом p_{ij}^*.

Когда введены метризованные отношения можно определить меру близости между векторами компетенций. $d\left(C_{k,s}^*,C_{k,s}\right)$ – мера близости между вектором компетенций студента и вектором из множества компетенций для данной последовательности дисциплин является показателем того, насколько эти два вектора $C_{k,s}^*$ и $C_{k,s}$ похожи.

Функция поиска оптимальных траекторий обучения

Задача синтеза индивидуальных планов обучения может быть приведена к задаче оптимизации, в которой целевая функция представляет собой некоторую меру удовлетворённости всех студентов относительно заявленных пожеланий. Целевая функция (5) представляет собой среднеквадратичное отклонение векторов компетенций студентов, отражающих их пожелания, от искомых векторов траекторий обучения. Поиск выполняется в условиях заданных ограничений (6–9), рассмотренных ниже. Определим целевую функцию поиска оптимальных траекторий обучения: $F(X)\to min$, где

$$F(X)=\sum_{s=1}^{S}\left(d(C_s(X),C_s^*)\right)^2.\tag{5}$$

Здесь $d(C_s(X),C_s^*)$ является расстоянием (мерой близости) между вектором компетенций, заданным студентом C_s^* и искомым вектором компетенций $C_s(X)$, который зависит от конкретного множества дисциплин в плане, определённого в $X=\left\{TR_{k,s}^i\right\}$. Под траекторией обучения будем понимать определённую последовательность дисциплин, заданную в строгом порядке и определённую в векторе $TR_{k,s}^i$, где i – это порядковый номер траектории, $k=\overline{1,K}$ – направление обучения и $s=\overline{1,S}$ – количество студентов.

Введём первое ограничение для множества траекторий дисциплин X, накладываемое на множество дисциплин в учебном плане и определяющее порядок их изучения (6).

$$f_{1,i}(X)=\begin{cases}0,\text{если } b\left(I_{j_1}^{D_k}\right)\left(I_{j_2}^{D_k}\right)\neq -1\\1,\text{иначе}\end{cases}\tag{6}$$

где i – номер вектора дисциплин из множества траекторий дисциплин X, $I_{j_1}^{D_k}$ – индекс первой сравниваемой дисциплины j из вектора дисциплин $X=\left\{TR_{k,s}^i\right\}$; $I_{j_2}^{D_k}$ – индекс второй сравниваемой дисциплины j из вектора дисциплин $X=\left\{TR_{k,s}^i\right\}$. Таким образом, сравнивая попарно дисциплины в векторе $X=\left\{TR_{k,s}^i\right\}$ и проверяя их порядок согласно матрице зависимостей дисциплин B_k, можно определить в верном ли порядке они стоят в траектории. Необходимо чтобы выполнялось условие $\sum_{i=1}^{N_k}f_{1,i}(X)=0$, где $i=\overline{1,N_k}$, N_k – количество дисциплин в векторе $TR_{k,s}^i$.

Второе ограничение определяет границы объёма учебного плана в зачетных единицах. В течение обучения в рамках СЗЕ очень важно строгое соблюдение ограничение на количество зачетных единиц в учебном плане. Поэтому, для того, чтобы индивидуальный план студента удовлетворял требованиям по минимальному и максимальному количеству зачетных единиц, введем соответствующую функцию ограничения по зачетным единицам (7).

$$f_2(X) = \begin{cases} 0, \text{если } a_2 < m < b_2 \\ 1, \text{если } m < a_2 \text{ или } m > b_2 \end{cases} \tag{7}$$

Здесь параметры a_2 и b_2 задают соответственно минимальную и максимальную величины объёма учебного плана в зачетных единицах, m – фактическое количество зачетных единиц для траектории дисциплин i из $TR_{k,s}^{i}$, которое определяется по формуле (8).

$$m_k = \frac{H_k}{36}. \tag{8}$$

где $k = \overline{1, K}$ – направление обучения. Таким образом, функция $f_2(X)$ является булевой функция и принимает значение 0, если количество зачетных единиц траектории дисциплин i из $TR_{k,s}^{i}$ входит в ограничения.

Следующее ограничение отражает особенности использования виртуальных учебных групп. Каждая виртуальная группа создается для конкретной дисциплины, поэтому, для того определения числа виртуальных групп для изучения конкретной дисциплины нужно знать количество студентов готовых изучать данную дисциплину. Параметры a_3 и b_3 – пороговые значения количества человек, при которых виртуальная группа может быть создана. Если максимальное значение превышено, то создаются две или более виртуальных группы для данной дисциплины.

$$f_{3,i}(X) = \begin{cases} 0, \text{если } a_3 < s_d < b_3 \\ 1, \text{если } a_3 > s_d \text{ или } s_d > b_3 \end{cases}, \tag{9}$$

где s_d – текущее количество студентов, изучающих данную дисциплину. Если $\sum_{i=1}^{S} f_{3,i}(X) = 0$, где $i = \overline{1, N_k}$, N_k – количество дисциплин в векторе $TR_{k,s}^{i}$, то новая виртуальная группа не создается, пополняется текущая виртуальная группа. Если $\sum_{i=1}^{S} f_{3,i}(X) \neq 0$, то необходимо создать новую виртуальную группу.

Заключение

Предложенные в данной статье целевая функция и функции ограничений задачи оптимизации, позволяющей в случае её решения выполнить синтез оптимальных индивидуальных планов, являются попыткой формализации нового объекта исследования – процесса управления учебным планированием в системе зачётных единиц. Полученный результат – постановку задачи оптимизации можно отнести к классу задач глобальной оптимизации, т.к. в первом приближении анализ полученных функций показал их многоэкстремальность в области поиска и невозможность решения задачи простым перебором или численными методами. В связи с этим дальнейшие исследования описанного объекта будут связаны с подбором адекватного метода глобальной оптимизации и его адаптацией к описанной задаче.