

# Метод рационального распределения учебных дисциплин в системе высшего учебного заведения

Борисова Е. Ю.

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Северо-Западный институт управления РАНХиГС), Санкт-Петербург, Российская Федерация; al\_borisova@mail.ru

## РЕФЕРАТ

Одной из задач руководства учебного заведения является разработка мероприятий, направленных на улучшение подготовки своих выпускников. Целью данной статьи является совершенствование системы планирования учебной нагрузки между дисциплинами в вузе. Для достижения этой цели на основе системного анализа и математического моделирования была построена оптимизационная модель. Результат внедрения этой модели в управление образовательным процессом позволит распределить нагрузку в рамках одного направления таким образом, чтобы максимально облегчить студентам освоение учебного материала.

*Ключевые слова:* уровень подготовки выпускников, вероятности состояния системы, принятие управленческих решений, оптимизация, многошаговый процесс управления

**Для цитирования:** Борисова Е. Ю. Метод рационального распределения учебных дисциплин в системе высшего учебного заведения // Управленческое консультирование. 2020. № 4. С. 116–123.

## The Method of Rational Distribution of Academic Disciplines in the System of Higher Education

Elena Yu. Borisova

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (North-West Institute of Management, Branch of RANEPA), Saint-Petersburg, Russian Federation; al\_borisova@mail.ru

## ABSTRACT

One of the tasks of the management of the educational institution is the development of measures aimed at improving the training of their graduates. The purpose of this article is to improve the system of planning the workload between disciplines at the university. To achieve this, an optimization model was built on the basis of system analysis and mathematical modeling. As a result, the introduction of this model in the management of the educational process will make it possible to distribute the load within the framework of one direction in such a way as to make it easier for students to master the educational material.

*Keywords:* graduate training level, system state probabilities, managerial decision making, optimization, multi-step management process

**For citing:** Borisova E. Yu. The Method of Rational Distribution of Academic Disciplines in the System of Higher Education // Administrative consulting. 2020. No. 4. P. 116–123.

---

## Введение

Реформирование образования в нашей стране — процесс, длящийся уже не первое десятилетие. В результате реформирования системы образования изменилась и структура высших учебных заведений, в частности, появились направле-

ния подготовки студентов и за конечный результат обучаемых теперь отвечает не заведующий выпускающей кафедрой, а руководитель направления.

Для повышения качества реформ неоднократно создавались модели, описывающие различные стороны образовательного процесса и их оптимизацию. В частности, в работах [5; 6; 7; 8; 9; 10; 11] представлены модели распределения учебной нагрузки между преподавателями одной кафедры, модели оценки качества деятельности вуза или модели составления расписания. Однако ни в одной из перечисленных работ не предприняты попытки создать модель распределения учебных дисциплин, направленную на повышение качества усвоения знаний студентами вуза по каждому направлению.

При выборе вуза абитуриенты учитывают различные факторы, среди которых основными можно назвать престижность обучения и уровень подготовки выпускников. Престиж учебного заведения определяется многими факторами, одним из которых является качество подготовки выпускников. Поэтому одной из задач руководства учебного заведения является разработка мероприятий, направленных на улучшение подготовки своих бакалавров, специалистов и магистров. Одним из них является совершенствование системы планирования учебной нагрузки. В частности, необходимо оптимально распределить зачетные единицы (ЗЕ) между дисциплинами по каждому направлению. Подготовка предложений по этому вопросу поручается конкретному сотруднику, которого в дальнейшем будем условно называть лицом, принимающее решение, или ЛПР.

На настоящий момент в наиболее престижных университетах и академиях, которые получают большие дотации от государства, образовательный процесс (ОП) организован таким образом, что большая часть академических часов отдана изучению базовых дисциплин. Кроме того, акцент сделан на аудиторные занятия, что позволяет формировать у обучаемых необходимый теоретический базис для изучения специальных и прикладных дисциплин. Для многих студентов такой подход влечет за собой большие трудности в преодолении высоких требований, предъявляемых в этих вузах. Это приводит к серьезному уменьшению числа обучаемых, особенно на старших курсах.

Выпускники таких учебных заведений не удовлетворяют полностью запросы общества и экономики на специалистов с высшим образованием. Для удовлетворения социального запроса в стране созданы и альтернативные вузы, получающие меньшие по объему дотации государства или совсем их не получающие. Заметим, что количество вузов, получающих весомую материальную помощь от государства, очень незначительно, а большинство других учебных заведений вынуждено самостоятельно искать дополнительные источники финансирования, используя различные механизмы.

## Материалы и методы

Самой большой статьей дохода является прибыль от коммерческого обучения, поэтому руководство таких вузов должно достичь компромисса между повышением уровня знаний и количеством студентов, обучающихся на коммерческой основе. Для этого необходимо для каждого направления подготовки найти такой вариант распределения академических часов между учебными дисциплинами, который позволил бы облегчить усвоение учебного материала подавляющему числу принятых студентов. Именно решению последней задачи посвящен предлагаемый ниже метод.

Пусть конкретное направление подготовки включает в себя изучение  $m$  учебных дисциплин  $D_i$ , где  $i = 1, 2, \dots, m$ . Каждой из этих дисциплин необходимо выделить хотя бы одну зачетную единицу. Так как распределение единиц происходит последовательно, то этот процесс является многошаговым, и согласно [3] для его моделирования можно применять метод динамического программирования.

## Результаты

Для нахождения оптимального распределения  $n$  академических часов между учебными дисциплинами используем рекуррентные соотношения Беллмана [1; 2]. В качестве целевой функции  $F$  выберем математическое ожидание качества усвоения учебного материала

$$F = \sum_{i=1}^m c_i \cdot p_i,$$

Таблица 1

Сводная таблица данных  
Table 1. Summary table of data

Название дисциплины	Число связей с другими дисциплинами	Число компетенций данной дисциплины	Число зачетных единиц, выделяемых на изучение дисциплины				Вес дисциплины $c_i$
			1	2	...	$n + 1 - m$	
$D_1$	$k_1^{np}$	$k_1^{нас}$	$p_{11}$	$p_{12}$	...	$p_{1n+1-m}$	$c_1$
$D_2$	$k_2^{np}$	$k_2^{нас}$	$p_{21}$	$p_{22}$	...	$p_{2n+1-m}$	$c_2$
...	...	...	...	...	...	...	...
$D_i$	$k_i^{np}$	$k_i^{нас}$	$p_{i1}$	$p_{i2}$	...	$p_{in+1-m}$	$c_i$
...	...	...	...	...	...	...	...
$D_m$	$k_m^{np}$	$k_m^{нас}$	$p_{m1}$	$p_{m2}$	...	$p_{mn+1-m}$	$c_m$

Таблица 2

Усовершенствованная таблица данных  
Table 2. Enhanced data table

Название дисциплины	Число связей с другими дисциплинами	Число компетенций данной дисциплины	Вес дисциплины $c_i$	Усовершенствованный вес	Число зачетных единиц, выделяемых на изучение дисциплины			
					1	2	...	$n + 1 - m$
$D_1$	$k_1^{np}$	$k_1^{нас}$	$c_1$	$c_1$	$p_{11}$	$p_{12}$	...	$p_{1n+1-m}$
$D_2$	$k_2^{np}$	$k_2^{нас}$	$c_2$	$c_2$	$p_{21}$	$p_{22}$	...	$p_{2n+1-m}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
$D_{i-1}$	$k_{i-1}^{np}$	$k_{i-1}^{нас}$	$c_i$	$c_{i-1}^* = c_i + \Delta c_{i-1}$	$p_{i-11}$	$p_{i-12}$	...	$p_{i-1n+1-m}$
$D_i$	$k_i^{np}$	$k_i^{нас}$	$c_i$	$c_i^* = c_i + \Delta c_i$	$p_{i1}$	$p_{i2}$	...	$p_{in+1-m}$
$D_{i+1}$	$k_{i+1}^{np}$	$k_{i+1}^{нас}$	$c_i$	$c_{i+1}^* = c_i + \Delta c_{i+1}$	$p_{i+11}$	$p_{i+12}$	...	$p_{i+1n+1-m}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
$D_m$	$k_m^{np}$	$k_m^{нас}$	$c_m$	$c_m$	$p_{m1}$	$p_{m2}$	...	$p_{mn+1-m}$

где  $p_i$  — вероятность усвоения дисциплины  $D_i$  при спланированном числе зачетных единиц (ЗЕ), а  $c_i$  — коэффициент значимости этой дисциплины.

Так как целью ЛПР является повышение уровня подготовки выпускников, то

$$F \rightarrow \max.$$

Для вычисления значений коэффициентов  $c_i$  предлагается использовать количество  $k_i^{np}$  дисциплин, опирающихся на знания и навыки, полученные при изучении дисциплины  $D_i$ , и количество  $k_i^{uas}$  компетенций, отвечающих соответствующей дисциплине. Пусть значение  $k_i = k_i^{np} + k_i^{uas}$  и  $k_i \in N$ , тогда

$$c_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^m k_i}.$$

Через  $p_{ij}$  обозначим вероятность успешного овладения профессиональными навыками при изучении  $i$ -ой дисциплины в объеме  $j$  зачетных единиц (ЗЕ). В качестве значений  $p_{ij}$  могут выступать значения, определенные по специальной методике экспертной группы. Для удобства всю информацию ранжируем по убыванию коэффициентов  $c_i$  и записываем в таблицу (см. табл. 1).

Если при составлении этой таблицы возникнет ситуация, когда несколько дисциплин будут иметь одинаковые веса  $c_i$ , можно реализовать следующий алгоритм. Пусть имеются  $N$  дисциплин с одинаковыми весами. Для каждой из них вычисляется дополнительный коэффициент

$$\Delta C_i = \frac{p_{ij}}{\sum_{j=1}^N p_{ij}}, \text{ где } I = 1, 2, \dots, N.$$

Эти коэффициенты ранжируют дисциплины по значимости в случае их изучения в объеме 1 ЗЕ. Если же все вероятности  $p_{i1}$ , соответствующие выделению 1 ЗЕ, равны между собой, то аналогично сравниваем вероятности  $p_{i2}$  и т. д.

Далее добавляем найденные значения  $\Delta C_i$  к вычисленным ранее  $C_i$  и вводим новые улучшенные веса  $C_i^* = C_i + \Delta C_i$ . Добавленные значения  $\Delta C_i \in (0,1)$ , поэтому не могут изменить порядок следования дисциплин, у которых изначально были другие веса.

После этого рекомендуется записать новую таблицу (см. табл. 2), в которой все веса  $C_i$  будут различны и выстроены по убыванию.

Рассмотрим систему S распределения часов между дисциплинами направления, которой соответствуют разные состояния, описанные ниже.

## Обсуждение

Поясним многошаговость процесса распределения ЗЕ по дисциплинам на конкретном примере.

Предположим, что необходимо распределить 5 ЗЕ между тремя дисциплинами  $D_1, D_2, D_3$  таким образом, чтобы каждая из них получила не менее одной зачетной единицы. Для определенности будем считать, что веса указанных дисциплин удовлетворяют неравенству:  $C_1 > C_2 > C_3$ .

На первом шаге ЛПР распределяет зачетные единицы дисциплине  $D_1$ . Обозначим через  $S_i^j$  — состояние системы, соответствующее  $i$ -му шагу с запасом в  $j$  единиц, то есть на начальном этапе системе соответствует состояние  $S_0^5$ .

В результате первого распределения дисциплине  $D_1$  могло отойти 1 ЗЕ (состояние  $S_1^4$  и соответствующая ему вероятность  $p_{11} = 0,3$ ), 2 ЗЕ (состояние  $S_1^3$  и

вероятность  $p_{12} = 0,2$  и 3 ЗЕ (состояние  $S_1^2$  и вероятность  $p_{13} = 0,1$ ). Заметим, что распределение 4 и 5 ЗЕ дисциплине № 1 приведет к тому, что какая-то из оставшихся дисциплин не получит ни одной ЗЕ, а это противоречит заявленным требованиям.

На втором шаге ЛПР распределяет зачетные единицы дисциплине  $D_2$ , при этом возможны следующие состояния системы  $S_2^3, S_2^2, S_2^1$  и т. д.

Схема распределения ЗЕ между всеми дисциплинами представлена на рис.

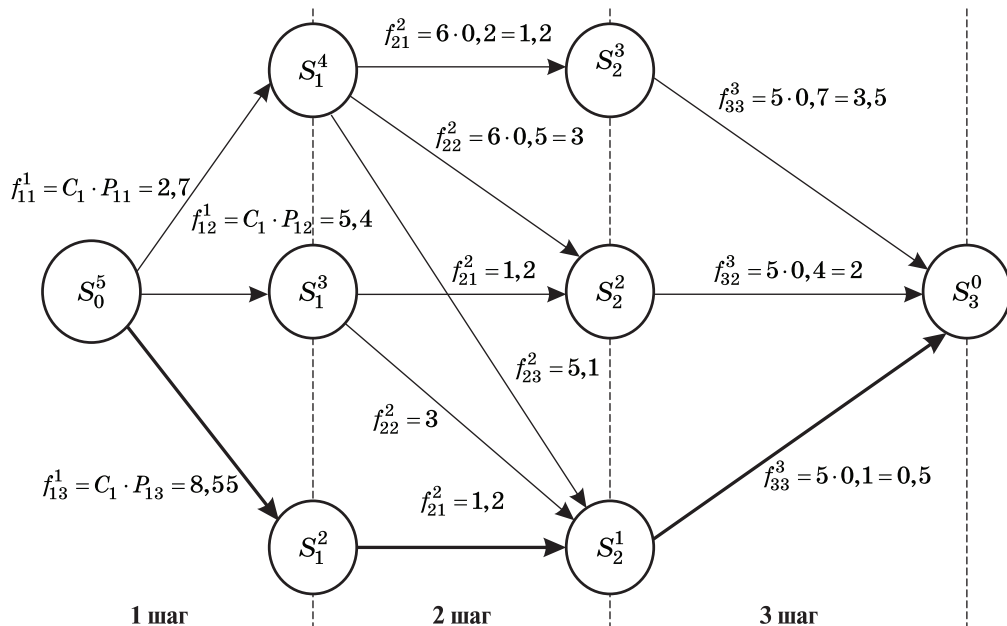


Рис. Распределение 5 ЗЕ между тремя дисциплинами  
Fig. The distribution of 5 OU between 3 disciplines

Значения над стрелками указывает соответствующее значение показателя качества

$$f_{ij}^i = C_i \cdot p_{ij},$$

которые далее будут влиять на экстремальное значение целевой функции.

Например, при переходе из состояния  $S_1^4$  в состояние  $S_2^1$  дисциплине  $D_2$  было распределено 3 единицы. В табл. 3 этому событию соответствует вероятность  $p_{23}$  и вес  $C_2$ , следовательно, значение показателя качества  $f_{23}^2 = C_2 \cdot p_{23} = 6 \cdot 0,85 = 5,1$ .

Таблица 3

Начальные условия задачи  
Table 3. Initial conditions of the problem

Название дисциплины	Число связей с другими дисциплинами	Число компетенций данной дисциплины	Число зачетных единиц, выделяемых на изучение дисциплины			Вес дисциплины $C_i$
			1	2	3	
$D_1$	$k_1^{np} = 5$	$k_1^{нае} = 4$	$p_{11} = 0,3$	$p_{12} = 0,6$	$p_{13} = 0,95$	$c_1 = 9$
$D_2$	$k_2^{np} = 2$	$k_2^{нае} = 4$	$p_{21} = 0,2$	$p_{22} = 0,5$	$p_{23} = 0,85$	$c_2 = 6$
$D_3$	$k_3^{np} = 3$	$k_3^{нае} = 2$	$p_{31} = 0,1$	$p_{32} = 0,4$	$p_{33} = 0,7$	$c_3 = 5$

Далее ЛПР переходит к поиску условных оптимальных стратегий. Для последнего третьего шага условные оптимальные стратегии  $F_1(S_2^i, U_3)$  соответствуют значениям показателям качества

$$F_1(S_2^1, U_3) = f_{31}^3 = 0,5,$$

$$F_1(S_2^2, U_3) = f_{32}^3 = 2,$$

$$F_1(S_2^3, U_3) = f_{33}^3 = 3,5.$$

Для второго шага ЛПР должен рассчитать максимум целевой функции, т. е.

$$\begin{aligned} F_2(S_1^4, U_2) &= \max\{F_1(S_2^3, U_3) + f_{21}^2; F_1(S_2^2, U_3) + f_{22}^2; F_1(S_2^1, U_3) + f_{23}^2\} \\ &= \max\{3,5 + 1,2; 2 + 3; 0,5 + 5,1\} = \max\{5,7; 5; 5,6\} = 5,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2(S_1^3, U_2) &= \max\{F_1(S_2^2, U_3) + f_{21}^2; F_1(S_2^1, U_3) + f_{22}^2\} = \\ &= \max\{2 + 1,2; 0,5 + 3\} = \max\{3,2; 3,5\} = 3,5 \end{aligned}$$

$$F_2(S_1^2, U_2) = F_1(S_2^1, U_3) + f_{21}^2 = 0,5 + 1,2 = 1,7$$

Те значения, которые определяют максимальные значения, соответствуют условным оптимальным управлениям.

Аналогично, находим максимальное значение для первого шага

$$\begin{aligned} F_3(S_0^5, U_1) &= \max\{F_2(S_1^4, U_2) + f_{11}^1; F_2(S_1^3, U_2) + f_{12}^1; F_2(S_1^2, U_2) + f_{13}^1\} = \\ &= \max\{5,7 + 2,7; 3,5 + 5,5; 1,7 + 8,55\} = \max\{8,4; 9; 10,25\} = 10,25 \end{aligned}$$

и соответствующее условное оптимальное управление. Далее ЛПР восстанавливает оптимальную стратегию управления.

## Выводы

Таким образом, для рассмотренного примера оптимальной стратегией управления будет  $S_0^5 \rightarrow S_1^2 \rightarrow S_2^1 \rightarrow S_3^0$ . На рис. оптимальная стратегия управления выделена более толстыми линиями. Полученный результат означает, что для достижения максимального усвоения студентами образовательной программы ЛПР рекомендуется исходные 5 ЗЕ распределить следующим образом: две зачетные единицы отводятся дисциплине  $D_1$ , одна ЗЕ — дисциплине  $D_2$  и две ЗЕ — дисциплине  $D_3$ .

Предложенный алгоритм является универсальным. В частности, его можно использовать для распределения академических часов между различными видами обучения (лекции, семинары, самостоятельная работа и т. д.)

На базе этого алгоритма можно распределять и нагрузку каждого отдельного преподавателя с учетом его достижений по каждому направлению деятельности ППС, задавая большее значение веса тому виду деятельности, в котором он приносит вузу большую пользу.

Предложенный алгоритм позволяет выстроить образовательный процесс так, чтобы максимально облегчить студентам освоение учебного материала, а внедрение его в управление образовательным процессом позволит удовлетворить запрос общества на высоко подготовленных специалистов.

## Литература

1. Беллман Р. Динамическое программирование. М. : Изд-во иностр. лит., 1960. 400 с.
2. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. М. : Наука, 1965. 458 с.
3. Вентцель Е. С. Элементы динамического программирования. М. : Наука, 1964.
4. Алпатов Ю. Н., Бунашова С. Б. Исследование характеристик учебного процесса методами математического моделирования // Труды Братского государственного университета. 2010. Т. 1. С. 156–162.
5. Журавлев Д. С., Колесников А. Н. Математические методы интеллектуального анализа данных в задачах моделирования процессов работы высших учебных заведений // Фундаментальные исследования, методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике : материалы молодежной научно-практической конференции. Новочеркасск, 2017. С. 157–160.
6. Изосимова Т. Н., Мордвинова Ж. С. Формирование учебной нагрузки в рамках интегрированной системы управления // Сборник научных статей научно-практической конференции ГГУ им. Я. Купалы. Гродно, 2011. С. 384–387.
7. Кумицкий Б. М., Камалов Н. С., Евсикова Н. Ю., Саврасова Н. А. Математическое моделирование учебного процесса как способ повышения качества образования // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции. 2014. Т. 2. № 2, ч. 3. С. 292–298.
8. Левин В. И., Костиневич В. В. Математическое моделирование и оптимизация учебного процесса в высшем учебном заведении // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2004. № 4. С. 4–8.
9. Ризен Ю. С., Захарова А. А., Минин М. Г. Математическое моделирование образовательного процесса в оценке качества деятельности вуза // Информационное общество. 2014. № 3. С. 25–33.
10. Сеньковская А. А., Фураева И. И. Моделирование и процесса распределения учебной нагрузки кафедры с использованием жадного алгоритма // Математические структуры и модели. 2017. № 4. С. 101–109.
11. Угрева Е. Н., Рыжкова М. Н. Построение математической модели обучаемого для оптимизации учебного процесса // Открытое и дистанционное образование. 2014. № 2. С. 63–68.

### Об авторе:

**Борисова Елена Юрьевна**, доцент кафедры бизнес-информатики Северо-Западного института управления РАНХиГС (Санкт-Петербург, Российская Федерация), кандидат технических наук; al\_borisova@mail.ru

## References

1. Bellman R. Dynamic Programming. M.: Foreign literature, 1960. 400 p. (In rus)
2. Bellman R., Dreyfus S. Applied dynamic programming. M.: Science, 1965. 458 p. (In rus)
3. Ventzel E. S. Dynamic programming elements. M.: Science, 1964. (In rus)
4. Alpatov Yu. N., Bunashova S. B. Study of educational process characteristics by mathematical modeling methods // Works of Bratsk State University [Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta]. 2010. V. 1. P. 156–162. (In rus)
5. Zhuravlev D. S., Kolesnikov A. N. Mathematical methods of data mining in the tasks of modeling the processes of higher educational institutions // Fundamental research, methods and algorithms of applied mathematics in technology, medicine and economics: materials of the youth scientific and practical conference. Novocherkassk, 2017. P. 157–160. (In rus)
6. Izosimova T. N., Mordvinova Zh. S. Formation of training within the framework of the integrated management system // Collection of scientific articles of the scientific and practical conference of the State University named after Y. Kupala. Grodno, 2011. P. 384–387. (In rus)
7. Kumitsky B. M., Kamalov N. S., Evsikova N. Y., Savrasova N. A. Mathematical modeling of the educational process as a way to improve the quality of education // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice: collection of scientific works on the materials of scientific and practical conference [Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika : sbornik nauchnykh trudov po materialam nauchno-prakticheskoi konferentsii]. 2014. Vol. 2. No. 2, part 3. P. 292–298. (In rus)

8. Levin V. I., Kostinevich V. V. Mathematical modeling and optimization of the educational process at the higher educational institution // Journal of the Ulyanovsky State Technical University [Vestnik Ul'yanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2004. No. 4. P. 4–8. (In rus)
9. Rizen Y. S., Zakharova A. A., Minin M. G. Mathematical modeling of the educational process in assessing the quality of the university 's activities // Information Society [Informatsionnoe obshchestvo]. 2014. No. 3. P. 25–33. (In rus)
10. Senkovskaya A. A., Furayeva I. I. Modeling and the process of distribution of the educational load of the department using the greedy algorithm // Mathematical structures and models [Matematicheskie struktury i modeli.]. 2017. No. 4. P. 101–109. (In rus)
11. Ugrevva E. N., Ryzhkova M. N. Construction of mathematical model of the trainee for optimization of educational process // Open and remote education [Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie]. 2014. No. 2. P. 63–68. (In rus)

**About the author:**

**Elena Yu. Borisova**, Associate Professor of the Chair of Business Informatics of North-West Institute of Management, Branch of RANEPА (St. Petersburg, Russian Federation), PhD in Technical Science; al\_borisova@mail.ru