Модели комплексного оценивания и кадровой оптимизации структуры факультета и университета

М.Х. Мальсагов

Ингушский государственный университет, Назрань

Аннотация: даны постановки прикладных задач управления образовательными организациями, формализованных как задачи дискретной оптимизации. Важную роль играет использование условий гомеостаза в виде ограничений задачи.
Ключевые слова: дискретная оптимизация, комплексное оценивание, управление образовательными организациями.

Введение

Настоящая статья посвящена решению прикладных задач управления образовательными организациями. Именно, рассматриваются модели комплексного оценивания и кадровой оптимизации структуры факультета.

Модели комплексного оценивания базируются на теории управления организационными системами [1] и её спецификации применительно к управлению образовательными организациями [2-3]. При этом процедуры агрегированного комплексного оценивания направлены на выполнение требований гомеостаза образовательной организации [4].

Проблема оптимизации кадровой структуры факультета формализуется в виде двойственных задач дискретной оптимизации [5-7]. Для этого предполагается, что значения показателей состояния образовательной организации можно выразить в виде функции от её кадрового состава. Здесь также в качестве ограничений используются условия гомеостаза.

Для решения указанных прикладных задач дискретной оптимизации целесообразно использовать технологию имитационного моделирования [8]. В частности, может оказаться полезным метод качественно репрезентативных сценариев имитационного моделирования [9]. Пример решения прикладных задач управления образовательными организациями приведен в [10].

Модели комплексного оценивания работы университета

Устойчивое развитие учреждения высшего образования как активной системы предполагает выполнение условий ее гомеостаза, т.е. значения основных показателей должны принадлежать заданному диапазону. Для учреждений высшего образования такие показатели определяют научно-исследовательская работа (НИР), учебно-методическая работа (УМР) и, что немаловажно, инновационно-предпринимательская работа (ИПР). Показатели по этим трем группам должны определяться и анализироваться на уровне кафедры, факультета и университета в целом, что подразумевает использование процедур агрегирования.

Поэтому предлагается следующая комплексная процедура оценивания гомеостаза университета с использованием идей комплексного оценивания из работ [2,3]:

1) составление списка исходных показателей по группам НИР, УМР, ИПР на уровне кафедры;

2) приписывание каждому показателю порядковой оценки

$$x_{ijk}, y_{ijk}, z_{ijk} \in \{2,3,4,5\},$$

где 2 - "плохо", 3 - "удовлетворительно", 4 - "хорошо", 5 - "отлично";
x - НИР; y - УМР; z - ИПР; i - номер факультета; j - номер кафедры; k - номер показателя. Тогда $X = \| x_{ijk} \|, Y = \| y_{ijk} \|, Z = \| z_{ijk} \|$- матрицы оценок исходных показателей для кафедр;

3) вычисление индексов НИР, УМР, ИПР на уровне кафедры:

$$x_{ij} = f_{ij}(X), y_{ij} = g_{ij}(Y), z_{ij} = h_{ij}(Z);$$

для простоты и универсальности целесообразно считать (хотя бы в первом приближении), что $\forall i, j\ f_{ij} = g_{ij} = h_{ij} = F$ (единая процедура агрегирования);

4) вычисление индексов НИР, УМР, ИПР на уровне факультетов: $x_i = \frac{1}{n_i}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$, n_i - число кафедр на факультете i; y_i, z_i вычисляются аналогично, дробные значения округляются по обычным правилам;

5) вычисление индексов НИР, УМР, ИПР на уровне университета: $x = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} x_i$, m - число факультетов в университете; y, z вычисляются аналогично, дробные значения округляются по обычным правилам;

6) ранжирование кафедр в трехмерном пространстве факультета, факультетов в трехмерном пространстве университета; университетов в трехмерном пространстве страны (мира).

Рассмотрим конкретную комплексную процедуру оценивания в качестве иллюстративного примера. Специфику процедуры определяют ее первые три пункта, поскольку индексы на уровне факультета и университета получаются простым усреднением соответствующих значений индексов предыдущего уровня.

1. Список предлагаемых исходных показателей гомеостаза на уровне кафедры приведен в таблице 1. В основном они соответствуют стандартной отчетности, хотя имеются некоторые дополнения и изменения. При фиксированных номерах кафедры и факультета достаточно нумеровать показатели.

Таблица №1

Показатели гомеостаза по группам на уровне кафедры

НИР	УМР	ИПР
x_1 - число опубликованных за год	y_1 - число опубликованных за год	z_1 - объем привлеченного

статей в изданиях из списка Web of Science/ Scopus	учебников и учебных пособий с официальным грифом	финансирования
x_2 - число опубликованных за год статей в изданиях из списка ВАК	y_2 - число подготовленных электронных образовательных ресурсов	z_2 - число договоров с внешними партнерами (базовые кафедры на предприятиях, совместные образовательные и исследовательские проекты и т.п.)
x_3 - число сделанных сотрудниками кафедры за год докладов на международных конференциях	y_3 - число защищенных под руководством сотрудников кафедры магистерских диссертаций	
x_4 - число докторских и кандидатских диссертаций, защищенных за три года сотрудниками кафедры или под их руководством	y_4 - средняя успеваемость в группах, где ведут занятия сотрудники кафедры	
x_5 - число сотрудников кафедры, участвующих в редколлегиях научных журналов, оргкомитетах конференций и диссертационных советах		
x_6 - число подготовленных рецензий на статьи и отзывов на диссертации и авторефераты		

2. Конечно, наибольшую трудность представляет приписывание предложенным показателям оценок на порядковой шкале {2,3,4,5}. Предлагаемые правила заведомо не единственно возможные и носят

условный характер, но базируются на опыте и некоторых правдоподобных рассуждениях. Рассмотрим показатели НИР (УМР и ИПР аналогично):

$$x_1 = \begin{cases} 5, u_1 \geq 1; \\ 4, 0.5 \leq u_1 < 1; \\ 3, 0.25 \leq u_1 < 0.5; \\ 2, u_1 < 0.25, \end{cases}$$

где u_1 - число опубликованных статей указанного типа в расчете на одного сотрудника кафедры;

$$x_2 = \begin{cases} 5, u_2 \geq 2; \\ 4, 1 \leq u_2 < 2; \\ 3, 0.5 \leq u_2 < 1; \\ 2, u_2 < 0.5, \end{cases}$$

где u_2 - число опубликованных статей указанного типа в расчете на одного сотрудника кафедры;

$$x_3 = \begin{cases} 5, u_3 \geq 1; \\ 4, 0.5 \leq u_3 < 1; \\ 3, 0.25 \leq u_3 < 0.5; \\ 2, u_3 < 0.25, \end{cases}$$

где u_3 - число сделанных докладов в расчете на одного сотрудника кафедры;

$$x_4 = \begin{cases} 5, d \geq 1 \text{ и } c \geq 3; \\ 4, c \geq 2; \\ 3, c \geq 1; \\ 2, c = d = 0, \end{cases}$$

где d - число докторских диссертаций, c - число кандидатских диссертаций;

$$x_5 = \begin{cases} 5, u_4 \geq 1; \\ 4, 0.5 \leq u_4 < 1; \\ 3, 0.25 \leq u_4 < 0.5; \\ 2, u_4 < 0.25, \end{cases}$$

где u_1 - число позиций указанного типа в расчете на одного сотрудника кафедры;

$$x_6 = \begin{cases} 5, u_5 \geq 2; \\ 4, 1 \leq u_5 < 2; \\ 3, 0.5 \leq u_5 < 1; \\ 2, u_5 < 0.5, \end{cases}$$

где u_5 - число рецензий или отзывов в расчете на одного сотрудника кафедры.

3. Если факультет и кафедра фиксированы, то матрицы оценок X,Y,Z становятся векторами и построение индексов НИР, УМР и ИПР кафедры - это задание функции агрегирования

$$F : P^{k_i} \to P,$$

где $P = \{2,3,4,5\}$, k_i - число показателей группы i=1,2,3 (таблица 1.3.1). Обозначим $p = (p_1,..., p_{k_i}) \in P^{k_i}$ - набор значений показателей i-й группы. Возможные варианты процедур агрегирования:

1) $F_{\max} = \max\limits_{1 \leq j \leq k_i}\{p_j\}$ - предельно мягкая оценка;

2) $F_{\min} = \min\limits_{1 \leq j \leq k_i}\{p_j\}$ - предельно жесткая оценка;

3) $F_{maj} = p_{maj}$, где $|\{p_{maj}\}| > k_i / 2$ - оценка по большинству;

4) $F_{med} = p_{med}$, где p_{med} - медиана (средний член упорядоченной по возрастанию последовательности p) - усредненная оценка;

5) $F_w = \sum_{j=1}^{k_i} w_j p_j$ - взвешенная оценка (требует субъективного назначения весов w_j, где $w_j \geq 0, \sum_{j=1}^{k_i} w_j = 1$). Заметим, что использование третьего и четвертого способов агрегирования в общем случае требует нечетного числа исходных показателей.

Выбор процедуры агрегирования носит принципиальный характер, поскольку исходные показатели из таблицы 1 неравнозначны. Приведем иллюстративный численный пример (таблица 2). Пусть число сотрудников кафедры равно 10.

Таблица №2

Показатели НИР

Исходное значение показателя	Удельная величина (если нужна)	Оценка показателя	Индекс НИР
6	$u_1 = 0.6$	$x_1 = 4$	$F_{max} = 5$
21	$u_2 = 2.1$	$x_2 = 5$	$F_{min} = 3$
7	$u_3 = 0.7$	$x_3 = 4$	$F_{maj} = 4$
c = 2, d = 0	c = 2, d = 0	$x_4 = 4$	F_{med} не определена (четное число показателей)
4	$u_4 = 0.4$	$x_5 = 3$	$F_w = [4.1] = 4$, w=(0.3,0.3,0.1,0.1,0.1,0.1)
6	$u_5 = 0.6$	$x_6 = 3$	

Очевидно, первые два способа индексирования не слишком адекватны, поскольку дают крайние оценки, совпадающие лишь с одной-двумя компонентами из шести. Адекватными следует считать остальные способы, приводящие к одинаковому значению индекса (при использовании взвешенной оценки - после округления до целого значения).

Модели оптимизации кадровой структуры факультета

Представим кадровый состав некоторого факультета набором

$$N = \{N_p, N_d, N_a\} = \left\{\{N_{pj}\}_{j=1}^{m}, \{N_{dj}\}_{j=1}^{m}, \{N_{aj}\}_{j=1}^{m}\right\},$$

где N_p, N_d, N_a - множества профессоров, доцентов и ассистентов (вместе со старшими преподавателями) соответственно; m - число кафедр на факультете; j - номер кафедры.

Тогда можно сформулировать следующие двойственные задачи дискретного программирования:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{m}\left[\sum_{i=1}^{k_1}\lambda_{ij}x_{ij} + \sum_{i=1}^{k_2}\mu_{ij}y_{ij} + \sum_{i=1}^{k_3}\nu_{ij}z_{ij}\right] \to \max\limits_{n_p, n_d, n_a \in Z_+} & (1) \\ s_p n_p + s_d n_d + s_a n_a = R & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} s_p n_p + s_d n_d + s_a n_a \to \min\limits_{n_p, n_d, n_a \in Z_+} & (3) \\ x_{ij} \ge x_i^*, i = 1,...,6;\ y_{ij} \ge y_i^*, i = 1,...,4;\ z_{ij} \ge z_i^*, i = 1,2;\ j = 1,...,m. & (4) \end{cases}$$

При этом используется дополнительное условие

$$w_{ij} = f_i(n_{pj}, n_{dj}, n_{aj}) = \begin{cases} w_i^H, (n_{pj}, n_{dj}, n_{aj}) \in N_i^H, \\ w_i^L, otherwise, i = 1,...,k_l; \end{cases} \quad w_{ij} \in \{x_{ij}, y_{ij}, z_{ij}\}, \quad (5)$$

которое позволяет говорить о парах задач (1)-(2) и (3)-(4) как двойственных.

Здесь x_{ij}, y_{ij}, z_{ij} - показатели НИР, УМР и ИПР; x_i^*, y_i^*, z_i^* - их гомеостатические значения; $\lambda_{ij}, \mu_{ij}, \nu_{ij}$ - соответствующие весовые коэффициенты; i - номер показателя; k_1, k_2, k_3 - число показателей каждой группы; s_p, s_d, s_a - заработная плата соответствующих категорий преподавателей; R - суммарный фонд зарплаты факультета; w_i^L, w_i^L - высокое и низкое значения показателей $\{x_{ij}, y_{ij}, z_{ij}\}$ $(w_i^H > w_i^L)$; N_i^H - множество значений (n_p, n_d, n_a), обеспечивающих достижение w_i^H; $k_l \in \{k_1, k_2, k_3\}$; $n_z = |N_z|, z \in \{p, d, a\}$.

В частности, данная постановка позволяет оценить эффективность попарного объединения кафедр факультета, весьма актуального в условиях сокращения штатной численности профессорско-преподавательского состава. Для этого нужно рассмотреть C_m^2 возможных объединений кафедр k и l, $k, l = 1,...,m$, приводящих к значениям численности $n_{pk} + n_{pl}, n_{dk} + n_{dl}, n_{ak} + n_{al}$, и решить задачи (1)-(2), (3)-(4) с учетом (5).

Помимо стандартных методов дискретной оптимизации [5-7], для решения задач (1)-(5) целесообразно использовать методы имитационного моделирования [8,9]. В этом случае значения управляющих переменных задаются по сценариям, и задача сводится к трудно формализуемому поиску небольшого числа таких сценариев, позволяющему получить достаточно хорошее приближение к оптимальному решению.

Заключение

В статье рассмотрены постановки прикладных задач управления образовательными организациями: комплексного оценивания и кадровой оптимизации структуры факультета и университета. Для формализации использованы методы дискретной оптимизации. В обеих задачах важную роль играет понятие гомеостаза образовательной организации, которое в статической постановке означает, что значения основных показателей функционирования должны принадлежать заданным диапазонам, устанавливаемым по содержательным соображениям. Для решения сложных задач дискретной оптимизации, помимо стандартных методов, целесообразно применять имитационное моделирование.

Литература

1. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: Физматлит, 2007. 584 с.

2. Новиков Д.А. Введение в теорию управления образовательными системами. М.: Эгвес, 2009. 156 с.

3. Новиков Д.А., Суханов А.Л. Модели и механизмы управления научными проектами в ВУЗах. М.: Институт управления образованием РАО, 2005. 80 с.

4. Мальсагов М.Х. Учреждение высшего образования как активная система. Инженерный вестник Дона. 2018. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5122.

5. Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование. М.: Физматлит, 2007. 304 с.

6. Lee J. A First Course in Combinatorial Optimization. Cambridge University Press, 2004. 211 p.

7. Hammer P. L., Johnson E. L., Korte B. H. Discrete Optimization II, Annals of Discrete Mathematics, 2000, 5, pp. 427–453.

8. Law A., Kelton D. Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill, 2000. 752 p.

9. Ougolnitsky G.A., Usov A.B. Computer Simulations as a Solution Method for Differential Games. Computer Simulations: Advances in Research and Applications. Eds. M.D. Pfeffer and E. Bachmaier. N.Y.: Nova Science Publishers, 2018. pp.63-106.

10. Мальсагов М.Х. Модель экономической коррупции как игра в развёрнутой форме. Инженерный вестник Дона. 2018. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5381.

References

1. Novikov D.A. Teoriya upravleniya organizatsionnimi sistemami [Theory of Control in Organizational Systems]. M.: Fizmatlit, 2007. 584 c.

2. Novikov D.A. Vvedenie v teoriyu upravleniya obrazovatel'nimi sistemami [Introduction to the Theory of Control in Education Systems]. M.: Egves, 2009. 156 c.

3. Novikov D.A., Sukhanov A.L. Modeli i mekhanizmi upravleniya nauchnimi proektami v VUZah [Models and Mechanisms of Control of Research Projects in Universities]. M.: Institut upravleniya obrazovaniem RAO, 2005. 80 c.

4. Malsagov M. Kh. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2018. №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/ n3y2018/5122.

5. Sigal I.Kh., Ivanova A.P. Vvedenie v prikladnoe diskretnoe programmirovanie [Introduction to the Applied Discrete Programming]. M.: Fizmatlit, 2007. 304 c.

6. Lee J. A First Course in Combinatorial Optimization. Cambridge University Press, 2004. 211 p.

7. Hammer P. L., Johnson E. L., Korte B. H. Discrete Optimization II, Annals of Discrete Mathematics, 2000, 5, pp. 427–453.

8. Law A., Kelton D. Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill, 2000. 752 p.

9. Ougolnitsky G.A., Usov A.B. Computer Simulations as a Solution Method for Differential Games. Computer Simulations: Advances in Research and Applications. Eds. M.D. Pfeffer and E. Bachmaier. N.Y.: Nova Science Publishers, 2018. pp.63-106.

10. Malsagov M. Kh. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2018. №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2018/5381.