

МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ОТБОРА НА ОСНОВЕ ПОПАРНОГО СРАВНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВ В ЗАДАЧЕ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ

В. А. Атрощенко, И. С. Семенюта

Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар

Поступила в редакцию 10.03.2011 г.

Аннотация. Предлагается решить задачу оптимального размещения занятий при автоматизированном составлении расписания занятий вуза с учетом упорядочивания альтернатив. В качестве основной методики предложен метод попарного сравнения порогов совместимости ЭЛЕКТРА (ELECTRE – Elimination Et Choix Traduisant la Realite – исключение и выбор, отражающие реальность).

Ключевые слова: многокритериальность, приоритет, критерий отбора, шкала оценок, вес критерия, множество альтернатив, гипотеза о превосходстве, индекс согласия, индекс несогласия, ядро альтернатив.

Annotation. This article offers to solve a problem of optimum placing of employment at the automated drawing up of lesson schedule of high school taking into account ordering of alternatives. As the basic technique the method of paired comparison of thresholds of compatibility ЭЛЕКТРА (ELECTRE – Elimination Et Choix Traduisant la Realite – an exception and a choice reflecting a reality) is offered.

Keywords: multicriteriaity, a priority, criterion of selection, a rating scale, criterion weight, set of alternatives, a hypothesis about the superiority, a consent index, a disagreement index, a kernel of alternatives.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос автоматизированного составления расписания занятий в некоторых вузах всё ещё остаётся открытым. Это объясняется многокритериальностью и многовариантностью задачи составления оптимального расписания. Методистам отдела учебного планирования вуза приходится сталкиваться с большим количеством ограничений по аудиторному фонду, времени, приоритетами профессорско-преподавательского состава (ППС), человеческим фактором и оперативной модификацией расписания и т.п. Следовательно, из множества возможных вариантов размещения занятия в расписании необходимо выбрать наиболее подходящую для максимального удовлетворения возможных ограничений [1]. Эту задачу предлагается решить при помощи попарного сравнения альтернатив по методу порогов совместимости ЭЛЕКТРА [2].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Пусть дано множество, состоящее из m критериев z_1, \dots, z_m с количественными шкалами

оценок; множество номеров критерия обозначим $I = \{1, \dots, m\}$; веса критериев $\alpha_1, \dots, \alpha_m$; множество n альтернатив $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ с оценками по критериям $z_1 = f_1(x_k), \dots, z_m = f_m(x_k), k = 1, \dots, n$.

Чтобы выбрать лучшую группу альтернатив, на первом этапе производится сравнение всех имеющихся альтернатив. Для пары альтернатив $x_a, x_b \in X$ по критериальным оценкам $f_1(x_a), \dots, f_m(x_a)$ и $f_1(x_b), \dots, f_m(x_b)$ вычисляются значения двух специальных индексов – согласия и несогласия. Они определяют согласие или несогласие, что альтернатива $x_a \in X$ превосходит альтернативу $x_b \in X$.

Выдвигается гипотеза о превосходстве альтернативы x_a над альтернативой x_b . Множество номеров критерия $I = \{1, \dots, m\}$ разбивается на три подмножества:

$I^+(x_a, x_b) = \{i : f_i(x_a) \succ f_i(x_b)\}$ – подмножество критериев, по которым x_a предпочтительнее x_b .

$I^\infty(x_a, x_b) = \{i : f_i(x_a) \infty f_i(x_b)\}$ – подмножество критериев, по которым x_a эквивалентно x_b .

$I^-(x_a, x_b) = \{i : f_i(x_a) \prec f_i(x_b)\}$ – подмножество критериев, по которым x_b предпочтительнее x_a .

Вводим $C_{x_a x_b}$ – индекс согласия с гипотезой о превосходстве x_a над x_b и $d_{x_a x_b}$ – индекс несогласия с гипотезой о превосходстве x_a над x_b . Индекс согласия находим как отношение суммы весов критериев подмножеств $I^+(x_a, x_b)$ и $I^-(x_a, x_b)$ к общей сумме весов (1):

$$C_{x_a x_b} = \frac{\sum_{i \in I^+(x_a, x_b)} \alpha_i}{\sum_{i=1}^m \alpha_i}. \quad (1)$$

Индекс несогласия $d_{x_a x_b}$ определяем на основе учета относительных значений проигрышей альтернативы x_a альтернативе x_b . Для каждого критерия z_i из подмножества $i \in I^-(x_a, x_b)$ вычисляются разности значений критерия для альтернатив x_a, x_b . Полученное значение делится на длину шкалы этого критерия, затем в качестве индекса несогласия принимается наибольшее относительное значение (2).

$$d_{x_a x_b} = \max_{i \in I^-(x_a, x_b)} \frac{|f_i(x_b) - f_i(x_a)|}{L_i}. \quad (2)$$

где L_i – длина шкалы по i -му критерию.

Из выражений (1) и (2) имеем свойства индексов согласия (3) и несогласия (4).

$$0 \leq d_{x_a x_b} \leq 1, \quad (3)$$

$$0 \leq C_{x_a x_b} \leq 1. \quad (4)$$

$C_{x_a x_b} = 1$, если подмножество $I^-(x_a, x_b)$ пусто; $C_{x_a x_b}$ сохраняет значение при замене одного критерия на несколько с тем же общим весом.

$d_{x_a x_b}$ сохраняет значение при введении более детальной шкалы по i -му критерию при той же её длине.

На втором этапе задаются уровни согласия и несогласия (пороговые значения), с которыми сравниваются значения вычисленных индексов для каждой пары альтернатив. Если индекс согласия выше заданного уровня, а индекс несогласия – ниже, то одна из альтернатив превосходит другую. То есть если $C_{x_a x_b} \geq C_1$ и $d_{x_a x_b} \leq d_1$, то альтернатива x_a объявляется лучшей по сравнению с альтернативой x_b , т.е. альтернатива x_a – доминируемая. В противном случае альтернативы несравнимы.

Третий этап: из множества альтернатив удаляются доминируемые, а оставшиеся альтернативы образуют ядро. При этом альтернативы, входящие в ядро, могут быть эквивалентными или несравнимыми.

Четвёртый этап: последовательно вводятся меньший по значению уровень согласия и больший уровень несогласия (более слабые пороговые значения), такие, что: $C_{r+1} \leq C_r$ и $d_{r+1} \leq d_r$, $r = 2, 3, \dots$, при которых выделяются ядра с наименьшим количеством альтернатив.

Процесс поиска лучших альтернатив останавливается, когда число альтернатив в ядре приемлемо для лица, принимающего решение (ЛПР) либо их количество меньше заранее заданного.

В последнее ядро входят наилучшие альтернативы, а последовательность ядер определяет упорядоченность альтернатив по качеству.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Например, пусть заданы альтернативы x_1, x_2, x_3, x_4 , которые оценены по следующим критериям: z_1 – приоритет преподавателя ($z_1 = 1, 2, 3, 4$), z_2 – время переходов между корпусами (в мин), z_3 – количество занятых аудиторий одной кафедры. Результаты оценивания альтернатив приведены в таблице 1.

Таблица 1

Альтернатива	Критерий		
	z_1	z_2	z_3
x_1	1	10	2
x_2	3	30	5
x_3	4	60	8
x_4	2	15	3

Пусть веса критериев $\alpha_1 = 3$, $\alpha_2 = 2$, $\alpha_3 = 1$, а соответствующие длины шкал критериев $L_1 = 10$, $L_2 = 120$, $L_3 = 15$.

Вес критерия α_1 наибольший, поскольку при составлении расписания занятий в первую очередь необходимо учитывать приоритет профессорско-преподавательского состава, в частности занятость проректоров, деканов и заведующих кафедрами [3].

В таблицах 2 и 3 вычислены значения индексов согласия и несогласия соответственно из выражений (1) и (2).

Таблица 2

Значения индексов согласия.

Альтернатива	x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	–	0,83	0,83	0,16
x_2	0,83	–	0,83	0,16
x_3	0,16	0,16	–	0,16
x_4	0,16	0,83	0,83	–

Таблица 3
Значения индексов несогласия

Альтернатива	x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	–	0,2	0,4	0,06
x_2	0,2	–	0,2	0,125
x_3	0,416	0,25	–	0,375
x_4	0,416	0,13	0,33	–

Зададим уровни согласия и несогласия, с которыми сравниваются вычисленные индексы для каждой пары альтернатив: $C_1 \geq 0,83$ и $d_1 \leq 0,2$.

Далее из множества альтернатив удаляются доминируемые альтернативы. Вначале удаляется альтернатива x_3 , поскольку при попарном сравнении для всех альтернатив с индексом $C_1 \geq 0,83$ альтернатива x_3 является наименее предпочтительной. Кроме того, при сравнении индексов $d_1 \leq 0,2$ из таблицы 3 определяется, что индексы несогласия у этой альтернативы самые высокие, то есть она не подходит к гипотезе о предпочтении альтернатив. И действительно, по данным таблицы 1 данная альтернатива является самой слабой, так как у нее 2 критерия из трёх возможных уступают остальным альтернативам (самый низкий приоритет ППС и максимально допустимое время переходов между корпусами). Аналогично удаляется альтернатива x_2 . Оставшиеся альтернативы образуют первое ядро (таблицы 4 и 5).

Таблица 4
Значения индексов согласия первого ядра альтернатив

Альтернатива	x_1	x_4
x_1	–	0,16
x_4	0,16	–

Таблица 5
Значения индексов несогласия первого ядра альтернатив

Альтернатива	x_1	x_4
x_1	–	0,06
x_4	0,416	–

На следующем этапе вводятся более «слабые» значения уровней согласия и несогласия: $C_1 \geq 0,16$ и $d_1 \leq 0,25$. Из таблицы 4 можно сделать вывод, что альтернативы x_1 и x_4 несравнимы. Но проанализировав значения индексов несогласия из таблицы 5 можно оп-

ределить, что альтернатива x_1 предпочтительнее альтернативы x_4 . В последнее ядро входит наилучшая альтернатива x_1 (у нее наивысший приоритет ППС и минимальное время перехода, а третий критерий занятости аудиторий уступает остальным альтернативам, однако необходимо учесть, что критерий z_3 имеет самый малый вес). Последовательность ядер определяет упорядоченность альтернатив по качеству: $x_1 \succ x_4 \succ x_2 \succ x_3$. Упорядоченные альтернативы представлены в таблице 6.

Таблица 6
Упорядоченные по качеству альтернативы

Альтернатива	Критерий		
	z_1	z_2	z_3
x_1	1	10	2
x_4	2	15	3
x_2	3	30	5
x_3	4	60	8

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, преимущество данной методики с использованием метода ЭЛЕКТРА в том, что лицо, принимающее решение может поэтапно выделить предпочтения в процессе назначения уровней согласия и несогласия альтернатив. При использовании отношений несравнимости данная методика позволяет выделить пары альтернатив с противоречивыми оценками и остановиться на ядре, формирование которого достаточно обоснованно с точки зрения имеющейся информации. Удаление наименее предпочтительных альтернатив даёт возможность упорядочить имеющиеся варианты размещения информационных элементов учебного процесса по заданному приоритету при составлении расписания занятий вуза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атрощенко В. А. Обобщенный критерий эффективности задачи принятия решений в системе составления расписаний занятий вуза / В. А. Атрощенко, И. С. Семенюта // Труды VII Международной научно-практической конференции «Экопром-2009» в период 30.09–03.10.2009 гг. – СПб.: Изд-во Политехн.ун-та, 2009 – 752 с.
2. Рыков А. С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации / А. С. Рыков. – М. : Издательский Дом МИСиС, 2009. – 608 с.
3. Атрощенко В. А. К вопросу проектирования автоматизированной системы составления расписаний с учетом приоритетов заявок / В. А. Атрощенко,

И. С. Семенюта // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практи-

ческое применение. Современное состояние и пути развития '2010». Том 5. Технические науки. – Одесса: Черноморье, 2010. – 80 с.

Атрощенко Валерий Александрович – доктор технических наук, профессор, зав. каф. информатики, декан факультета компьютерных технологий и автоматизированных систем, Кубанский государственный технологический университет.

Atroschenko Valeriy Alexandrovich – D., Professor, Head. Department. Informatics, Dean, Faculty of computer technologies and automated systems, Kuban State Technological University.

Семенюта Ирина Сергеевна – аспирантка 3-го года обучения очной бюджетной формы, специальность 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации», кафедра информатики, факультет компьютерных технологий и автоматизированных систем, Кубанский государственный технологический университет. E-mail: isemenuta@rambler.ru

Semenyuta Irina Sergeevna – a graduate 3rd year teaching full-time budget form, specialty 05.13.01 “System analysis, management and information processing”, Dept. of Computer Science, Faculty of computer technologies and automated systems, Kuban State Technological University. E-mail: isemenuta@rambler.ru