

УДК 621-501.72

А.А. Стенин, П.С. Хоменко, Ю.А. Рыбенко
**СОЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ РАБОЧИХ
ГРУПП ОПЕРАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И
ОБЪЕКТОВ ДВИЖЕНИЯ**

Анотація. Запропоновано метод формування ефективних робочих груп операторів, оснований на досягненні максимуму соціометричного показника сумісності членів робочих груп. Запропонований алгоритм формування істотно скорочує число варіантів та виключає безвихідні ситуації.

Введение

Характеризуя операторскую деятельность в ЭС, нельзя не отметить следующее обстоятельство. В управлении технологическими процессами или объектами движения участвуют, как правило, коллективы операторов. Во многих случаях игнорирование взаимодействия в коллективах операторов может являться одной из причин снижения показателей качества работы системы в целом.

Экипаж (группа операторов) является полиэргатической системой, качество функционирования которой определяется характеристиками не только отдельных операторов, но и коллектива как целого. Качество функционирования зависит от множества факторов, таких как слаженность коллектива, совместимость его членов, структура связей в коллективе, распределение функций и так далее.

В зависимости от количества коллективы могут быть большие и малые, и поведение при этом может иметь существенные изменения. Кроме функциональных (деловых) контактов, возникают неофициальные (эмоциональные), которые оказывают взаимное влияние.

Все это подчеркивает сложность анализа деятельности группы операторов в эргатических системах.

Постановка задачи

Для коллектива операторов, если он рассматривается как целое, гораздо сложнее получить количественные характеристики,

© Стенин А.А., Хоменко П.С., Рыбенко Ю.А., 2010

подобные характеристикам одного оператора, а некоторые характеристики вообще присущи только коллективу и не имеют аналогов для одного оператора. При анализе деятельности группы операторов возникает проблема оценки групповой деятельности операторов.

Известно [1], что эффективность функционирования любой эргатической системы (ЭС) в целом в значительной степени зависит от надежности человеческого звена, а также от того, насколько неформальная структура группы совпадает с формальной.

Для установления неформальной структуры группы модель деятельности группы должна обеспечивать, в первую очередь, установление имеющихся группировок, влияние лиц, вносящих в среду общения элементы раздора, неприязни, вражды и так далее. Решение этих вопросов может быть осуществлено как с помощью аналитических методов, так и на основе использования социометрического метода.

Аналитические модели, как правило, применяют на этапах проектирования ЭС

Использование социометрического метода оказывается более выгодным, по сравнению с методами математического моделирования при комплектовании рабочих групп из реальных специалистов. Он позволяет без больших материальных затрат получить более точные сведения о характеристиках конкретной группы специалистов.

Формирование рабочей группы

Суть социометрического метода заключается в том, что членам группы предлагается ответить на ряд вопросов-криетриев, направленных на выявление их взаимоотношений, взаимных оценок тех или иных качеств личности и поведения при непосредственном общении. Например, в качестве критерия сотрудничества каждому оператору может быть задан вопрос “С кем Вы хотели (не хотели) бы выполнять вместе определенную работу по управлению ЭС?”

Данные ответов заносятся в специальную таблицу, пример которой представлен в табл. 1. Здесь рассматривается подбор экипажей, состоящих из трех операторов – оператора x , оператора y и оператора z . В соответствующих клетках этой таблицы представлен результат ответа каждого оператора на поставленный вопрос-критерий. Значение $+1$ означает положительный выбор, -1 –

отрицательный выбор, 0 – нейтральный (отсутствие выбора). Личная позиция каждого оператора в системе взаимоотношений может быть количественно описана числом, как сумма оценок отдельных значений соответствующего данному оператору столбца.

Обобщенный социометрический показатель исследуемой группы операторов вычисляется по формуле [1]:

$$A = \sum_{i=1}^n (Ax_i + Ay_i + Az_i), \quad (1)$$

где Ax_i, Ay_i, Az_i – социометрический показатель отдельного оператора (командира, инженера, технолога), n – число операторов в группах x, y, z .

Таблица 1

Карта опросов членов группы

		Оператор X				Оператор Y				Оператор Z			
		x_1	x_2	x_3	x_4	y_1	y_2	y_3	y_4	z_1	z_2	z_3	z_4
Командир X	x_1	X	X	X	X	0	0	-1	1	1	0	0	1
	x_2	X	X	X	X	1	0	0	-1	0	0	-1	1
	x_3	X	X	X	X	1	0	0	0	-1	0	0	0
	x_4	X	X	X	X	-1	1	0	0	1	1	1	0
Инженер Y	y_1	-1	0	0	1	X	X	X	X	1	0	0	1
	y_2	1	0	0	0	X	X	X	X	1	-1	0	0
	y_3	0	0	1	1	X	X	X	X	1	1	0	0
	y_4	1	1	0	0	X	X	X	X	-1	1	0	0
Технолог Z	z_1	-1	0	0	0	1	0	0	0	X	X	X	X
	z_2	1	0	0	1	0	1	-1	0	X	X	X	X
	z_3	1	1	0	0	-1	1	0	0	X	X	X	X
	z_4	0	1	1	0	0	0	1	1	X	X	X	X
Σ		2	3	2	3	1	3	-1	1	3	2	0	3

Из таблицы 1 видно, что обобщенный социометрический показатель исследуемой группы является положительным ($A = 22$) и достаточно высоким, что является признаком хорошей социально-психологической совместимости членов группы.

Далее, спецификой использования социометрического метода в данном случае, в отличие от известных работ [2], является то, что задача состоит в формировании отдельных экипажей (в рассматриваемом случае четырех экипажей), структура взаимоотношений в которых была бы положительной с максимально высоким частным социометрическим показателем R_i , определяемым на основе графического изображения взаимодействий в каждом экипаже.

Один из примеров такого графического изображения произвольным образом составленных четырех экипажей для групп операторов $x_1 - y_3 - z_2; x_2 - y_1 - z_1; x_3 - y_2 - z_4; x_4 - y_4 - z_3$ с учетом данных таблицы 1, приведен на рис. 1.

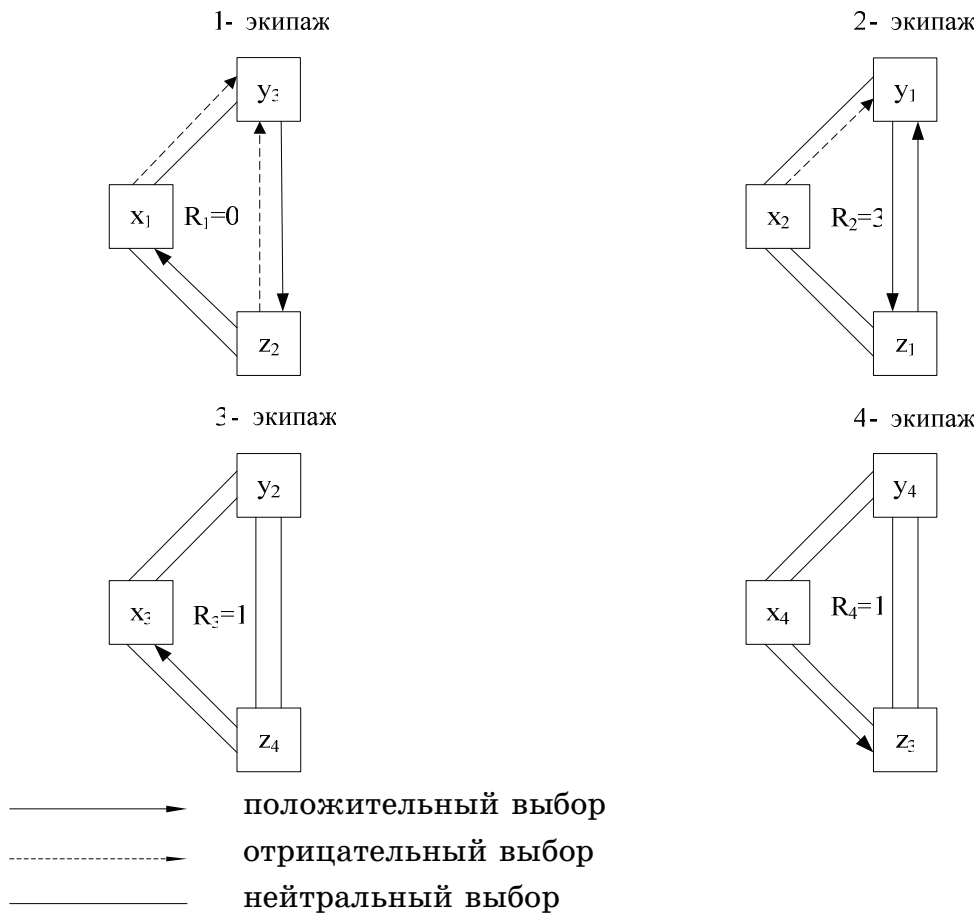


Рисунок 1– Графическое изображение взаимодействий в экипаже

Как видно из рис. 1, наиболее предпочтительно в указанном ранее смысле выглядит второй экипаж, у которого положительные взаимоотношения и достаточно высокий $R_2 = 3$ (в данном случае $R_{max} = 6$). Наименее предпочтительно выглядит первый экипаж ($R_1 = 0$ и отрицательные отношения). Естественно, что такой выбор экипажей нежелателен и не является оптимальным.

На примере таблицы 1 можно показать, не теряя общности результатов, алгоритм решения задачи формирования экипажей с положительными взаимоотношениями и

$$\sum_{i=1}^n R_i \rightarrow \max. \quad (2)$$

Легко убедиться, что максимальное число вариантов формирования экипажа из операторов различных функциональных групп (например, в рассматриваемом случае — это группа командиров — x , группа инженеров — y , группа технологов — z) будет определяться по формуле

$$N_{var} = n^m, \quad (3)$$

где n — число операторов в каждой из функциональных групп, m — число членов в каждом экипаже.

В частности, для таблицы 1 $N_{var} = 64$.

Далее необходимо, во-первых, сформировать из полученного числа N_{var} число наборов $N_{ЭК}$ экипажей из n непересекающихся комбинаций (другими словами один и тот же оператор не может одновременно входить в несколько экипажей) по m операторов в каждом из экипажей, и, во-вторых, выбрать из полученного числа наборов $N_{ЭК}$ те, которые удовлетворяют оговоренным выше условиям.

Анализ показал, что число таких наборов $N_{ЭК}$ в общем случае определяется по формуле

$$N_{ЭК} = \prod_{i=0}^{n-1} (n-i)^{m-1}. \quad (4)$$

В частности, в рассматриваемом примере $N_{ЭК} = 576$.

На примере таблицы 1 можно показать, как существенно упростить процедуру формирования из общего числа наборов $N_{ЭК}$

только тех, для которых внутри экипажей существуют положительные взаимоотношения и $\sum_{i=1}^n R_i \rightarrow \max$.

На основании данных таблицы 1 формируются следующие парные матрицы Y_+X_+ , Z_+X_+ , Z_+Y_+ взаимного опроса (рис.2).

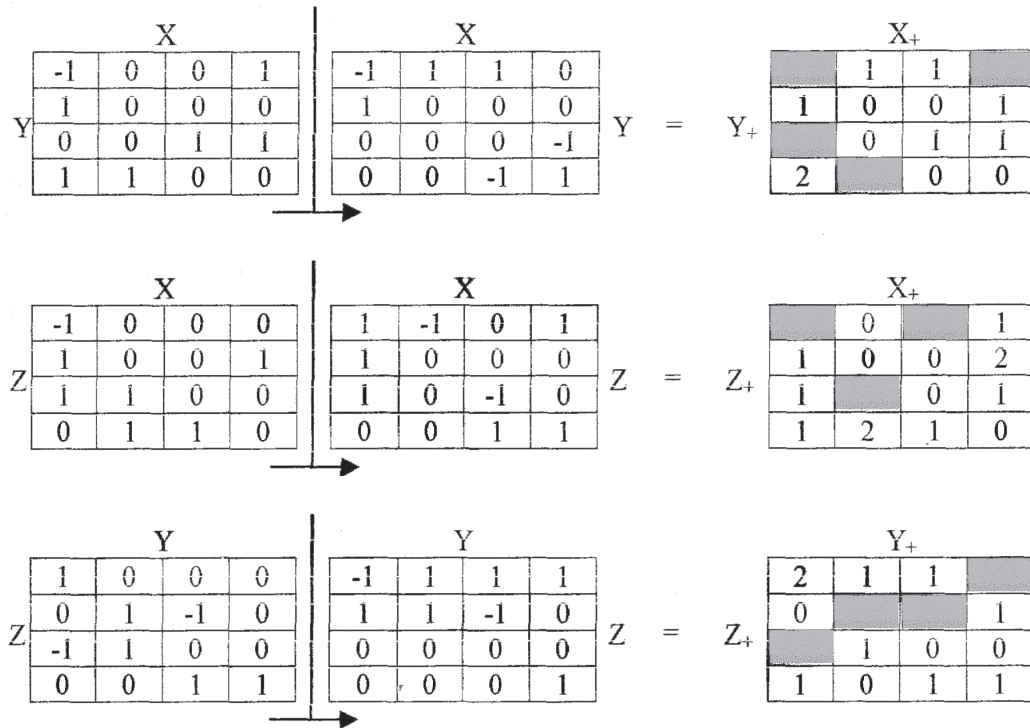


Рисунок 2 – Формирование матриц взаимного опроса

В дальнейшем, комбинации, в которых присутствуют заштрихованные элементы, не рассматриваются. Это существенно упрощает процедуру выбора, так как при отрицательных взаимоотношениях двух членов экипажей, любой третий член ничего исправить не может. Эта ситуация соответствует заштрихованным клеткам сводной таблицы комбинаций. В остальных клетках записывается сумма соответствующих элементов матриц Y_+X_+ , Z_+X_+ , Z_+Y_+ (табл. 2).

Из оставшихся комбинаций необходимо определить набор таких четырех непересекающихся комбинаций, для которых $\sum_{i=1}^n R_i \rightarrow \max$. Как правило, таких комбинаций может быть несколько.

Алгоритм формирования и анализа заключается в следующем. Выбирается строка с минимальным числом элементов. Далее рассматриваются все элементы этой строки следующим образом, относительно выбранного элемента вычеркиваются соответствующие строки и столбцы. Сводная матрица примет следующий вид (табл. 3, которая отображает случай, когда был выбран элемент $z_2x_1y_4$).

Таблица 2

Сводная таблица комбинаций

		Y_{1+}				Y_{2+}				Y_{3+}				Y_{4+}			
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1	x_2	x_3	x_4
Z_+	z_1		3				1				1		3				
	z_2		1	1										4		1	3
	z_3					3		1	3			1	2	3			1
	z_4		4	3		2	2	1	1		3	3	2	4		2	1

Таблица 3

Укороченная сводная таблица комбинаций

		Y_{1+}			Y_{2+}			Y_{3+}		
		x_2	x_3	x_4	x_2	x_3	x_4	x_2	x_3	x_4
Z_+	z_1	3			1		3	1		3
	z_3					1	3		1	2
	z_4	4	3		2	1	1	3	3	2

В новой укороченной таблице вновь выбирается строка с минимальным числом элементов, и просматриваются все элементы этой строки, причем относительно каждого элемента снова вычеркиваются соответствующие строки и столбцы и так далее.

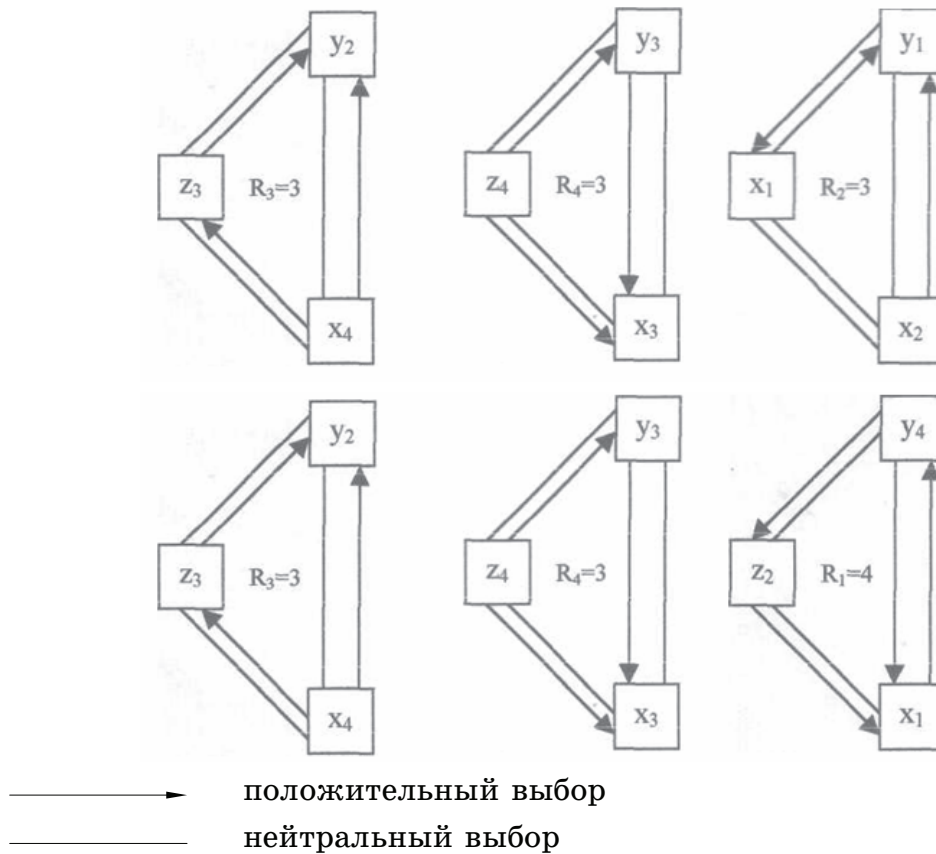


Рисунок 3 – Структура взаимоотношений в экипажах

В частности, для данных таблицы 1 есть один набор экипажей $z_1y_4x_1 - z_1y_1x_2 - z_3y_2x_4 - z_4y_3x_3$ с $\sum_{i=1}^n R_i = 13 = \max$ (структура их взаимоотношений представлена на рис.3), несколько, например $z_2y_4x_4 - z_1y_1x_2 - z_3y_2x_1 - z_4y_3x_3$ с $\sum_{i=1}^n R_i = 12$.

Следует отметить, что данный подход может быть использован и при ответе на целый ряд вопросов-критериев. В этом случае таблицы вида 1 налагаются друг на друга с суммированием значений соответствующих клеток каждой таблицы. Далее суммарная таблица обрабатывается указанным выше способом.

Экспериментально установлено [2], что более успешно выполняют учебные задачи те коллективы операторов, у которых не только выше социометрический показатель, но и более высокая степень психологической совместимости.

Степень психологической совместимости членов экипажа может быть оценена с помощью гомеостата [1], представляющего собой специальное устройство, состоящее из пульта экспериментатора и пульта операторов. На каждом из пультов операторов находится стрелочный прибор и потенциометр, меняющий положение стрелки прибора. В задачу каждого из операторов входит установление стрелки прибора в нуль, которая в исходном состоянии показывает некоторое значение. Все пульта операторов взаимосвязаны между собой, то есть вращение ручки одним оператором приводит к изменению положения стрелки не только своего прибора, но и приборов других операторов. Задачей группы операторов является установление стрелок всех приборов в нулевое положение. Принципиальной возможностью решения такой задачи является условие:

$$D_k \neq 0 \quad (5)$$

где D_k — определитель матрицы, составленной из коэффициентов взаимного влияния, в которой $k_{ij}(i = j) = 1$, $k_{ij}(i \neq j) = k$.

Заключение

В статье предложен метод формирования эффективных рабочих групп операторов, основанный на достижении максимума социометрического показателя совместимости членов рабочих групп. Предложенный алгоритм существенно сокращает число вариантов и исключает тупиковые ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах «Человек-техника». — М.:Машиностроение, 1983. — С. 224.
2. Зайцев В.С. Системный анализ операторской деятельности. — М.:Радио и связь, 1990. — С. 120.

Получено 02.09.2010г.