Тел.: 8(8634)371-625.
Кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

Гладкова Надежда Викторовна
Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.
E-mail: leo@tsure.ru.
347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.
Тел.: 8(8634)371-625.
Кафедра систем автоматизированного проектирования; старший преподаватель.

Gladkov Leonid Anatolievich
Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University".
E-mail: leo@tsure.ru.
44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.
Phone: 8(8634)371-625.
The Department of Computer Aided Design; associated professor.

Gladkova Nadegda Viktorovna
Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University".
E-mail: leo@tsure.ru.
44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.
Phone: 8(8634)371-625.
The Department of Computer Aided Design; senior teacher.

УДК 518.5:331.108.26

С.В. Скороход

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРУДОВОГО КОЛЛЕКТИВА В УСЛОВИЯХ ЧЁТКОЙ И НЕЧЁТКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Рассматривается задача подбора трудового коллектива из множества кандидатов. Предлагаются линейные оптимизационные модели для формирования коллектива с минимальным числом сотрудников и с минимальной зарплатой. Вводится понятие устойчивости коллектива. Описаны модели для построения устойчивого коллектива с заданным уровнем устойчивости. Разработан подход для решения аналогичных задач в случае нечёткой информации.

Формирование трудового коллектива; линейная оптимизационная модель; устойчивый коллектив; нечёткая информация.

S.V. Skorokhod

LABOUR GROUP OPTIMIZATION IN CONDITIONS OF THE CERTAIN OR FUZZY INFORMATION

The problem of selection of labour group from set of candidates is considered. Linear models for formation of group with the minimal number of employees and with the minimal salary are offered. The concept of group stability is entered. Models for construction of steady group with the set level of stability are described. The approach for the decision of similar problems is developed in case of the fuzzy information.

Formation of labour group; linear model; steady collective; the fuzzy information.

Введение. Человеческий капитал – наиболее ценная и важная часть любой организации. Какими прогрессивными не были бы оборудование, технологии, условия и организация труда – конечный результат во многом определяется качеством использующего их персонала. В связи с этим особую значимость приобретают вопросы оптимального подбора и расстановки сотрудников.

В данной работе рассматривается задача формирования замкнутого трудового коллектива [1]. Под замкнутым коллективом понимается группа сотрудников, решающих общую задачу в условиях, когда её пополнение новыми членами невозможно или нецелесообразно. Примером такой группы является временный трудовой коллектив, сформированный для решения некоторой творческой или технической проблемы. Привлечение в коллектив нового сотрудника в ходе выполнения работ крайне нежелательно, поскольку, не владея текущей проблематикой и используемыми подходами и технологиями, он может нанести больше вреда, чем пользы. Другим примером является группа специалистов, командированная на предприятие заказчика для решения некоторой технической проблемы. Её пополнение затруднительно по причине территориальной удалённости.

Формальное описание. Пусть требуется сформировать замкнутый коллектив и в нашем распоряжении имеется множество S из n сотрудников: $S=\{s_1 \dots s_n\}$. Исходя из системного анализа тех задач, которые ставятся перед этим коллективом, известен перечень компетенций K, которыми должны обладать его участники: $K=\{k_1 \dots k_m\}$. Известен перечень компетенций каждого сотрудника, который задаётся соответствием $\Gamma{:}S \rightarrow K$. Тогда задача сводится к отысканию такого подмножества сотрудников $G \subseteq S$, образ которого при соответствии Γ образует покрытие множества K.

Например, для разработки программного продукта нужен коллектив, список компетенций которого приведён в табл. 1. Имеется три кандидата $S=\{s_1, s_2, s_3\}$. График соответствия Γ и искомое множество G изображены на рис. 1.

Таблица 1

Список компетенций

Номер	*Компетенция*
k_1	Постановка задачи
k_2	Управление программным проектом
k_3	Программирование на языке С++
k_4	Программирование в системе 1С:Предприятие 8
k_5	Тестирование программного продукта
k_6	Составление программной документации

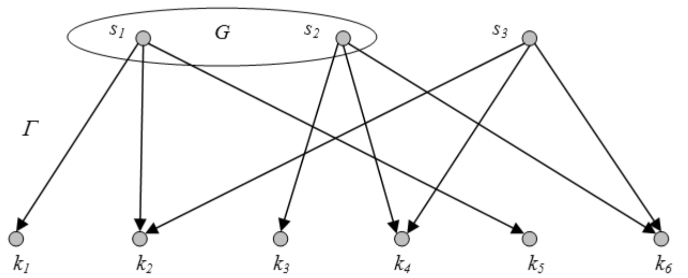

Рис. 1. Графическая интерпретация задачи

Рассматриваемая задача может быть поставлена в нескольких вариантах:

1. Сформировать коллектив с минимальным количеством сотрудников.
2. Сформировать коллектив с минимальной суммарной зарплатой.
3. Сформировать устойчивый трудовой коллектив с минимальным количеством сотрудников.
4. Сформировать устойчивый коллектив с минимальной суммарной зарплатой.

Оптимизационные модели. Сведём задачу к задаче линейного программирования с двоичными переменными [2]. Построим матрицу смежности $R=[r_{ij}]$ соответствия Γ:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & k_j \in \Gamma(s_i); \\ 0, & k_j \notin \Gamma(s_i). \end{cases} \tag{1}$$

Пример матрицы R для соответствия (см. рис. 1) приведён в табл. 2.

Таблица 2

Матрица смежности соответствия Γ

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
s_1	1	1	0	0	1	0
s_2	0	0	1	1	0	1
s_3	0	1	0	1	0	1

Введём n переменных по количеству элементов множества сотрудников S:

$$x_i = \begin{cases} 1, & s_i \in G; \\ 0, & s_i \notin G. \end{cases} \tag{2}$$

Целевая функция минимизирует количество элементов искомого множества G:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \to \min. \tag{3}$$

Ограничения отражают условие присутствия каждой из компетенций хотя бы у одного участника формируемого коллектива:

$$\sum_{i=1}^{n} r_{ij} x_i \geq 1,\ j = \overline{1,m}. \tag{4}$$

Для нахождения коллектива с минимальной зарплатой введём для каждого сотрудника $s_i \in S$ величину его зарплаты z_i. В этом случае можно воспользоваться моделью (1–4) с изменённой целевой функцией (3):

$$\sum_{i=1}^{n} z_i x_i \to \min. \tag{5}$$

Устойчивый трудовой коллектив. Вопрос устойчивости весьма важен, поскольку сотрудник может заболеть или уволиться. Если при этом на него были возложены уникальные обязанности и после выбытия нет подходящей замены, это может нанести существенный ущерб работе коллектива в целом.

Под устойчивостью трудового коллектива будем понимать его способность сохранять полный перечень компетенций при удалении из него одного или нескольких участников. Числом внутренней устойчивости коллектива назовём максимальное количество человек, выбытие которых не нарушает общей функциональности. Обозначим его γ.

Для коллектива G число внутренней устойчивости вычисляется по формуле:

$$\gamma = \min_{j=\overline{1,m}} \sum_{s_i \in G} r_{ij} - 1.$$

При формировании устойчивого коллектива число γ задаётся как внешний параметр модели. Его величина устанавливается методом экспертного опроса с учётом условий, специфики и важности возлагаемых на него задач. При этом учитывается, что с возрастанием γ растёт количество участников коллектива. Максимально возможное значение γ вычисляется по формуле:

$$\gamma_{\max} = \min_{j=\overline{1,m}} \sum_{s_i \in S} r_{ij} - 1.$$

Для нахождения устойчивого коллектива из минимального количества сотрудников с заданным числом внутренней устойчивости γ используем модель (1–4) с изменёнными ограничениями (4):

$$\sum_{i=1}^{n} r_{ij} x_i \geq \gamma + 1,\ j = \overline{1,m}. \tag{6}$$

Необходимым условием сходимости данной модели является выполнение для (6) неравенства $\gamma \leq \gamma_{max}$.

Для нахождения устойчивого коллектива с минимальной суммарной зарплатой и с заданным числом внутренней устойчивости γ используем модель (1), (2), (5), (6).

Случай нечётких исходных данных. Вернёмся к соответствию Γ и его матрице смежности R. Вариант (см. рис. 1 и см. табл. 2) предполагает, что при описании умений сотрудника имеется только два возможных значения: умение есть или умения нет. Как же быть в том случае, если он частично владеет тем или иным умением (компетенцией)?

Введём нечёткое соответствие $\tilde{\Gamma}$, матрица смежности $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]$ которого задаёт степень владения сотрудником той или иной компетенцией: $\tilde{r}_{ij} \in [0;1]$. Пример такой матрицы смежности приведён в табл. 3.

Таблица 3

Матрица смежности нечёткого соответствия $\tilde{\Gamma}$

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
s_1	0,8	0,9	0, 5	0,3	0,8	0
s_2	0,1	0,5	0,8	0,9	0,3	1
s_3	0,4	0,9	0,4	1	0,5	0,7

Анализ таблицы (см. табл. 3) показывает, что практически каждый сотрудник может выполнять любую работу, но с разным уровнем качества. Для обеспечения должного качества работы коллектива введём порог качества $\alpha \in [0;1]$, ниже которого степень владения компетенцией считается неприемлемой. Теперь искомый коллектив должен удовлетворять совокупности ограничений, устанавливающих минимальный порог качества по каждой компетенции:

$$\max_{i=\overline{1,n}} (\tilde{r}_{ij} x_i) \geq \alpha,\ j = \overline{1,m}\ .$$

Эти ограничения являются заменой ограничений (4) в рассмотренных выше моделях, в результате чего они перестают быть линейными.

Сведём данный случай к использованию линейных моделей. Для этого используем α-уровень нечёткого соответствия $\tilde{\Gamma}$, матрица смежности $R^{\alpha}=[r_{ij}^{\alpha}]$ которого вычисляется по формуле:

$$r_{ij}^{\alpha}=\begin{cases}1, & \tilde{r}_{ij}\geq\alpha;\\ 0, & \tilde{r}_{ij}<\alpha.\end{cases} \qquad (7)$$

Отметим, что конечный результат в этом случае во многом зависит от выбранного порога качества α. В качестве примера проанализируем $R^{0,4}$ и $R^{0,8}$, приведённые в табл. 4 (значение в верхней строке соответствует $R^{0,4}$, а в нижней – $R^{0,8}$). Очевидно, что при пороге качества α=0,4, достаточно включить в коллектив только одного сотрудника $G^{0,4}=\{s_3\}$, который в должной степени владеет всеми компетенциями. При пороге же качества α=0,8 минимальным коллективом является множество $G^{0,8}=\{s_1,s_2\}$.

Таблица 4

Матрицы смежности $R^{0,4}$ и $R^{0,8}$

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
s_1	1	1	1	0	1	0
	1	1	0	0	1	0
s_2	0	1	1	1	0	1
	0	0	1	1	0	1
s_3	1	1	1	1	1	1
	0	1	0	1	0	0

Из приведённого примера очевидно, что чем выше порог качества α, тем больше сотрудников следует включить в коллектив. Таким образом, требования минимизировать количество членов коллектива и максимизировать качество выполнения работ являются противоречивыми и могут быть учтены только в рамках многокритериального подхода к принятию решений, что не является предметом данной работы.

Предложим схему, в которой окончательное решение принимает человек в результате анализа нескольких вариантов решений, полученных при помощи модели (1-4).

1. Сформировать условия задачи: множества сотрудников S, компетенций K и нечёткую матрицу $\tilde{R}$.
2. Сформировать план анализа $P=\{\alpha_1, \alpha_2 .. \alpha_l\}$, состоящий из множества значений минимально-приемлемого качества выполнения работ.
3. Согласно (7) построить набор матриц α-уровней $R^{\alpha_1}, R^{\alpha_2} .. R^{\alpha_l}$, соответствующих элементам плана P.
4. Для каждой из полученных матриц применить одну из рассмотренных выше чётких моделей, что даст нам набор решений $G^{\alpha_1}, G^{\alpha_2} .. G^{\alpha_l}$.
5. Провести анализ полученных решений и выбрать наиболее подходящий вариант, в котором достигается компромисс между количеством сотрудников и качеством работы коллектива.

Заключение. В данной работе рассмотрена проблема оптимизации трудового коллектива на основе анализа компетенций, требуемых для успешного выполнения возлагаемых на него задач. Предложен метод решения с использованием линейных оптимизационных моделей. Рассмотренные методы могут быть использованы в системном анализе и информационных системах управления персоналом для оптимального распределения человеческого капитала в соответствии с характером решаемых задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Скороход С.В.* К вопросу о формировании замкнутого трудового коллектива // Исследовано в России: электронный многопредметный научный журнал, 43, 2008., с. 503-510, URL: http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2008/043.pdf (дата обращения: 30.04.09).
2. *Скороход С.В.* Оптимизационная задача подбора сотрудников для замкнутого трудового коллектива // IX научно-практическая конференция преподавателей, студентов, аспирантов и молодых учёных (Таганрог, ТИУиЭ, 11-12 апреля 2008 г.): сборник докладов.– Таганрог: Изд-во ТИУиЭ, 2008, Т.3. – С. 45-48.

Скороход Сергей Васильевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: sss64@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)648-891.

Кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ; доцент.

Skorokhod Sergey Vasilievich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: sss64@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8(8634) 648-891.

The Department of Computer Aided Design; associated professor.

УДК 519.7.004.8 + 681.3

О.Н. Родзина

КЛАСТЕРНАЯ ОБРАБОТКА ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛ В БАЗЕ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ САПР*

В статье рассматриваются вопросы организация параллелизма на уровне продукционных правил представления знаний в интеллектуальных САПР. Формулируются утверждения, необходимые для получения списка параллельно выполняемых правил. Оценивается выигрыш во времени при параллельной работе эвристических алгоритмов поиска. Эксперименты проводились с использованием кластера HP BladeSystem с-класса.

Параллельные вычисления; кластер; сеть Петри; продукционные правила; база знаний.

O.N. Rodzina

CLUSTER PRODUCTION HANDLING OF KNOWLEDGE OF INTELLIGENT CAD

The article deals with the organization of parallelism at the level of production of knowledge representation in intelligent CAD systems. Formulated approval necessary to obtain a list of

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 08-01-00473), г/б № 1.04.01, г/б № 2.1.2.1652..