

УДК 331.103

Сергей Николаевич Сорокин, доц.,

МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, iroshek@mail.ru

Ирина Валерьевна Шабарчина, асс.,

МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, iroshek@mail.ru

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ КАДРОВ ДОРОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Аннотация. В статье рассматривается экономико-математическая модель оптимальной переподготовки рабочих кадров дорожной организации и на конкретном примере дается решение поставленной задачи в среде MATLAB.

Ключевые слова: экономико-математическая модель, переподготовка работников, повышение квалификации, дорожная организация.

Sergey N. Sorokin, associated professor,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, iroshek@mail.ru

Irina V. Shabarchina, the post-graduate,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, iroshek@mail.ru

MODEL OF OPTIMUM PERSONNEL TRAINING WORKERS OF ROAD

Abstract. The article deals with the economic and mathematical model of optimal training of personnel and the organization of the road as an example we consider the solution of the problem in the program MATLAB.

Key words: economic and mathematical model, retraining workers, training, road organization.

Введение

Поскольку система профессиональной ориентации в дорожных организациях достаточно слабо развита и в большей степени направлена

на новых работников, чем на высвобождаемую рабочую силу, то выбор новой профессии большинством работников осуществляется самостоятельно.

Следовательно, переподготовка должна носить целенаправленный характер, быть ориентированной на конкретное рабочее место и работника, согласного его занять.

Именно структура вакантных рабочих мест и их требования к квалификации рабочей силы, а также структура высвобождаемых рабочих по уровню квалификации определяют характер переподготовки работников.

Модель оптимальной переподготовки рабочих кадров дорожной организации

В дорожной организации работает определенное количество работников различной специализации m , подобранных в соответствии с объемом выполняемых конкретного типа работ, которые заняты на k различных объектах. Количественный состав работников на каждом из объектов представлен (по специальностям) элементами столбцов массива Stk (отсутствие варианта обозначается числом 0). К настоящему моменту времени поступил новый производственный заказ. Это потребовало наличия работников иных специальностей или прежних специальностей, но более высокой квалификации.

Руководство посчитало, что подбирать заново штат работников экономически не выгодно, так как требуется, с одной стороны, выплачивать выходное пособие уволенным работникам, а с другой стороны необходимо финансировать обучение вновь нанятых работников. Поэтому, руководство дорожной организации решает надлежащим образом переобучить уже имеющийся штат работников, частично или полностью освободив их с прежних объектов работы. Известны расходы

на переподготовку каждого работника, задаваемые массивом E (там, где обучение не требуется, в соответствующей ячейке матрицы поставлено заведомо большое число M). Также известны время обучения работника новой профессии (задается массивом T) и средняя месячная прибыль каждого работника, недополученная предприятием за время его переобучения (вектор $Emixt$).

Используя эти данные, руководству необходимо найти оптимальный план переподготовки работников, удовлетворяющий требованиям заказчика и одновременно минимизирующий расходы дорожной организации.

Примечание. В качестве возможных вариантов количественного отбора работников с объектов для подготовки новых специалистов можно использовать комбинации, представляющие собой размещения с повторением [1] из k элементов по m (аналог номеров телефонов, показаний счетчика и проч.). Общее число таких комбинаций задается величиной k^m .

Исследовать вручную такое количество комбинаций довольно затруднительно (даже при не очень больших значениях k и m). Специальная программа (написанная на языке среды MATLAB) с каждого объекта отбирает работников определенной специальности, находит для созданной группы работников соответствующее решение, минимизирующее расходы (используя методы линейного программирования, заложенные в встроенную процедуру «linprog» среды MATLAB) [2, 3]. Циклически программа перебирает всевозможные комбинации указанного типа, и таким образом определяет наилучший (оптимальный) вариант переподготовки работников. Если в процессе исследования установлено, что с каких-то объектов «сняли» работников больше, чем требуется для переподготовки, то программа рекомендует направить лишних работников обратно.

Если же имеющихся в организации работников оказывается недостаточно для подготовки специалистов, удовлетворяющих требованиям заказчика, программа укажет какое количество работников и какой профессии нужно набрать «со стороны» (при помощи аутсорсинга персонала). Отметим, что методика построения размещений, сочетаний, перестановок с повторениями (или без повторений) и прочих комбинаций может быть использована и при решении других задач, где используются подобного рода группировки.

Решение данной задачи методом линейного программирования требует введения целевой функции, которая в предполагаемой ситуации имеет вид:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (E_{ij} + Emixt_i \cdot T_{ij}) x_{ijr} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где x_{ijr} – искомое количество работников i -й профессии, обучающихся по j -й форме обучения и взятых из r -й комбинации выбора работников с их объектов работ.

Оптимум целевой функции необходимо искать в области V , задаваемой ограничениями:

1) на количество отобранных работников с учетом их профессий:

$$\sum_{j=1}^n x_{ijr} = (\leq) a_{ir}, i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, k^m. \quad (2)$$

Используется равенство типа « = », если $\sum a_{ir} \leq \sum b_j$, или неравенство типа « ≤ » в противном случае;

2) на количество работников i -й профессии, требуемых для выполнения j -го объема работ:

$$\sum_{i=1}^m x_{ijr} \leq (=) b_j, j = 1, \dots, n; r = 1, \dots, k^m. \quad (3)$$

Используется неравенство типа « ≤ », если $\sum a_{ir} \leq \sum b_j$, или неравенство типа « = » в противном случае.

Предполагается также, что рассматриваемые переменные неотрицательны:

$$x_{irj} \geq 0, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; r = 1, \dots, k^m. \quad (4)$$

Для иллюстрации представленной экономико-математической модели рассмотрим следующий пример. Известно, что дорожная организация завершает реконструкцию клеверной развязки на пересечении МКАД с Мичуринским проспектом. Данные представлены в табл. 1–4.

Таблица 1

Состав комплексной бригады по объектам выполняемых работ

Исходные профессии и разряды работников	Объекты выполняемых работ *			
	1	2	3	4
Дорожные рабочие:				
III разряда	7	6	10	14
II разряда	10	14	15	8
I разряда	15	20	22	15
Такелажники				
III разряда	6	8	13	9
II разряда	9	11	14	12
Машинист V разряда	6	8	8	10

Таблица 2

Расходы на переподготовку работников, тыс.руб.

Исходные профессии и разряды работников	Требуемые профессии и разряд работников						
	Повышение квалификации			Переподготовка			
	Дорожные рабочие		Такелажники	Монтажники конструкций			
	V разр.	IV разр.	IV разр.	VI разр.	V разр.	IV разр.	III разр.
Дорожные рабочие							
III разряда	2	1	М	6	5	4	3,5
II разряда	4	3	М	7	6	5,5	4,5
I разряда	7	6	М	10	9	7,5	6
Такелажники							
III разряда	М	М	2	6,5	5,5	4	3
II разряда	М	М	4	7,5	6	5	4
Машинист V разряда	М	М	М	6	5	3,5	2

* Объекты выполняемых работ:

1. Строительство двух направленных левоповоротных съездов – с Озерной улицы на внешнюю сторону МКАД и Боровского шоссе на внутреннюю сторону МКАД.
2. Обустройство переходно-скоростных полос и боковых проездов вдоль МКАД и Боровского шоссе.
3. Строительство 5 эстакад суммарной длиной 1,5 км.
4. Реконструкция существующих лево- и правоповоротных съездов.

Таблица 3

Затраты рабочего времени на переподготовку работников, мес.

Исходные профессии и разряды работников	Требуемые профессии и разряд работников						
	Повышение квалификации			Переподготовка			
	Дорожные рабочие		Такелажники	Монтажники конструкций			
	V разр.	IV разр.	IV разр.	VI разр.	V разр.	IV разр.	III разр.
Дорожные рабочие							
III разряда	2	1,5	0	4	3,5	2,5	2
II разряда	2,5	2	0	6	5,5	4	3,5
I разряда	4	3,5	0	7	6	5,5	4,5
Такелажники							
III разряда	0	0	1,5	6	5	4,5	3
II разряда	0	0	2	7,5	6	5,5	4
Машинист V разряда	0	0	0	4	3,5	3	2,5

Таблица 4

Средняя месячная прибыль работников дорожной организации, тыс. руб.

Исходные профессии и разряды работников	Средняя месячная прибыль, $Emixt_i$
Дорожные рабочие	
III разряда	160
II разряда	145
I разряда	115
Такелажники	
III разряда	220
II разряда	210
Машинист V разряда	235

Далее представлена программа реализации рассматриваемой задачи.

clear

... DATA (авторская программа):

$m=6$; ... – количество исходных специальностей работников;

$n=7$; ... – количество новых профессий работников;

$k=4$; ... – количество объектов, где заняты работники организации;

$Сmk = [\begin{matrix} 7 & 6 & 10 & 14; & 10 & 14 & 15 & 8; & 15 & 20 & 22 & 15; & 6 & 8 & 13 & 9; \\ & 9 & 11 & 14 & 12; & 6 & 8 & 8 & 10 \end{matrix}]$;

... – массив количественного состава сотрудников исходных профессий

... – (строки – специальности, столбцы – объекты);

$b = [8 \ 9 \ 8 \ 7 \ 10 \ 5 \ 7]$; ... – вектор количественного состава

... сотрудников требуемых специальностей;

Sw=1;

... – переключатель,

... при нахождении минимума Sw = 1,

... при нахождении максимума Sw = -1;

Mo=10⁵; ... – достаточно большой параметр программы (тыс. руб);

M=heaviside(Sw)*Mo;

E= [2 1 M 6 5 4 3.5; 4 3 M 7 6 5.5 4.5; 7 6 M 10 9 7.5 6; M M 2
6.5 5.5 4 3; M M 4 7.5 6 5 4; M M M 6 5 3.5 2];

... – массив расходов на обучение сотрудников; если обучение работников

... какой-то профессии не предусматривается, соответствующий элемент

... массива приравнивают M (тыс. руб);

T= [2 1.5 0 4 3.5 2.5 2; 2.5 2 0 6 5.5 4 3.5; 4 3.5 0 7 6 5.5 4.5; 0 0
1.5 6 5 4.5 3; 0 0 2 7.5 6 5.5 4; 0 0 0 4 3.5 3 2.5];

... – массив времени обучения сотрудников по новой специальности; если

... обучение работников какой-то специальности не предусматривается

... соответствующий элемент массива полагают равным нулю (мес.);

Emixt=[160; 145; 115; 220; 210; 235];

... – средняя месячная норма прибыли сотрудников (тыс. руб./мес.);

... RESULTS (вводится пользователем из 'Command Window');

Akm = 4096; Io = 4096;

... – общее количество различных комбинаций численного состава

... отбираемых специалистов по всем типам исходных работ (число

... размещений с повторением из k элементов по m);

Zext = 25068; ... - минимальные расходы дорожной организации (тыс. руб);

Zmax = 41614;

Xopt = [0.0000 0.0000 0.0000 2.0000 0.0000 5.0000 7.0000
6.0000 9.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
2.0000 0.0000 0.0000 5.0000 10.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 8.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000

```

0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000 0.0000];
... оптимальный вариант переобучения сотрудников новым профессиям;
co = [14; 15; 20; 13; 14; 10];
... – оптимальное количество сотрудников, отобранных (по профессиям);
Co = [14.0000; 15.0000; 17.0000; 8.0000; 0.0000; 0.0000];
... – фактическое количество сотрудников, отобранных из предыдущего
... состава для обучения новым специальностям;
Bo = [8.0000 9.0000 8.0000 7.0000 10.0000 5.0000 7.0000];
... – количество работников, освоивших новые профессии (желательно,
... чтобы результирующий вектор В совпадал с вектором заказа b);
... PROCEDURE 1 (построение математической модели задачи):
N=m*n; ... – количество аргументов целевой функции;
E1=diag(Emixt)*T;
... – массив недополученной прибыли предприятием от обучающихся
... сотрудников (тыс.руб);
Eo=E+E1; ... – итоговый массив расходов предприятия (тыс.руб);
Az=reshape(Eo',1,N);
... – строка коэффициентов при аргументах линейной целевой функции;
Bz=0; ... – свободный член целевой функции;
for i=1:m for j=1:n A1(i,n*(i-1)+j)=1; end; end;
A2=[]; for i=1:m A2=[A2,eye(n)]; end;
Bt=zeros(N,1); ... – столбец нулевых свободных членов тривиальных
... ограничений-неравенств;
... PROCEDURE 2 (решение математической модели):
syms x
Zint=M; Zex=M; ... – начальные значения целевой функции;
Yint=[]; Yex=[]; cint= []; cex= []; ... – начальный вектор количественного
... состава работников, отобранных для обучения;
Io=0; ... – параметр проверки работы программы;
for i=1:m for j=1:k Qmk(i,j)=j; end; end;

```



```

... – вспомогательный массив;
step(1)=x;
for i=2:m step(i)=floor((x-1+0.01)/k^(i-1))+1; end;
... – m-вектор вспомогательных ступенчатых функций;
r=1;
while r < k^m+1
    Io =Io+1;
    for i=1:m a(i)= Cmk(i,subs(step(i),x,r)-k*floor((subs(step(i),x,r)-1)/k));
                q(i)= Qmk(i,subs(step(i),x,r)-k*floor((subs(step(i),x,r)-1)/k));
    end; ... – построение размещений (с повторением) из k элементов по m
... – элементов;
    if sum(a)>=sum(b) ... – полное удовлетворение потребностей силами
... – ресурсов;
        An=A1; Bn=a; Ae=A2; Be=b;
... – матрица коэффициентов An при неизвестных и столбец свободных
... – членов Bn ограничений-неравенств An*X<=Bn;
... – матрица коэффициентов Ae при неизвестных и столбец свободных
... – членов Be ограничений-равенств Ae*X=Be;
        [Yop,fmin]=linprog(Az*Sw,An,Bn,Ae,Be,Bt);
        Ze=fmin*Sw+Bz;
        if Ze*Sw<Zint*Sw Zint=Ze; Yint=Yop; cint = a; end;
    elseif sum(a)<sum(b)
... – частичное удовлетворение потребностей силами ресурсов;
        Ae=A1; Be=a; An=A2; Bn=b;
        [Yop,fmin]=linprog(Az*Sw,An,Bn,Ae,Be,Bt);
        Ze=fmin*Sw+Bz;
        if Ze*Sw<Zex*Sw Zex=Ze; Yex=Yop; cex = a; end; end;
    [q;a], ... – текущее показание счетчика и очередная выборка
... – специалистов;
    [Zint, Zex], ... – текущие значения целевой функции;

```

```

r=r+1;
end;
if length(Yint) > 0    Zext=Zint;  Yopt=Yint;  co=cint;  else  Zext=Zex;
Yopt=Yex; co=cex; end;
Xopt=(reshape(Yopt,n,m))';  Co= sum(Xopt',1);  Bo=sum(Xopt,1);
disp('=====  ответ ниже  =====');
Akm=k^m,  Io,
Zext, Xopt,  co,  Co,  Bo,
disp('=====');
%[Yint,Yex], [cint;cex];
% m, Az, An, Bn, Ae, Be

```

Таким образом, получен план оптимальной переподготовки рабочих кадров дорожной организации, представленный в табл. 5.

Таблица 5

План оптимальной переподготовки рабочих кадров дорожной организации

Исходные профессии и разряды работников	Требуемые профессии и разряд работников						
	Повышение квалификации			Переподготовка			
	Дорожные рабочие		Такелажники	Монтажники конструкций			
	V разр.	IV разр.	IV разр.	VI разр.	V разр.	IV разр.	III разр.
Дорожные рабочие							
III разряда	0	0	0	2	0	5	7
II разряда	6	9	0	0	0	0	0
I разряда	2	0	0	5	10	0	0
Такелажники							
III разряда	0	0	8	0	0	0	0
II разряда	0	0	0	0	0	0	0
Машинист V разряда	0	0	0	0	0	0	0

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о том, что часть отобранных работников, в частности:

а) 14 дорожных рабочих III разряда были использованы для подготовки 2 монтажников конструкций VI разряда, 5 монтажников конструкций IV разряда и 7 монтажников конструкций III разряда;

б) из 20 отобранных дорожных рабочих I разряда целесообразно повысить квалификацию 2 сотрудникам, 5 сотрудников переподготовить на монтажников конструкций VI разряда, 10 сотрудников переподготовить на монтажников конструкций V разряда, а 3 сотрудника будут возвращены на прежние места работы;

в) из 13 отобранных такелажников III разряда потребовалось для получения специальности – «такелажники IV разряда» только 8 работников;

г) такелажники II разряда и машинисты V разряда в составе 14 и 10 человек, соответственно, вообще оказались невостребованными для переподготовки по указанным формам.

Заключение

Для реализации переподготовки работников по указанным формам дорожной организации необходимо выделить 25 068 тыс. руб. Предлагаемая программа позволяет рассчитать максимальные потери, которые понесет организация при некомпетентном подходе к переподготовке сотрудников. Так, в условиях данной задачи потери составят 41 614 тыс. руб.

Список литературы

1. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. 2-е изд., перераб. и доп. М., 2005. 168 с.
2. Дьяконов В.П. MATLAB: учеб. пособие. СПб.: Питер, 2001. 592 с.
3. Кузнецов Ю.Н., Кузубов В.И., Волощенко А.Б. Математическое программирование: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1980. 300 с.

4. Гумба Х.М., Карпенко А.А., Шумейко А.Н, Бакрунов Ю.О. Планирование в строительстве. М.: Ассоциация строительных вузов, 2011. 248 с.
5. Сорокин С.Н., Шабарчина И.В. Экономико-математическая модель оптимизации использования квалификационного состава рабочих дорожной организации // Транспортное дело России. М., 2014. № 6. С. 62–67.
6. Сорокин С.Н., Шабарчина И.В. Экономико-математическая модель оптимизации использования профессионального состава рабочих дорожной организации // Транспортное дело России. М., 2015. № 1. С. 45–48.

References

1. Gubko M.V., Novikov D.A. *Teoriya igr v upravlenii organizacionnymi sistemami* (Game Theory in the management of organizational systems), Moscow, 2005, 168 p.
2. Dyakonov V.P. *MATLAB*, SPb., Peter, 2001, 592 p.
3. Kuznetsov Y.N., Kuzubov V.I., Voloschenko A.B. *Matematicheskoe programmirovaniye* (Mathematical Programming), Moscow, Higher School, 1980, 300 p.
4. Gumba H.M., Karpenko A.A., Shumeyko A.N., Bakrunov Y.O. *Planirovaniye v stroitel'stve* (Planning for the construction), Moscow, Associaciya stroitel'nyh vuzov, 2011, 248 p.
5. Sorokin S.N., Shabarchina I.V. *Transportnoye delo Rossii*, Moscow, 2014, no. 6, pp. 62–67.
6. Sorokin S.N., Shabarchina I.V. *Transportnoye delo Rossii*, Moscow, 2015, no. 1, pp. 45–48.