

УДК 656.2

ХОДАКІВСЬКИЙ О. М., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)

## Модель оптимального формування людського ресурсу у системі українського транспортного логістичного центру Укрзалізниці

*Розроблено модель оптимального формування людського ресурсу у системі українського транспортного логістичного центру.*

**Ключові слова:** модель оптимального формування людського ресурсу, український транспортний логістичний центр.

### Постановка проблеми

Як відомо, в тому числі на основі результатів докторської роботи Ломотька Д. В. і науково-дослідної роботи «Разработка предложений по повышению эффективности использования грузовых вагонов различной формы собственности в новых условиях» (№0110U004890), було об'єднано всіх українських власників вантажних вагонів під єдиним оперативним керуванням та забезпеченням координації із зарубіжними власниками вагонів. Діями УЗ створено Державне підприємство «Український транспортно-логістичний центр» (УТЛЦ). Перед УТЛЦ постало одразу декілька завдань. Одним із першочергових завдань є вирішення проблеми людського ресурсу у системі, тобто формування оптимального штату у відповідності до необхідної структури УТЛЦ.

### Мета роботи

Метою роботи є розробка моделі оптимального формування людського ресурсу у системі українського транспортного логістичного центру.

### Основний матеріал

Формалізуємо дану задачу. УТЛЦ має на меті сформуванню штат співробітників. Він має  $n$  груп різних посад по  $b_j$  вакантних одиниць кожній групі,  $j = 1, K, n$ . Кандидатів для заняття посад, більшою мірою, рекомендовано обрати із числа працівників УЗ. Узагальнено можемо виділити  $m$  груп по  $a_i$  кандидатів у кожній групі,  $i = 1, K, m$ . Для кожного кандидата з  $i$ -ої групи потрібні певні витрати  $c_{ij}$  на навчання для заняття  $j$ -ої посади,  $i = 1, K, m$ ;

$j = 1, K, n$ . (Зокрема, деякі  $c_{ij} = 0$ , тобто кандидат повністю відповідає посаді, або  $c_{ij} = \infty$  ( $c_{ij} = M$ ), тобто кандидат взагалі не може зайняти дану посаду.) Потрібно розподілити кандидатів на посади, витративши мінімальні засоби на їхнє навчання. Припустимо, що загальне число кандидатів відповідає числу вакантних посад. Тоді дане завдання відповідає транспортній моделі. У ролі постачальників виступають групи кандидатів, а в ролі споживачів - групи посад. У якості тарифів на перевезення розглядаються витрати на перенавчання. Модель запишемо у вигляді:

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

при умовах:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, K, m; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, K, n; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j; \quad x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, K, m; \quad j = 1, K, n.$$

Відомо, що необхідна структура УТЛЦ включає наступні  $n$  та  $b_j$  (таблиця 1).

© О. М. Ходаківський, 2013

Таблиця 1 – Необхідна структура УТЛЦ

№ <i>n</i>	Код <i>n</i>	Назва <i>n</i>	<i>b<sub>j</sub></i> в кожній <i>n</i> , чол.
1	-	Апарат управління	8
2	ЦТтранслЛ-МО	Відділ умов та оформлення перевезень	6
3	ЦТтранслЛ-МД	Відділ договорів	6
4	ЦТтранслЛ-МЛ	Відділ логістики	6
5	ЦТтранслЛ-МБ	Відділ митно - брокерської діяльності та взаємодії з органами державного контролю	4
6	ЦТтранслЛ-ДП	Відділ планування та оперативного нормування перевезень	8
7	ЦТтранслЛ-ДО	Відділ організації та контролю перевезень	12
8	ЦТтранслЛ-Ф	Відділ фінансово - економічної діяльності	5
9	ЦТтранслЛ - ЕтехПД	Фінансовий відділ розрахунків за організацію перевезень	7
10	ЦТтранслЛ-Ю	Юридичний відділ	3

В роботі прийнято обмеження щодо розрахунку кадрових працівників (2 чол.), господарських працівників (2 чол.), інженера з охорони праці (1 чол.) та працівника студії (1 чол.).

Користуючись таблицею 1, запишемо дані споживачів для програмного розрахунку (рисунок 1) [1].

8	6	6	6	4	8	12	5	7	3
---	---	---	---	---	---	----	---	---	---

Рисунок 1 – *b<sub>j</sub>* в УТЛЦ за групами

Оскільки *m* рекомендовано обрати із числа працівників УЗ, то сформуємо дані постачальників. Більшою мірою, групи посад, які є постачальниками це: апарат управління (1 група), головне комерційне управління (2 група), головне управління перевезень (3 група), головне фінансово-економічне управління (4 група), головне юридичне управління (5 група) та кадри «ззовні» (6 група). Дані постачальників для програмного розрахунку мають вигляд (рисунок 2)

6
28
10
10
2
9

Рисунок 2 – *m* для УТЛЦ за групами (зверху до низу)

З метою складання двоїстого завдання змінні *x<sub>ij</sub>* в умові (2) замінимо на *u<sub>1</sub>, u<sub>2</sub>, u<sub>i</sub>,..., u<sub>m</sub>*, а змінні *x<sub>ij</sub>* в умові (3) на *v<sub>1</sub>, v<sub>2</sub>, v<sub>j</sub>,..., v<sub>n</sub>*.

Оскільки кожна змінна *x<sub>ij</sub>* входить до умови (2, 3) і цільової функції (1) по одному разу, то двоїсте завдання стосовно прямого транспортного завдання можна сформулювати в такий спосіб.

Потрібно знайти додатні числа *u<sub>i</sub>* (при *i = 1,2,...,m*) і *v<sub>j</sub>* (при *j = 1,2,...,n*), що обертають у максимум цільову функцію

$$G = \sum a_i u_i + \sum b_j v_j \quad (4)$$

за умови

$$u_i + v_j \leq c_{ij}, i = 1,2,...,m, j = 1,2,...,n. \quad (5)$$

У системі умов (5) буде *m × n* нерівностей. По теорії подвійності для оптимальних планів прямого й двоїстого завдання для всіх *i, j* повинно бути:

$$\begin{aligned} u_i + v_j &\leq c_{ij}, \text{ якщо } x_{ij} = 0, \\ u_i + v_j &= c_{ij}, \text{ якщо } x_{ij} \geq 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Ці умови є необхідними й достатніми ознаками оптимальності плану транспортного завдання.

Числа *u<sub>i</sub>, v<sub>j</sub>* називають потенціалами. Причому

число  $u_i$  називається потенціалом постачальника, а число  $v_j$  – потенціалом споживача.

По першій теоремі подвійності в оптимальному рішенні значення цільових функцій прямого і двоїстого завдання збігаються

$$F = G. \quad (7)$$

Вартість доставки (навчання/перенавчання)

одиниці вантажу з кожного пункту відправлення у відповідні пункти призначення задана матрицею тарифів. У даному випадку на основі загальновідомої інформації про вартість навчання було прийнято: навчання юридичній спеціальності – 72000 грн., навчання залізничній спеціальності – 36000 грн., навчання залізничній спеціальності для апарату управління УТЛЦ – 40000 грн., отримання другої вищої освіти залізничної спеціальності – 12000 грн., самонавчання в рамках залізничної спеціальності при зміні професії – 3000 грн. (таблиця 2)

Таблиця 2 - Матриця тарифів

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Запас
1	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	12000	12000	72000	6
2	12000	0	0	0	0	0	3000	12000	12000	72000	28
3	12000	3000	3000	3000	3000	3000	0	12000	12000	72000	10
4	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	0	0	72000	10
5	3000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	0	2
6	40000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	72000	9
Потреба	8	6	6	6	4	8	12	5	7	3	

Перевіримо необхідну й достатню умову можливості розв'язання завдання.

$$\sum a = 6 + 28 + 10 + 10 + 2 + 9 = 65,$$

$$\sum b = 8 + 6 + 6 + 6 + 4 + 8 + 12 + 5 + 7 + 3 = 65.$$

Умова балансу дотримується. Запаси дорівнюють потребам. Отже, модель транспортного завдання є закритою.

Занесемо вихідні дані в розподільну таблицю (таблиця 3).

Таблиця 3 - Розподільна таблиця

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Запас
1	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	12000	12000	72000	6
2	12000	0	0	0	0	0	3000	12000	12000	72000	28
3	12000	3000	3000	3000	3000	3000	0	12000	12000	72000	10
4	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	0	0	72000	10
5	3000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	0	2
6	40000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	72000	9
Потреба	8	6	6	6	4	8	12	5	7	3	

Етап I. Пошук першого опорного плану.

1. Використовуючи метод найменшої вартості, побудуємо перший опорний план транспортного завдання. Суть методу полягає в тому, щоб із всієї таблиці вартостей вибирають найменшу, і в клітку, що їй відповідає, поміщаємо менше із чисел  $a_i$ , або  $b_j$ . Потім, з розгляду виключаємо або рядок, що відповідає постачальникові, запаси якого повністю витрачені, або стовпець, що відповідає споживачеві, потреби якого повністю задоволені, або й рядок і стовпець, якщо витрачені запаси постачальника й задоволені потреби споживача. Із частини, що

залишилася, таблиці вартостей знову вибираємо найменшу вартість, і процес розподілу запасів продовжуємо, поки всі запаси не будуть розподілені, а потреби задоволені.

Шуканий елемент дорівнює 0. Для цього елемента запаси рівні 6, потреби 8. Оскільки мінімальним є 6, то віднімаємо його.

$$x_{11} = \min(6, 8) = 6.$$

Запишемо отриманий результат (таблиця 4):

Таблиця 4 – Проміжна таблиця пошуку першого опорного плану

0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6 - 6 = 0
12000	0	0	0	0	0	3000	12000	12000	72000	28
12000	3000	3000	3000	3000	3000	0	12000	12000	72000	10
12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	0	0	72000	10
3000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	0	2
40000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	72000	9
8 - 6 = 2	6	6	6	4	8	12	5	7	3	0

Виконавши п'ятнадцять аналогічних математичних обчислень, отримано перший опорний план, що є припустимим, тому що всі кандидати з груп відібрані,

потреба УТЛЦ задоволена, а план відповідає системі обмежень транспортної задачі (таблиця 5).

Таблиця 5 – Перший опорний план

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Запас
1	0[6]	3000	3000	3000	3000	3000	3000	12000	12000	72000	6
2	12000	0[6]	0[6]	0[6]	0[4]	0[6]	3000	12000	12000	72000	28
3	12000	3000	3000	3000	3000	3000	0[10]	12000	12000	72000	10
4	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	0[5]	0[5]	72000	10
5	3000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	0[2]	2
6	40000 [2]	36000	36000	36000	36000	36000[2]	36000[2]	36000	36000[2]	72000[1]	9
Потреба	8	6	6	6	4	8	12	5	7	3	

2. Підрахуємо число зайнятих кліток таблиці, їх 15, а повинно бути

$$m + n - 1 = 15.$$

Отже, опорний план є не виродженим.

Значення цільової функції для цього опорного плану дорівнює:

$$F(x) = 0 \cdot 6 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 10 + 0 \cdot 5 + 0 \cdot 5 + 0 \cdot 2 + 40000 \cdot 2 + 36000 \cdot 2 + 36000 \cdot 2 + 36000 \cdot 2 + 72000 \cdot 1 = 368000.$$

Етап II. Поліпшення опорного плану.

Перевіримо оптимальність опорного плану. Знайдемо попередні потенціали  $u_i$ ,  $v_i$  по зайнятих клітках таблиці, у яких  $u_i + v_i = c_{ij}$ , приймаючи, що  $u_1 = 0$ .

$$\begin{aligned} u_1 + v_1 &= 0; 0 + v_1 = 0; v_1 = 0; \\ u_6 + v_1 &= 40000; 0 + u_6 = 40000; u_6 = 40000; \\ u_6 + v_6 &= 36000; 40000 + v_6 = 36000; v_6 = -4000; \\ u_2 + v_6 &= 0; -4000 + u_2 = 0; u_2 = 4000; \\ u_2 + v_2 &= 0; 4000 + v_2 = 0; v_2 = -4000; \\ u_2 + v_3 &= 0; 4000 + v_3 = 0; v_3 = -4000; \\ u_2 + v_4 &= 0; 4000 + v_4 = 0; v_4 = -4000; \\ u_2 + v_5 &= 0; 4000 + v_5 = 0; v_5 = -4000; \\ u_6 + v_7 &= 36000; 40000 + v_7 = 36000; v_7 = -4000; \\ u_3 + v_7 &= 0; -4000 + u_3 = 0; u_3 = 4000; \\ u_6 + v_9 &= 36000; 40000 + v_9 = 36000; v_9 = -4000; \\ u_4 + v_9 &= 0; -4000 + u_4 = 0; u_4 = 4000; \\ u_4 + v_8 &= 0; 4000 + v_8 = 0; v_8 = -4000; \\ u_6 + v_{10} &= 72000; 40000 + v_{10} = 72000; v_{10} = 32000; \\ u_5 + v_{10} &= 0; 32000 + u_5 = 0; u_5 = -32000. \end{aligned}$$

В результаті отримано (таблиця 6):

Таблиця 6 – Поліпшення опорного плану

	$v_1 = 0$	$v_2 = 4000$	$v_3 = -4000$	$v_4 = -4000$	$v_5 = -4000$	$v_6 = -4000$	$v_7 = -4000$	$v_8 = -4000$	$v_9 = -4000$	$v_{10} = 32000$
$u_1 = 0$	0[6]	3000	3000	3000	3000	3000	3000	12000	12000	72000
$u_2 = 4000$	12000	0[6]	0[6]	0[6]	0[4]	0[6]	3000	12000	12000	72000
$u_3 = 4000$	12000	3000	3000	3000	3000	3000	0[10]	12000	12000	72000
$u_4 = 4000$	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	0[5]	0[5]	72000
$u_5 = -32000$	3000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	0[2]
$u_6 = 40000$	40000 [2]	36000	36000	36000	36000	36000 [2]	36000 [2]	36000	36000 [2]	72000 [1]

Опорний план є оптимальним, так всі оцінки вільних кліток задовольняють умові  $u_i + v_j \leq c_{ij}$ .

Мінімальні витрати складуть:

$$F(x) = 0 \cdot 6 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 10 + 0 \cdot 5 + 0 \cdot 5 + 0 \cdot 2 + 40000 \cdot 2 + 36000 \cdot 2 + 36000 \cdot 2 + 36000 \cdot 2 + 72000 \cdot 1 = 368000 \text{ грн.}$$

Перевіримо оптимальність знайденого плану по першій теоремі подвійності (в оптимальному рішенні значення цільових функцій прямої і двоїстої

задачі збігаються:  $F = G$ ).

$$G = 0 \cdot 6 + 4000 \cdot 28 + 4000 \cdot 10 + 4000 \cdot 10 + (-32000 \cdot 2) + 40000 \cdot 9 + 0 \cdot 8 + (-4000 \cdot 6) + (-4000 \cdot 6) + (-4000 \cdot 6) + (-4000 \cdot 4) + (-4000 \cdot 8) + (-4000 \cdot 12) + (-4000 \cdot 5) + (-4000 \cdot 7) + 32000 \cdot 3 = 368000 \text{ грн.}$$

Графічна інтерпретація оптимального плану приведено на рисунку 3.

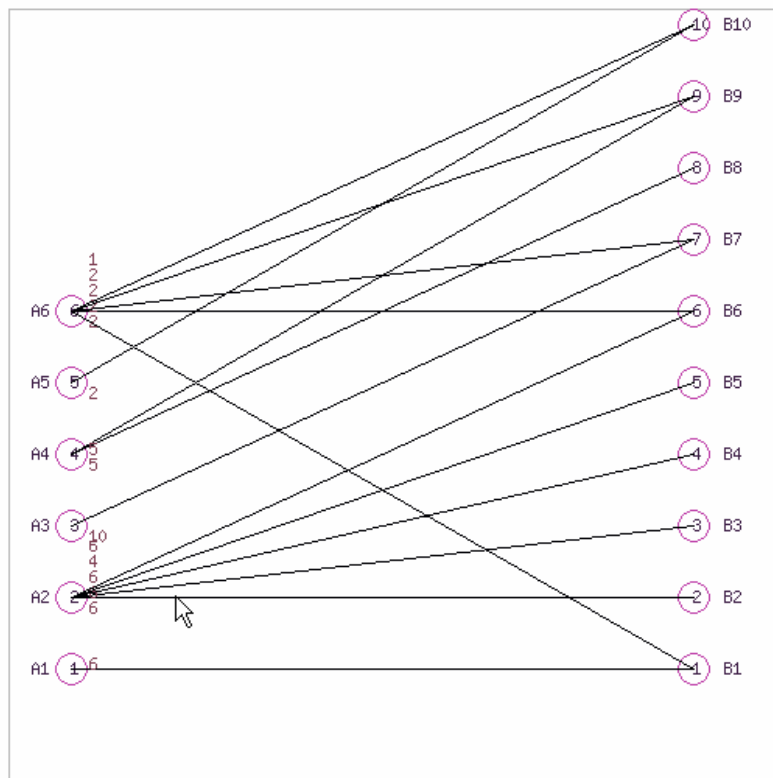


Рисунок 3 - Графічна інтерпретація оптимального плану.

---

**Висновок**

---

На основі розробленої моделі оптимального формування людського ресурсу у системі українського транспортного логістичного центру визначено, що мінімальні витрати при цьому складуть 368000 грн.

**Література**

- 1 Автоматический сервис решения задач бесплатно [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www/URL: http://www.semestr.ru](http://www.semestr.ru)-Загл. с экрана.

**Ходаковский А.Н. Модель оптимального формирования человеческого ресурса в системе украинского транспортного логистического центра Укрзалізничці.** Разработана модель оптимального формирования человеческого ресурса в системе украинского транспортного логистического центра

---

**Khodakovskiy Alexey Nickolaevich. Model of the optimum formation of human resource in the system of the Ukrainian transport logistic centre of Ukrzaliznytsya.** The model of the optimum formation of human resource in the system of the Ukrainian transport logistic centre has been developed.

Рецензент д.т.н., професор Огарь О.М. (УкрДАЗТ)

*Поступила 04.03.2013 г.*