

## МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.

Себова А.Ю., Федорук А.В.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

### **Вступление.**

За последнее время в строительстве произошли серьезные количественные и качественные изменения, которые вызвали ряд трудностей в области управления и организации строительного производства, обусловленных постоянным снижением масштабов и объемов строительства, повышением требований к качеству возводимых объектов, ликвидацией крупных организаций и, следовательно, увеличением количества участников строительства [1]. То есть нестабильные рыночные условия требуют пересмотра существующих подходов и применения статистического моделирования к определению количества инженерно-технического персонала.

### **Основная часть.**

Опытным путем было определено, что на количество инженерно-технического персонала в составе генподрядной организационной структуры управления в большей степени влияют четыре показателя:

- 1) количество инженерно-технического персонала ( $N$ );
- 2) численность работающих на строительномонтажных работах и в подсобном производстве ( $P$ );
- 3) годовое число строящихся объектов ( $Q$ );
- 4) годовой объем строительномонтажных работ ( $Q_c$ ).

Данные показатели являются переменными показателями, так как их значения зависят от большого количества случайных факторов. Таким образом, для расчета количества аппарата управления применим многомерный закон нормального распределения [2].

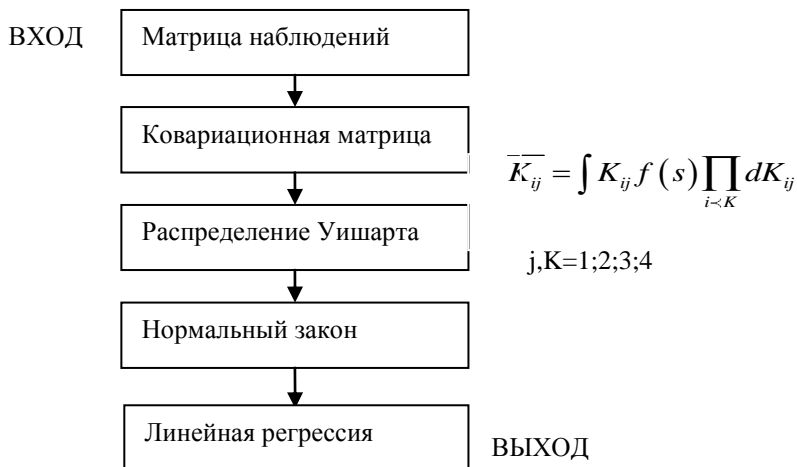
Формируем статистическую модель количества инженерно-технического персонала [3].

1. Нормальный закон распределения случайного вектора.

Показатели  $N$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $Q_c$  зависят от ряда случайных факторов (финансирование, портфель заказов, квалификации и специализации рабо-

чих и работников и т.д.). Каждый из перечисленных факторов может колебаться в течение года, что порождает случайный вектор

$$R = (Q, Q_c, P, N)$$



$$N = 13.8 + 0.31 Q_c + 0.03Q + 0.014P \quad (1)$$

Рис. 1. Блок-схема вычислений линейной регрессии.

Статистическая информация о векторе R представляется таблицей выборочных значений (табл. 1).

Таблица 1

		Выборочные значения			
j \ i		1	2	3	4
		Q	Q <sub>c</sub>	P	N
1		X11	X12	X13	X14
2		X21	X22	X23	X24
...		...	...	...	...
n		Xn1	Xn2	Xn3	Xn4

Исходные данные для использования методов математической статистики содержит матрица наблюдений размера  $n \times 4$ .

$$X = [x_{ij}], \quad (2)$$

где  $i$  – номер строки,

$j$  – номер столбца,  
 $n$  – количество строк,  
 $4$  – количество столбцов.

С помощью матрицы можно реализовать на ЭВМ получение вариационного и статистического рядов, группировку данных, построение гистограмм и эмпирических функций распределения, вычисление выборочных начальных и центральных моментов, вычисление коэффициентов корреляции и коэффициентов регрессии.

Обозначим

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} ; K = \begin{vmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & K_{24} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} & K_{34} \\ K_{41} & K_{42} & K_{43} & K_{44} \end{vmatrix} ; \quad (3)$$

$$K_{im} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^4 (x_{ji} - \bar{x})(x_{mi} - \bar{x}_m) ; y_j = \frac{x_j - \bar{x}_j}{K_{jj}}$$

Формулы (2) преобразуют матрицу наблюдений  $X$  в матрицу  $Y = [y_{ij}]$  и позволяют ввести распределение Уишарта с плотностью вероятности

$$f(s) = \frac{|s|^{\frac{n-5}{2}} \times l^{-\frac{1}{2} S_p(SK^{-1})}}{2^{2n} \pi^3 |K|^{\frac{n}{2}} \prod_{i=1}^4 \Gamma\left(\frac{n-3}{2}\right)}, \quad (4)$$

где  $S_p$  – след матрицы,

$\Gamma(z)$  – гамма-функция,

$$S = \sum \overline{y_K} \overline{y'_K}$$

$$\overline{y_K} = (y_{1K}, y_{2K}, y_{3K}, y_{4K}),$$

$$\overline{y'_K} = \begin{pmatrix} y_{1K} \\ y_{2K} \\ y_{3K} \\ y_{4K} \end{pmatrix}.$$

Равенство  $E(S) = nK$  подтверждает гипотезу о нормальном распределении вектора  $(x_1, x_2, x_3, x_4)$ . Последнее равенство позволяет применить нормальный закон для матрицы наблюдений.

$$\varphi(x_1, x_2, x_3, x_4) = \frac{1}{4\pi^2 \sqrt{\det K}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\bar{x} - E\bar{x})' K^{-1} (\bar{x} - E\bar{x}) \right\} \quad (5)$$

$$\bar{x} = (x_1, x_2, x_3, x_4),$$

$E\bar{x}$  - математическое ожидание,

$K$  - ковариационная матрица,

$(\bar{x} - E\bar{x})'$  - транспонирование вектора  $(\bar{x} - E\bar{x})$

2. Корреляционный анализ.

Корреляционная матрица вычисляется на основе матрицы наблюдений

$$\Omega = [\rho_{ij}], i, j = 1; 2; 3; 4$$

$$\rho_{ji} = \frac{\sum_{K=1}^n (x_{iK} - \bar{x}_i)(x_{jK} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{K=1}^n (x_{iK} - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_{K=1}^n (x_{jK} - \bar{x}_j)^2}}; \quad (6)$$

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{K=1}^n x_{iK},$$

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{K=1}^n x_{jK}$$

Инструмент MATLAB. Команда `Korrccoef (xi, xj)`.

Так как вектор  $(x_1, x_2, x_3, x_4)$  имеет нормальное распределение, то статистика

$$z_{ij} = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + \rho_{ij}}{1 - \rho_{ij}}$$

имеет доверительный интервал

$$\frac{1}{2} \ln \frac{1 + \rho_{ij}}{1 - \rho_{ij}} - \frac{U_{1-\alpha/2}}{\sqrt{n-3}} < \frac{1}{2} \ln \frac{1 + \rho_{ij}}{1 - \rho_{ij}} < \frac{1}{2} \ln \frac{1 + \rho_{ij}}{1 - \rho_{ij}} + \frac{U_{1-\alpha/2}}{\sqrt{n-3}} \quad (7)$$

3. Линейная модель регрессии.

Регрессия величины  $x_4$  на остальные три величины  $(x_1, x_2, x_3)$  в матрице наблюдений аппроксимируется линейной функцией – линейной регрессией

$$g = g_0 + \sum_{K=1}^3 \beta_{4K} (x_K - \bar{x}_K); \quad (8)$$

$$g = g_0 - \sum_{K=1}^3 \beta_{4K} \overline{x_k} + \sum_{K=1}^3 \beta_{4K} x_K ;$$

$$N = \beta_0 + \beta_1 Q_c + \beta_2 Q + \beta_3 P$$

$$N = 13.8 + 0.31 Q_c + 0.03Q + 0.014P$$

4. Матричная модель численности инженерно-технического персонала.

Все полученные результаты относятся к матричной алгебре, обеспеченной компьютерными программами системы MATLAB [4]. В данной работе использовались команды:

Corrcoef (X, Y);  
 Det (A);  
 Inv (A);  
 Polyfit (X, Y, n);  
 Rand (m, n).

### **Выводы**

В результате проведенных вычислений удалось вывести формулу для определения количества инженерно-технического персонала генподрядной строительной фирмы, реализующей свою деятельность в условиях нестабильной рыночной экономики.

### **Summary**

**Investitionno-building activity of a building complex of the Odessa area on the basic indicators is analyzed.**

### **Литература**

1. В.В.Костюченко, К.М.Крюков, О.А.Кудинов. Менеджмент строительства. Ростов-на-Дону, 2002.
2. В.С.Королюк, Н.И. Потренюк, А.В. Скороход. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. Москва, 1985.
3. Г.Корн, Т.Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Москва: Наука, 1973.
4. С.П.Иглин. Математические расчеты на базе MATLAB.СПб: БХВ-Петербург, 2005.