

СТАТИСТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ НОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

А. В. Дробов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

В. Н. Галушко

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Научный руководитель А. Г. Ус

С целью выявления значимых отклонений в удельном расходе электроэнергии реализован для пользователя программный статистический инструментарий. Данный инструментарий основывается на аналитических записках по энергетическому обследованию предприятий и включает разнообразные статистические процедуры. В качестве примера в статье приведен фрагмент анализа энергетического обследования Республиканского унитарного предприятия «Гомельский завод литья и нормалей».

Для исследуемых цехов получены интервальные оценки среднего значения и средне квадратичного отклонения исследуемой величины с доверительной вероятностью $p = 0,95$ (в табл. 1 приведен пример расчета для цеха ЭМЦ), с помощью которых можно сравнить нормируемые параметры с полученными по фактическим данным. Данное сравнение позволяет выявить на первом этапе значимые отклонения от нормы среднего потребления электроэнергии с учетом разброса значений, вызванного влиянием случайных факторов.

Таблица 1

Удельный фактический расход электроэнергии ЭМЦ ЛП, тыс. кВт · ч

337,7	271,5	305,5	353,8	304,1	236,7	231,6	154	300,6
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------

Выборочное среднее:

$$\widehat{M}[X] = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 277,28. \quad (1)$$

Оценка среднего квадратического отклонения $\widehat{\sigma}[X] = \sqrt{\widehat{D}[X]} = 61,78. \quad (2)$

Объем выборки составил $n = 9$. Применяем формулу

$$\left\{ \bar{x} - t_{(\alpha/2; n-1)} \frac{\widehat{\sigma}}{\sqrt{n-1}} < \widehat{M}[X] < \bar{x} + t_{(\alpha/2; n-1)} \frac{\widehat{\sigma}}{\sqrt{n-1}} \right\}, \quad (3)$$

где $n = 9$, $\alpha = 0,05$ значение $t_{(\alpha/2; n-1)}$ определяем по таблицам распределения Стьюдента. Подставив значения в формулу, получим:

$$\left\{ 277,28 - 2,306 \frac{61,78}{\sqrt{9-1}} < \widehat{M}[X] < 277,28 + 2,306 \frac{61,78}{\sqrt{9-1}} \right\}.$$

Таким образом, с вероятностью $p = 0,95$ можно гарантировать, что среднее находится в пределах: $\{226,9 < \widehat{M}[X] < 327,6\}$.

На втором этапе расчета выполняется одномерный и множественный корреляционный и регрессионный анализ в программном продукте Statistica или STATGRAPHICS [1] с целью прогнозирования, проверки результатов, выявления значимо влияющих факторов с помощью полученных уравнений зависимости (табл. 2 и 3, рис. 1, 2).

Таблица 2

Данные о потреблении электроэнергии автоматным цехом для одномерного регрессионного и корреляционного анализа

Наименование цеха: АЦ	
Объем производства, тыс. р.	Потребление электроэнергии, тыс. кВт · ч
26357,0	167,80
26210,0	206,20
29841,0	172,20
27883,0	140,20
28761,0	139,10

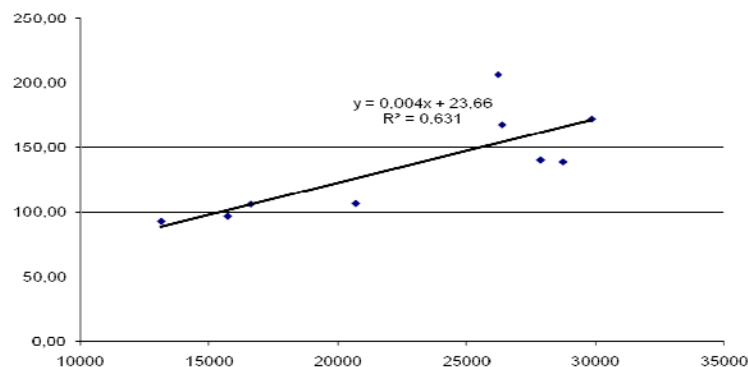


Рис. 1. Пример результатов линейного регрессионного анализа (Excel)

В итоге полученное уравнение гиперболической регрессионной зависимости количества продукции и потребления электроэнергии, тыс. кВт·ч имеет вид $Y = 23,66 + 0,004X$. Коэффициент корреляции составил 0,631.

Таблица 3

Исходные данные для множественного регрессионного анализа

Цех	Количество оборудования, ед.	Объем производства, тыс. р.	Трудоемкость производственной программы, н/ч	Время работы оборудования в течение года, н/ч	Средне-месячная зарплата, тыс. р.	Потребление электроэнергии, тыс. кВт·ч
Цех № 1 ЦПС	160	103159150,8	312897,6	292853	5506,3	1603,59
Цех № 2 СБЦ-5	104	67053448,6	255954,0	255850	5202,1	741,9
Цех № 3 ЭкСЦ-5	63	72999133,2	299416,0	299403	5307,4	261,2

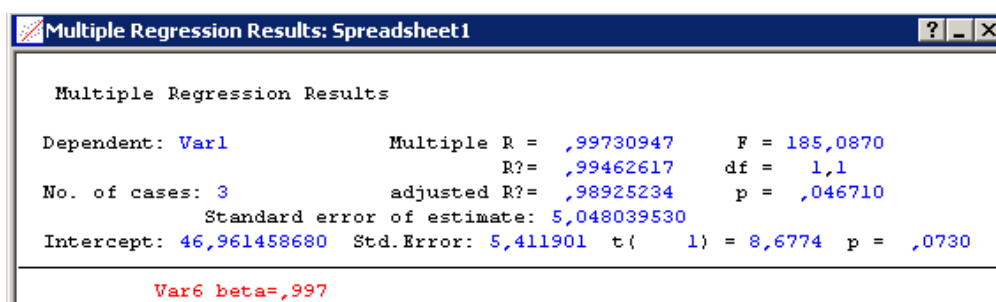


Рис. 2. Окно оценивания параметров в примере (Statistica)

В окне оценивания параметров (рис. 2) содержатся краткие сведения о результатах анализа. А именно:

Dep. Var. (имя зависимой переменной). В данном случае – Var 6 (W), No. of Cases (число случаев, по которым построена регрессия) в примере это число равно 3, Multiple R = 0,9973 (коэффициент множественной корреляции), R² (квадрат коэффициента множественной корреляции), обычно называемый коэффициентом детерминации.

Оцененная модель потребления электроэнергии в Statistica имеет вид:

$$Z = 46,96 + 0,0714 \cdot X_1 - 0,1487 \cdot X_2 - 0,07929 \cdot X_3 - 0,0733 \cdot X_4 - 0,1126 \cdot X_5.$$

С помощью STATGRAPHICS пример уравнения регрессии потребления электроэнергии приняло вид

$$W = 1885,22 + 0,0000526739 \cdot X_{\text{объем произв}} - 0,0182661 \cdot X_{\text{время раб. оборуд.}}$$

С помощью процедуры пошагового регрессионного анализа подбирается наилучшее уравнение регрессии потребления электроэнергии, сравнение нескольких альтернативных моделей регрессии реализовано с помощью приведенных значений

коэффициентов детерминации (например, в приведенном случае наиболее значимо влияющим факторов являлось значение постоянного параметра).

На третьем этапе расчета анализ фактических отчетных данных об объемах производства и соответствующих им удельных расходах электроэнергии позволяет получить параметры криволинейного уравнения регрессии (как правило используется экспоненциальная зависимость), описывающего изменение постоянной и переменной составляющих в зависимости от объемов производимой продукции исследуемого производственного подразделения [1].

В результате можно формировать наиболее объективную зависимость удельного расхода электроэнергии от объема производства для нормирования электропотребления, в некоторых случаях выявлять подтасовки или ошибки в отчетных данных, обнаруживать ошибки в работе счетчиков.

Л и т е р а т у р а

1. Боровиков, В. П. Популярное введение в программу STATISTICA / В. П. Боровиков. – М. : КомпьютерПресс, 1998. – 69 с.