Определение основных факторов повышения цены за отопление

Васильев Александр Владимирович
студент группы Стм-250101
Специальность: организационно-технологические и экономические решения в строительстве(магистратура)
E-mail: alexander_vasilev_888@inbox.ru
г. Екатеринбург, Российская Федерация
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

332.873.1

Аннотация: Статья посвящена вопросам основных факторов повышения цены за отопление. Разработанный метод позволит определить основные факторы повышения цен за отопление. Главное достоинство нового метода расчета — это простота определения основных факторов .

Ключевые слова: многофакторный эксперимент, метод случайного баланса , отопление, потери тепла, стоимость отопления.

Метод случайного баланса имеет широкое применение в самых разных областях, в первую очередь при исследовании различных технологических процессов. По методу проводят опыты по выбору факторов, существенно влияющих на объект исследования. Метод случайного баланса был предложен Саттерзвайтом в 1956 г. Идея метода заключается в постановке экспериментов по плану, содержащему координаты точек, выбранных случайным образом. Число точек должно превышать число факторов.

Метод случайного баланса предназначен для выделения наиболее существенных входных переменных среди большого числа линейных факторов и парных взаимодействий в многофакторном процессе. При построении регрессии, линейной по параметрам, требуется включать все или, по крайней мере, все существующие входные переменные. Это связано с требованием получения модели, адекватной рассматриваемому объекту. Привлечение всего множества переменных к составлению математического описания требует большого объема экспериментальных и вычислительных работ. Поэтому возникает задача предварительного отсеивания несущественных переменных и выделение тех входных величин, которые оказывают наиболее заметные влияния на отклики системы.

Опыты для определения коэффициентов регрессии должны быть поставлены по строгому плану. Для каждого фактора, исследуемого в данном эксперименте, выбирается условный уровень $\mathbf{0}_{x_i}$, то есть такие значения переменных, в области которых начинается изучение процесса с целью получить направление от выбранного условного нулевого уровня к оптимальным значениям факторов. Если выбор условного нулевого уровня не диктуется какими-либо теоретическими или практическими соображениями, то он может быть совершенно произвольным.

Для тех же факторов выбираются единицы варьирования λ_i. Это те величины, на которые в данном опыте мы меняем условия по каждому фактору в сторону увеличения или уменьшения его от нулевого уровня. В каждом конкретном случае единицы варьирования задаются исходя из опыта и интуиции исследователя.

Уровни $\mathbf{0}_{x_i} - \lambda_i$ и $\mathbf{0}_{x_i} + \lambda_i$ обозначим символами –1 или +1.

После выбора $\mathbf{0}_{x_i}$ и $\boldsymbol{\lambda}_i$ составляется матрица планирования. При ее составлении исходят из того, что в данном эксперименте факторов, варьируемых на верхнем и на нижнем уровнях ($\mathbf{0}_{x_i} - \boldsymbol{\lambda}_i$, $\mathbf{0}_{x_i} + \boldsymbol{\lambda}_i$). Необходимое число вариантов опыта равно

$$\mathbf{2}^{\boldsymbol{i}} = \boldsymbol{N},$$

где *i* — количество исследуемых факторов

Для трех факторов, матрица планирования, включающая восемь вариантов, имеет вид

Таблица 1. Матрица планирования

№ варианта	X0	X1	X2	X3	*y*
1	+1	+1	+1	+1	$\boldsymbol{y}_1$
2	+1	+1	+1	-1	$\boldsymbol{y}_2$
3	+1	+1	-1	+1	$\boldsymbol{y}_3$
4	+1	-1	+1	+1	$\boldsymbol{y}_4$
5	+1	-1	-1	-1	$\boldsymbol{y}_5$
6	+1	+1	-1	-1	$\boldsymbol{y}_6$
7	+1	-1	-1	+1	$\boldsymbol{y}_7$
8	+1	-1	+1	-1	$\boldsymbol{y}_8$

Во втором столбце приведены значения фиктивной переменной $\boldsymbol{x}_0 = \mathbf{+1}$, вводимой формально для расчетов $\boldsymbol{b}_0$; в третьем , четвертом, пятом— значения переменных $\boldsymbol{x}_1$, $\boldsymbol{x}_2$, $\boldsymbol{x}_3$; в последнем — значения результатов наблюдений в каждом из восьми опытов.

В зависимости от числа изучаемых факторов, определяющих процесс, записывается уравнение регрессии в общем виде без членов высших порядков. Для трех факторов оно имеет вид

$$\boldsymbol{y} = \boldsymbol{b}_0 + \boldsymbol{b}_1\boldsymbol{x}_1 + \boldsymbol{b}_2\boldsymbol{x}_2 + \boldsymbol{b}_3\boldsymbol{x}_3, \quad (1.1)$$

где $\boldsymbol{x}_1, \boldsymbol{x}_2, \boldsymbol{x}_3$ — значения факторов;

$\boldsymbol{b}_0$ — свободный член, равный выходу при $\boldsymbol{x}_i = \mathbf{0}$;

$\boldsymbol{b}_1, \boldsymbol{b}_2, \boldsymbol{b}_3$ — коэффициенты регрессии соответствующих факторов, указывающие на влияние того или иного фактора на изучаемый процесс;

В основу расчета положена матрица планирования эксперимента. В исследовании необходимо выделить небольшое число факторов, определяющих эффективность процесса на фоне остальных, относящихся к шумовому полю. Таким образом, необходимо провести отсеивающий эксперимент, для реализации которого используется метод случайного баланса.

Таблица 2. Значения факторов

Процент износа тепловых сетей		Потери тепла(в процентах) при транспортировке к потребителю		Потребление тепла в зависимости от теплозащиты здания, ГКалл	
+X1	-X1	+X2	-X2	+X3	-X3
70	60	40	20	1,83	1,28

На основании результатов составляем таблицу(таблица 3)

Таблица 3.Результаты расчета стоимости

N точки	Процент износа тепловых сетей	Потери тепла (в процентах) при транспортировке к потребителю	Потребление тепла в зависимости от теплозащиты здания, ГКалл	Стоимость, руб.
	X1	X2	X3	У
1	+1	+1	+1	4240
2	+1	+1	-1	2850
3	+1	-1	+1	3533
4	-1	+1	+1	3711
5	-1	-1	-1	2078
6	+1	-1	-1	2375
7	-1	-1	+1	3092
8	-1	+1	-1	2494

На первом этапе составляют диаграмму рассеяния. По оси абсцисс откладывают значения уровней факторов, по оси ординат. параметр оптимизации (значения у). Слева от каждой ординаты отмечаются те значения выхода, которые соответствуют положению данного фактора на нижнем уровне = –1, справа — на верхнем Xi = +1.

После нанесения опытных данных на диаграмму (показаны точками) для каждого уровня находят медиану (по обе стороны от медианы число точек одинаковое, сказать, если количество точек нечетное). Разность между медианами характеризует роль фактора.

Мы будем выделять по одному значимому фактору

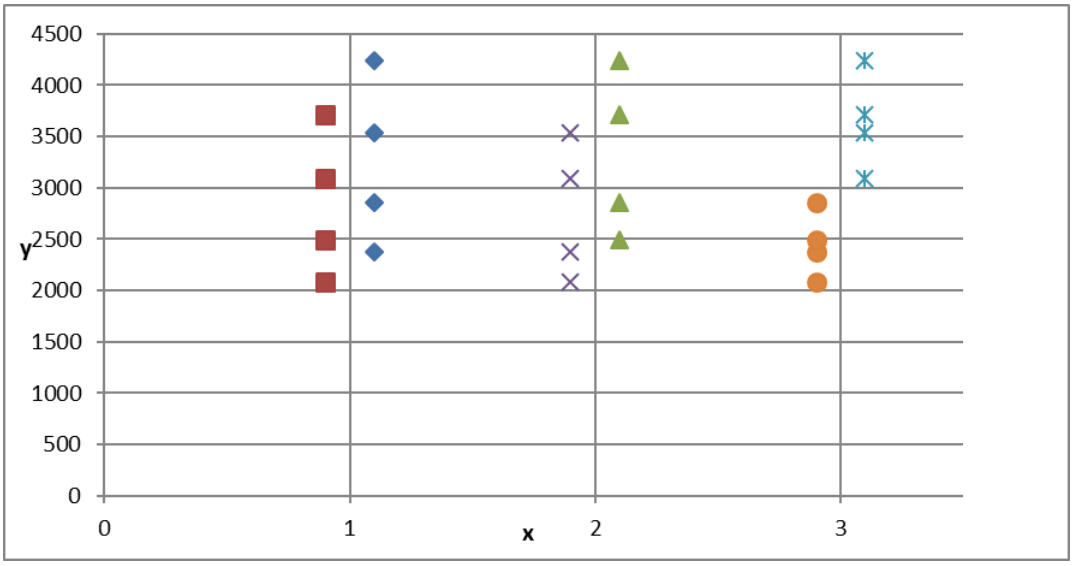

Рисунок 1. Диаграмма рассеяния

Диаграмма рассеяния служит для иллюстрации метода последовательного выделения существенных переменных.

Разность между медианой справа (при $x_i = +1$) и медианой слева (при $x_i = -1$) называется вкладом x_i в отклик и обозначается B_{x_i}.

$$B_{x_i} = M_i\{y\}|_{x_i=+1} - M_i\{y\}|_{x_i=-1} \qquad (1.2)$$

Таблица 4.Результаты расчета разницы медиан

$Me(+x_1)$	3249.5	B_{x_1}	405.75
$Me(-x_1)$	2843.75		
$Me(+x_2)$	3323.75	B_{x_2}	554.25
$Me(-x_2)$	2769.5		
$Me(+x_3)$	3644	B_{x_3}	1194.75
$Me(-x_3)$	2449.25		

Самым существенным фактором является X_3

Теперь необходимо провести исключение его влияния из рассмотрения. Процедуру исключения называют стабилизацией. Для стабилизации фактора на нижнем уровне x_3 вычтем вклад B_{X3} со своим знаком из значения y_t в тех N точках, где $x_3 = +1$. Значение у на уровне $x_3 = —1$ остается неизменным. Результаты преобразования значений представлены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты расчета стоимости

N точки	Процент износа тепловых сетей	Потери тепла (в процентах) при транспортировке к потребителю	Потребление тепла в зависимости от теплозащиты здания, ГКалл	Стоимость, руб	Стоимость, руб

	X1	X2	X3	У	У1
1	+1	+1	+1	4240	3045.25
2	+1	+1	-1	2850	2850
3	+1	-1	+1	3533	2338.25
4	-1	+1	+1	3711	2516.25
5	-1	-1	-1	2078	2078
6	+1	-1	-1	2375	2375
7	-1	-1	+1	3092	1897.25
8	-1	+1	-1	2494	2494

Используя новый столбец, строим новую диаграмму рассеяния и уже по ней определяем следующий фактор, имеющий наибольший вклад. Далее процедура повторяется. Процесс выделения существенных переменных прекращается, когда на очередной диаграмме рассеяния В оказываются статически одинаково малыми.

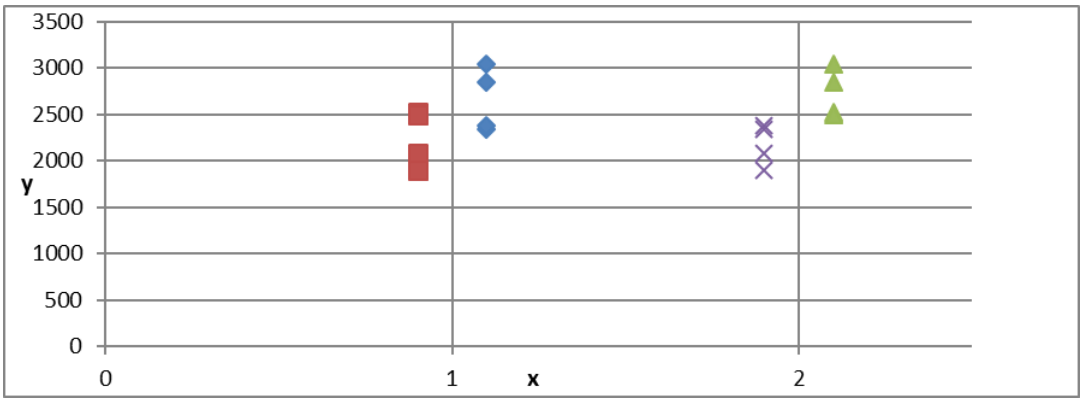

Рисунок 2. Диаграмма рассеяния

Таблица 6. Результаты расчета разницы медиан

$Me(+x_1)$	2652.125	B_{x_1}	405.75
$Me(-x_1)$	2246.38		
$Me(+x_2)$	2726.375	B_{x_2}	554.25
$Me(-x_2)$	2172.13		

Самым существенным фактором является X_2

Вследствие вышеизложенного , можно сделать вывод , что самым незначительным в сравнении с другими факторами повышения цены за отопления является x_1. Для остальных эффектов наблюдается как значительная разница между медианами, так и большое число выделяющихся точек, что предполагает их значимость.

Таким образом, установлено, что при варьировании изучаемых независимых переменных в выбранных пределах результат определяется в основном влиянием факторов x_2, x_3.

Определяем коэффициенты уравнения

b_0= 1/N(y_1+ y_2+ y_3+ y_4+ y_5+ y_6+ y_7 +y_8) b_0= 1/N =1/8(4240+2850+3533+3711+2078+2375+3092+2494)=3046.625 (1.3)

b_1= 1/N(y_1+ y_2+ y_3- y_4- y_5+ y_6- y_7 -y_8) b_1= 1/N=(4240+2850+3533-3711-2078+2375-3092-2494)/9=202.875 (1.4)

b_2= 1/N(y_1+ y_2- y_3+y_4- y_5- y_6- y_7 +y_8)= b_2= 1/N=(4240+2850-3533+3711-2078-2375-3092+2494)/8=277.125 (1.5)

b_3= 1/N(y_1- y_2+ y_3+ y_4- y_5- y_6+y_7 -y_8) b_3= 1/N=(4240-2850+3533+3711-2078-2375+3092-2494)/8=597.375 (1.6)

Или

b_1=0.5*B_1=0.5*405.75= 202.875 (1.7)

b_2=0.5*B_2=0.5*554.25= 277.125 (1.8)

b_3=0.5*B_3=0.5*1194.75= 597.375 (1.9)

В результате получаем модель

Уравнение регрессии

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_i x_i + \sum_{r=k+1}^{n} b_r x_r, \qquad (1.10)$$

где k — число значимых переменных;

$n - k$ — число незначимых переменных

Y=3046.625+202.875×$_1$+277.125×$_2$+597.375×$_3$

Вывод: отсюда можно сделать вывод, что все факторы в нашем уравнение значимые , нельзя отбросить ни один фактор из четырех.

Самые значимые факторы это X2 и X3, т.е. потери тепла при транспортировке к потребителю и потребление тепла в зависимости от теплозащиты здания, ГКалл

Библиографический список:

1. ТАСС. Информационное агентство России. Режим доступа : http://tass.ru/glavnie-novosti/684464
2. Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/fund/
3. FORUMHOUSE. Режим доступа: https://www.forumhouse.ru/articles/engineering-systems/