МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ВЫБОР ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве методических указаний для студентов Самарского университета, обучающихся по основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств

Составители: *С.В. Тюлевин, Е.С. Еранцева*

С А М А Р А
Издательство Самарского университета
2019

УДК 621.38(075)
ББК 32.85я7

Составители: ***С.В. Тюлевин, Е.С. Еранцева***

Рецензент доц. К. Е. В о р о н о в

Выбор информативных параметров для прогнозирования показателей качества электронных средств: метод. указания / сост. *С.В. Тюлевин, Е.С. Еранцева*. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2019. – 8 с.

Методические указания предназначены для магистрантов, обучающихся по направлению 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств, при изучении дисциплины «Управление качеством электронных средств (ЭС) специального назначения (СН)».

Разработаны на кафедре конструирования и технологии электронных систем и устройств.

УДК 621.38(075)
ББК 32.85я7

Для оценки информативности параметров и выбора наиболее информативных предлагается определить коэффициенты корреляции между прогнозируемым и информативным параметрами. Для этого можно использовать следующий подход. Рассмотрим случай, когда у изделия замеряются два различных признака: X и Y. При этом могут возникнуть следующие варианты.

1. Оба признака X и Y тесно связаны друг с другом (например, электрический ток и напряжение в законе Ома). Этот вид связи называют *функциональным.* Зависимость между обоими признаками выражается в виде формулы. Поэтому при функциональных связях каждому определенному значению x соответствует одно или нескольких значений y, и наоборот. Примерами функциональных связей являются все точные законы астрономии, механики, физики и химии.

2. Оба признака X и Y не строго связаны между собой, и связь эта не функциональная, а статическая. В этом случае каждому фиксированному значению x соответствует ряд изменяющихся вместе с изменением X значений Y и, наоборот, каждому фиксированному значению y соответствует ряд значений X, которые тоже изменяются с изменением Y.

3. Оба признака X и Y не связаны между собой. В этом случае значения признака Y не меняются с изменением X, и наоборот. Таким образом, оба признака X и Y не зависят друг от друга.

При управлении качеством желательно знать не только зависимость друг от друга двух или нескольких количественных признаков, но и вид связи между ними и насколько тесна эта связь. Решение этого вопроса имеет большое значение для контроля и управления качеством объекта.

Связь между двумя количественными признаками проявляется в виде определенной тенденции, например, если один признак увеличивается или уменьшается.

Учитывая, что при статических связях каждому фиксированному значению одного признака соответствует распределение другого признака, можно, подсчитав среднее арифметическое этого распределения, представить эту связь в виде зависимости среднего арифметического значения одного признака, например параметра качества $\overline{y_x}$, от другого признака (фактора) X.

Статистическую связь, представленную в таком виде, называют корреляционной связью Y с X. Точно так же корреляционной связью X с Y называют связь статических средних $\overline{x_y}$ признака X, вычисленных для различных значений признака Y. Корреляционная связь $\overline{y_x}$ с X выражается в общем виде следующим уравнением:

$$\overline{y_x} = f(x), \tag{1}$$

а связь $\overline{x_y}$ с Y – соответственно

$$\overline{x_y} = \varphi(y). \tag{2}$$

Уравнения (1) и (2) называют уравнениями регрессии или *корреляционными уравнениями*, причем уравнение (1) – уравнением регрессии Y на X, а уравнение (2) – уравнением регрессии X на Y. Вид функций $f(x)$ и $\varphi(y)$ в этих уравнениях зависит от формы связи рассматриваемых признаков.

Таким образом, уравнение регрессии отображает форму связи и дает ответ на вопрос, является ли корреляционная связь прямолинейной или криволинейной.

На практике связь между двумя признаками в интересующей области может быть линейной или приблизительно линейной. В тех случаях, когда она нелинейная, часто путем преобразования (логарифмированием, извлечением корня и т.п.) одного из признаков можно произвести линеаризацию характера кривой. Кроме того, практически любая нелинейная зависимость может быть разделена на участки с линейной зависимостью рассматриваемых признаков. «Наилучшая» прямая, выравнивающая опытные данные, определяется методом наименьших квадратов.

Если наблюдаемые значения признаков обозначить через $(x_1 y_1), (x_2 y_2), \ldots, (x_n y_n)$, то прямая регрессия Y на X запишется в виде:

$$y = \bar{y} + b(x - \bar{x}), \tag{3}$$

где $\bar{y}$ – средняя арифметическая значений $y_1, y_2, \ldots, y_n$; $\bar{x}$ – средняя арифметическая значений $x_1, x_2, \ldots, x_n$; Y определяет ординаты точек вычисленной прямой в зависимости от значений признака.

Коэффициент b в уравнении (3) называют коэффициентом регрессии Y на X и определяют по формуле:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}.$$

Если рассматривать характер изменения ***X*** по ***Y***, т.е. считать, что X зависит от значений признака Y, то прямая регрессии X на Y будет иметь вид:

$$x = \bar{x} + b'(y - \bar{y}), \tag{4}$$

где

$$b' = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_i (y_i - \bar{y})}.$$

Оба уравнения регрессии не эквивалентны, так как $b' \neq 1/b$. Итак, прямая регрессии Y на X не совпадает с прямой регрессии X на Y, хотя обе они проходят через точку с координатами ($\bar{x}, y$).

Коэффициент регрессии Y на X равен тангенсу угла между прямой регрессии и осью $x(tg\alpha)$, а коэффициент регрессии X на Y – котангенсу угла между прямой регрессии и осью $x(ctg\beta)$, т.е.

$$tg\alpha = b,$$
$$tg\beta = 1/ctg\beta = 1/b.$$

Полученные две прямые регрессии отражают различный подход к проблеме. В первом случае по известному значению X получаем оценку для Y, а во втором – по известному значению Y получаем оценку для X. Соответственно, находим минимум суммы квадратов отклонений по вертикали и по горизонтали.

Если форма связи рассматриваемых признаков определяется видом уравнения регрессии, то степень связи определяется *коэффициентом корреляции r*, который вычисляется по формуле:

$$r=\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_i(x_i-\bar{x})^2\sum_i(y_i-\bar{y})^2}}. \qquad (5)$$

Из сравнения (5) с выражениями для b и $b^{'}$ нетрудно увидеть, что

$$r=\pm\sqrt{b\,b^{'}}=\pm\sqrt{tg\alpha/tg\beta}. \qquad (6)$$

На основании (6) можно сделать вывод, что при равенстве углов α и β (что имеет место при совпадении прямых регрессии Y на X и X на Y, т.е. при функциональной связи между признаками X на Y) $r=\pm1$.

Если r > 0, то линейная функциональная связь прямая (с ростом значений X увеличивается Y, и наоборот); если r < 0, то связь обратная (с ростом X значения Y уменьшается).

В статистическом наблюдении функциональная зависимость превращается в корреляционную (ибо в этом случае мы имеем дело со случайными величинами), поэтому углы наклона прямых регрессии Y на X и X на Y будут отличаться, причем разность между углами α и β (т.е. угол φ между прямыми регрессии) тем больше, чем меньше единицы абсолютное значение коэффициента корреляции, и, наконец, при r = 0 имеем угол $\varphi=90^0$, что означает полное отсутствие прямолинейной корреляционной связи между рассматриваемыми признаками X и Y. Но это еще не значит, что будет отсутствовать криволинейная корреляционная связь между рассматриваемыми признаками. Таким образом, коэффициент корреляции принимает значения от –1 до +1.

При оценке самого коэффициента корреляции учитывается число пар наблюдений n, по которым было произведено его вычисление. При небольшом числе пар величина r часто значительно отличается от его действительного значения. Поэтому нужен критерий, который установит, случайно ли отклоняется коэффициент корреляции от нуля или имеется корреляционная связь.

Для этого вычисляют

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r}}\sqrt{n-2} \quad .$$

И оценивают полученное значение t с числом степеней свободы v = n – 2. Если $t \le t_T$, то корреляция между рассматриваемыми признаками существует.

Методические материалы

**ВЫБОР ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Методические указания

Составители: ***Тюлевин Сергей Викторович,***
Еранцева Екатерина Сергеевна

Редактор *А.С. Никитина*
Верстка: *А.С. Никитина*

Подписано в печать 08.08.2019. Формат 60х84 1/16.
Бумага офсетная. Печ. л. 0,5.
Тираж 25 экз. Заказ . Арт. – 74(Р1М)/2019

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.