

УДК 338.45

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ,
ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ
НА ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
ШВЕЙНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**MATHEMATICAL ASSESSMENT OF THE FACTORS HAVING IMPACT
ON PRODUCTION AND MARKETING ACTIVITY
OF SEWING ENTERPRISES**

С.А. ЛЕОНОВ
S.A. LEONOV

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)
(Saint-Petersburg State University of Technology and Design)
E-mail: sergey-leonov@mail.ru

В статье рассматривается последовательность математической оценки факторов внешней и внутренней среды, оказывающих влияние на производственно-сбытовую деятельность швейного предприятия, что позволяет определить отклонение максимально допустимого времени выполнения заказа от минимально возможного времени.

The article presents sequence of mathematical assessment of the external and internal factors influencing on production and marketing activity of sewing enterprises, it will make it possible to determine deviation of the most acceptable time of order implementation from the minimum possible time.

Ключевые слова: сбыт, швейные предприятия, математический анализ, корреляционно-регрессионный анализ, экспертная оценка, факторы внутренней и внешней среды.

Keywords: sale, sewing enterprises, mathematical analysis, correlation and regression analysis, expert assessment, external and internal environment factors.

В настоящее время отечественные швейные предприятия испытывают на себе всю силу конкурентной борьбы не только со стороны российских предприятий, но и со стороны стран дальнего и ближнего зарубежья. Настоящее положение дел обусловлено изменением рыночной конъюнк-

туры, появлением новых экономических объединений.

Важным этапом в противостоянии конкурирующим предприятиям может стать выполнение заказа потребителя точно в срок на основе определения и оценки факторов внешней и внутренней среды,

влияющих на показатель отклонения времени выполнения заказа.

Известно, что математические модели довольно адекватно и полно описывают различные процессы, в том числе производственные и экономические. Для построения математической модели зависимости отклонения максимально допустимого времени выполнения заказа от минимально возможного времени от определенных факторов на швейных предприятиях приведем представленную ниже после-

довательность расчетов и выводов, дополняя и расширяя методику Фадеевой Е.А. [3] относительно используемого математического аппарата, учитывая специфику швейных предприятий.

В табл. 1 приведена матрица рангов с результатами опроса экспертов по предложенным факторам влияния на исследуемый параметр. Каждый специалист ранжировал переменные по степени их влияния на некоторый целевой признак.

Таблица 1

Факторы, влияющие на показатель отклонения времени выполнения заказа	Оценка экспертов, баллы									
	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆	Э ₇	Э ₈	Э ₉	Э ₁₀
Наличие материалов для изготовления швейных изделий X ₁	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1
Неравномерность поставок швейных материалов X ₂	8	8	7	8	9	8	8	9	8	7
Степень задержки покупки требуемых швейных материалов, оборудования X ₃	9	9	9	9	8	9	9	8	10	9
Суммарное количество технологических операций для изготовления швейных изделий, включенных в заказ X ₄	4	3	3	4	4	3	5	4	3	3
Степень загрузки технологического оборудования X ₅	5	6	5	5	6	5	4	5	7	4
Наличие резервного технологического оборудования X ₆	11	10	10	10	11	10	10	11	9	10
Процент вышедшего из строя оборудования пошивочного участка и участка влажно-тепловой обработки X ₇	10	11	11	11	10	11	12	10	11	12
Наличие собственной ремонтной базы/специалистов соответствующей квалификации X ₈	13	13	12	12	13	12	11	13	13	11
Наличие трудовых ресурсов соответствующего уровня квалификации X ₉	12	12	14	13	12	13	13	12	12	14
Наличие трудовых ресурсов X ₁₀	7	7	8	7	7	7	7	7	6	8
Наличие резервных трудовых ресурсов X ₁₁	14	14	13	14	14	15	14	14	14	13
Процент готовых швейных изделий, составляющих заказ X ₁₂	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2
Наличие заказанных швейных изделий в текущей производственной программе X ₁₃	3	4	4	3	3	4	3	3	4	6
Количество заказов, принятых к исполнению в текущем и плановом периодах X ₁₄	6	5	6	6	5	6	6	6	5	5
Недостатки планирования отгрузки и формирования отгрузочных партий X ₁₅	16	15	16	15	16	16	15	17	16	17
Недостатки оперативно-производственного планирования X ₁₆	17	17	17	17	17	17	17	16	17	16
Степень задержки документов, платежей, подтверждения заявки (заказа) X ₁₇	15	16	15	16	15	14	16	15	15	15

Оценим степень согласованности мнений экспертов. Для этого вычислим значение коэффициента конкордации по формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

где S – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого объекта от средней

суммы рангов; m – количество порядковых переменных; n – объем выборки.

Данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

Эксперты Фактор	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆	Э ₇	Э ₈	Э ₉	Э ₁₀	$\sum_{j=1}^m r_{ij}$	$\sum_{i=1}^m r_{ij} - a$	$\left(\sum_{i=1}^m r_{ij} - a\right)^2$
X ₁	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	17	-73	5329
X ₂	8	8	7	8	9	8	8	9	8	7	80	-10	100
X ₃	9	9	9	9	8	9	9	8	10	9	89	-1	1
X ₄	4	3	3	4	4	3	5	4	3	3	36	-54	2916
X ₅	5	6	5	5	6	5	4	5	7	4	52	-38	1444
X ₆	11	10	10	10	11	10	10	11	9	10	102	12	144
X ₇	10	11	11	11	10	11	12	10	11	12	109	19	361
X ₈	13	13	12	12	13	12	11	13	13	11	123	33	1089
X ₉	12	12	14	13	12	13	13	12	12	14	127	37	1369
X ₁₀	7	7	8	7	7	7	7	7	6	8	71	-19	361
X ₁₁	14	14	13	14	14	15	14	14	14	13	139	49	2401
X ₁₂	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	13	-77	5929
X ₁₃	3	4	4	3	3	4	3	3	4	6	37	-53	2809
X ₁₄	6	5	6	6	5	6	6	6	5	5	56	-34	1156
X ₁₅	16	15	16	15	16	16	15	17	16	17	159	69	4761
X ₁₆	17	17	17	17	17	17	17	16	17	16	168	78	6084
X ₁₇	15	16	15	16	15	14	16	15	15	15	152	62	3844
Итого	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	1530	-	40098

Так как средняя сумма рангов совокупности признаков составляет

$$a = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m r_{ij}}{n} = \frac{1530}{17} = 90, \text{ то } S = 40098, \text{ то-}$$

гда коэффициент конкордации равен $W = \frac{12 \cdot 40098}{10^2 \cdot (17^3 - 17)} = 0,983$. По полученному

коэффициенту можно сделать вывод: согласованность мнений экспертов довольно высокая.

Оценим значимость коэффициента конкордации по критерию хи-квадрат:

$$\chi^2 = \frac{12S}{mn(n-1)}. \quad (2)$$

Получили $\chi^2 = \frac{12 \cdot 40098}{10 \cdot 17 \cdot (17-1)} = 176,90$.

Поскольку $\chi^2_{\text{табл}}(0,05;16) = 26,30$, то можно сделать вывод, что полученное значение коэффициента конкордации статистически значимо.

Таблица 3

Эксперты Фактор	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆	Э ₇	Э ₈	Э ₉	Э ₁₀	Сумма ранговых мест	Средний ранг	Относительный ранг
X ₁	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	17	1,7	2
X ₂	8	8	7	8	9	8	8	9	8	7	80	8,0	8
X ₃	9	9	9	9	8	9	9	8	10	9	89	8,9	9
X ₄	4	3	3	4	4	3	5	4	3	3	36	3,6	3
X ₅	5	6	5	5	6	5	4	5	7	4	52	5,2	5
X ₆	11	10	10	10	11	10	10	11	9	10	102	10,2	10
X ₇	10	11	11	11	10	11	12	10	11	12	109	10,9	11
X ₈	13	13	12	12	13	12	11	13	13	11	123	12,3	12
X ₉	12	12	14	13	12	13	13	12	12	14	127	12,7	13
X ₁₀	7	7	8	7	7	7	7	7	6	8	71	7,1	7
X ₁₁	14	14	13	14	14	15	14	14	14	13	139	13,9	14
X ₁₂	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	13	1,3	1

Эксперты Фактор	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆	Э ₇	Э ₈	Э ₉	Э ₁₀	Сумма ранговых мест	Средний ранг	Относительный ранг
X ₁₃	3	4	4	3	3	4	3	3	4	6	37	3,7	4
X ₁₄	6	5	6	6	5	6	6	6	5	5	56	5,6	6
X ₁₅	16	15	16	15	16	16	15	17	16	17	159	15,9	16
X ₁₆	17	17	17	17	17	17	17	16	17	16	168	16,8	17
X ₁₇	15	16	15	16	15	14	16	15	15	15	152	15,2	15

Полученные результаты экспертных оценок подвергнем обработке по методу Борда [1, с. 165...166] (табл. 3) с целью выявления наилучших факторов, влияющих на показатель отклонения времени выполнения заказа.

Наиболее значимыми факторами являются факторы 1, 4, 5, 12 и 13, то есть наличие материалов для изготовления швейных изделий; суммарное количество технологических операций для изготовления швейных изделий, включенных в заказ; степень загрузки технологического оборудования; процент готовых швейных изделий, составляющих заказ; наличие заказанных швейных изделий в текущей производственной программе.

Исследуем зависимость отклонения максимально допустимого времени выполнения заказа от минимально возможного времени для пяти значимых факторов. Зависимость между результативным признаком и входными факторами есть функция, которая имеет следующий вид:

$$Y = f(X_1, X_4, X_5, X_{12}, X_{13}), \quad (3)$$

где Y – отклонение максимально допустимого времени выполнения заказа от минимально возможного времени, %; X_1 – количество материалов для изготовления швейных изделий, тыс. шт.; X_4 – суммарное количество технологических операций для изготовления швейных изделий, включенных в заказ, шт.; X_5 – степень загрузки технологического оборудования; X_{12} – процент готовых швейных изделий, составляющих заказ, %; X_{13} – наличие заказанных швейных изделий в текущей производственной программе, %.

Исходными данными для исследования будут служить статистические данные швейного предприятия. В результате обра-

ботки статистических данных швейного предприятия получена выборка, содержащая $n = 100$ сопряженных значений.

С помощью методов корреляционно-регрессионного [2, с. 320...382] анализа используем матрицу парных коэффициентов корреляции для предварительного отбора факторов с целью включения их в уравнение регрессии. Матрица парных коэффициентов корреляции рассчитана с помощью средств программы Microsoft Excel в операционной среде Windows. Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Таблица 4

	Y	X ₁	X ₄	X ₅	X ₁₂	X ₁₃
Y	1					
X ₁	0,7408	1				
X ₄	0,7532	0,4859	1			
X ₅	-0,2979	-0,5205	-0,1715	1		
X ₁₂	-0,5163	-0,2714	-0,3260	0,0182	1	
X ₁₃	0,2756	0,1174	0,2179	-0,0223	-0,5273	1

По результатам полученных парных коэффициентов был сделан вывод: в уравнение регрессии не войдут факторы X_5 и X_{13} , так как они слабо связаны с результативным признаком ($r_{YX_5} = -0,2979$, $r_{YX_{13}} = 0,2756$) и хорошо связаны с другими факторами ($r_{X_1X_5} = -0,5205$, $r_{X_{12}X_{13}} = -0,5273$).

Таким образом, дается ответ на вопрос о процедуре отсева и включении в математическую модель определенного количества факторов.

Далее была рассмотрена линейная форма многофакторных связей не только как наиболее простая, но и как форма, описывающая большинство экономических процессов. При условии, что в модель включены три фактора, линейная модель принимает вид:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_4 + a_3X_{12},$$

где a_0, a_1, a_2, a_3 – коэффициенты уравнения регрессии.

По исходным данным с помощью средств программы Microsoft Excel в опе-

рационной среде Windows были определены параметры уравнения регрессии (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	3,8479	0,9956	3,8651	0,0002	1,8718	5,8241	1,8718	5,8241
X ₁	0,4843	0,0556	8,7092	0,0000	0,3739	0,5947	0,3739	0,5947
X ₄	0,0341	0,0040	8,5154	0,0000	0,0262	0,0421	0,0262	0,0421
X ₁₂	-0,0523	0,0103	-5,0884	0,0000	-0,0727	-0,0319	-0,0727	-0,0319

По результатам вычислений было составлено уравнение множественной регрессии:

$$Y = 3,8479 + 0,4843X_1 + 0,0341X_4 + 0,0523X_{12}.$$

Таким образом, мы получили математическую модель $Y = f(X_1, X_4, X_5, X_{12})$ зависимости отклонения максимально допустимого времени выполнения заказа от минимально возможного времени от следующих факторов: количество материалов для изготовления швейных изделий; суммарное количество технологических операций для изготовления швейных изделий, включенных в заказ; процент готовых швейных изделий, составляющих заказ.

Далее были определены коэффициенты множественной корреляции и множественной детерминации. Результаты расчетов приведены в табл. 6 (регрессионная статистика).

Т а б л и ц а 6

Множественный R	0,8967
R-квадрат	0,8041
Нормированный R-квадрат	0,7980
Стандартная ошибка	2,6286
Наблюдения	100

По данным табл. 6 был сделан вывод, что зависимость Y от X_1, X_4 и X_{12} характеризуется как тесная, в которой 80,41% вариации отклонения максимально допустимого времени выполнения заказа от минимально возможного времени определяются вариацией учтенных в модели факторов:

количество материалов для изготовления швейных изделий; суммарное количество технологических операций для изготовления швейных изделий, включенных в заказ; процент готовых швейных изделий, составляющих заказ. Прочие факторы, не включенные в модель, составляют соответственно 19,59% общей вариации Y .

Далее была проведена проверка гипотезы о статистической значимости уравнения регрессии и показателя тесноты связи:

$$F_{\text{факт}} = \frac{R^2_{YX_1X_4X_{12}}}{1 - R^2_{YX_1X_4X_{12}}} : \frac{m}{n - m - 1} = \frac{0,8041}{0,8041} : \frac{3}{100 - 3 - 1} = 131,34.$$

Табличное значение критерия при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы 3 и 96 равно $F_{\text{табл}} = 2,70$. При сравнении $F_{\text{табл}}$ и $F_{\text{факт}}$ было сделано заключение о статистической значимости уравнения в целом и показателя тесноты связи, которые сформировались под случайным воздействием факторов X_1, X_4 и X_{12} .

Значения случайных ошибок параметров a_0, a_1, a_2, a_3 с учетом округления равны $m_{a_0} = 0,9956, m_{a_1} = 0,0556, m_{a_2} = 0,0040, m_{a_3} = 0,0103$. Значения t-критерия Стьюдента составили $t_{a_0} = 3,8651, t_{a_1} = 8,7092, t_{a_2} = 8,5154, t_{a_3} = -5,0884$. Итак, был сделан вывод о том, что статистически значимыми являются a_0, a_1, a_2, a_3 .

Анализ верхней и нижней границ доверительных интервалов привел к выводу о том, что с вероятностью 0,05 параметры a_0 , a_1 , a_2 и a_3 , находясь в указанных границах, не принимают нулевых значений, то есть не являются статистически незначимыми и существенно отличны от нуля.

Используя данную математическую модель, предприятие сможет оперативно оценить предполагаемое время выполнения каждого конкретного заказа в сложившихся на данный момент условиях сочетания трех рассмотренных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гапоненко Т.В. *Управленческие решения: Учебное пособие.* – Ростов на Дону: Феникс, 2008.
2. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. *Общая теория статистики: Учебник / Под ред. И.И. Елисеевой.* – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2006.
3. Фадеева Е.А. *Совершенствование производственно-сбытовой деятельности текстильных предприятий с учетом потребностей рынка: Дис...канд. экон. наук.* – М, 2008.

Рекомендована кафедрой менеджмента.
Поступила 30.10.13.
