

Разработка математических моделей для эффективного планирования процессов системы менеджмента качества при производстве проектно-исследовательской продукции



И. В. Бадяев,
старший преподаватель
badyaev@mail.ru



В. М. Давыдов,
д. т. н., профессор, зав. кафедрой
davellut@mail.ru

**Кафедра технологической информатики и информационных систем,
Факультет автоматизации и информационных технологий,
Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск**

Проектирование как вид деятельности нуждается в регулярном поиске эффективных методов повышения качества. Решив проблему комплексного измерения процессов системы менеджмента качества, обеспечить ее результативность без создания математических моделей не представляется возможным, так как моделирование позволяет легко спрогнозировать значение получаемого качества, организовать поиск оптимальных условий проведения процесса, чтобы снизить затраты и повысить потребительские свойства продукта.

Ключевые слова: проектно-исследовательская продукция, процессы системы менеджмента качества, оценка результативности, квалиметрический анализ, математическое моделирование, планирование эксперимента.

Введение

Система менеджмента качества в проектно-исследовательских организациях необходима как инструмент улучшения качества проектной продукции через создание и функционирование системы процессов [3]. Проектирование как вид деятельности нуждается в регулярном поиске эффективных методов повышения качества, т.к. в условиях рыночной экономики и с развитием современных технологий проектирования, инновационной деятельности, оно находится в постоянной конкурентной борьбе.

Процессы системы менеджмента качества, какими бы многогранными по смысловому и функциональному содержанию они ни были, должны находиться под управлением, а в частности измеряться. Деятельность по измерению процессов СМК, как правило, не регламентирована в нормативных документах, но методик и наборов и в сети Интернет и в научно-методических изданиях достаточно. Однако, единого эффективного подхода к комплексному измерению процессов СМК, который был бы применим к деятельности всех типов организаций, в равной степени как сам ISO 9001

[6, 7, 10], не определено, а значит, вопросы по созданию таких методик являются актуальными.

Основной задачей организации, сертифицировавшей свою систему менеджмента качества, является обеспечение поддержания ее в актуальном состоянии, а также поддержание ее результативности, в том числе через управление процессами.

Но, даже решив проблему комплексного измерения процессов системы менеджмента качества, обеспечить ее результативность без создания математических моделей не представляется возможным, так как моделирование позволяет легко спрогнозировать значение получаемого качества, организовать поиск оптимальных условий проведения процесса, чтобы снизить затраты, повысить потребительские свойства продукта или полуфабриката, повысить производительность и решить ряд других задач по улучшению качества процессов [12, 15].

Первый этап математического моделирования — собственное построение модели — очень часто опирается на некоторые имеющиеся исходные (экспериментальные) данные на том процессе, модель которого преимущественно исследуется [13, 14].

1. Принципы, параметры и технологии

При построении моделей для определения результативности процессов системы менеджмента качества воспользуемся методами регрессионного анализа и планирования экспериментов.

Началом экспериментальных исследований является сбор, изучение и анализ всех имеющихся данных об объекте – показателей процессов СМК. Априорная информация может быть скупой или обширной, но именно она является той базой, на которой строятся первые шаги исследования. В результате проведения предварительного этапа необходимо выбрать показатель качества, влияние на который мы хотим изучить в соответствии с поставленной задачей, составим полный список факторов, влияющих на выбранный показатель качества, исходя из того, что лучше назвать несколько малозначащих (как потом может оказаться) факторов, чем пропустить один существенный; задать ориентировочные пределы изменения факторов с учетом требований их совместимости и желаемого диапазона изучения влияния фактора на изучаемый показатель качества [5].

Все многообразие конечных целей исследования можно обобщенно разделить на два этапа: найти адекватное описание изучаемого явления, т. е. построить модель процесса или найти значения факторов, при которых исследуемый процесс протекает наилучшим образом (как правило, показатель качества достигает экстремума, задачи оптимизации, с учетом имеющихся ограничений) [8, 9].

Пусть в результате исследования процесса «Производство проектно-изыскательской продукции» (рис. 1) обнаруживается, что интересующее нас качество этого процесса Y (примем $Y=K^k$) зависит от нескольких величин (показателей результативности) x_i и мы хотим выяснить характер этой зависимости. Иными словами, предполагается существование функции нескольких переменных:

$$Y = f(x_1, \dots, x_n),$$

о которой мы имеем лишь самые общие, иногда интуитивные представления.

Проводя эксперименты, – изменяя значения факторов (x_i) и регистрируя значения результатов (Y), – можно получить как угодно много информации об этой функции. Необходимо только знать, как правильно использовать эту информацию

Функцию Y часто представляют в виде линейного уравнения регрессии

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i.$$

Факторы x_i могут быть представлены в первой (линейная зависимость) или более высокой степени (нелинейная зависимость), а также в виде взаимных произведений (т. е. влияния на Y взаимодействия двух или более факторов $x_1, x_2, x_1 x_2, \dots, x_1 x_2 x_3$).

Значения коэффициентов $b_i (i = 0, 1, 2, \dots, n)$ определяются на основе метода наименьших квадратов.

Так или иначе, для каждого из факторов x_i необходимо однозначно определить граничные – минималь-

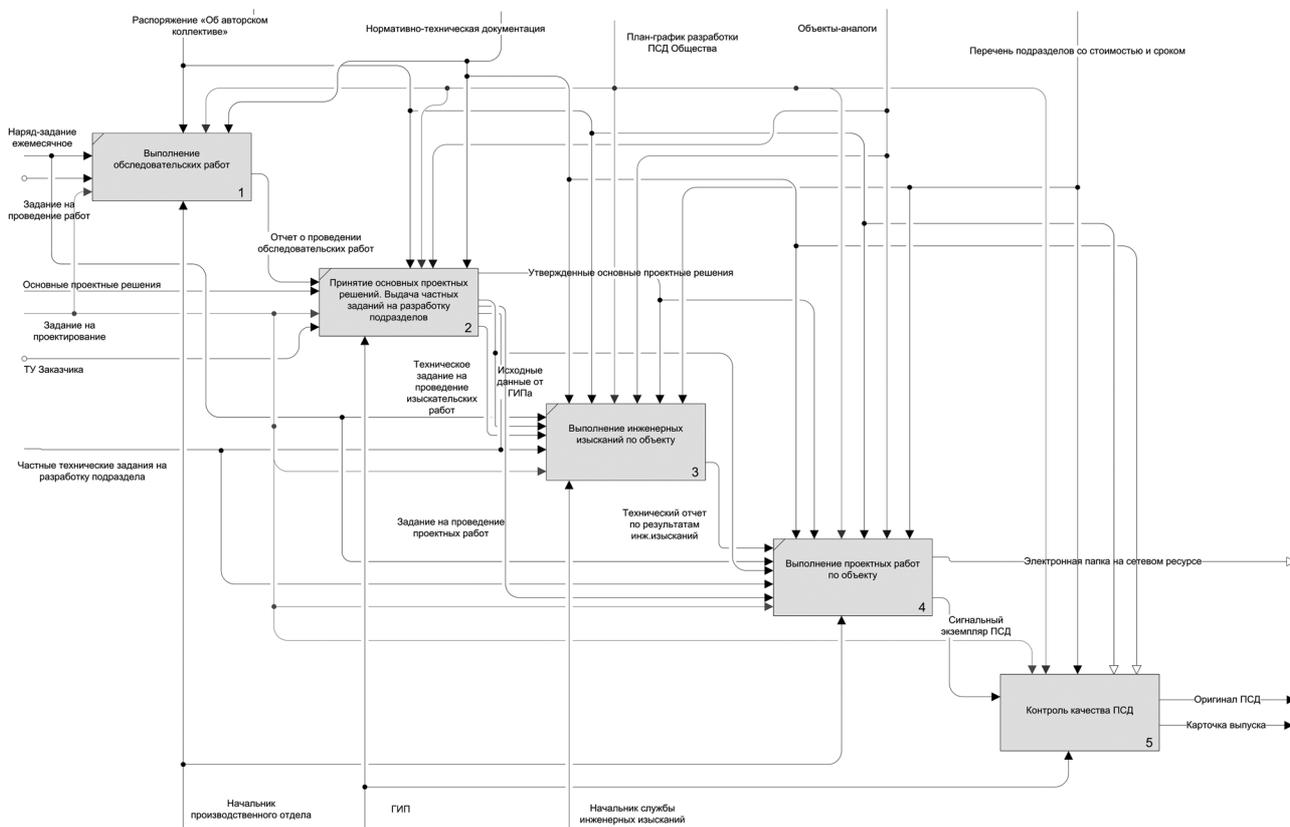


Рис. 1. Диаграмма процесса А2.2.6 «Производство проектно-изыскательской продукции»

Сравнение активных и пассивных методов построения моделей по экспериментальным данным

Наименование метода	Достоинства	Недостатки
Активные	1. Быстрота получения результатов. 2. Возможность повторения эксперимента. 3. Возможность специального планирования эксперимента	1. Сильное влияние на результаты могут оказывать случайные помехи и действия неучтенных факторов (возмущения). 2. Обычно такие методы применяют в тех случаях, когда возможно в необходимых пределах изменять входные факторы
Пассивные	1. Наблюдение за нормальным ходом процесса без вмешательства в него	1. Длительность проведения эксперимента. 2. Отсутствие возможности повтора эксперимента. 3. Необходимость применения сложных математических методов обработки. 4. Существенное влияние на результаты неучтенных обратных связей

ные и максимальные — значения. Факторы x_i (в общем случае — размерные величины) имеют различную природу и размерность.

Существуют две основные группы методов построения моделей по экспериментальным данным: активные и пассивные [1].

Активные методы основаны на принудительном изменении входных воздействий и измерении значений выходных величин. Пассивные методы основаны на наблюдении за нормальным ходом процесса без вмешательства в него. Это является главным достоинством метода.

Пассивные методы применяют в тех случаях, когда нет возможности проведения активных экспериментов, например, при взрывоопасном производстве, анализе продаж, деятельности работников и др.

Использование аппарата квалиметрии позволяет изучать как активные методы, так и пассивные за счет того, что использование шкалы отношений дает постоянный диапазон измерения от 0 до 1. Это делает предлагаемую методику универсальной и применимой к предприятиям любого типа, независимо от того какую продукцию они производят и какие виды услуг они оказывают.

Согласно применяемой в настоящем исследовании методологии описания процессов IDEFO [16, 17] будем их идентифицировать по соответствующим символам A_i , где i — соответствующий уникальный номер процесса, а A — его постоянное буквенное обозначение.

Представим ситуацию, при которой процесс A2.2.6 «Производство проектно-изыскательской продукции» имеет несколько показателей результативности (например, четыре), обозначим их через x_{ij} , где x — значение i показателя результативности процесса j .

Приведем простой пример применения методики оценки результативности процесса A2.2.6 «Производство проектно-изыскательской продукции».

В табл. 2 приведен пример составления первичных данных на основе проведения квалиметрического анализа для дальнейшей оценки результативности процесса, а также создания математической модели. Представим процесс A2.2.6 как единственный во всей системе, тогда его показатели будут рассматриваться как показатели одной группы [2].

Для расчета коэффициентов важности (весомости) G_i авторами разработана программа для ЭВМ, позволяющая рассчитать групповые и единичные коэффициенты весомости, что значительно увеличивает производительность труда инженера по качеству (рис. 2).

По следующей формуле вычислим значения каждого показателя результативности, результаты отразим в соответствующем столбце табл. 2:

$$K_i = (q_i - q^{бр}_i) / (q^{эт}_i - q^{бр}_i).$$

2. Система

Рассмотрим построение модели для оценки результативности процесса A2.2.6 «Производство проектно-изыскательской продукции».

Полный факторный эксперимент предназначен для получения линейных и неполных квадратичных моделей. Этот план основан на варьировании переменных на двух уровнях и удовлетворяет нескольким критериям оптимальности одновременно, важнейшим из которых можно считать ортогональность, что приводит к независимому определению всех коэффициентов [1, 11].

Процесс построения модели складывается из следующих этапов:

1. Составление плана эксперимента в соответствии с требованиями ПФЭ.

Таблица 2

Расчет показателя результативности на основе квалиметрического анализа

Наименование показателя результативности процесса	Коэффициент весомости G_i	$q^{эт}$	$q^{бр}$	q_i	$K_i = x_i$	$K_i G_i$
Количество отрицательных замечаний органов государственной экспертизы за период	0,4	0	2	0	1,00	0,4
Количество подготовленных ответов на замечания в требуемые сроки	0,25	100%	20%	90%	0,88	0,22
Отсутствие замечаний от заказчиков по объекту	0,35	0	5	4	0,20	0,07
	1,00	Показатель $K^k = Y$				0,69

Рис. 2. Расчетное окно программы для ПЭВМ по расчету коэффициентов важности

2. Проведение экспериментов с обязательным дублированием в каждой строчке плана и рандомизацией.
3. Проверка воспроизводимости процесса.
4. Нахождение дисперсии воспроизводимости.
5. Расчет коэффициентов модели.
6. Проверка статистической значимости найденных коэффициентов.
7. Проверка адекватности модели (оценка точности предложенного уравнения).

Если при регрессионном анализе и полном факторном эксперименте этапы 2, 3, 4, 6 и 7 идентичны, то этап 5 при ПФЭ значительно проще. Каждая переменная при использовании этого вида плана нормируется определенным образом (рис. 3): для нее выбирается $z_{i \text{ баз}}$ и $\Delta z_{i \text{ баз}}$ – шаг [11]. При этом переменная становится безразмерной и приобретает фиксированный диапазон изменения. Реальными переменные варьируются на двух уровнях. Этим уровнями являются $z_{i \text{ баз}} + \Delta z_{i \text{ баз}}$ и $z_{i \text{ баз}} - \Delta z_{i \text{ баз}}$.

Результат Y (интегральный показатель качества – суммарное значение ее рейтинга по всем параметрам), параметры (факторы), влияющие на Y – количество отрицательных замечаний органов государственной экспертизы за период Z_1 , количество подготовленных ответов на замечания в требуемые сроки Z_2 , отсутствие замечаний от заказчиков по объекту Z_3 . Следует обозначить, что для рассмотрения общих подходов

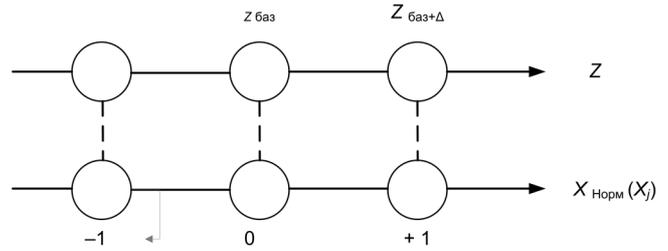


Рис. 3. Схема нормирования переменных

к планированию экспериментов, количество Z взято именно в размере трех наиболее значимых факторов.

План эксперимента представляется в следующем виде (табл. 3) [11]. Каждая строчка плана содержит совокупность значений изменяемых для построения модели параметров x_1, \dots, x_n и соответствующие экспериментальные значения исследуемого показателя y . Причем для каждого сочетания переменных процесса x проводится несколько экспериментов, а именно m . План эксперимента включает в себя сочетания обоих уровней всех переменных. При этом общее число экспериментов равно $N=2n$, где n – число переменных. В нашем случае за n мы принимаем количество факторов, влияющих на качество исследуемого процесса, $n=3$.

Для обработки результатов проведенных экспериментов и дальнейшего определения коэффициентов уравнения регрессии факторы приводят к одному масштабу. Это достигается путем кодирования переменных. Новые кодированные переменные x_i будут определяться через z_i по формуле:

$$x_i = \frac{z_i - z_i^0}{\Delta z_i}$$

Линейное равнение регрессии имеет вид:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3. \quad (1)$$

В дальнейшем под переменными x_i будем понимать нормированные значения.

Для каждого фактора находим центр, интервал варьирования и зависимость кодированной переменной x_i от натуральной z_i , результаты в табл. 4.

Таблица 3

Матрица планирования для обработки результатов

№ эксперимента	Взаимодействия							Результаты опытов			Среднее результатов
	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	$x_1 x_2 x_3$	y_1	y_2	y_3	$y_{j \text{ ср.}}$
1	+	+	+	+	+	+	+	y_{11}	y_{12}	y_{13}	$y_1 \text{ ср.}$
2	-	+	+	-	-	+	-	y_{21}	y_{22}	y_{23}	$y_2 \text{ ср.}$
3	+	-	+	-	+	-	-	y_{31}	y_{32}	y_{33}	$y_3 \text{ ср.}$
4	-	-	+	+	-	-	+	y_{41}	y_{42}	y_{43}	$y_4 \text{ ср.}$
5	+	+	-	+	-	-	-	y_{51}	y_{52}	y_{53}	$y_5 \text{ ср.}$
6	-	+	-	-	+	-	+	y_{61}	y_{62}	y_{63}	$y_6 \text{ ср.}$
7	+	-	-	-	-	+	+	y_{71}	y_{72}	y_{73}	$y_7 \text{ ср.}$
8	-	-	-	+	+	+	-	y_{81}	y_{82}	y_{83}	$y_8 \text{ ср.}$

Кодирование факторов

Факторы/зоны	Верхний уровень z_i^+	Нижний уровень z_i^-	Центр z_i^0	Интервал варьирования λ_i	Зависимость кодированной переменной от натуральной
Z_1	1	0	0,5	0,5	$x_1 = (z_1 - 0,5)/0,5 = 2z_1 - 1$
Z_2	1	0	0,5	0,5	$x_2 = (z_2 - 0,5)/0,5 = 2z_2 - 1$
Z_3	1	0	0,5	0,5	$x_3 = (z_3 - 0,5)/0,5 = 2z_3 - 1$

Таблица 5

Коэффициенты уравнения регрессии

b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
0,71	0,009	0,012	0,001	0,028	-0,008	0,015	-0,03

По следующей формуле считаем средние выборочные результатов для каждого эксперимента:

$$y_{j\text{cp}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_{ij}, j = 1, n.$$

Вычисляем коэффициенты уравнения регрессии [4]:

$$b_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_j, j = 1, n;$$

$$b_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij} \cdot y_j, j = 1, k.$$

Составляем для наглядности табл. 5, в которую заносим найденные коэффициенты уравнения регрессии.

Находим дисперсию воспроизводимости S_y^2 . Для облегчения расчетов запишем следующую формулу:

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_j^2.$$

Здесь внутренние суммы S_j^2 являются выборочными дисперсиями результатов опытов для j -го эксперимента ($j=1, \dots, n$). Для удобства оформляем расчеты в виде табл. 6.

Суммируя элементы последнего столбца табл. 6, получаем:

$$\sum_{j=1}^8 S_j^2 = 0,067.$$

Отсюда получаем дисперсию воспроизводимости:

$$S_y^2 = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 S_j^2 = 0,008.$$

Далее по следующей формуле определяем среднее квадратическое отклонение коэффициентов:

$$S_{\text{коэф.}} = (S_y^2 / (nm))^{1/2} = 0,019.$$

Из таблиц распределения Стьюдента по числу степеней свободы $n(m-1) = 8(3-1) = 16$ при $\alpha = 0,1$ находим $t_{\text{кр}} = 1,337$. Следовательно, $t_{\text{кр}} S_{\text{коэф.}} = 1,337 \times 0,019 = 0,025$.

Сравнивая полученное значение $t_{\text{кр}} S_{\text{коэф.}} = 0,025$ с коэффициентами регрессии, представленными в табл. 3, видим, что коэффициенты b_0, b_{12} и b_{123} больше по абсолютной величине 0,025, а именно $b_0 = 0,71, b_{12} = 0,028, b_{123} = 0,030$.

Следовательно, эти коэффициенты значимы, так как они больше $t_{\text{кр}} S_{\text{коэф.}}$. Полагая $b_1, b_2, b_3, b_{13}, b_{23} = 0$, получаем уравнение регрессии в кодированных переменных (уравнение (1)):

$$y = 0,71 + 0,028 x_{12} - 0,03 x_{123}. \quad (2)$$

Проверим полученное уравнение (2) на адекватность по критерию Фишера. Так как дисперсия воспроизводимости найдена, то для расчетного значения критерия $F_{\text{расч}}$ необходимо вычислить остаточную дисперсию $S_{\text{ост}}^2$.

Для этого найдем значения изучаемого параметра по полученному уравнению регрессии $y_{j\text{из}}$ ($j=1, \dots, 8$),

Таблица 6

План эксперимента и его реализации применительно показателю качества исследуемого процесса с расчетом выборочных дисперсий

№ п/п	Z_1	Z_2	Z_3	Y_1	Y_2	Y_3	$Y_{\text{cp.}}$	$(Y_{j1} - Y_{j\text{cp.}})^2$	$(Y_{j2} - Y_{j\text{cp.}})^2$	$(Y_{j3} - Y_{j\text{cp.}})^2$	$S_{y_i}^2$
1	0,3	0,3	0,171	0,7	0,75	0,75	0,733	0,001	0,000	0,000	0,00083
2	0,3	0,25	0,24	0,65	0,8	0,75	0,733	0,007	0,004	0,000	0,00583
3	0,32	0,33	0,25	0,7	0,6	0,75	0,683	0,000	0,007	0,004	0,00583
4	0,252	0,32	0,27	0,6	0,7	0,73	0,677	0,006	0,001	0,003	0,00463
5	0,288	0,28	0,3	0,9	0,7	0,73	0,777	0,015	0,006	0,002	0,01163
6	0,292	0,24	0,3	0,58	0,5	0,8	0,627	0,002	0,016	0,030	0,02413
7	0,312	0,32	0,266	0,63	0,57	0,8	0,667	0,001	0,009	0,018	0,01423
8	0,3028	0,4	0,23	0,75	0,75	0,75	0,750	0,000	0,000	0,000	0,00000

подставляя +1 или -1 вместо x_i в соответствии с номером j эксперимента из табл. 6:

$$y_{1 \text{ из}} = 0,71 + 0,028 - 0,03 = 0,707;$$

$$y_{2 \text{ из}} = 0,71 - 0,028 + 0,03 = 0,713;$$

$$y_{3 \text{ из}} = 0,71 - 0,028 + 0,03 = 0,713;$$

$$y_{4 \text{ из}} = 0,71 + 0,028 - 0,03 = 0,707;$$

$$y_{5 \text{ из}} = 0,71 + 0,028 + 0,03 = 0,769;$$

$$y_{6 \text{ из}} = 0,71 - 0,028 - 0,03 = 0,651;$$

$$y_{7 \text{ из}} = 0,71 - 0,028 + 0,03 = 0,713;$$

$$y_{8 \text{ из}} = 0,71 + 0,028 + 0,03 = 0,769.$$

Остаточную дисперсию $S_{\text{ост}}^2$ вычисляем по следующей формуле:

$$S_{\text{ост}}^2 = \frac{3}{8-3} \sum_{j=1}^8 (y_{j \text{ из}} - y_{j \text{ ср}})^2;$$

$$S_{\text{ост}}^2 = 0,066.$$

Расчетное значение критерия Фишера $F_{\text{расч}}$ определяем по формуле:

$$F_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{ост}}^2}{S_y^2} = \frac{0,066}{0,008} = 0,434.$$

Табличное значение критерия $F_{\text{табл}}$ находим из таблиц критических точек распределения Фишера при уровне значимости $\alpha = 0,005$ по соответствующим степеням свободы $k_1 = n - r = 8 - 3 = 5$; $k_2 = n(m - 1) = 8 \times 2 = 16$. Следовательно, $F_m = 2,85$.

Так как $F_{\text{расч}} = 0,434 < F_m = 2,85$, то уравнение регрессии адекватно.

Проведем интерпретацию полученной модели (2):

$$y = 0,71 + 0,028 x_{12} - 0,03 x_{123}.$$

Из первой части статьи: под Z_1 понимается и исследуется количество отрицательных замечаний органов государственной экспертизы за период, под Z_2 количество подготовленных ответов на замечания в требуемые сроки, под Z_3 — отсутствие замечаний от заказчиков по объекту.

По уравнению видно, что наиболее сильное влияние оказывает взаимодействие x_{123} — сочетание всех трех показателей результативности процесса, что еще раз говорит о правильном их выделении для проведения мониторинга (так как Z_i закодирован в x_i , что видно из табл. 1). После него по силе влияния на отклик идет взаимодействие x_{12} — сочетание показателей по количеству замечаний органов государственной экспертизы и количество подготовленных ответов на замечания в требуемые сроки. Так как коэффициент при x_{12} положителен, то с увеличением этих факторов увеличивается отклик, т. е. показатель качества

(результативности) процесса. Коэффициент при x_{123} отрицателен, это означает, что с уменьшением этого взаимодействия значение отклика будет возрастать, а с увеличением — убывать.

Выписываем уравнение регрессии (2) в натуральных переменных, подставляя вместо x_i их выражения через z_i , которое берем из последнего столбца табл. 2:

$$y = 0,71 + 0,028(2z_1 - 1)(2z_3 - 1) - 0,03(2z_1 - 1)(2z_2 - 1)(2z_3 - 1) = 0,71 + 0,056 z_1 - 0,028 + 0,056 z_3 - 0,028 - 0,06 z_1 + 0,03 - 0,06 z_2 + 0,03 - 0,06 z_3 + 0,03 = 0,71 - 0,028 - 0,028 + 0,03 + 0,03 + 0,03 + 0,056 z_1 - 0,06 z_1 - 0,06 z_2 + 0,056 z_3 - 0,06 z_3 = 0,744 + 0,5 z_1 - 0,06 z_2 + 0,5 z_3.$$

Заключение

Уравнение адекватно (как в нашем случае), т. е. с его помощью можно определять значения исследуемого процесса, не проводя эксперимента и придавая факторам значения, которые должны лежать между нижним и верхним уровнем.

В соответствии с этим можно оценивать различные аспекты направлений, в зависимости от целей и задач исследования и проводить для этого различные группировки статистического материала, выявлять корреляционные связи между ними.

Данный метод мониторинга позволил улучшить управляемость процессом А2.2.6 «Производство проектно-исследовательской продукции» в системе менеджмента качества проектной организации. Построение модели позволяет прогнозировать выходные параметры процесса при различных вариантах входных.

Список использованных источников

1. Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Наука», 1976. — 280 с.
2. Г. Г. Азгальдов. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании. М.: Стройиздат, 1989. — 272 с.
3. В. Ю. Анцев, А. Н. Иноземцев. Всеобщее управление качеством. Тула: Изд-во ТулГУ, 2005. — 244 с.
4. В. А. Васильев, Л. А. Кирилянчик. Управление качеством процессов проектирования конкурентоспособных изделий // Технология машиностроения. № 8. 2006. С. 81-83.
5. Ю. В. Васильков, Н. Иняц. Статистические методы в управлении предприятием: доступно всем. М.: РИА «Стандарты и качество», 2008. — 280 с.
6. ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Введ. 2008-12-18. М.: Стандартинформ, 2005. — 35 с.
7. ГОСТ Р ИСО 10006-2005. Системы менеджмента качества. Руководство по менеджменту качества при проектировании. Введ. 2006-06-01. М.: Стандартинформ, 2005. — 24 с.
8. В. М. Давыдов, А. Л. Домагальский, В. А. Кручина, Д. Д. Якуба. Проектирование мехатронного оборудования с учетом гарантированного срока безотказной работы // Научное обеспечение технического и социального развития Дальневосточного регио-

- на; сб. научн. ст. к 55-летию Тихоокеан. гос. ун-та. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. – 417 с.
9. А. Г. Ивахненко, М. Л. Сторублев. Управление процессами организации на основе данных о результативности//Методы менеджмента качества. 2009. № 5. С. 9-12.
 10. Э. В. Минько. Менеджмент качества: учеб. пособие. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер, 2013. – 272 с.
 11. И. Ю. Соколовская. Полный факторный эксперимент: методические указания для самостоятельной работы студентов. Новосибирск: НГАВТ, 2010. – 36 с.
 12. И. Л. Туккель. Адаптивное моделирование в технологической подготовке ГПС механосборки 1991. – 240 с.
 13. И. Л. Туккель (ред.). Инновации в науке, образовании и производстве//Труды СПбГТУ. № 493. 2005. – 152 с.
 14. И. Л. Туккель, С. Н. Яшин, Е. В. Кошелев. Экономика и финансовое обеспечение инновационной деятельности. Практикум: учебное пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 208 с.
 15. Управление инновационными проектами: учебное пособие. Ч. 1. Методологии управления инновационными проектами/ Под ред. И. Л. Туккеля. СПб.: изд. СПбГТУ. 1999.
 16. Donald J. Wheeler, David S. Chambers. Understanding Statistical Process control, 2010. – 406 p.
 17. Gerald Smith, Statistical Process Control and Quality Improvement, 1999. – 573 p.

Development of mathematical models for effective planning processes of the quality management system in the production of design and survey products

I. V. Badyaev, senior lecturer.

V. M. Davydov, doctor of technical sciences, professor, head of department.

(Department of computer science and information technology systems, Department of automation and information technology, Pacific state university)

Design as an activity needs regular search for effective methods of quality improvement. Solving the problem of complex measuring processes of quality management system, to ensure its effectiveness without creating mathematical models is not possible, since the simulation makes it easy to predict the value of the received quality to organize the search for optimal process conditions in order to reduce costs, improve consumer properties of the product.

Keywords: design and development products of, quality management system processes, assessing the effectiveness of, their qualitative analysis, modeling and design of experiments.

Грант на обучение по программе EXECUTIVE MBA Стокгольмской школы экономики в России

Стокгольмская школа экономики в России объявляет об ограниченном количестве грантов на обучение по программам Executive MBA General Management на английском и русском языках, которое начнется в начале 2018 г.

Данные программы Executive MBA уникальны и практически не имеют аналогов, так как сочетают в себе масштабное видение бизнеса с глубоким пониманием исключительно российских бизнес-реалий, основанным на успешном двадцатилетнем опыте Стокгольмской школы экономики в России.

Целенаправленно стремясь еще больше усилить состав групп Executive MBA, СШЭ в России с гордостью объявляет о грантах, покрывающих 75% платы за обучение, для нескольких прошедших отбор высококвалифицированных кандидатов, работающих в сфере здравоохранения, образования, социально-значимых областей.

Прошедшие отбор кандидаты заплатят всего 25% от полной стоимости обучения, то есть 12000 евро вместо 48000 евро (для программы на английском языке) и 13750 евро вместо 55000 (для программы на русском языке).

Программа длится около двух лет и проходит в модульном формате. По окончании программы выдается диплом Executive MBA Стокгольмской школы экономики.

Данный диплом, среди прочего:

- предоставляет доступ к уникальной сети, в которую входят более 2000 выпускников СШЭ в России;
- дает возможность почувствовать атмосферу нестандартного обучения, что позволяет участникам развиваться, превосходя собственные ожидания;
- дает первоклассную ученую степень в области бизнеса, раскрывающуюся через призму настоящего понимания культуры и делового климата России.

Начало программ:

- EMBA General Management на русском языке — 14 февраля 2018 г.
- EMBA General Management на английском языке — 14 марта 2018 г.

Анна Измайлова — руководитель отдела маркетинга и продаж Стокгольмской школы экономики в России. Anna.Izmailova@sserussia.org, +7-921-959-63-95.