

Г. Т. Пипия

ОАО «Радиоавионика», Санкт-Петербург, Россия

МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПЛАНИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА

В условиях повышенной рыночной конкуренции производитель должен рационально управлять процессом производства для поддержания или улучшения качества выпускаемой продукции. Эффективность управления возрастает при использовании современных методов оценки качества продукции. Основной проблемой в этом направлении является выбор стратегии обеспечения качества на этапе производства. Данные стратегии включают в себя комплекс мероприятий и инструменты управления качеством. Цель работы – определение критериев модели многокритериальной оптимизации для планирования мероприятий по обеспечению качества продукции. Автором предложены целевые критерии для решения задачи многокритериальной оптимизации, приведены преимущества использования модели многокритериальной оптимизации для планирования мероприятий по обеспечению качества.

Ключевые слова: многокритериальная линейная оптимизация, методы управления качеством, модель мониторинга показателей качества.

Для цитирования: Пипия Г. Т. Методика многокритериальной оценки как инструмент планирования мероприятий по обеспечению качества // Радиопромышленность. 2018. № 2. С. 115–120.

G. T. Pipiyau

Radioavionica JSC, Saint-Petersburg, Russia

THE METHOD FOR MULTI-CRITERIA EVALUATION AS THE PLANNING INSTRUMENT TO QUALITY ASSURANCE ACTIVITIES

In conditions of increasing market competition, a producer must efficiently manage the production process to maintain or improve the quality of manufactured products. The efficiency of management improves with the use of advanced methods of product quality evaluation. The key problem of quality evaluation is selection of a quality assurance strategy at the production stage. Quality assurance strategies include a set of activities and quality management tools. The purpose of the paper is to determine the criteria for multi-criteria optimization model for planning activities targeted to ensure the product quality. The author proposes target criteria for resolving the problem of multi-criteria optimization, presents the advantages of using the multi-criteria optimization model for planning quality assurance activities.

Keywords: multi-criteria linear optimization, quality management methods, model for monitoring quality indicators.

For citation: Pipiyau G. T. The method for multi-criteria evaluation as the planning instrument to quality assurance activities. Radiopromyshlennost, 2018, no. 2, pp. 115–120. (In Russian).

Введение

Мониторинг показателей качества позволяет принимать решения в отношении технологии изготовления продукции, конструкторской документации, используемых материалов и т.д. Перечисленные составляющие процесса производства продукции играют важную роль в формировании заложенного уровня качества.

Для поддержки принятия решения по уровню качества выпускаемой продукции необходимо применять методику, которая бы давала оценочную информацию по нескольким ключевым показателям. Отсюда встает задача правильного выбора такой методики.

Описание модели предметной области

С точки зрения системы менеджмента качества модель мониторинга показателей качества на этапе производства – это совокупность методов и приемов измерения, испытаний и фиксации информации о результатах контроля качества продукции. При внедрении методов оценки продукции в существующую модель мониторинга необходимо брать во внимание следующие факторы:

- способ получения информации о качестве продукции на этапе производства;
- объем производства продукции и объем проверяемой продукции на контрольных точках;
- механизм принятия решения в случае выявления дефекта;
- сложность продукции (количество самостоятельных составных частей).

Для принятия решения в отношении качества продукции исходя из полученных данных необходимо разработать методику расчета и последующей оценки качества продукции. Методика должна учитывать:

- факторы, воздействующие на качество продукции в процессе его производства;
- разнородность поступающей информации (первичная информация);
- объем поступающей информации (первичная информация);
- стратегию принятия решения при возникновении дефектов или выявлении несоответствий в процессе производства продукции.

Модель мониторинга показателей качества представлена на рис. 1.

Согласно этой модели, продукция проходит проверку на каждом технологическом этапе 1. При обнаружении дефекта ее бракуют 2 или, если дефект не обнаружен, передают на следующую технологическую операцию 5. При обнаружении дефекта производят анализ дефектной продукции 3. В случае дефекта покупного элемента 3.1 и при условии допустимого отклонения 3.1.1 принимают решение о пропуске продукции на следующую технологическую операцию 5. Если отклонение значительное, дефектный покупной элемент возвращают поставщику 3.1.2, после этого поставщик устраняет замечания либо меняет комплектующий элемент. В случае обнаружения производственного брака 3.2 замечания устраняют и отправляют на пере проверку 3.2.1 или при допустимых отклонениях продукцию пропускают по разрешению конструктора и технолога 4 на следующую технологическую операцию 5. В конечном счете продукцию отгружают потребителю 6.

Вершины, обозначенные на рис. 1 штрихпунктирными линиями, включают в себя инструменты управления качеством при работе с забракованной покупной продукцией. С данными инструментами можно ознакомиться в [1, 2]. Закрашенные вершины содержат инструменты управления качеством при

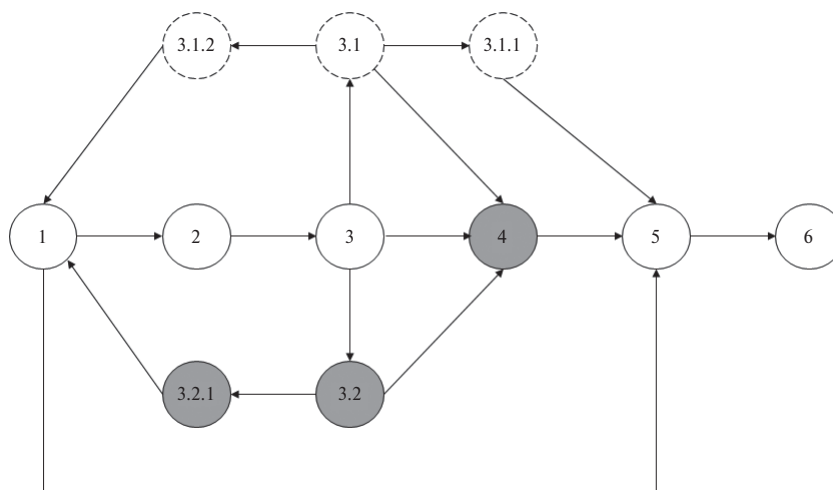


Рисунок 1. Модель мониторинга показателей качества на этапе производства

производственном браке. Подробнее о них написано в [3, 4]. К остальному относятся инструменты управления качеством, обеспечивающие выпуск продукции с заданным качеством, представленные в [5–7].

Исходя из представленной модели перед тем, как разработать методику оценки качества, необходимо решить задачи выбора стратегии обеспечения качества на этапе производства и определения комплекса применяемых инструментов обеспечения качества. Это можно сделать путем оценки по нескольким ключевым показателям. Оценка по данным показателям должна позволять выявлять слабые участки в существующих инструментах обеспечения качества и стратегии.

Модель мониторинга показателей качества

В работе [8] представлена методика оценки уровня качества, позволяющая определять слабые участки в производимой продукции. Она основана на однокритериальной условной оптимизации.

Для более точного определения необходимых инструментов управления качеством и выбора стратегии обеспечения качества производитель должен принимать решения исходя из нескольких ключевых критериев. Ниже представлен пример оценки методом условной оптимизации.

Для наглядности в таблице приведен результат поиска оптимальной оценки уровня качества исходя из двух целевых критериев (бездефектность и затраты на качество).

Критерий бездефектности определяют по формуле

$$Y(X) = F_1 = \inf(c, w) = \sum_{i=1}^n c_i w_i,$$

где c_i – константа, определяемая по обратному значению относительной частоты возникновения i -й причины; w_i – коэффициент значимости константы.

Критерий затрат на качество вычисляют по формуле

$$C(Y) = F_2 = \sup(z_i(z_1 + z_2 + z_3), w_i) = \sum_{i=1}^n z_i w_i,$$

где z_i – обратная относительная величина затрат на единицу продукции по i -й причине.

Для поиска весовых значений w_i , необходимо отобразить константы a_{ij} в матрице $Ax = Aw$ как обратное значение показателя DPU (defect per unit). DPU – это показатель количества дефектов, происходящих на единицу продукции. Обратное значение DPU рассчитывают по формуле [9]

$$1 - DPU = 1 - \frac{d}{m},$$

Таблица. Решение задачи оценки уровня качества

Константа						Значение	Ограничение
c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	F_1	b_i
0,79	0,71	0,79	0,93	0,86	0,93	0,8120	–
z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	F_2	–
0,330	0,125	0,077	0,166	0	0,100	0,0730	–
y_1	y_1	y_1	y_1	y_1	y_1	–	–
0,7	0,9	0	1,0	0	0	0,4333	$\geq 0,4330$
y_2	y_2	y_2	y_2	y_2	y_2	–	–
0,6	0,8	1,0	1,0	0,9	1,0	0,8830	$\geq 0,8830$
y_3	y_3	y_3	y_3	y_3	y_3	–	–
0,9	0,5	0,7	0	1,0	1,0	0,6830	$\geq 0,6830$
y_4	y_4	y_4	y_4	y_4	y_4	–	–
1	1	1	1	1	1	1	≤ 1
y_5	y_5	y_5	y_5	y_5	y_5	–	–
1,0	1,0	0,9	0	0,9	1,0	0,8220	$\geq 0,8220$
y_6	y_6	y_6	y_6	y_6	y_6	–	–
1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	0,8	0,9330	$\geq 0,9330$
Найденное весовое значение						–	–
y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	–	–
0,0131	0,3330	0,082	0,1200	0,448	0	–	–

где d – количество найденных дефектов; m – количество проверенных единиц.

Перед использованием линейной свертки необходимо найти минимальное значение целевого критерия F_1 , затем закрепить эту функцию как ограничение со знаком «=», а после найти целевой критерий F_2 с учетом добавленного ограничения.

Ограничения для систем линейных уравнений определяют следующим образом. Если частные значения i -го уравнения отличны от 1, то в правую часть ставят среднее значение этих величин со знаком « \geq ». Если все частные значения i -го уравнения равны 1, то в правую часть ставят число 1 со знаком « \leq ».

Для регулировки уровня качества производитель может изменять численные значения двух критериев, ориентируясь на свои потребности. Включение дополнительных критериев позволит увеличить точность принимаемых решений за счет учета новой информации.

Оценка уровня качества производимого изделия равна

$$Q = 0,812 \cdot 0,6 + 0,073 \cdot 0,4 = 0,516.$$

Для улучшения уровня качества продукции необходимо принять решение по таким показателям, как c_2, c_5, z_2, z_5 . Перед производителем стоит задача определить баланс между потерями на обеспечение качества и уменьшением частоты возникновения дефектов за счет корректировки проводимого мероприятия по обеспечению качества выпускаемой продукции.

Схема работы методики оценки уровня качества представлена на рис. 2.

Для улучшения методики оценки уровня качества, представленной на рис. 2, необходимо сделать замену в блоке определения значимости целевых критериев, поставив туда функцию полезности.

Данная функция позволит аналитически определять коэффициент значимости целевых критериев без участия экспертов. Также необходимо расширить перечень предоставленных целевых критериев.

Улучшение существующей модели оценки уровня качества продукции

Методика оценки уровня качества, согласно приведенным этапам (см. рис. 1), должна учитывать следующие моменты:

- количественные и качественные параметры продукции f_1 ;
- время, затрачиваемое на обеспечение качества продукции, f_2 ;
- денежные потери на обеспечение качества продукции f_3 ;
- надежность поставщиков, вероятность поставки годной продукции, f_4 ;
- надежность мероприятий, направленных на обеспечение качества продукции f_5 ;
- применяемую оснастку и технологическое оборудование при производстве продукции, f_6 ;
- квалификацию рабочих и производственную среду f_7 .

Исходя из перечисленных видов информации оценка уровня качества принимает вид $Q(f_1, \dots, f_7)$.

Для оценки уровня качества продукции по перечисленным показателям необходимо применить методику многокритериальной оптимизации. Данная методика имеет следующие преимущества по сравнению с классическими методами, используемыми в этой области:

- возможность учитывать большое количество единичных показателей качества продукции;

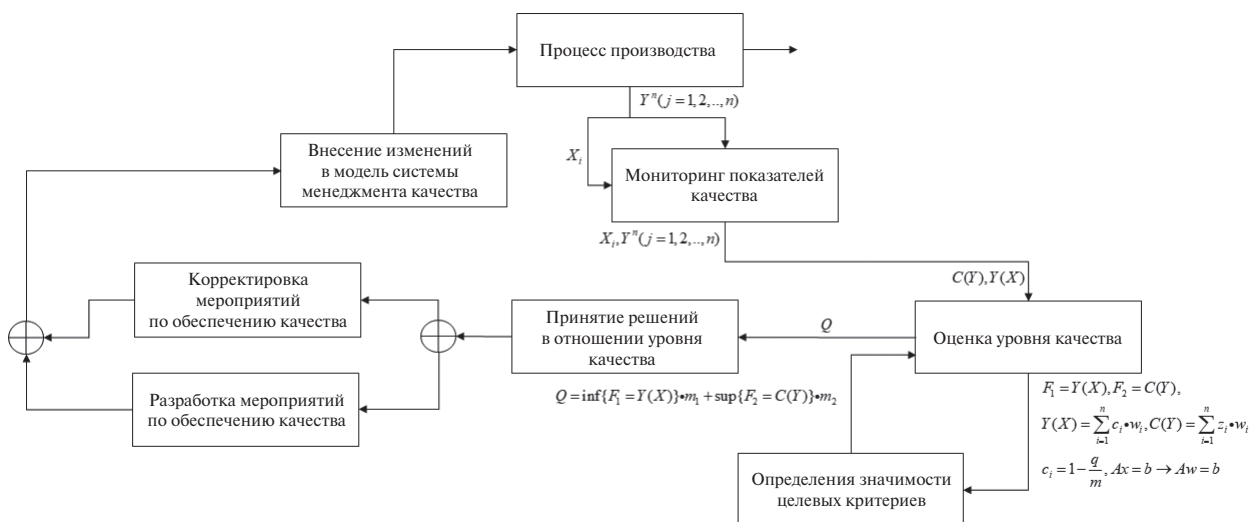


Рисунок 2. Работа методики оценки уровня качества продукции на этапе производства

- возможность учитывать как количественные, так и качественные единичные показатели продукции;
- определение весов частных значений целевых критериев без участия экспертной группы;
- в качестве первичной информации для оценки уровня качества производимой продукции достаточно использовать журналы отдела технического контроля.

Математическая модель с учетом требований к методике оценки уровня качества имеет вид

$$\langle Q, F, X, Y, U, P_\varphi, \alpha \rangle,$$

где Q – оценка уровня качества; F – оцениваемые критерии; X – множество установленных факторов; Y – показатели качества; U – функция полезности; P_φ – вероятностная оценка критериев; α – пороговое значение потерь φ .

Оценку уровня качества определяют комплексным показателем $Q(f_1, \dots, f_n)$.

Множество X – случайные факторы, рассчитанные в вероятностном пространстве

$$(IR^n, \beta(IR^n), P),$$

где $\beta(IR^n)$ – сигма-алгебра борелевских множеств пространства IR^n ; P – носитель меры.

Множество Y принимает вероятностные значения на всем множестве X , в таком случае

$$y^j = P_\varphi(u) = P\{X : \Phi(u, X) \leq \varphi\}.$$

Здесь y^j – элемент многомерного пространства показателей качества Y^n ; $P_\varphi(u)$ – вероятностная оценка критериев, зависящая от конкретного

значения функции полезности, определяемый в области U ; $\Phi(u, Y)$ – функция потерь, включенная в матрицу показателей качества.

На функцию потерь распространяется требование по точности к вероятностной оценке качества [10] $\varphi_\alpha = \min\{\varphi : P_\varphi(u) \geq \alpha\}$. С учетом математической модели задача оптимизации примет следующий вид:

$$\begin{aligned} U(w_i, f_i) &= Q(f_1, \dots, f_n), \\ f_i &\longrightarrow \max\{f\}, \\ \varphi_\alpha &\longrightarrow \min\{\varphi : P_\varphi(u) \geq \alpha\}, \\ Yw &= z, \\ Ax &= b, a_{ij}(y) \in A. \end{aligned}$$

Заключение

Рассмотренный метод, основанный на принципах оптимизации, позволяет за счет учета элементов, указанных в уточненной математической модели, давать оценку уровня качества продукции без участия экспертной группы.

При этом не стоит забывать, что показатели качества определяются через вероятностную оценку, что накладывает требования к объему выборки. Также точность математической модели зависит от формы функции полезности, задача которой находить наилучший вариант решения задачи в пространстве целевых критериев. Предложенная методика исходя из приведенного примера (по двум целевым показателям) позволяет выбирать стратегию обеспечения качества по найденному решению задачи многокритериальной условной оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51814.6–2005. Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов. М.: Стандартинформ, 2005, 43 с.
2. Елиферов В.Г. Управление качеством. Сказки, мифы и проза жизни. М.: Вершина, 2006. 295 с.
3. Панюков Д.И., Скрипачев А.В. Анализ видов, причин и последствий потенциальных дефектов (FMEA). М.: Тольяттинский государственный университет, 2007. 133 с.
4. Клячкин В.Н. Модели и методы статистического контроля многопараметрического технологического процесса. М.: Физматлит, 2011. 320 с.
5. ГОСТ Р 51901.12–2007. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. М.: Стандартинформ, 2008, 40 с.
6. Федюкин В.К. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции. М.: Кнорус, 2013. 315 с.
7. Кириллов В.И. Квалиметрия и системный анализ: учебное пособие. 2-е изд., стер. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. 440 с.
8. Пипия Г.Т., Коршунов Г.И. Оценка уровня качества при производстве электронной продукции с учетом ухудшения значений единичных показателей качества // Вопросы радиоэлектроники. 2017. № 10. С. 89–93.
9. ГОСТ Р ИСО 13053-1–2013. Статистические методы. Методология улучшения процессов «Шесть сигм». Ч. 1. Методология DMAIC. М.: Стандартинформ, 2014, 36 с.
10. Кибзун А.И., Кан Ю.С. Задачи стохастического программирования с вероятностными критериями. М.: Физматлит, 2009. 372 с.

REFERENCES

1. GOST R 51814.6–2005. Menedzhment kachestva pri planirovanii, razrabotke i podgotovke proizvodstva avtomobilnykh komponentov [State Standard R 51814.6–2005. Quality management in planning, development and preparation of automotive components production]. Moscow, Standartinform Publ., 2005, 43 p. (In Russian).

2. Eliferov V. G. *Upravlenie kachestvom. Skazki, mify i proza zhizni* [Quality management. Tales, myths and the prose of life]. Moscow, Vershina Publ., 2006, 295 p. (In Russian).
3. Panjukov D. I., Skripachev A. V. *Analiz vidov, prichin i posledstviy potencialnyh defektov (FMEA)* [Analysis of types, causes and consequences of potential defects (Failure mode and effect analysis – FMEA)]. Tolyatti, Tolyatinskiy Gosudarstvennyy Universitet Publ., 2007, 133 p. (In Russian).
4. Klyachkin V. N. *Modeli i metody statisticheskogo kontrolya mnogoparametricheskogo tehnologicheskogo processa* [Models and methods of statistical control of the multiparameter technological process]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2011, 320 p. (In Russian).
5. GOST R 51901.12–2007 Menedzhment riska. Metod analiza vidov i posledstviy otkazov [State Standard R 51901.12–2007. Risk Management. Method of analyzing the types and consequences of failures]. Moscow, Standartinform Publ., 2008, 40 p. (In Russian).
6. Fedjukin V. K. *Kvalimetriya. Izmerenie kachestva promyshlennoy produkcii* [Qualimetry. Measurement of the quality of industrial products]. Moscow, Knorus Publ., 2013, 315 p. (In Russian).
7. Kirillov V. I. *Kvalimetriya i sistemnyi analiz* [Qualimetry and system analysis]. 2nd ed. Moscow, NIC INFRA-M Publ., 2014, 440 p. (In Russian).
8. Pipiya G. T., Korshunov G. I. Evaluation of the quality level in production of electronic products, taking into account the deterioration in the values of simple quality measures. *Voprosy radioelektroniki*, 2017, no. 10, pp. 89–93. (In Russian).
9. GOST R ISO 13053-1–2013. Statisticheskie metody. Metodologiya uluchsheniya processov «Shest sigm». Chast 1. Metodologiya DMAIC [State Standard R ISO 13053-1–2013. Statistical methods. Methodology of improvement of Six Sigma processes. Part 1. DMAIC Methodology]. Moscow, Standartinform Publ., 2014, 36 p. (In Russian).
10. Kibzun A. I., Kan Yu. S. *Zadachi stohasticheskogo programmirovaniya s verojatnostnymi kriteriyami* [Problems of stochastic programming with probabilistic criteria]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2009, 372 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Пипия Георгий Тенгизович, инженер, ОАО «Радиоавионика», Санкт-Петербург, 190005, Троицкий просп., д.4Б, тел.: +7 (812) 251-49-38, e-mail: gogpiy@ya.ru.

AUTHOR

Pipiy Georgii, engineer, Radioavionica JSC, 4B, Troitskiy prospekt, Saint-Petersburg, 190005, Russia, tel.: +7 (812) 251-49-38, e-mail: gogpiy@ya.ru.