

Экономика, организация и менеджмент на предприятии

УДК 658.562

Унификация планов выборочного контроля продукции массового производства

М.А. Сорокин

Рассмотрено решение задачи формирования оптимальных планов выборочного контроля продукции массового производства на основе статистического имитационного моделирования. Приведено описание информационной системы для решения этой задачи с использованием баз данных в качестве моделей партий и выборок. Показана возможность унификации планов выборочного контроля на основе кластерного анализа.

Ключевые слова: массовое производство, выборочный контроль, статистическое моделирование, кластерный анализ.

The article considers a solution of the problem to form optimum plans for test sampling of mass production products on the basis of statistical simulation. The description of the information system to solve this problem using databases as models of whole consignments and samplings is given. The possibility of unification of plans for test sampling on the basis of cluster analysis is shown.

Keywords: mass production, test sampling, statistical simulation, cluster analysis.



СОРОКИН
Михаил Александрович
инженер
ОАО «Тульский
патронный завод»

В настоящее время для поиска оптимальных планов выборочного контроля продукции массового или сверхмассового производства, к которому относится современное патронно-гильзовое производство, используются либо статистический подход [1], либо подход, основанный на информационной модели [2]. Однако и в том и в другом случае для проверки выбранных оптимальных параметров планов контроля использовалось имитационное статистическое моделирование [3]. Вместе с тем возможности современной вычислительной техники настолько возросли, что появилась перспектива использования статистического моделирования для непосредственного определения параметров планов контроля и их корректировки в зависимости от результатов моделирования.

На ОАО «Тулский патронный завод» выпускается значительное количество различных марок патронов как для использования внутри страны, так и для экспортных поставок. Для каждой марки предусмотрен как входной контроль материалов, так и операционный контроль и контроль готовой продукции. Контролируются заготовки и готовые элементы патрона, контролируется качество пороха. Кроме того, проводятся квартальные и периодические испытания на безотказность работы оружия при предельных значениях диапазона допустимых температур эксплуатации.

В основном используют два основных типа планов выборочного контроля [1]: планы типа однократной выборки и планы типа двукратной выборки. Вследствие оценки всей партии изделий по выборочным характеристикам возможны ошибки, заключающиеся либо в оценке годной партии как негодной, либо в оценке негодной партии как годной [1]. Каждая из этих ошибок имеет определенную вероятность. Определение этой вероятности и оценка возможных потерь от указанных ошибок позволяет решить задачу оптимизации планов контроля.

Для решения этой задачи было разработано специальное программное обеспечение. Высокое быстродействие современной вычислительной техники позволило осуществлять ста-

тистическое моделирование с применением систем управления базами данных. Это сделало возможным формировать модели контролируемой партии и выборок в форме баз данных. Поскольку современные СУБД рассчитаны на обработку больших объемов информации, то подобный подход позволяет достаточно просто моделировать большие контролируемые партии.

Естественно, что в условиях сверхмассового патронно-гильзового производства невозможен 100%-ный выход годных изделий и всегда будет существовать некоторая засоренность партий изделий браком. Поэтому потребитель устанавливает некоторый предельно допустимый уровень засоренности дефектными изделиями $p_{кр}$:

$$p_{кр} = \frac{D_{кр}}{N}, \quad (1)$$

где $D_{кр}$ – предельно допустимое количество бракованных патронов в партии.

Тогда партии, имеющие засоренность $p \leq p_{кр}$, считаются годными и производителем, и потребителем, а партии с $p > p_{кр}$ – негодными, и их следует браковать. Если покупатель обнаруживает, что для приобретенной им партии $p > p_{кр}$, то он может выставить производителю рекламацию на сумму C_p за каждый дефектный патрон сверх допустимого количества.

Представим партию изделий (патронов) в виде некоторого множества записей в базе данных. Для каждой записи предусмотрены поля, в которых содержатся признаки годного или негодного изделия, а также признаки принадлежности или непринадлежности изделия к контрольной выборке. Признак негодности устанавливается записью в соответствующее поле числа 1, а при его отсутствии изделие считается годным. Аналогично признак принадлежности устанавливается записью в соответствующее поле числа 1, а при его отсутствии изделие считается не принадлежащим к выборке.

Для каждой записи указанные признаки устанавливаются с помощью генератора случай-

ных чисел в зависимости от заданной засоренности партии дефектными изделиями и объема выборки. Однако при этом возможен случай, когда определенное с помощью генератора случайных чисел количество изделий будет отличаться от реального объема выборки. Для этого случая в программном обеспечении предусмотрена коррекция количества выбранных изделий до заданного планом значения.

При моделировании были использованы следующие базы данных.

1. База данных PATRON.DBF, содержащая сведения об используемых методиках (планах) контроля для различных типов патронов. В нее заносится исходная информация для дальнейшей оптимизации. Поля этой базы данных содержат следующие параметры плана: идентификационный номер плана, тип патрона, имя плана, объем партии, объем первой выборки (начальное значение при оптимизации), первое приемочное число, объем второй выборки (начальное значение при оптимизации; если этот параметр равен 0, то формируется план с однократной выборкой), браковочное число, второе приемочное число, критический уровень засоренности браком, заданный моделируемый уровень засоренности, приращение уровня засоренности в следующей партии (если этот параметр равен 0, то засоренность не изменяется), себестоимость изготовления одного патрона, себестоимость контроля одного патрона, цена одного патрона, размер реклама-

ции в расчете на один бракованный патрон, признак унифицированности планов (планы с одинаковым значением этого признака унифицированы и оптимизируются совместно), количество циклов расчета для одного плана, стоимостный критерий оптимизации (финансовый результат).

2. База данных OPTIMIZ.DBF, содержащая все возможные сгенерированные программой варианты оптимизируемых методик (планов). После оптимизации в этой базе остается только оптимальный план, который может быть затем сохранен в базе данных PATRON.DBF. По своей структуре эта база данных совпадает с базой данных PATRON.DBF.

3. База данных PARTIA.DBF, представляющая собой модель контролируемой партии с заданным уровнем засоренности браком и последовательных выборок. Эта база данных генерируется для каждого из вариантов плана, сформированных в базе OPTIMIZ.DBF, а ее поля содержат следующую информацию: номер патрона в партии, признак брака, признак принадлежности к первой выборке, признак принадлежности ко второй выборке.

Оптимизация осуществляется на основе методики имитационного статистического моделирования с использованием известного метода фон Неймана [3]. Исходная экранная форма для оптимизации и унификации представлена на рис. 1.

ПАТРОН		ПЛАН КОНТРОЛЯ		МОДЕЛИРОВАНИЕ	
Номер п/п	1	Имя плана	план 1	Моделируемая засоренность браком	0.00600
Патрон	патрон 1	Объем первой выборки, шт.	200	Номер группы унифицированных планов	0
Себестоимость, руб	6.000	Первое приемочное число (с1), шт.	5	Количество циклов моделирования для каждого плана	5
Стоимость контроля одного патрона, руб	10.000	Объем второй выборки, шт.	0	Моделируемое изменение засоренности браком	0.00000
Рекламация на один патрон (руб)	16.000	Браковочное число (с2), шт.	0		
Объем партии, шт.	50000	Второе приемочное число (с3), шт.	0		
Допустимая засоренность браком	0.00500				
Значение критерия для оптимального плана, руб.					
[Empty Input Field]					

Buttons: Вперед, Назад, Добавить, Копия, Вставка, Удалить, Моделирование, ВЫХОД

Рис. 1. Исходная экранная форма электронной системы оптимизации и унификации планов контроля

Если объем второй выборки не указан, то данный план моделируется как план с однократной выборкой. Методики (планы), которые желательно унифицировать, объединяются в группы с общим номером группы и оптимизируются совместно.

Исходная экранная форма имеет интерфейс для перемещения по базе данных, копирования, вставки и удаления планов. Оптимизация осуществляется для выбранных в окнах формы патрона и методики, причем параметры плана рассматриваются как начальные. Для запуска оптимизации используется клавиша Моделирование.

После окончания оптимизации на дисплее появляется форма, содержащая оптимальный план (рис. 2), который может соответствовать либо только одному типу патрона, либо целой группе типоразмеров, объединенных одинаковым значением признака унифицированной группы. Этот оптимальный план может быть сохранен в исходной базе данных. При этом к его имени автоматически добавляется приставка «ОПТ».

Следует отметить, что продолжительность оптимизации для методик контроля с двукратной выборкой существенно выше, чем с однократной, вследствие большего количества анализируемых вариантов. Однако поскольку вре-

мя моделирования для каждого варианта плана не превышает десятой доли секунды, то при использовании эффективных методов поиска экстремума общее время оптимизации соответствует приемлемому.

В общем случае для каждого плана (методики) контроля существует некоторый набор оптимальных параметров, соответствующий точке в многомерном пространстве параметров планов контроля. Для планов с однократной выборкой это пространство будет двухмерным (объем выборки и приемочное число), а для планов с двукратной выборкой – пятимерным. Зависимость критерия оптимизации от параметров плана контроля будет представлять собой некоторую гиперповерхность в пространстве (гиперповерхность отклика), размерность которого на единицу больше, чем размерность пространства параметров $K = F([n_1, c_1, \dots])$. Очевидно, что для каждого типа патронов будет существовать своя подобная гиперповерхность. Для планов с однократной выборкой подобная гиперповерхность представляет собой обычную поверхность в трехмерном пространстве. Тогда унификация планов возможна только для таких типоразмеров изделий, для которых на подобных гиперповерхностях в области максимумов имеются квазиплоские участки, на которых можно найти оптимальный для

ПАТРОН		ОПТИМАЛЬНЫЙ ПЛАН КОНТРОЛЯ		МОДЕЛИРОВАНИЕ	
Номер п/п	1	Имя плана	план 1	Моделируемая засоренность браком	0.00600
Патрон	патрон 1	Объем первой выборки, шт.	200	Номер группы унифицированных планов	0
Себестоимость, руб	6.000	Первое приемочное число (с1), шт.	4	Количество циклов моделирования для каждого плана	5
Стоимость контроля одного патрона, руб	10.000	Объем второй выборки, шт.	0		
Рекламация на один патрон (руб)	16.000	Браковочное число (с2), шт.	0		
Объем партии, шт.	50000	Второе приемочное число (с3), шт.	0		
Допустимая засоренность браком	0.00500				
Стоимостной критерий оптимизации, руб					
95766.40000					
СОХРАНИТЬ ПЛАН				ВЫХОД	

Рис. 2. Экранная форма оптимального плана электронной системы оптимизации и унификации планов контроля

всех изделий набор параметров планов. Подобный квазиплоский участок будет определяться доверительным интервалом $\Delta \bar{K}_{\max}$, в котором с некоторой доверительной вероятностью будет находиться математическое ожидание максимума критерия оптимизации \bar{K}_{\max} . Именно наличие подобного доверительного интервала и позволяет выделить квазиплоские участки и осуществить унификацию планов контроля. К квазиплоскому участку будут относиться точки в пространстве параметров, для которых значения критерия оптимизации будут находиться в интервале

$$\left[\bar{K}_{\max} - \frac{\Delta \bar{K}_{\max}}{2}, \bar{K}_{\max} + \frac{\Delta \bar{K}_{\max}}{2} \right]. \quad (2)$$

Тогда область возможных унифицированных оптимальных планов будет находиться на пересечении областей, соответствующих квазиплоским участкам в пространстве параметров. Поиск подобных квазиплоских участков и, соответственно, поиск унифицированных методик контроля осуществляется индивидуально для конкретных значений параметров контролируемых изделий.

На рис. 3 представлена графическая иллюстрация возможности унификации методик, планов и параметров планов контроля на основе обнаружения квазиплоских участков на критериальной гиперповерхности отклика.

Для анализа квазиплоских участков на критериальной гиперповерхности отклика и поис-



Рис. 3. Графическая иллюстрация возможности унификации планов контроля

ка пересечений областей, соответствующих квазиплоским участкам в пространстве параметров планов, требуется разработка специальной методики. Для этого необходимо осуществлять имитационное статистическое моделирование в области, близкой к оптимальному плану, с уменьшенным значением шага и запоминать параметры планов, для которых значение критерия оптимизации \bar{K}_{\max} находится в пределах, определяемых условиями (2). Выполнив эту процедуру для всех входящих в группу подлежащих унификации планов, можно сформировать множества точек, соответствующих подобным квазиплоским участкам, которые в общем случае будут представлять собой кластеры.

Для определения областей пересечения этих кластеров необходимо найти расстояния в пространстве параметров между точками разных кластеров. Вполне очевидно, что области пересечения кластеров будут существовать в том случае, если можно выделить подмножества точек, принадлежащих всем имеющимся кластерам, из которых можно сформировать некоторый общий кластер. Этот кластер и будет представлять собой область пересечения квазиплоских участков, в пределах которой может находиться искомый унифицированный план, обеспечивающий групповую оптимизацию.

Для формирования подобных кластеров строится матрица расстояний между точками, соответствующими планам контроля в пространстве параметров $[n_1, c_1, \dots]$ некоторой размерности Q , и ближайшие точки объединяются в группы (кластеры) различной формы. Для этого выполняются следующие операции:

1) нормирование количественных значений параметров:

$$E_n = (E - \tilde{E}) / (E_{\max} - E_{\min}), \quad (3)$$

где E_n — нормализованное значение параметра; \tilde{E} — среднее значение параметра; E_{\max} — максимальное значение параметра; E_{\min} — минимальное значение параметра;

2) определение метрик — евклидовых расстояний между точками в Q -мерном пространстве параметров:

$$d_{ij} = \left(\sum_{q=1}^Q (E_{qi} - E_{qj})^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где d_{ij} — расстояние между точками, соответствующими i -му и j -му планам контроля в Q -мерном пространстве параметров; E_{qi} — значение параметра q для i -го плана контроля; E_{qj} — значение параметра q для j -го плана контроля;

3) объединение точек в группы — кластеры с использованием иерархического алгоритма, основанного на методе дендрограмм [4], блок-схема которого представлена на рис. 4.

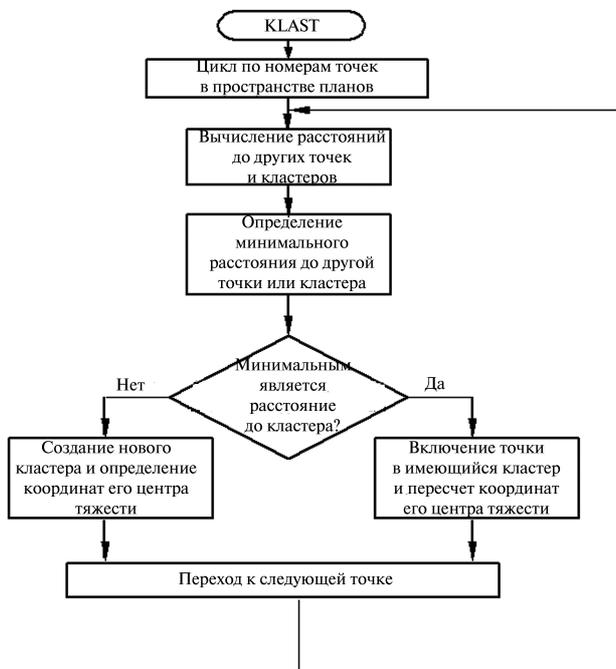


Рис. 4. Блок-схема алгоритма кластерного анализа для унификации планов контроля

В начале разбиения каждая точка в Q -мерном пространстве параметров рассматривается как отдельный кластер. Первый кластер создается из начальной и ближайшей точек. Принадлежность остальных точек к кластерам определяется путем сравнения расстояния до всех соседних точек и до центров тяжести класте-

ров. Если в результате обнаруживается кластер, содержащий точки, соответствующие оптимальным планам для различных изделий, то унифицированный план следует искать внутри этого кластера.

После обнаружения области возможных унифицированных планов и выбора унифицированной методики и плана необходимо провести проверку оптимальности выбранного плана для всех контролируемых изделий.

Поскольку выявление подобных квазипло-ских участков на гиперповерхности отклика возможно только на основе использования имитационного статистического моделирования, то таким образом может быть осуществлена групповая оптимизация и сформированы унифицированные методики контроля продукции патронно-гильзового производства, обеспечивающие оптимизацию выбранного экономического критерия качества контроля.

Выводы

Высокое быстродействие современных ЭВМ открывает перспективы использования баз данных в качестве моделей партий изделий массового производства и их выборки.

На основе использования имитационного статистического моделирования и кластерного анализа может быть осуществлена групповая оптимизация и сформированы унифицированные планы контроля и испытания продукции массового и сверхмассового производства.

Литература

1. Струтелев В.Н., Яницкий В.Е. Статистические методы в управлении качеством. М.: Европейский центр по качеству, 2002. 164 с.
2. Григорович В.Г., Юдин С.В., Козлова Н.О., Шильдин В.В. Информационные методы в управлении качеством. М.: РИА «Стандарты и качество», 2001. 208 с.
3. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. М.: Наука, 1985. 80 с.
4. Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. 176 с.

Статья поступила в редакцию 01.03.2011 г.