

ПЛАНИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ

Канд. техн. наук РАВИЧ Г. С.

Как обосновано подойти к определению целесообразного объема информации при подготовке управленческих решений? Вопрос актуальный при решении задач: определения числа экспериментов при испытаниях технических систем; выборочного контроля качества продукции, поставляемой на рынок и других управленческих задач.

Актуальность задачи существенно возрастает в случаях, когда затраты на испытания относительно велики. Дело в том, что в таких случаях известные математические методы (доверительных интервалов, проверки статистических гипотез) определения числа экспериментов просто не «работают», действующие стандарты также. Теоретической основой действующих стандартов является метод проверки статистических гипотез. Методики определения объема испытаний в рамках этого метода усложнены, что затрудняет их практическое применение [1]. Технология определения объема информации по таблицам в действующих стандартах редко применяется на практике [2]. Но главное то, что математические методы определения числа экспериментов не учитывают изменение ценности информации по мере ее поступления [3, 4].

При подготовке программ испытаний технических систем решаются две основные задачи: первая – выделение необходимого объема ресурсов; вторая – распределение выделенных ресурсов таким образом, чтобы обеспечить максимум эффективности испытаний. Теоретические вопросы по планированию испытаний классифицируются также по этим задачам. Настоящая работа направлена на решение первой задачи.

Совершенствование методологии планирования объема испытаний возможно на основе использования понятия «ценность информации». Понятие «ценность информации» встречается в литературе чаще всего в общем виде [3–5]. В конкретных работах [6–8] вопросы применимости некоторых полезных теоретических разработок не рассматривались. В [2] «ценность

информации» определяется в рамках теории статистической оценки параметров. Процесс испытаний представляется как система в рамках более общей системы.

Задача состоит в получении метода определения «ценности информации» и использовании этого метода для решения задачи обоснования объема информации применительно к более широкому классу управленческих задач.

Операция «подготовка решений». «Подготовка решений» – понятие достаточно общее. Иначе и быть не должно, поскольку «принятие решений» характерно для любой области деятельности: государственной, военной, хозяйственной, предпринимательской, медицинской и т. д. На этом этапе формулируются цели предстоящих операций; цели создания новых технических систем, изделий; задачи предприятий и т. д. «Подготовка решений» – это НИР, ОКР, испытания и многие другие организационные формы обоснования принимаемых решений. Понятие «подготовка решений» достаточно широкое, оно охватывает все те мероприятия и действия, которые проводятся при обосновании принимаемых решений. Таким образом, под «подготовкой решения» понимается совокупность всех мероприятий и действий, направленных на объективное обоснование решения.

Несмотря на разнообразие форм «подготовки решений» и широкий диапазон деятельности процесс обоснования решений имеет много общего. Прежде всего в ходе подготовки решений просматривается требование объективности к обоснованию принимаемого решения. От обоснованности принятых решений зависят последствия. Специалисты, занятые «подготовкой решений», стремятся объективно обосновать решение и свести к минимуму риск принятия ошибочного решения. Следовательно, общими для разных форм деятельности при подготовке решений видятся определенная цель и показатель достижения этой цели, показатель эффективности, что характерно для понятия «операция» [9]. Цель операции просмат-

ривается явно и формулируется как объективное обоснование принимаемых решений.

Под объективностью понимается независимость от рода (знака) возможной ошибки. Значимость ошибок разного рода может быть одинаковой и неодинаковой. Задать разную значимость ошибок при подготовке решения объективно очень сложно и самое главное, что это и ненужно, потому что при этом не соблюдается требование объективности.

Операция «подготовка решений» обобщает рассмотрение конкретных управленческих задач. Например:

- производить или не производить предприятию данное изделие;
- определить в испытаниях соответствие изделия требованиям ТЗ (ТУ);
- оценить возможность сбыта продукции;
- оценить выполнение боевой задачи;
- решить вопрос о целесообразности принятия предлагаемого проекта и т. д.

В каждом конкретном случае по результатам анализа степени выполнения основной задачи принимается одно из альтернативных решений. Например, по результатам научной экспертизы проекта дается заключение о принятии или об отклонении предлагаемого проекта.

Оценка достижения цели операции «подготовка решения» производится с помощью информации. Рассматриваются независимые источники получения информации. Стоимость информации зависит от источника получения информации, однако ориентироваться на средние затраты правомочно при условии

$$\langle C(n) \rangle = C_i n, \quad (1)$$

где C_i – средняя стоимость информации от одного источника (стоимость одного изделия, стоимость эксперимента и т. п.); n – число источников информации. Параметр n может обозначать число экспериментов, число экспертов (специалистов, организаций), привлекаемых для экспертизы, число сообщений и т. д.

Считаем, все источники информации однородные потому, что они отвечают на вопрос основной задачи: «да», «нет».

Обозначим: r – число источников информации, подтверждающих выполнение основной задачи.

Отношение $r/n = P^*$ характеризует, с какой вероятностью выполняется основная задача. В математической форме цель операции «подготовка решений» представляется как объек-

тивная оценка вероятности выполнения основной задачи P . Распределение оценки P математически может быть описано с помощью бета-распределения [6]. Основным параметр бета-распределения $P = r'/n'$ изменяется в пределах (0–1). С помощью параметров r' , n' возможно описание большого разнообразия априорных состояний показателя P . И, наконец, достоинством распределения является то, что априорная и апостериорная информации о величине P выражаются в единой математической форме:

$$r_o = r' + r; \quad n_o = n' + n,$$

где r_o , n_o – параметры апостериорного бета-распределения; r , n – текущие значения параметров.

Имея в виду, что случайная величина P^* может принимать различные значения в зависимости от параметров r и n , бета-распределение будет описывать поведение этой случайной величины, а параметры r' и n' бета-распределения будут представляться значениями r и n .

Нетрудно убедиться, что основным параметр бета-распределения P^* характеризует вероятность принятия «положительного решения».

Эффективность операции «подготовка решения». Мы сформулировали цель операции, следовательно, должны уметь оценивать, как достигается эта цель. Под эффективностью операции «подготовка решений» понимается результат достижения цели операции. В качестве показателя эффективности принимается мера снижения риска принятия ошибочного решения [2]. Применение этого показателя позволяет определять количественно, насколько мероприятия по обоснованию решения полезны, насколько они эффективны. Будем руководствоваться критерием среднего риска как наиболее часто применяемым. Средний риск может определяться в рамках метода проверки статистических гипотез или метода статистической оценки параметров. Применение последнего предпочтительнее, поскольку «ценность информации» определяется с учетом функции стоимости ошибки.

Рассматриваем симметричные функции стоимости ошибки потому, что считаем: объективный подход специалистов, занятых обоснованием решений, соблюдается тогда, когда разная значимость ошибок не влияет на ход подготовки решения. Из известных функций

стоимости ошибки в большей мере соответствует практике квадратичная функция стоимости, поскольку она дифференцированно различает значимость малых и больших ошибок, удобна для математического описания и привычна для применения. Средний риск при этом выражается с помощью дисперсии оценки величины P .

Правомочность применения такого подхода определяется тем, что цель операции «подготовка решения» – объективная оценка вероятности выполнения основной задачи P .

Изменение среднего риска оценки P в зависимости от поступающей информации n определяется соотношением [6, 8, 2]

$$\begin{aligned} < R(r', n', n) > = \\ = R_{\max} r' / n' (1 - r' / n') 1 / (n' + 1) n' / (n' + n). \end{aligned} \quad (2)$$

Как видим, средний риск зависит от дисперсии априорного бета-распределения (параметров r' , n'), значения экономического риска $R_{\max}$ и практически обратно пропорционален значениям n . Зная изменение среднего риска, можно оценить предполагаемую эффективность операции «подготовка решения». При известных параметрах r' , n' и значении $R_{\max}$, задавая значения n , можно построить кривую зависимости эффективности от n , $W\{\Delta R(n)\}$.

Что понимать под ценностью информации? Мы уже отмечали, что понятие «ценность информации» встречается в литературе достаточно часто, и в основном в общем виде. В [5] отмечается, что «ценность информации» можно измерять показателями эффективности и, наоборот, эффективность может измеряться «ценностью информации». Поскольку нами введено понятие эффективности операции «подготовка решения», то «ценность информации» необходимо определять относительно эффективности операции.

Информация ценна, если она повышает эффективность операции «подготовка решения». Поскольку показателем эффективности операции «подготовка решения» служит мера снижения риска принятия ошибочного решения, будем руководствоваться этим показателем. Если в результате полученной информации достигнуто снижение риска принятия ошибочного решения, то такая информация является ценной.

Определение объема информации. Объем информации по критерию «допустимого экономического риска». С помощью (2), представ-

ляя средний риск $< R(r', n', n) >$ как величину допустимого риска, можно определить объем информации n . Преобразуя (2), получим соотношение для определения n в следующем виде:

$$n = R_{\max} / R_{\text{доп}} r' / n' (1 - r' / n') \{ n' / (n' + 1) \} - n'. \quad (3)$$

Значения $R_{\text{доп}}$ и $R_{\max}$ выражаются в единой денежной форме. Величины r' , n' обычно заданы условиями задачи. В случае наибольшей неопределенности о значении P (равномерное распределение P в интервале (0–1)) параметры r' , n' имеют значения соответственно 1; 2. Такое положение часто имеет место на практике, при этом выражение (3) приобретает вид

$$n = 0,167 R_{\max} / R_{\text{доп}} - 2. \quad (4)$$

С помощью соотношений (3), (4) можно достаточно просто определить целесообразный объем информации. В качестве примера рассмотрим определение целесообразной выборки при контрольных испытаниях серийных изделий. Значение допустимого риска при выборочном контроле будем задавать в виде числа изделий из партии, предъявляемой к приемке, которые допускаются несоответствующими техническим условиям (допустимый брак). При объеме партии N изделий ($R_{\max}$) допускается k изделий, которые не соответствуют требованиям ТУ. В этом случае отношение $R_{\max} / R_{\text{доп}}$ определяется достаточно просто.

Допустим, объем партий комплектующих изделий, предъявляемых к приемке: $N_1 = 100$; $N_2 = 500$; $N_3 = 1000$ изделий, значения $r' = 1$, $n' = 2$. Допустимый риск – одно изделие из партии, $k = 1$. Тогда по (4) получаем: $n = 15$; 81; 165 соответственно.

Объем информации по критерию «минимум суммарных затрат, обусловленных затратами на информацию и ожидаемым экономическим риском принятия ошибочного решения». Планирование объема информации по критерию «допустимого экономического риска» является более рациональным по сравнению с известными методами (метод доверительных вероятностей, метод проверки статистических гипотез), поскольку учитывает снижение ценности информации по мере ее поступления, более наглядным, потому как допустимый риск выражается в привычной для всех денежной форме. Вместе с тем, на примере выборочного контроля мы убедились, что затраты при планировании по критерию «до-

пустимого экономического риска» могут быть очень большими. Кроме того, при выборе $R_{\text{доп}}$ не исключается субъективность.

Напрашивается вывод, что объем информации должен как-то учитывать затраты на информацию (1) и риск принятия ошибочного решения (2).

Задача состоит в том, чтобы определить объем информации, минимизирующий суммарные затраты

$$n_{\text{opt}} = \min[< R(r', n', n) > + < C(n) >]. \quad (5)$$

Продифференцировав по n выражение (5) и приравняв полученное соотношение нулю, получим

$$< (r', n') > n' / (n' + n)^2 = C_i. \quad (6)$$

«Ценность информации» и затраты на ее получение равны. Соотношение для определения числа экспериментов имеет вид

$$n = \sqrt{R_{\text{max}} / C_i r' / n' (1 - r' / n') n' / (n' + 1)} - n'. \quad (7)$$

При $r' = 1$, $n' = 2$ формула (7) преобразуется следующим образом:

$$n = 0,41 \sqrt{R_{\text{max}} / C_i} - 2. \quad (8)$$

Пример. Принимаются комплектующие изделия. Объем партий: $N_1 = 100$; $N_2 = 500$; $N_3 = 1000$ изделий. Значение C_i принимается равным стоимости одного изделия. Параметры: $r' = 1$, $n' = 2$. Тогда по формуле (8) получаем соответственно $n = 2$; 6; 11. Напомним, по формуле (4) $n = 6$; 80; 165. Как видим, разница в числе экспериментов и, конечно, в затратах по формулам (4) и (8) существенная.

ВЫВОДЫ

1. Придание мероприятиям по подготовке решений статуса операции представляет собой обобщение, которое позволяет подходить с общих позиций к задаче совершенствования методологии планирования объема информации как при испытаниях технических систем, так и при определении затрат на информацию при решении других управленческих задач.

2. Цель операции «подготовка решений» – объективное обоснование принимаемых решений, в математической форме – объективная оценка вероятности выполнения основной задачи P .

3. В качестве показателя эффективности операции «подготовка решений» наиболее целесообразно принимать меру снижения риска принятия ошибочного решения.

4. Методы определения объема информации в рамках теории статистической оценки параметров имеют свои достоинства благодаря тому, что учитывают изменение ценности информации по мере ее поступления.

Определение объема информации по критерию «допустимого экономического риска» просто и наглядно потому, что допустимый риск выражается в привычной для всех денежной форме.

Определение объема информации по критерию «минимум суммарных затрат, обусловленных затратами на информацию и ожидаемым экономическим риском принятия ошибочного решения» позволяет планировать испытания по принципу: «информация целесообразна для получения, если ценность информации превышает затраты на ее получение».

Такой принцип планирования повышает обоснованность затрат на информацию, что исключительно актуально при планировании испытаний сложных технических систем, выборочном «разрушающем» контроле готовой продукции и других случаях, когда затраты на информацию велики.

Критерий определяет нижнюю границу средств, выделяемых на информацию, призывает к экономии, способствует повышению научно-методического и организационного уровня проводимых испытательных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Стандарты** на статистические методы глазами потребителей / Л. Шпер [и др.] // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 3.
2. **Равич, Г.** К вопросу обоснования затрат на испытания технических систем на основе применения критерия «эффективность-стоимость» / Г. Равич // Стандартизация военной техники. – 1982. – № 3.
3. **Мескон, М.** Основы менеджмента // М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. – М.: Дело, 1992.
4. **Финансовый менеджмент** / Е. Стоянова [и др.]. – М.: Перспектива. – 1993.
5. **Дружинин, В.** Проблемы системологии / В. Дружинин, Д. Конторов. – М.: Соврадио, 1976.
6. **Моррис, У.** Наука об управлении. Байесовский подход / У. Моррис. – М.: Мир, 1971.
7. **Стратонович, Р.** Теория информации / Р. Стратонович. – М.: Соврадио, 1975.
8. **Ховард, Р.** Анализ решений. Применение при статическом выводе и планировании эксперимента / Р. Ховард // Труды ТИИРЭ. – 1970. – № 5.
9. **Вентцель, Е.** Исследование операций / Е. Вентцель. – М.: Соврадио, 1971.
10. **Равич, Г.** Подход к задаче обоснования затрат на информацию при подготовке управленческих решений / Г. Равич // Методы менеджмента качества. – 2000. – № 9.

Поступила 14.04.2010