

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 651.01+657.471.1:002.6

**ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЙ ОБЪЕМ ИНФОРМАЦИИ
ПРИ ПОДГОТОВКЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

Г.С. РАВИЧ

Поступила в редакцию 19 января 2010

Рассматривается задача определения целесообразного объема информации в случаях, когда затраты на информацию велики. Для решения задачи используется понятие "ценность информации" в рамках теории статистической оценки параметров. Придание мероприятиям по подготовке решений статуса операции позволяет подходить к определению затрат на информацию с общих позиций, как при планировании объема испытаний, так и при определении затрат на информацию при решении других управленческих задач.

Ключевые слова: испытания, ценность информации, подготовка решений.

Введение

Обоснование целесообразного объема информации — актуальный вопрос при подготовке управленческих решений, а также при выполнении маркетинговых и испытательных работ.

Актуальность задачи существенно возрастает при подготовке испытаний сложных технических систем, когда затраты на испытания относительно велики, а 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]. Объем испытаний сложных технических систем на практике определяется на основе использования предыдущего опыта, интуиции, а также с помощью применения различных методов моделирования [2].

Совершенствование технологии планирования объема информации возможно на основе использовании понятия "ценность информации". Это понятие встречается в литературе достаточно часто, особенно в общем виде [3–5]. В более конкретных работах [6, 8] не рассматриваются вопросы применимости теоретических разработок. В работе [2] "ценность информации" определяется в рамках теории статистической оценки параметров. Процесс испытаний представляется как система в рамках более общей системы. Результаты работы применимы к испытаниям сложных технических систем.

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

Придание мероприятиям по "подготовке решений" статуса операции [10, 12] и использование таких понятий, как "эффективность", "ценность информации" позволяет совершенствовать методологию обоснования объема информации и затрат, способствует построению моделей, позволяющих применять количественные соотношения.

Теоретической основой работы является теория статистических решений, системный подход и теория исследования операций. Основные результаты получены в рамках байесовского подхода с применением бета-распределения в виде статистической модели.

Операция "подготовка решений"

Что понимать под "подготовкой решения"? Принятие решений является неотъемлемым атрибутом человеческой деятельности. Предварительно всегда производится "подготовка решения". Такой этап в той или иной мере в обязательном порядке предшествует акту "принятия решения". Между тем различие в этих этапах безусловно есть, поскольку система "принятия решений" является системой более высокого уровня. Решения принимаются лицами, ответственными за принятые решения.

"Подготовка решений" — понятие достаточно общее, поскольку "принятие решений" характерно для любой области деятельности: государственной, военной, хозяйственной, предпринимательской, медицинской и т.д. На этапе "подготовки решений" формулируются цели предстоящих операций; цели создания новых технических систем, изделий и т.п.; задачи предприятий и т.д. На этом этапе производятся необходимые исследования, анализ располагаемых средств и возможностей, определяются источники получения информации для принятия решения и т.п. "Подготовка решений" — это, к примеру, обоснование любого проекта; военной операции, технического задания (ТЗ) на разработку технической системы, машины, станка, механизма и т.п., нового предприятия; коммерческой операции; установления диагноза болезни и т.п. "Подготовка решений" — это НИР, ОКР, испытания, и многие другие организационные формы обоснования принимаемых решений. "Подготовка решений" — понятие достаточно емкое. 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 при его принятии. Следовательно, общим для разных форм деятельности при подготовке решений видится определенная цель и показатель достижения этой цели, показатель эффективности, что характерно для понятия "операция" [10]. Цель операции просматривается явно и формулируется, как объективное обоснование принимаемых решений.

Под "объективностью" понимается независимость от рода (знака) возможной ошибки. Значимость ошибок разного знака 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 решения" 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.

Статистическая модель операции. 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 всегда

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

где C — средние затраты на информацию; C_i — средняя стоимость информации от одного источника (стоимость одного изделия); n — число источников информации. Параметр n может обозначать число экспериментов, число экспертов (специалистов, организаций), привлекаемых для экспертизы, число сообщений и т.д.

В процессе подготовки решений информация от отдельных источников может подтверждать или не подтверждать выполнение основной задачи.

Считаем все источники информации однородными, потому что они отвечают на вопрос основной задачи: "да", "нет". Такое допущение оправдано, ибо даже в тех случаях, когда однородность не совсем соблюдается, идеальные условия позволяют оценить нижнюю границу объема информации, что имеет исключительное значение.

Введем обозначение r число источников информации, подтверждающих выполнение основной задачи. Параметр r является обобщающим. Поясним на примере испытаний радиолокатора, проводимых с задачей определения соответствия дальностей обнаружения цели требованиям ТЗ. В 10 экспериментах дальности обнаружения цели соответствовали заданным только в 8, следовательно, $r=8$.

Отношение $r/n=P^*$ характеризует, с какой вероятностью выполняется основная задача. Для нас главное, чтобы это отношение давало объективную оценку P независимо от того, как выполняется основная задача. Естественно, это может быть в том случае, если информация объективна. Априорно имеется какая-то неопределенность относительно значения величины P по мере накопления информации она уменьшается и в пределе стремится к нулю, а значение P к истинному значению.

Следовательно, в математической форме цель операции "подготовка решений" может быть представлена, как объективная оценка вероятности выполнения основной задачи P .

Распределение оценки P математически может быть описано с помощью бета-распределения [7, 9]. Основной параметр бета-распределения $P=r/n'$ изменяется в пределах (0–1). С помощью параметров r' , n' возможно описание большого разнообразия априорных состояний величины P . И, наконец, достоинством распределения является то, что априорная и апостериорная информация о величине P выражается в единой математической форме.

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 основной параметр бета-распределения P^* характеризует вероятность принятия "положительного" решения. Чем более полной и достоверной информацией о значениях параметров r' и n' мы располагаем, тем более достоверной будет оценка вероятности P .

Эффективность операции "подготовка решения". Мы сформулировали цель операции, следовательно, должны уметь оценивать, как достигается эта цель. Под эффективностью операции "подготовка решений" понимается результат достижения поставленной в операции цели. В качестве показателя эффективности принимается мера снижения риска принятия ошибочного решения [2].

Применение этого показателя позволяет определять количественно насколько мероприятия по "подготовке решений" полезны, насколько они эффективны. Будем руководствоваться критерием среднего риска как наиболее общим. Естественно, что в каких-то случаях возможно ужесточение критерия. Средний риск может определяться в рамках метода проверки статистических гипотез или в рамках метода статистической оценки параметров. Применение последнего предпочтительно, поскольку "ценность информации" определяется с учетом функции стоимости ошибки. Правомочность применения метода определяется тем, что цель операции "подготовка решения" — объективная оценка вероятности выполнения основной задачи P .

Рассмотрим, как изменяется средний риск оценки P в зависимости от поступающей информации " n ".

В общем виде [11] средний риск определяется как

$$\langle R P \rangle = \int_p F P^*, P F P^* r'_0, n'_0 dP^*, \quad (2)$$

где $F\{P^*(r'_0, n'_0)\}$ — плотность апостериорного бета-распределения; P^* — оценка P ; $F(P^*, P) = R_{max}G(P^* - P)$ — функция стоимости ошибки; R_{max} — максимальное значение экономического риска.

Средний риск зависит от ошибки в оценке P , равной $(P^* - P)$ и величины платы за ошибку R_{max} .

Типовые функции стоимости ошибки приведены в работе [11].

Мы рассматриваем симметричные функции стоимости ошибки потому, что считаем: объективный подход специалистов, занятых подготовкой решения, 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 . Целесообразность применения квадратичной функции стоимости ошибки подтверждается многими работами, в которых отмечается снижение "ценности информации" по мере ее поступления [3, 4].

При фиксированных параметрах апостериорного бета-распределения r'_0, n'_0 и квадратичной функции стоимости ошибки в оценке величины P , средний риск в соответствии с формулой (2) запишется как

$$\langle R \ r'_0, n'_0 \rangle = R_{max} D \ P^* \ r'_0, n'_0 \ , \quad (3)$$

где $D\{P^*(r'_0, n'_0)\}$ — дисперсия апостериорного бета-распределения.

Формула (3) представляет собой условный средний риск при определенных значениях параметров r'_0, n'_0 . Нас интересует зависимость среднего риска от априорных параметров r', n' и от n .

Используя формулу Байеса, формулу (3), после интегрирования по всем возможным значениям r и раскрытия факториалов получим искомое соотношение для среднего риска [2, 6, 8].

$$\langle R \ r' n' n \rangle = R_{max} r'/n' \ 1 - r'/n' \ 1/n' + 1 \ n' / n' + n \ . \quad (4)$$

Как видим, средний риск зависит от дисперсии априорного бета-распределения (параметров r', n'), значения экономического риска R_{max} и практически обратно пропорционален числу " 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 ", $W\{\Delta R(n)\}$.

Определение целесообразного объема информации

Объем информации по критерию "допустимого экономического риска". С помощью формулы (4), представляя средний риск $\langle R(r', n', n) \rangle$ как величину допустимого риска, можно определить объем информации n . Преобразуя (4), получим соотношение для определения n в следующем виде:

$$n = R_{max} / R_{dop} \ r'/n' \ 1 - r'/n' \ n' / n' + 1 \ - n' . \quad (5)$$

Значения R_{dop} 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 (5) приобретает вид

$$n = 0,167 R_{max} / R_{dop} - 2 . \quad (6)$$

С помощью соотношений (5), (6) 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 целесообразно 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 "к" изделий, которые не соответствуют ТУ. В этом случае отношение R_{max}/R_{dop} 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 формуле (6) получаем $n=15$; 81; 165 соответственно.

Вычислительная процедура осуществляется с помощью соотношения (4), где r' , n' , R_{max} задаются из условия задачи. Допустимое значение экономического риска выбирается из условия применения системы. Предпочтительно задание допустимого риска через среднюю стоимость информации от одного источника. Правило остановки в получении информации при равенстве среднего риска величине C_i .

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 "допустимого экономического риска" могут быть очень большими. Кроме того, при выборе R_{dop} не исключается субъективность. Напрашивается вывод, что объем информации должен как-то учитывать затраты на информацию (1) и риск принятия ошибочного решения (4).

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

$$n_{opt} = \min \left[\langle R r' n' n \rangle + \langle C n \rangle \right]. \quad (7)$$

Продифференцировав по n выражение (7) и приравняв полученное соотношение нулю, получим

$$\langle R r' n' \rangle n' / n' + n^2 = C_i, \quad (8)$$

или по другому $\Delta \langle R(r', n', n) \rangle = C_i$.

За информацию стоит платить тогда, когда "ценность информации", величина ΔR , превышает затраты на получение информации. Расчетное соотношение для определения объема информации имеет вид

$$n = \sqrt{R_{max}/C_i \left[r'/n' - 1 - r'/n' \right] \left[n'/n'+1 \right]} - n'. \quad (9)$$

Значение n определяется с использованием формулы (9). Правило остановки платежей за информацию выполняется при соблюдении равенства величины изменения экономического риска стоимости одного "бита" информации. Заметим, при значениях $r'=1$, $n'=2$, что часто имеет место на практике, формула (9) преобразуется в простое соотношение

$$n = 0,41 \sqrt{R_{max}/C_i} - 2. \quad (10)$$

Примеры определения целесообразного объема информации

Число изделий, проверяемых при выборочном контроле готовой продукции. Допустим, 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 (10) получаем соответственно $n=2; 7; 11$.

Как видим, разница в объеме информации и, конечно, в затратах по формулам (6) и (10) существенная. Данное сравнение произведено, повторимся, при $R_{dop}=C_i$. При этом не учитывается, что R_{dop} может быть задано другим (например, $R_{dop}=10C_i$), что несколько изменяет картину. Однако в любом случае определение n по критерию "минимум суммарных затрат..." (10) является более обоснованным и, следовательно, предпочтительным.

Естественно, напрашивается вопрос количественного сравнения объема выборки, определяемого с учетом "ценности информации" и с применением известных математических методов (доверительных вероятностей, проверки статистических гипотез). Строгое количественное сравнение осуществить невозможно по причине того, что определение объема информации производится в разных системах отсчета, в одном случае в относительной, в другом в стоимостной. Учет изменения ценности информации по мере ее поступления создает предпосылки для более обоснованного планирования объема информации, для снижения затрат.

Каждый метод имеет свою область применения. При необходимости набора статистического материала применяются методы математической статистики. При больших затратах на информацию целесообразно учитывать ценность информации, руководствоваться критерием "минимум суммарных затрат...".

Число экспериментов при испытаниях опытных образцов технических систем. Применимость метода к испытаниям определяется тем фактом, что в контрольных испытаниях все эксперименты условно однородны, ибо проводятся с целью проверки соответствия испытываемого образца требованиям технического задания (ТЗ) или технических условий (ТУ).

Для подтверждения работоспособности метода используем данные по испытаниям американских систем оружия, приведенные в информационном сборнике "Вопросы авиации и ракетной техники", п/я А-1420, вып. 14, 1972.

Стоимость программы разработки УРС SRAM — 3,3 млрд. долл. США. Стоимость серийного снаряда на первом году производства равна 760000 долл. США. Примем, что на этапе комплексных испытаний средняя стоимость эксперимента равна 0,8 млн долл. США (C_i). Считаем, что перед началом комплексных испытаний неопределенность относительно успешности эксперимента с точки зрения выполнения испытываемым образцом требований ТЗ большая, т.е. параметры $r'=1, n'=2$.

Тогда по формуле (10) получим $n=24$. На практике с июля 1968 г. по июль 1971 г. при проведении комплексных испытаний было осуществлено 38 пусков УРС SRAM, из которых успешных 28. Пример показывает, что планирование объема испытаний в соответствии с критерием "минимум суммарных затрат, обусловленных затратами на испытания и ожидаемым экономическим риском принятия ошибочного решения" позволяет определять минимальный объем испытаний. Таким образом, критерий "призывает" к экономии средств, что должно дисциплинировать участников испытаний. Подобных примеров из зарубежной и отечественной практики можно привести много [2].

Выводы

1. Придание мероприятиям по подготовке решений статуса операции представляет собой обобщение, которое позволяет подходить с общих позиций к задаче совершенствования планирования объема информации при испытаниях технических систем и определению объема информации 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" целесообразно производить тогда, когда "ценность информации превышает затраты на ее получение".

Такой принцип планирования повышает обоснованность затрат на информацию.

DESIRABLE AMOUNT OF INFORMATION IN THE PREPARATION OF ADMINISTRATIVE DECISIONS

G.S. RAVICH

Abstract

The problem of determining an appropriate amount of information in cases where the cost of information is great is considered.

Литература

1. Шпер Л. и др. // Методы менеджмента качества. 2001. № 3.
2. Равич Г. // Стандартизация военной техники. 1982. № 3.
3. Мескон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. М., 1992.
4. Стоянова Е. и др. Финансовый менеджмент. Перспектива. М., 1993.
5. Дружинин В., Конторов Д. Проблемы системологии. М., 1976.
6. Стратонович Р. Теория информации. М., 1975.
7. Моррис У. Наука об управлении. Байесовский подход. М., 1971.
8. Ховард Р. // Тр. ТИИРЭ. 1970. № 5.
9. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. М., 1969.
10. Вентцель Е. Исследование операций. М., 1971.
11. Мидлтон Д. Введение в статистическую теорию связи. М., 1971.
12. Равич Г. // Методы менеджмента качества. 2000. № 9.
13. Равич Г. // БЭЖ, 2007. № 2.
14. Равич Г. Проблемы обеспечения надежности эксплуатируемых и модернизируемых технических систем: Материалы 1-го науч.-техн. семинара, Минск, 8 дек. 2007 г. / ВА Республики Беларусь. Минск, 2008. С. 61–74.