

УДК 629.7.083.03

ОЦЕНКА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

О.Ф. МАШОШИН

В статье рассматриваются классические подходы к решению аналитических задач, связанных с определением ценности диагностической информации, вносимой в виде различных функциональных параметров объектов авиационной техники.

Ключевые слова: количество информации, энтропия, диагностический признак, диагностический вес, диагностический параметр, реализация признака, техническое состояние.

В теоретико-информационных исследованиях [3; 4; 5] можно выделить два подхода к определению понятия ценной (полезной) информации, т.е. информации, которая помогает достижению конечной цели. Если вероятность достижения цели велика, то ценность информации определяется по критерию минимизации затрат на ее получение. Если же достижение цели маловероятно, то мерой ценности (полезности) информации может служить некая функция отношения вероятности достижения цели после и до получения информации о техническом состоянии объекта эксплуатации [1].

Информация, получаемая системой контроля B об объекте A , характеризует его состояние. Следовательно, если поставить целью диагностирования получение информации о времени возможного отказа объекта, то полученный информационный критерий может представлять собой обобщенный показатель остаточной работоспособности объекта. При этом важной задачей является выбор наиболее существенных диагностических параметров. Выбор может быть также осуществлен с помощью информационных оценок (рис. 1). Известно, что определенные симптомы и их комбинации адекватно характеризуют техническое состояние объекта диагностирования. Таким образом, рассмотрим две зависимые системы: A - систему технических состояний объекта и B - симптомов этих состояний (систему диагностических признаков).

Введем здесь ряд важных понятий. Будем называть *простым признаком* результат обследования, который может быть выражен одним из двух символов или двоичным числом (например, 1 и 0; «да» и «нет»; «+» и «-» и т.п.). С точки зрения теории информации простой признак можно рассматривать как систему, имеющую одно из двух возможных состояний. Для целей диагностики область возможных значений измеряемого параметра часто разбивается на интервалы и характерным является наличие диагностического параметра в данном интервале. В связи с этим результат количественного обследования может рассматриваться как признак, принимающий несколько возможных состояний.

Условимся называть *сложным признаком* (разряда m) результат наблюдения (обследования), который может быть выражен одним из m символов. Рассмотрим подробнее некоторые признаки.

Одноразрядный признак ($m=1$) имеет только одно возможное состояние. Такой признак не несет какой-либо диагностической информации и его следует исключить из рассмотрения.

Двухразрядный признак ($m=2$) обладает двумя возможными состояниями. Эти состояния альтернативны, так как реализуется только одно из них. Очевидно, что двухразрядный признак может быть заменен простым признаком, например, B_j .

Трехразрядный признак ($m=3$) имеет три возможных значения и т.д.

С учетом вышеизложенного, обратимся теперь к теории информации [3]. Пусть в процессе диагностирования наблюдают признаки B , т.е. определяют состояние системы A . Информация, которую при этом получают, уменьшает энтропию системы A

$$JA(B) = H(A) - H(A/B), \quad (1)$$

где $H(A/B)$ - полная условная энтропия системы A относительно системы B .

Эта информация характеризует степень неопределенности системы A , остающуюся после того, как система B полностью определилась.

В общем случае признак B_j m -го разряда имеет m возможных альтернативных значений $B_{1j}, B_{2j}, \dots, B_{mj}$. В эксплуатационной практике обычно пользуются обследованием по двум трехразрядным признакам, т.е. признакам, имеющим два-три возможных состояния. Обычно представляют признак 3-го разряда в виде комплекса простых альтернативных признаков. Если выявлено, что признак B имеет для данного состояния объекта значение B_{js} , то это значение называют реализацией признака B_j . В качестве диагностического веса реализации B_j для состояния A_i по аналогии с формулой (3.14), приведенной в [2], принимаем величину

$$Z_{Ai}(B_{js}) = \log \left[\frac{P(B_{js}/A_i)}{P(B_{js})} \right], \quad (2)$$

где $P(B_{js}/A_i)$ - вероятность появления B_{js} реализации признака B для объектов, имеющих состояние A_i ;

$P(B_{js})$ - вероятность появления значения B_{js} для всей совокупности исследуемых объектов.

Величину $Z_{Ai}(B_{js})$ называют *диагностическим весом реализации*. Ее считают также показателем ценности информации и информационной мерой диагностического признака. По формуле (2) рассчитывают диагностический вес реализаций двухразрядных параметров по двум возможным состояниям. Диагностической ценностью обследования по признаку B_j для состояния A_i считают величину информации, внесенную признаком B_j для определения состояния A_i . Для m -разрядного признака

$$Z_{Ai}(B_j) = \sum_{s=1}^m P(B_{js}/A_i) \cdot Z_{Ai}(B_{js}). \quad (3)$$

В частном случае диагностическая ценность обследования простого двухразрядного признака вычисляется по формуле

$$Z_{Ai}(B_j) = 2 \cdot P(B_j/A_i) \cdot \log \left[\frac{P(B_j/A_i)}{P(B_j)} \right]. \quad (4)$$

Реализации одного и того же диагностического признака в общем случае не равнозначны по их вкладу в информацию о различных состояниях объекта. Диагностическая ценность обследования учитывает все возможные реализации признака и представляет собой математическое ожидание величины информации, вносимой отдельными реализациями. По формуле (4) определяют диагностическую ценность обследований для выбранных состояний.

Диагностическая ценность обследований B_j для какого-либо одного состояния не показывает истинной общей диагностической ценности признака B_j для всего объекта. Обследование, обладающее небольшой ценностью для одного состояния, может иметь значительную ценность для другого. Поэтому вводят понятие общей диагностической ценности обследования по признаку B_j для всей диагностируемой совокупности состояний

$$Z_A(B_j) = \sum_{i=1}^n P(A_i) \cdot Z_{Ai}(B_j). \quad (5)$$

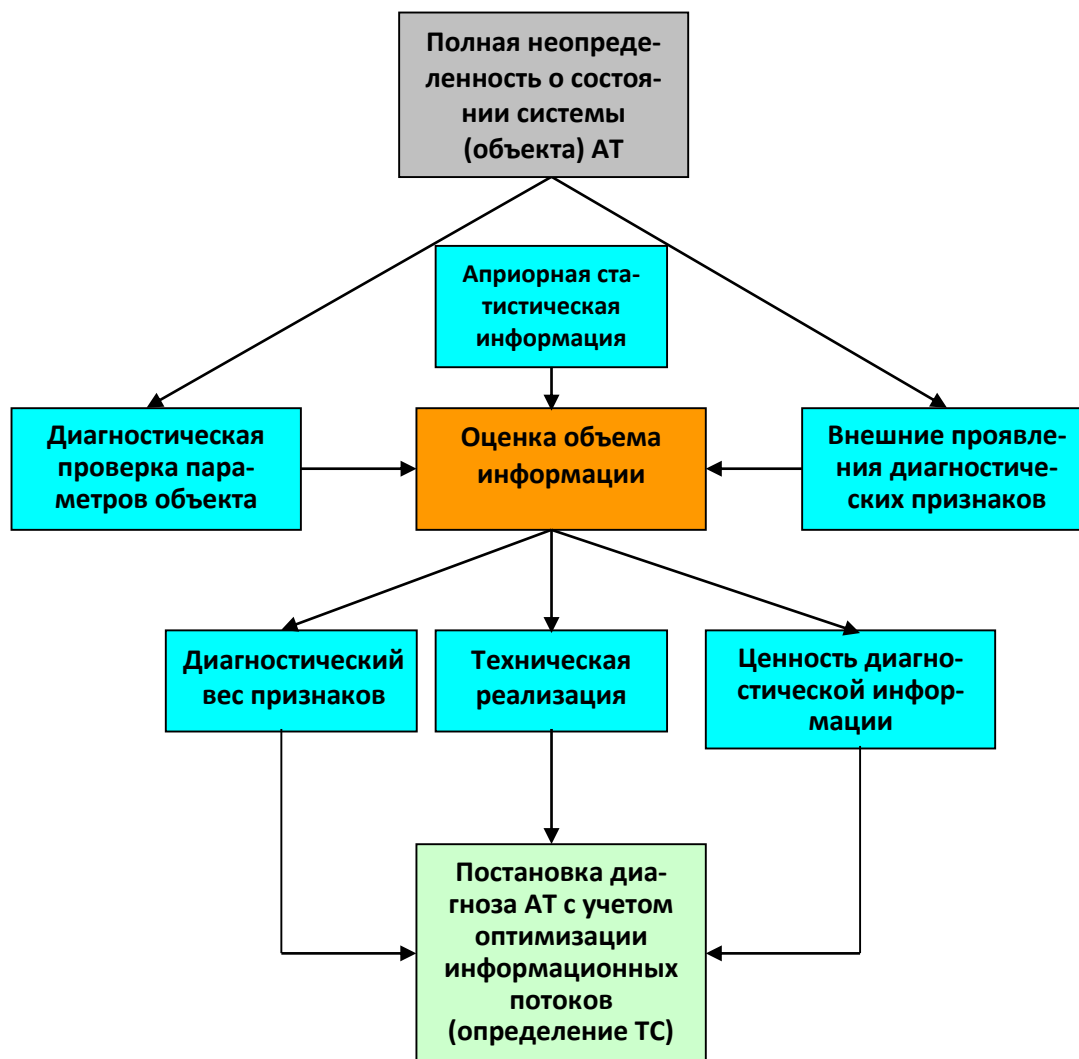


Рисунок. Информационная оценка процессов диагностирования АТ

Величина $Z_A(J_{Bj})$ представляет собой ожидаемое (среднее) значение информации, которое может быть внесено обследованием в различные, заранее неизвестные диагнозы. Она может быть использована не только для оценки эффективности обследования, но и для целесообразности выбора величины диагностических интервалов (числа разрядов). Для определения общей диагностической ценности обследования используют формулу (5). При определении комбинации признаков, с помощью которых выбранная их совокупность была бы отнесена к одному из возможных состояний объекта, составляется алгоритм на основе формулы Байеса

$$P\left(\frac{A_i}{B}\right) = \frac{P(A_i) \cdot P\left(\frac{B}{A_i}\right)}{\sum_{i=1}^n P(A_s) \cdot P\left(\frac{B}{A_s}\right)}, \quad (6)$$

где $P(A_i/B)$ - вероятность состояния A_i при наличии комплекса признаков B ;

$P(A_i)$ - априорная вероятность состояния A_i ;

$P(B/A_i)$ - вероятность появления комплекса признаков B при состоянии объекта A_i .

Важно отметить следующее, что для реализации рассмотренных принципов необходимо разбить пространство возможных состояний элементов АТ на некоторую детерминированную совокупность, что представляет определенные трудности в силу непрерывности изменения их состояний и соответствующих параметров. Получение информации о состоянии объекта связа-

но с событием, результат которого не был predetermined, и чем более ожидаемым (вероятным) является событие, тем меньше информации мы получаем. Именно на таких рациональных представлениях о том, как уменьшается неопределенность при получении тех или иных сведений, базируются научные концепции информации и количественные (вероятностные) меры ее оценки.

Таким образом, устанавливается связь между определенным набором диагностических признаков и соответствующим этому набору состоянием объекта (рисунок). Состояние объекта может определяться количеством информации, получаемой системой контроля в зависимости от смыслового назначения этой информации. Существенность параметров контроля также определяется по количеству информации, которое можно получить с их помощью. Ценность обследования определяется мерой вероятности данного состояния, а не вероятностью отказа, по контролируемому параметру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969.
2. Машошин О.Ф. Диагностика авиационной техники: учеб. пособие. М.: МГТУ ГА, 2007.
3. Стратонович Р.Л. Теория информации. М.: Сов. радио, 1975.
4. Холево А.С. Введение в квантовую теорию информации. М.: МЦНМО, 2002.
5. Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике; под ред. Р.Л. Добрушина, О.Б. Лупанова. М.: Изд-во иностр. лит., 1963.

EVALUATION OF DIAGNOSTIC INFORMATION IN SOLVING THE TASK OF AIRCRAFT OPERATION

Mashoshin O.F.

The article deals with the classical approaches to solving analytical problems associated with determining the value of diagnostic information introduced as different functional parameters of aviation equipment object.

Keywords: the amount of information, entropy, a diagnostic sign, diagnostic weight, diagnostic parameter, the implementation of feature, technical condition.

REFERENCES

1. Venttsel' E.S. *Teoriya veroyatnostei*. M.: Nauka, 1969. (In Russian).
2. Mashoshin O.F. *Diagnostika aviatsionnoi tekhniki: ucheb. posobie*. M.: MGTU GA, 2007. (In Russian).
3. Stratonovich R.L. *Teoriya informatsii*. M.: Sov. radio, 1975. (In Russian).
4. Kholevo A.S. *Vvedenie v kvantovuyu teoriyu informatsii*. M.: MCNMO, 2002. (In Russian).
5. Shannon K.E. *Raboty po teorii informatsii i kibernetike*; pod red. R.L. Dobrushina, O.B. Lupanova. M.: Izd-vo inostr. lit., 1963. (In Russian).

Сведения об авторе

Машошин Олег Федорович, 1966 г.р., окончил МИИГА (1989), доктор технических наук, профессор, автор более 75 научных работ, область научных интересов – техническая эксплуатация и диагностика авиационной техники, прочность и живучесть авиационных конструкций.