

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ  
ИНФОРМАЦИИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ  
ЗАВИСИМОМ НАБЛЮДЕНИИ, НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА  
КАЧЕСТВА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ**

**Д. А. Затушный**

Переход к режиму автоматического зависимого наблюдения предполагает передачу достоверной информации по линии передачи данных. В некоторых случаях при оценке достоверности передаваемой информации может возникнуть предположение о том, какой тип элемента надежнее. Данные такого рода происходят из информации, где и когда произведен тот или другой элемент, или его использования в других системах [1].

В этом случае задача нахождения оценки вероятности безотказной работы линии передачи данных с борта воздушного судна (ВС) заключается в нахождении максимума функции  $f(z)$  по области, заданной ограничениями

$$\sum_{i=1}^m N_i z_i \leq A, \quad (1)$$

$$z_1 \leq z_2 \leq \dots \leq z_m, \quad z_i \geq 0, \quad m = 3. \quad (2)$$

Максимум функции, характеризующей отказ линии передачи данных [2], находится в одной из следующих точек:

$$\left(\frac{A}{N_m}\right), \left(\left(\frac{A}{N_{m-1} + N_m}\right); \left(\frac{A}{N_{m-1} + N_m}\right)\right), \dots, \left(\left(\frac{A}{N_1 + \dots + N_m}\right); \dots; \left(\frac{A}{N_1 + \dots + N_m}\right)\right). \quad (3)$$

Верхняя оценка вероятности этого события (обозначим ее  $\bar{Q}_1$ ) будет находиться следующим образом [3]:

$$\bar{Q}_1 = \max \left\{ \left(\frac{A}{N_m}\right)^{n_m}, \left(\frac{A}{N_{m-1} + N_m}\right)^{n_{m-1}} + \left(\frac{A}{N_{m-1} + N_m}\right)^{n_m}, \left(\frac{A}{N_1 + \dots + N_m}\right)^{n_1} + \dots + \left(\frac{A}{N_1 + \dots + N_m}\right)^{n_m} \right\}. \quad (4)$$

В качестве показателя качества использования дополнительной информации при оценке вероятности безотказной работы системы связи введем величину [4]

$$\delta = \frac{\bar{Q} - \bar{Q}_1}{\bar{Q}}. \quad (5)$$

Рассмотрим случай, когда количество элементов по каждому типу в линии передачи данных равно, т.е. выполняются соотношения

$$n_1 = n_2 = n_3 = 1, \quad N_1 \leq N_2 \leq N_3.$$

В случае, если мы вычисляем надежность линии передачи данных без учета дополнительной информации, полученной по признакам классификации, имеем [5]

$$\bar{Q} = \max(z_1^n + z_2^n + z_3^n), \quad (6)$$

при ограничениях

$$N_1 z_1 + N_2 z_2 + N_3 z_3 \leq A. \quad (7)$$

Из (6) и (7) следует, что

$$\bar{Q} = \max \left\{ \left( \frac{A}{N_1} \right)^n, \left( \frac{A}{N_2} \right)^n, \left( \frac{A}{N_3} \right)^n \right\} = \left( \frac{A}{N_1} \right)^n. \quad (8)$$

Максимальное значение  $\bar{Q}_1$  достигается в точках

$$\left( 0, 0, \frac{A}{N_3} \right), \left( 0, \frac{A}{N_2 + N_3}, \frac{A}{N_2 + N_3} \right), \left( \frac{A}{N_1 + N_2 + N_3}, \frac{A}{N_1 + N_2 + N_3}, \frac{A}{N_1 + N_2 + N_3} \right)$$

и равняется

$$\bar{Q}_1 = \max \left\{ \left( \frac{A}{N_3} \right)^n, 2 \left( \frac{A}{N_2 + N_3} \right)^n, 3 \left( \frac{A}{N_1 + N_2 + N_3} \right)^n \right\}.$$

Исследуем изменение оценки надежности при использовании дополнительной информации, т.е. выполнение неравенства

$$\bar{Q}_1 < \bar{Q}. \quad (9)$$

Неравенство (9) выполняется, если

$$\left( \frac{A}{N_3} \right)^n < \left( \frac{A}{N_1} \right)^n, \quad 2 \left( \frac{A}{N_2 + N_3} \right)^n < \left( \frac{A}{N_1} \right)^n, \quad 3 \left( \frac{A}{N_1 + N_2 + N_3} \right)^n < \left( \frac{A}{N_1} \right)^n.$$

В результате аналитического исследования получается следующий результат: неравенство (9) выполняется при выполнении трех условий:

$$N_1 < N_3, \quad n > \frac{\ln 2}{\ln \left( \frac{N_2 + N_3}{N_1} \right)}, \quad n > \frac{\ln 3}{\ln \left( \frac{N_1 + N_2 + N_3}{N_1} \right)}. \quad (10)$$

Очевидно  $\delta \rightarrow 1$ , если  $N_3 \rightarrow \infty$ , а  $N_1$  и  $N_2$  фиксированные. Это означает, что дополнительная информация при такой ситуации дает наилучшую оценку, если наибольший объем информации об использовании элементов линии передачи данных на других ВС или априорных испытаниях приходится на наименее надежный тип элемента. Результаты исследований по данному случаю представлены в табл. 1. В таблице приведены данные по информации об использовании и наличии в линии передачи данных элементов двух типов (приемной и передающей аппаратуры), так как информацию о среде связи можно считать фиксированной.

Таблица 1

Результаты исследований для случая равного количества элементов по каждому типу в линии передачи данных

$N_1$	$n_1$	$N_2$	$n_2$	$\bar{Q}$	$\bar{Q}_1$
50	1	100	1	$3,59 \cdot 10^{-3}$	$8,98 \cdot 10^{-4}$
70	1	100	1	$1,83 \cdot 10^{-3}$	$8,98 \cdot 10^{-4}$
100	1	100	1	$8,98 \cdot 10^{-4}$	$8,98 \cdot 10^{-4}$
200	1	100	1	$8,98 \cdot 10^{-4}$	$8,98 \cdot 10^{-4}$

Данные, приведенные в табл. 1, подтверждают теоретический результат, полученный выше: для данного случая показатель качества использования дополнительной информации равен нулю в случае, когда наибольший объем информации об использовании элементов линии передачи данных или априорных испытаниях приходится на наименее надежный тип элемента или объемы

информации об использовании элементов линии передачи данных равны по каждому типу элемента. При условии, когда объем информации об использовании наиболее надежных элементов линии передачи данных равен 70 % от объема информации об использовании менее надежных элементов, показатель качества равен 0,51, а при условии, когда это соотношение равно 0,5, показатель качества равен 0,75. Можем сделать следующий вывод: дополнительная информация о параметрах надежности элементов, составляющих линию передачи данных, дает преимущество в случае малого объема информации по наименее надежному типу элемента, причем показатель качества от использования информации такого вида тем больше, чем меньше этот объем информации.

Рассмотрим теперь случай разного числа элементов всех типов в системе, когда объем информации об использовании каждого типа одинаков, т.е.  $N_1 = N_2 = N_3 = N$ ,  $n_1 \leq n_2 \leq n_3$ .

Из этих соотношений следует, что

$$\bar{Q} = \left( \frac{A}{N} \right)^{n_1},$$

$$\bar{Q}_1 = \max \left\{ \left( \frac{A}{N} \right)^{n_3}, \left( \frac{A}{2N} \right)^{n_2} + \left( \frac{A}{2N} \right)^{n_3}, \left( \frac{A}{3N} \right)^{n_1} + \left( \frac{A}{3N} \right)^{n_2} + \left( \frac{A}{3N} \right)^{n_3} \right\}.$$

Неравенство (9) выполняется, если выполняются три условия:

$$\left( \frac{A}{N} \right)^{n_3} < \left( \frac{A}{N} \right)^{n_1},$$

$$\left( \frac{A}{2N} \right)^{n_2} + \left( \frac{A}{2N} \right)^{n_3} < \left( \frac{A}{N} \right)^{n_1}, \quad (11)$$

$$\left( \frac{A}{3N} \right)^{n_1} + \left( \frac{A}{3N} \right)^{n_2} + \left( \frac{A}{3N} \right)^{n_3} < \left( \frac{A}{N} \right)^{n_1}.$$

Сопоставляя соотношения, полученные в результате исследования каждого из неравенств в отдельности, имеем следующий результат: неравенство (9) выполняется, если

$$n_1 < n_3,$$

$$n_2 > n_1 + \frac{(n_2 - n_1) \ln 2}{\ln \frac{A}{N}}, \quad (12)$$

$$n_3 > n_1 + \frac{(n_3 - n_1) \ln 2}{\ln \frac{A}{N}}.$$

Так как второе и третье неравенства выполняются в любом случае, то, исходя из этих условий и учитывая, что  $\ln \frac{A}{N} < 0$ , можно сделать вывод, что в данном случае использование дополнительной информации повышает качество оценки надежности линии передачи данных, если количество элементов хотя бы по двум признакам классификации неодинаково.

Показатель качества использования дополнительной информации (5) стремится к единице ( $\delta \rightarrow 1$ ), если

$$\frac{\left( \frac{A}{N} \right)^{n_1} - \left( \frac{A}{2N} \right)^{n_2} - \left( \frac{A}{2N} \right)^{n_3}}{\left( \frac{A}{N} \right)^{n_1}} \rightarrow 1.$$

Имеем

$$1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{n_2} \left(\frac{A}{N}\right)^{n_2 - n_1} - \left(\frac{1}{2}\right)^{n_3} \left(\frac{A}{N}\right)^{n_3 - n_1} \rightarrow 1.$$

Это возможно, если вычитаемое стремится к 0, а это происходит, если  $N \rightarrow \infty$ .

Таким образом, дополнительная информация в данном случае дает наивысшее качество оценки, если объем информации по использованию всех элементов, входящих в линию передачи данных, достаточно большой. Результаты исследований по данному случаю представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты исследований для случая разного числа элементов всех типов в системе, когда объем информации об использовании каждого типа одинаков

$N_1$	$n_1$	$N_2$	$n_2$	$\bar{Q}$	$\bar{Q}_1$
100	2	100	3	$3,59 \cdot 10^{-3}$	$3,99 \cdot 10^{-4}$
70	2	70	5	$3,59 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$
50	2	50	3	$3,59 \cdot 10^{-3}$	$8,98 \cdot 10^{-4}$
15	2	15	4	$1,59 \cdot 10^{-3}$	$1,59 \cdot 10^{-3}$

Данные, приведенные в табл. 2, подтверждают теоретический результат, полученный выше: для данного случая показатель качества использования дополнительной информации равен нулю в случае, когда объем информации об использовании элементов линии передачи данных достаточно мал. При условии, когда объем информации об использовании элементов линии передачи равен 50, показатель качества равен 0,75. Можем сделать следующий вывод: дополнительная информация о параметрах надежности элементов, составляющих линию передачи данных, в случае равного объема информации по использованию элементов, дает преимущество в случае объема информации по использованию хотя бы 50 элементов обоих типов, причем показатель качества использования дополнительной информации в этом случае достаточно высок.

Рассмотрим случай, когда объем информации по использованию в линии передачи данных и число элементов наиболее надежного типа не больше, чем объем информации по использованию и числу элементов наименее надежного типа, т.е.  $N_1 \leq N_2 \leq N_3$ ,  $n_1 \leq n_2 \leq n_3$ .

В этом случае

$$\bar{Q} = \max \left\{ \left(\frac{A}{N_1}\right)^{n_1}, \left(\frac{A}{N_2}\right)^{n_2}, \left(\frac{A}{N_3}\right)^{n_3} \right\} = \left(\frac{A}{N_1}\right)^{n_1};$$

$$\bar{Q}_1 = \max \left\{ \left(\frac{A}{N_3}\right)^{n_3}, \left(\frac{A}{N_2 + N_3}\right)^{n_2} + \left(\frac{A}{N_2 + N_3}\right)^{n_3}, \left(\frac{A}{N_1 + N_2 + N_3}\right)^{n_1} + \left(\frac{A}{N_1 + N_2 + N_3}\right)^{n_2} + \left(\frac{A}{N_1 + N_2 + N_3}\right)^{n_3} \right\}.$$

Неравенство (9) выполняется, если

$$\left(\frac{A}{N_3}\right)^{n_3} < \left(\frac{A}{N_1}\right)^{n_1},$$

$$\left(\frac{A}{N_2 + N_3}\right)^{n_2} + \left(\frac{A}{N_2 + N_3}\right)^{n_3} < \left(\frac{A}{N_1}\right)^{n_1},$$

$$\left(\frac{A}{N_1 + N_2 + N_3}\right)^{n_1} + \left(\frac{A}{N_1 + N_2 + N_3}\right)^{n_2} + \left(\frac{A}{N_1 + N_2 + N_3}\right)^{n_3} < \left(\frac{A}{N_1}\right)^{n_1}.$$

По итогам исследований получен результат:  $\delta \rightarrow 1$ , если  $N_3 \rightarrow \infty$ ,  $(N_2 + N_3) \rightarrow \infty$ ,  $(N_1 + N_2 + N_3) \rightarrow \infty$ , т.е.  $\delta \rightarrow 1$ , если  $N_3 \rightarrow \infty$ , а  $N_1$  и  $N_2$  ограничены.

Сделаем вывод: дополнительная информация в данном случае дает оценку наивысшего качества в случае минимальной информации об использовании по двум наиболее надежным типам элементов и очень большом объеме информации по третьему типу элемента. Результаты исследований по данному случаю представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты исследований для случая, когда объем информации по использованию в линии передачи данных и число элементов наиболее надежного типа не больше, чем объем информации по использованию и числу элементов наименее надежного типа

$N_1$	$n_1$	$N_2$	$n_2$	$\bar{Q}$	$\bar{Q}_1$
100	2	150	3	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
50	3	150	4	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-6}$
40	2	200	4	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$
50	1	50	3	$5,99 \cdot 10^{-2}$	$5,99 \cdot 10^{-2}$

Данные, приведенные в табл. 3, подтверждают теоретический результат, полученный выше: для данного случая показатель качества использования дополнительной информации равен нулю, когда объем информации об использовании наиболее надежных элементов линии передачи данных по отношению к объему использования другого элемента не превышает некоторую величину (в данном случае 0,33). Наивысший показатель качества по этим данным равен 90 %. Можем сделать следующий вывод: дополнительная информация о параметрах надежности элементов, составляющих линию передачи данных, в данном случае дает преимущество при выполнении условия ограниченного объема информации по использованию наиболее надежного элемента (соотношение должно быть больше 0,66).

Другими словами, использование дополнительной информации подобного типа улучшает качество оценки вероятности безотказной работы, если число элементов наиболее надежного типа меньше числа элементов самого ненадежного типа.

### Библиографический список

1. Юрков, Н. К. Проблема обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Н. К. Юрков, П. Г. Андреев, А. С. Жумабаева // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2015. – Т. 1. – С. 201–203.
2. Исследование программных пакетов моделирования влияния электромагнитных воздействий на изделия радиоэлектронных средств / С. А. Бростилов, Т. Ю. Бростилова, Н. К. Юрков, Н. В. Горячев, В. А. Трусов, В. Я. Баннов, А. О. Бекбаулиев // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2015. – Т. 1. – С. 206–209.
3. Акиншин, Р. Н. Методика оценки эффективности автоматизированных радиолокационных систем контроля в зоне ответственности / Р. Н. Акиншин, В. А. Ушаков, Д. В. Морозов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2011. – № 168 (6). – С. 66–76.
4. Затучный, Д. А. Оценка вероятности безотказной работы при передаче информации / Д. А. Затучный // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2013. – № 198. – С. 88–90.
5. Затучный, Д. А. Метод оценки достоверности передаваемой информации при помощи видеосистем в гражданской авиации / Д. А. Затучный, П. П. Колодий // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2008. – Т. 1. – С. 309–312.

#### *Затучный Дмитрий Александрович*

кандидат технических наук, профессор,  
кафедра вычислительных машин, комплексов,  
систем и сетей,  
Московский государственный технический  
университет гражданской авиации  
(125993, г. Москва, Кронштадтский бульвар, 20)  
E-mail: zatuch@mail.ru

#### *Zatuchnyy Dmitriy Aleksandrovich*

candidate of technical sciences, professor,  
sub-department of calculable machines, complexes,  
systems and networks,  
Moscow State Technical University of Civil Aviation  
(125993, 20 Kronshtadtskiy avenue, Moscow, Russia)

**Аннотация.** Предложен модернизированный метод оценки достоверности передаваемой при автоматическом зависимом наблюдении информации на основе полученных данных о соотношении между параметрами надежности элементов линии передачи данных. Введен показатель качества использования дополнительной информации. Проанализирована эффективность использования данного метода для различных случаев. Сделаны выводы о том, в каких ситуациях использование подобной информации дает преимущество при оценке достоверности.

**Ключевые слова:** автоматическое зависимое наблюдение, достоверность информации, линия передачи данных, показатель качества использования дополнительной информации.

УДК 621.396.98.004.1

*Затучный, Д. А.*

**Повышение точности оценки достоверности информации, передаваемой при автоматическом зависимом наблюдении, на основе анализа качества дополнительных данных / Д. А. Затучный // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 1 (17). – С. 11–16. DOI 10.21685/2307-4205-2017-1-2.**

**Abstract.** The modernized method of estimation of authenticity of transferrable at an automatic dependent supervision information is offered on the basis of the obtained data about a betweenness by the parameters of reliability of elements of data's link broadcasting. The index of quality of the use of additional information is entered. Efficiency of the use of this method is analysed for different cases. Drawn conclusion about that, in what situations the use of similar information gives advantage at the estimation of authenticity.

**Key words:** automatic dependent supervision, authenticity of information, data's link broadcasting, index of quality of the use additional information, volume of information, reliability of the element type.