

*Губайдуллин Азат Маратович*

бакалавр, студент

*Акмалов Ильдус Миргаязович*

бакалавр, студент

Научный руководитель

*Филина Ольга Алексеевна*

соискатель, аспирант, старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Казанский государственный

энергетический университет»

г. Казань, Республика Татарстан

## **ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА**

*Аннотация:* в данной работе проведён экономический анализ надёжности тягового двигателя локомотива за счёт оценки надёжности машин. Повышение качества машин экономит материальные средства и трудовые ресурсы, повышение рентабельности их использования, что приводит к существенному росту производительности труда.

*Ключевые слова:* рентабельность, оценка надёжности, экономический анализ.

В методе последовательного анализа рассматриваемые отношения вероятностей признаков (отношения правдоподобия) составляются не сразу, а в последовательном порядке; поэтому, как правило, требуется меньшее число обследований.

Пусть производится диагностика состояния газотурбинного двигателя по содержанию железа в масле (параметр  $x$ ). Задача состоит в выборе значения  $x_0$  параметра  $x$  таким образом, что при  $\hat{x} > x_b$  следует принимать решение о снятии двигателя с эксплуатации, а при  $x < x^*$  допускать дальнейшую работу.

Так как состояние системы характеризуется одним параметром, то система имеет одномерное пространство признаков. Разделение производится на два класса (дифференциальная диагностика или дихотомия). Условимся считать:  $D_x$  – исправное состояние и  $D_2$  – наличие дефекта. Содержание железа в масле неоднозначно характеризует состояние подшипника (в масло попадают железные частицы от других трущихся деталей: шестерен, шлиц и т. д.). В зависимости от ряда факторов распределение  $x$  для дефектных и исправных подшипников. Существенно, что области исправного  $D_x$  и дефектного  $D_2$  состояний пересекаются и потому принципиально невозможно выбрать значение  $x_0$  больше при котором правило не давало бы ошибочных решений. Задача состоит в том, чтобы выбор  $x_0$  был в некотором смысле оптимальным, например давал наименьшее число ошибочных решений.

Рассмотрим сначала возможные ошибки при принятии решения. Ложная тревога и пропуск цели (дефекта). Эти встречавшиеся ранее термины явно связаны с радиолокационной техникой, но они легко интерпретируются в задачах диагностики. Ложной тревогой называется случай, когда принимается решение о наличии дефекта, но в действительности система находится в исправном состоянии (вместо  $D_x$  принимается  $D_2$ ). Пропуск цели (дефекта) – принятие решения об исправном состоянии, тогда как система содержит дефект (вместо  $D_2$  принимается  $D_x$ ).

В теории контроля эти ошибки называются риском поставщика и риском заказчика. Очевидно, что эти двоякого рода ошибки могут иметь различные последствия или различные цели.

Обозначим  $H_i$  ( $i = 1,2$ ) возможные решения по правилу (первый нижний индекс соответствует индексу принятого диагноза, второй – индексу действительного состояния). Тогда  $H_{12}$  – пропуск дефекта и  $H_{21}$  – ложная тревога ( $D_x$  – исправное состояние,  $D_2$  – дефектное состояние);  $\bar{H}_1$  и  $H_{22}$  – правильные решения.

Рассмотрим вероятность ложной тревоги  $P(H_{12})$  при использовании правила (случай, когда при  $x > x_0$  объект является исправным, но по правилу

2 <https://interactive-plus.ru>

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

---

рассматривается как дефектный). Вероятность принятия ошибочного решения слагается из вероятностей ложной тревоги и пропуска дефекта.

Разумеется, цена ошибки имеет условное значение, но она должна учесть предполагаемые последствия ложной тревоги и пропуска дефекта. В задачах надежности стоимость пропуска дефекта обычно существенно больше стоимости ложной тревоги ( $C_{123}$ ). Иногда вводится цена правильных решений  $H_{r1}$  и  $\bar{Y}_{22}$ , которая для сравнения со стоимостью потерь (ошибок) принимается отрицательной.

Существенно, что правило решения выражается теперь с помощью отношения правдоподобия и для принятия решения даже не требуется определение критического значения параметра  $x_0$ . Это справедливо при некоторых ограничениях, например, для достаточно плавных («одногорбых») распределений.

Часто оказывается удобным рассматривать не отношение правдоподобия, а логарифм этого отношения. Это не изменяет результата, так как логарифмическая функция возрастает монотонно вместе со своим аргументом. Расчет для нормального и некоторых других распределений при использовании логарифма отношения правдоподобия оказывается несколько проще. Условие минимума риска можно получить из других соображений, которые окажутся важными в дальнейшем.

В задачах надежности рассматриваемый метод часто дает «неосторожные решения», так как последствия ошибочных решений существенно различаются между собой. Обычно цена пропуска дефекта существенно выше цены ложной тревоги. Если указанные стоимости приблизительно одинаковы (для дефектов с ограниченными последствиями, для некоторых задач контроля и др.) то применение метода вполне оправдано.

### ***Список литературы***

1. Филина О.А. Построение проверяющего и диагностического тестов для функциональной схемы объекта диагноза / О.А. Филина, В.Н. Никитин, С.Ю. Петров, А.И. Коробий // Международная научно-практическая конференция. – 2019. – С. 61–64.

2. Филина О.А. Диагностика инжекторного двигателя / О.А. Филина, А.А. Сидорова, А.Х. Мукимов // Студенческая наука: современные реалии. Сборник материалов III Международной студенческой научно-практической конференции. – 2017. – С. 119–121.
3. Филина О.А. Техническая диагностика транспортных систем / О.А. Филина, И.Р. Маликов, И.Р. Бикчуров // Вестник научных конференций. – 2017. – №4–3 (20). С. 118–119.
4. Статистические решения для одного диагностического параметра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studopedia.su/7\\_19941\\_statisticheskie-resheniya-dlya-odnogo-diagnosticheskogo-parametra.html](https://studopedia.su/7_19941_statisticheskie-resheniya-dlya-odnogo-diagnosticheskogo-parametra.html) (дата обращения: 30.01.2021).