ОСНОВНЫЕ ТЕОРИИ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И НЕОБХОДИМОСТЬ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АВТОМОБИЛЕЙ

BASIC THEORIES OF DIAGNOSTICS OF FAILURES AND THE NEED FOR DIAGNOSTICS WHEN USING CARS

УДК 004.02

Ле Ань Ту, аспирант, ИТМО Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Г. Санкт-Петербург.

Le Anh Tu. leanhtutcdt@gmail.com

Аннотация

В статье рассматривается теории надежности в приложении эксплуатации транспортных средств. Надежность сильно зависит от случайных параметров, Понятием теории надежности является понятие инцидентов и времени их возникновения. Инциденты разделяются на временные (неожиданные) и прогрессивный (постепенная эволюция во времени использования). Рассматривается теория диагностики, выбор диагностических параметров (диагностических симптомов), которые характеризуют техническое состояние субъекта. Проведение диагностики для определения технического состояния

автомобилей на основе статистической вероятности таких технических состояний помогают людям контролировать состяние своего автомобиля с целью предотвращения дорожно-транспортных происшествий и дорогостоящего ремонта.

Annotation

The paper talks about the theory of reliability is very complicated, since it depends heavily on random parameters, the concept of reliability theory is the concept of incidents, time of occurrence, incident is divided into temporary (unexpected) or progressive (gradual evolution in time of use). Diagnostic theories, the choice of diagnostic parameters (diagnostic symptoms) that characterize the subject's technical condition, conduct diagnostics to determine the technical condition of cars based on statistics of the probability of such technical conditions and the need for diagnostics to help people actively easily monitor their car's state in order to reduce the likelihood of road traffic accidents on the road and the economy.

Ключевые: Надежность, теория диагностики, диагностика неисправностей, дорожно-транспортных происшествий.

Keywords: Reliability, theory of diagnostics, diagnostics of malfunctions, road traffic accidents.

1. Введение

Быстрое экономическое развитие государства стал причинам значительного увеличения количества машин на дорогах и большое число людей становится вовлеченным в дорожное движение. Все это приводит к тому, что с каждым годом неминуемо увеличивает количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), а наносимый при этом человеческий и экономический ущерб приобретает размер национального бедствия. Поэтому необходимо организация оперативного контроля технического состояния отдельных узлов и агрегатов автомобиля помогает людям активно легко контролировать состояние

своего автомобиля. Это помогает большою вероятности уменьшить ДТП на дороге и экономики и снизить расходы на эксплуатацию.

2. Основная теория диагностики

2.1. Концепция надежности

Концепция надежности очень сложна, поскольку она сильно зависит от случайных параметров, и только теория вероятностей может быть использована для анализа их корреляции использования.

Основным понятием теории надежности является понятие инцидентов, время возникновения инцидентов - случайное событие. Эти инциденты возникают при использовании транспортных средств в одних и тех же условиях после различных рабочих расстояний и определяются дисперсией. Инцидент делится на временный (неожиданный) или прогрессивный (постепенная эволюция во времени использования). Для автомобилей в ходе эксплуатации поломка является постепенной, и проблема является постепенной из-за изменения структурных параметров.

Основной характеристикой долговечности автомобиля от эксплуатации до начала первого происшествия является вероятность исправной работы во время движения или при определенных условиях эксплуатации, имея «долговечность», определенная как вероятность в этом путешествии, не приводит к провалу, инциденту, стоимость которого превышает данное значение.

Вероятность того, что транспортное средство будет работать хорошо до тех пор, пока не произойдет первый инцидент, выражается выражением:

$p(l) = p(L > l)$

l – означает эксплуатацию транспортного средства.

Процесс без случайного L – Это то, что действует до тех пор, пока не произойдет сбой. Например, для данного цитадели с определенным ударом, когда $p\ (l) = 0{,}8$ означает, что только 80% цитадели остается неразрушенным в течение этого удара.

Вероятность $p\ (l)$ называется функцией надежности и имеет следующие свойства:

$0 < p\ (l) < 1$, после периода использования из-за изменения структурных параметров, долговечность уменьшается.

$p\ (l = 0) = 1$, когда начало использования исправного автомобиля

$p\ (l) = 0$, когда используется слишком долго (l приближается ∞), сумма полностью повреждена из-за надежности.

$p\ (l)$ – это функция, которая постоянно уменьшается во времени или на расстоянии (кроме случаев аварии или несоблюдения правил технического обслуживания). Функция надежности может быть выражена следующей математической формулой:

$$p\ (l) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=\Delta li} \Delta\ n_i}{N_0} \qquad (1)$$

Где:

N_0 – Это количество автомобилей, общее количество операций без каких-либо проблем в заданных пределах хода.

$\Delta\ n_i$ – Сумма повреждения во время поездки Δli.

l – Длинная путь без повреждения

i – Интервал длительности опроса.

Для компонентов автомобиля, которые продолжают использоваться после устранения повреждения его надежность оценивается по расстоянию между двумя инцидентами, определить, люди часто принимают среднюю стоимость поездки между двумя инцидентами (Lcp) в соответствии со статистикой каждого типа транспортного средства. Следует подтвердить, что каждая машина и все отдельные компоненты имеют разную надежность.

Среднее расстояние между двумя инцидентами может быть рассчитано по следующей формуле:

$$Lcp = \frac{l}{N}\sum_{i=1}^{i=N}\frac{1}{\Delta\ n_i} \quad (2)$$

Где:

N – Общее количество обследованных предметов.

$\Delta\ n_i$ – число отказов i-го объекта, возникающих в процессе L.

2.2. Теория диагностики

Диагностика – Это логический процесс получения и анализа информации, передаваемой лицу, проводящему диагностику, от устройств, которые используют диагностику для обнаружения повреждений объекта (транспортного средства, компонентов двигателя, коробки передач, шасси и т. д.).

Техническое состояние автомобилей, их комплектующие, а также признаки их повреждения довольно сложны, а объем информации не очень исчерпывающий. Следовательно, выбор диагностических параметров (диагностических симптомов), которые характеризуют техническое состояние субъекта, должен проводиться на основе объема информации, получаемой по каждому конкретному симптому. В диагностике часто используют теорию информации для обработки результатов.

Неопределенность физической системы (в виде диагностических объектов – это автомобили, компоненты, кластеры и т. д.) В теории информации выражается в энтропии = H(x).

$$H(x) = -\sum_{i=1}^{i=m} p_i \times \log_2 p_i \quad (3)$$

Где:

m – количество технических состояний объекта X.

p_i – вероятность X объекта относительно состояния i.

В энтропии теория информации измеряется в двойственности и использует базовый алгоритм 2. Единица энтропии – это бит. Бит представляет собой двоичный список, если он имеет вероятность 0 или 1, то есть:

$$1\ bit = \log_2\frac{1}{p_i} = \log_2\frac{1}{0{,}5} = 1$$

Сегодня невозможно адекватно представить значения вероятности для различных технических состояний всех компонентов машины. Итак, чтобы

упростить задачу, во-первых, это дать вероятность всех технических состояний объекта диагностики. Тогда формула (3) выглядит так:

$$H(x) = \log_2 m$$

В этом случае энтропии является крупнейшим. Например, для объекта, который имеет 4 технических состояния (m = 4), энтропия равна 2 битам. Если вероятность этих 4 технических состояний имеет разные значения, например 0,5; 0,3; 0,1; 0,1, то его энтропия всегда равна 1,68 бит.

Таблица 1: Доверены значения энтропии объектов с различными техническими состояниями.

Количество технических состояний, m	2	3	4	5	6	7	8	9
H(x), бит	1	1,585	2,0	2,322	2,585	2,807	3,0	3,17

Таким образом, по диагностике мы знаем часть технического состояния, поэтому неопределенность (относительно технического состояния автомобилей) уменьшится. Таким образом, чем больше понимания, чем точнее техническое состояние используемых средств, тем ниже энтропия. Когда состояние технического состояния объекта полностью определено, его энтропия будет равен нулю, поэтому в этом случае количество информации об объекте X равно его энтропии.U_X

$$U_X = H(x) = \log_2 m$$

Если объект (машина, коробка и т. д.) Имеет техническое состояние, это может произойти одновременно, и вероятность одного состояния равна вероятности другого состояния (технические состояния имеют такую же вероятность.), раздел новостей Uxi происходит из определенного источника, равного:

$$U_{Xi} = \log_2 p_i = \log_2 m$$

Где:

p_i – Вероятность i-состояния объекта X в этом случае $p_i = \frac{1}{m}$ (поскольку технические состояния имеют одинаковое значение вероятности).

Раздел новостей будет увеличиваться по мере уменьшения значения вероятности технического состояния объекта.

Существует определенная связь между доверенностью энтропии объекта и его надежностью. Например, давайте рассмотрим простой пример:

В любой момент времени в соответствии с маршрутом автомобиля L функция надежности *p (l)* выражается вероятностью хорошего состояния комбинации приборов. Предполагая, что *p (l)* = 0,85, вероятность плохого состояния кластера будет 1 - *p (l)* = 0,15.

Таким образом, для двух технических состояний машин можно определить энтропии по формуле (3).

Мы берем $p_1 = p\ (l)$ *:* Соответствует хорошему техническому состоянию;

$p_2 = 1 - p\ (l)$*:* Соответствует плохому техническому состоянию. Поскольку в этом случае *m* = 2, энтропия равна:

$$\mathrm{H(x)} = -p\ (l)\log_2 p\ (l) - \big(1 - p\ (l)\big) log_2\big(1 - p\ (l)\big) \qquad (4)$$

Если в общей композиции с n кластерами каждый кластер имеет m = 2, то энтропия этой суммы равна:

$$\mathrm{H(x)} = -\sum_{i=1}^{i=n} \log_2 [\,p_{i(l)}\,]^{p_i(l)}\ [1 - p_i(l)\,]^{1-p_i(l)} \qquad (5)$$

Таким образом, у нас есть две взаимосвязанные системы: Система технического состояния *(K)* – не очень хорошая и система симптомов этого технического состояния (*C*). В процессе диагностики мы опираемся на симптомы *C*, то есть на систему *C* – состояний. Информация, которую мы получаем в то время, уменьшит энтропии системы *K*.

Обозначим информацию, полученную в результате наблюдения на системе C, в U с индексом $C \rightarrow K$. Итак, величина этой информации: $\mathrm{U}_{C \rightarrow K}$

$$\mathrm{U}_{C \rightarrow K} = (K) - (K/C)$$

Где:

(K / C) – Общая энтропия системы *K* соответствует системе *C*. Какая плотность является плотной выставляет неопределенную величину системы *K*, в то время как система C является полностью детерминированной.

После получения результатов диагностики оставшееся значение энтропии равно *(K)* – *(K/*C).

Но внутренняя ценность диагностической работы заключается в новостях (симптом C_i), демонстрирующих, что система *K* находится в определенном

техническом состоянии, то есть имеются сбои K_j. Раздел информации обозначается $U_{Ci \to K}$ и рассчитывается по следующей формуле:

$$U_{Ci \to K} = \sum_{j=1}^{j=m} P(Kj/Ci) \log_2 \frac{P(Kj/Ci)}{P(Kj)} \quad (6)$$

Чтобы непосредственно вычислить информацию, полученную из системы *Ci,* мы заменим значение условной вероятности *P (Kj / Ci)* на безусловное значение вероятности P [(*K→Kj)/ (C→Ci*)] и обозначается P_{ij}, формула (6) имеет вид:

$$U_{Ci \to K} = \sum_{j=1}^{j=m} \frac{Pij}{P(Ci)} \log_2 \frac{Pij}{P(Ci)P(Kj)} \quad (7)$$

$$P(Kj/Ci) = \frac{Pij}{P(Ci)}$$

Где:

P_{ij} – Вероятность без условия. Таким образом, система *K* будет в состоянии K_j, что означает *K→ Kj*, а как насчет системы *C* в состоянии C_i, что означает *C→Ci;*

P (K_j) – Вероятность возникновения сбоя K_j или вероятность системы *K* в техническом состоянии K_j;

P (Ci) – Вероятность появления симптома *Ci* очевидна, то есть вероятность системы *C* в состоянии *Ci*.

Предполагая, что все сбои имеют одинаковую вероятность, а признаки, характерные для этих сбоев, имеют одинаковую вероятность, если в кластере три сбоев (m = 3), вероятность одного из этих сбоев *P* (K_j) = 1/3. Если дано конкретное повреждение характеризуется тремя симптома (n_j = 3), безусловная вероятность одного из них равна:

$$Pij = \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{9} = \frac{P(Kj)}{nj}$$

Таким образом, в случае сбоев с одинаковой вероятностью мы можем написать:

$$P(Kj) = \frac{1}{m}; \; Pij = \frac{1}{m} \times \frac{1}{nj}; \; P(Ci) = \sum_{j=1}^{j=m} Pij = \frac{1}{m} \times \sum_{j=1}^{j=m} \frac{1}{nj}$$

Поэтому формула (7) записывается в следующем виде:

$$\mathrm{UCi} \rightarrow \mathrm{K} = \sum_{j=1}^{j=m} \frac{1}{nj \times \sum_{j=1}^{j=m} \frac{1}{nj}} \log_2 \frac{m}{nj \times \sum_{j=1}^{j=m} \frac{1}{nj}} \quad (8)$$

Предположим, что система H имеет три технических состояния K_1, K_2, K_3, а неисправности характеризуются четырьмя различными комбинациями симптомов C_1, C_2, C_3, C_4. Мы установили диагностическую матрицу C, как показано в таблице 2:

Таблица 2: Диагностическая матрица

K_j / C_i	K_1	K_2	K_3
C_1	1	1	0
C_2	1	0	1
C_3	1	1	1
C_4	0	0	1

Из приведенной выше таблицы видно: Техническое состояние K_1 имеет симптомы $n_1 = 3$; техническое состояние K_2 имеет симптомы $n_2 = 2$; Техническое состояние K_3 имеет симптомы $n_3 = 3$. На основе диагностической матрицы мы создаем матрицу вероятности и информации (таблица 3).

Таблица 3: Матрица вероятности и информации

C_i	Pij			$P\ (Ci)$	$\mathrm{UCi} \rightarrow \mathrm{K}$
	K_1	K_2	K_3		
C_1	1/9	1/6	0	5/18	0,614
C_2	1/9	0	1/9	4/18	0,585
C_3	1/9	1/6	1/9	7/18	0,028
C_4	0	0	1/9	2/18	1,585
$P(Kj)$	1/3	1/3	1/3	0	

Результат полностью согласуется с теорией информации: наименьшее количество новостей получается из наибольшего значения вероятности. Как мы видим (Таблица 3), наибольшее информационное значение имеют симптомы C_4 подходит для энтропии объекта и равен:

$$\mathrm{H(x)} = \log_2 \mathrm{p_i} = \log_2 m = 1{,}585$$

Минимальное информационное значение, соответствующее симптомам C_3. Факт доказывает, что симптом такого небольшого уровня информации не даст нам достаточно информации для выявления конкретного повреждения объекта. Объем информации о симптомах C_3 составляет всего 1,77% по сравнению с общей информацией U (K) равной 1,585 битам. Симптомы C_1 и C_2 имеют примерно одинаковое информационное значение.

Симптом C_3 является совокупным символическим симптомом. Это доказывает, что в этой части машины все три повреждения K_1, K_2, K_3 происходят одновременно. Но когда появились симптомы C_3, эту машинную часть пришлось заменить.

3. Заключение

В статье рассмотрены основные теории диагностики и надежности. Кроме того, это также говорит о необходимости диагностики неисправностей при использовании автомобиля. В статье также указано, что в ходе изучения надежности и теории диагностики технического состояния автомобиля было выявлено множество параметров и симптомов. В результате был выявлен один симптом (C_3), который требует особого внимания.

Литература

1. Juan Luis Ferrando Chacon. Fault Detection in Rotating Machinery Using Acoustic Emission [Электронный ресурс] . – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/289479163_Fault_Detection_in_Rotating_Machinery_Using_Acoustic_Emission.
2. Chen Lu1., Yang Wang., Minvydas Ragulskis., Yujie Cheng. Fault Diagnosisfor Rotating Machinery: A Method based on Image Processing [Электронный ресурс] . – Режим доступа: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0164111.
3. W.J. Tukey 1984 In the Collected Works of John W. Tukey, Vol. 1 and 2. D. R. Brillinger (Ed.). Monterey, CA: Wadsworth.
4. D. R. Brillinger 1969 Applications and Methods of Random Data Analysis, A Lecture Series, Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton, M1-M21. The identification of polynomial systems by means of higher order spectra.
5. D. R. Brillinger 1965 Annals of Mathematics and Statistics 63, 1352–1374. An introduction to polyspectra.

6. J. W. Dalle Molle and M. J. Hinich 1989 Proceedings of the Workshop Higher Order Spectral Analysis, Vail, CO, 68–72. The trispectrum.
7. J. W. Dalle Molle 1992 PhD thesis, The University of Texas at Austin, U.S.A. Higher order spectral analysis and the trispectrum.
8. M. L. Williams 1992 PhD thesis, Department of Physics, Imperial College, U.K. The use of the bispectrum and other higher order statistics in the analysis of one dimensional signals.