Ватагин С.Г., аспирант; Седов А.Л., аспирант
Научный руководитель Кожушко Г.Г., проф., д-р техн. наук

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА НА ПРИМЕРЕ ЛИФТОВОЙ ЛЕБЕДКИ

Основными задачами технической диагностики как науки являются определение технического состояния объекта диагностирования в условиях ограниченной информации и изучение средств и методов получения диагностической информации с разработкой алгоритмов автоматизированного контроля, поиска дефектов и минимизацией процесса постановки диагноза. Теоретическим фундаментом для решения первой задачи является общая теория распознавания образов. Также важным теоретическим направлением диагностики является теория контролеспособности.

Техническая диагностика рассматривает алгоритмы распознавания как задачи классификации и основывается на диагностических моделях, устанавливающих связь между техническим состоянием объекта диагностирования и их отражениями в пространстве диагностических сигналов. Важной частью распознавания являются правила принятия решения. Решения задач основываются на моделях отказов, изучаемых в теории надежности, с привлечением методов теории статистических решений.

Основное преимущество статистических методов распознавания состоит в возможности одновременного учета признаков различной физической природы, так как они характеризуются безразмерными величинами — вероятностями их появления при различных технических состояниях объекта диагностирования. Среди методов диагностики метод, основанный на обобщенной формуле Байеса, занимает особое место благодаря простоте и эффективности.

Для анализа технического состояния по методу Байеса необходимы статистические сведения о частности наблюдений отдельных признаков параметров r_i при каждом характерном техническом состоянии объекта диагностирования. Эти частности в дальнейшем рассматриваются как вероятности. В качестве признаков рекомендуется использовать признаки, легко наблюдаемые без разборки ГПМ или ее узлов: нагрев, увеличение времени разгона, увеличение погрешности по отдельным параметрам. Наблюдаемые признаки должны задаваться качественно. При необходимости их уточнения производится разбивка наблюдаемых параметров k_j на ряд интервалов k_{j1}, k_{j2}, ... , k_{js}.

Пусть событие k^* (индекс - это конкретное значение признака) связано с одним из состояний системы D_1, D_2,... , D_n. Эти состояния образуют полную группу несовместимых событий. Будем считать, что k^* - появление признака (например, появление усталостных трещин), а D_1, D_2,... , D_n - неисправности соответствующих узлов лебедки (диагнозы). Принимается, что при этом признаке один из узлов лебедки является неисправным, а одновременный отказ двух узлов маловероятен и исключается из рассмотрения. На основании опыта эксплуатации известна вероятность отказа отдельных узлов: $P(D_1)$, $P(D_2)$, ... , $P(D_n)$.

Задача формулируется так: произошло событие k (появление трещин). Какова вероятность, что причиной появления трещин является неисправность узла D_i? Возможность получения искомой вероятности дает использование формулы Байеса:

$$P\left(D_i / k^*\right) = \frac{P(D_i)P\left(k^* \; D_i\right)}{\sum_{s=1}^{n} P(D_s)P\left(k^* \; D_s\right)}, \qquad (1)$$

где $P\left(D_i / k^*\right)$ - вероятность диагноза D_i, после того как стали известны результаты обследования по комплексу признаков k^*.

Отсюда вытекает $\sum_{s=1}^{n} P\left(D_i / k^*\right) = 1$,

что и должно быть, так как один из диагнозов обязательно реализуется, а реализация одновременно двух диагнозов невозможна.

Из (1) следует, что для двух состояний D_k и D_l отношение вероятностей таково

$$\frac{P\left(D_k \; k^*\right)}{P\left(D_1 \; k^*\right)} = \frac{P(D_k)}{P(D_l)} \frac{P\left(k^* \; D_k\right)}{P\left(k^* \; D_l\right)}. \qquad (2)$$

Если при состоянии D_k комплекс признаков k^* встречается чаще, чем при состоянии D_l, т. е. $P\left(k^* \; D_k\right) > P\left(k^* / D_l\right)$, то вероятность этого состояния после получения информации о появлении комплекса признаков k^* увеличивается.

Применение формулы Байеса поясним на следующем примере.

Известно, что 90 % шарикоподшипников редуктора вырабатывает ресурс в исправном состоянии. Признак k^* - повышение температуры масла выше нормальной на 30° С - встречается у исправных подшипников только в 50 % случаях. Требуется определить вероятность исправного состояния подшипника при появлении признака k.

Назовем исправное состояние D_1, неисправное D_2. Известно:

$P(D_l) = 0{,}9$; $P(D_2) = 1\text{-}P(D_l) = 0{,}1$. Вероятности $P(k^*/D_l) = 0{,}05$; $P(k^*/D_l) = 0{,}95$. По формуле (1)

$$P\left(D_1 / k^*\right) = \frac{P(D_1)P\left(k^* \; D_1\right)}{P(D_1)P\left(k^* \; D_1\right) + P(D_2)P\left(k^* \; D_2\right)} = \frac{0{,}9 \cdot 0{,}05}{0{,}9 \cdot 0{,}05 + 0{,}1 \cdot 0{,}95} = 0{,}32$$

Вероятность исправного состояния подшипника понизилась с 0,9 до 0,32.

Для определения вероятности диагнозов по методу Байеса необходимо составить диагностическую матрицу (см.таблицу), которая формируется на основании предварительного статистического материала. В этой таблице содержатся вероятности разрядов признаков при различных диагнозах. Если признаки двухразрядные (простые признаки «да» — «нет»), то в таблице достаточно зать вероятность появления признака $P(k_j / D_i)$. Вероятность отсутствия признака $P\left(\bar{k}_j / D_i\right) = 1 - P(k_j / D_i)$.

1. Диагностическая матрица в методе Байеса

Диагноз D_i	Признак k_j									$P(D_i)$
	k_1			k_2				k_3		
	$P(k_{11}/D_i)$	$P(k_{12}/D_i)$	$P(k_{13}/D_i)$	$P(k_{21}/D_i)$	$P(k_{22}/D_i)$	$P(k_{23}/D_i)$	$P(k_{24}/D_i)$	$P(k_{31}/D_i)$	$P(k_{32}/D_i)$	
D_1	0,8	0,2	0	0,1	0,1	0,6	0,2	0,2	0,8	0,3
D_2	0,1	0,7	0,2	0	0	0,3	0,7	0,1	0,9	0,1
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…