

УДК 621.396.6

Интеллектуальная система технического диагностирования

А.И. Заковряшин

Рассмотрено техническое диагностирование сложных систем, сравниваются дискретная и непрерывная модели состояний, прогнозируется количественная оценка состояний, формируются рекомендации по структуре интеллектуальной системы

Ключевые слова: диагностирование; модели состояний; количественные оценки; прогнозирование; интеллектуальная система

Введение

Известно, что стоимость эксплуатации сложных наукоемких изделий может превышать стоимость их приобретения. Особенно велики потери при неправильной эксплуатации оборудования (отказ от применения по назначению работоспособного объекта или применение неработоспособного объекта по назначению). Поэтому своевременная диагностика состояния объекта и обоснованные рекомендации по его применению (обслуживанию, ремонту) являются актуальными. Поскольку объект может применяться по назначению в будущем, необходимо оценить его потенциальное качество функционирования в течение некоторого промежутка времени - времени выполнения поставленной задачи. На практике зачастую поступают следующим образом: после выполнения контроля объекта оценивают его состояние. Если оно оказалось приемлемым, принимается рекомендация о целесообразности применения объекта по назначению. В этой ситуации помимо оценки состояния объекта ставится и решается вопрос о прогнозировании состояния по умолчанию – объект, успешно функционирующий в настоящий момент времени, будет вести себя не хуже в течение прогнозируемого интервала времени. При этом прогнозирование осуществляется на основе полинома нулевой степени - наблюдаемые тенденции изменения состояния сохраняются в обозримом будущем. Однако при таком подходе не оговаривается величина интервала прогнозирования, не выявлена и не учитывается динамика технического состояния, а также не использован формализованный математический аппарат индивидуального прогнозирования состояния.

Индивидуальное прогнозирование поведения параметров может быть выполнено методом наименьших квадратов с использованием математических моделей - классы функций, к которым принадлежит регрессия, должны быть линейны по параметрам [5,6].

Техническое диагностирование наукоемких изделий реализуется на этапе интегрированной логистической поддержки изделия при выполнении технического обслуживания и ремонта.

Основной задачей интеллектуальной системы технического диагностирования (ИСТВ) является диагностирование технического состояния объекта и формирование обоснованных рекомендаций по его использованию.

Частными задачами системы являются: получение измерительной информации по объекту /накопление сведений об объекте - измерительной и априорной информации; формирование текущей количественной оценки технического состояния объекта, индивидуальное прогнозирование оценки технического состояния для заданного упрежденного момента времени, формирование рекомендаций по использованию объекта: применение объекта по назначению, техническое обслуживание рекомендуемых конструктивно-съемных единиц или объекта в

целом (возможны различные объемы технического обслуживания) или ремонт объекта (различных объемов) или его составных частей.

Оценки состояний

Традиционной при нахождении оценок технического состояния является дискретная математическая модель состояния «ГОДЕН - НЕ ГОДЕН», которая предполагает формирование оценки «ГОДЕН» в случае, если все измеренные значения параметров оказались внутри соответствующих полей попусков. Если хотя бы один из измеренных значений параметров оказался за пределами поля допуска, формируется оценка «НЕ ГОДЕН». Такая оценка является «грубой», не учитывающей динамику изменений работоспособного состояния объекта. Поэтому, например, «ГОДНЫЙ» объект может рекомендоваться к применению по назначению, несмотря на то, что его состояние является предотказовым.

Перспективным является использование непрерывной количественной математической модели состояния, предполагающей плавное изменение значений оценок от нулевого (объект полностью неработоспособен) к единичному (объект находится в отличном состоянии).

Современная точка зрения [1] на рассматриваемый вопрос состоит в том, что знания диагноста относительно признаков, характеризующих отличия нормального и аномального состояний объекта или подтверждающих наличие или отсутствие симптомов, могут быть неточными. Понятие неточности понимается так, что оно определяет различия между понятиями «абсолютный», «возможный» и «размытый»

Высказывается мнение о том, что для большинства наблюдений не существует строгих границ между названными выше состояниями. Причем, чем больше результаты отклоняются от обычных, тем больше появляется уверенность в том, что имеет место аномальное состояние. Такой подход [2] формализуется с использованием функций принадлежности [3].

Количественная оценка состояния рассчитывается с использованием всей имеющейся априорной и измерительной информации по объекту, при этом учитывается положение каждого участвующего в вычислениях параметра внутри соответствующего поля допуска. Иначе, возможность учета динамики изменений состояний как отдельных параметров, так и объекта в целом имеется.

Если оценка состояния объекта не ниже заданной, осуществляется индивидуальное прогнозирование ее для упрежденного значения момента времени.

При решении задачи индивидуального прогнозирования исходной информацией является вектор измеренных значений $Y_c = (y_1..y_6)$, привязанный к соответствующим моментам времени ($t_1..t_6$).

Априорная информация представлена ковариационной матрицей связей G_{mY}^{-1} результатов измерений; сглаживающим является алгебраический полином целых степеней; степень как аппроксимирующего, так и прогнозирующего полиномов равна 2;

R – число моментов времени прогнозирования (равно 2);
моменты времени прогнозирования представлены вектором

$$TP = \{t_{N+1}, t_{N+2}, \dots, t_{N+R}\}$$

Выводимой информацией является:

G_X^{-1} – ковариационная матрица (3, 3) погрешностей оценок коэффициентов сглаживающего полинома;

$X = \{x_0, x_1, x_2\}$ – вектор (3, 1) оценок математических ожиданий коэффициентов сглаживающего полинома;

$Y_{пр}$ – вектор (R, 1) оценок математических ожиданий прогнозируемых значений;

$(G_Y^{-1})^{пр}$ - ковариационная матрица (R, R) погрешностей оценок прогнозируемых значений;

$DY_{пр}$ – вектор (R) оценок дисперсий прогнозируемых значений (диагональные элементы матрицы $(G_Y^{-1})^{пр}$)

Расчетные соотношения имеют вид:

$G_X^{-1} = (A_C^T G_{mY} A_C)^{-1}$ - ковариационная матрица (3, 3) оценок погрешностей коэффициентов сглаживающего полинома;
формируется матрица $A_C = (N, 3)$

$$A_C = \begin{bmatrix} t_1^0 & t_1^1 & t_1^2 \\ t_2^0 & t_2^1 & t_2^2 \\ \dots & \dots & \dots \\ t_n^0 & t_n^1 & t_n^2 \end{bmatrix}$$

$X = G_X^{-1} A_C^T G_{mY} Y^m$ – вектор (3, 3) оценок математических ожиданий коэффициентов сглаживающего полинома;

$Y_{пр} = A_{пр} X$ – вектор (R, 1) оценок математических ожиданий прогнозируемых значений, где

$$A_{пр} = \begin{bmatrix} t_{N+1}^0 & t_{N+1}^1 & t_{N+1}^2 \\ t_{N+2}^0 & t_{N+2}^1 & t_{N+2}^2 \\ \dots & \dots & \dots \\ t_{N+R}^0 & t_{N+R}^1 & t_{N+R}^2 \end{bmatrix}$$

$(G_Y^{-1})^{пр} = A_{пр} G_X^{-1} A_{пр}^T$ – ковариационная матрица (R, R) оценок погрешностей прогнозируемых значений. Выделяем

$DY_{пр} = (G_Y^{-1})_{ii}^{пр}$, $i = 1, 2, \dots, R$ – вектор оценок дисперсий прогнозируемых значений (диагональные элементы матрицы $(G_Y^{-1})^{пр}$).

По результатам прогнозирования рассчитывается вероятность выполнения объектом поставленной задачи. Если значение оценки ниже заданной, то определяются потенциально ненадежные конструктивно-съемные единицы объекта.

Для формирования рекомендуемых мер воздействия на объект используется прогнозируемая вероятностная количественная оценка состояния для заданного упрежденного значения момента времени.

Вариантами рекомендаций, выдаваемых лицу, принимающему решения, могут быть: применение объекта по назначению (с заданием интервала времени применения), техническое обслуживание как отдельных частей, так и объекта в целом (с указанием потенциально ненадежных конструктивно-съемных единиц (КСЕ) и, наконец, различные объемы ремонтных работ как по отдельным КСЕ, так и по объекту в целом.

Прогнозируемые количественные оценки состояний могут быть использованы также при организации материально-технического обеспечения сложных наукоемких изделий.

Выводы

1. Техническое обслуживание и ремонт техники реализуется на этапе послепродажного обслуживания и является составной частью процессов, реализуемых на этапе интегрированной логистической поддержки.
2. Техническое обслуживание и ремонт базируется на методах и средствах технического диагностирования.
3. Стадиями решения общей проблемы технического диагностирования являются: накопление измерительной информации по объекту, обработка измерительной информации с целью накопления априорной, расчет текущей и прогнозируемой вероятностной количественных оценок технического состояния объекта, обоснование предложений по применению объекта по назначению или техническому обслуживанию или ремонту.
4. Формализация перечисленных процедур позволяет автоматизировать процесс технического диагностирования.
5. При использовании адаптивных настроек на выборки малого объема, количественные оценки технических состояний, рассчитываемые с использованием элементов теории нечетких множеств, индивидуальное прогнозирование количественных оценок технических состояний по малым выборкам, появляется практическая возможность построения интеллектуальной системы технического диагностирования.

Библиографический список

1. ГОСТ 20911 – 89. Техническая диагностика. Термины и определения. – М.: Госстандарт, 1989.
2. Гиг Дж., ван. Прикладная общая теория систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 733 с.
3. Pipino L.L. The Application of Fuzzy sets to System Diagnosis and the Design of a Conceptual Diagnostic Procedure, Amherst, Mass., University of Massachusetts, Doctoral Dissertation, 1975. (Используется [1] с разрешения автора).
4. А., Кофман. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
5. Заковряшин А.И. Конструирование РЭА с учетом особенностей эксплуатации. – М.: Радио и связь, 1988. – 120 с.
6. Заковряшин А.И. Метод индивидуального прогнозирования по малой выборке на основе полиномов избыточных степеней/ Изв. вузов СССР. Сер. Приборостроение. – 1986. – Т. XXIX - № 10. - с. 3 - 8.

Сведения об авторе

Заковряшин Аркадий Иванович, профессор Московского авиационного института (национального исследовательского университета), д. т. н., тел.: +7 (916)-571-19-10, e-mail: zai999@mail.ru.