



С помощью системы PolyAnalyst получены закономерности в данных и «портрет» типичного клиента компании.

Результат интеллектуального анализа данных, хранящихся в системах авиакомпаний, позволит на основе статистических данных определить некоторый профиль клиента, что позволит сформировать новые выгодные как для клиента, так и для компании предложения, а также комплексную систему безопасности воздушного судна.

Литература

1. Правила международных перевозок пассажиров, багажа и грузов № 1./И, утвержденные Министром гражданской авиации от 3 января 1986 года
2. Бахвалов, Н. С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков – М., 1987. - 598 с.
3. Валеев, С.С. Отказоустойчивые системы управления сложными динамическими объектами с использованием искусственных нейронных сетей / С.С. Валеев, В.И. Васильев, Б.Г. Ильясов, Сун Жан-Гуо. Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2000 . - №1. - С. 32 - 35.
4. Васильев, В.И. Экспертные системы: Управление эксплуатацией сложных технических объектов: Учеб. пособие для вузов / В.И. Васильев, С.В. Жернаков; УГАТУ.-Уфа: Б.и., 2003.-106 с
5. Горлатых, С.В. Совершенствование средств и методов эксплуатации современных воздушных судов / С.В. Горлатых. Проблемы безопасности полетов. М.: ВИНТИ, 1988. №12. С.38-55.
6. Иванов, А.И. Нейросетевые алгоритмы биометрической идентификации личности/ А.И. Иванов. Кн. 15:Монография. М.:Радиотехника, 2004.-144 с.
7. Наземное обслуживание // Авиатранспортное обозрение. <http://www.ato.ru/content/razvitie-regionalnyh-perevozok-s-uchetom-socialno-ekonomicheskikh-zadach-v-rf>

О.Н. Донскова

ПРЕВЕНТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЗМОВ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SVD – РАЗЛОЖЕНИЯ

Информация о состоянии работающего оборудования с вращающимися узлами содержится, прежде всего, в сигнале вибрации. Поэтому анализ вибрации стал основой нового направления технической диагностики. Основными задачами превентивной диагностики является не только обнаружение, но и идентификация зарождающихся дефектов.

Предлагаемый алгоритм анализа параметров вибраций механизмов периодического действия заключается в следующем:

1. Одновременно регистрируются вибрации механизма и периодические сигналы о положении его рабочих органов.
2. Производится предварительная фильтрация сигналов для устранения случайных помех.



3. Определяется изменение периода рабочего цикла механизма.
4. Нормируется длина этого периода, и осуществляется преобразование исходного вибросигнала к нормированной длине периода.
5. Производится синхронное накопление вибросигнала.
6. Осуществляется SVD - разложение вибросигнала.
7. Выделяется низкочастотная и высокочастотная составляющие вибросигнала.

Алгоритм был апробирован для анализа вибраций двигателя ВАЗ 2108. Вибрации снимались с головки цилиндров в районе выпускных клапанов в течение 11 секунд и записывались на магнитофон. Одновременно регистрировались сигналы от датчика верхней мертвой точки (ДВМТ).

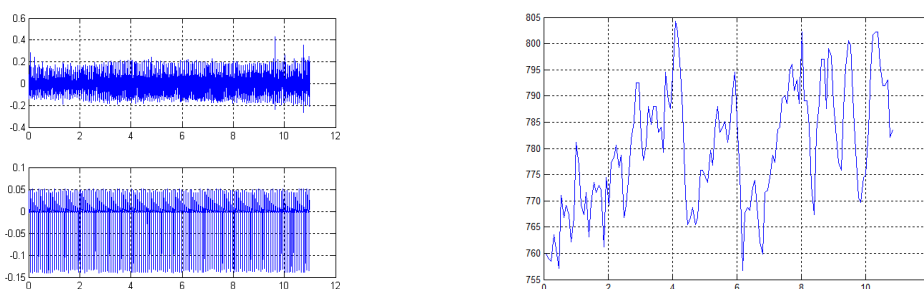
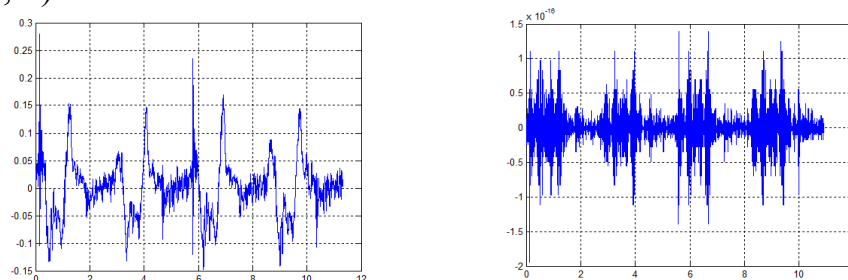


Рис. 1, 2

Для начала необходимо сформировать и обработать сигнал, поступающий с ДВМТ (рис. 1). Здесь следует обратить внимание на наличие ложных срабатываний датчика, причиной которых являются помехи в сигнале.

Следующим шагом является нахождение частоты вращения двигателя и построение ее характеристик. Частота вращения двигателя находится по данным о шаге дискретизации и данным обработанного сигнала ДВМТ (рис. 2). Далее, с помощью метода синхронного накопления необходимо отфильтровать сигнал вибрации от помех и шумов. Результаты фильтрации представлены на рисунке 3 а), б).



а) – отфильтрованный сигнал от 1 клапана б) – сигнал помех от 1 клапана

Рис. 3

С помощью вышеизложенного способа был исследован виброакустический сигнал от 1 клапана. Анализ виброакустических сигналов от 2, 3 и 4 клапанов проводится аналогично.

Как видно из рисунка 3 в отфильтрованном сигнале вибрации от 1 клапана есть несколько четко выраженных “максимумов”, которые повторяются с некоторой периодичностью (рис. 4). Это свидетельствует о том, что один из клапанов (впускной или выпускной) в 1 цилиндре стучит значительно сильнее



остальных. Т.к. ничего подобного в отфильтрованных сигналах вибрации от 2, 3 и 4 клапанов мы не наблюдаем, то можно говорить о неправильной работе одного из двух клапанов (впускного или выпускного) в 1 цилиндре.

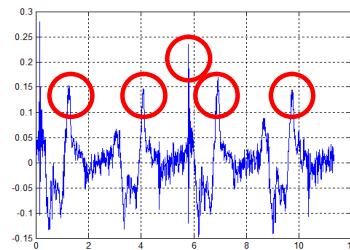


Рис. 4

Следующим этапом работы является выделение низкочастотной и высокочастотной составляющих отфильтрованного сигнала вибрации. Для этих целей был использован метод SVD-разложения (singular valued decomposition – разложение по сингулярным числам матрицы). В основе этого метода лежит представление временного ряда в виде матрицы, которая затем раскладывается в сумму матриц с помощью сингулярного разложения, каждой из которых сопоставляется аддитивная составляющая исходного временного ряда. Таким образом, получаем разложение ряда в сумму составляющих, причём информация о каждой из них содержится в сингулярных числах и векторах. Рассмотрим этапы SVD-разложения.

1. Разложение.

Пусть $F = (f_0, \dots, f_{N-1})$ — одномерный вещественнозначный массив временной длины N . Выберем значение параметра L , так, чтобы $1 < L < N$. Назовём длиной окна. Результат работы алгоритма во многом зависит от значения L . L будем выбирать из диапазона $2 < L < N/2$. Примем $L=8$.

Построим по ряду F матрицу $X \in \mathbb{R}^{L \times K}$, $K = N - L + 1$, называемую траекторной матрицей ряда:

$$X = \begin{pmatrix} f_0 & f_1 & f_2 & \dots & f_{K-1} \\ f_1 & f_2 & f_3 & \dots & f_K \\ f_2 & f_3 & f_4 & \dots & f_{K+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{L-1} & f_L & f_{L+1} & \dots & f_{N-1} \end{pmatrix}$$

Траекторная матрица ряда состоит из столбцов, представляющих собой отрезки ряда длиной L , взятые последовательно с единичным сдвигом. Сингулярное разложение является основой математической части метода. Результатом этого шага является сингулярное разложение траекторной матрицы ряда.

Пусть $S = XX^T$. Обозначим собственные числа матрицы S как $\lambda_1, \dots, \lambda_L$, а ортонормированную систему собственных векторов матрицы S , соответствующих собственным числам, через U_1, \dots, U_L .



Если обозначить $V_i = X^T U_i / \sqrt{\lambda_i}$ где, $i = 1 \dots L$, то сингулярное разложе-

ние матрицы X может быть записано как $X = X_1 + \dots + X_L$ где $X_i = \sqrt{\lambda_i} U_i V_i^T$. Каждая из матриц X_i имеет ранг 1, поэтому их можно назвать элементарными матрицами.

2. Восстановление

На этом шаге алгоритма каждая матрица сгруппированного разложения переводится в новый ряд x_i длины N . Представим траекторную матрицу в следующем виде:

$$X_i = X(i, j)^{L, K} = \begin{pmatrix} (a_i)_{11} & (b_i)_{12} & (c_i)_{13} & \dots & (d_i)_{1K} \\ (e_i)_{21} & (f_i)_{22} & (g_i)_{23} & \dots & (h_i)_{2K} \\ (j_i)_{31} & (k_i)_{32} & (e_i)_{33} & \dots & (m_i)_{3K} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (n_i)_{L1} & (o_i)_{L2} & (p_i)_{L3} & \dots & (q_i)_{LK} \end{pmatrix}$$

Тогда ряд, в который будет переведена матрица, будет иметь вид: $x_{oi} = \left(\frac{a_i}{1} \quad \frac{b_i+e_i}{2} \quad \frac{c_i+f_i+j_i}{3} \quad \dots \quad \frac{q_i}{1} \right)$, где i – соответствующий номер матрицы и ряда. Элементами получившегося ряда x_i будут средние арифметические значения каждой диагонали матрицы X .

Процедура группировки суммирует все получившееся в предыдущем этапе ряды x_i по формуле: $xs = \sum_{i=1}^L x_{oi}$

Таким образом, результатом этапа восстановления является воссоздание исходного ряда X из суммы аддитивных составляющих. Проведем идентификацию гармоник (рис. 5).

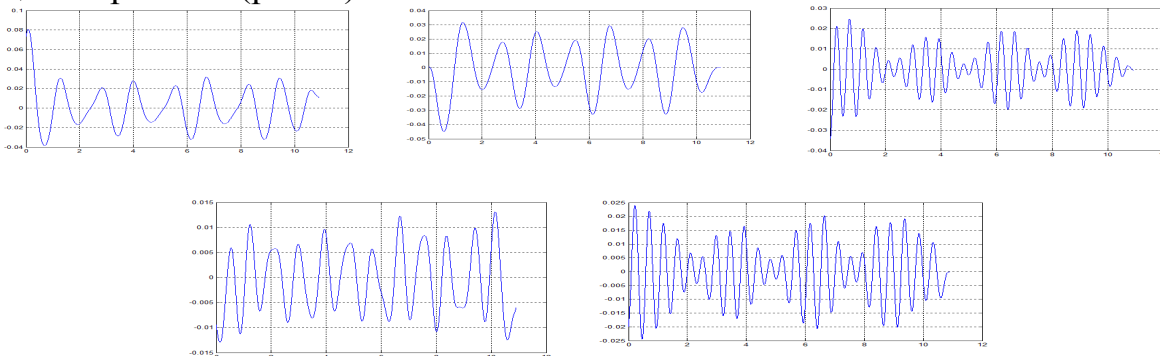


Рис. 5. Первый, второй, третий, четвертый и пятый собственные векторы

С первого по пятый собственные вектора обладают требуемой формой, т. к. похожи на гармонические ряды с равным периодом. Однако необходимые векторы гармонической формы с приблизительно равным периодом удобнее искать с помощью графика значимости собственных векторов (рис. 6). Как видно из графика, для описания сигнала достаточно просуммировать первые десять собственных векторов (рис.7) а остальными можно пренебречь т.к. они являются незначимыми.

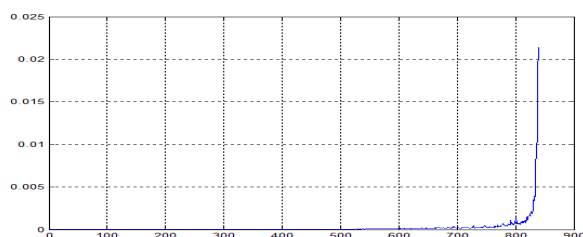


Рис. 6. График значимости векторов

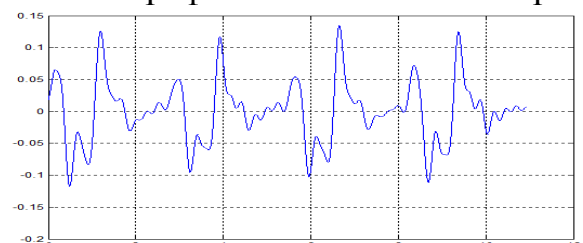


Рис. 7. Сумма первых 10 собственных векторов
(низкочастотная составляющая сигнала)

Для того чтобы выделить высокочастотную составляющую сигнала необходимо из исходного (отфильтрованного) сигнала вычесть низкочастотную составляющую (рис. 8).

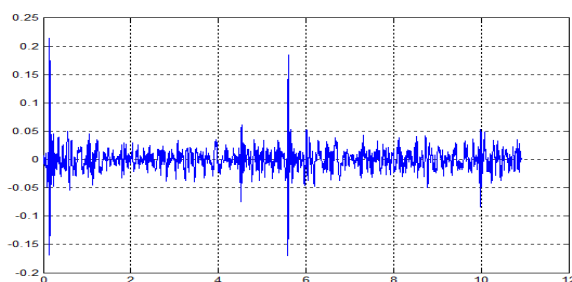


Рис. 8. Высокочастотная составляющая сигнала

Выводы

Анализ параметров вибраций механизмов периодического действия с использованием SVD – разложения имеет ряд преимуществ. По сравнению с гармоническим анализом SVD – разложение является более информативным за счет выделения низкочастотной и высокочастотной составляющих. Использование SVD-разложения не вносит фазовых искажений при фильтрации; позволяет выделить периодическую составляющую сигнала (при достаточном количестве данных и трендовую составляющую сигнала), что дает возможность прогнозирования; позволяет выделить низкочастотную и высокочастотную составляющие сигнала с очень высокой точностью, без искажений сигнала.

А.В. Захаров, М.Р. Богданов, Р.Ф. Маликов

К ТЕОРИИ ПРЕСЛЕДОВАНИЯ

(Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акумуллы)

Аннотация

В работе предложен критерий выбора закона движения преследования и получено соответствующее дифференциальное уравнение. Проведено исследо-