АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Булгаков Артем Евгеньевич
ассистент,
Филиал Военного учебного научного центра
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» в г. Челябинске,
РФ, Челябинск,
E-mail: sherlocktomm@gmail.com

Шавлов Алексей Валерьевич
канд. техн. наук,
Филиал Военного учебного научного центра
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» в г. Челябинске,
РФ, Челябинск,
E-mail: shavlov69@mail.ru

SYSTEM PERFORMANCE ANALYSIS OF A MEDIUM POWER PLANT

Artem Bulgakov
Assistant Flight Director of the Instructor Group
(flight guides)
Department of Theory and Methods of Aviation Management
Branch of the Military Educational Scientific Center of the Air Force
"Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" in Chelyabinsk
Russia, Chelyabinsk

Aleksey Shavlov
Candidate of technical sciences,
Professor of the Department of Theory and Methods of Aviation Management
Branch of the Military Educational Scientific Center of the Air Force
"Air Force Academy named after Professor N.Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" in Chelyabinsk,
Russia, Chelyabinsk

АННОТАЦИЯ

В статье раскрываются вопросы обслуживания и испытаний изделий наземной авиационной техники, обеспечивающей автономное энергопитание в различных условиях, с применением системы псевдонезависимых регрессий. Кроме того, описан принцип базовой модели что в свою очередь определяет достоверность диагностирования дизель-генераторной установки (ДГУ), а, следовательно, и качество функционирования ДГУ технологическим процессом в целом. Предложены методы диагностирования энергоустановки с применением автоматизированных средств АСУ.

ABSTRACT

The article reveals the issues of maintenance and testing of ground-based aircraft products that provide autonomous power supply in various conditions, using a system of pseudo-independent regressions. In addition, the principle of the basic model is described, which in turn determines the reliability of the diagnosis of a diesel generator set (DSU), and consequently, the quality of the functioning of the DSU by the technological process as a whole. Methods of diagnostics of the power plant with the use of automated control systems are proposed.

Ключевые слова: система, матрица, регрессия, автоматизированная система управления, диагностирование, оценка, энергоустановка, анализ, дизельная генераторная установка, сравнение.

Keywords: system, matrix, regression, automated control system, diagnosis, evaluation, power plant, analysis, diesel generator set, comparison.

Библиографическое описание: Булгаков А.Е., Шавлов А.В. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2021. 11(92). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12646*

Введение

В современных условиях широко используются АСУ технологическим процессом обслуживания и испытаний изделий наземной авиационной техники, в частности дизель генераторные установки и широко используются принцип базовой модели [1].

1. Описание принципа базовой модели

Суть этого принципа состоит в следующем. Предполагается, что состояние ДГУ характеризуется значениями диагностических параметров y, $i=\overline{1,l}$. Эти значения зависят не только от состояния ДГУ, но и от состояния других систем силовой установки x_j, $j=\overline{1,m}$. Таким образом можно записать следующее функциональное уравнение в векторной формуле:

$$y_{\tau(i)} = f(y_{\tau(i)}, x_{\tau(i)}, A, B, \xi_{\tau(i)}),$$

где A и B – матрицы неизвестных коэффициентов;

$\xi_{\tau(i)}$ – вектор случайных составляющих;

$\tau(i)$ – момент времени i-го интервала, в который фиксируются значения $Y_{\tau(i)}, X_{\tau(i)}$.

На практике [1], как правило ограничиваются простейшей регресивной моделью вида:

$$y = x\beta + \xi \qquad (1)$$

Для идентификации вектора неизвестных коэффициентов β используются различные варианты метода наименьших квадратов (МНК), который в самом общем виде [2,4] дает оценку Гаусса-Маркова:

$$b = (X'Y^{-1}X) + X'V^{-1}Y \qquad (2)$$

где V – матрица весовых коэффициентов, позволяющая учитывать неравнотечность наблюдений;

«+» – символ обобщенной обратной матрицы Мура-Пенроуза [3,5].

По информации, полученной с заведомо исправных ДГУ, производится расчет вектора b по формуле (2), который в дальнейшем называется базовым ($b_{баз}$) и который описывает работоспособный ДГУ. Теперь мы имеем возможность осуществить проверку гипотезы о работоспособности вновь поступающего на диагностирование ДГУ. Эта процедура состоит в том, что для фактического значения диагностического параметра Y строится двусторонняя толерантная область, отвечающая заданной доверительной вероятности, и если параметр попадает в эту область, то ДГУ признается работоспособным, в противном случае неработоспособным.

В зависимости он назначения той или иной АСУ технологическим процессом расчет базового вектора коэффициентов $b_{баз}$ производится по информации, либо об одном экземпляре ДГУ. В обоих случаях требуется периодическая корректировка вектора $b_{баз}$, учитывается естественное «старение» ДГУ в процессе эксплуатации и нивелирующая индивидуальные особенности ДГУ, входящее в базовое множество. При этом в формуле (2) необходимо задавать значения весового коэффициента соответствующего наблюдения. Очевидно, что не все наблюдения будут иметь одинаковый вес. Определение этих весов как правило, чрезвычайно затруднено, и на практике все наблюдения считаются равноточными. Это допущение несомненно ухудшает адекватность модели реальному процессу, что в свою очередь снижает достоверность диагностирования ДГУ, а следовательно, и качество функционирования ДГУ технологическим процессом в целом.

2. Система псевдонезависимых регрессий

Состояние ДГУ нельзя охарактеризовать значением только одного диагностического параметра Y. При диагностировании ДГУ всегда используется несколько параметров y_i, $i=\overline{1,R}$, причем отдельные составляющие соответствующих векторов x_i, $i=\overline{1,R}$ могут совпадать. Другими словами, в это случае мы имеем так называемые «псевдонезависимые» регрессии. Псевдонезависимые регрессии допускают применение МНК к каждому уравнению регрессии в отдельности. Однако в данном случае такой метод не будет эффективным в классе несмещенных линейных оценок.

Здесь удается построить состоятельную оценку матрицы весовых коэффициентов V, использование которой приводит к итеративной оценке Зеллнера $\nu - го$ порядка.

Итак, пусть имеется R линейных регрессий:

$$y_i = x_i\beta_i + \xi_i,\ i=\overline{1,R}. \qquad (3)$$

Систему (3) будем называть системой псевдонезависимых регрессий, которую можно свести к одной регрессии. Для этого построим новые вектора и матрицы:

$$y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_k \end{pmatrix}, \qquad x = \begin{pmatrix} x_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & x_k \end{pmatrix};$$

$$\beta = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix}, \qquad \xi = \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_k \end{pmatrix}.$$

Теперь систему (3) перепишем в виде:

$$y = x\beta + \xi, \qquad (4)$$

где относительно ξ_i, $i=\overline{1,k}$, предполагается, что $E(\xi_i) = 0$,

$$\mathrm{cov}(\xi_{ti}, \xi_{tj}) = \sigma_0^2 V_{ij},\ \mathrm{cov}(\xi_{ti}, \xi_{tj}) = 0,\ t \neq \tau.$$

Матрица ковариации вектора ξ имеет вид:

$$\mathrm{cov}(\xi) = \sigma_0^2 \begin{pmatrix} V_{11}I & \dots & V_{1k}I \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{k1}I & \cdots & V_{kk}I \end{pmatrix} = \sigma_0^2 (V \times I),$$

где X – знак кронекерова произведения матриц;
I – единичная матрица.

3. Оценка нескольких регрессий

Оценкой Зеллнера называется оценка, полученная по формуле:

$$Z = (X'(V \times I)^{-1} X)^{-1} X'(V \times I)^{-1} Y \qquad (5)$$

где V - оценка матрицы весовых коэффициентов V.

Получив оценку Зеллнера, можно по аналогии построить целый класс оценок неизвестного вектора β из (4), которые называются интерактивными оценками Зеллнера $\nu - го$ порядка. Эти оценки строятся рекуррентно следующим образом.

Пусть $Z^{\nu-1}$ - итеративная оценка Зеллнера $(\nu - 1) - го$ порядка. Построим на ее основе оценку $\sigma_0^2 V$:

$$\sigma_0^2 V_{ij} = \frac{1}{n}(Y_i - X_i Z^{\nu-1})'(Y_j - X_j Z_j^{\nu-1}), \qquad (6)$$

где n - число наблюдений в каждой из k регрессий.

Тогда Z^{ν} определяется как:

$$Z^{\nu} = (X'(V^{\nu-1} \times I)^{-1} X)^{-1} X'(V^{\nu-1} \times I)^{-1} Y \qquad (7)$$

где $V^{\nu-1}$ рассчитывается по формуле (6). В этой рекуррентной процедуре на нулевом шаге в качестве приближения можно взять оценку МНК, по ней построить по формуле (6) оценку $\sigma_0^2 V$, затем снова найти оценку (7) и т.д. В [5] доказывается состоятельность оценок (6) и (7), а также обосновывается выбор диапазона изменения значений n и m_i в (4). Так для обеспечения большей эффективности оценок Зеллнера по сравнению с оценками МНК требуется, чтобы

$$13 + \sum_{i=1}^{k} m_i \le n \le 23 + \sum_{i=1}^{k} m_i$$

где $m_i = rank(X_i)$, $i = \overline{1,k}$.

Заключение

Для реализации описанного выше подхода имеется различное программное обеспечение, которое может быть использовано в различных АСУ технологическими процессами для уточнения и корректировки вектора базовых коэффициентов, полученным обычным МНК.

Список литературы:

1. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем / В.И. Аверченков, В.П. Федоров, М.П. Хейфец. – М.: Литрес, 2016. – 272с.
2. Агранович М.С. Соболевские пространства, их обобщения и эллиптические задачи в области с гладкой липшицевой границей / М.С. Агранович. – М. : МЦНМО, 2014. – 379с.
3. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн – М.: Наука, 1984. – 831с.
4. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений / Ю.В. Линник. – М. : Физматиз., 1958. - 379 с.
5. Сколов Н.П. Пространственные матрицы и их приложения / Н.П. Соколов – М. : Физматиз, 1960. – 299 с.