

## СЕКЦИЯ 1 «ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ»

УДК 51+004

### ПРИМЕНЕНИЕ СИНГУЛЯРНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ ВЫБОРКИ ANOMALIE DETECTION METHOD BASED ON SINGULAR MATRIX DECOMPOSITION

Гундина М.А., к.ф.-м.н., доцент,  
доцент кафедры «Инженерная математика»,  
Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь, hundzina@bntu.by;  
Каменко Д.А., магистрант приборостроительного факультета,  
Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь, dimakamenko.2000@gmail.com  
Hundzina M.A., Ph.D., Associate Professor,  
Associate Professor of "Engineering Mathematics",  
Belarusian National Technical University,  
Minsk, Republic of Belarus, hundzina@bntu.by;  
Kamenka D.A., graduate student of instrument-making faculty,  
Belarusian National Technical University,  
Minsk, Republic of Belarus, dimakamenko.2000@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье рассматривается реализация алгоритма выявления аномальных значений с применением сингулярного разложения матриц. Наличие аномальных результатов может привести к недостоверным результатам при оценивании и контроле соответствия характеристик системы предъявляемым требованиям. Поэтому необходимо выявлять и устранять аномальные результаты измерений. Сингулярное разложение матрицы показывает структуру матрицы и позволяет наглядно представить имеющиеся данные.

**Ключевые слова:** аномалия, компьютерная система Wolfram Mathematica, сингулярное разложение.

**Abstract.** This article discusses the implementation of an algorithm for detecting anomalous values using singular value decomposition of matrices. The presence of anomalous results can lead to unreliable results when evaluating and monitoring the compliance of system characteristics with the requirements. Therefore, it is necessary to identify and eliminate anomalous measurement results. Singular decomposition of a matrix shows the structure of the matrix and allows you to visualize the available data.

**Key words:** anomaly, Wolfram Mathematica computer system, singular value decomposition.

**Введение.** Причины возникновения аномальных значений могут быть разной природы: сбой при измерениях и регистрации данных, резкие отклонения условий наблюдений. Наличие аномальных результатов может привести к недостоверным результатам при оценивании и контроле соответствия характеристик системы предъявляемым требованиям. Поэтому необходимо выявлять и устранять аномальные результаты измерений.

Задача нахождения аномальных значений выборки актуальна при анализе транспортных потоков и их влияния, например, на общую концентрацию частиц в атмосферном воздухе города. Также оценка динамического процесса на присутствие аномальных измерения позволяет проанализировать динамику инновационной активности железных дорог.

Также проблема анализа и прогнозирования спроса является одной из ключевых в логистике и управлении цепями поставок, поскольку позволяет эффективно организовать цепочку поставок продукции. Результат прогнозирования напрямую влияет на оптимальность параметров систем управления запасами. При этом аномальные значения наблюдаемого спроса, возникающие, например, в праздничные дни, зачастую негативно влияют на прогнозные значения.

Известно, что при анализе инженерных изменений обычно содержится около 10 % аномальных значений [1]. В зависимости от вида технических данных физики допускают процентное содержание аномалий данных от 1 до 20 % [2]. Например, в задаче анализа сейсмограмм в результате статистических исследований аномалии наблюдаются в 5–7 % данных [3]. Французский профессор Ф. Хампель приводит информацию о 8–12% аномальных значений в клинических медицинских наблюдениях [1].

Эти и многие другие статистические исследования позволяют сделать вывод, что значение 5–10 % аномальных значений в общей совокупности данных можно считать приемлемым [6].

Основная идея метода обнаружения аномальных значений, основанного на разложении матриц, состоит в том, чтобы использовать неполное сингулярное разложение исходной матрицы данных.

**Основная часть.** Сингулярное разложение матрицы показывает структуру матрицы и позволяет наглядно представить имеющиеся данные. Предположим, что исходными данными является массив значений яркости полутонового изображения.

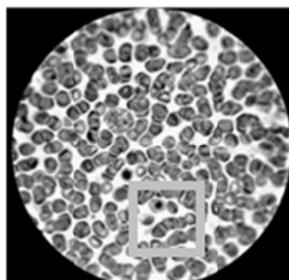


Рис. 1. Исходный фрагмент изображения

Наилучшая матрица получается из сингулярного разложения матрицы  $M$  по формуле:

$$M = ULV^T.$$

$L$  – диагональная матрица размера  $m \times n$  с неотрицательными элементами, у которой элементы, лежащие на главной диагонали – это сингулярные числа, а матрицы  $U$  и  $V$  – это две ортогональные матрицы, состоящие из левых и правых сингулярных векторов соответственно. Заметим, что ортогональная матрица – это квадратная матрица с вещественными элементами, результат умножения которой на транспонированную матрицу равен единичной матрице.

Приближенная матрица  $M_k = U_k L_k V_k^T$ ,  $U_k$ ,  $L_k$ ,  $V_k$  получаются из матриц сингулярного разложения отсечением до  $k$  первых столбцов.

Произведения  $\sigma_1 U_1 V_1^T$ ,  $\sigma_2 U_2 V_2^T$  представлены на рис. 2.

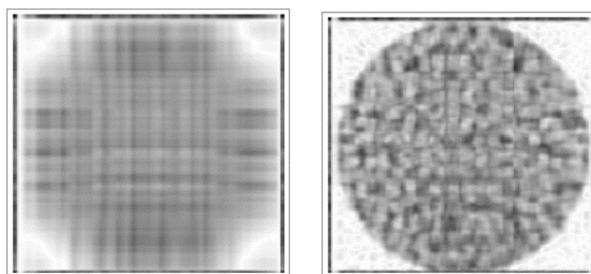


Рис. 2.  $\sigma_2 U_2 V_2^T$ ,  $\sigma_{10} U_{10} V_{10}^T$

**Заключение.** Элементы, которые сильно отличаются от соответствующих элементов матрицы небольшого ранга, будут считать аномальными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Hampel, F.R. Robust estimation; a condensed partial survey. Z. Wahrscheinlichkeitstheorie und verw. Geb. – 1973. – V. 27. – P. 87–104.
2. Tukey, J.W. The future of data analysis. Ann. Math. Stat. – 1967. – V. 33. – P. 1–67.
3. Freedman, H.W. The «little variable factor». A statistical discussion of the reading of seismogram. Bull. Seismol. Soc. of America. – 1966. – V. 56. – P. 3–604.
4. Марчук, В.И. Способы обнаружения аномальных значений при анализе нестационарных случайных сигналов / В.И. Марчук, С.В. Токарева // Известия ЮФУ. Технические науки. – Т. 80. – № 3. – 2008. – С. 66–72.
5. Лукин В.Л., Сухорученков Б.И., Кузнецов В.И. Статистический метод выявления аномальных результатов измерений характеристик технических систем // Двойные технологии. – 2010. – № 2(51). – 32–40.
6. Демяненко, Я.М. Компьютерное зрение и обработка изображений. Лекция 12. Детекторы и дескрипторы / Южнофедеральный университет, 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: edu.mmscs.sfedu.ru. – Дата доступа: 01.02.2022.

УДК 669.13.017:620.18

## УВЕЛИЧЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ИЗНОСОСТОЙКИХ ХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ ЗА СЧЕТ ТЕРМООБРАБОТКИ

### INCREASING THE SERVICE LIFE OF PARTS MADE OF WEAR-RESISTANT CHROMIUM CAST IRONS DUE TO HEAT TREATMENT

Барановский К.Э., к.т.н., доцент, Белорусский национальный технический университет, г. Минск. baranosky\_metolit@tut.by

Жумаев А.А., к.т.н. доцент, Навоийский государственный горный институт, г. Навои, Узбекистан, ahmadjon\_jumayev@maul.ru

Дувалов П.Ю., с.н.с. Институт технологии металлов НАН Беларуси, г. Могилев, Беларусь, lcti@yandex.by

Baranouski K.E., PhD. Belarusian National Technical University, Minsk

Jumaev A.A., PhD. Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan. ahmadjon\_jumayev@maul.ru

Duvalov P.Yu., Institute of technology of metals of NAS, Mogilev, Belarus, lcti@yandex.by

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по сравнению механических свойств и износостойкости наиболее распространенных в СНГ и Республи-