

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ
ДИХОТОМИЧЕСКОГО РАЗЛИЧИЯ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ
МЕТАЛЛОВ ПО ДАННЫМ МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ
ВИХРЕВЫХ ТОКОВ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНОГО ПРЕДСКАЗАНИЯ**

*Абрамович А. А. аспирант, Жук С. Я., д.т.н., профессор,
Мрачковский О. Д., к.т.н., доцент
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина.*

Металлоискатель, работающий на основе метода вихревых токов, позволяет обнаруживать металлические объекты при создании вокруг них переменного электромагнитного поля. Такие металлоискатели обеспечивают возможность дихотомической селекции металлов по типу - черный, цветной. Актуальность задачи различения черных и цветных металлов обусловлена большими затратами времени и ресурсов при осмотре вещей в охранной сфере, в археологии, в промышленности и т.д.

Для решения задачи дихотомического различения применяется подход на основе представления обнаруживаемого объекта в виде вектора признаков. В качестве признаков используются параметры авторегрессионной модели принятого сигнала, которая также получила название модели линейного предсказания. Параметры модели определяются на основе оценки корреляционной функции принятого сигнала путем решения уравнений Юла–Уокера. Метод линейного предсказания нашел широкое применение при решении задач распознавания речи [1, 2].

Формирование эталонов различаемых образов выполняется на этапе обучения с учителем по заданным образцам черных и цветных металлов. Для этого определяются средние значения и дисперсии признаков образцов, принадлежащих к различаемым классам. Достаточность выбранных признаков оценивается на основе критерия Фишера, который является одномерным критерием достаточности j -ого признака для разделения объектов на два класса

$$\gamma = (m_j^1 - m_j^2)^2 / (D_j^1 - D_j^2)$$

где m_j^1, m_j^2 – средние значения j -го признака; D_j^1, D_j^2 – дисперсии значений j -ого признака.

Задавая значение порога δ , можно определить достаточность j -го признака для различения классов при выполнении условия $\gamma \geq \delta$.

На этапе различения производится сравнительный анализ признаков полученного сигнала с признаками классов объектов. Принятие решения о принадлежности объекта к определенному классу выполняется по минимуму расстояния между вектором признаков полученного сигнала и векторами эталонных классов.

В експериментальних дослідженнях на етапі навчання з вчителем використовувались мідні та сталеві пластини круглої (діаметр 25мм, товщина 3мм) та прямокутної (20x20, 20x30, 20x40, 20x60 мм, товщина 2мм) для кожного металу форми. Відстань від об'єкта до досліджуваних зразків 6 см.

На рис. 1, а, б приведені приклади прийнятих сигналів, прийнятих при використанні мідної та сталевих пластин відповідно.

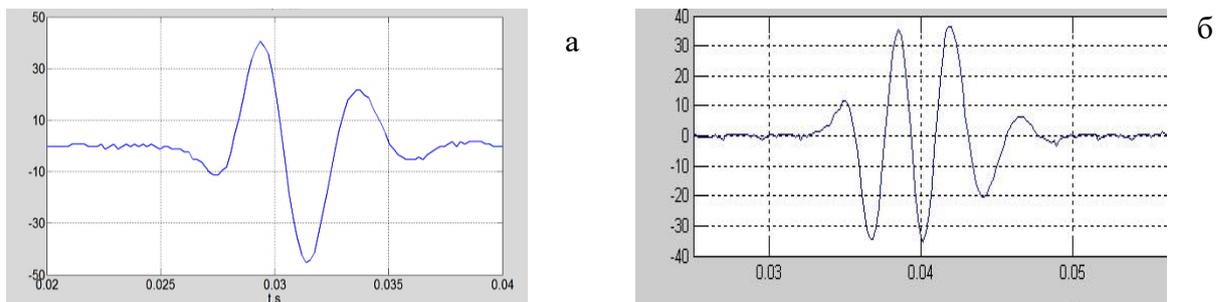


Рис. 1. Временные диаграммы для меди (а), железа(б).

При определении признаков использовалась авторегрессионная модель седьмого порядка. На рис. 2 показаны огибающая спектра, полученная на основе АР-модели, и амплитудный спектр сигналов, принятых при использовании мідної та сталевих пластин відповідно.

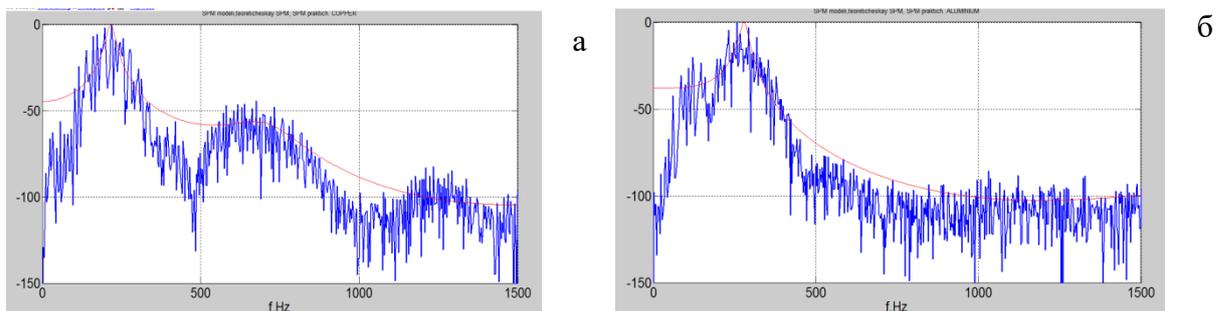


Рис. 2. СПМ модели заданная и практическая (слева медь, справа железо).

В табл. 1 приведены математическое ожидание (Mx) и СКО (S) параметров АР-модели используемых для обучения образцов из меди и железа, а также значения критерия Фишера γ . Значения параметров АР-модели считаются информативными при параметре $\gamma \geq 0.5$, выделены жирным курсивом.

Табл. 1

Номер коэф-фициента	1	2	3	4	5	6	7	В
Железо Mx	-1.4491	0.1630	0.1972	0.3029	-0.003	-0.1050	-0.006	0.0879
Железо S	0.2052	0.4187	0.1722	0.1179	0.2123	0.1549	0.0980	0.0181
γ Fe & Cu	0.6288	0.6375	0.1852	1.6383	0.0187	0.00058	0.3132	0.5169
Медь Mx	-1.6888	0.7168	0.0283	0.0610	0.0076	-0.1322	0.1228	0.1104
Медь S	0.2032	0.5145	0.2640	0.1507	0.1604	0.1490	0.1765	0.0287

Используемые для различения образцы, а также принятые при различении решения приведены в табл. 2. Также в табл. 2 показаны расстояния между векторами признаков полученных сигналов и векторами эталонных классов.

Табл. 2 Принятие решений по образцам.

Н гипотеза \Metal	\widehat{H}_1	\widehat{H}_2	$\Delta 1$	$\Delta 2$
	черный	цветной	черный	цветной
Стальная гайка M12	+		0.6572	1.2734
Стальной болт 8x25	+		0.1854	0.4293
Крейцер 2x26		+	0.1254	0.0099
2 копейки 1.5x24		+	0.3499	0.2344

Полученные результаты свидетельствуют о том, что метод линейного предсказания может быть использован для классификации черных и цветных металлов по данным, полученным с помощью металлоискателя, в котором реализован метод вихревых токов.

Перечень источников

1. Gold B., Morgan N. Speech and Audio Signal Processing: Processing and Perception of Speech and Music. – New York: Wiley, 1999, 560 p.
2. Rabiner L. R., Juang B. H Fundamentals of Speech Recognition. – New Jersey: Prentice Hall, 1993. 496 p.

Анотація

Проведено аналіз ефективності способу з використанням коефіцієнтів лінійного передбачення для розрізнення металів по типу кольорові або чорні. Рішення про вибір інформативних коефіцієнтів отримане шляхом аналітичного розрахунку по критерію Фішера. Проведено експерименти по визначенню типу металу за допомогою реального металошукача, які підтвердили практичну достовірність результатів аналізу.

Ключові слова: вихрострумний метод, коефіцієнти лінійного передбачення, критерій Фішера.

Аннотация

Проведен анализ эффективности способа по использованию коэффициентов линейного предсказания для различения металлов по типу цветные или черные. Решение о выборе информативных коэффициентов полученное путем аналитического расчета по критерию Фишера. Проведены эксперименты по определению типа металла с помощью реального металлоискателя, которые подтвердили практическую достоверность результатов анализа.

Ключевые слова: вихретоковый метод, коэффициенты линейного предсказания, критерий Фишера.

Abstract

The analysis of the efficiency of the method of using linear prediction coefficients to distinguish the type of metal or colored black. The choice of informative analytical ratios obtained by calculating the Fisher criterion. Experiments to determine the type of metal using real metal detector, which confirmed the practical reliability of the analysis.

Keywords: eddy current method, the coefficients of linear prediction criterion Fischer.