

Wroclaw University of Science and Technology
Faculty of Geoengineering, Mining and Geology
Machinery Systems Division

**Metody stochastycznego modelowania
drganiowych szeregów czasowych w
zastosowaniu do detekcji uszkodzeń lokalnych
górnich maszyn wirnikowych
Vibration time series stochastic modeling
methods with application to local damage
detection in mining rotating machinery**

Jakub Obuchowski

Submitted in part fulfillment of the requirements for the degree of
Doctor of Philosophy in Mining and Engineering Geology of the Wroclaw University of
Science and Technology and
the Diploma of Faculty of Geoengineering, Mining and Geology, June 2016

Abstract

Text of the Abstract.

Acknowledgements

I would like to express (whatever feelings I have) to:

- My supervisor
- My second supervisor
- Other researchers
- My family and friends

Dedication

Dedication here.

‘Quote text here.’

Guy Quoted

Contents

Abstract	i
Acknowledgements	iii
1 Introduction	1
1.1 Motivation and Objectives	1
1.2 Research Problem and Hypotheses	2
1.3 Outline of the Thesis	2
1.4 Delimitations	2
2 Background Theory	3
2.1 Introduction	3
3 Literature review	4
3.1 Literature related to the topic to the problems posed in the thesis	4
3.2 Discussion	5
3.3 Conclusions	5
4 Methodology	6
4.1 Local maxima method - enhance time-frequency representation	7

4.2	Selection of informative frequency band	7
4.3	Significance levels of selectors and filtering	7
4.4	AR model in multiple damages	7
4.5	Conclusions	7
5	Description of the analyzed data	8
5.1	Simulated data	8
5.1.1	Dane do motywacji indywidualnych poziomow odciecia filtra dla kazdego delta f - bez AM i FM	8
5.1.2	Dane z FM do PAR	8
5.1.3	Dane z symulowanym impulsem	8
5.2	Real data	8
5.2.1	Lozysko i lozysko_b	8
5.2.2	Y2 i Y4	8
6	Results	9
6.1	Local maxima method - enhance time-frequency representation	10
6.2	Selection of informative frequency band	10
6.3	Significance levels of selectors and filtering	10
6.4	AR model in multiple damages	10
6.5	Conclusions	10
7	Conclusion	11
7.1	Summary of Thesis Achievements	11
7.2	Applications	11

7.3 Future Work 11

Bibliography **11**

List of Tables

List of Figures

Chapter 1

Introduction

Szkic troche na podstawie <http://kipworldblog.blogspot.com/2014/05/a-brief-outline-for-organisingwriting>

1.1 Motivation and Objectives

Motywacja do detekcji uszkodzen (elementow) maszyn gorniczych w ogole: Awarie, przestoje, podwyzszone narazenie na zbyt wysokie natezenie dzwieku na stanowisku pracy, niebezpieczne zdarzenia (dymy, pozary). Cele: wykrywanie uszkodzen (elementow) maszyn gorniczych we wczesnym stadium rozwoju uszkodzenia, aby zapobiec awariom i niebezpiecznym zdarzeniom, ograniczyc przestoje, dac mozliwosc na zaplanowanie remontow w odpowiednim czasie.

Alternatywnie: Motywacja do wykorzystania metod stochastycznych w analizie sygnalow drganiowych: Drgania maszyn maja charakter losowy ze wzgledu na...(nierownosci powierzchni elementow maszyn, tj. biezni i el. tocznych lozysk, kol zebatych). Ponadto, wpływ na postac sygnalu maja zrodla zewnetrzne (czujniki nie zbieraja jedynie drgan zwiazanych ze wzajemnym kontaktem kol zebatych czy biezni i elementow tocznych - kazdy kontakt z obudowa maszyny jest potencjalnym zrodlem dodatkowych skladowych sygnalu drganiowego - zaklocen). Rowniez inne maszyny pracujace w poblizu sa potencjalnym zrodlem drgan zmierzonych na maszynie, ktorej elementy sa diagnozowane. W przypadku lozysk - losowosc spowodowana przez jitter (lozysko_b - stad local maxima a nie cyclostationarity) W niektórych maszynach mamy

do czynienia także z losowo zmiennym obciążeniem (koparka kołowa). W przypadku wielu uszkodzeń występujących w jednej maszynie można oczekiwać różnego charakteru sygnałów związanych z tymi uszkodzeniami (deterministyczny, losowy). Cele: wykorzystać narzędzia oparte na metodach stochastycznych w celu uzyskania informacji o uszkodzeniu lokalnym, na podstawie sygnałów zmierzonych na maszynach górniczych w warunkach pracy kopalni.

1.2 Research Problem and Hypotheses

Tu po kolei wypunktuję problemy, które napotkalem w realizacji pracy (zakłocenia od maszyn pracujących w pobliżu - local maxima + selektory + filtrowanie z selektorów, przypadkowe impulsy - selektory + filtrowanie, jitter - local maxima + selektory (impulsowość zamiast cykliczności), zmiana obciążenia w koparce - PAR, dwa uszkodzenia - AR do usunięcia z sygnału jednego uszkodzenia + selektory z filtrowaniem do drugiego uszkodzenia) Hipoteza - zaproponowane narzędzia pozwalają na detekcję uszkodzeń lokalnych w maszynach górniczych w przypadku występowania wyżej wymienionych problemów, w czym przewyższają dotychczas stosowane metody.

1.3 Outline of the Thesis

Odpowiednik "The paper is structured as follows..."

1.4 Delimitations

Inne problemy występujące w detekcji uszkodzeń maszyn górniczych, które jednakże nie będą poruszane w pracy. Inne uszkodzenia, nie-lokalne. Uszkodzenia dwóch łazysk o identycznej budowie (częstotliwościach charakterystycznych). Analizy wielokanałowe (i wielowymiarowe).

Chapter 2

Background Theory

2.1 Introduction

Background: założenia dotyczące ujawniania się uszkodzeń lokalnych w sygnałach drganiowych (chwilowa zmiana siły, potem modulacja transmission path), wpływu zmiennego obciążenia, maszyn pracujących w pobliżu i środowiska pracy (przypadkowy kontakt z obudową) na postać sygnału drganiowego

teoria jitter

rodzaje uszkodzeń lokalnych, mechanizmy powstawania

Chapter 3

Literature review

3.1 Literature related to the topic to the problems posed in the thesis

Przegląd literatury

Podsekcje dla każdego z 5 problemów

1. Metody dekompozycji sygnału na składowe o prostszej strukturze - Krótka okresowa transformacja Fouriera (STFT) - Inne transformacje (t. falkowa, dekompozycja empiryczna) 2. Metody poszukiwania optymalnego pasma częstotliwościowego (składowe deterministyczne + sygnał impulsowy) - Selektory bazujące na momentach, kwantylach lub innych właściwościach sygnału 3. Filtracja sygnału na podstawie selektorów - Ustalenie granicznych poziomów selektorów 4. Modelowanie i filtracja sygnału na podstawie modelu autoregresyjnego (AR) - Metody estymacji parametrów modeli wysokiego rzędu z szumem gaussowskim i niegaussowskim - Stabilność dopasowanego modelu 5. Modelowanie sygnału drganiowego w zmiennych warunkach eksploatacyjnych - Model AR o okresowo zmiennych współczynnikach (PAR z długim okresem zmienności)

3.2 Discussion

Dyskusja nad roznymi podejsciami, wady i zalety metod z literatury. Cos jak dyskusja nad roznymi metodami ustalenia poziomow granicznych selektorow.

3.3 Conclusions

Jak mozna poprawic (jak to poprawilem w pracy) metody z literatury.

Chapter 4

Methodology

Trzeba ustalic czy nazywac sekcje metodami (local maxima, odporne selektory, two-stage method, PAR) czy problemami (t-f map enhancement, selection of IFB, significance levels of selectors for filtering purposes, more than 1 damage, frequency modulation due to time-varying load)

W kazdej sekcji metodologia, algorytm ze schematem, wyjasnienie poszczegolnych krokow (umotywowanie)

4.1 Local maxima method - enhance time-frequency representation

4.2 Selection of informative frequency band

4.3 Significance levels of selectors and filtering

4.4 AR model in multiple damages

4.5 Conclusions

Podsumowanie algorytmow, co ktory wykorzystuje, ktory jest szybki, ktory odporny itd

Chapter 5

Description of the analyzed data

5.1 Simulated data

5.1.1 Dane do motywacji indywidualnych poziomow odciecia filtra dla kazdego Δf - bez AM i FM

5.1.2 Dane z FM do PAR

5.1.3 Dane z symulowanym impulsem

5.2 Real data

5.2.1 Lozysko i lozysko_b

5.2.2 Y2 i Y4

Chapter 6

Results

Tak jak w methodology, trzeba ustalic czy nazywac sekcje metodami (local maxima, odporne selektory, two-stage method, PAR) czy problemami (t-f map enhancement, selection of IFB, significance levels of selectors for filtering purposes, more than 1 damage, frequency modulation due to time-varying load)

W ponizszych sekcjach beda porownania z dotychczasowymi metodami

6.1 Local maxima method - enhance time-frequency representation

6.2 Selection of informative frequency band

6.3 Significance levels of selectors and filtering

6.4 AR model in multiple damages

6.5 Conclusions

Podsumowanie rezultatow?

Chapter 7

Conclusion

7.1 Summary of Thesis Achievements

Jasne potwierdzenie udowodnienia tezy w rozbiciu na 5 czesci

7.2 Applications

Mozliwe zastosowania/komercjalizacja w systemach pomiarowych - czego brakuje do wyzszego poziomu gotowosci technicznej

7.3 Future Work

Jak mozna ewentualnie rozwiazac problemy w przyszosci, aby wszystkie te metody mogly byc stosowane w systemach pomiarowych w warunkach kopalni

Bibliography