

**Politechnika Śląska
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn**

Damian Sławik

**Metody
badania wrażliwości
cech sygnałów
diagnostycznych**

Gliwice 2005

Recenzenci

Prof. dr hab. Wojciech Moczulski, Politechnika Śląska w Gliwicach

Prof. dr hab. inż. Bogdan Żółtowski, Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

Redaktor zeszytów

Wojciech Cholewa

Redaktor techniczny

Marek Wyleźoń

Projekt okładki

Wojciech Cholewa, Marek Wyleźoń

ISBN 83–916957–8–6

Wydawca

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn

Wydział Mechaniczny Technologiczny

Politechnika Śląska

ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice

tel. (32) 237-14-67, fax (32) 237-13-60

<https://kpk.m.polsl.pl>

Od autora

Zeszyt ten został opracowany na podstawie mojej pracy doktorskiej, wykonanej pod kierunkiem prof. dra hab. inż. Wojciecha Cholewy. Publiczna obrona rozprawy odbyła się 27 września 2005 roku przed Komisją powołaną przez Radę Wydziału Mechanicznego Technologicznego. W opracowaniu zostały uwzględnione uwagi recenzentów rozprawy doktorskiej: prof. dra hab. Wojciecha Moczulskiego i prof. dra hab. inż. Bogdana Żółtowskiego.

Składam serdeczne podziękowania żonie Bożenie za wsparcie i wyrozumiałość, a także Koleżankom i Kolegom z Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej za okazaną mi pomoc i życzliwość w czasie wykonywania pracy. Szczególnie zaś dziękuję prof. dr. hab. inż. Wojciechowi Cholewie za możliwość podjęcia i realizacji samodzielnych badań oraz cenne uwagi krytyczne.

Gliwice, listopad 2005

Damian Sławik

Część przeprowadzonych i opisanych w pracy badań realizowana była w ramach projektu promotorskiego KBN 8 T07B 030 27 pod tytułem „Metody badania wrażliwości cech sygnałów diagnostycznych” finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

Spis treści

Od autora	3
Wykaz ważniejszych oznaczeń	9
Rozdział 1. Wstęp	11
1.1. Cel rozprawy	15
1.2. Tezy	15
1.3. Zakres rozprawy	16
Rozdział 2. Definicje i pojęcia	19
2.1. Pojęcie cechy	19
2.1.1. Cechy stanu	20
2.1.2. Cechy sygnałów	20
2.1.3. Wartość cechy	21
2.1.4. Cechy ciągłe i dyskretne	21
2.1.5. Cechy punktowe i funkcyjne	21
2.1.6. Cechy uporządkowane i nieuporządkowane	21
2.1.7. Cechy jedno i wielowymiarowe	22
2.1.8. Cechy ilościowe i cechy jakościowe	22
2.1.9. Cechy dokładne i przybliżone	22
2.2. Stan obiektu	22
2.3. Klasy stanu	23
2.4. Obiekt i model	24
2.4.1. Rzeczywisty obiekt techniczny	24
2.4.2. Modele obiektów technicznych	26
2.4.3. Model diagnostyczny	28
Rozdział 3. Definicje wrażliwości	31
3.1. Wrażliwość w automatyce	31
3.2. Wrażliwość w metodach optymalizacji	33
3.3. Wrażliwość w badaniach modeli matematycznych	33
3.4. Wrażliwość w diagnostyce maszyn	34

Rozdział 4. Podział metod badania wrażliwości	39
4.1. Analiza wrażliwości – badania modelu	39
4.2. Analiza wrażliwości – badania obiektu rzeczywistego	40
4.3. Metody lokalne	40
4.4. Metody globalne	41
4.5. Metody matematyczne	41
4.6. Metody statystyczne	42
4.7. Metody graficzne	42
Rozdział 5. Metody badania wrażliwości diagnostycznej	43
5.1. Definicja wrażliwości	45
5.1.1. Uwzględnienie klas stanu	46
5.1.2. Uwzględnienie klasy stanu bazowego	47
5.2. Badanie wrażliwości – selekcja cech wrażliwych	48
5.2.1. Założenia	48
5.2.2. Miary zmienności wartości cech sygnałów	49
5.2.3. Wartość wrażliwości	50
5.2.4. Selekcja wrażliwych cech sygnałów	50
5.2.5. Podsumowanie	52
5.3. Badanie wrażliwości – metoda statystyczna	53
5.3.1. Założenia	54
5.3.2. Analiza zmienności wartości cech sygnałów	55
5.3.3. Miary zmienności wartości cech sygnałów	56
5.3.4. Wartość wrażliwości cząstkowej	57
5.3.5. Wartość wrażliwości grupowej	58
5.3.6. Wartość wrażliwości głównej	58
5.3.7. Selekcja wrażliwych cech sygnałów	59
5.3.8. Podsumowanie	60
Rozdział 6. Przykład zastosowania statystycznej metody badania wrażliwości – dane symulacyjne	63
6.1. Model rzeczywistego obiektu technicznego	63
6.2. Klasy stanu	65
6.3. Cechy sygnałów	66
6.4. Przykład zastosowania analizy wrażliwości	68
6.5. Testy jakości wybranych cech sygnałów	71
6.5.1. Identyfikacja modelu diagnostycznego	71
6.5.2. Sposób badania modelu diagnostycznego	72
6.5.3. Sposób opisu wyników badań	74
6.6. Omówienie wyników testów	75
6.6.1. Testy prowadzone na jednakowych zbiorach uczących i testujących z zastosowaniem oraz bez zastosowania analizy wrażliwości	76

6.6.2. Testy prowadzone na jednakowych zbiorach uczących i testujących z zastosowaniem analizy wrażliwości dla różnych bazowych zbiorów cech	78
6.6.3. Testy prowadzone metodą leave one out z zastosowaniem oraz bez zastosowania analizy wrażliwości	80
6.6.4. Testy prowadzone metodą leave one out z zastosowaniem analizy wrażliwości dla różnych bazowych zbiorów cech	82
6.7. Wnioski	84
Rozdział 7. Przykład zastosowania statystycznej metody badania wrażliwości – dane pomiarowe	87
7.1. Badany obiekt techniczny	87
7.2. Klasy stanu	88
7.3. Cechy sygnałów	90
7.4. Testy jakości wybranych cech sygnałów	91
7.4.1. Sposób badania modelu diagnostycznego	92
7.4.2. Sposób opisu wyników badań	93
7.5. Omówienie wyników testów	95
7.5.1. Testy prowadzone na jednakowych zbiorach uczących i testujących z zastosowaniem oraz bez zastosowania analizy wrażliwości	95
7.5.2. Testy prowadzone na jednakowych zbiorach uczących i testujących z zastosowaniem analizy wrażliwości dla różnych bazowych zbiorów cech	99
7.5.3. Testy prowadzone metodą leave one out z zastosowaniem oraz bez zastosowania analizy wrażliwości	104
7.5.4. Testy prowadzone metodą leave one out z zastosowaniem analizy wrażliwości dla różnych bazowych zbiorów cech	108
7.6. Wnioski	114
Rozdział 8. Podsumowanie i wnioski	117
8.1. Wnioski ogólne	118
8.2. Wnioski szczegółowe	119
8.3. Kierunki dalszych badań	119
Bibliografia	121
Streszczenie	128