

# SPIS TREŚCI

Przedmowa .....	XI
-----------------	----

## 1

Systemy eksperckie w inżynierii produkcji .....	1
---	---

1.1. Wstęp .....	1
------------------	---

1.2. Opis problematyki systemów eksperckich .....	2
---	---

1.2.1. Istota działania systemów eksperckich .....	2
--	---

1.2.2. Ogólna struktura systemów eksperckich .....	4
--	---

1.2.3. Etapy przetwarzania wiedzy w systemach eksperckich .....	5
---	---

1.2.3.1. Pozyskiwanie wiedzy .....	5
------------------------------------	---

1.2.3.2. Metody reprezentacji wiedzy .....	7
--	---

1.2.3.3. Zapis programowy bazy wiedzy systemu eksperckiego .....	8
--	---

1.2.3.4. Zasady konstruowania systemów eksperckich w aspekcie procesu przetwarzania wiedzy .....	8
--	---

1.3. Przykłady zastosowania systemów eksperckich w technologicznym przygotowaniu produkcji .....	9
--	---

1.3.1. Podstawowe założenia .....	9
-----------------------------------	---

1.3.2. Etapy i problemy decyzyjne w technologicznym przygotowaniu produkcji .....	10
---	----

1.3.3. Wielowariantowa struktura procesu technologicznego .....	11
---	----

1.3.4. Struktura systemu eksperckiego .....	13
---	----

1.3.5. Metody przetwarzania wiedzy technologicznej .....	14
--	----

1.3.5.1. Metody pozyskiwania wiedzy .....	15
---	----

1.3.5.1.1. Pozyskiwanie wiedzy z zastosowaniem papierowych formularzy wiedzy .....	16
--	----

1.3.5.1.2. Pozyskiwanie wiedzy z zastosowaniem elektronicznych formularzy wiedzy .....	17
--	----

1.3.5.1.3.	Ocena pozyskanej wiedzy .....	22
1.3.5.2.	Reprezentacja wiedzy dokładnej .....	24
1.3.5.2.1.	Reprezentacja regułowo-ramowa .....	24
1.3.5.2.2.	Reprezentacja obiektowa .....	28
1.3.5.3.	Reprezentacja wiedzy przybliżonej .....	31
1.3.5.4.	Zapis bazy wiedzy technologicznej .....	33
1.3.5.4.1.	Zastosowanie szkieletowego systemu eksperckiego .....	33
1.3.5.4.2.	Zastosowanie metody obiektowej .....	37
<b>1.3.6.</b>	<b>Metody reprezentacji danych dla potrzeb systemu eksperckiego .....</b>	<b>47</b>
1.3.6.1.	Reprezentacja konstrukcji elementów maszyn .....	47
1.3.6.1.1.	Symboliczna reprezentacja konstrukcji .....	47
1.3.6.1.2.	Obiektowa reprezentacja konstrukcji .....	51
1.3.6.2.	Reprezentacja struktury procesu technologicznego .....	55
1.3.6.2.1.	Symboliczna reprezentacja struktury .....	55
1.3.6.2.2.	Obiektowa reprezentacja struktury .....	58
1.3.6.3.	Tworzenie związków między reprezentacjami .....	59
1.3.6.3.1.	Tworzenie związków między reprezentacjami symbolicznymi .....	59
1.3.6.3.2.	Tworzenie związków między reprezentacjami obiektowymi .....	63
1.3.6.4.	Zastosowanie baz danych w projektowaniu procesu technologicznego .....	68
<b>1.3.7.</b>	<b>Przebieg projektowania procesu technologicznego wspomaganego systemem eksperckim .....</b>	<b>72</b>
1.3.7.1.	Projektowanie procesów technologicznych elementów obrotowosymetrycznych .....	72
1.3.7.1.1.	Dobór materiału wejściowego .....	72
1.3.7.1.2.	Dobór rodzaju i kolejności operacji technologicznych .....	76
1.3.7.1.3.	Dobór struktury operacji technologicznej obróbki skrawaniem .....	76
1.3.7.1.4.	Dobór stanowisk technologicznych .....	78
1.3.7.2.	Projektowanie procesów technologicznych korpusów .....	81
<b>1.4.</b>	<b>Przykłady zastosowania systemów eksperckich w zarządzaniu produkcją ...</b>	<b>99</b>
<b>1.4.1.</b>	<b>Problemy decyzyjne w zarządzaniu produkcją .....</b>	<b>99</b>
<b>1.4.2.</b>	<b>System ekspercki wspomagający organizację cyklu produkcyjnego ...</b>	<b>100</b>
1.4.2.1.	Organizacja cyklu produkcyjnego .....	100
1.4.2.2.	Podstawowe założenia .....	101
1.4.2.3.	Środowisko programowe G2 .....	102
1.4.2.3.1.	Specyfika środowiska G2 .....	102
1.4.2.3.2.	Budowa aplikacji G2 .....	104
1.4.2.4.	Struktura systemu eksperckiego .....	104
1.4.2.5.	Reprezentacja informacji o zleceniu produkcyjnym .....	106
1.4.2.6.	Reprezentacja wiedzy o organizacji cyklu produkcyjnego .....	107
1.4.2.7.	Przebieg wnioskowania .....	109
1.4.2.8.	Przykład organizacji cyklu z zastosowaniem systemu eksperckiego .....	110
<b>1.4.3.</b>	<b>Zastosowanie systemów eksperckich w harmonogramowaniu produkcji .....</b>	<b>115</b>
1.4.3.1.	Problematyka sterowania produkcją i harmonogramowania .....	115
1.4.3.2.	Charakterystyka problemów harmonogramowania .....	115
1.4.3.3.	Metody rozwiązywania problemów harmonogramowania .....	117
1.4.3.4.	Zastosowanie reguł priorytetu w sterowaniu produkcją i harmonogramowaniu .....	118
1.4.3.5.	Etapy procesu sterowania produkcją w gnieździe wytwórczym .....	119
1.4.3.5.1.	Określenie danych wejściowych .....	120
1.4.3.5.2.	Wybór kryterium celu .....	120
1.4.3.5.3.	Wybór reguły priorytetu .....	121
1.4.3.5.4.	Symulacja przebiegu produkcji .....	121

1.4.3.5.5.	Ocena uzyskanych wyników .....	122
1.4.3.6.	Budowa i działanie systemu eksperckiego wspomagającego harmonogramowanie produkcji w gnieździe wytwórczym .....	122
1.4.3.6.1.	Moduł doboru reguł priorytetu .....	124
1.4.3.6.2.	Moduł symulacji przebiegu produkcji .....	126
1.4.3.6.3.	Moduł oceny harmonogramów .....	130
1.4.3.6.4.	Dobór układu kryteriów .....	131
1.4.3.7.	Przykład sterowania i harmonogramowania produkcji w gnieździe wytwórczym .....	133
1.4.3.7.1.	Dane wejściowe – stanowiska w gnieździe .....	133
1.4.3.7.2.	Dane produkcyjne .....	133
1.4.3.7.3.	Wybór reguły priorytetu .....	134
1.4.3.7.4.	Symulacja przebiegu produkcji .....	137
1.4.3.7.5.	Ocena wyników .....	144
1.4.3.7.6.	Podsumowanie .....	148
<b>1.4.4.</b>	<b>System ekspercki wspomagający sterowanie przepływem produkcji rytmicznej .....</b>	<b>148</b>
1.4.4.1.	Zakłócenia w przepływie produkcji rytmicznej .....	148
1.4.4.2.	Istota działania i struktura opracowanego systemu .....	150
1.4.4.3.	Model przepływu produkcji rytmicznej .....	151
1.4.4.3.1.	Reprezentacja przebiegu produkcji .....	152
1.4.4.3.2.	Reprezentacja danych o zakłóceniu .....	153
1.4.4.4.	Metoda redukowania opóźnień w systemie produkcji rytmicznej .....	154
1.4.4.4.1.	Przesunięcie zadań .....	154
1.4.4.4.2.	Stany przejściowe .....	155
1.4.4.4.3.	Redukowanie opóźnień .....	157
1.4.4.5.	Reprezentacja wiedzy .....	158
1.4.4.6.	Moduł wnioskowania .....	161
1.4.4.7.	Przykład 1 .....	163
1.4.4.8.	Przykład 2 .....	167
<b>1.5.</b>	<b>Podsumowanie .....</b>	<b>170</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>173</b>	

## 2

<b>Sieci neuronowe w inżynierii produkcji .....</b>	<b>177</b>	
<b>2.1. Wstęp .....</b>	<b>177</b>	
<b>2.2. Algorytmy sieci neuronowych .....</b>	<b>178</b>	
<b>2.2.1. Ogólna charakterystyka sieci neuronowych .....</b>	<b>178</b>	
2.2.1.1.	Przegląd zadań spełnianych przez sieci neuronowe .....	179
2.2.1.2.	Taksonomia sieci neuronowych .....	179
<b>2.2.2. Samoorganizująca się mapa cech .....</b>	<b>180</b>	
2.2.2.1.	Podstawowe zależności .....	181
2.2.2.2.	Normalizacja wektora wejściowego i wagowego .....	182
2.2.2.3.	Funkcja celu uczenia konkurencyjnego .....	183
2.2.2.4.	Problem „zmęczenia” neuronów .....	184
2.2.2.5.	Algorytm sieci Kohonena .....	185
2.2.2.6.	Miara nierównomierności organizacji neuronów .....	187
<b>2.2.3. Teoria rezonansu adaptacyjnego .....</b>	<b>188</b>	
2.2.3.1.	Sieć ART1 .....	189

2.2.3.2.	Sieć Fuzzy ART .....	191
2.2.3.3.	Sieć ARTMAP .....	193
2.2.3.3.1.	Liczba prezentacji listy wejściowej .....	197
2.2.3.4.	Wady sieci neuronowych ART .....	197
2.2.3.4.1.	Niewłaściwe klasyfikowanie podzbiorowych wektorów wejściowych .....	198
2.2.3.4.2.	Kolejność prezentacji wektorów wejściowych .....	199
<b>2.3.</b>	<b>Zastosowanie sieci neuronowych do grupowania postaci konstrukcyjnych elementów maszyn .....</b>	<b>201</b>
<b>2.3.1.</b>	<b>Metody badania podobieństwa elementów maszyn .....</b>	<b>201</b>
2.3.1.1.	Metody badania podobieństwa .....	203
2.3.1.2.	Sposób opisu elementów .....	204
2.3.1.3.	Klasyfikacja .....	206
2.3.1.4.	Rozpoznawanie obrazów .....	207
2.3.1.5.	Grupowanie .....	208
<b>2.3.2.</b>	<b>Reprezentacja geometrycznej postaci konstrukcyjnej .....</b>	<b>210</b>
2.3.2.1.	Podstawy reprezentacji postaci konstrukcyjnej .....	210
2.3.2.2.	Metody opisu geometrycznej postaci konstrukcyjnej .....	211
2.3.2.3.	Zbiory uczące elementów maszyn .....	213
<b>2.3.3.</b>	<b>Grupowanie elementów z zastosowaniem sieci Kohonena .....</b>	<b>217</b>
2.3.3.1.	Parametry architektury sieci .....	217
2.3.3.1.1.	Funkcje współczynnika uczenia sieci $\eta(t)$ .....	218
2.3.3.1.2.	Funkcje sąsiedztwa $A(t)$ .....	219
2.3.3.2.	Algorytmy uczenia sieci .....	220
2.3.3.3.	Błąd uczenia sieci Kohonena .....	222
2.3.3.4.	Analiza wyników działania sieci Kohonena .....	224
2.3.3.4.1.	Podobieństwo elementów maszyn .....	226
2.3.3.4.2.	Metoda formowania grup .....	226
2.3.3.4.3.	Granica podobieństwa dendrogramu .....	227
2.3.3.5.	Przykład zastosowania metody badania podobieństwa elementów maszyn .....	230
<b>2.3.4.</b>	<b>Grupowanie elementów z zastosowaniem sieci typu ART1 .....</b>	<b>244</b>
2.3.4.1.	Parametry architektury sieci ART1 .....	244
2.3.4.2.	Przykład zastosowania sieci ART1 do badania podobieństwa elementów maszyn .....	245
<b>2.4.</b>	<b>Sieci neuronowe w technologii grupowej .....</b>	<b>247</b>
<b>2.4.1.</b>	<b>Podstawy i zastosowanie technologii grupowej .....</b>	<b>247</b>
<b>2.4.2.</b>	<b>Metody opisu elementów maszyn .....</b>	<b>251</b>
2.4.2.1.	Podstawy metod opisu elementów maszyn .....	251
2.4.2.2.	Reprezentacja cech wpływających na dobór technologii .....	252
2.4.2.2.1.	Metoda kodowania cech .....	255
2.4.2.2.2.	Funkcje transformujące .....	260
2.4.2.3.	Metoda detekcji wybranych cech wpływających na technologię .....	274
<b>2.4.3.</b>	<b>Grupowanie elementów maszyn z zastosowaniem sieci Kohonena .....</b>	<b>275</b>
2.4.3.1.	Opracowanie architektury sieci .....	275
2.4.3.2.	Modyfikacja algorytmu dwupoziomowej sieci typu Kohonena .....	275
2.4.3.3.	Przykład zastosowania dwupoziomowej sieci Kohonena do grupowania elementów maszyn .....	278
<b>2.4.4.</b>	<b>Wykorzystanie sieci typu ARTMAP jako narzędzia technologii grupowej .....</b>	<b>300</b>
2.4.4.1.	Zmodyfikowany algorytm sieci ARTMAP .....	300

2.4.4.2.	Parametry architektury sieci ARTMAP .....	304
2.4.4.3.	Przykład zastosowania sieci ARTMAP do grupowania elementów maszyn .....	304
<b>2.5.</b>	<b>Podsumowanie .....</b>	<b>307</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>308</b>

# 3

## **Zastosowanie sieci semantycznych do szacowania kosztów produkcji .....** 315

<b>3.1.</b>	<b>Wstęp .....</b>	<b>315</b>
<b>3.2.</b>	<b>Zasada działania sieci semantycznych .....</b>	<b>316</b>
3.2.1.	Języki programowania stosowane w sztucznej inteligencji .....	319
<b>3.3.</b>	<b>Zastosowanie sieci semantycznych do szybkiego szacowania kosztów produkcji .....</b>	<b>319</b>
3.3.1.	<b>Metody określania kosztów produkcji .....</b>	<b>319</b>
3.3.1.1.	Podział kosztów własnych .....	320
3.3.1.2.	Kalkulacja kosztów .....	322
3.3.1.3.	Szacowanie kosztów produkcji .....	323
3.3.2.	<b>Metody badania podobieństwa, opisu cech i klasyfikacji elementów .....</b>	<b>324</b>
3.3.2.1.	Klasyfikatory .....	326
3.3.2.2.	Obiekty elementarne .....	327
3.3.3.	<b>Reprezentacja cech konstrukcyjno-technologicznych elementów maszyn .....</b>	<b>328</b>
3.3.3.1.	Dobór cech opisujących elementy .....	330
3.3.3.1.1.	Opis elementu typu <i>Walek</i> .....	330
3.3.3.1.2.	Opis elementów typu <i>Tuleja</i> .....	343
3.3.3.1.3.	Opis elementów typu <i>Tarcza</i> .....	347
3.3.3.1.4.	Opis elementu typu <i>Korpus</i> .....	350
3.3.4.	<b>Określanie podobieństwa elementów maszyn .....</b>	<b>354</b>
3.3.4.1.	Miara podobieństwa konstrukcyjno-technologicznego .....	355
3.3.4.2.	Przykład opisu i obliczania stopnia podobieństwa pary elementów .....	357
3.3.5.	<b>Szacowanie kosztów wytwarzania .....</b>	<b>360</b>
3.3.5.1.	Wskaźnik podobieństwa kosztów produkcji .....	362
3.3.5.2.	Znaczenie wag gałęzi sieci semantycznej .....	362
3.3.5.3.	Koncepcja aktualizacji bazy danych .....	364
3.3.6.	<b>Opis komputerowego systemu szacowania kosztów wytwarzania .....</b>	<b>367</b>
3.3.6.1.	Ogólne dane o systemie .....	367
3.3.6.2.	Moduł wprowadzania opisu elementu .....	369
3.3.6.3.	Moduł badania podobieństwa konstrukcyjno-technologicznego .....	370
3.3.6.4.	Pozostałe moduły programu .....	372
3.3.7.	<b>Badanie relacji między podobieństwem konstrukcyjno-technologicznym i kosztami wytwarzania .....</b>	<b>375</b>
3.3.7.1.	Opis metody testowania .....	375
3.3.7.2.	Zastosowanie metody do elementów typu <i>Walek</i> .....	376

3.3.7.2.1. Dobór wag gałęzi sieci szkieletowej .....	378
3.3.7.2.2. Szacowanie kosztu wytwarzania przykładowego elementu typu <i>Walek</i> .....	383
3.3.7.3. Zastosowanie metody do elementów typu <i>Korpus</i> .....	384
3.3.7.3.1. Dobór wag gałęzi sieci szkieletowej .....	388
3.3.7.3.2. Szacowanie kosztu wytwarzania przykładowego elementu typu <i>Korpus</i> .....	394
<b>3.4. Podsumowanie .....</b>	<b>396</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>397</b>

## 4

<b>Algorytmy genetyczne w inżynierii produkcji .....</b>	<b>399</b>
<b>4.1. Wstęp .....</b>	<b>399</b>
<b>4.2. Zasada działania algorytmów genetycznych .....</b>	<b>399</b>
<b>4.3. Przypadki zastosowania algorytmów genetycznych .....</b>	<b>404</b>
4.3.1. Ogólna charakterystyka zastosowań .....	404
4.3.2. Zarządzanie produkcją .....	404
4.3.3. Budowa maszyn .....	407
4.3.4. Eksploatacja maszyn .....	409
4.3.5. Rozmieszczanie elementów ( <i>lay-out</i> ) .....	410
4.3.6. Inne zastosowania praktyczne .....	411
<b>4.4. Zastosowanie algorytmu genetycznego do harmonogramowania produkcji .....</b>	<b>414</b>
4.4.1. Założenia metodyki .....	414
4.4.2. Sekwencyjna praca gniazda .....	414
4.4.2.1. Opis systemu produkcyjnego .....	414
4.4.2.2. Struktura ciągu kodowego .....	415
4.4.2.3. Analiza wyników .....	419
4.4.3. Dowolna praca gniazda .....	419
4.4.3.1. Opis systemu produkcyjnego .....	419
4.4.3.2. Struktura ciągu kodowego .....	420
4.4.3.3. Analiza wyników .....	424
4.4.4. Elastyczny system produkcyjny .....	424
4.4.4.1. Opis systemu produkcyjnego .....	424
4.4.4.2. Struktura ciągu kodowego .....	427
4.4.4.3. Analiza wyników .....	429
<b>4.5. Organizacja procesu montażu .....</b>	<b>430</b>
4.5.1. Problem montażu podzespołów z zastosowaniem wielogłowicowych maszyn montażowych .....	430
4.5.2. Struktura ciągu i stosowane operatory .....	436
4.5.3. Analiza wyników .....	441
<b>4.6. Podsumowanie .....</b>	<b>448</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>449</b>
<b>Skorowidz .....</b>	<b>453</b>