

## Spis treści

WSTĘP .....	9
ZADANIE OPTIMALIZACJI.....	9
PRZYKŁAD 1 .....	9
<i>Założenia.....</i>	10
<i>Model matematyczny zadania .....</i>	10
PRZYKŁAD 2 .....	10
PRZYKŁAD 3 .....	11
OPTIMALIZACJA A POLIOPTIMALIZACJA .....	11
POLIOPTIMALIZACJA JAKO PLATFORMA PORZĄDKU .....	13
KORZYŚCI Z ZASTOSOWANIA POLIOPTIMALIZACJI .....	13
TYPOWE ZASTOSOWANIA .....	14
WNIOSKI.....	14
ZAKRES PRACY .....	15
ZAWARTOŚĆ PRACY .....	16
OGÓLNE UWAGI O STRATEGII OPTIMALIZACJI I POLIOPTIMALIZACJI.....	19
ROZDZIAŁ 1.....	21
OPTIMALIZACJA W PROJEKTOWANIU OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH.....	21
1.1. WSTĘP .....	21
1.1.1. <i>Optimalizacja i decyzja .....</i>	22
1.2. OBIEKT OPTIMALIZACJI .....	22
1.3. OPTIMALIZACJA I POLIOPTIMALIZACJA W PROJEKTOWANIU .....	23
1.4. POLIOPTIMALIZACJA JAKO METODA ROZWIĄZYWANIA ZADAŃ ODWROTNYCH .....	26
1.4.1. <i>Zadanie wprost a zadanie odwrotne .....</i>	26
1.4.2. <i>Typowe przypadki zadania odwrotnego.....</i>	28
1.4.3. <i>Struktura procesu rozwiązywania zadania odwrotnego .....</i>	31
1.4.4. <i>Zadanie projektowo-konstrukcyjne jako zadanie odwrotne: ujęcie formalne .....</i>	32
1.4.5. <i>Poszukiwanie uproszczeń.....</i>	33
1.5. MECHATRONIKA – PRZYKŁADOWY OBSZAR POLIOPTIMALIZACJI.....	36
1.5.1. <i>Charakterystyka mechatroniki.....</i>	36
1.5.2. <i>Rola optymalizacji w projektowaniu obiektów mechatroniki.....</i>	37
1.5.3. <i>Kryteria optymalizacji w projektowaniu obiektów mechatroniki.....</i>	38

<b>ROZDZIAŁ 2 .....</b>	<b>39</b>
<b>SYSTEM WARTOŚCI.....</b>	<b>39</b>
<b>2.1. WSTĘP .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2. ETAPOWOŚĆ PROCESU PROJEKTOWANIA I PRZEKSZTAŁCANIE KRYTERIÓW .....</b>	<b>40</b>
2.2.1. <i>Dynamiczne przekształcanie kryterium optymalizacji .....</i>	<i>40</i>
2.2.2. <i>Podział zadań.....</i>	<i>41</i>
<b>2.3. PIERWOTNE KRYTERIUM OPTIMALIZACJI <math>\Phi_p</math> .....</b>	<b>44</b>
<b>2.4. NADRZĘDNE KRYTERIUM OPTIMALIZACJI.....</b>	<b>48</b>
<b>2.5. ZADANIOWE KRYTERIUM OPTIMALIZACJI.....</b>	<b>49</b>
2.5.1. <i>Kryteria oceny.....</i>	<i>50</i>
2.5.2. <i>Ustalanie kryteriów oceny .....</i>	<i>51</i>
2.5.3. <i>Ustalanie wstępnej listy kryteriów.....</i>	<i>52</i>
2.5.4. <i>Sprawdzanie kryteriów .....</i>	<i>53</i>
2.5.5. <i>Redukcja listy kryteriów.....</i>	<i>54</i>
<b>2.6. PODSUMOWANIE .....</b>	<b>54</b>
<b>ROZDZIAŁ 3 .....</b>	<b>55</b>
<b>FORMUŁOWANIE ZADANIA OPTIMALIZACJI .....</b>	<b>55</b>
<b>3.1. WSTĘP .....</b>	<b>55</b>
3.1.1. <i>Matematyczny model zadania optymalizacji .....</i>	<i>55</i>
<b>3.2. OPIS ZBIORU WARIANTÓW .....</b>	<b>55</b>
3.2.1. <i>Zbiór wariantów .....</i>	<i>55</i>
3.2.2. <i>Zmienne decyzyjne.....</i>	<i>56</i>
3.2.3. <i>Zakres optymalizacji .....</i>	<i>56</i>
<b>3.3. KRYTERIA (SYSTEM WARTOŚCI) .....</b>	<b>57</b>
3.3.1. <i>Kryteria oceny.....</i>	<i>58</i>
3.3.2. <i>Inne uwagi co do kryteriów .....</i>	<i>58</i>
<b>3.4. WYMAGANIA (OGRANICZENIA) .....</b>	<b>59</b>
3.4.1. <i>Ograniczenia przedziałowe („kostkowe”).....</i>	<i>59</i>
3.4.2. <i>Wymagania funkcjonalne.....</i>	<i>59</i>
3.4.3. <i>Wymagania niezawodnościowe .....</i>	<i>60</i>
3.4.4. <i>Wymagania dynamiczne .....</i>	<i>60</i>
3.4.5. <i>Wymagania wytrzymałościowe.....</i>	<i>60</i>
3.4.6. <i>Wymagania ergonomiczne i estetyczne .....</i>	<i>60</i>
3.4.7. <i>Wymagania kulturowe .....</i>	<i>61</i>
3.4.8. <i>Wymagania ekonomiczne .....</i>	<i>61</i>
3.4.9. <i>Wymagania technologiczne .....</i>	<i>62</i>
3.4.10. <i>Wymagania ekologiczne.....</i>	<i>62</i>

3.4.11. Wymagania wynikające z zakresu ważności modelu matematycznego .....	62
3.4.12. Wymagania prawne .....	62
3.4.13. Normy i przepisy .....	63
3.4.15. Inne wymagania .....	63
<b>3.5. MATEMATYCZNY MODEL ZADANIA OPTIMALIZACJI – PODSUMOWANIE .....</b>	<b>63</b>
3.5.1. Zbiór wariantów A .....	63
3.5.2. Kryteria oceny K .....	65
3.5.3. System wartości .....	65
<b>3.6. RODZAJE ZADAŃ OPTIMALIZACJI .....</b>	<b>66</b>
3.6.1. Optimalizacja konstrukcji i optimalizacja procesów .....	66
3.6.2. Optimalizacja statyczna i dynamiczna .....	67
3.6.3. Optimalizacja jedno- i wielokryterialna .....	67
3.6.4. Optimalizacja bez ograniczeń i z ograniczeniami .....	67
3.6.5. Optimalizacja na zbiorze nieprzeliczalnym i na zbiorze dyskretnym... 68	
3.6.6. Optimalizacja „miękką” .....	68
3.6.7. Optimalizacja rozmyta .....	68
3.6.8. Klasyfikacja zadań optimalizacji .....	69
<b>3.7. PODSUMOWANIE: FORMUŁOWANIE ZADANIA OPTIMALIZACJI.....</b>	<b>70</b>
<b>ROZDZIAŁ 4.....</b>	<b>73</b>
<b>OPTIMALIZACJA STATYCZNA ZE SKALARNĄ FUNKCJĄ CELU .....</b>	<b>73</b>
4.1. DEFINICJA SKALARNEJ FUNKCJI CELU .....	73
4.2. ANALIZA OGRANICZEŃ.....	74
4.2.1. Prezentacja graficzna ograniczeń.....	74
4.3. PROCEDURA ROZWIĄZYWANIA ZADANIA OPTIMALIZACJI.....	75
<b>ROZDZIAŁ 5.....</b>	<b>113</b>
<b>POLIOPTIMALIZACJA.....</b>	<b>113</b>
5.1. INTUICYJNE SFORMUŁOWANIE PROBLEMU .....	113
5.2. TEORETYCZNE PODSTAWY POLIOPTIMALIZACJI .....	116
5.3. REPREZENTACJA GRAFICZNA ZBIORU ROZWIĄZAŃ POLIOPTIMALNYCH .....	121
5.4. PROCEDURA FORMUŁOWANIA ZADANIA POLIOPTIMALIZACJI .....	127
5.5. METODY ROZWIĄZYWANIA ZADANIA POLIOPTIMALIZACJI .....	127
5.5.1. Poszukiwanie zbioru P na podstawie definicji.....	128
5.5.2. Poszukiwanie zbioru P przez analizę ograniczeń .....	129
5.5.3. Analityczne poszukiwanie zbioru P.....	130
5.5.4. Komputerowe metody polioptimalizacji .....	133
5.6. KORZYŚCI PŁYNĄCE Z UJĘCIA POLIOPTIMALNEGO.....	152

5.7. WYBÓR ROZWIĄZANIA.....	156
5.8. ALGORYTMICZNY WYBÓR ROZWIĄZANIA .....	158
5.8.1. Punkty charakterystyczne w przestrzeni kryterialnej.....	158
5.8.2. Punkty będące wewnętrznymi właściwościami podzbioru .....	158
5.8.3. Punkty definiowane w przestrzeni kryterialnej.....	160
5.8.4. Metody funkcji dystansowej – rozwiązania kompromisowe .....	161
<b>ROZDZIAŁ 6.....</b>	<b>165</b>
<b>POLIOPTYMALIZACJA PROCESÓW .....</b>	<b>165</b>
6.1. WSTĘP.....	165
6.2. TERMINOLOGIA.....	166
6.3. MODEL MATEMATYCZNY OPTIMALIZACJI DYNAMICZNEJ .....	171
6.4. METODY ROZWIĄZYWANIA.....	174
6.5. UPROSZCZENIA: OPTIMALIZACJA STATYCZNA .....	175
6.6. SFORMUŁOWANIE ZADANIA POLIOPTYMALIZACJI.....	176
6.6.1. Sformułowanie zadania polioptymalizacji dynamicznej .....	176
6.6.2. Sformułowanie zadania polioptymalizacji statycznej .....	176
6.7. OPTIMALIZACJA DYNAMICZNA – ZASADA MAKSIMUM PONTRIAGINA .....	188
6.8. POLIOPTYMALIZACJA STATYCZNA PROCESU .....	203
6.9. ZASADA OPTIMALNOŚCI BELLMANA (W WERSJI DYSKRETNEJ) .....	206
6.10. PROCEDURA FORMUŁOWANIA I ROZWIĄZYWANIA ZADANIA POLIOPTYMALIZACJI DYNAMICZNEJ .....	212
6.11. INNE PROBLEMY: DYSKRETYZACJA I WYGŁADZANIE POSZUKIWANYCH FUNKCJI .....	213
6.12. WNIOSKI DOTYCZĄCE OPTIMALIZACJI PROCESÓW .....	214
<b>ROZDZIAŁ 7.....</b>	<b>217</b>
<b>OPTIMALIZACJA PRZEZ ZMIANĘ OGRANICZEŃ („OPTIMALIZACJA MIĘKKA”)..</b>	<b>217</b>
7.1. ROLA OGRANICZEŃ.....	217
7.2. GRAFICZNA ILUSTRACJA OGRANICZEŃ .....	218
7.3. PRZEKSZTAŁCANIE PRZESTRZENI KRYTERIÓW I PRZESTRZENI CELÓW – ROZWAŻANIA METODOLOGICZNE .....	226
7.3.1. Przypadek dwóch kryteriów.....	226
7.3.2. Przypadek z większą liczbą kryteriów .....	228
7.4. OPTIMALIZACJA „MIĘKKA” – INTUICYJNE DIALOGOWE POSZUKIWANIE DECYZJI SATYSFAKCUJĄCEJ .....	231
7.4.1. Wstęp.....	231
7.4.2. Koncepcja metody .....	232
7.4.3. Algorytm: realizacja metody.....	232
7.5. PODSUMOWANIE .....	243

---

<b>ROZDZIAŁ 8 .....</b>	<b>245</b>
<b>METODY POSZUKIWANIA MINIMUM FUNKCJI .....</b>	<b>245</b>
<b>8.1. WSTĘP .....</b>	<b>245</b>
8.1.1. Metody .....	245
8.1.2. Dobór metody .....	246
<b>8.2. METODY OPTIMALIZACJI WIELOKRYTERIALNEJ .....</b>	<b>247</b>
8.2.1. Metoda leksykograficzna .....	247
8.2.2. Metody polioptymalizacji .....	248
<b>8.3. METODY GRADIENTOWE .....</b>	<b>248</b>
8.3.1. Podstawy teoretyczne .....	248
8.3.2. Sprawdzenie lokalności otrzymanego rozwiązania .....	259
8.3.3. Funkcja <i>fmincon</i> .....	262
<b>8.4. ALGORYTMY EWOLUCYJNE .....</b>	<b>263</b>
8.4.1. Wprowadzenie .....	263
8.4.2. Możliwość uwzględniania ograniczeń w algorytmach ewolucyjnych .....	268
8.4.3. Wybrane wyniki optymalizacji testujących .....	270
8.4.4. Zalety i niedogodności stosowania algorytmów ewolucyjnych .....	278
8.4.5. Uwagi końcowe .....	279
<b>8.5. KLASYCZNE ALGORYTMY GENETYCZNE .....</b>	<b>281</b>
<b>8.6. ALGORYTM ROJU (PSO) .....</b>	<b>281</b>
8.6.1. Podstawy teoretyczne .....	281
8.6.2. Algorytm stada .....	282
8.6.3. Algorytm roju cząstek .....	283
8.6.4. Implementacja w <i>Matlabie</i> .....	288
8.6.5. Metodyka .....	289
8.6.6. Testowanie algorytmu PSO .....	289
<b>8.7. SIEĆ NEURONOWA HOPFIELDA .....</b>	<b>292</b>
<b>8.8. DEKOMPOZYCJA ZADANIA OPTIMALIZACJI .....</b>	<b>298</b>
<b>8.9. NARZĘDZIA OPTIMALIZACYJNE W <i>MATLABIE</i> .....</b>	<b>300</b>
8.9.1. Przegląd .....	300
8.9.2. Funkcje <i>fgoalattain</i> i <i>fminimax</i> .....	301
8.9.3. Optymalizacja w <i>Simulinku</i> .....	304
<b>ROZDZIAŁ 9 .....</b>	<b>317</b>
<b>PRZYKŁADY .....</b>	<b>317</b>
<b>9.1. WSTĘP .....</b>	<b>317</b>
<b>PRZYKŁAD 9.1. BELKA RUROWA .....</b>	<b>317</b>

PRZYKŁAD 9.2. SZYBKOBIEŻNY SIŁOWNIK PNEUMATYCZNY .....	329
PRZYKŁAD 9.3. OPTIMALIZACJA BELKI WSPORNIKOWEJ .....	350
<b>ZAŁĄCZNIK 1 .....</b>	<b>367</b>
<b>SPRAWOZDANIE Z OPTIMALIZACJI.....</b>	<b>367</b>
<i>Część tytułowa .....</i>	<i>367</i>
<i>Opis optymalizowanego obiektu .....</i>	<i>367</i>
<i>Zakres optymalizacji .....</i>	<i>367</i>
<i>Tablica wielkości .....</i>	<i>367</i>
<i>Kryteria .....</i>	<i>368</i>
<i>Ograniczenia .....</i>	<i>368</i>
<i>Wybór języka programowania i model komputerowy.....</i>	<i>368</i>
<i>Opis eksperymentów optymalizacyjnych.....</i>	<i>368</i>
<i>Syntetyczne wyniki optymalizacji .....</i>	<i>368</i>
<i>Podsumowanie .....</i>	<i>368</i>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>369</b>
<b>SKOROWIDZ.....</b>	<b>373</b>