

SPIS TREŚCI

WSTĘP	9
I. WPROWADZENIE	11
1. Modelowanie i symulacja	11
1.1. Podstawy modelowania i symulacji	11
1.2. Rodzaje symulacji	18
1.3. Gry symulacyjne	24
1.4. Etapy realizacji projektów symulacyjnych	28
1.5. Nowe technologie w symulacji	39
1.6. Podsumowanie	44
II. SYMULACJA PRODUKTU	45
2. Projektowanie nowego produktu	45
2.1. Proces projektowania	45
2.2. Parametryzacja modelu produktu	48
2.3. Praktyczny przykład modelowania nowego produktu	55
2.4. Podsumowanie	60
3. Modelowanie i symulacja w projektowaniu produktu	61
3.1. Systemy komputerowe wspomagające projektowanie produktu	61
3.2. Zaawansowane techniki projektowania	73
3.3. Modelowanie adaptacyjnych części i zespołów produktu	80
3.4. Prototypowanie wirtualne i fizyczne	87
3.5. Podsumowanie	90
III. SYMULACJA PROCESU	91
4. Projektowanie/przeprojektowywanie procesu	91
4.1. Projektowanie procesu	92
4.2. Pomiar procesu	93
4.3. Równoważenie procesu	102

4.4. Doskonalenie procesu	104
4.5. Podsumowanie	111
5. Modelowanie i symulacja w projektowaniu/przeprojektowywaniu procesu	112
5.1. Model koncepcyjny	115
5.2. Metody poprawiania reprezentacji procesu rzeczywistego	129
5.3. Równoważenie procesu produkcyjnego	138
5.4. Modelowanie zakłóceń	142
5.5. Scenariusze eksperymentów symulacyjnych i optymalizacja	153
5.6. Systemy komputerowe wspomagające projektowanie/przeprojektowywanie procesu – Arena, FlexSim, Simulation Plant, Simio, Anylogic	161
5.7. Podsumowanie	163

IV. FABRYKA – SYMULACJA WIELU PROCESÓW 165

6. Projektowanie/przeprojektowywanie fabryk	165
6.1. Fabryka	165
6.2. Modelowanie i symulacja przy projektowaniu fabryk	167
6.3. Podsumowanie	180
7. Zarządzanie fabryką – wieloma procesami	181
7.1. Planowanie i sterowanie produkcją z wykorzystaniem symulacji	181
7.2. Integracja systemów wspomagających zarządzanie produkcją z systemami symulacyjnymi	187
7.3. Podsumowanie	197

V. TECHNOLOGIE PRZEMYSŁU 4.0 198

8. Generowanie modeli symulacyjnych	198
8.1. Potrzeba automatycznego generowania modeli	198
8.2. Metody automatycznego lub półautomatycznego generowania modeli symulacyjnych	203
8.3. Dostęp do danych w procesie tworzenia modeli symulacyjnych	215
8.4. Interfejsy wymiany danych i wewnętrzne języki programowania	219
8.5. Konwersja danych na kod modelu symulacyjnego	225
8.6. Przykład praktyczny	228
8.7. Podsumowanie	232
9. Technologie wspierające symulacje	233
9.1. Systemy inteligentnej fabryki	233
9.2. Cyfrowe bliźniaki	239
9.3. Praktyczne zastosowanie dyskretnych modeli symulacyjnych w implementacji cyfrowego bliźniaka	244
9.4. Zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego i symulacji dyskretniej w implementacji systemów cyber-fizycznych	254
9.5. Podsumowanie	265
10. Cyfrowa fabryka	265
10.1. Koncepcja cyfrowej fabryki	265

10.2. Etapy tworzenia cyfrowej fabryki	267
10.3. Systemy informatyczne wspierające tworzenie cyfrowej fabryki	270
10.4. Przykłady analiz produkcyjnych przeprowadzanych z wykorzystaniem modeli cyfrowej fabryki	271
10.5. Podsumowanie	277
11. Wirtualna i rozszerzona rzeczywistość	277
11.1. Ogólna charakterystyka digitalizacji rzeczywistych systemów	277
11.2. Systemy wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości (sprzęt i oprogramowanie) ...	280
11.3. Przykłady stosowania technologii rozszerzonej rzeczywistości	287
11.4. Podsumowanie	293
PODSUMOWANIE – DOKĄD ZMIERZAMY	294
BIBLIOGRAFIA	296
SŁOWNIK WAŻNIEJSZYCH POJĘĆ	305
INDEKS	309