

SPIS TREŚCI

WYKAZ SKRÓTOWCÓW	9
WSTĘP	13
1. PRZEMYSŁ 4.0 I LEAN	19
2. CYFROWY BLIŹNIAK – DEFINICJE	30
3. CYFROWY BLIŹNIAK FABRYKI – ZAŁOŻENIA	35
3.1. Projektowanie/przeprojektowywanie fabryk – metodyka	35
3.2. Cel projektowania/przeprojektowywania fabryki	40
3.2.1. Analizy oceniające	41
3.2.2. Analizy wspomagające/wyjaśniające	43
3.2.3. Analizy uzupełniające	47
3.3. Przygotowanie danych	48
3.3.1. Dane procesowe	49
3.3.2. Topografia fabryki	65
3.3.3. Powiązania – pociągi logistyczne	68
3.3.4. Powiązania – AGV/AMR	69
3.4. Realizacja projektowania/przeprojektowywania fabryki	70
3.4.1. Podejście analityczne	72
3.4.2. Podejście symulacyjne	73
3.4.3. Podejście holistyczne (procesowe) – cyfrowy bliźniak fabryki	78
3.5. Podsumowanie	80
4. POTRZEBA ZMIANY PARADYGMATU W MODELOWANIU SYMULACYJNYM	83
4.1. Tradycyjne podejście w modelowaniu symulacyjnym – paradygmat DES ..	83
4.2. Nowe wyzwania dla modelowania symulacyjnego (<i>lean</i> /Przemysł 4.0)	91

4.3. Nowy paradygmat – OBS	96
4.4. Podsumowanie	102
5. KONCEPCJA CYFROWEGO BLIŹNIAKA OPARTA NA OBS	106
5.1. Strukturyzacja fabryki	108
5.1.1. Relacje logiczne	108
5.1.2. Relacje przestrzenne	117
5.1.3. Notacja	126
5.2. Strukturyzacja procesu	127
5.2.1. Poziom wykonawczy	127
5.2.2. Poziom sterujący	143
5.3. Podsumowanie	149
6. IMPLEMENTACJA CYFROWEGO BLIŹNIAKA FABRYKI	150
6.1. Wybór środowiska	150
6.2. Implementacja strukturyzacji fabryki	153
6.3. Implementacja strukturyzacji procesu	157
6.3.1. Interpreter instrukcji języka skryptowego wysokiego poziomu	157
6.3.2. Zapis marszrut (cykli) i przypisanie do operatorów	163
6.3.3. Sterowanie marszrutami (cyklami)	165
6.3.4. Implementacja losowości	169
6.4. Metodyka tworzenia cyfrowego bliźniaka fabryki i realizacja projektu	171
6.5. Wymiarowanie projektu cyfrowego bliźniaka fabryki	174
6.6. Zasady pracy zespołowej w projektach cyfrowych bliźniaków fabryk	183
6.7. Wspomagające narzędzia informatyczne	188
6.8. Przykłady realizacji	189
6.8.1. Przykład z przemysłu samochodowego	189
6.8.2. Przykład z przemysłu ceramicznego/materiałów ogniotrwałych	194
6.8.3. Przykład z przemysłu FMCG	196
6.9. Podsumowanie	199
ZAKOŃCZENIE – WIZJA PRZYSZŁOŚCI, KIERUNKI ROZWOJU	201
BIBLIOGRAFIA	209
SPIS RYSUNKÓW	219
SPIS TABLIC	225