
Spis treści

| | |
|---|----|
| Wprowadzenie | 9 |
| 1. Robotyzacja i automatyzacja w dobie Przemysłu 4.0 | 11 |
| 1.1. Rewolucje przemysłowe | 11 |
| 1.2. Idea przemysłu 4.0 | 13 |
| 1.3. Technologie przemysłu 4.0 – przemysłowy Internet rzeczy | 17 |
| 1.3.1. Wytwarzanie przyrostowe | 18 |
| 1.3.2. Integracja systemów IT i OT | 27 |
| 1.3.3. Przemysłowy Internet rzeczy | 30 |
| 1.3.4. Przetwarzanie danych w chmurze | 33 |
| 1.3.5. Analiza dużych zbiorów danych | 35 |
| 1.3.6. Wirtualna, rozszerzona i mieszana rzeczywistość | 37 |
| 1.3.7. Cyberbezpieczeństwo | 41 |
| 1.4. Implementacja przemysłowego Internetu rzeczy w nowoczesnych fabrykach | 47 |
| 1.4.1. Standardy i protokoły komunikacyjne w implementacji IIoT | 50 |
| 1.4.2. Praktyczne rozwiązania IIoT na przykładzie rozwiązania sprzętowego firmy B&R | 62 |
| 1.4.3. Przemysłowy Internet rzeczy w nowoczesnych fabrykach – podsumowanie .. | 73 |
| 1.5. Kształcenie kadry technicznej na potrzeby rozwiązań przemysłu 4.0 | 74 |
| 1.5.1. Zapotrzebowanie rynku pracy w dobie czwartej rewolucji przemysłowej ... | 76 |
| 1.5.2. Modele kształcenia technicznego | 79 |
| 1.5.3. Rozwiązania z zakresu kształcenia na potrzeby Przemysłu 4.0 | 80 |

| | |
|--|-----|
| 2. Przepływ produktów na linii produkcyjnej w procesach zrobotyzowanego sortowania, pakowania i paletyzacji w dobie Przemysłu 4.0 | 91 |
| 2.1. Projektowanie zrobotyzowanych stanowisk do sortowania, pakowania i paletyzacji produktów w aspekcie Przemysłu 4.0 | 94 |
| 2.1.1. Wprowadzenie | 94 |
| 2.1.2. Budowa stanowiska sortowania, pakowania i paletyzacji | 98 |
| 2.1.3. Przykład zrobotyzowanego stanowiska do sortowania i pakowania produktów | 121 |
| 2.1.4. Paletyzacja produktów – dobór robota i jego wyposażenia | 159 |
| 2.1.5. Paletyzacja produktów – konfiguracja stacji | 163 |
| 2.1.6. Paletyzacja produktów – szablony paletyzacji | 166 |
| 2.2. Paletyzacja produktów – system chwytakowy | 168 |
| 2.2.1. Układ sterowania – moduły sprzętowe | 187 |
| 2.2.2. Układ sterowania – moduły programowe | 196 |
| 3. Wykorzystanie robotów mobilnych w aplikacjach Przemysłu 4.0 | 214 |
| 3.1. Wprowadzenie | 214 |
| 3.2. Rodzaje AGV | 219 |
| 3.3. Modele kinematyki AGV | 223 |
| 3.4. Metody nawigacji AGV w budynkach | 230 |
| 3.5. Skalowalność systemu AGV | 237 |
| 3.5.1. Wprowadzenie | 237 |
| 3.5.2. Algorytm behawioralny | 239 |
| 3.5.3. Algorytm śledzenia lidera | 240 |
| 3.5.4. Algorytm sztucznych pól potencjałowych | 241 |
| 3.5.5. Algorytm wirtualnej struktury | 243 |
| 3.5.6. Algorytm teorii grafów | 244 |
| 3.6. Podsumowanie | 245 |
| 4. Systemy wizyjne w Przemysle 4.0 | 247 |
| 4.1. Wprowadzenie | 247 |
| 4.2. Systemy wizyjne 1D, 2D, 2,5D i 3D | 252 |
| 4.2.1. Technologia wykorzystująca kamery linijkowe (1D) | 252 |
| 4.2.2. Technologia kamer 2D | 254 |
| 4.2.3. Technologia widzenia 2,5 D | 256 |
| 4.2.4. Technologia widzenia 3D | 257 |

| | |
|--|------------|
| 4.2.5. Techniki obrazowania 3D wykorzystujące triangulację laserową | 258 |
| 4.2.6. Techniki obrazowania 3D wykorzystujące stereowizję | 259 |
| 4.2.7. Techniki obrazowania 3D wykorzystujące światło strukturalne | 260 |
| 4.2.8. Techniki obrazowania 3D wykorzystujące ToF | 262 |
| 4.2.9. Podsumowanie | 264 |
| 4.3. Podział systemów wizyjnych ze względu na konstrukcję | 265 |
| 4.3.1. Czujnik wizyjny | 266 |
| 4.3.2. Inteligentna kamera | 271 |
| 4.3.3. System kamera–komputer | 274 |
| 4.3.4. Podsumowanie | 277 |
| 4.4. Integracja systemu wizyjnego z robotem przemysłowym | 278 |
| 4.4.1. Wprowadzenie | 278 |
| 4.4.2. Integracja systemu wizyjnego w robotach firmy ABB | 280 |
| 4.4.3. Integracja systemu wizyjnego w robotach firmy KUKA | 282 |
| 4.4.4. Integracja systemów wizyjnych z robotami firmy KAWASAKI | 284 |
| 4.4.5. Integracja systemów wizyjnych z robotami firmy YASKAWA Motoman | 285 |
| 4.4.6. Integracja systemu wizyjnego w robotach firmy FANUC | 287 |
| 4.4.7. Inni producenci robotów i ich systemy wizyjne | 295 |
| 4.5. Kierunki rozwoju systemów wizyjnych | 296 |
| 5. Przykładowe realizacje procesów zrobotyzowanych | 298 |
| 5.1. Zrobotyzowane stanowisko z elementami separującymi do paletyzacji produktów | 298 |
| 5.2. Zrobotyzowane stanowisko do paletyzacji kartonów | 305 |
| 5.3. Zrobotyzowane stanowisko do miksowania produktów w opakowaniach zbiorczych | 307 |
| 5.4. Zrobotyzowane stanowisko do miksowania produktów na paletach | 312 |
| 6. Dalsze kierunki rozwoju robotyzacji i automatyzacji | 319 |
| 7. Bibliografia | 323 |