



Politechnika
Wroclawska

Przemysł 4.0

Inteligentne Fabryki

Dr inż. Radosław Idzikowski

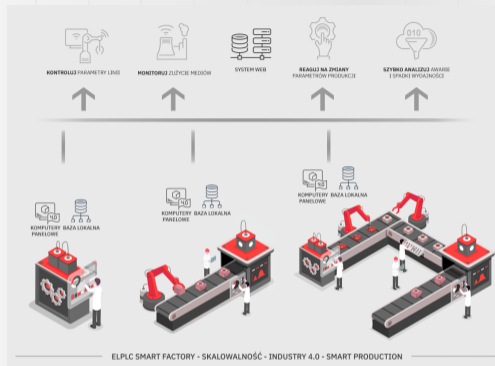
Katedra Automatyki, Mechatroniki i Systemów Sterowania
Wydział Informatyki i Teleinformatyki

2023/2024



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Definicja Inteligentnej Fabryki



Inteligentna fabryka (*Smart Factory, SF*)

Zaawansowane środowisko produkcyjne, które wykorzystuje nowoczesne technologie, takie jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (SI) i automatyzacja, aby usprawnić procesy produkcyjne.



Kluczowe Cechy i Komponenty Inteligentnej Fabryki

▶ Kluczowe Cechy:

- ▶ **Autonomia:** Systemy zdolne do samodzielnego podejmowania decyzji i reagowania na zmienne warunki produkcyjne.
- ▶ **Interoperacyjność:** Zintegrowane systemy komunikacyjne pozwalające na płynny przepływ informacji między różnymi elementami fabryki.
- ▶ **Cyfrowa Technologia:** Wykorzystanie cyfrowych technologii do monitorowania, kontroli i optymalizacji procesów.

▶ Komponenty Inteligentnej Fabryki:

- ▶ **Internet Rzeczy (IoT):** Sensorowe sieci zbierające dane z różnych punktów w fabryce.
- ▶ **Sztuczna Inteligencja (SI):** Systemy uczące się, które analizują dane i podejmują inteligentne decyzje.
- ▶ **Automatyzacja:** Wykorzystanie robotów i systemów automatycznych do wykonywania zadań produkcyjnych.



Cele Inteligentnej Fabryki

▶ **Cele Inteligentnej Fabryki:**

- ▶ **Efektywność:** Optymalizacja procesów produkcyjnych dla zwiększenia wydajności.
- ▶ **Elastyczność:** Zdolność do szybkiego dostosowywania się do zmian w wymaganiach produkcji.
- ▶ **Zrównoważony Rozwój:** Minimalizacja odpadów, redukcja zużycia energii i surowców.



Internet Rzeczy (IoT) w kontekście fabryki

Internet Rzeczy (IoT)

Sieć połączonych urządzeń, które komunikują się i wymieniają dane, umożliwiając monitorowanie i kontrolę procesów produkcyjnych w inteligentnej fabryce.

▶ **Zastosowania w Fabryce:**

- ▶ Śledzenie stanu maszyn i urządzeń.
- ▶ Optymalizacja zużycia surowców i energii.
- ▶ Automatyczne reagowanie na awarie i zapobieganie przestojom.

CPS

integracja komponentów fizycznych i cyfrowych, umożliwiająca zdalne monitorowanie, kontrolę i optymalizację procesów produkcyjnych.

▶ **Charakterystyka CPS:**

- ▶ Połączenie elementów fizycznych (np. maszyny) z systemami informatycznymi.
- ▶ Współpraca i komunikacja między różnymi warstwami technologicznymi.



Analiza Danych w Czasie Rzeczywistym

▶ **Znaczenie Analizy Danych w Inteligentnej Fabryce:**

- ▶ Monitorowanie i analiza danych produkcyjnych w czasie rzeczywistym umożliwia szybkie reagowanie na zmienne warunki oraz identyfikację potencjalnych problemów.

▶ **Przykładowe Zastosowania:**

- ▶ Wykrywanie awarii maszyn.
- ▶ Optymalizacja trasy produkcyjnej na podstawie bieżących warunków.

Cyfrowy Bliźniak (*Digital twin*)

wirtualna replika rzeczywistego obiektu, procesu lub systemu.

▶ **Zastosowanie w Fabryce:**

- ▶ Tworzenie wirtualnej kopii całego procesu produkcyjnego lub konkretnego urządzenia.
- ▶ Skrupulatne odwzorowanie parametrów, zachowań i relacji między elementami rzeczywistego systemu.

▶ **Funkcje Cyfrowego Bliźniaka:**

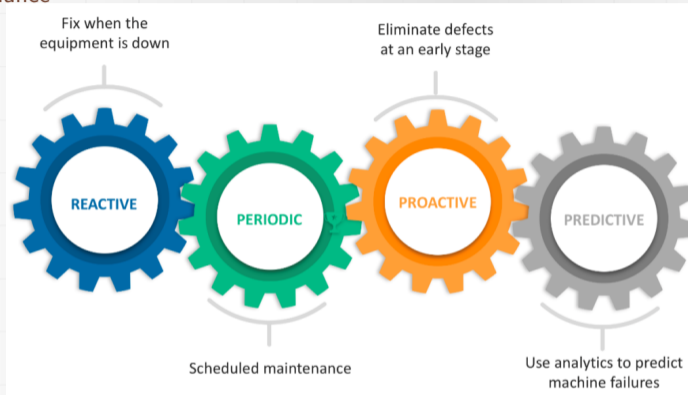
- ▶ Monitorowanie w czasie rzeczywistym stanu rzeczywistego obiektu.
- ▶ Symulowanie różnych scenariuszy i warunków pracy.
- ▶ Umożliwianie testów, analizy i optymalizacji bez ingerencji w rzeczywiste środowisko.

▶ **Korzyści:**

- ▶ Skrócenie czasu rozwoju i wdrożenia nowych produktów.
- ▶ Optymalizacja procesów produkcyjnych.
- ▶ Diagnostyka i prognozowanie awarii.

Zastosowanie SI w SF

Predictive Maintenance



► Procesy Utrzymania Ruchu (Predictive Maintenance):

- Analiza danych z sensorów pozwala przewidywać moment konserwacji maszyn przed awarią.
- Minimalizacja przestojów i kosztów utrzymania ruchu.



▶ **Optymalizacja Produkcji:**

- ▶ Analiza danych produkcyjnych do optymalizacji parametrów procesów.
- ▶ Maksymalna efektywność przy minimalnym zużyciu zasobów.

Zastosowanie SI w SF: Kontrola Jakości



- ▶ **Kontrola Jakości z Wykorzystaniem Wizji Komputerowej:**
 - ▶ Sztuczna inteligencja w połączeniu z wizją komputerową automatycznie analizuje obrazy produktów.
 - ▶ Wykrywanie wad, nieprawidłowości i niestandardowych elementów na produkcji.

Zastosowanie SI w SF: Zarządzanie Magazynem



► Zarządzanie Magazynem i Logistyką:

- Algorytmy SI efektywnie zarządzają magazynem, przewidując zapotrzebowanie na surowce.
- Optymalizacja tras dostaw, minimalizacja kosztów transportu i czasu dostawy.



Zastosowanie SI w SF: Personalizacja Produkcji

► **Personalizacja Produkcji:**

- SI dostosowuje procesy produkcyjne do indywidualnych preferencji klientów.
- Analiza danych o zamówieniach i preferencjach umożliwia dostarczanie spersonalizowanych produktów.



Problem przepływowy

Flow Shop Problem

$$\mathcal{J} = \{1, 2, \dots, n\} \quad (1)$$

$$\mathcal{M} = \{1, 2, \dots, m\} \quad (2)$$

$$\mathcal{O}_i = \{l_i + 1, l_i + 2, \dots, l_i + o_i\} \quad (3)$$

$$\mathcal{O} = \bigcup_{i \in \mathcal{J}} \mathcal{O}_i \quad (4)$$

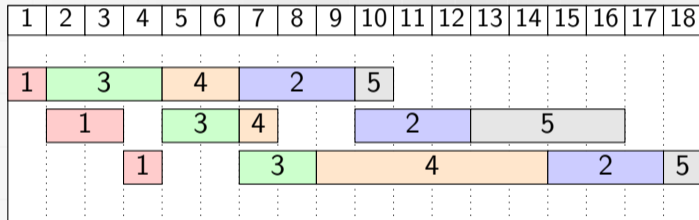
$$\forall a \in \mathcal{M} \quad \forall i \in \mathcal{J} \quad C_{\pi(i)}^a = S_{\pi(i)}^a + p_{\pi(i)}^a, \quad (5)$$

$$\forall a \in \mathcal{M} \quad \forall i \in \mathcal{J} \setminus \{1\} \quad S_{\pi(i)}^a \geq C_{\pi(i-1)}^a, \quad (6)$$

$$\forall a \in \mathcal{M} \setminus \{1\} \quad \forall i \in \mathcal{J} \quad S_{\pi(i)}^a \geq C_{\pi(i)}^{a-1}. \quad (7)$$

Klasyczne podejście

Problem przepływowy





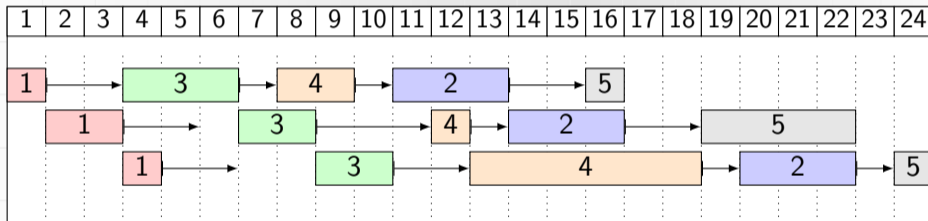
Problem przepływowy z przezbrojeniami

Flow Shop Scheduling Problem with Setups

i	$s_{i,1}^1$	$s_{i,2}^1$	$s_{i,3}^1$	$s_{i,4}^1$	$s_{i,5}^1$	$s_{i,1}^2$	$s_{i,2}^2$	$s_{i,3}^2$	$s_{i,4}^2$	$s_{i,5}^2$	$s_{i,1}^3$	$s_{i,2}^3$	$s_{i,3}^3$	$s_{i,4}^3$	$s_{i,5}^3$
1	0	2	2	1	1	0	2	2	1	1	0	2	2	1	2
2	3	0	1	2	2	3	0	2	1	2	3	0	1	2	1
3	3	2	0	1	1	3	2	0	3	1	3	2	0	2	1
4	2	1	1	0	3	2	1	1	0	1	2	1	1	0	1
5	1	4	3	1	0	1	4	1	1	0	3	4	1	2	0

Problem przepływowy z przezbrojeniami

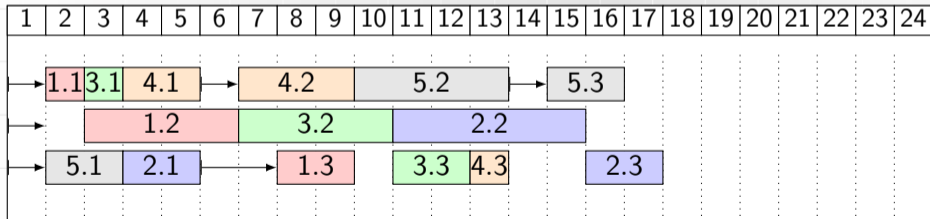
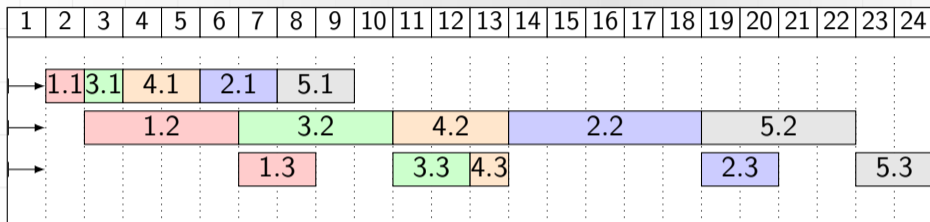
Flow Shop Scheduling Problem with Setups





Elastyczny problem gniazdowy z przezbrojeniami

Flexible job shop scheduling problem with setups



Zyski wynikające z wdrożenia inteligentnych fabryk

- ▶ **Zwiększona Efektywność Produkcji:**
 - ▶ Wykorzystanie danych z sensorów i analiza w czasie rzeczywistym umożliwiają optymalizację procesów produkcyjnych, eliminując straty czasowe i materiałowe.
- ▶ **Skrócenie Czasu Produkcji:**
 - ▶ Automatyzacja procesów pozwala na szybsze wykonanie zadań, skracając czas produkcji i zwiększając przepustowość.
- ▶ **Elastyczność Produkcji:**
 - ▶ Systemy inteligentne umożliwiają łatwe dostosowywanie się do zmieniających się warunków rynkowych i producenckich, co zwiększa elastyczność produkcji.
- ▶ **Minimalizacja Odpadów:**
 - ▶ Ścisła kontrola procesów produkcji przy użyciu technologii inteligentnych fabryk przyczynia się do redukcji odpadów i zasobów.
- ▶ **Zwiększone Bezpieczeństwo:**
 - ▶ Monitorowanie w czasie rzeczywistym i autonomiczne systemy poprawiają bezpieczeństwo pracowników poprzez identyfikację i zarządzanie ryzykiem.
- ▶ **Optymalizacja Zużycia Energii:**
 - ▶ Inteligentne zarządzanie produkcją pozwala na efektywne wykorzystanie energii, przyczyniając się do zrównoważonego rozwoju.