

Podstawy automatyki i robotyki

Robotyka
Wykład 4

Katarzyna Zadarnowska

Katedra Cybernetyki i Robotyki

9 maja 2024

Wprowadzenie

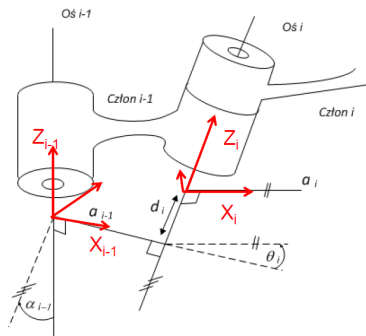
Było...



Rysunek: Źródło: [1]

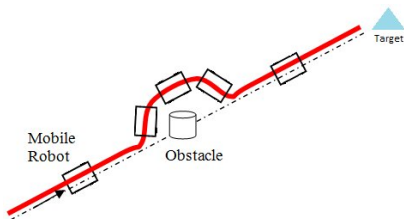
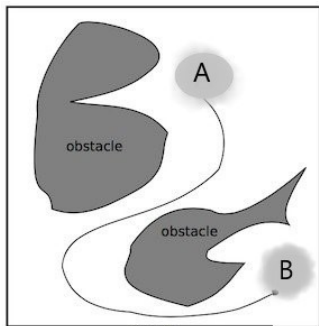
Wprowadzenie

...było...



Wprowadzenie

...było...



Plan na dzisiaj:

- Roboty współpracujące,
- Bezpieczeństwo,
- Roboty specjalne,
- Statystyki.

Roboty przemysłowe

Przykłady



ABB



FANUC
ROBOTICS



KUKA



YASKAWA



 **MITSUBISHI**
ELECTRIC



 **Kawasaki**
Robotics



 **UNIVERSAL ROBOTS**

Termin roboty współpracujące został stworzony przez stowarzyszenie Robotics Industry Association (RIA) w 2003 r., zaś pierwszy robot współpracujący został sprzedany przez duńską firmę Universal Robots pięć lat później. Do grupy tego typu robotów zaliczają się m.in roboty firm Universal Robots (UR3, UR5, UR10), ABB (YuMI), KUKA (iiwa) czy Fanuc (CR-35ia).

Nazewnictwo: roboty współpracujące, roboty kolaboracyjne, coboty.

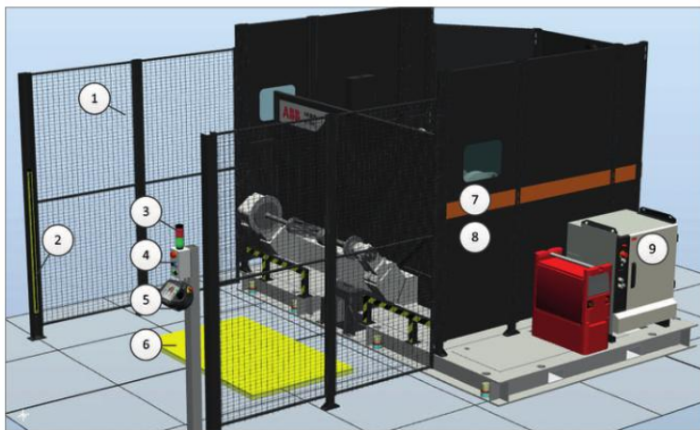
Cechy robotów współpracujących:

- elastyczność, niewielkie rozmiary i lekka konstrukcja,
- mobilność,
- brak stref ściskających, kompaktowa budowa, zaokrąglone krawędzie, ukryte okablowanie,
- wbudowane systemy bezpieczeństwa,
- ograniczona siła/moment,
- ograniczenie prędkości i zakresu pracy,
- niższa cena,
- łatwość konfiguracji i programowania,
- krótki czas wdrożenia do pracy.

- Zadania typu pick & place (podnieś i upuść),
- montaż,
- pakowanie
- paletyzacja,
- spawanie,
- skręcanie,
- klejenie,
- dozowanie,
- zgrzewanie,
- wsparcie w obsłudze maszyn CNC,
- wsparcie w kontroli jakości produktów,
- i wiele innych...

Roboty współpracujące

Tradycyjnie



Rys. 11.7. Przykład zrobotyzowanej celi spawalniczej z elementami systemu bezpieczeństwa: 1 – ogrodzenie, 2 – kurtyna świetlna, 3 – kolumna sygnalizacyjna, 4 – pulpit operatora z przyciskiem bezpieczeństwa, 5 – panel nauczania, 6 – mata bezpieczeństwa, 7 – bramka, 8 – wyłącznik pozycyjny, 9 – przekaźnik bezpieczeństwa zamontowany w szafie sterowniczej robota

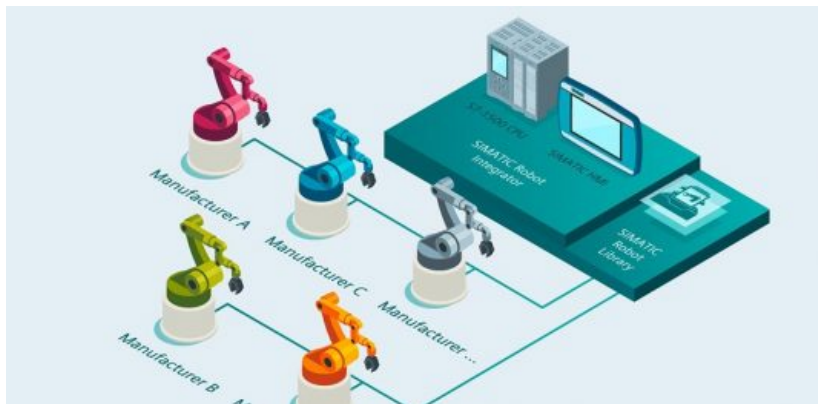
Roboty współpracujące

Nowe trendy



Roboty współpracujące

Cobot + sterownik PLC



Roboty przemysłowe

Tradycyjnie vs. coboty

Tradycyjne roboty przemysłowe:

- W celu zapewnienia bezpieczeństwa ludzi i procesów, wymagane jest umieszczenie robota w klatce bezpieczeństwa i wykluczenie dostępu operatora do obszaru pracy w czasie, gdy robot jest aktywny.
- Operacje wymagające udziału człowieka nie mogą być w pełni zrobotyzowane.

Coboty:

- Możliwość połączenia powtarzalnej i wydajnej pracy robota z indywidualnymi umiejętnościami i doświadczeniem człowieka
- Ludzie – zdolni do rozwiązywania niestandardowych zadań,
- roboty – wykazują się dużą wytrzymałością, precyzją i siłą.

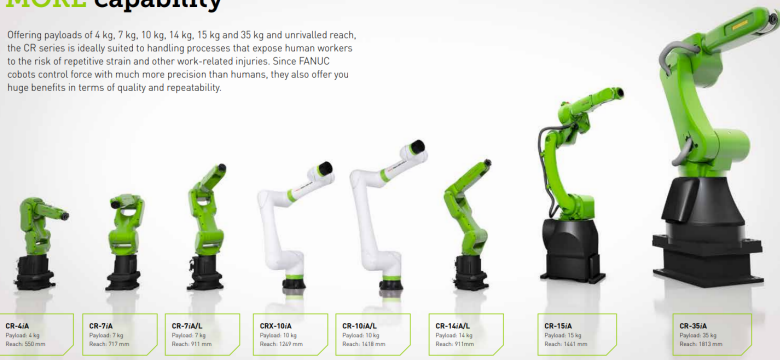
Coboty

Przykłady



MORE performance and **MORE** capability

Offering payloads of 4 kg, 7 kg, 10 kg, 14 kg, 15 kg and 35 kg and unrivalled reach, the CR series is ideally suited to handling processes that expose human workers to the risk of repetitive strain and other work-related injuries. Since FANUC cobots control force with much more precision than humans, they also offer you huge benefits in terms of quality and repeatability.



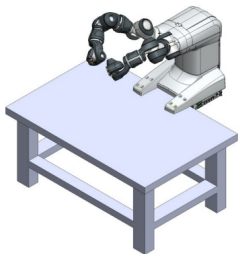
Coboty

Przykłady – robot YuMi



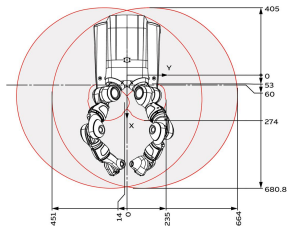
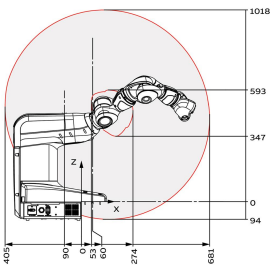
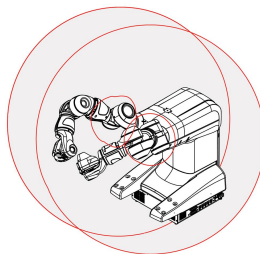
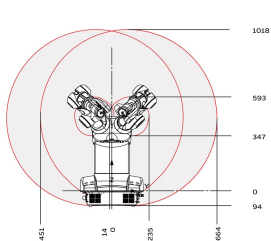
Coboty

Przykłady – robot YuMi



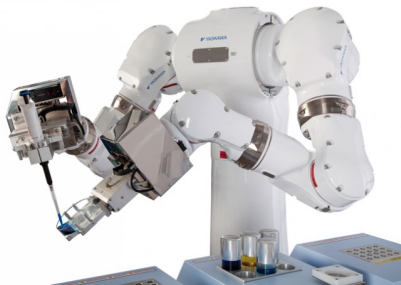
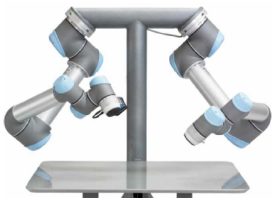
Coboty

Przykłady – robot YuMi



Coboty

Dwuramiennie



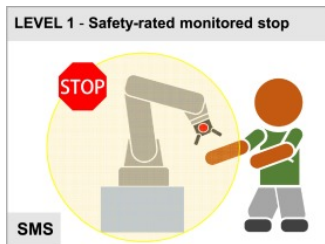
- Od 2011 r. obowiązują dwie główne normy dotyczące robotów przemysłowych ISO 10218 1 i ISO 10218 2.
- Specyfikacja techniczna ISO/TS 15066 została opracowana jako ich uzupełnienie i dotyczy przede wszystkim wymagań związanych z bezpieczeństwem współpracujących systemów robotycznych oraz ich środowiskiem pracy.
- Norma ISO 10218 1 odnosi się do producentów robotów. Natomiast część druga ISO 10218 2 dotyczy systemów robotycznych. System robotyczny to robot posiadający konkretną końcówkę/głowicę oraz manipulowany obiekt.

4 podstawowe metody współpracy zgodnie z EN ISO 10218-2 i specyfikacją techniczną TS15066:

- 1 Monitorowane zatrzymanie z oceną bezpieczeństwa,
- 2 Prowadzenie ręczne,
- 3 Monitorowanie prędkości i separacji,
- 4 Ograniczenie mocy i siły.

Współpraca człowieka z robotem

Monitorowane zatrzymanie

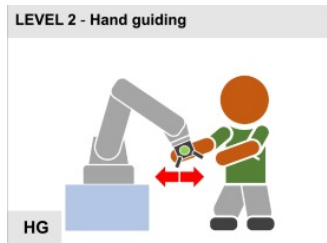


Rysunek: Źródło: [7]

- Napędy robota pozostają włączone.
- Robot nie porusza się dopóki operator jest w przestrzeni roboczej współdzielonej z robotem.
- Robot może kontynuować ruch z dużą prędkością po opuszczeniu przestrzeni roboczej przez operatora.

Współpraca człowieka z robotem

Prowadzenie ręczne

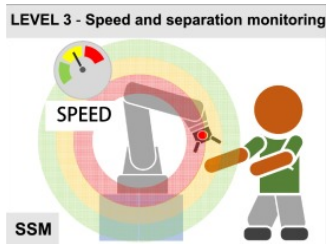


Rysunek: Źródło: [7]

- Pracownik ma bezpośrednią kontrolę nad robotem.
- Ruch jest możliwy tylko jeśli operator celowo aktywuje urządzenie wejściowe w celu spowodowania pożądanego ruchu.

Współpraca człowieka z robotem

Monitorowanie prędkości i separacji

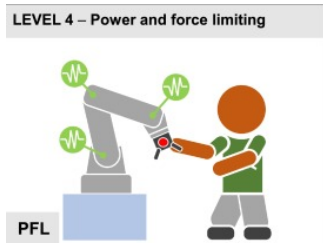


Rysunek: Źródło: [7]

- Występuje ciągłe monitorowanie odległości pracownika oraz robota.
- Prędkość jest dostosowywana, aby nie doszło do kontaktu (utrzymanie stanu bezpieczeństwa).
- Po opuszczeniu strefy przez operatora robot może pracować z pełną prędkością.

Współpraca człowieka z robotem

Ograniczenie mocy i siły



Rysunek: Źródło: [7]

- Kontakt człowieka z robotem uważany jest za normalne zdarzenie podczas aplikacji.
- Konieczne środki bezpieczeństwa (poprzez specjalne konstrukcje, środki kontroli bezpieczeństwa).
- Ograniczeniu podlegają siły statyczne i przejściowe, które robot może przenosić na części ciała pracownika.

Poziomy stref ochrony:

- **poziom 1:** wykrywanie obecności człowieka na granicy stanowiska zrobotyzowanego,
- **poziom 2:** wykrywanie obecności człowieka w obszarze stanowiska,
- **poziom 3:** wykrywanie obecności człowieka podczas bezpośredniego kontaktu z robotem lub w niewielkiej odległości od ramienia robota.

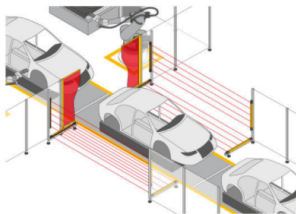
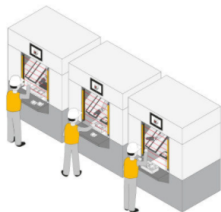
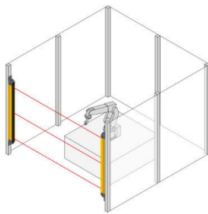
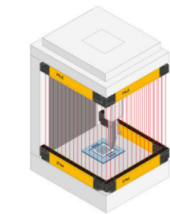
Współpraca człowieka z robotem

Metody detekcji człowieka

- kurtyny fotoelektryczne,
- technologia radarowa,
- detekcja podczerwieni pasywnej,
- detekcja podczerwieni aktywnej,
- systemy wizyjne,
- detekcja zmian pojemności elektrycznej,
- maty naciskowe,
- technologie ultradźwiękowe,
- skanery laserowe.

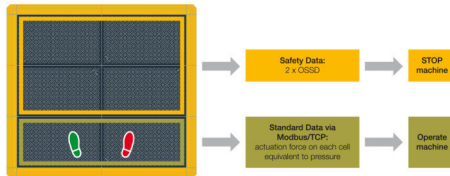
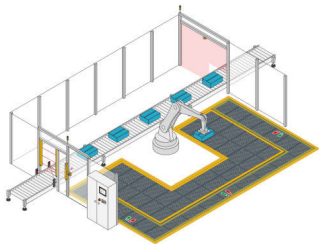
Metody detekcji człowieka

Kurtyny światłne PILZ



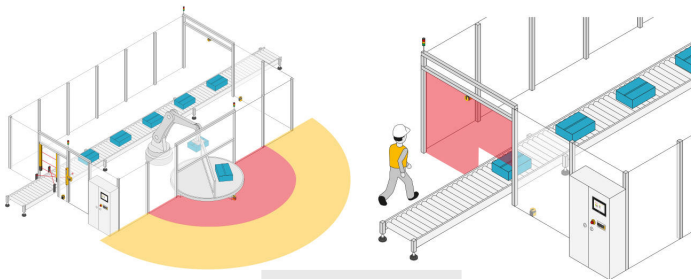
Metody detekcji człowieka

Maty PILZ



Metody detekcji człowieka

Skanery laserowe PILZ



Roboty specjalne - tu jesteśmy



Boston Dynamics

Przykłady robotów



Boston Dynamics

Spot



Wyposażony w LIDAR, kamerę 360 stopni, kamerę termowizyjną, czujniki IoT. Ładunek 13,6 kg. Waga 25kg. Cena 74tys. dolarów.

Boston Dynamics

Big Dog





- 2005 rok,
- DARPA,
- udźwig: 150 kg,
- prędkość: ponad $6 \frac{km}{h}$,
- kąt zbocza: 35° .

Boston Dynamics

Atlas

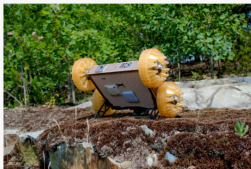


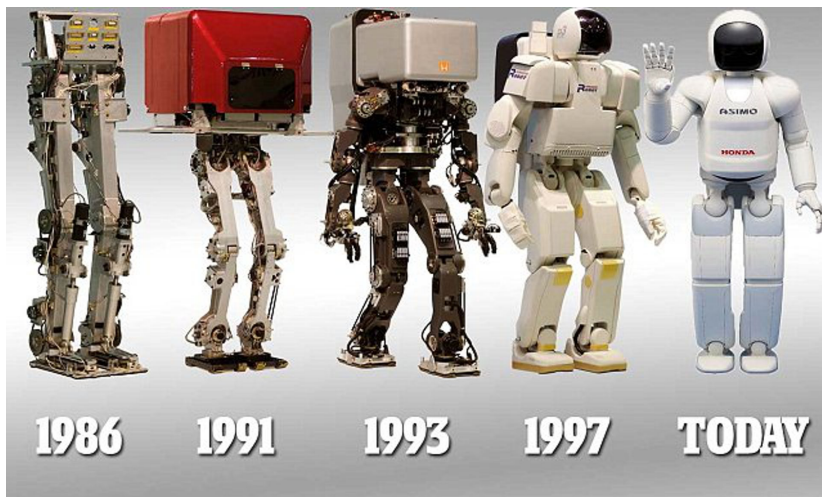


- 28 przegubów,
- robot humanoidalny,
- masa: 80kg,
- prędkość: $2.5 \frac{m}{s}$,
- wysokość: 1.5m.

Boston Dynamics

Roboty

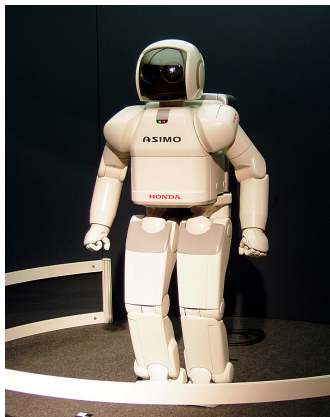




Honda

Asimo

W roku 2003 towarzyszył premierowi Japonii podczas jego oficjalnej wizyty w Czechach, jako ambasador dobrej woli wszystkich robotów. Złożył wówczas kwiaty pod pomnikiem pisarza Karelá Āapka, który jako pierwszy uŹył słowa robot w roku 1920.



Przykłady zadań, które mogą wykonywać roboty:

- eksperymenty w bezzałogowych laboratoriach kosmicznych,
- przechwytywanie i tankowanie satelitów,
- naprawa wadliwie działających satelitów,
- badanie planet (roboty mobilne).

Roboty kosmiczne

Canadarm2



Roboty kosmiczne

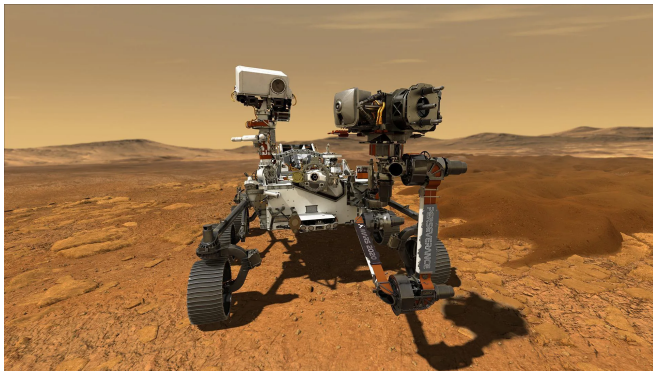
Perseverance

Sojourner - lipiec 1997

Spirit i Opportunity - styczeń 2004

Curiosity – sierpień 2012

Perseverance - luty 2021



Cel misji:

- Ustalenie czy na Marsie istniało kiedykolwiek życie,
- scharakteryzowanie marsjańskiego klimatu,
- badania marsjańskiej geologii,
- przygotowanie do przyszłych misji załogowych na Marsa.

Roboty kosmiczne

Perseverance - instrumenty naukowe

- 1 MASTCAM-Z - zestaw kamer stanowiących "oczy" łazika. Umożliwia wykonywanie filmów w wysokiej rozdzielczości oraz obrazów stereoskopowych i panoramicznych.
- 2 MEDA (Mars Environmental Dynamics Analyzer) - stacja pogodowa zamontowana na korpusie pojazdu i maszcie (pomiar wiatru, temperatury, wilgotności, ciśnienia oraz promieniowania). Kamera SkyCam bada jak cząsteczki zawieszone w powietrzu i aerozole wpływają na światło słoneczne docierające do powierzchni.
- 3 MOXIE (Mars Oxygen ISRU Experiment) - demonstrator technologii wytwarzania tlenu z marsjańskiej atmosfery. Tlen ten można w przyszłych misjach wykorzystać jako utleniacz paliwa raketowego do misji powrotnych czy oddychania.
- 4 PIXL (Planetary Instrument for X-ray Lithochemistry) - spektrometr fluorescencji rentgenowskiej z rejestracją obrazu wysokiej rozdzielczości. Do analizy chemicznej skał i gruntu. Może pozwolić w ustaleniu sposobu formacji związków chemicznych na skałach (charakter biologiczny?).
- 5 RIMFAX (Radar Images for Mars' Subsurface Explor.) - georadar do pomiarów w wysokiej rozdzielczości profilu skał pod powierzchnią planety.
- 6 SHERLOC (Scanning Habitable Environ. with Raman Luminescence for Organics and Chemicals) - spektrometr ramanowski do badania mineralogii skał i wykrywania związków organicznych.
- 7 SuperCam - spektrometr laserowy do analizy chemicznej i mineralnej skał oraz pomiarów atmosferycznych.

Roboty kosmiczne

Robonaut2



- wyruszył 24 lutego 2011 wraz z misją STS 133 na Międzynarodową Stację Kosmiczną,
- pierwszy robot humanoidalny w kosmosie,
- robot składa się z "głowy", w której umieszczone są kamery, dwóch ramion zakończonych chwytakami i tułowia, w którym znajduje się jego komputer sterujący,
- ponad 350 sensorów, 42 stopnie swobody, masa 150 kg.

Roboty specjalne

Roboty saperskie

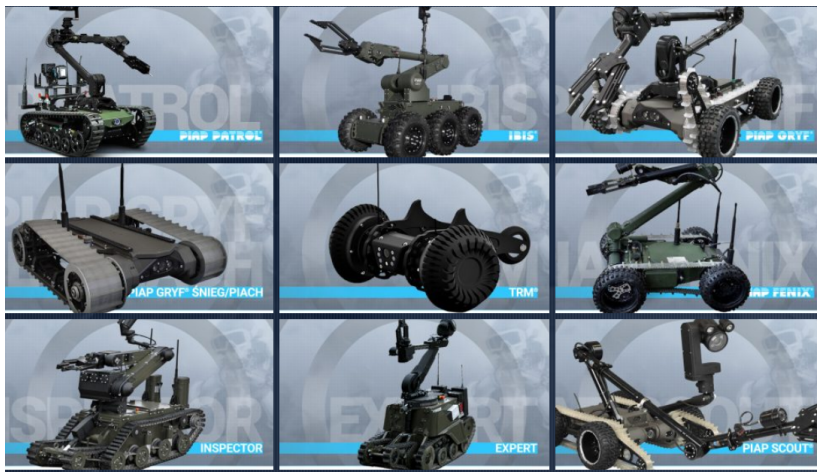


Typowe wyposażenie:

- aparatura telewizyjna, kamery telewizyjne, oraz przenośny monitor,
- reflektory oświetlające teren,
- manipulatory umożliwiające przemieszczanie niewybuchów,
- przenośna aparatura rentgenowska do zbadania na miejscu wykrytego obiektu i określenia stopnia zagrożenia,
- urządzenia do niszczenia na miejscu środków bojowych (np. palniki, karabiny ze specjalnymi pociskami),
- komplet narzędzi do demontażu niewybuchów i min oraz niszczenia ich zapalników,
- zestawy mikrofonowo stetoskopowe do identyfikacji zapalników.

Roboty specjalne

PIAP



Rysunek: Źródło: [8]

Roboty specjalne

PIAP



Rysunek: Źródło: [8]



Rysunek: Źródło: [9]

Wg. Breazeal

Roboty społeczne to konstrukcje społecznie inteligentne, zdolne do nawiązywania interakcji i współdziałania z ludźmi, a także komunikowania się w naturalny dla człowieka sposób. Powinny rozumieć siebie jak i ludzi w kategoriach społecznych. Być postrzegane przez ludzi w taki sam sposób, w jaki one mogą postrzegać człowieka. Muszą być w stanie uczyć się, nabierać doświadczenia, a także dzielić się wiedzą z innymi. Celem ich działania jest zaprzyjaźnienie się z ludźmi.

Wg. Dautenhahn&Billard

Roboty społeczne to urzeczywistnieni agenci, będący częścią grupy heterogenicznej: społeczności robotów lub/i ludzi. Posiadają zdolność do wzajemnego rozpoznawania się i angażowania w interakcje społeczne, nabywają doświadczenia na podstawie własnych interpretacji postrzeganego świata, komunikują się i uczą od siebie.

Umiejętności robota społecznego:

- wyrażanie i rozpoznawanie emocji,
- prowadzenie dialogu,
- uczenie się i rozpoznawanie innych agentów,
- nawiązywanie i podtrzymywanie relacji społecznych,
- używanie naturalnych sygnałów (spojrzenie, gesty,...),
- posiadanie charakteru i osobowości,
- posiadanie zdolności uczenia się i rozwijania społecznych kompetencji.

Roboty społeczne

Przykład – Emys



(a) Złość



(b) Zniesmaczenie



(c) Strach



(d) Radość



(e) Smutek



(f) Zaskoczenie

Rysunek: Źródło: [10]



Roboty społeczne

Przykład – Emys



Rysunek: Źródło: [10]

Roboty społeczne

Przykłady



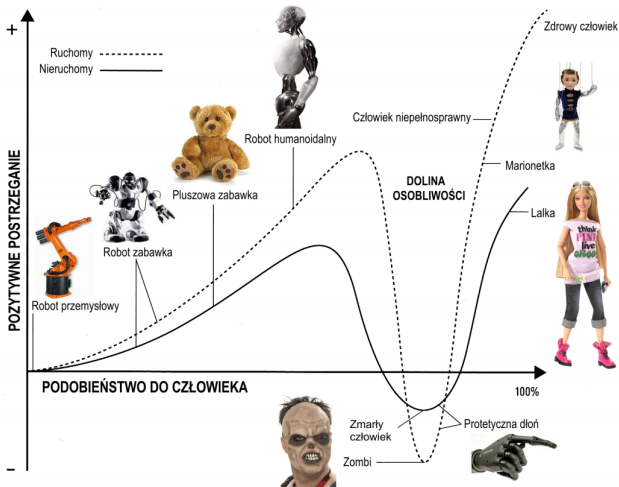
Roboty społeczne

Przykłady



Roboty społeczne

Dolina osobliwości



Rysunek: Źródło: [10]



Roboty społeczne

Przykłady zastosowania

- roboty terapeutyczne,
- roboty towarzyszące,
- roboty nauczyciele
- ...



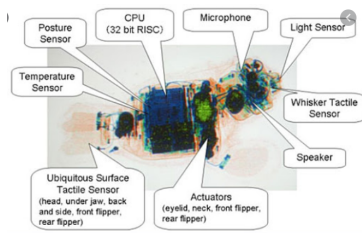
Roboty społeczne

Paro



Roboty społeczne

Paro



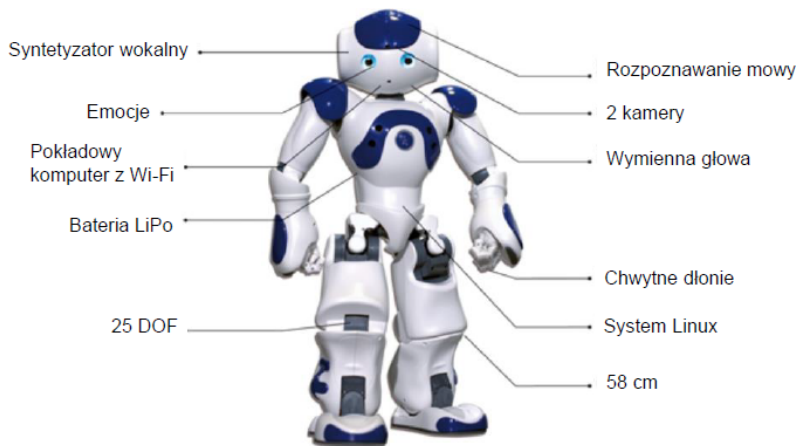
Roboty społeczne

Nao



Roboty społeczne

Nao



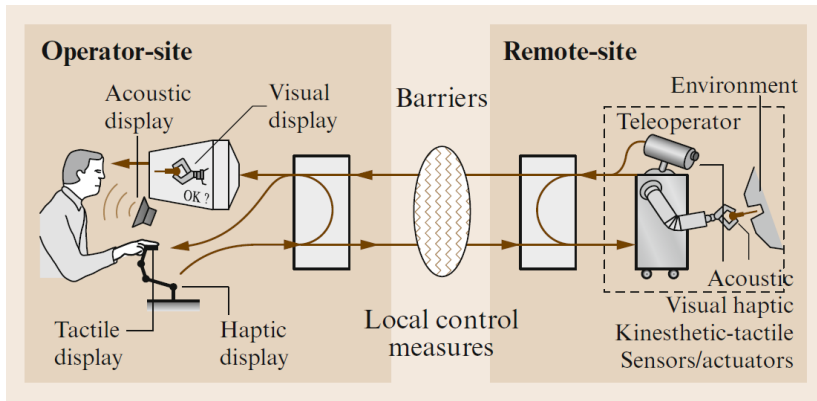
Roboty medyczne

da Vinci



Teleoperacje

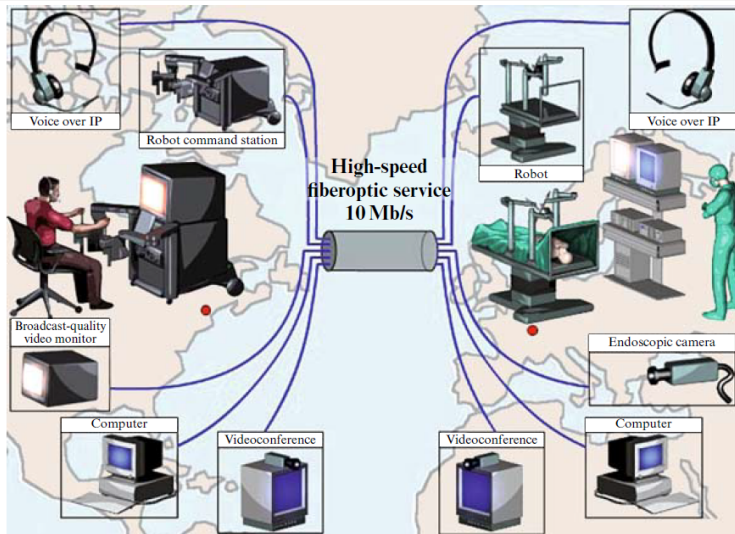
Idea



Rysunek: Źródło: [11]

Teleoperacje

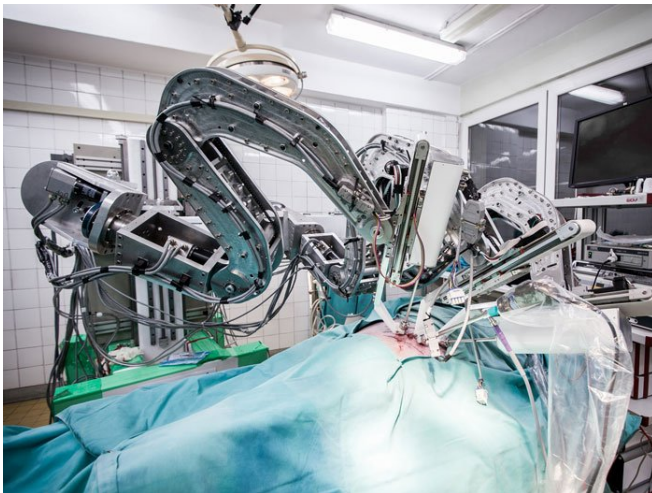
Pierwsza transkontynentalna operacja chirurgiczna 2001



Rysunek: Źródło: [11]

Roboty medyczne

Robin Heart – rob in heart



Roboty rehabilitacyjne

Lokomat



Roboty usługowe

W domu – iRobot



Roomba – odkurza, Braava – mopuje

- odkurzanie różnych powierzchni / mycie różnych powierzchni
- możliwość personalizacji ustawień,
- dostępna aplikacja mobilna,
- omijanie schodów.

Roboty usługowe

W ogrodzie



Np. HUSQVARNA AUTOMOWER:

- dopasowane do różnych powierzchni trawnika,
- możliwość pracy także na pochylonym terenie,
- aplikacja mobilna,
- czujniki: wzrostu trawy, mrozu,
- GPS.

Roboty usługowe

Agrobot, Agrobot SW6010, Frenndt Xaver, Dino



Roboty usługowe

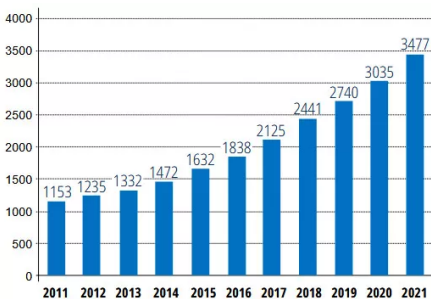
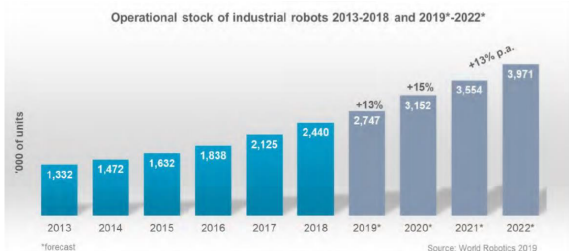
Astronaut A3 Robotic Milking System

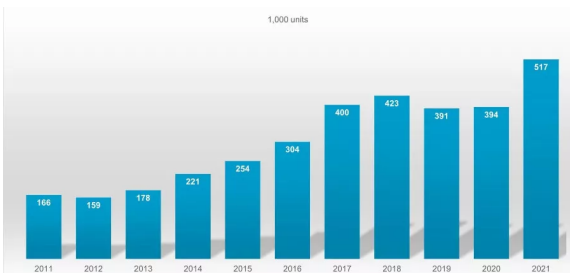
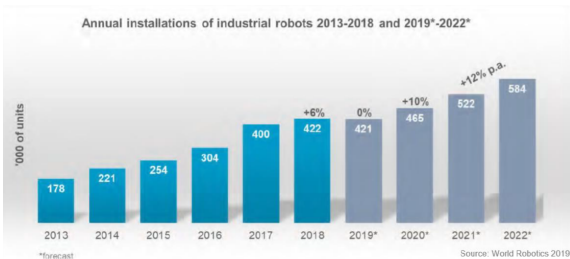


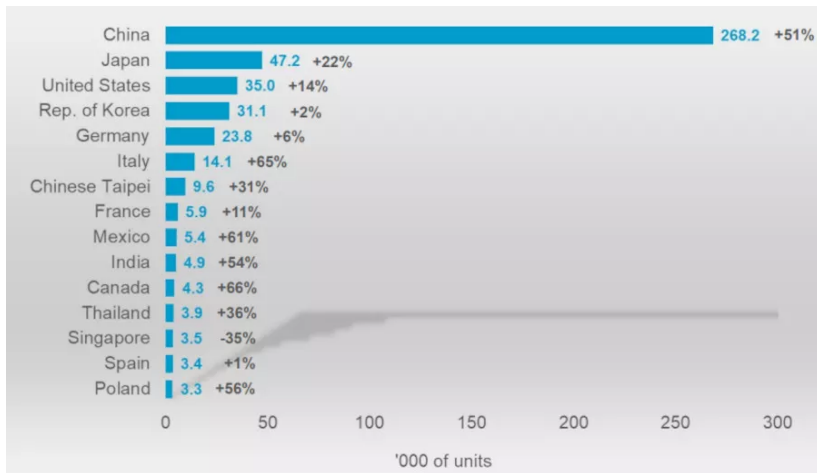


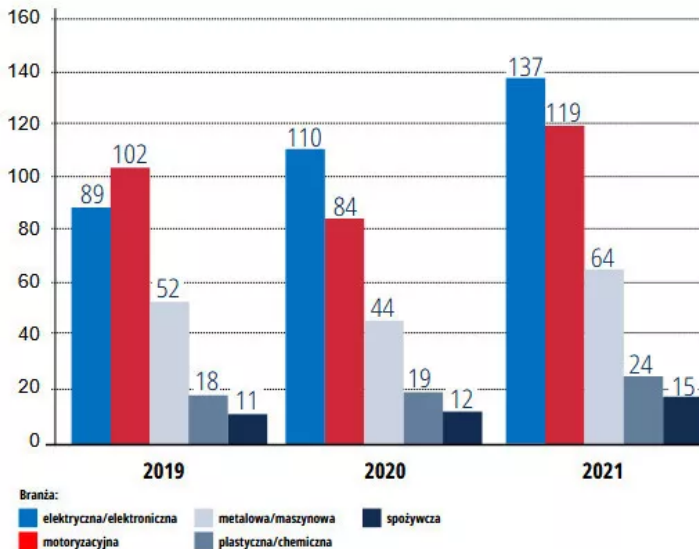


- roboty przemysłowe (*industrial robots*)
 - sterowane automatycznie, programowalne, uniwersalne, 3+ osie, dla zastosowań w aplikacjach automatyki przemysłowej
- roboty usługowe (*service robots*)
 - wykonują zadania z wyłączeniem automatyki przemysłowej, projekt zwykle dostosowany do aplikacji, często mniej niż 3 osie, czasami nie w pełni autonomiczne, ale zdalnie sterowane.



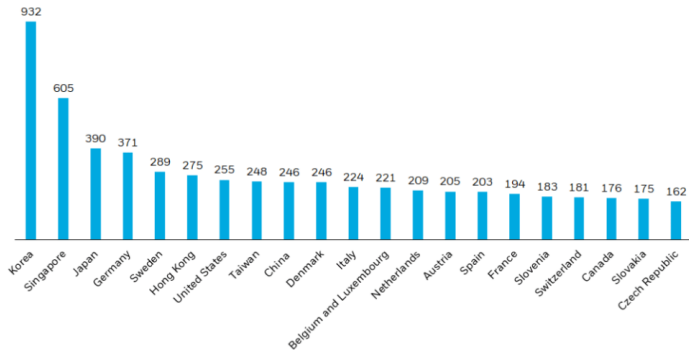






Gęstość robotów to liczba zainstalowanych robotów przemysłowych przypadających na 10 000 zatrudnionych w przemyśle.

Robot Density in the Manufacturing Industry



Source: International Federation of Robotics; 12/14/21. Robot density refers to the # of robots in factories per 10,000 employees.

Chart description: This chart shows the density of robots across 20+ geographies.



Podsumowanie

Czego nie było, a mogłoby być

- roboty mobilne – szczególnie systemy wykorzystywane w przemyśle (wózki AGV, AMR),
- drony,
- elastyczne systemy produkcyjne (FSM),
- prawo a robotyka,
- etyka a robotyka,
- ...

- Liniowe układy sterowania (AiR)
- Teoria sterowania (AiR) - nieliniowe układy sterowania
- Mechanika analityczna (AiR) - modelowanie kinematyki i dynamiki

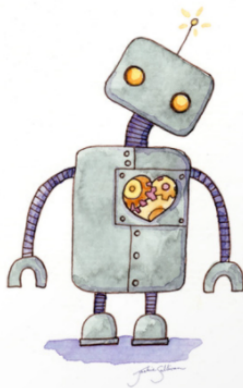
- Robotyka 1 (AiR) - zagadnienia kinematyki i dynamiki robotów manipulacyjnych i mobilnych.
- Robotyka 2 (AiR) - programowanie robotów (laboratorium)
- Robotyka 3 (ARR) - programowanie robotów (laboratorium)
- Roboty mobilne (ARR)
- Planowanie ruchu robotów (ARR)

- Wizualizacja danych sensorycznych (ARR) - czujniki
- Cyfrowe przetwarzanie obrazów (AiR) - systemy wizyjne
- Metody reprezentacji sceny (ARR)

- Systemy sterowania robotów (ARR) - algorytmy sterowania robotów
- Sterowanie adaptacyjne i odporne (ARR) - algorytmy sterowania
- Algorytmy kombinatoryczne i postawy sztucznej inteligencji (AiR)
- Algorytmy kombinatoryczne i wybrane zastosowania sztucznej inteligencji (AiR)
- Metody sztucznej inteligencji (ARR)
- Uczenie maszynowe (ARR)
- Internet rzeczy (AiR) - mikrokontrolery, elektronika
- Inteligentna fabryka (AiR)

- Technologie informacyjne (AiR) - m.in. środowiska do modelowania robotów
- Techniki komputerowe w robotyce - środowiska do modelowania robotów
- Współpraca robotów (ARR)
- Roboty społeczne (ARR)
- Mechatronika (ARR)
- Sterowniki robotów (ARR) - mikrokontrolery, silniki
- Rozproszone systemy sterowania (ARR) - platforma programistyczna ROS
- Systemy zdarzeniowe (ARR) - elastyczne systemy produkcyjne

Dziękuję za uwagę!



W oparciu o wykład dr Wojciecha Muszyńskiego *Podstawy Robotyki*



[1] Kaczmarek W., Panasiuk J. *Robotyzacja procesów produkcyjnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2017



[2] Muszyński W. *Materiały do wykładu Podstawy automatyki i robotyki*



[6] materiały firmy FANUC



[7] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/>



[8] <https://piap.pl>



[9] <https://www.nextgov.com/>



[10] J. Kędzierski, *System sterowania robota społecznego*



[11] Siciliano, Bruno, Khatib, Oussama *Handbook of Robotics*, Springer, 2008