

# Robotyzacja procesów produkcyjnych. Wprowadzenie

Wojciech Kaczmarek, Jarosław Panasiuk

## 1. Wprowadzenie

Robotyka jest dziedziną wiedzy technicznej zajmującą się budową robotów, ich sterowaniem, programowaniem i zastosowaniem w różnych domenach nauki i techniki. Jest interdyscyplinarna, łączy wiedzę z wielu innych dziedzin (mechaniki, automatyki, elektroniki, informatyki itp.). Dziś z łatwością można zauważyć obecność robotów w przemyśle, medycynie, transporcie, budownictwie, administracji, wojsku, rolnictwie i kosmosie. Swoje miejsce w życiu człowieka robotyka znalazła wszędzie tam, gdzie praca jest szczególnie uciążliwa, monotonna i niebezpieczna. Przykładem są linie technologiczne fabryk (na których są realizowane m.in. procesy pakowania i paletyzacji, malowania, łączenia i cięcia oraz manipulowania), praca w szkodliwych warunkach (niskie i wysokie temperatury, promieniowanie, lecące iskry i zanieczyszczenia chemiczne) czy niezbadane dotąd obszary (np. głębin morskie i kosmos). Jednak mimo że od wielu lat jest to dziedzina bardzo szybko rozwijająca się, człowiek nadal odgrywa tu rolę nadrzędną. Być może w przyszłości funkcje zarezerwowane dziś dla człowieka (np. konstruowanie, programowanie, konserwacja) staną się również domeną maszyn. Już dzisiaj mówi się, że przyszłością robotyki przemysłowej są autonomiczne stanowiska pracujące z ograniczoną obsługą ludzką. Do podstawowych działań robotyki należy zaliczyć:

- robotykę teoretyczną (teorie robotów i manipulatorów);
- robotykę ogólną (metody, aspekty ekonomiczne, socjalne, społeczne);
- robotykę metrologiczną (roboty do celów pomiarowych, kontrolnych);
- robotykę maszyn lokomocyjnych (jedno- i wielonożnych, kołowych, pełzających, kołowo-nożnych);
- robotykę medyczną i rehabilitacyjną (roboty do celów chirurgicznych, protetycznych, rehabilitacyjnych);
- robotykę przemysłową (roboty w przemyśle maszynowym, spożywczym, papierniczym, w górnictwie);
- robotykę pozaprzemysłową (roboty do prac podwodnych, wojskowych, ratowniczych, w kosmosie);
- robotykę usługową (roboty do prac biurowych, porządkowych);
- mikrorobotykę (miniaturyzacja robotów).

Z pojęciem „robotyki” bardzo blisko jest związane pojęcie „robot”. Powstanie pierwszych mechanizmów to czasy Platona (400 lat p.n.e.), kiedy to (wg przekazów historycznych) zbudowano pierwsze automaty (zabawki potrafiące wykonywać proste ruchy). Z kolei za pierwszy mechanizm robotyczny uważa się zegar wodny wynaleziony prawdopodobnie 250 lat

p.n.e. Mechanizm ten był przeznaczony do odwracania klepsydry. Miano urządzenia robotycznego uzyskał dzięki cyklicznie powtarzanej czynności, do której wykonywania go skonstruowano. Burzliwy rozwój ruchomych mechanizmów nastąpił w średniowieczu, kiedy budowano skomplikowane mechanicznie zegary oraz ruchome figurki napędzane energią wody, sprężyn oraz siłami grawitacyjnymi. Łatwo można zauważyć, że cechą wspólną wszystkich tworzonych mechanizmów była próba odtworzenia ruchów człowieka i zwierząt.

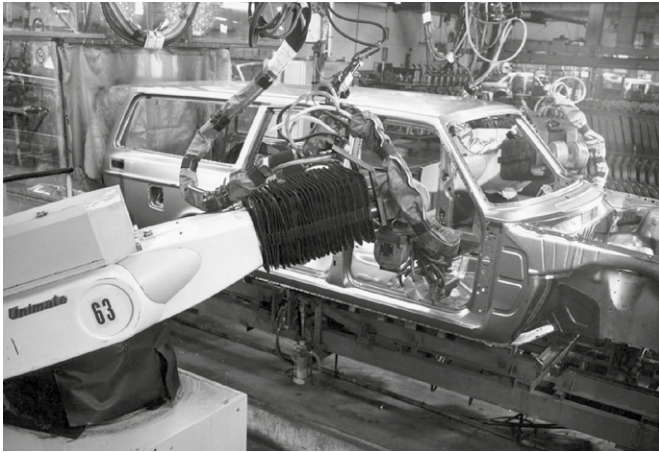
Skąd tak naprawdę wzięło się słowo „robot”, używane jako pojęcie do określania pewnego typu maszyny?

„Robot” oznacza w języku czeskim robotnika. W 1920 r. czeski pisarz Karel Čapek nazwał robotami sztuczne inteligentne istoty pozbawione ludzkich uczuć. Pisząc *R.U.R. – Roboty Uniwersalne Rossuma* stworzył wizję świata, w którym jedyną drogą jest dążenie do rozwoju technicznego, a wszystko to, co postępowi nie służy, jest nieważne.

Čapek pisał: „...produkować sztucznych robotników to przecież to samo, co wyrabiać silniki spalinowe. Produkcja musi być jak najprostsza, a produkt jak najlepszy, najpraktyczniejszy (...). Jaki robotnik jest dla fabryki najlepszy? (...) Taki, który jest najtańszy. Który ma jak najmniej potrzeb. Młody Rossum skonstruował robotnika mającego minimum potrzeb. Musiał go uprościć. Odrzucił wszystko, co bezpośrednio nie wiąże się z wykonaniem pracy. W ten właśnie sposób zlikwidował człowieka i stworzył Robota...”.

Określenie przyjęło się na całym świecie i dziś robotem jest nazywane urządzenie techniczne przeznaczone do realizacji niektórych funkcji manipulacyjnych i lokomocyjnych człowieka, mające pewien poziom inteligencji maszynowej. Dążeniem człowieka od zawsze było stworzenie maszyny na swój obraz (humanoida). Wraz z rozwojem technologii roboty wyposażano w coraz lepsze, nowocześniejsze źródła energii, czujniki, urządzenia wykonawcze i sterujące. Na początku XX wieku, wraz z wykorzystaniem elektryczności, roboty wyposażono w mikrofony, fotokomórki i głośniki, a do sterowania zaczęto używać aparatury bezprzewodowej. W latach pięćdziesiątych XX w. wyprodukowano pierwsze modele maszyn manipulacyjnych z programowym sterowaniem.

Do pionierów robotyki z całą pewnością można zaliczyć konstruktora Joe Engelbergera, który wraz ze swoim przyjacielem Devolem skonstruował w 1958 r. kanciastą i przysadzistą maszynę UNIMATE. UNIMATE (rys. 1) w 1961 r. został włączony do procesu technologicznego w fabryce General Motors w Ternstedt w stanie New Jersey.



Rys. 1. Robot UNIMATE na linii montażowej Volvo 650

(Źródło: <http://www.volvocargent.be/nl/>)

Jednym z pierwszych zadań robota, wyposażonego w teleskopowe ramię hydrauliczne z przegubem, było przeniesienie dziewięciokilogramowych odlewów ze stali. Później był również stosowany m.in. na liniach montażowych samochodów marki Volvo. Robot przepracował przez blisko 50 lat ok. 100 tys. godzin, wytyczając w przemyśle nowy kierunek.

Wykorzystanie maszyny pracującej 24 h na dobę bez operatora potwierdziło sens wyposażania linii produkcyjnych w wydajne programowalne maszyny. Możliwość zastąpienia ciężkiej pracy robotników na trzech zmianach zainicjowała masową produkcję robotów na potrzeby przemysłu (w Stanach Zjednoczonych w 1963 r., w Europie i Japonii w 1968 r., w Polsce na początku lat 70.). Dziś UNIMATE jest eksponatem w Smithsonian Institution i trudno porównywać go z robotami, których rozwój dyktowany jest obecnie przez lawinowy rozwój technologii mikroprocesorowej. Dziś, kiedy coraz częściej mówi się nie o przestrzeni roboczej, a o środowisku pracy robota, konstruktorzy pragną w jak największym stopniu

usamodzielić maszynę, wyposażając ją w czujniki symulujące zmysły człowieka. Jak dotąd, z pięciu zmysłów (wzrok, dotyk, smak, słuch i węch) tylko wzrok i dotyk znalazły szerokie zastosowanie w robotyce. Obecnie na całym świecie są prowadzone intensywne prace nad sterowaniem głosem, identyfikacją i rozpoznawaniem położenia obiektu w przestrzeni trójwymiarowej oraz czujnikami odległości. Pełne wykorzystanie trójwymiarowych systemów stało się możliwe dzięki zastosowaniu zaawansowanych czujników wizyjnych, ultradźwiękowych i laserowych. Dużym problemem są funkcje lokomocyjne i wszyscy zadają sobie pytanie – jak zbudować chwytak bliski właściwościom ludzkiej ręki?! Próbuje się wykorzystać zjawiska elektrostatyczne oraz chwytaki adaptacyjne (dostosowujące swój kształt do kształtu obiektu). Jakimi siłownikami zastąpić siłowniki hydrauliczne, pneumatyczne i elektryczne? W jaki sposób zminiaturyzować napędy? Istnieje jeszcze wiele innych pytań, na które dzisiejsi inżynierowie starają się znaleźć odpowiedź.

Odrębnym problemem robotyki są układy sterowania, w których proste sterowanie położeniem już nie wystarcza. Dzisiaj tworzy się wieloprocesorowe układy pozwalające na tworzenie wielowątkowych aplikacji i współpracę z otaczającym środowiskiem, a to stymuluje rozwój interfejsów łączących oba światy, rozwijając przy tym techniki programistyczne. Wydaje się, że najlepszym rozwiązaniem są języki wysokiego poziomu (łatwo przyswajalne przez człowieka), umożliwiające działanie robotów w czasie rzeczywistym.

## 2. Pojęcia podstawowe

Robotyka jest dziedziną wiedzy technicznej i, jak w większości dziedzin, obowiązuje w niej pewne prawa. Prawa robotyki powstały głównie z uwagi na rozważane zagrożenia dla ludzkości, mogące wynikać z wysokiego zaawansowania technologicznego maszyn. Zgodnie z założeniami, aby do takich zagrożeń nie dopuścić, konstruktorzy robotów powinni przestrzegać zdefiniowanych praw robotyki [I.28].

Pierwsze trzy prawa zostały sformułowane w opowiadaniu *Zabawa w berka* w 1942 r. przez pisarza Isaaca Asimova i tworzą tzw. kanony robotyki. Obecnie, ze względu na rozwój robotyzacji i mikrotechnologii, formułuje się dodatkowe prawa, których zadaniem jest uwzględnienie wszystkich aspektów wzrostu możliwości robotów.

### Prawa robotyki

- **Pierwsze prawo:** Robot nie może ingerować w działanie człowieka, oprócz tych działań, które szkodzą człowiekowi.
- **Drugie prawo:** Robot musi być posłuszny rozkazom wydanym przez człowieka, oprócz tych rozkazów, które są sprzeczne z pierwszym prawem.
- **Trzecie prawo:** Robot musi chronić swoją egzystencję, oprócz tych przypadków, które są sprzeczne z pierwszym lub drugim prawem.
- **Czwarte prawo:** Robot musi ujawnić swoją naturę robota. W szczególności robot nie może udawać człowieka.
- **Piąte prawo:** Im bogatsze jest wyposażenie robota w układy czujnikowe, zapewniające percepcję warunków otoczenia, a w szczególności możliwości autonomicznego określania działań przez jego układ sterowania, tym (do pewnego dopuszczalnego stopnia) może być uboższa jego konstrukcja. Ten dopuszczalny stopień zależy od celu, który został przed robotem postawiony, oraz od możliwości zrealizowania tego celu przez robota.

Później, w 1985 r., w opowiadaniu *Roboty i Imperium* Asimov dodał tzw. prawo zerowe, które stało się prawem nadrzędnym: robot nie może skrzywdzić ludzkości ani przez zaniechanie działania doprowadzić do uszczerbku dla ludzkości.

### 2.1. Definicje robotów

Podobnie jak termin „automatyzacja”, termin „robot” również jest tłumaczony różnie w zależności od kontekstu. Według Wikipedii:

Robot to mechaniczne urządzenie wykonujące automatycznie pewne zadania. Działanie robota może być kontrolowane przez człowieka, przez wprowadzony wcześniej program bądź przez zbiór ogólnych reguł, które zostają przełożone na działanie robota za pomocą technik sztucznej inteligencji. Roboty często zastępują człowieka przy monotonicznych, złożonych z powtarzających się czynności, działaniach, które mogą wykonywać znacznie szybciej od ludzi. Domeną ich zastosowań są też te zadania, które są niebezpieczne dla człowieka, na przykład związane z manipulacją szkodliwymi dla zdrowia substancjami lub przebywaniem w nieprzyjnym środowisku.

Pojęcia „robot” używa się też do nazywania autonomicznie działających urządzeń odbierających informacje z otoczenia za pomocą sensorów i wpływających na nie za pomocą efektorów. Roboty takie są budowane przez badaczy zajmujących się sztuczną inteligencją lub kognitywistyką w celu modelowania zdolności poznawczych, sposobu myślenia lub zachowania zwierząt bądź ludzi. Mimo ogromnego postępu w tych dziedzinach cel, którym jest stworzenie robota co najmniej dorównującego inteligencją człowiekowi, wciąż wydaje się bardzo odległy.

Robot jest też ogólnym pojęciem stosowanym do określenia istniejących w rzeczywistości lub wyimaginowanych automatów i maszyn przypominających wyglądem człowieka lub zwierzę. Słowa „robot” przedtem użyjemy do nazwania człekokształtnej ruchomej kukły niż wysoko wyspecjalizowanej nowoczesnej zmywarki do naczyń – mimo że sposób działania tego urządzenia w pełni zgadza się z definicją robota. Przyczyną tego jest prawdopodobnie cechujący nas antropomorfizm.

Robotyka przemysłowa jest dziedziną robotyki zajmującą się zastosowaniem robotów i manipulatorów przemysłowych w celu robotyzacji procesów produkcyjnych (m.in. spawanie, malowanie, paletyzacja, montaż, prasowanie, przenoszenie, inspekcja produktów, testowanie produktów).

Pojęciem „robota przemysłowego” określa się w różnych częściach świata różnie skonfigurowane maszyny. W Niemczech wymagane jest, aby robot miał więcej niż 3 aktywne osie, choć i ta definicja nie jest powszechnie akceptowana. W wielu krajach, takich jak Japonia czy USA, używa się odrębnych definicji robota (w Japonii na przykład ręcznie poruszane manipulatory również są klasyfikowane jako roboty). Dlatego bardzo trudno jest ocenić statystyczny poziom automatyzacji i podać liczbę robotów.

Manipulacyjny robot przemysłowy jest automatycznie sterowaną, programowaną, wielozadaniową maszyną manipulacyjną o wielu stopniach swobody, mającą właściwości manipulacyjne lub lokomocyjne, stacjonarną lub mobilną, do ważnych zastosowań przemysłowych.

W obszarze robotyki najbardziej interesujące wydają się roboty nazywane „inteligentnymi”. Takim mianem określa się maszyny elastyczne, zmieniające swoje zachowanie pod wpływem czynników zewnętrznych i będące w stanie manipulować fizycznymi przedmiotami w realnym środowisku, reagując w odpowiedni sposób na zewnętrzne wydarzenia. Wygląd i wielkość nie mają wpływu na poziom inteligencji robota, a najważniejszym kryterium jest posiadanie różnych typów czujników.

### 2.2. Zastosowania specjalne robotów

Oprócz zastosowania robotów w aplikacjach przemysłowych, są one szeroko wykorzystywane do zastosowań specjalnych. W takich przypadkach nie przelicza się kosztów użytkowania maszyny, ponieważ pracuje ona najczęściej w warunkach ekstremalnych, często bardzo niebezpiecznych dla organizmów żywych. Do obszarów specjalnych można zaliczyć:

- przestrzeń kosmiczną;
- medycynę;
- laboratoria;
- produkcję w „pomieszczeniach sterylnych”;
- zastosowania militarne;
- specjalne rozwiązania przemysłowe i budowlane.

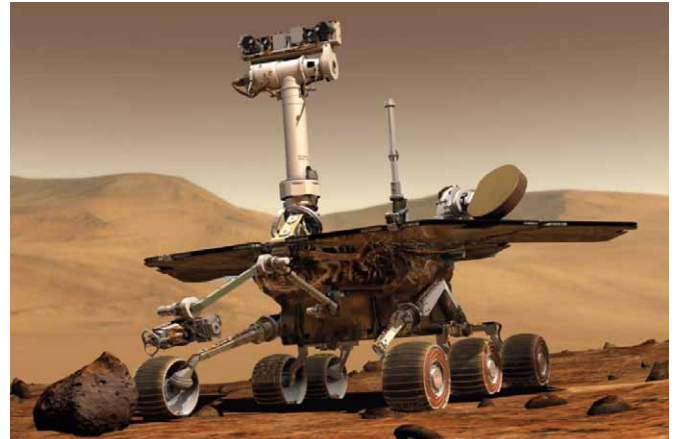
#### Przestrzeń kosmiczna

W przestrzeni kosmicznej człowiek jest bardzo drogim operatorem. Wyszkolenie astronautów, ich liczba oraz systemy techniczne (np. podtrzymanie życia) powodują, że na Ziemi ponoszone są ogromne koszty związane z czynnikiem ludzkim. Dlatego w misjach kosmicznych, gdzie istnieje



Rys. 2. Ramię robota Canadarm w kosmosie

(Źródło: NASA TV)



Rys. 3. Łazik Opportunity

(Źródło: NASA TV)

niebezpieczeństwo utraty życia, preferowane są systemy automatyczne (rys. 2).

Do obszarów aplikacji w przestrzeni kosmicznej, które można zautomatyzować przez użycie robotów, można zaliczyć:

- wykonywanie eksperymentów w bezzałogowych laboratoriach kosmicznych;
- przechwytywanie i tankowanie satelitów oraz reperowanie wadliwie działających;
- badanie planet przy wykorzystaniu robotów mobilnych (rys. 3).

#### Laboratoria

Ze względów bezpieczeństwa oraz wymogu dużej dokładności roboty są wykorzystywane w medycynie, chemii i biotechnologii. Do tego typu celów najczęściej są wykorzystywane roboty o małych gabarytach, ponieważ wykonują one zazwyczaj pracę w bardzo małej przestrzeni. W laboratoriach często są tworzone hermetyczne stanowiska robocze, w których roboty wykonują doświadczenia w warunkach sterylnych (rys. 4).



Rys. 4. Robot CSDA10F firmy Yaskawa Motoman

(Źródło: <https://www.yaskawa.eu.com/>)

### Medycyna

Wytwarzanie produktów medycznych wymaga najwyższego stopnia precyzji i higieny. Dlatego bardzo wiele produktów tego typu powstaje w sterylnych pokojach, bez udziału czynnika ludzkiego. W takich pomieszczeniach produkcyjnych roboty wykonują wszystkie funkcje, od transportu, przez montaż, aż do pakowania. W przyszłości roboty medyczne będą wspierały zespoły chirurgiczne w przeprowadzaniu operacji. Już dzisiaj powszechnie są stosowane teleoperatory, które wspomagają pracę chirurgów, wykonując ruchy lekarza. Oczywiście naukowcy pracują nad robotami, które będą mogły autonomicznie wykonywać operacje, a ich praca będzie wspierana przez dane i obrazy płynące z tomografów. Przykładem może być polski robot medyczny Robin Heart (rys. 5), który został opracowany przez zespół naukowców z Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii w Zabrze. Jest to jeden z najnowocześniejszych na świecie robotów wspomagających przeprowadzanie operacji.



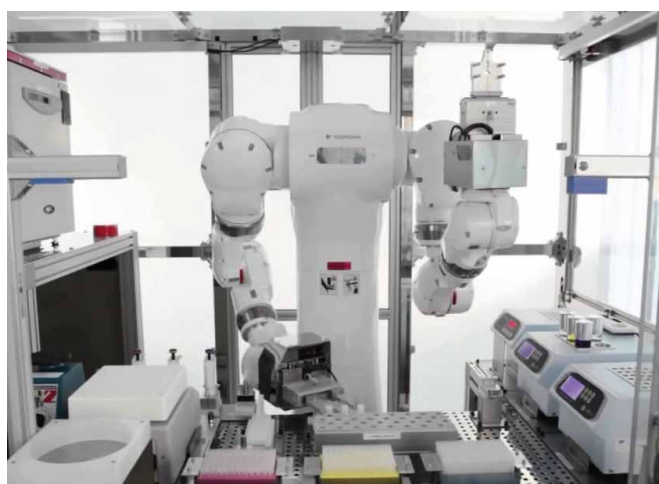
Rys. 5. Robot chirurgiczny Robin Heart

(Źródło: <http://automatykaonline.pl/>)

### Pomieszczenia sterylne

Niektóre procesy produkcyjne, takie jak produkcja półprzewodników, obwodów łączonych czy nośników magnetycznych, wymagają odpowiednich warunków klimatycznych oraz wysokiej czystości powietrza. Procesy takie są hermetyzowane w tzw. czystych pomieszczeniach. Specjalny klimat oraz instalacje filtrów zapewniają odpowiednie warunki produkcji, takie jak stała temperatura, wilgotność powietrza i brak kurzu.

W pomieszczeniach takich roboty są wykorzystywane najczęściej do celów transportowych, dlatego wymagana jest ich duża precyzja i powtarzalność ruchów (rys. 6). Ponadto muszą one spełniać wymagania sterylności pomieszczeń i nie powinny emitować więcej kurzu, niż może wchłonąć filtr obsługujący dane pomieszczenie.



Rys. 6. Robot CSDA10F firmy Yaskawa Motoman w pomieszczeniu sterylnym

(Źródło: <https://www.youtube.com/>)

### Zastosowania militarne

Rozwój techniki zawsze był nieodłącznie związany z wykorzystaniem nowoczesnych technologii w zastosowaniach militarnych. W mediach coraz częściej pojawiają się informacje dotyczące nowoczesnych robotów wojskowych, wspierających żołnierzy na polu walki. Roboty są obecnie wykorzystywane w powietrzu, wodzie i na lądzie, wykonując szczególnie niebezpieczne zadania (rys. 7).

### 2.3. Robotyka przemysłowa a automatyzacja

Robotyka przemysłowa jest ściśle związana z automatyzacją. W tym kontekście można wyróżnić trzy poziomy automatyzacji:

- 1. Automatyzacja ze stałą funkcjonalnością.** W przypadku dużej liczby produktów (np. samochodów) najlepszym rozwiązaniem ekonomicznym, mimo wysokich kosztów spowodowanych specyficzną produkcją, jest zakup optymalnego wyposażenia do ich produkcji. Dzięki podziałowi kosztów przez liczbę produktów można osiągnąć niższą cenę jednostkową niż przy użyciu innych metod produkcyjnych.
- 2. Automatyzacja programowalna.** W przypadku produkcji różnych produktów w małych seriach wyposażenie należy tak zaprojektować, aby można je było łatwo adaptować do nowych warunków. Kolejne adaptacje umożliwiają



Rys. 7. Robot mobilny Maars

(Źródło: <http://www.precisionremotes.com/>)

produkcję różnych wyrobów, a koszt całego przedsięwzięcia można podzielić na wszystkie wyprodukowane produkty.

3. **Automatyzacja elastyczna.** Mechanizm automatyzacji elastycznej składa się z pewnej liczby powszechnie przydatnych ogniw produkcji, które są łączone przez transport i system składowania. Centralny kontroler produkcji koordynuje transport elementów do komórek roboczych i dostarcza wszystkie konieczne programy sterujące do robotów. System produkcji może przetworzyć większą liczbę partii produktów, jak również kilka pojedynczych produktów równocześnie.

Coraz częściej mówi się o elastycznej produkcji jako podstawowym systemie produkcji przemysłowej przyszłości. Ekonomicznym rozwiązaniem wydaje się wykorzystanie w niej inteligentnych robotów, które będą mogły zostać użyte zarówno do samej produkcji, jak i do celów transportowych. Już dzisiaj, aby działać autonomicznie i osiągnąć skuteczną współpracę między sobą, roboty muszą planować i nadzorować swoje funkcje, rozpoznawać środowisko oraz komunikować się z innymi maszynami. Rozrastające się systemy rozproszone wymagają użycia coraz większej liczby czujników oraz połączenia wszystkich współpracujących maszyn siecią wymiany danych.

Obecnie, dzięki wykorzystaniu sztucznej inteligencji, roboty wykorzystują systemy wizyjne w środowiskach przemysłowych. Kamera, robot i sterownik robota połączone z komputerem umożliwiają robotowi widzenie, poruszanie się i reagowanie w sposób podobny do funkcji organizmu człowieka [I.19].

#### **2.4. Klasyfikacja robotów przemysłowych**

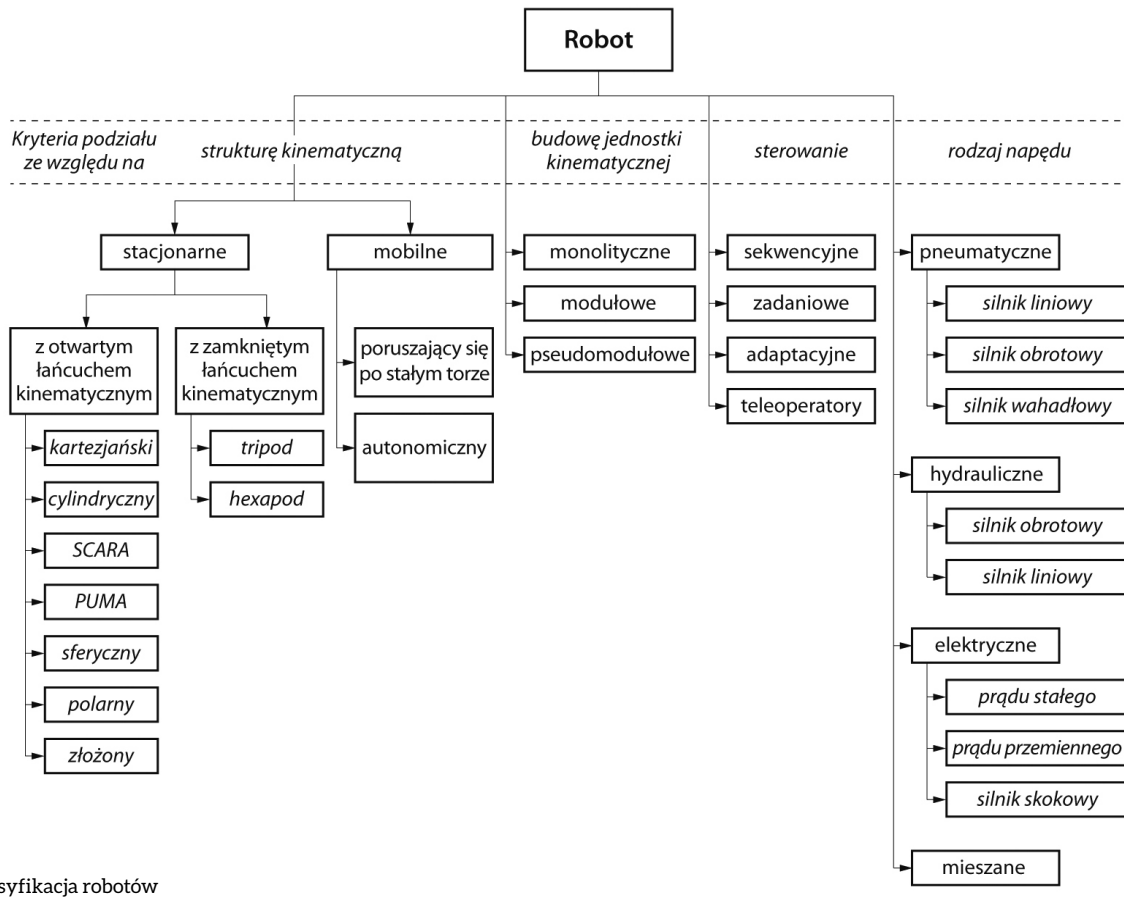
Maszyny i narzędzia są grupowane ze względu na swoje funkcje. Jeśli pełnią ich kilka, wówczas klasyfikuje

je się je, biorąc pod uwagę funkcje główne. Z powodu ogromnej liczby funkcji, roboty mogą zostać zaklasyfikowane do różnych grup. Czynności takie, jak spawanie lub malowanie, mogłyby usprawiedliwić zaliczenie do maszyn spawalniczych lub malarskich, ale zazwyczaj roboty należą do grupy urządzeń manipulacyjnych.

Istnieje wiele kryteriów podziału robotów (rys. 8). Do najczęściej spotykanych można zaliczyć podziały ze względu na: strukturę kinematyczną, budowę jednostki kinematycznej, sterowanie i rodzaj napędów [I.9].

reklama

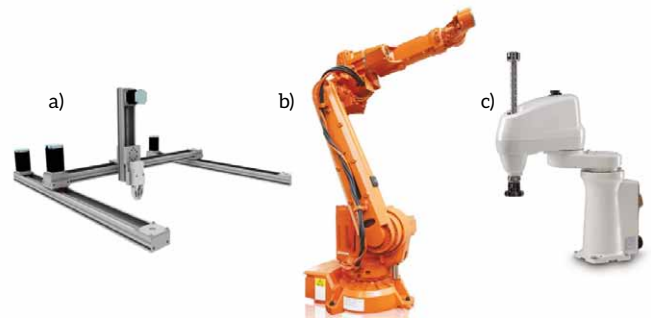
reklama



Rys. 8. Klasyfikacja robotów

**Podział robotów ze względu na strukturę kinematyczną:**

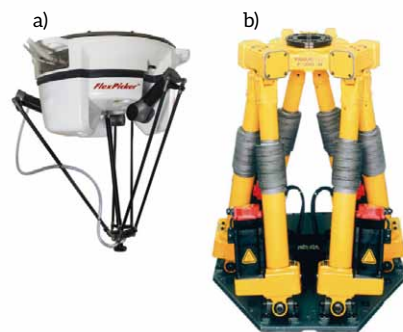
- stacjonarne (niemogące się przemieszczać względem podłoża):
  - z otwartymi łańcuchami kinematycznymi (szeregowe połączenie par kinematycznych – rys. 9);
  - z zamkniętymi łańcuchami kinematycznymi (równoległe połączenie par kinematycznych – rys. 10):
    - tripody, inaczej typu delta (trzy ramiona tworzące zamknięty łańcuch kinematyczny);
    - heksapody (sześć ramion tworzących zamknięty łańcuch kinematyczny);
- mobilne (mogące przemieszczać się względem podłoża – rys. 11):
  - poruszające się po stałym torze jezdnym (wykorzystywane często na liniach technologicznych fabryk);
  - autonomiczne – mające możliwość swobodnego poruszania się.



Rys. 9. Roboty z otwartym łańcuchem kinematycznym: a) kartezyjski firmy WObit; b) przegubowy IRB2600 ID firmy ABB; c) SCARA firmy Adept (Źródło: <http://www.wobit.com.pl/>, <http://www.abb.com/>, [www.adept.com/](http://www.adept.com/))

**Podział robotów ze względu na budowę jednostki kinematycznej:**

- monolityczne – roboty o niezmiennej konstrukcji mechanizmu, tzn. użytkownik ma możliwość uzupełnienia ramienia wymiennymi końcówkami (efektorami);
- modułowe – użytkownik ma możliwość samodzielnego konstruowania robotów z elementów (segmentów) dostarczonych przez producenta;



Rys. 10. Roboty z zamkniętym łańcuchem kinematycznym: a) tripod IRB360 firmy ABB; b) heksapod F200i firmy FANUC

(Źródło: <http://www.ABB.com/>, <http://FANUC.com/>)



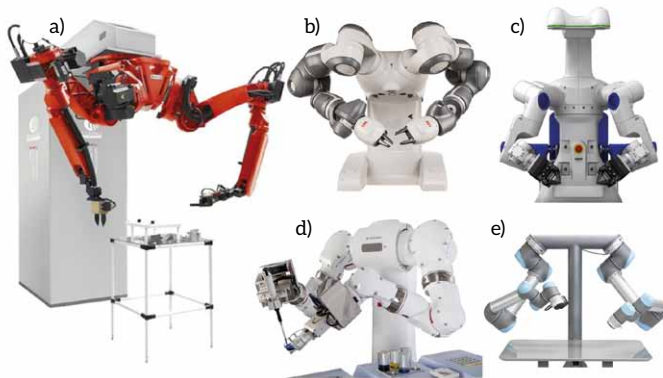
Rys. 11. Roboty mobilne: a) KL3000 firmy KUKA na torze jezdny;  
b) SUMMIT firmy Robotnik (Źródło: [www.kuka.com](http://www.kuka.com), [www.robotnik.eu](http://www.robotnik.eu))

- elektryczne – silniki: prądu stałego, przemiennego, silnik krokowy;
- kombinowane – połączenie powyższych rozwiązań.

### Inne typy robotów

Obecnie, z uwagi na dynamiczny rozwój, odrębną grupę stanowią roboty wyposażone w dwa ramiona (rys. 12). Urządzenia te pojawiły się w ofercie niemal wszystkich liczących się na świecie producentów robotów. Niewątpliwie ma to związek z dostosowywaniem przepisów bezpieczeństwa, pozwalających na bliższą kooperację człowieka z maszyną. Ponadto umożliwia to pozyskanie kolejnej sfery produkcji – złożonego montażu.

Nową grupą robotów są roboty kolaboracyjne. Ich rozwój jest kolejnym etapem zbliżania robotów do ludzi z zapewnieniem bezpieczeństwa zgodnego z tworzonymi dyrektywami. ■



Rys. 12. Roboty dwuramiennne: a) robot firmy COMAU; b) YUMI firmy ABB; c) robot firmy EPSON; d) CSDA10F firmy Yaskawa Motoman;  
e) UR5 dual arm 2 firmy Universal Robots  
(Źródło: [www.comau.com](http://www.comau.com), [www.abb.com](http://www.abb.com), [www.epson.com](http://www.epson.com), [www.youtube.com](http://www.youtube.com),  
[www.universal-robots.com/](http://www.universal-robots.com/))

- pseudomodułowe – są to właściwie roboty monolityczne, lecz producent umożliwia modułową wymianę wybranych elementów.

### Podział robotów ze względu na sterowanie:

- sekwencyjne – roboty wyposażone w układ sterowania wykonujący ruchy wg założonego algorytmu;
- zadaniowe – realizujące zadania wg pewnego algorytmu, który opisuje nie tylko położenie i orientację, ale również wymagane prędkości;
- adaptacyjne – dzięki dodatkowym mechanizmom (czujniki, algorytmy adaptacyjne) mają możliwość dostosowania się do otaczającego je środowiska (przestrzeni roboczej);
- teleoperatorzy – ich zasadniczą cechą jest możliwość sterowania bezpośrednio przez operatora lub komputer (sterownik PLC).

### Podział robotów ze względu na rodzaj napędów:

- pneumatyczne – siłowniki: liniowy, wahadłowy, silnik obrotowy;
- hydrauliczne – siłownik liniowy, silnik obrotowy;

Bibliografia dostępna pod linkiem: [nis.com.pl/bibliografia.html](http://nis.com.pl/bibliografia.html)

Fragment pochodzi z książki:

*Robotyzacja procesów produkcyjnych,*

W. Kaczmarek, J. Panasiuk,

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017

reklama

reklama