

Wprowadzenie do współczesnej inżynierii

cz. IV Automatyka i robotyka

Prof. E. Jezierski
Instytut Automatyki



Zawartość wykładu

Przedmiot, zakres i metody automatyki. Obiekt sterowania i sterowanie - definicje podstawowe. Obiekty statyczne i dynamiczne. Jednolitość opisu obiektów mechanicznych, hydraulicznych i elektrycznych. Systemy liniowe i nieliniowe. Idea sprzężenia zwrotnego. Stabilność, sterowanie i regulatory. Podstawowe algorytmy sterowania. Związki automatyki z elektrotechniką, elektroniką oraz informatyką. Optymalizacja. Sterowanie wielopoziomowe i zastosowania zaawansowanych metod sterowania.

Historia i dzień dzisiejszy robotyki. Podstawowe właściwości kinematyczne robotów. Programowanie i współpraca robotów. Przemysłowe zastosowania robotów. Roboty humanoidalne, kroczące i wspinające się. Roboty serwisowe i specjalne. Roboty edukacyjne i rozrywkowe. Społeczne i ekonomiczne efekty automatyzacji i robotyzacji.

Literatura

1. Kwiatkowski W.: Wprowadzenie do automatyki. Bell Studio, Warszawa, 2005.
2. Jezierski E.: Robotyka – kurs podstawowy. Wyd. Polit. Łódzkiej, Łódź, 2002.
3. Niederliński A.: Systemy i sterowanie – wstęp do automatyki i cybernetyki technicznej. PWN, Warszawa, 1983.
4. Dorf C. F., Bishop R. H.: Modern Control Systems. Pearson Prentice Hall, 2006. – wybrane rozdziały

Zaliczenie przedmiotu: kolokwium w ostatnim tygodniu zajęć.

Dodatkowe informacje:

strona Zakładu Sterowania Robotów IA PŁ

<http://robotyka.p.lodz.pl>

Obiekty, układy, systemy i procesy

Człowiek, od początków swego istnienia na Ziemi, oddziałuje na otaczające go środowisko w celu uzyskania określonych profitów ułatwiających mu przeżycie. W tym celu zaczął tworzyć rozmaite urządzenia techniczne zwiększające skuteczność wpływania na środowisko. Od tego czasu datuje się działalność inżynierska Człowieka.

Historyczny rozwój urządzeń technicznych:

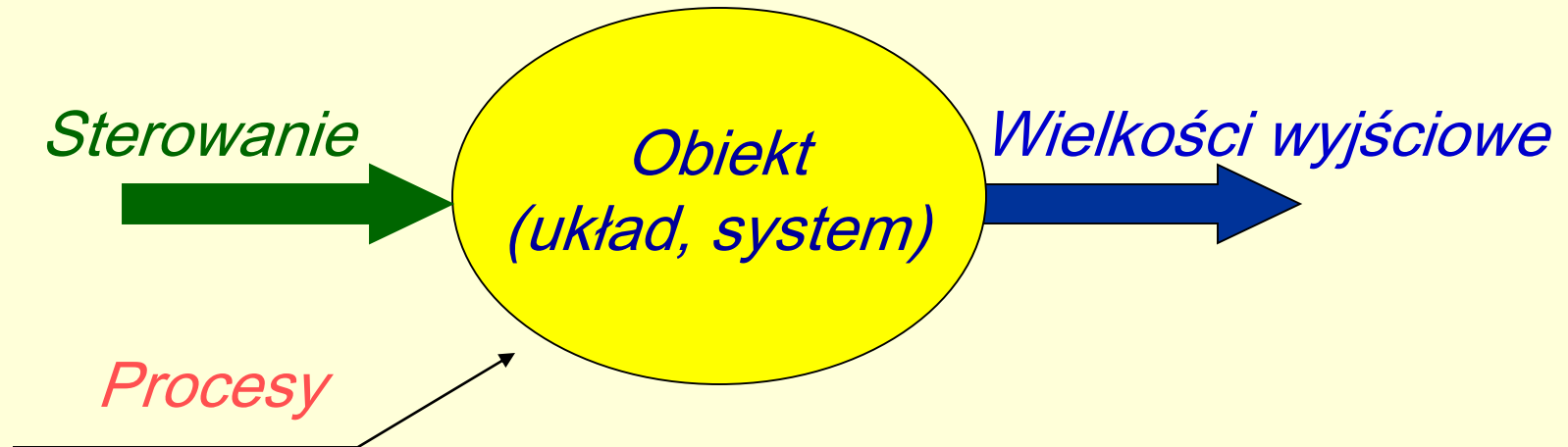
- mechaniczne,
- chemiczne,
- elektryczne,
- oparte na osiągnięciach współczesnej fizyki.

Różnorodne urządzenia techniczne wraz z fragmentami środowiska, będące zbiorami elementów powiązanych ze sobą i stanowiące całość o określonym przeznaczeniu nazywamy obiettami, układami lub systemami.

Procesami nazywamy zjawiska zachodzące w tych obiektach.

Sterowanie

Sterowaniem nazywamy kierowanie procesami zachodzącymi w obiektach w celu zapewnienia ich pożądanego przebiegu. Cechą charakterystyczną sterowania jest oddziaływanie na obiekt sterowania w oparciu o przetwarzanie informacji o przebiegu procesu. Sterowanie wymaga więc realizacji pewnych czynności intelektualnych.



Przez ogromnie długi okres czasu funkcje sterujące spełniał człowiek (np. utrzymywał stały poziom wody w fosie). Okazało się, że czynności związane ze sterowaniem można również zastąpić pewnymi urządzeniami wytworzonymi sztucznie, które mogą działać samoczynnie. Kumulowanie się doświadczeń różnych ludzi związanych z konstruowaniem urządzeń sterujących doprowadziło do powstania automatyki.

Automatyka i automatyzacja

Automatyka jest dyscypliną nauk technicznych zajmującą się analizą i modelowaniem matematycznym obiektów i układów różnej natury (np. cieplnych, chemicznych, elektrycznych, mechanicznych, hydraulicznych czy pneumatycznych). Opracowany model pozwala na zastosowanie teorii sterowania do stworzenia układu (zwanego regulatorem, sterownikiem, kontrolerem) sterującego danym obiektem, procesem lub układem tak, by ten zachowywał się w pożądanym sposób.

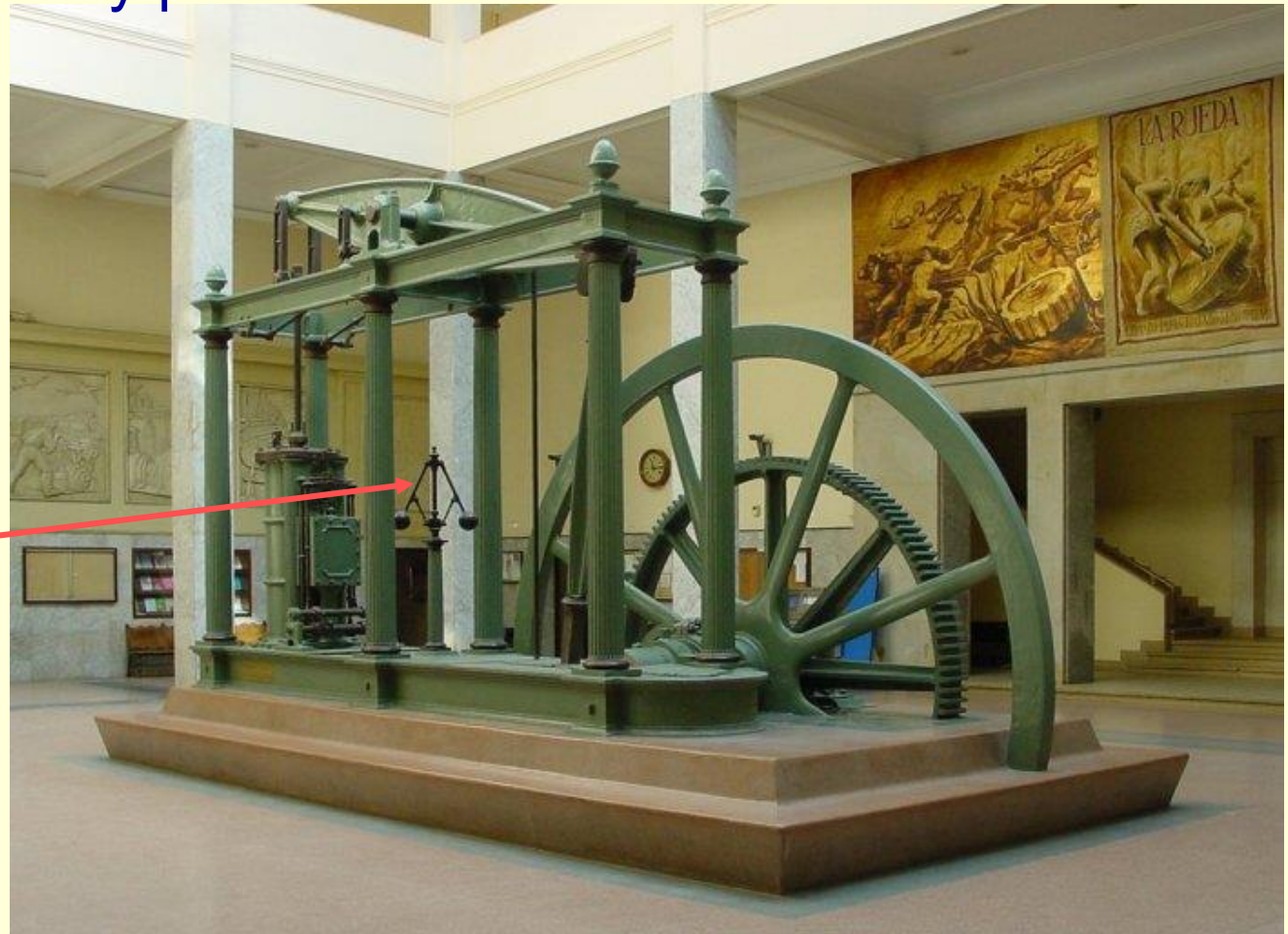
Automatyzacja to znaczne ograniczenie lub zastąpienie ludzkiej pracy fizycznej i umysłowej przez pracę maszyn działających na zasadzie samoregulacji i wykonujących określone czynności bez udziału człowieka. Również jest to zastosowanie maszyn do pracy niemożliwej do wykonania w inny sposób.

Z punktu widzenia automatyki, automatyzacja jest to działalność natury technicznej, ekonomicznej i organizacyjnej, mająca na celu wprowadzenie praw, metod i urządzeń automatyki w rozmaite dziedziny życia.

Automatyzacja przynosi wymierne efekty ekonomiczne, mierzone np. zmniejszaniem tygodniowego wymiaru pracy (aktualnie 1 godz. / 5 lat).

Regulator Watt'a

Powszechnie uważa się, że pierwszym urządzeniem samoczynnej regulacji, które znalazło szerokie zastosowanie w przemyśle był regulator prędkości obrotowej maszyny parowej, zrealizowany przez Szkota – Jamesa Watt'a w 1784 r.

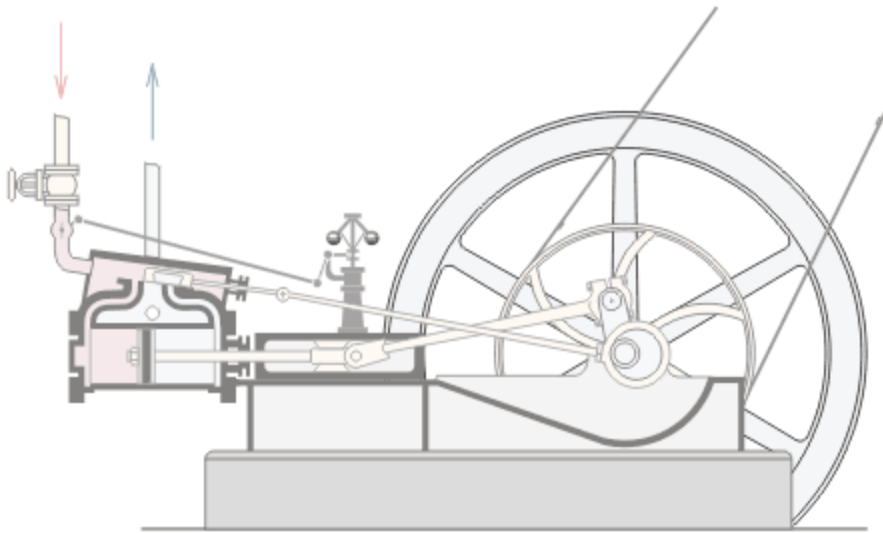


*Odśrodkowy
regulator
Watt'a*



Wyodrębnienie się dyscypliny automatyka

Na przestrzeni wielu lat w postępującym procesie automatyzacji w różnych dziedzinach techniki pojawiały się praktyczne rozwiązania układów regulujących samoczynnie (np. ciśnienia w zbiornikach czy obroty maszyn). Analizę zachowań tych układów traktowano jako część odpowiedniej dziedziny techniki (np. pneumatyki, elektrotechniki, czy teorii maszyn cieplnych), co sprawiało, że wiedza na temat regulacji była porozrzucana pośród różnych działów nauki.



W roku 1868 James Clerk Maxwell opracował matematyczną teorię regulacji maszyny parowej. Wykorzystanie równania różniczkowego opisującego właściwości urządzenia regulacyjnego pozwoliło wyjaśnić przyczyny niepoprawnego (w niektórych przypadkach) działania.

Automatyka organizuje cały ten dorobek, uogólniając go przy tym i upraszczając.

Kształcenie w zakresie automatyki

Automatyka jest wykładana na wydziałach, które tradycyjnie związane są z inżynierią elektryczną, gdyż:

1. Do wyjaśnienia procesów zachodzących w urządzeniach elektrycznych i automatycznych stosowany jest zbliżony aparat matematyczny (analiza matematyczna, algebra liniowa, rachunek wektorowy, rachunek operatorowy);
2. Zdecydowana większość technicznych środków pozwalających na budowanie urządzeń automatycznych wykorzystuje energię elektryczną, która jest najbardziej uniwersalnym rodzajem energii (łatwość konwersji na inne rodzaje energii, łatwość i szybkość transportu);
3. Stosowane metody pomiarowe w urządzeniach elektrycznych i automatycznych są podobne (np. analiza zachowania obiektu przy pobudzaniu sygnałami sinusoidalnymi o zadawanej częstotliwości).

Robotyka

Robotyka to interdyscyplinarna dziedzina wiedzy działająca na styku mechaniki, automatyki, elektrotechniki i elektroniki oraz informatyki. Domeną robotyki są również rozważania nad sztuczną inteligencją – w niektórych środowiskach robotyka jest wręcz z nią utożsamiana.

Po raz pierwszy terminu robot użył czeski pisarz Karel Čapek w 1920 roku w swojej sztuce R.U.R. (Rossumovi Universální Roboti). Terminem tym określił maszynę-niewolnika zastępującą człowieka w najbardziej uciążliwych zajęciach. Nazwa wywodzi się od czeskiego słowa „*robotá*” czyli ciężka praca.

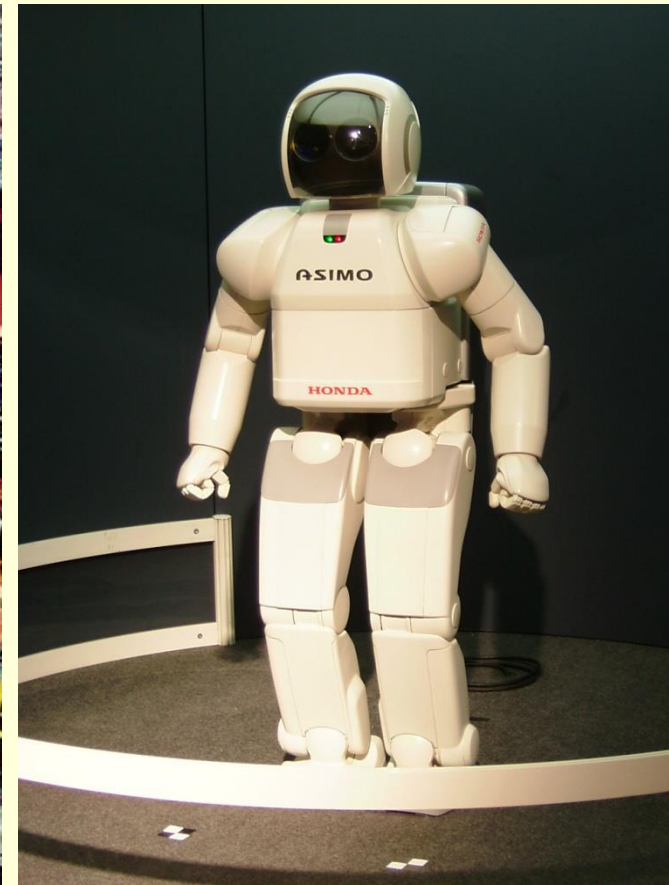
Ojcem robotyki jest nazywany konstruktor amerykański George Devol, który zbudował w roku 1954 pierwszy programowalny manipulator, opatentowany w roku 1956. Bazując na tym wynalazku firma Unimate w 1960 roku wyprodukowała jego wersję użytkową i rok później zastosowano go w firmie General Motors na linii produkcyjnej.

Od patentu Devola po roboty humanoidalne

"The present invention makes available for the first time a more or less general purpose machine that has universal application to a vast diversity of applications where cyclic control is desired., - Patent USA No. 2,988,237



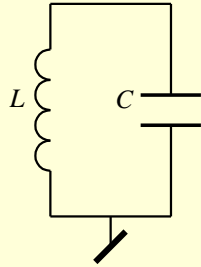
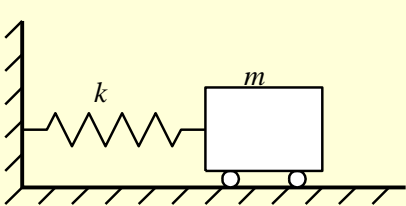
Patent USA No. 2,988,237



Obiekt i jego model

Poszukiwania rozwiązań dla problemów sterowania występujących w bardzo różnych dziedzinach doprowadziły do odkrycia ważnej prawidłowości, zgodnie z którą obiekty (układy, systemy) o całkowicie różnej naturze fizycznej mogą mieć szereg cech wspólnych, a w szczególności mogą być opisane tymi samymi zależnościami matematycznymi. Pozwala to na zunifikowanie procesu opracowania sterowania w pozornie różnych dziedzinach technicznych.

Przykłady podobieństw opisu zjawisk fizycznych:



$$v(t) = \frac{dx}{dt} \cong \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$i(t) = \frac{dq}{dt} \cong \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$p_m(t) = f(t)v(t) \quad p_e(t) = u(t)i(t)$$

Jedną z pierwszych czynności automatyka jest stworzenie modelu matematycznego obiektu na podstawie opisu procesów zachodzących wewnątrz obiektu. Następuje tu odejście od wielkości fizycznych, w celu zaliczenia danego procesu do określonej klasy obiektów sterowania.

Model matematyczny: $\frac{d^2 x(t)}{dt^2} + \omega^2 x(t) = 0$ $\omega_m = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\omega_e = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 12

Sygnały wejściowe i wyjściowe obiektu

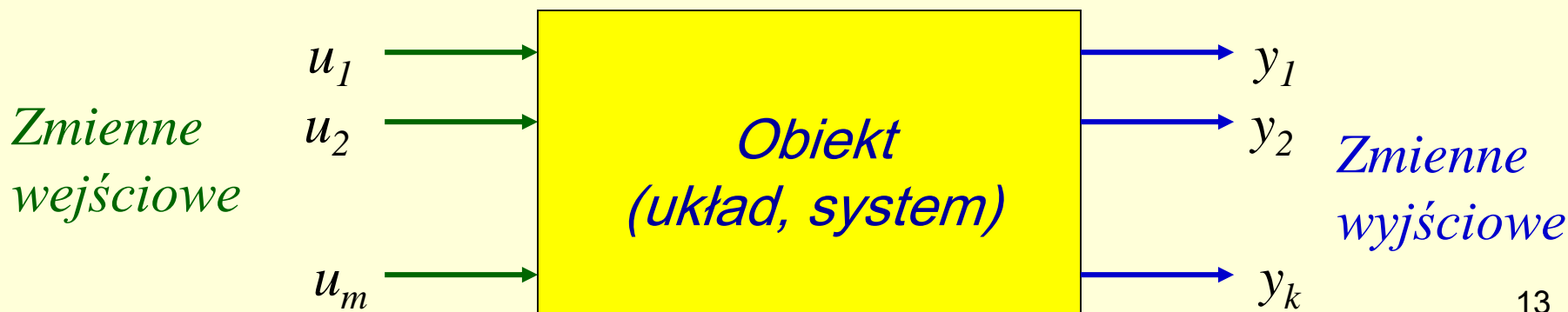
Zmienną (lub sygnałem) nazywamy każdą wielkość fizyczną, związaną z danym obiektem, która jest funkcją czasu.

Przykłady sygnałów: siła, prędkość, ciśnienie, temperatura, natężenie prądu.

Każdy obiekt posiada pewne powiązania ze swoim otoczeniem.

W szczególności posiada on:

- wejście, tj. zbiór zmiennych, za pomocą których można oddziaływać na procesy zachodzące w obiekcie (sterować nim);
- wyjście, które jest zbiorem zmiennych przedstawiających oddziaływanie systemu na otoczenie (odpowiedzi obiektu).

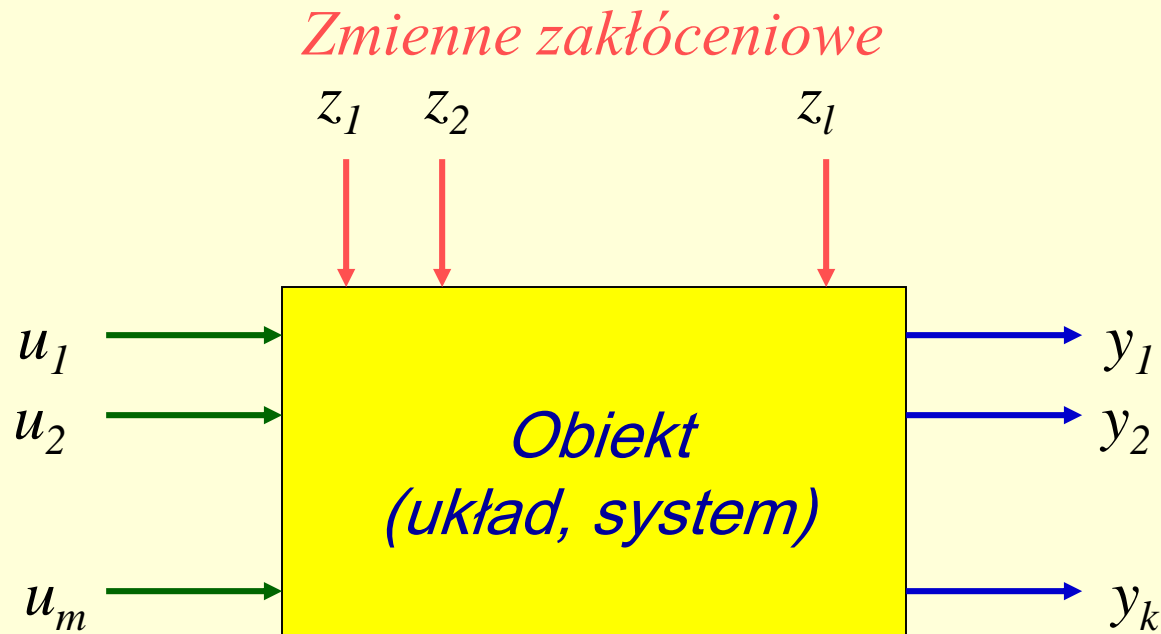


Sygnały zakłócenieniowe obiektu

Przebieg procesów zachodzących w obiekcie zależy również od sygnałów działających na obiekt, których nie jesteśmy w stanie zmieniać w sposób zaplanowany. Nazywane są one sygnałami zakłóceniovymi.

Przykłady sygnałów zakłóceniovych (**zakłóceń**) : siła i kierunek wiatru mające wpływ na proces jazdy samochodu, obciążenie robota może mieć wpływ na szybkość jego działania.

Sygnały zakłóceniovowe mogą być podzielone na mierzalne i niemierzalne.



Sygnały wewnętrzne obiektu

Sterowaniu mogą podlegać wyłącznie przyszłe przebiegi czasowe zmiennych wyjściowych. Zatem realizacja sterowania wymaga możliwości przewidywania przebiegów czasowych zmiennych wyjściowych dla określonych przebiegów czasowych zmiennych wejściowych.

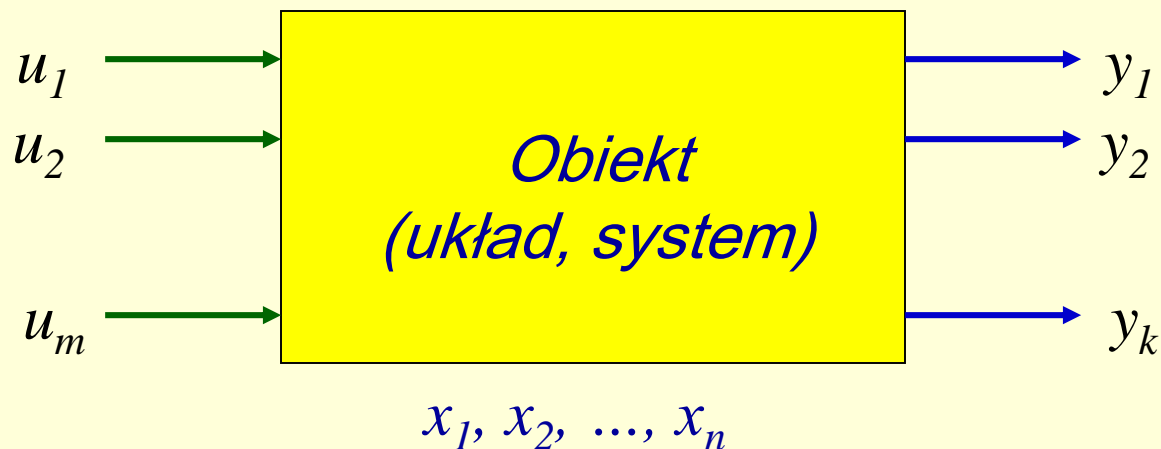
Jednakże dla bardzo wielu obiektów znajomość przebiegów czasowych wielkości wejściowych nie wystarcza do jednoznacznego określenia przyszłych przebiegów wyjściowych, nawet gdy znamy przebiegi sygnałów zakłócających. Zachodzi to w przypadku gdy obiekt zawiera elementy gromadzące energię lub układy pamięciowe.

Wtedy trzeba określić zbiór sygnałów wewnętrznych, które opisują jednoznacznie stany elementów gromadzących energię lub stany układów pamięciowych.

Stan wewnętrzny obiektu i zmienne stanu

Stanem wewnętrznym obiektu (procesu), lub krótko stanem obiektu (procesu) nazywa się minimalny zbiór tych wszystkich zmiennych wewnętrznych, których znajomość w danym momencie czasu wraz ze znajomością przyszłych przebiegów czasowych zmiennych wejściowych (przy pominięciu niemierzalnych zmiennych zakłóceń) pozwala na jednoznaczne określenie przyszłych przebiegów czasowych zmiennych wyjściowych.

Zmienne stanu są sygnałami wewnętrznymi obiektu oznaczanymi zwykle przez x_1, x_2, \dots, x_n . Ilość tych zmiennych jest nazywana rzędem obiektu.



Wektory wejścia, stanu, wyjścia i zakłócenia

Zmienne występujące w obiekcie zestawiamy najczęściej w cztery wektory kolumnowe i oznaczamy pogrubionymi lub podkreślonymi symbolami:

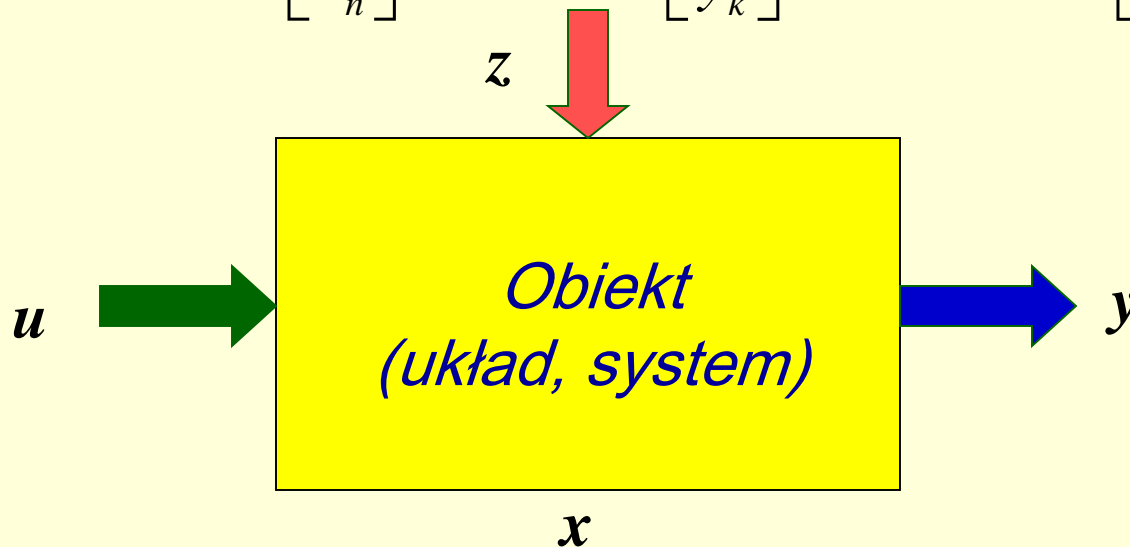
wektor wejścia \mathbf{u} , wektor stanu \mathbf{x} , wektor wyjścia \mathbf{y} , wektor zakłócenia \mathbf{z} .

$$\mathbf{u} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_m \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_k \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{z} = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_l \end{bmatrix}$$



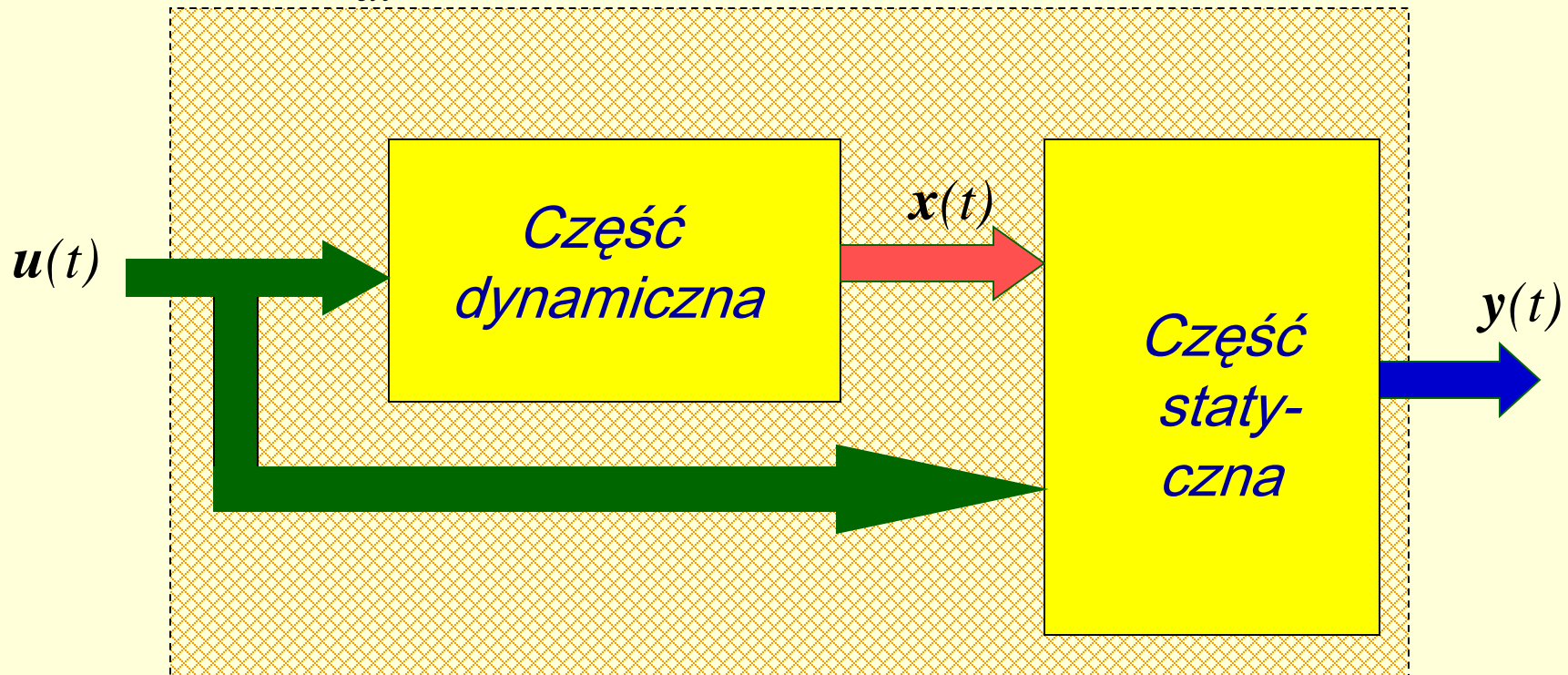
Model obiektu w przestrzeni stanu

Model obiektu w przestrzeni stanów składa się:

- a) z równań stanu, opisujących **właściwości dynamiczne** obiektu
- b) z równań wyjścia opisujących **właściwości statyczne** obiektu

$$a) \quad \frac{dx}{dt} = f(t, x(t), u(t))$$

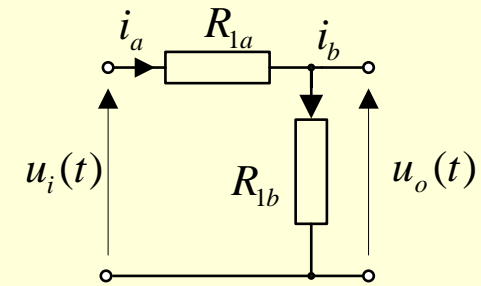
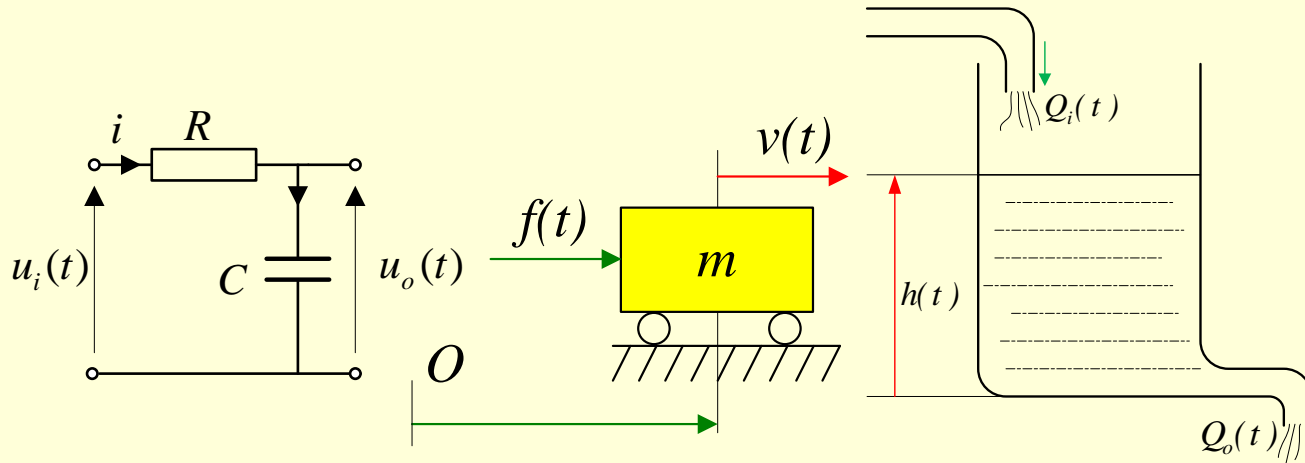
$$b) \quad y(t) = g(t, x(t), u(t))$$



Przykłady obiektów dynamicznych i statycznych

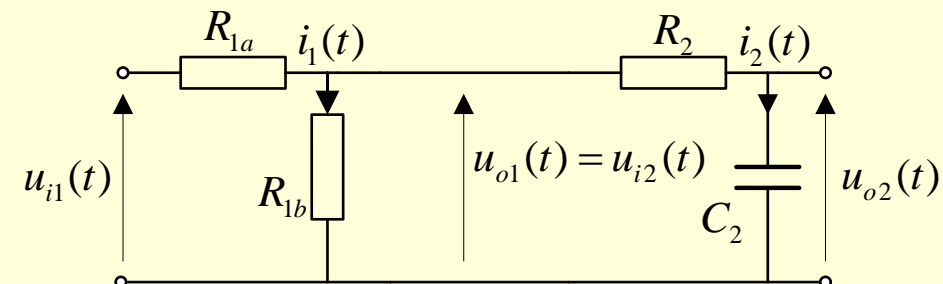
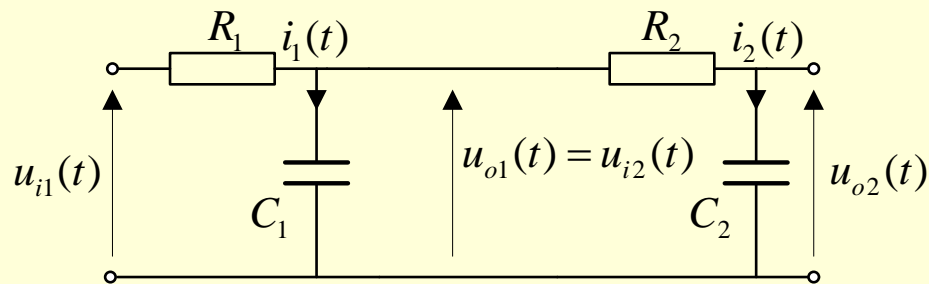
Obiekty dynamiczne pierwszego rzędu

Obiekt statyczny



Obiekt dynamiczny drugiego rzędu

Obiekt dynamiczny pierwszego rzędu



Układy sterowania

Układem sterowania nazywamy układ złożony z obiektu sterowania i urządzenia sterującego.

Urządzeniem sterującym (sterownikiem) nazywamy urządzenie techniczne służące do wytworzenia pożądaných przebiegów wejściowych obiektu sterowania.

Zwykle sterownik składa się z dwóch połączonych szeregowo podukładów:

- regulatora, którego zadaniem jest przetwarzanie sygnałów
- wzmacniacza (wzmacniacza mocy), który wzmacnia sygnał regulatora, lub inaczej mówiąc, zapewnia dostarczanie energii do wejścia obiektu sterowania.

Układy sterowania dzieli się na dwie zasadnicze grupy:

- otwarte układy sterowania, nieposiadające bezpośredniego sprzężenia zwrotnego od wyjścia obiektu;
- zamknięte układy sterowania, w których istotną rolę odgrywa sprzężenia zwrotnego od wyjścia obiektu

Układy sterowania

ze względu na posiadaną informację początkową o procesie (obiekcie sterowania) można podzielić na:

- układy sterowania o pełnej informacji o procesie

zwykle: stabilizacji,
 nadążne (śledzące),
 sterowania programowego

optymalne (które powinny zapewnić ekstremalizację przyjętego wskaźnika jakości)

- układy sterowania o niepełnej informacji o procesie

adaptacyjne
sterowania rozmytego (fuzzy control)
sterowania opartego na sieciach neuronowych

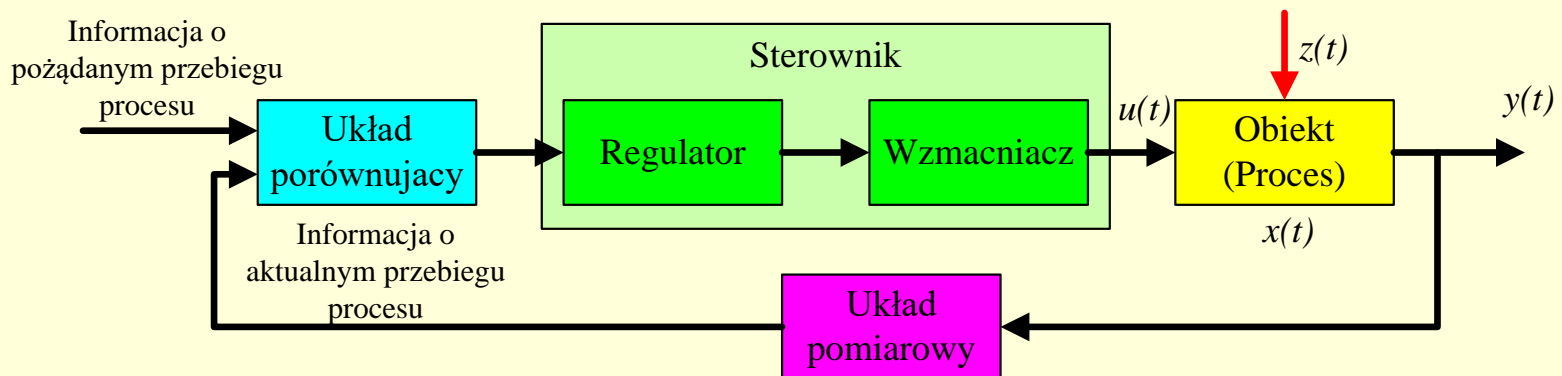
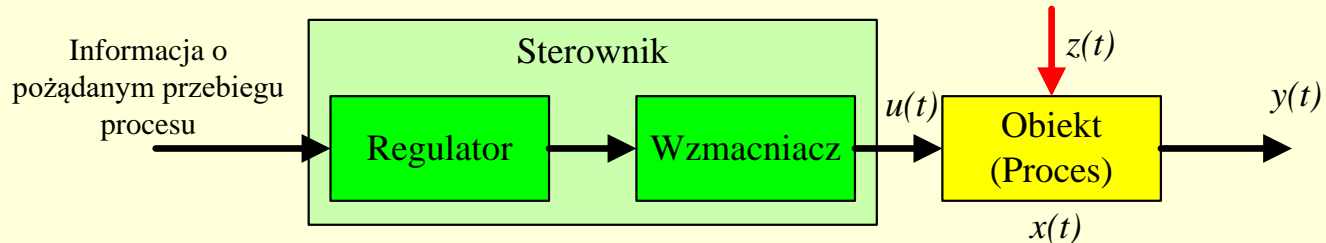
Początkowa informacja o procesie to zespół danych jakie uzyskano o tym procesie przed zaprojektowaniem układu automatycznego sterowania.

Dane te są uzyskiwane w wyniku postępowania nazywanego identyfikacja obiektu. Dla konkretnego obiektu trzeba określić postać równań opisujących go oraz wyznaczyć współczynniki występujące w tych równaniach.

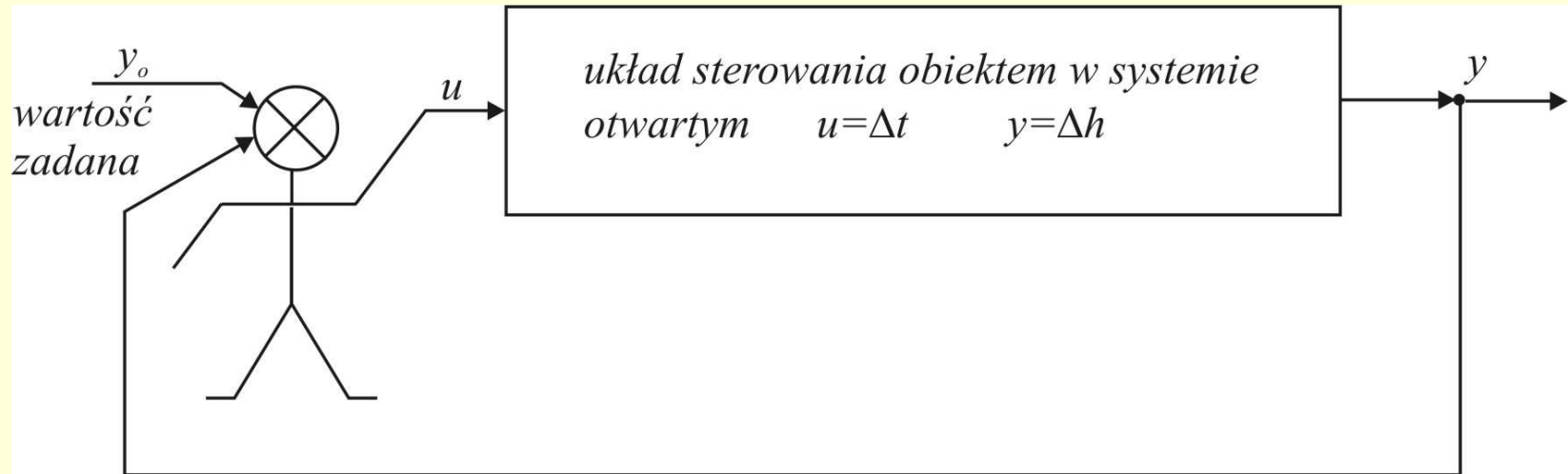
Otwarte i zamknięte układy sterowania

Układy sterowania dzieli się na dwie zasadnicze grupy:

- otwarte układy sterowania, nieposiadające bezpośredniego sprzężenia zwrotnego od wyjścia obiektu;
- zamknięte układy sterowania, w których istotną rolę odgrywa sprzężenie zwrotne od wyjścia obiektu

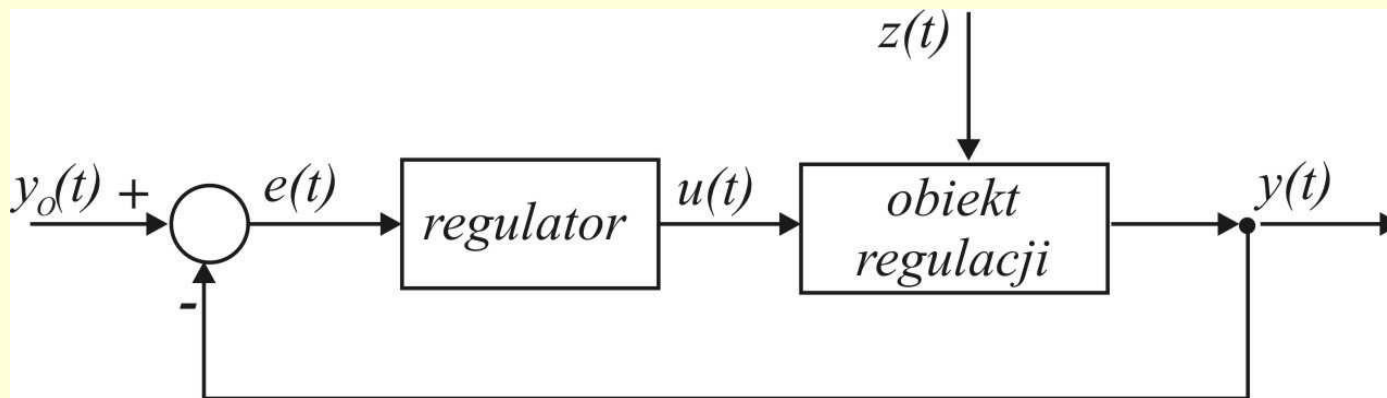


Zamknięty układ sterowania



Przykładem może być omawiany poprzednio układ służący do napełniania zbiornika cieczą wówczas, gdy wskaźnik poziomowy i nadajnik rozkazu (przyciski służące do sterowania stycznikiem) zostaną umieszczone obok siebie. Wówczas człowiek chcąc zmienić poziom cieczy o Δh nie będzie już musiał odmierzać czasu pracy pompy, lecz będzie bezpośrednio obserwował efekt swojego działania. Podejmowane decyzje wynikają z przeprowadzonego w umyśle porównania wartości rzeczywistej z wartością zadaną. O sposobie sterowania będzie decydował uchyb (błąd) regulacji.

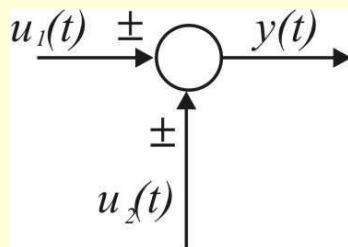
Zamknięty układ sterowania



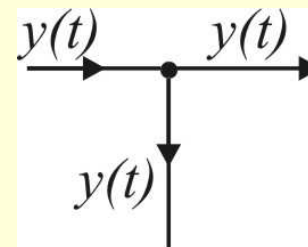
Na rysunku zaznaczono następujące sygnały:

- $y_o(t)$ – wartość zadana,
- $y(t)$ – wartość rzeczywista,
- $e(t) = y_o(t) - y(t)$ – uchyb regulacji,
- $u(t)$ – sygnał sterujący obiektem,
- $z(t)$ – zakłócenie.

Węzeł sumacyjny (sumujący):



Węzeł rozgałęźny (zaczepowy):



Sprzężenie zwrotne

- Może być dodatnie lub ujemne.
- Ze sprzężeniem zwrotnym mamy do czynienia gdy w procesie skutek oddziałuje na przyczynę, czyli innymi słowy sygnał wyjściowy sterowanego procesu ma wpływ na sygnał wejściowy.
- W układzie zamkniętym (gdzie obieg informacji odbywa się w pętli zamkniętej) występuje dodatnie sprzężenie zwrotne, jeżeli wzrost któregokolwiek z sygnałów w pętli po przejściu przez wszystkie elementy tworzące pętlę spowoduje dalsze zwiększanie wartości tego sygnału (tzn. gdy skutek wzmacnia przyczynę).
- Ujemne sprzężenie zwrotne oznacza taki obieg informacji w pętli, że wzrost któregokolwiek z sygnałów po przejściu przez wszystkie elementy tworzące pętlę pociąga za sobą kompensację tego wzrostu.

Układy liniowe, nieliniowe i linearyzacja

Obiekt liniowy to taki, który spełnia zasadę superpozycji.

Zasada superpozycji: Odpowiedź obiektu (układu) przy działaniu sumy wymuszeń

$$u_1(t) + u_2(t)$$

jest równa sumie odpowiedzi przy działaniu tych wymuszeń oddzielnie.

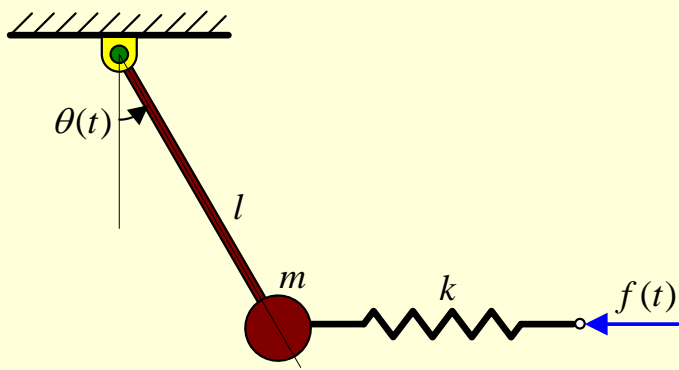
Układ sterowania jest liniowy, jeżeli zarówno obiekt jaki i sterownik są liniowe.

Dla obiektów liniowych oraz dla liniowych układów sterowania opracowano szereg metod analitycznych, pozwalających na łatwą analizę zachowań tych obiektów i doboru regulatorów.

Obiekt nieliniowy to taki, który nie spełnia zasady superpozycji.

Linearyzacja opisu obiektów nieliniowych

Linearyzacja opisu obiektów nieliniowych polega na zastąpieniu nieliniowych funkcji opisujących obiekt przybliżonymi funkcjami liniowymi.



Wahadło sterowane przez siłę $f(t)$ jest obiektem nieliniowym, gdyż:

1. składowa styczna siły grawitacji jest proporcjonalna do sinusa kąta θ ;
2. siła przenoszona przez sprężynę jest proporcjonalna do cosinusa kąta θ ;
3. sprężyna przy silnym rozciągnięciu nie spełnia warunku $\Delta l = k \cdot f$

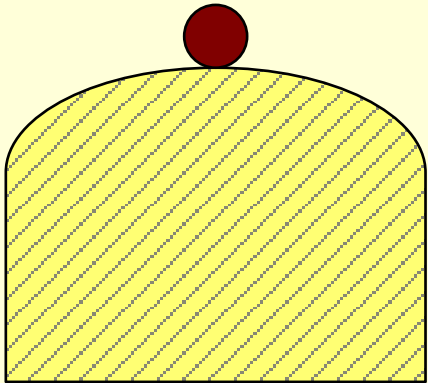
Można posługiwać się przybliżonym, liniowym modelem przyjmując oszacowania:

$$\sin \theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \dots \cong \theta \quad \cos \theta = 1 - \frac{\theta^2}{2!} + \frac{\theta^4}{4!} - \dots \cong 1$$

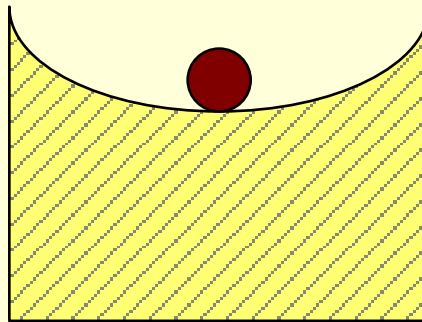
Przyjęcie tych oszacowań spowoduje błąd wyznaczania funkcji modelu nie większy niż 2%, przy zakresie ruchu wahadła rzędu $\pm 0,5$ rad.

Stabilność

Stabilność jest jednym z najważniejszych pojęć automatyki i jest cechą obiektu lub układu sterowania. Cecha ta określa charakter przebiegu procesu w obiekcie, po wytrąceniu obiektu ze stanu równowagi.

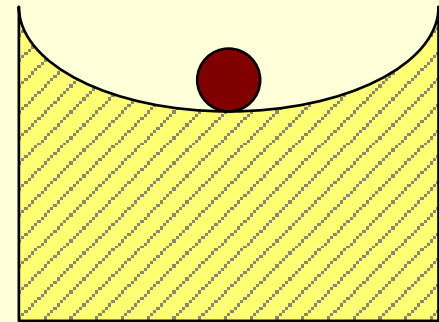


Obiekt niestabilny



Tarcie istotne

Obiekt asymptotycznie stabilny



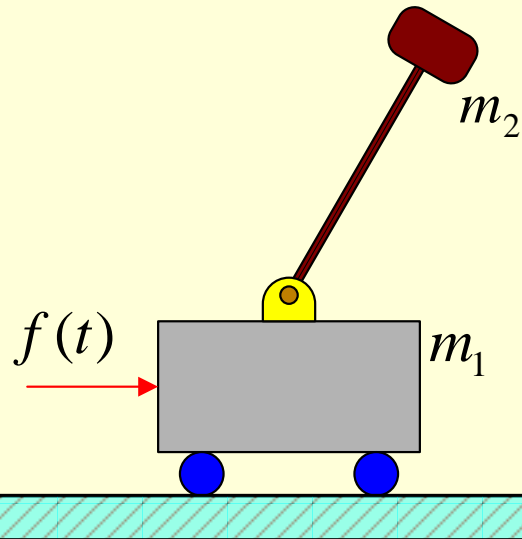
Brak tarcia

Obiekt stabilny

Podstawowym wymaganiem odnoszącym się do sterownika jest zapewnienie stabilności układu sterowania.

Stabilność cd.

Problem odwrotnego wahadła - przykład obiektu strukturalnie niestabilnego i stabilizowanego przez sprzężenie zwrotne.



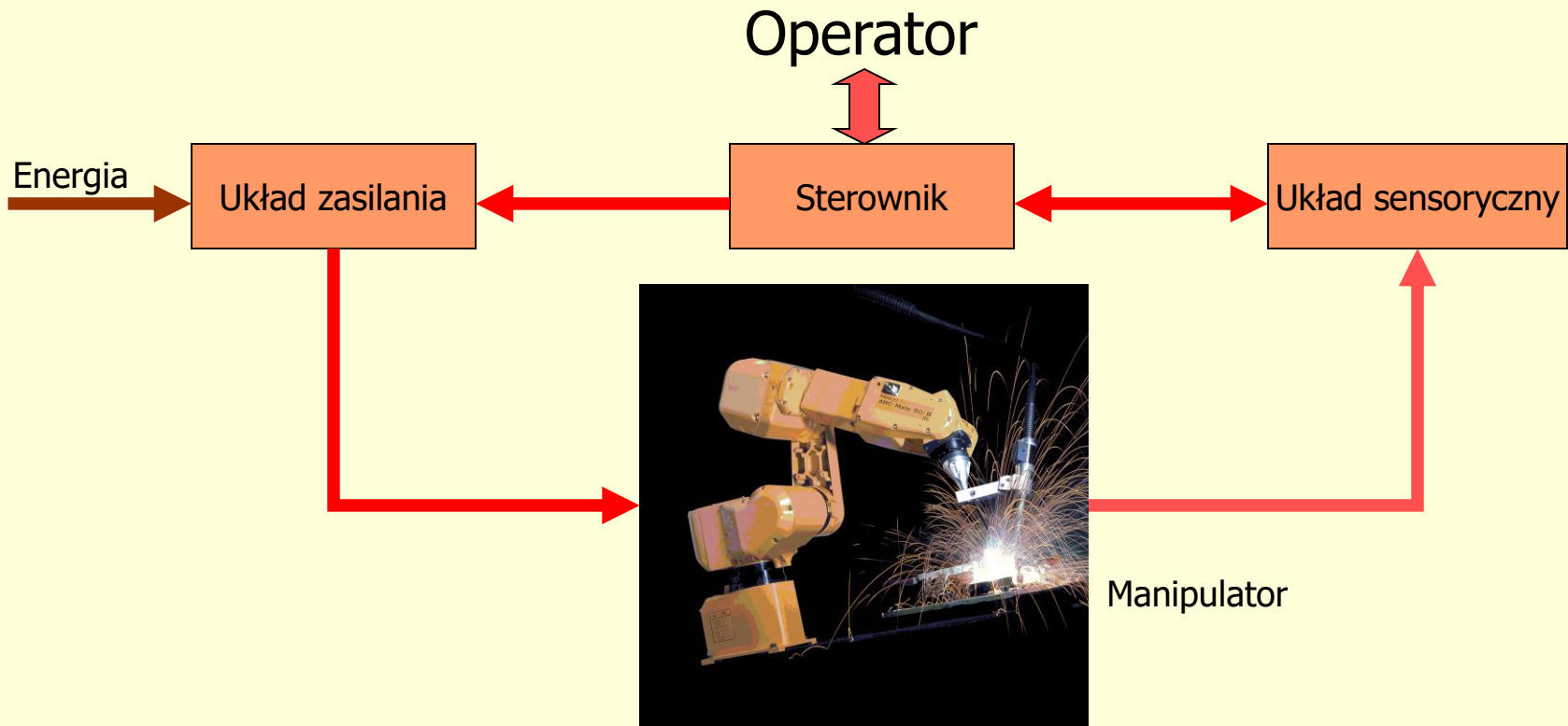
Cechy obiektu:

- jedno wejście (siła $f(t)$)
- 4 sygnały wewnętrzne: położenie i prędkość wózka, położenie i prędkość kątowa wahadła
- obiekt nieliniowy

Cel sterowania: Stabilizacja wahadła w górnej pozycji w otoczeniu zadanego położenia wózka, przy wykorzystaniu jedynie pomiaru położenia wózka i położenia kąтового wahadła.

Cel ten można osiągnąć przez sterowanie w układzie zamkniętym. Jakość sterowania zależy od rodzaju regulatora i nastaw tego regulatora.

Podstawowe podzespoły robota



Manipulator

Manipulator jest utworzony przez szereg ogniw połączonych złączami, które wspólnie tworzą łańcuch kinematyczny. Poszczególne złącza są napędzane odpowiednimi zespołami napędowymi, tj. silnikami wraz z przekładniami lub siłownikami, które zapewniają ruchy efektora manipulatora w różnych kierunkach. Można powiedzieć, że manipulator wykonuje pracę robota przemysłowego. Często więc pojęcia robota i manipulatora są utożsamiane, choć nie jest to poprawne.

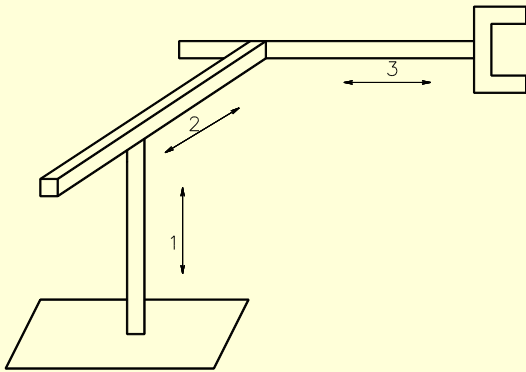
System sensoryczny

- System sensoryczny dostarcza sterownikowi robota informacji o stanie manipulatora i jego otoczenia. Sensory stosowane we współczesnych robotach dzielą się na dwie zasadnicze grupy:
- sensory wewnętrzne, które związane są z łańcuchem kinematycznym manipulatora i służą do pomiaru wzajemnych przemieszczeń i prędkości poszczególnych złączy;
- sensory zewnętrzne, które służą do pomiarów wzajemnych położeń efektora robota i elementów otoczenia. Przykładami tych sensorów są czujniki zbliżeniowe, dotykowe czy systemy wizyjne.

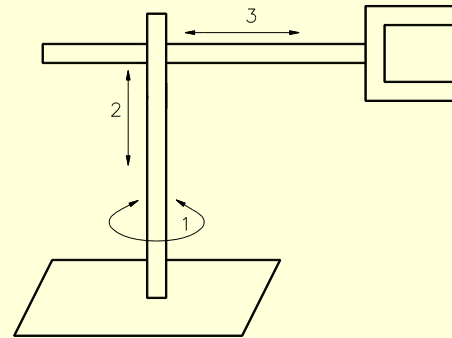
Sterownik

1. przechowuje w pamięci sekwencje danych dotyczących pożądaných ruchów manipulatora;
2. zbiera i przetwarza informacje z systemu sensorycznego robota;
3. inicjuje i koordynuje ruchy poszczególnych zespołów napędowych manipulatora;
4. komunikuje się z innymi podzespołami zrobotyzowanego stanowiska.

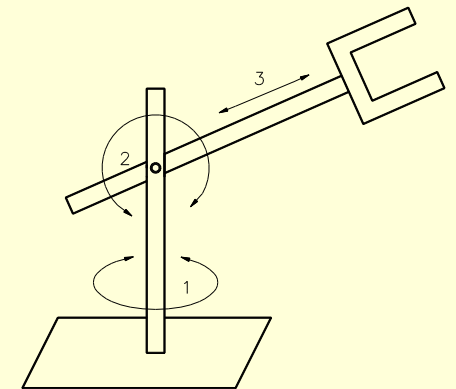
Struktury kinematyczne manipulatorów



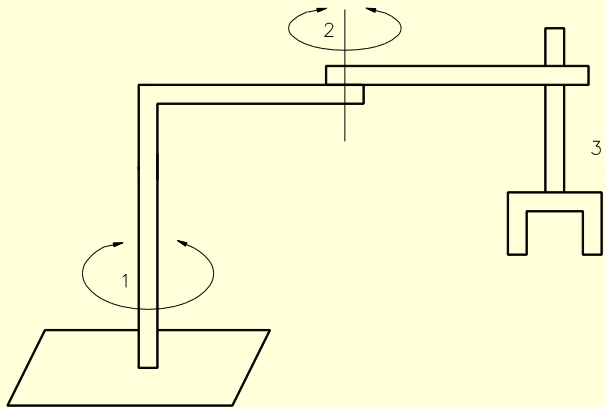
M. kartezjański



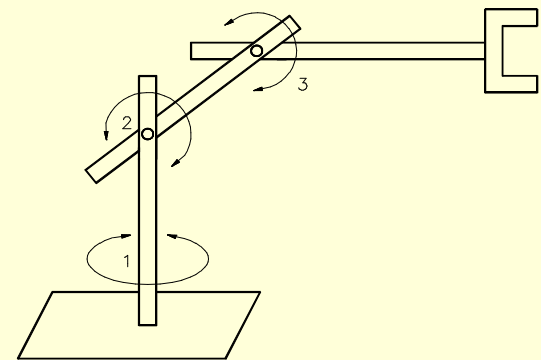
M. cylindryczny



M. sferyczny

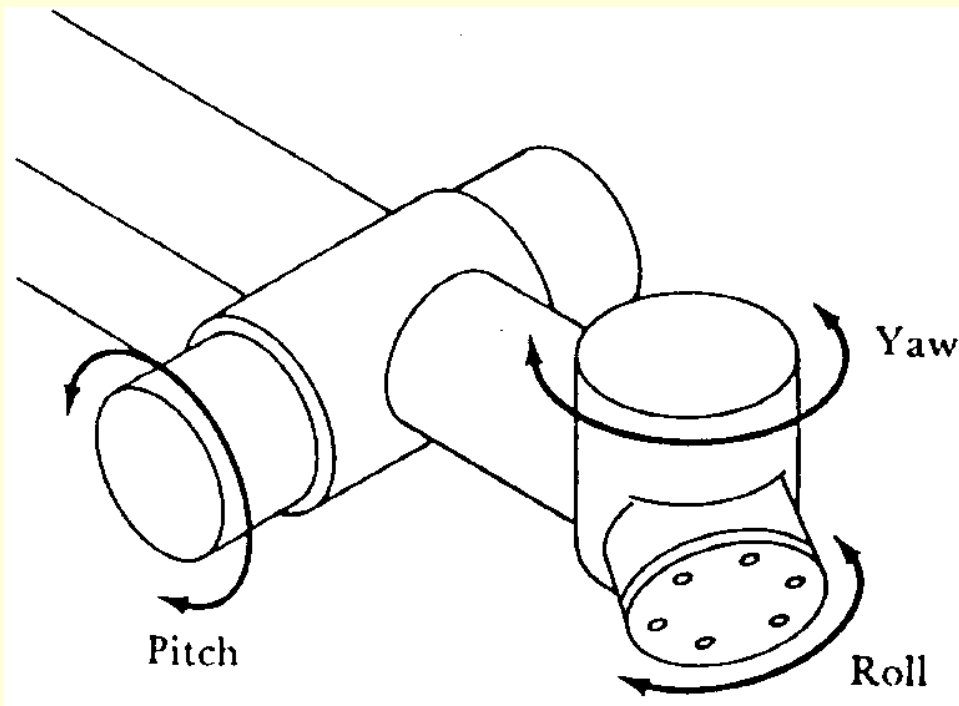


SCARA



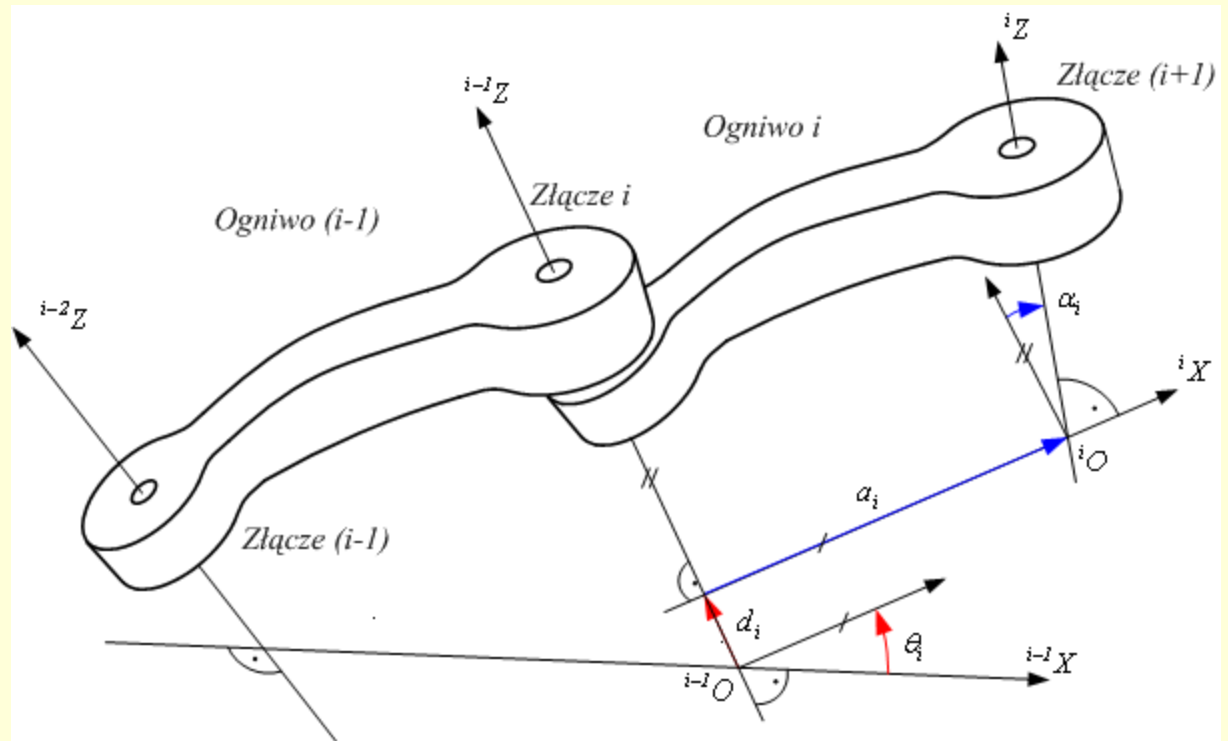
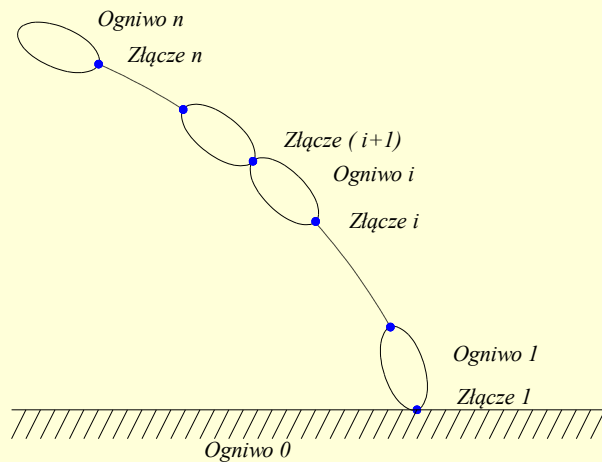
M. stawowy

Ruchy obrotowe kiści manipulatora – orientowanie narzędzia

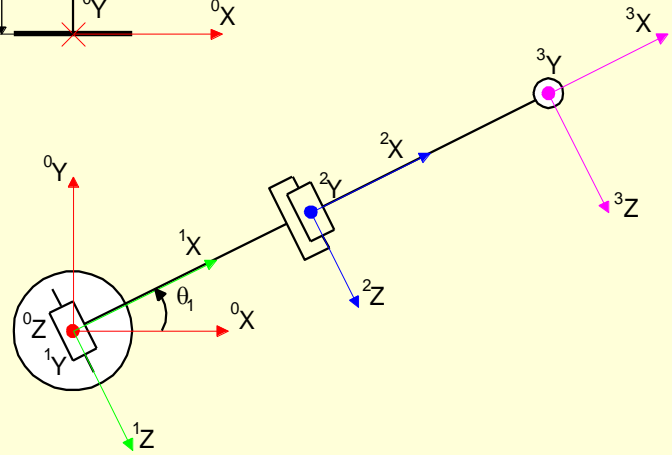
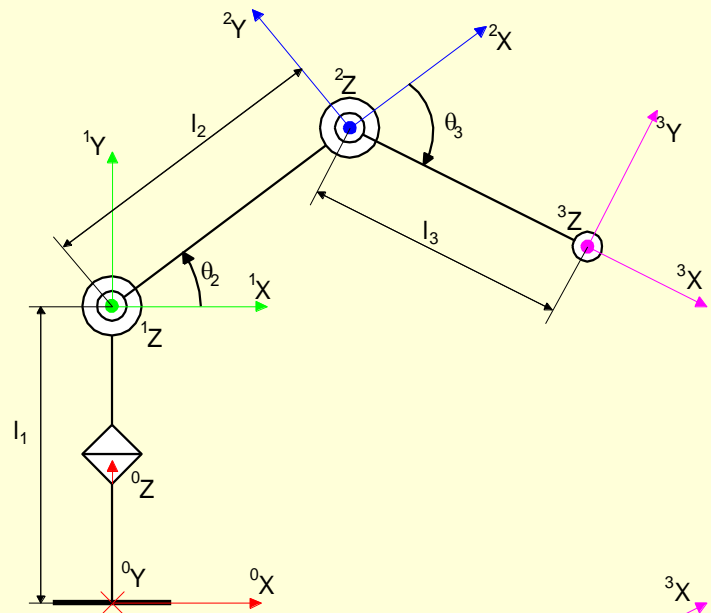
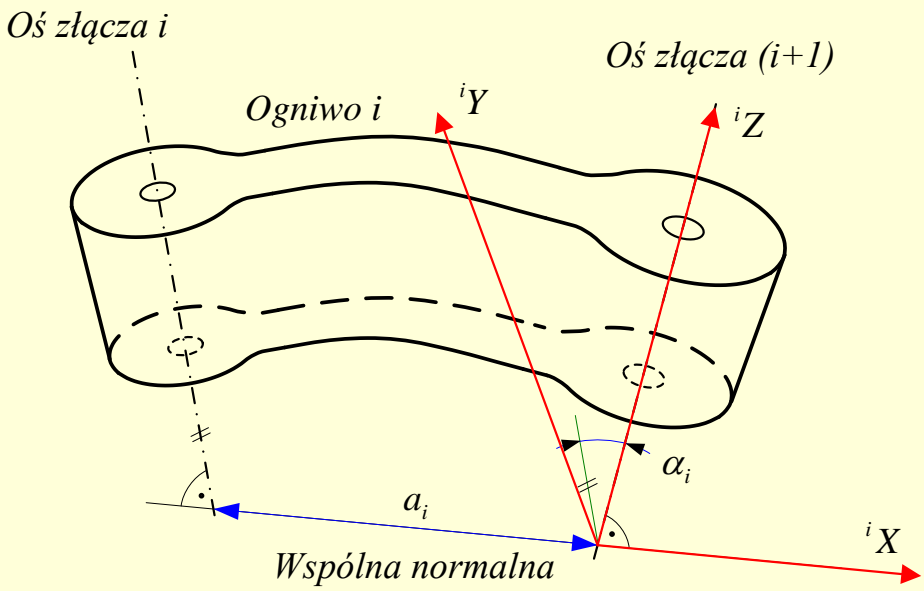
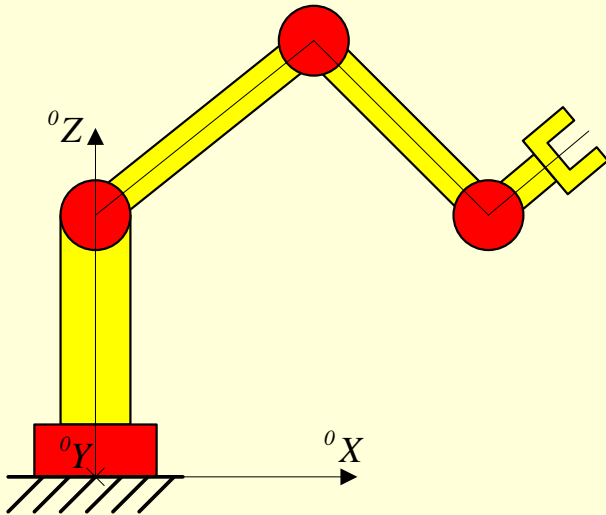


Kinematyka manipulatora

Z każdym ogniwo manipulatora, w tym z podstawą oraz efekтором (chwytakiem, narzędziem), związany jest układ współrzędnych kartezyjskich. Kinematyka określa relacje pomiędzy tymi układami w funkcji obrotów i przesunięć w kolejnych złączach.



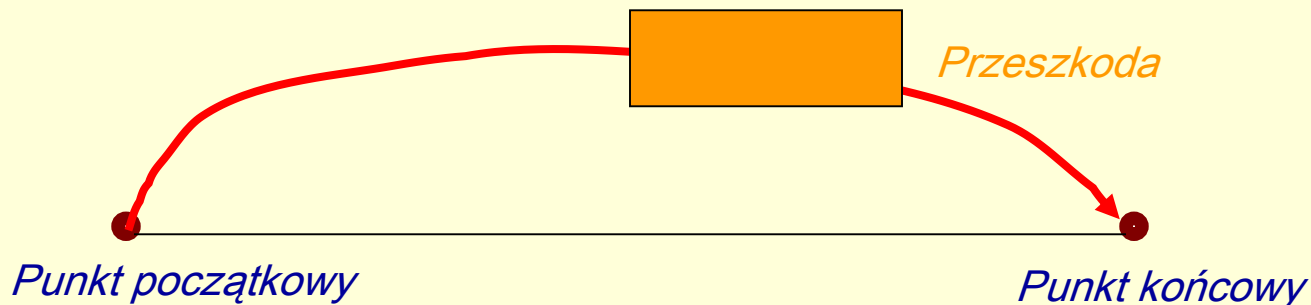
Przykład zastosowania notacji Denavita-Hartenberga



Rodzaje pracy robota (1)

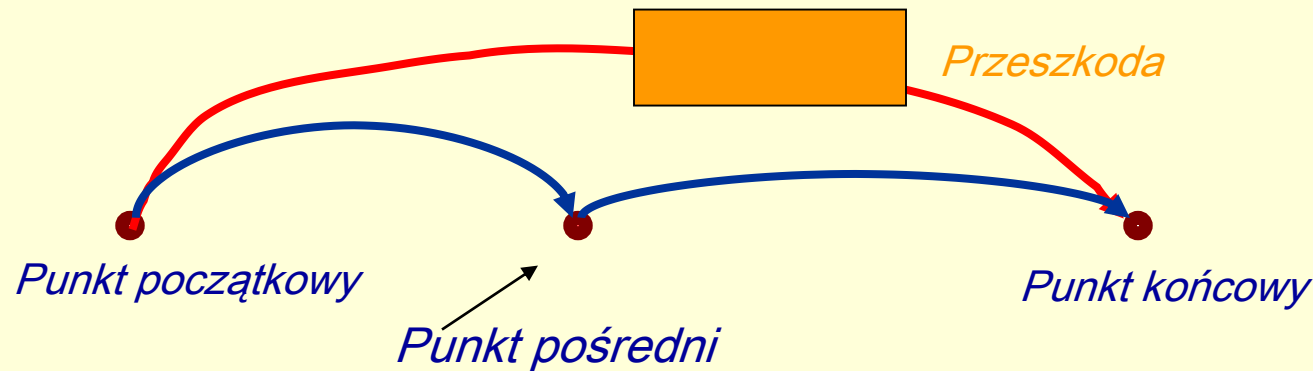
Najprostszym rodzajem ruchu robota jest ruch z punktu do punktu, nazywany PTP (ang. point-to-point). Ten typ pracy występuje przy prostych czynnościach manipulacyjnych jak np. przenoszenie detali czy zgrzewanie punktowe.

Wartościami zadanymi dla układu sterowania robota są współrzędne pożądanego końcowego położenia i orientacji efektora oraz czas trwania ruchu. Nie jest natomiast istotny kształt toru ruchu efektora.



Rodzaje pracy robota (2)

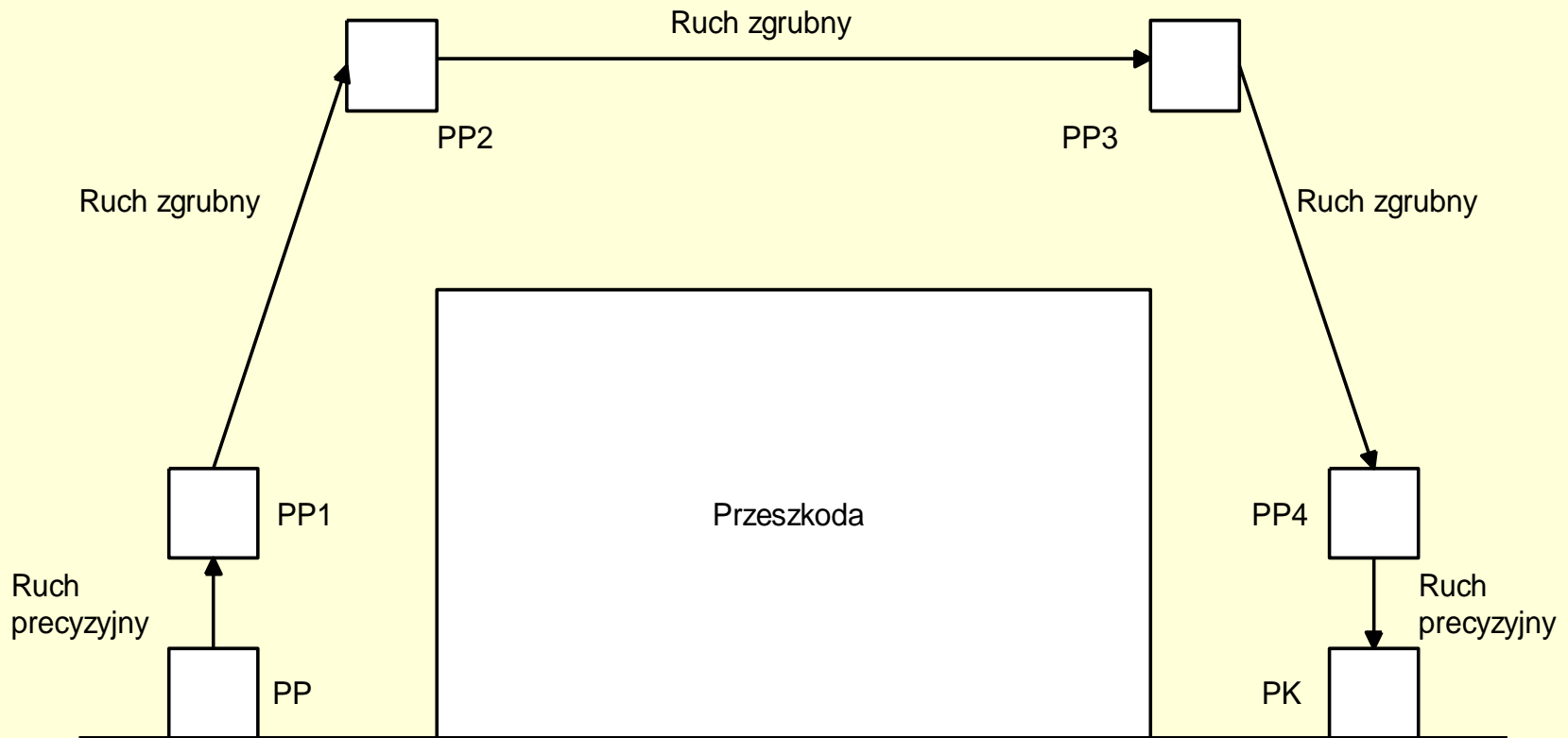
W wielu przypadkach ruch robota trzeba podzielić na kolejne etapy, narzucając położenia punktów pośrednich oraz przyjmując pożądane czasy trwania tych etapów. Ten rodzaj ruchu określany jest jako wielopunktowy, często stosowany jest skrót MP (ang. multiple-points). Oczywiście jest, że należy dążyć do skracania czasu trwania każdej operacji wykonywanej przez robota, co można uzyskać przez minimalizację czasu trwania każdego etapu pośredniego.



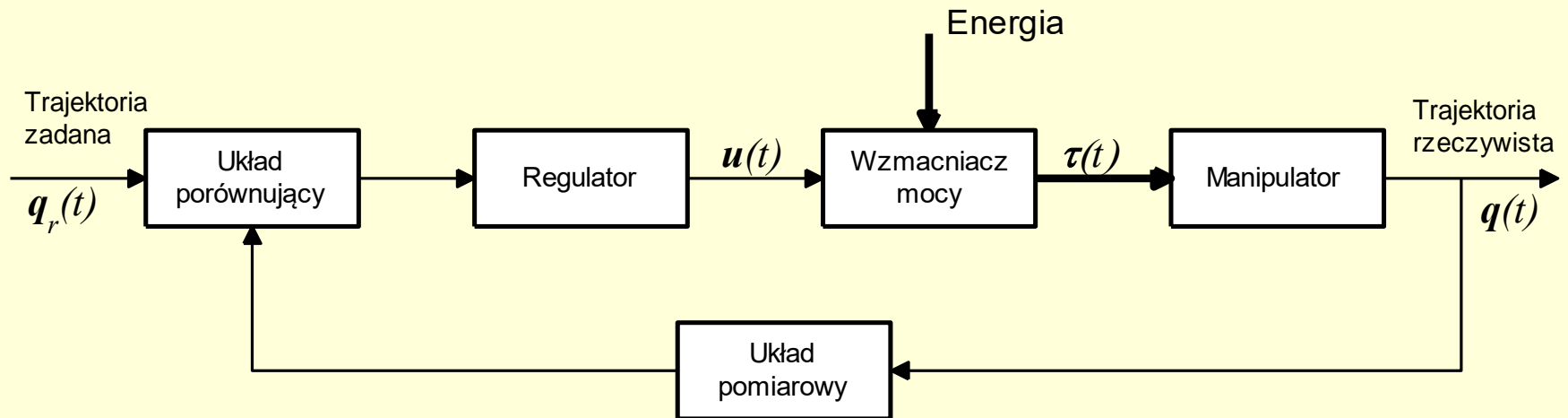
Rodzaje pracy robota (3)

Można również podać przykłady zadań, w których efektor powinien dokładnie realizować zadaną ciągłą ścieżkę ruchu. Tak jest w przypadku malowania, spawania, sklejania, uszczelniania czy cięcia. Mówimy wówczas o pracy typu PC (ang. path-continuous). Oczywistym jest, że sterowanie tego typu może być realizowane tylko w robotach, które mają możliwość realizacji płynnego sterowania każdej z osi.

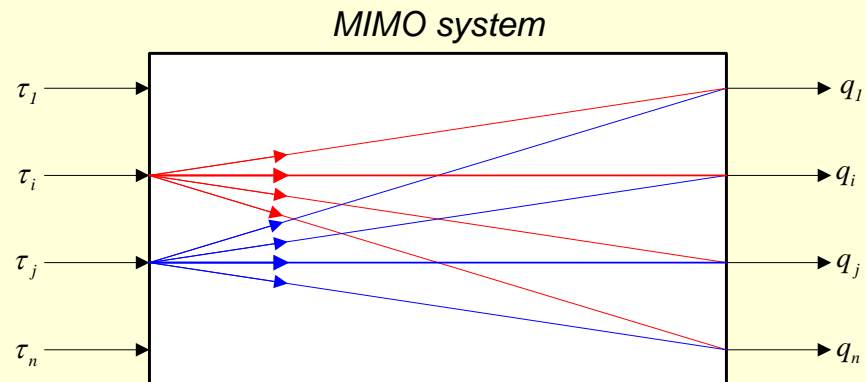
Trajektoria dla zadania podnieś - przeniesь - połóż



Ogólna struktura układu sterowania pozycyjnego robota



Manipulator jest wielowymiarowym obiektem regulacji, stąd sygnały są n -wymiarowymi wektorami, a przedstawione podukłady są faktycznie złożone z n podzespołów.

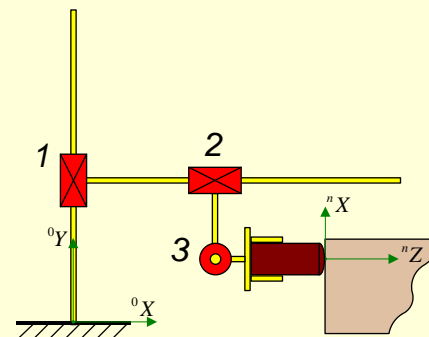
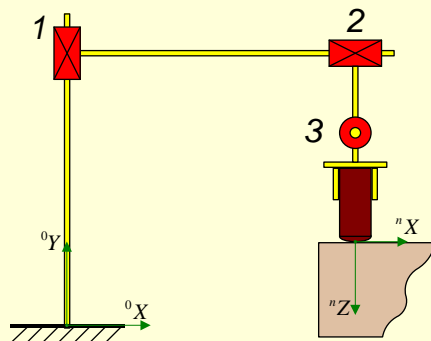


Sterowanie pozycyjno-siłowe

W operacjach montażowych czas kontaktu efektora z elementami otoczenia jest na tyle długi, że te fragmenty cyklu pracy nie mogą być pomijane, tak jak to czyniono w klasycznym sterowaniu pozycyjnym.

W procesie łączenia detali robot musi generować odpowiednie siły, zwykle w kierunkach prostopadłych do łączonych powierzchni. Jednocześnie należy kontrolować położenie efektora w kierunkach równoległych do tych powierzchni.

Najprostsze jest realizowanie takiego zadania w przypadku robota o strukturze kartezyjskiej, którego osie ruchu są wyłącznie prostopadłe lub równoległe do powierzchni kontaktowej (powierzchni więzów).



Porównanie podstawowych właściwości napędów robotów przemysłowych

	Całkowita sprawność	Moc z jednostki masy napędu	Maksymalna siła z jednostki powierzchni czynnej
Rodzaj napędu	[%]	[W/kg]	[N/cm ²]
Elektryczny	50 - 55	25 – 150	0.3 - 1.5
Hydrauliczny	30 - 35	650	2000
Pneumatyczny	15 - 25	300	100

Roboty mobilne

Robot mobilny to kompozycja różnorodnych fizycznych i informatycznych składników tworząca 4 podstawowe podsystemy:

- Ruchu (locomotion)
- Detekcji (sensing)
- Wnioskowania (reasoning)
- Komunikacji (communication).

Dodatkowo robot mobilny jest wyposażony w układy wykonawcze odpowiednie do zadań jakie ma wykonywać.

Roboty mobilne: koła, gąsienice czy nogi ?

	Zalety	Wady
Koła	Małe opory ruchu. Prosty sposób przenoszenia napędu.	Dostosowane do stosunkowo gładkiego i sztywnego podłoża.
Gąsienice	Możliwość stosowania w bardzo trudnym terenie.	Duże zużycie energii.
Nogi	Możliwość stosowania w każdym terenie. Niskie zużycie energii.	Kłopotliwy sposób napędu i sterowania.



NASA Fido Mars Rover



OmniTread Univ. of Michigan



LandWalker, Sakakibara Japonia

Roboty serwisowe

- wykonują autonomicznie lub częściowo autonomicznie usługi na rzecz człowieka lub jego otoczenia, poza działaniami produkcyjnymi (IFR).
- są formą przejściową w ewolucji od robotów przemysłowych do robotów osobistych spodziewanych w ciągu najbliższych 15-20 lat.
- są mobilne, zręczne, współoddziałują z człowiekiem (otoczeniem) lub wykonują autonomiczne działania na jego rzecz, mają bezpośredni kontakt z ludźmi – nie mogą ich zranić.
- powinny komunikować się za pomocą języka naturalnego, gestów, układu ciała, uczyć się poprzez naśladowanie.
- powinny wykrywać i odpowiednio reagować na emocje, powinny wyrażać emocje – aby stać się partnerami ludzi.

Roboty specjalne

W tej grupie można wyróżnić:

- roboty medyczne
 - w tym: - rehabilitacyjne
 - do małoinwazyjnych operacji medycznych
 - inteligentne protezy kończyn
- roboty wojskowe
 - w tym: - do operacji na polu walki
 - zwiadowcze
 - do rozminowywania
- roboty inspekcyjne i policyjne
- roboty pożarnicze i ratownicze
- roboty usługowe
- roboty rozrywkowe.



Aibo, Sony

Ocenia się, że liczba tych robotów użytkowanych przez profesjonalistów wynosi obecnie kilkadziesiąt tysięcy, a kilkanaście milionów jednostek używają osoby prywatne (roboty usługowe i rozrywkowe).

Robotyka a środowisko

Sprawność energetyczna robotów przemysłowych jest stosunkowo niska, nie przekracza 10%. W robotach specjalnych i usługowych jest jeszcze mniejsza.

Roboty w zasadzie nie zanieczyszczają środowiska. Jedynym wyjątkiem są roboty o napędach hydraulicznych. Napędy pneumatyczne są hałaśliwe.

Utylizacja robotów jest bardzo poważnym problemem. Roboty starzeją się w ciągu 5 lat, żywotność ich nie przekracza 15 lat.

Roboty stają się coraz bardziej estetyczne - zaczynają „dbać o urodę”.



Stäubli RX-160