

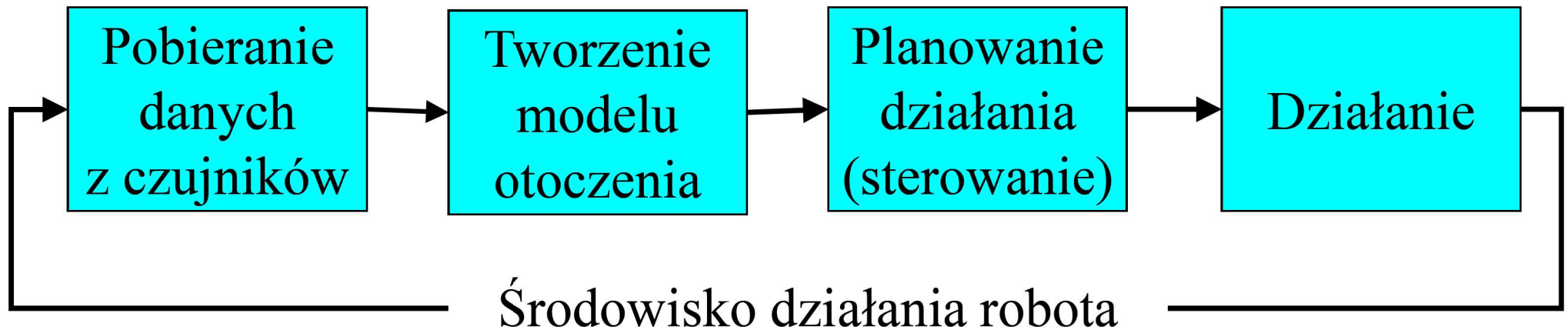
Roboty mobilne

Sterowanie behawioralne

Nieklasyczne podejście do sterowania

- Bazujemy na wzorcach biologicznych
- Zwierzęta działają celowo i sprawnie mimo braku inteligencji (brak myślenia abstrakcyjnego itp.)
- Owady - proste lecz skuteczne w działaniu
- Efekt: próby zaprojektowania systemu sterowania bazującego na wzorcach biologicznych (znacznie prostszego, niż hierarchiczny), a przy tym pozwalającego na wykonanie określonych zadań

Sterowanie hierarchiczne (przypomnienie)

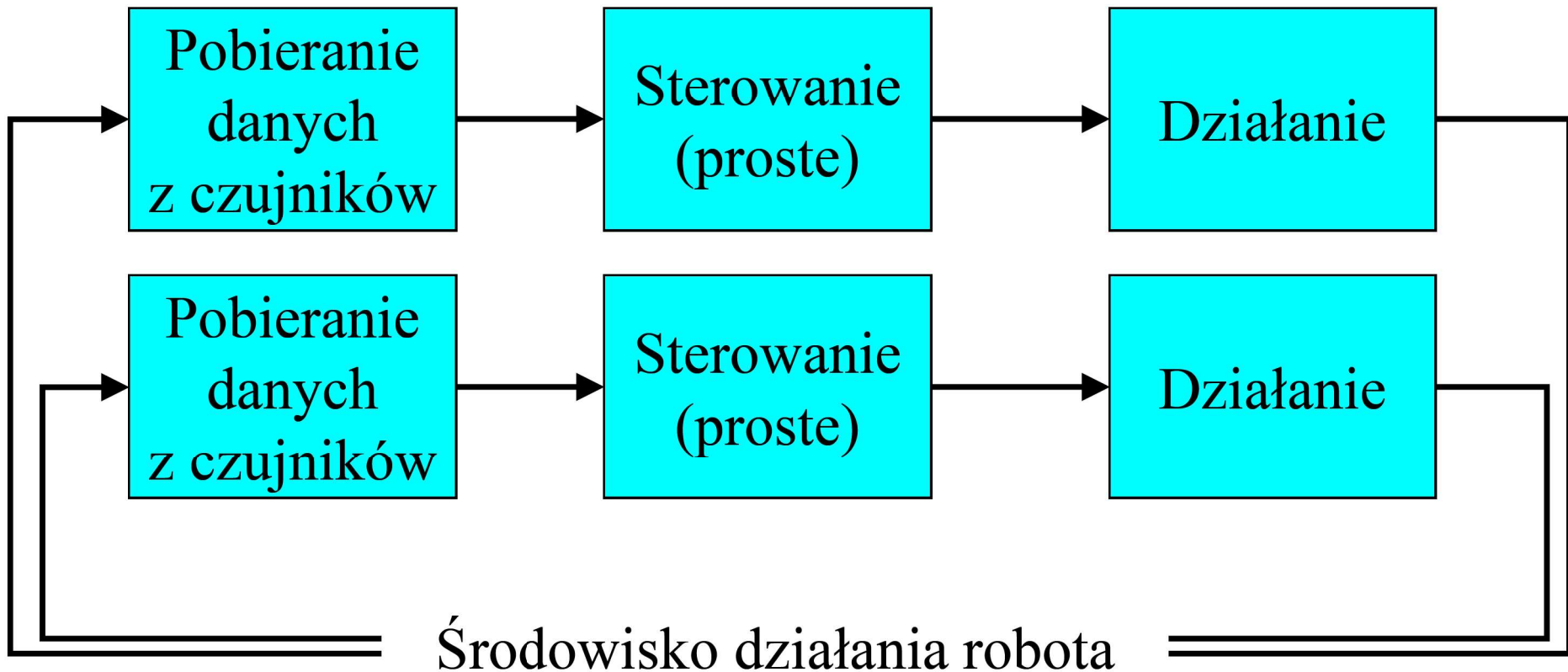


Najbardziej pracochłonne zadania:

- tworzenie modelu otoczenia
- planowanie działania

Sterowanie na podstawie wzorców biologicznych

- Bez tworzenia modelu otoczenia i bez planowania



Sterowanie *behavioralne* (zachowaniowe)

Zachowanie (*behavior*):

takie działanie (w postaci ruchu robota), które:

- na podstawie odczytu z układów sensorycznych robota
- daje możliwość osiągnięcia określonego celu przez robota

Typy zachowań (człowiek)

- Odruchy bezwarunkowe - wrodzone i bardzo szybkie
 - np. ruch nogi po uderzeniu w kolano
 - odsunięcie ręki po dotknięciu gorącego przedmiotu
- Odruchy warunkowe - wyuczone, ale wykonywane bezwiednie
 - np. tzw. *pamięć mięśni*:
 - granie na instrumentach muzycznych
 - jazda na rowerze, bieganie, prowadzenie samochodu
- Zachowania świadome - wymagają zaangażowania rozumu
 - programowanie, ...

Jak nabywa się zachowania?

Pojedyncze zachowania wrodzone

- usunięcie ręki po kontakcie z czymś gorącym

- Sekwencje zachowań wrodzonych

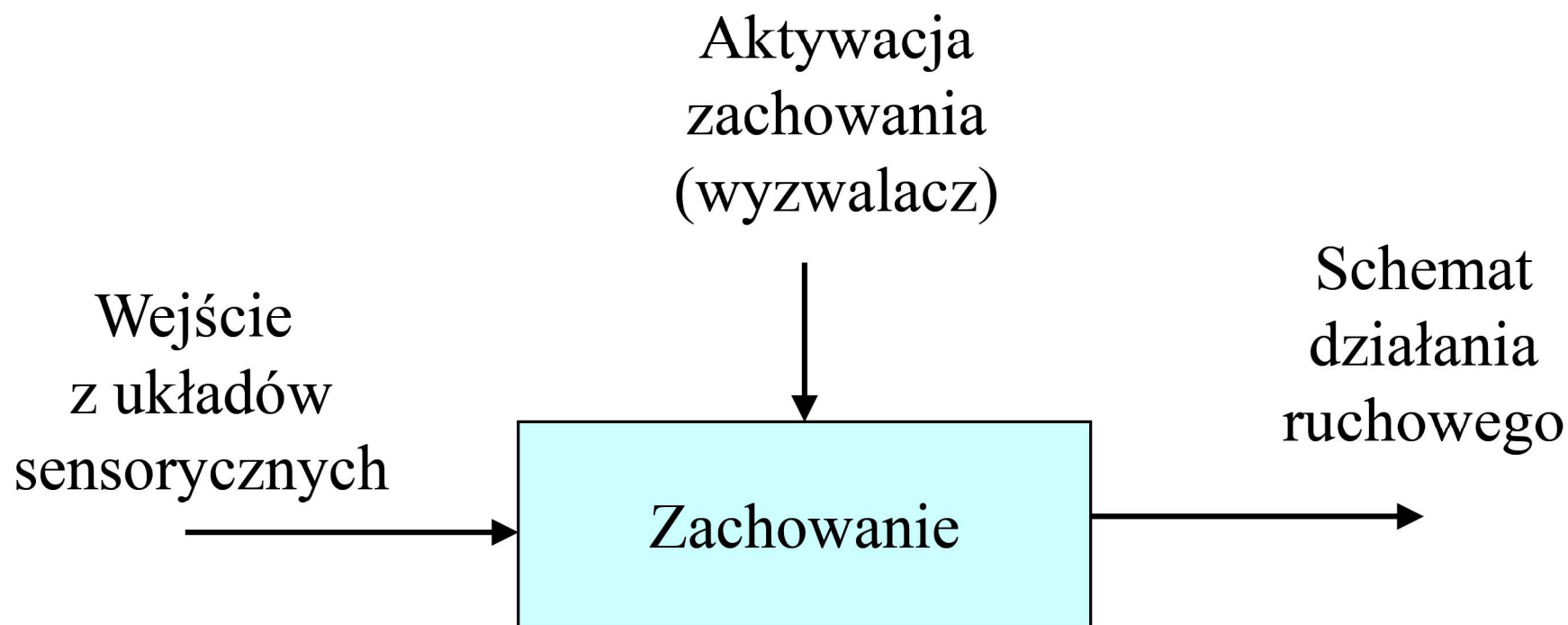
- oddychanie

- Zachowania wrodzone wymagające dostosowania (z pamięcią)

- chód

- Zachowania całkowicie wyuczone

Wyzwalanie zachowania



Zachowanie: podstawowy blok do budowania systemu sterowania robota, jest to proste przeniesienie wpływu sensorów na efektory.

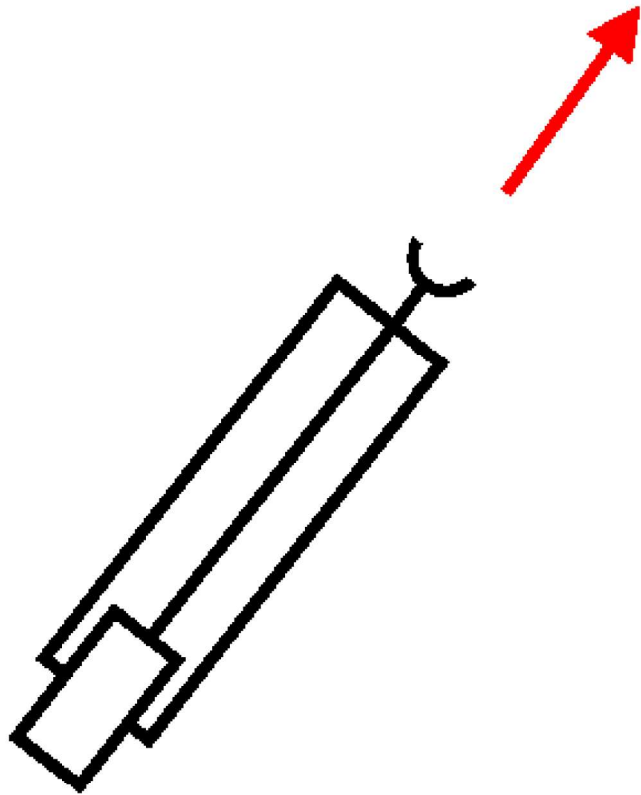
Nie używa się abstrakcyjnych modeli otoczenia.

Interakcja wielu zachowań

Co zrobić, gdy jednocześnie powinno być aktywowanych kilka zachowań?

- Zrównoważenie
 - np. strach przed człowiekiem i głód (zwierzęta)
- Dominacja jednego zachowania
 - np. poszukiwanie pożywienia a zabawa zwierząt przy narastającym głodzie
- Całkowite zaprzestanie innych zachowań na korzyść jednego
 - np. ucieczka przed niebezpieczeństwem

Proste roboty odruchowe



Braitenberg vehicles

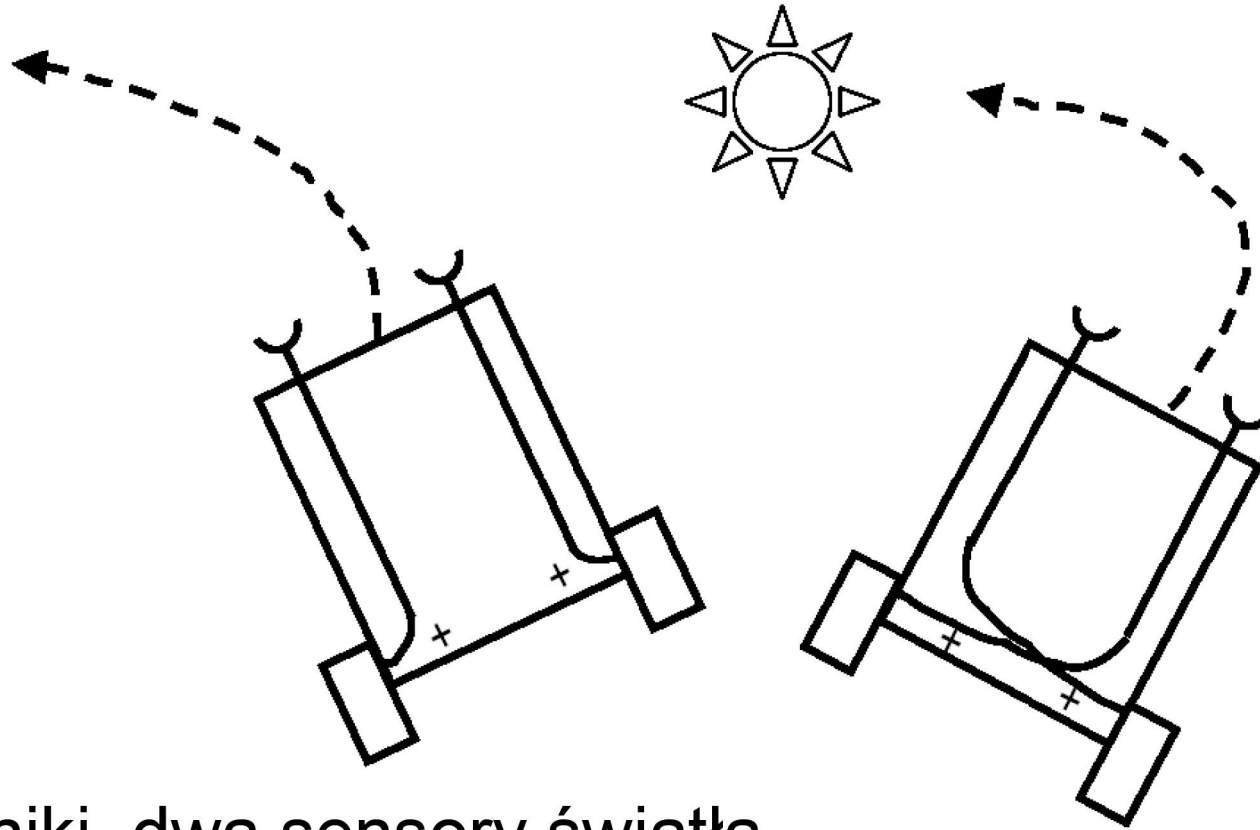
Ruch w przód, jeden sensor

Szybkość ruchu zależna od danych z sensora

Zmiana orientacji - wpływ otoczenia (nierówności)

Działanie: *ruch do celu*

Proste roboty odruchowe (2)



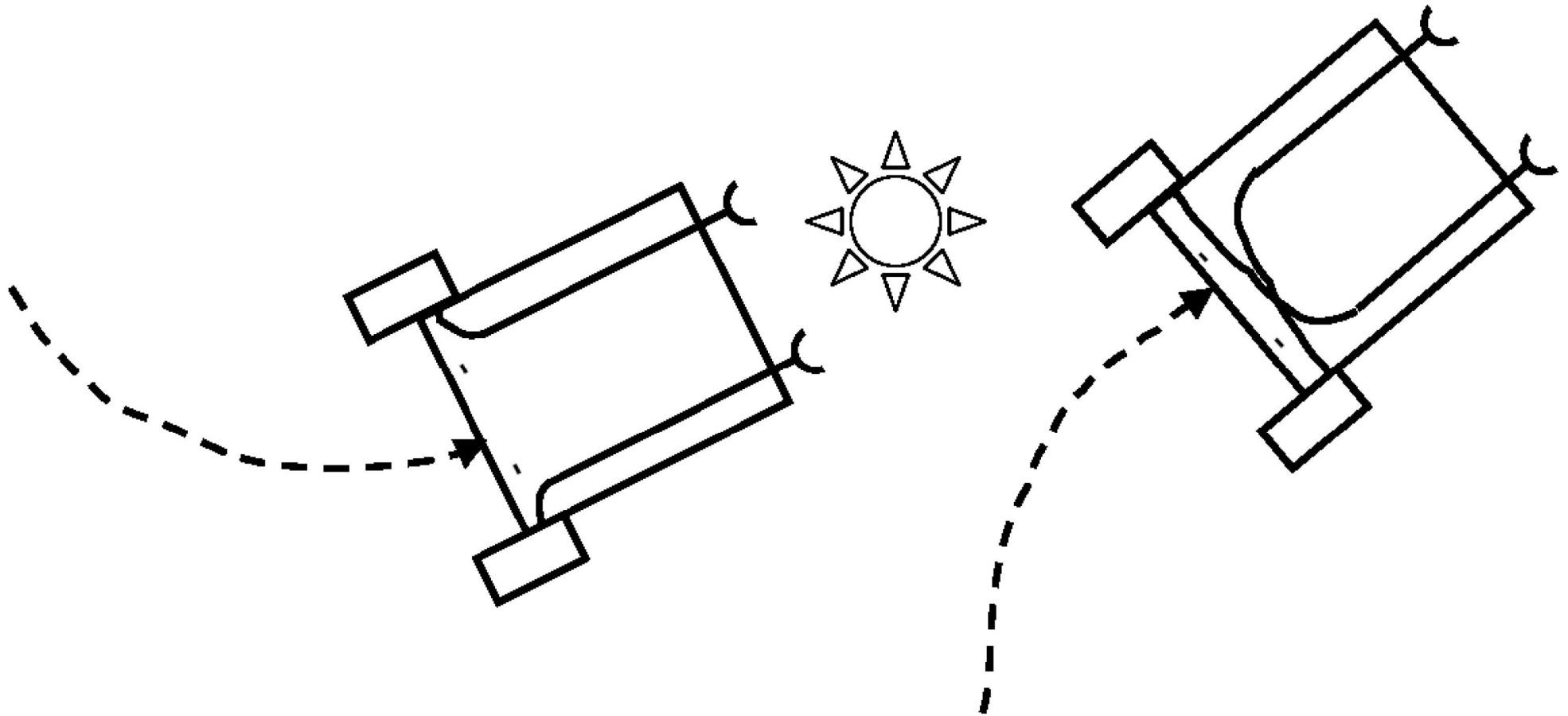
Dwa silniki, dwa sensory światła

Bezpośrednie sterowanie silników od sensorów
(sprzężenie +)

Im większa intensywność światła, tym szybszy ruch

Zachowania: *strach* i *agresja*

Proste roboty odruchowe (3)

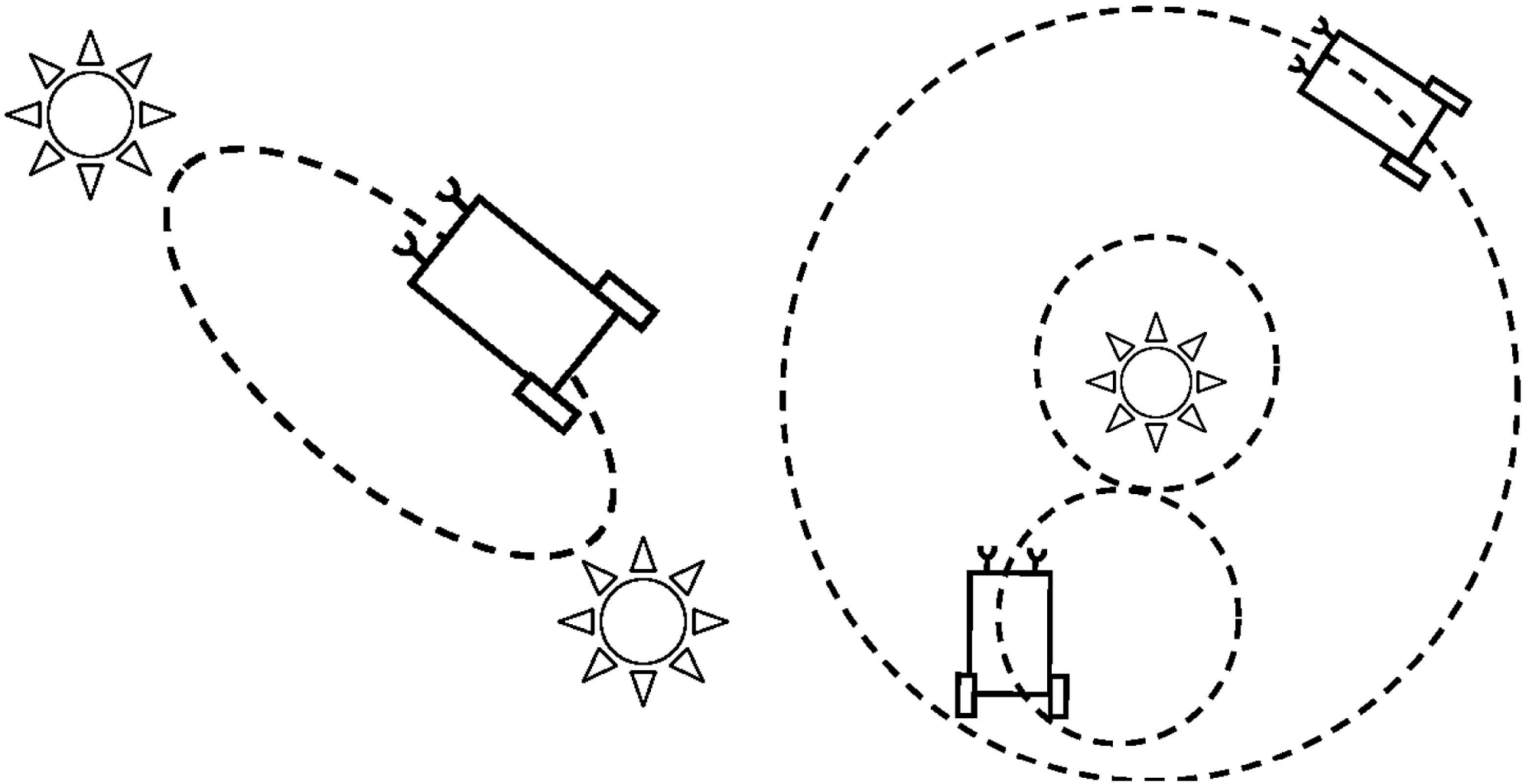


Sterowanie silników od sensorów - sprzężenie ujemne

Im większa intensywność światła, tym wolniejszy ruch

Zachowania: *miłość* i *ciekawość świata*

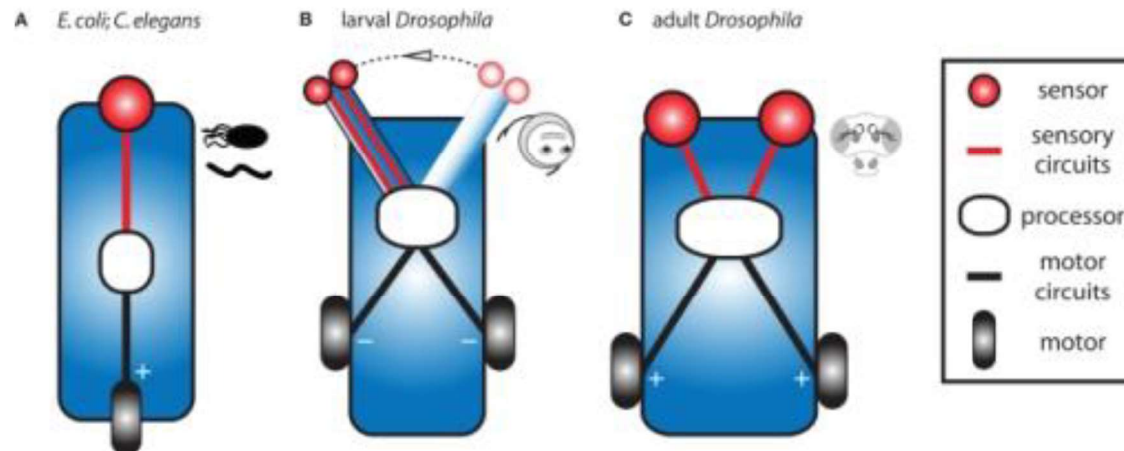
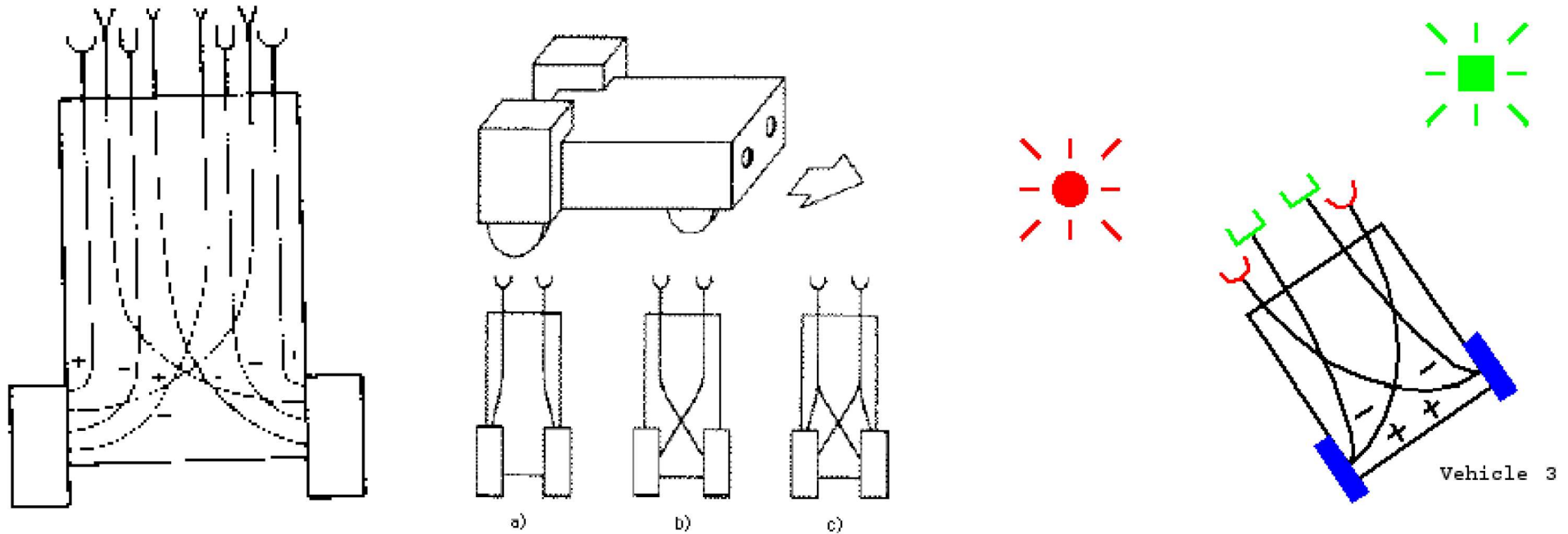
Proste roboty odruchowe (4)



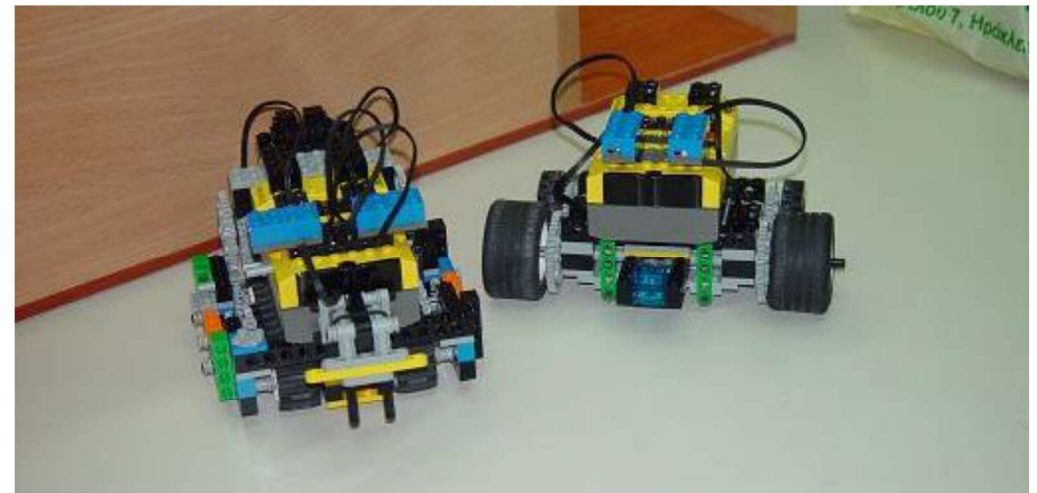
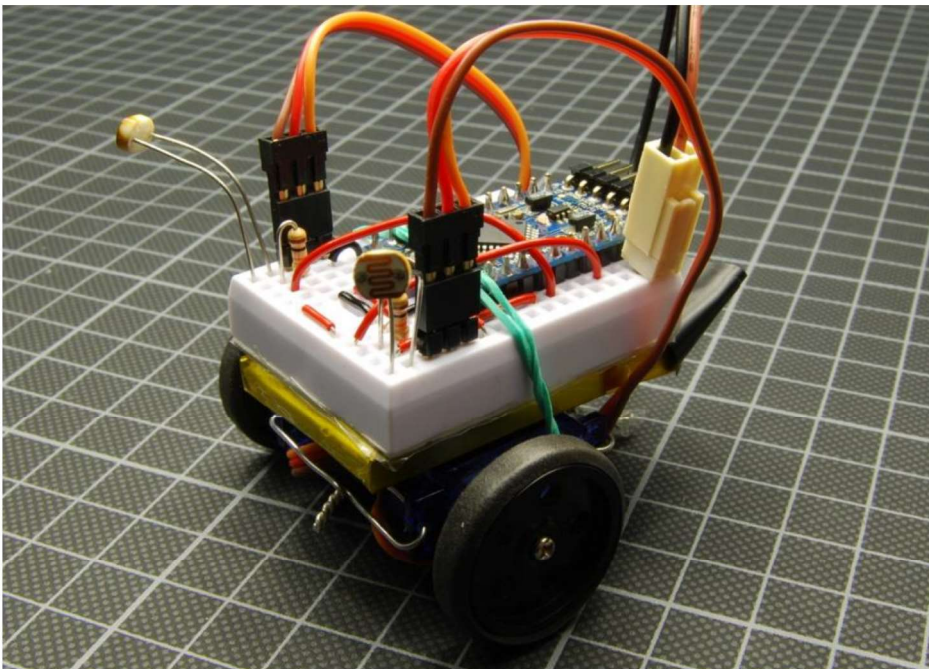
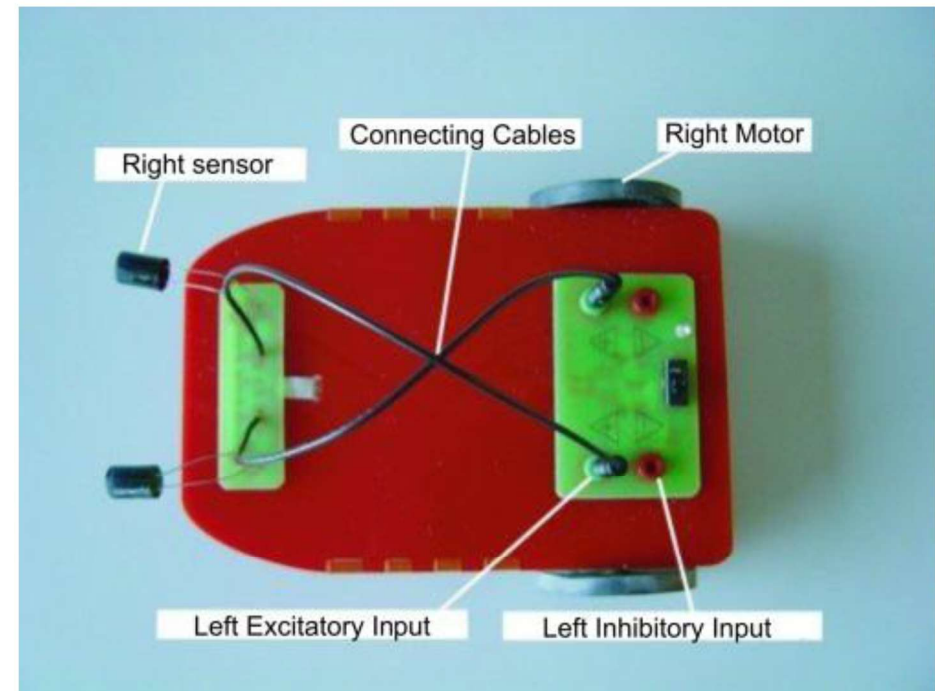
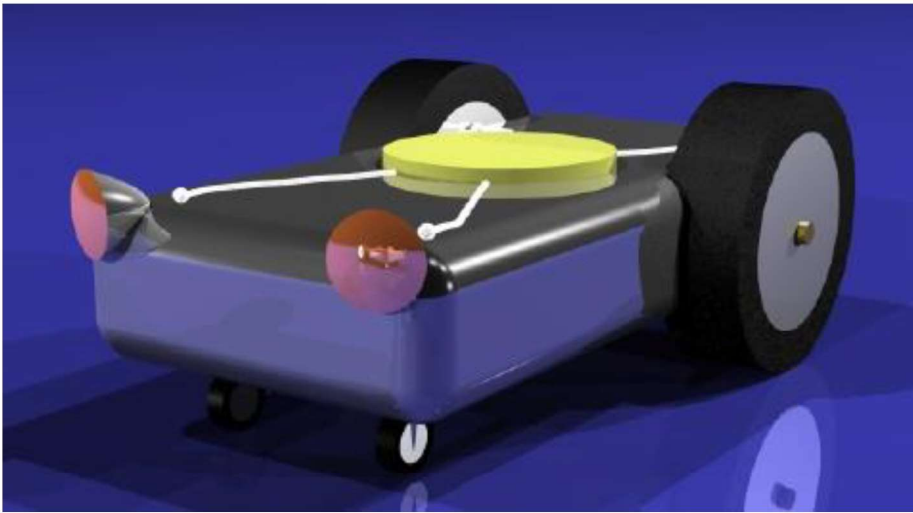
Sterowanie silników - nieliniowe

Zachowania o charakterze oscylacyjnym

Pojazdy Braitenberga – przykłady



Pojazdy Braitenberga – realizacje



Porównanie systemów sterowania

Planujące

Czysto symboliczne

Reakcyjne

Odruchowe

Szybkość działania



Możliwości przewidywania



Zależność od dobrego modelu otoczenia



Zależność od reprezentacji otoczenia
Powolne działanie
Wysoki poziom inteligencji
Duży stopień złożoności obliczeniowej

Bez reprezentacji otoczenia
Działanie w czasie rzeczywistym
Niski poziom inteligencji
Proste obliczeniowo

Typy zachowań robotów (1)

- Ukierunkowane na cel „wewnętrzny”
 - wędrowanie
 - wędrowanie w z grubsza określonym kierunku
- Ukierunkowane na cel zewnętrzny
 - poruszanie się do celu punktowego
 - poruszanie się do atrakcyjnego obszaru
- Obronne
 - omijanie nieruchomych przeszkód
 - unikanie zderzeń z obiektami ruchomymi
 - agresja

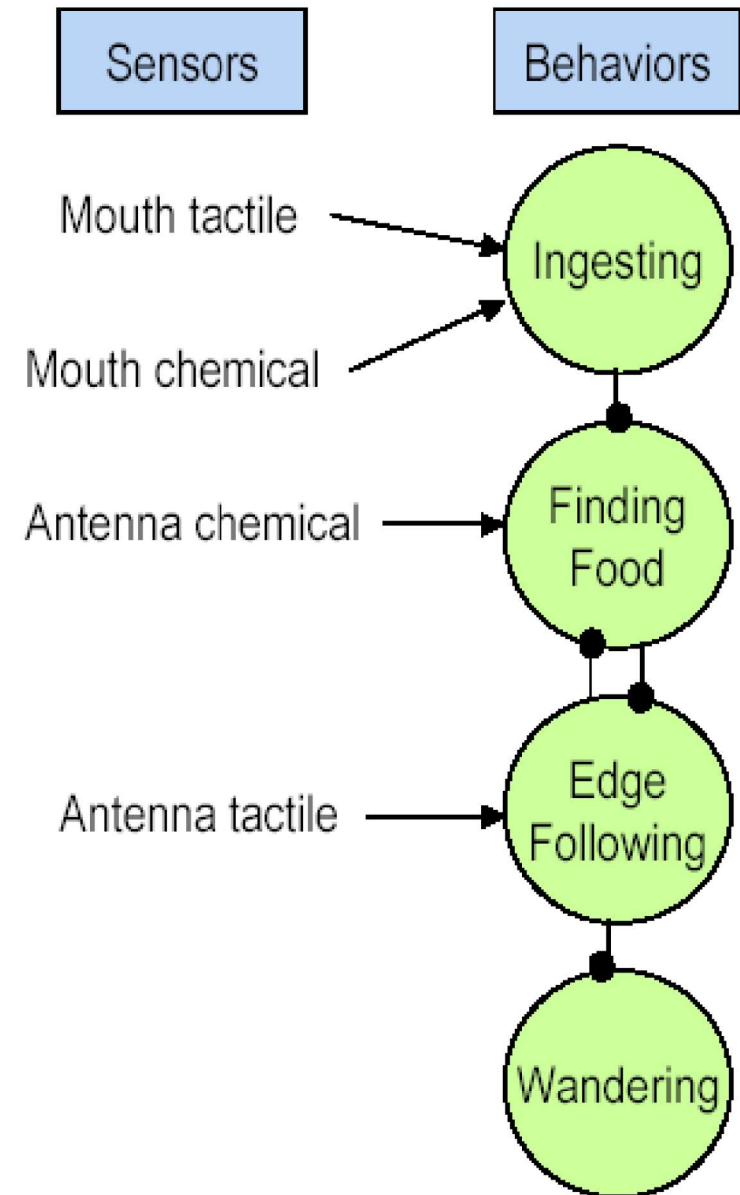
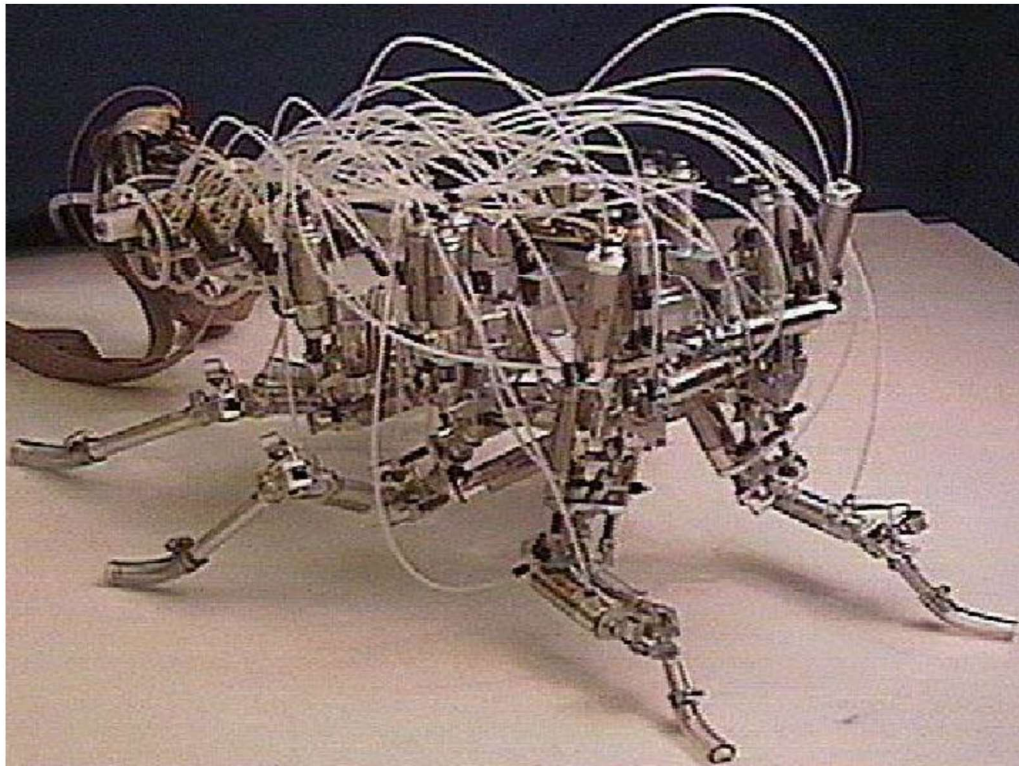
Typy zachowań robotów (2)

- Ruch wzdłuż ustalonej ścieżki
- Zachowania społeczne:
 - współpraca (np. zespołowe poszukiwanie)
 - gromadzenie się
- Percepcyjne
 - poszukiwanie na podstawie wizji
- Zachowania związane z chwytakiem
 - chwytanie

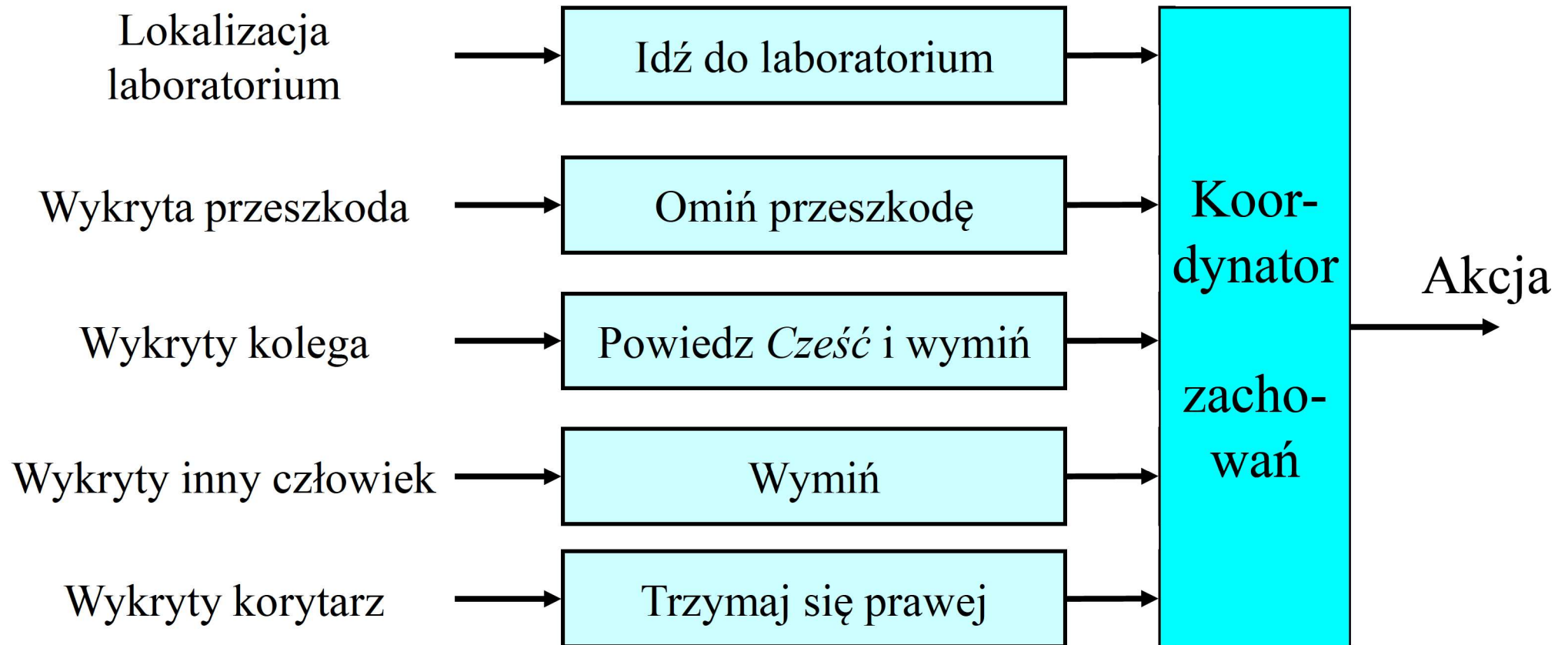
Biologia a robotyka

- Dekompozycja programu sterowania na niezależne zachowania
- Prosty system aktywacji zachowań
- Filtrowanie danych z układów sensorycznych w celu odrzucenia danych nieistotnych
- Zachowania powinny być *niezależne*
- Efekty pewnych zachowań mogą jednak wpływać na inne: wzmacniającąco bądź hamującąco

Schemat zachowań karalucha



Przykład systemu (dojście do laboratorium)



Problem - jak ma działać koordynator zachowań?

Akcja

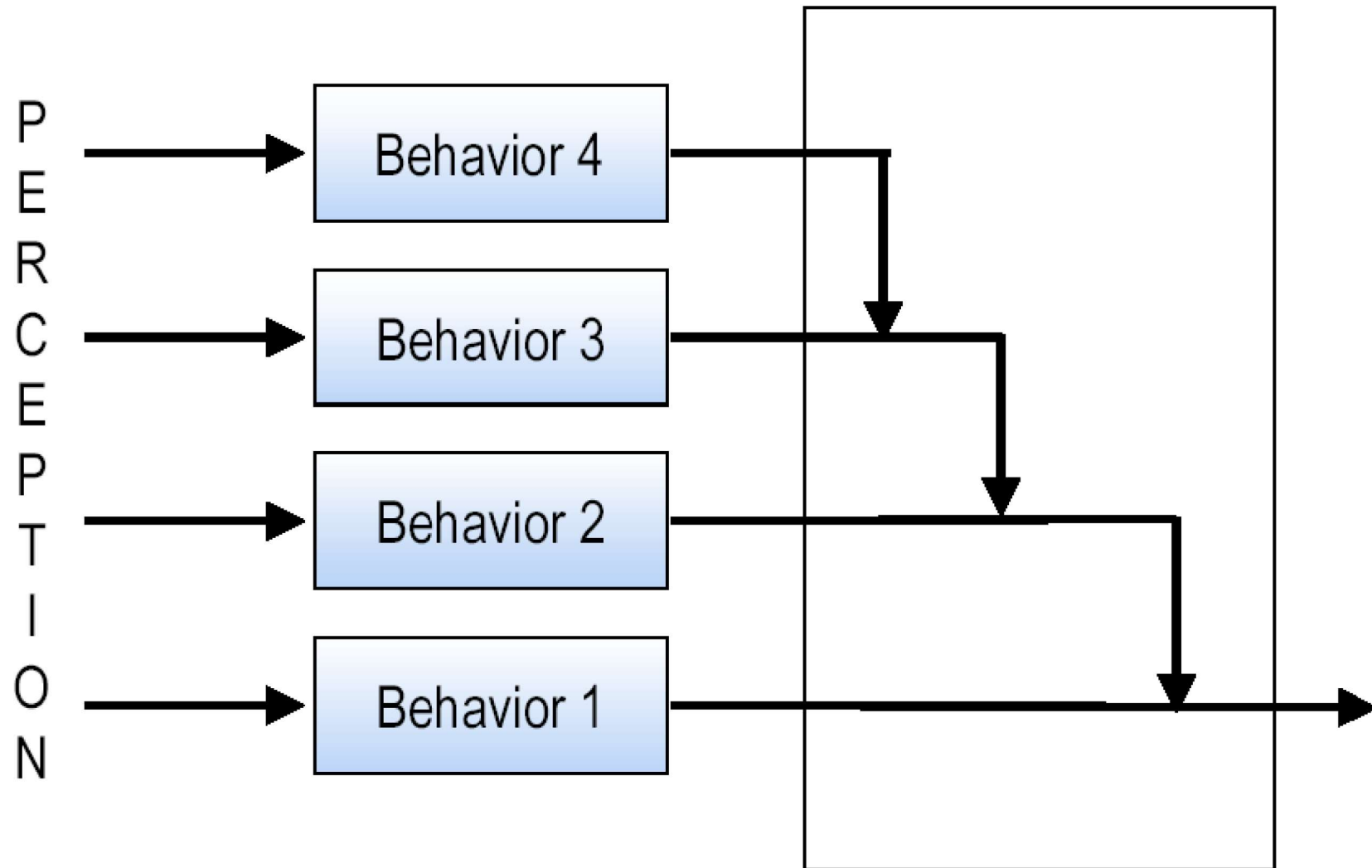
Co to jest *akcja* w przypadku robotów mobilnych?

- Są to dwa elementy:
 1. **intensywność**: siła, prędkość (moduł)
 2. **orientacja**: kierunek i zwrot
- czyli w sumie jest to *wektor*

Koordinacja zachowań

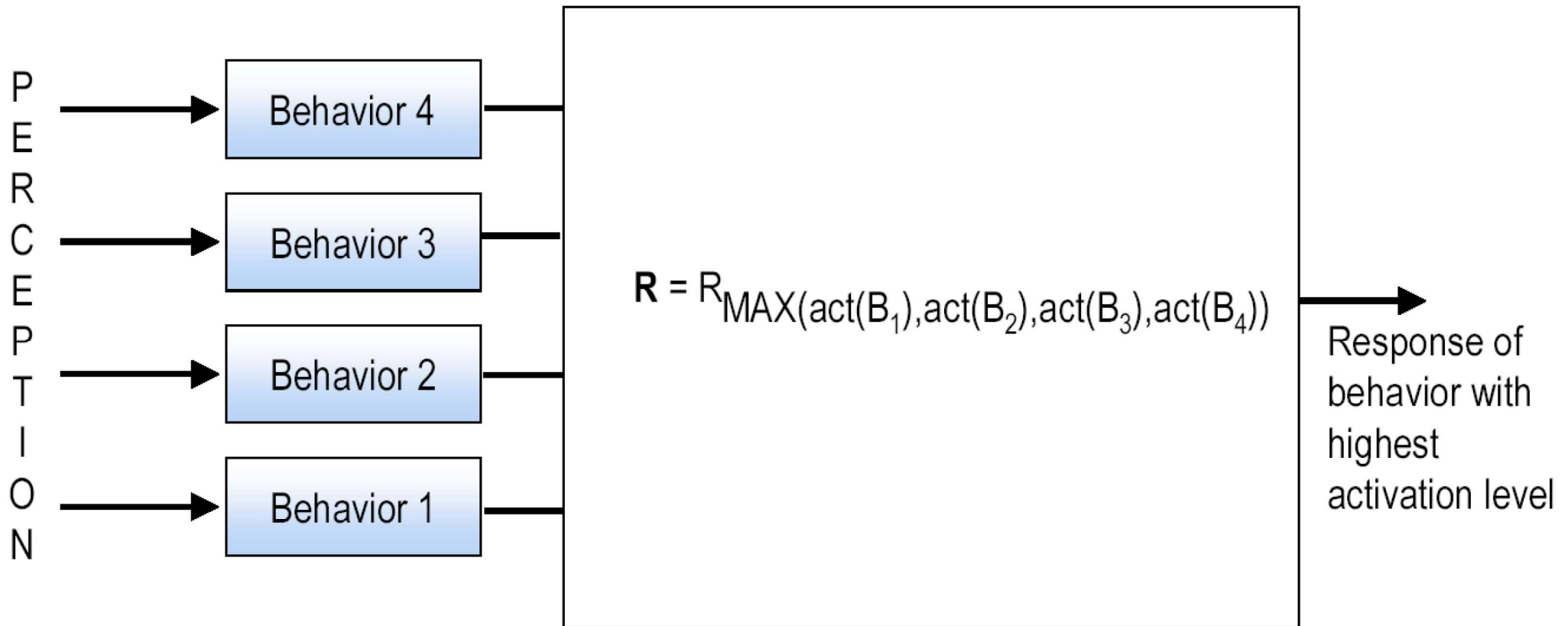
- Określa się **ważność** każdego z aktywowanych zachowań i wybieramy do realizacji to, które jest najważniejsze
- Dokonuje się połączenia efektu działania każdego z zachowań: np. poprzez wektorowe dodanie *akcji* wygenerowanych przez poszczególne zachowania

Sposoby koordynacji zachowań (1)



Stałe priorytety: Zachowanie o wyższym priorytecie zawsze dominuje

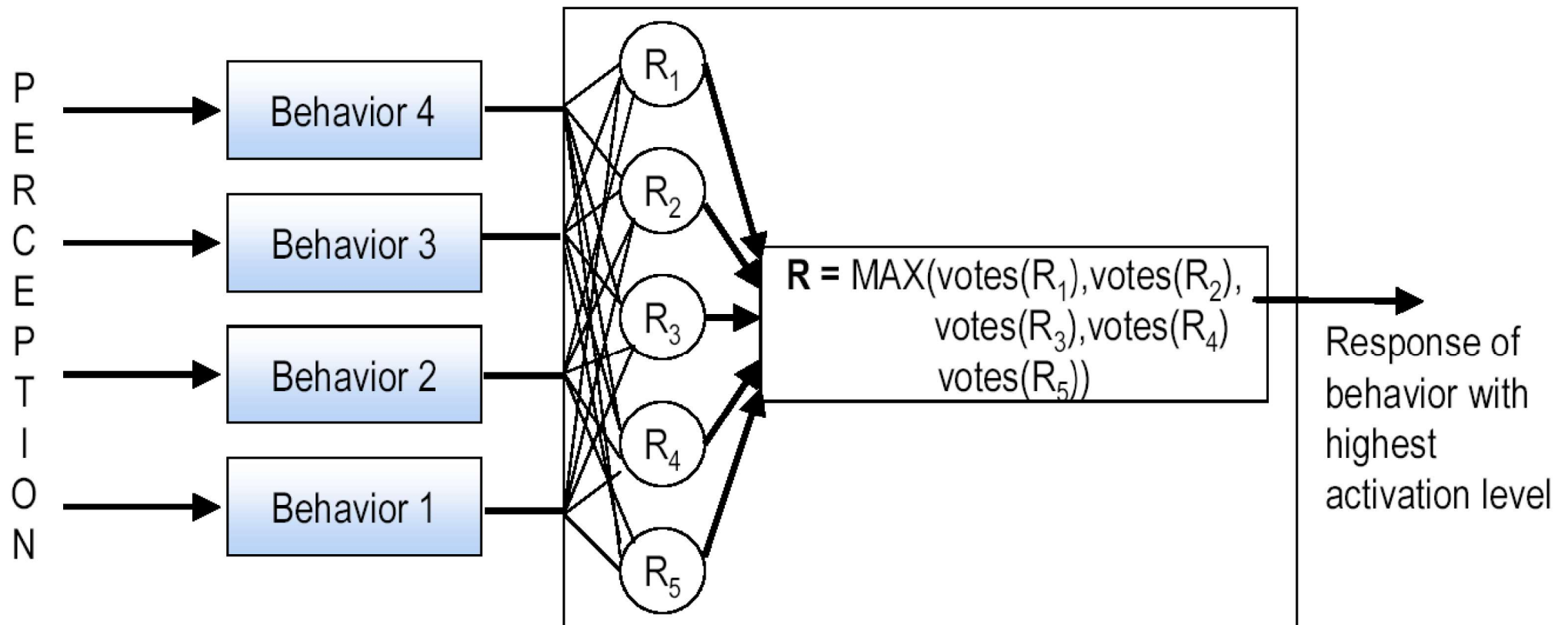
Sposoby koordynacji zachowań (2)



Zmienne priorytety: zachowanie o wyższym priorytecie dominuje.

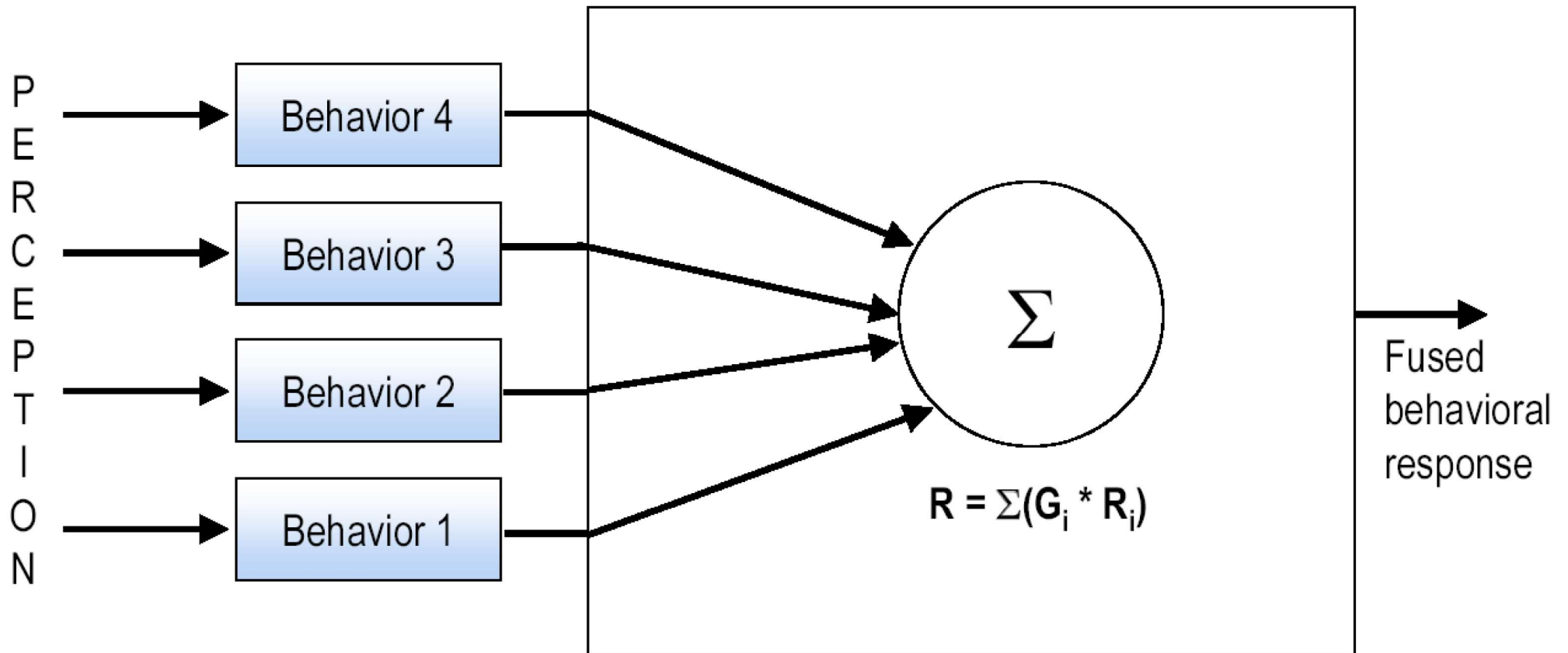
Priorytety (poziomy aktywacji) są obliczane podczas pracy robota i zależą od określenia chwilowego celu pracy robota.

Sposoby koordynacji zachowań (3)



System głosujący: wstępnie zdefiniowany zbiór możliwych działań efektorów robota, każde zachowanie głosuje na określone działanie, wybierane jest działanie o największej liczbie głosów.

Sposoby koordynacji zachowań (4)



Sumowanie wektorowe: sumuje się wektorowo działanie efektorów wygenerowane przez każde z zachowań, rzeczywiste sterowanie efektorów zależy od wyniku.

Architektury sterowników behawioralnych

Cechy wspólne wszystkich architektur:

- brak symbolicznej reprezentacji wiedzy
- zdekomponowane na pojedyncze zachowania

Różnice:

- stopień dekompozycji na zachowania
- uaktywnienie akcji (ciągłe lub dyskretne)
- użyta metoda koordynacji zachowań
- metody programowania

Przykładowe:

- *Subsumption*
- *Motor schema*

Przykład: zadanie plądrowania

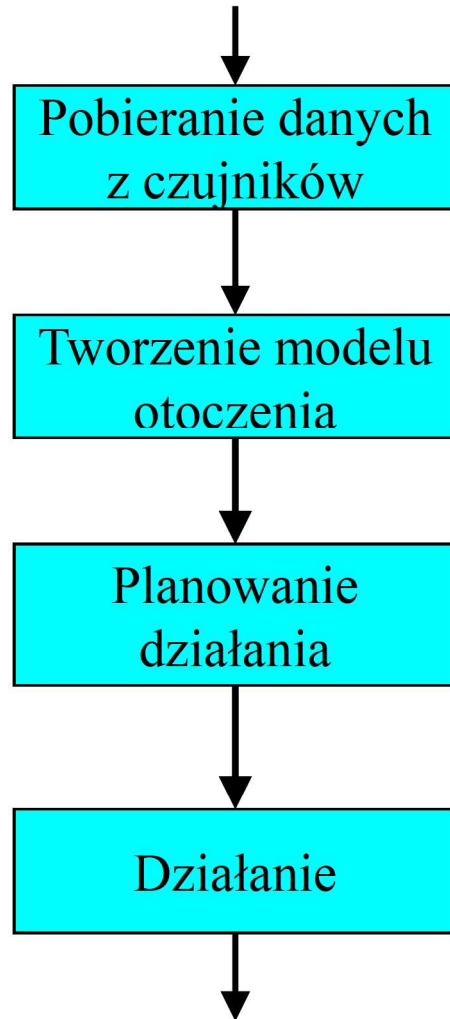
Oczekiwany sposób działania robota:

- Robot porusza się w celu znalezienia określonych obiektów
- Po znalezieniu dojeżdża do obiektu, zabiera go i wiezie do bazy
- Akcja powtarza się, dopóki są obiekty

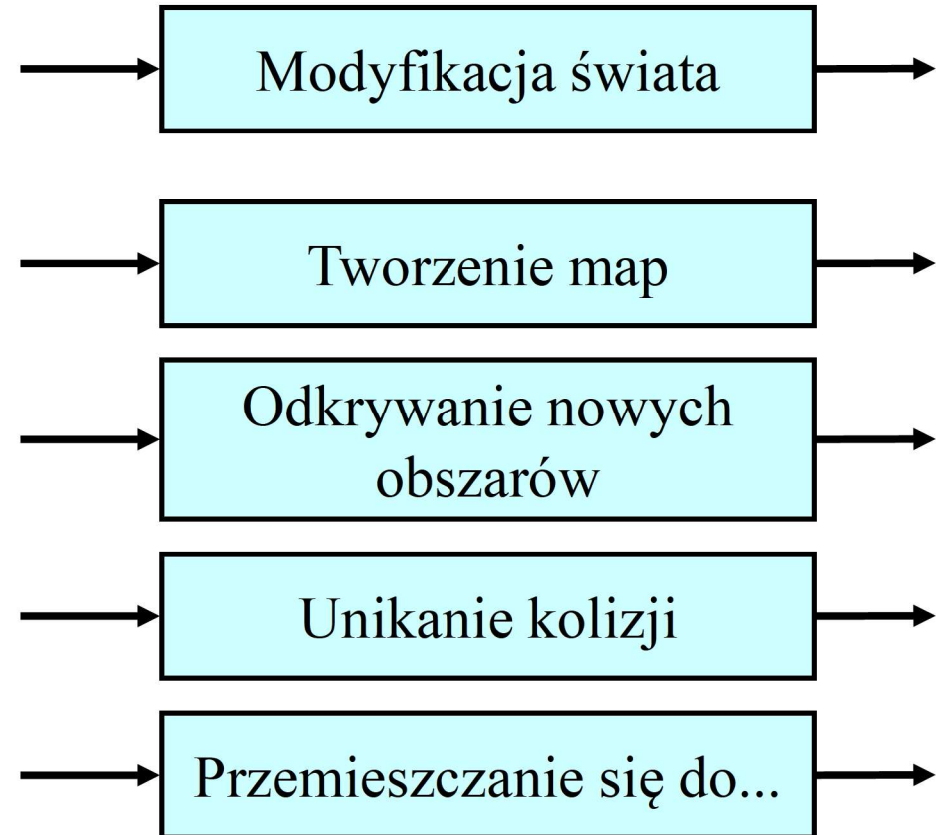
Zachowania wysokiego poziomu:

- wędrówka w poszukiwaniu obiektu
- zdobywanie (ruch wprost po wykryciu obiektu)
- cofanie do bazy

Architektura typu *subsumption*



- Model hierarchiczny



- Model *subsumption*

Nazwa

- Nazwa ***subsumption*** pochodzi od sposobu koordynacji pomiędzy zachowaniami
- złożone akcje są *efektem klasyfikacji* prostszych zachowań
- zastosowany jest sztywny przydział priorytetów
- niższe warstwy nie mają *świadomości* istnienia warstw wyższych

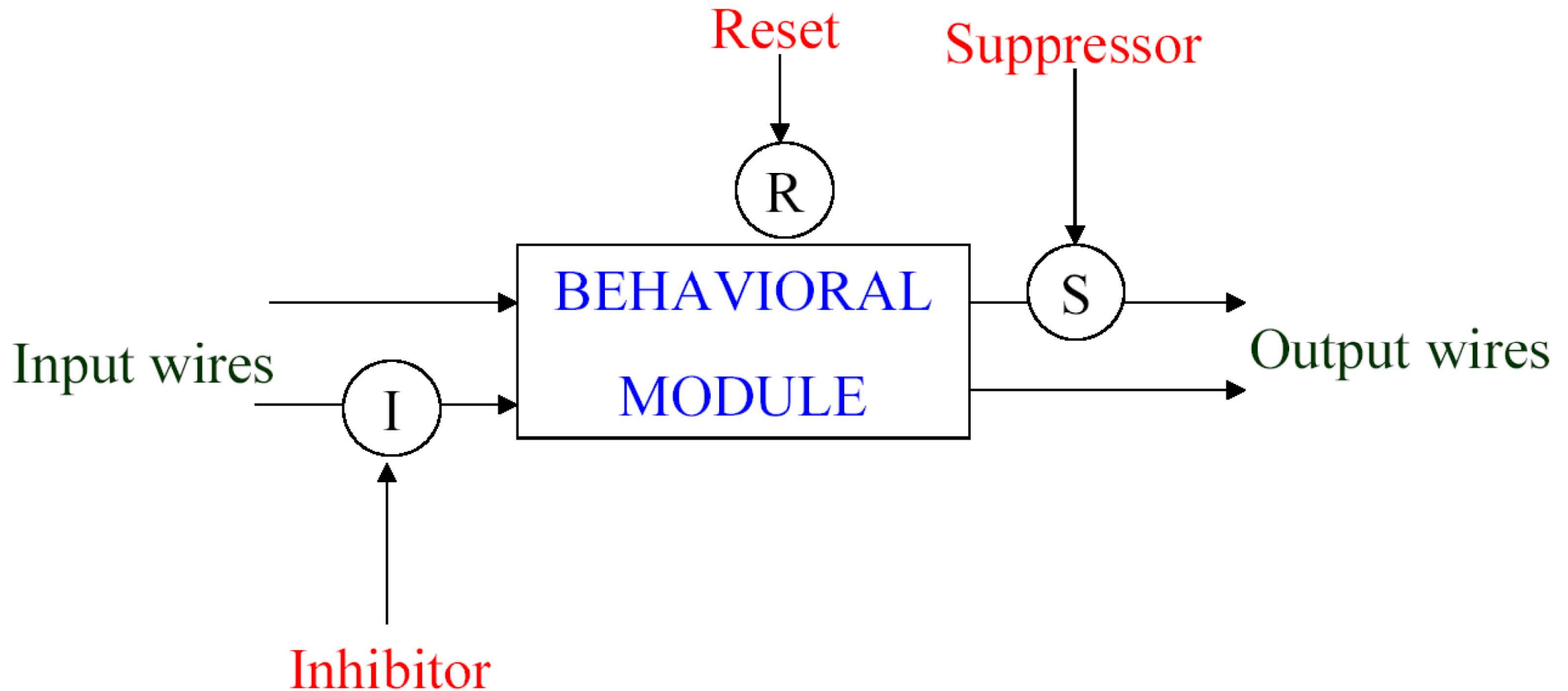
Architektura *subsumption* - zasady

- złożone zachowania nie muszą być efektem pracy skomplikowanego systemu sterowania
- świat jest swoim najlepszym modelem
- prostota jest zaletą
- robot powinien być tani
- celem jest dobre działanie przy kiepskich sensorach
- planowanie jest zbędne
- system powinien być modułowy i prosty w modyfikacji
- prostota przetwarzania i komunikacji

Architektura *subsumption*

- zastosowany jest sztywny przydział priorytetów
- niższe warstwy nie mają *świadomości* istnienia warstw wyższych
- mechanizmy koordynacji zachowań:
 - częściowe hamowanie (*inhibition*)
 - całkowite zablokowanie (*suppression*)
- bez wykorzystania pamięci wspólnej czy zegara
- bez modeli świata lub modeli sensorów
- duża niezależność zachowań

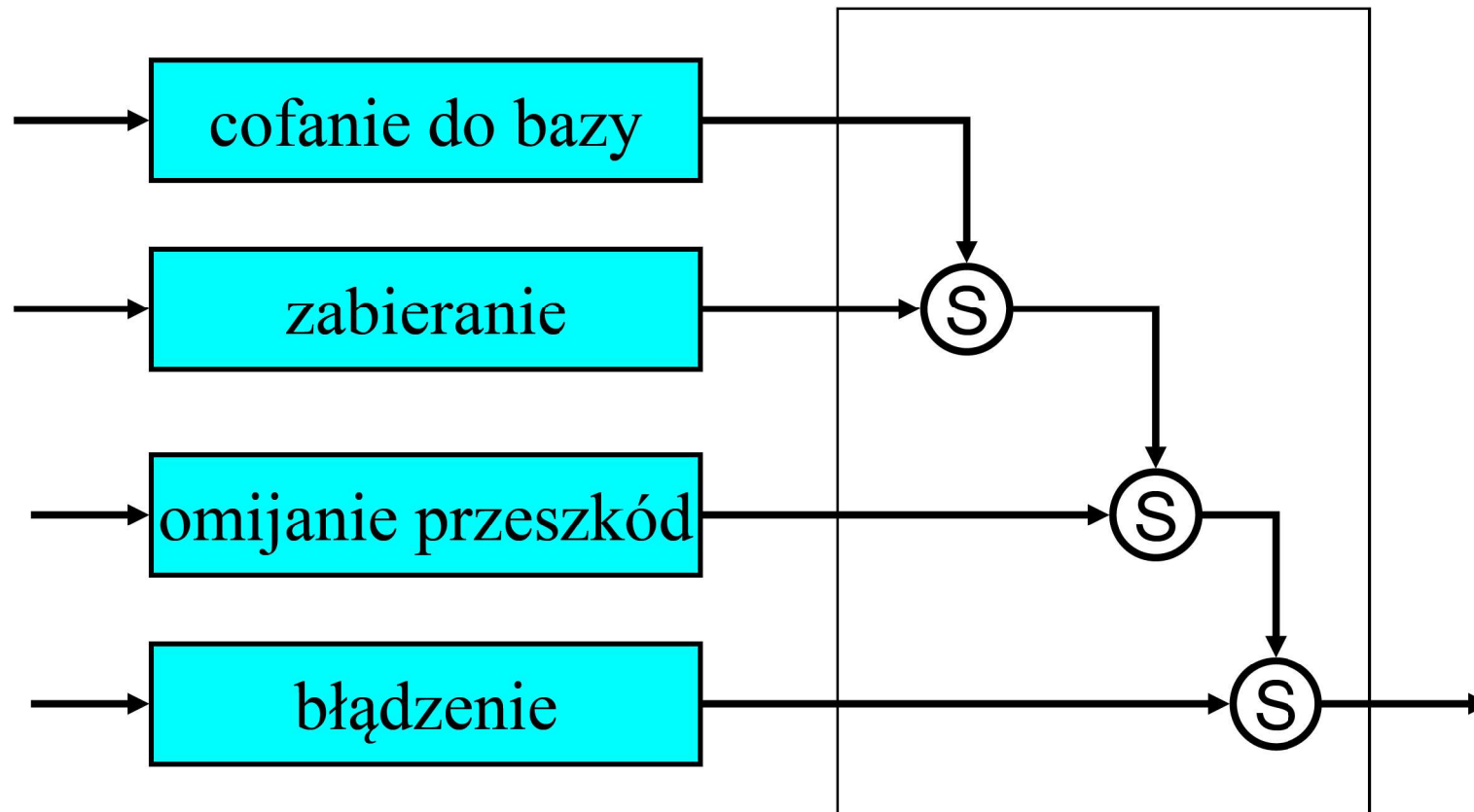
Schemat działania zachowania



Zadanie plądrowania - zachowania

- błądzenie
 - krótki ruch prostoliniowy w losowym kierunku
- omijanie przeszkód
 - skręć w lewo, gdy przeszkoda z prawej
 - skręć w prawo, gdy przeszkoda z lewej
 - po trzech próbach cofnij i wykonaj obrót
 - przeszkoda po obu stronach - wybierz losowo kierunek i cofnij
- zabieranie
 - idź wprost do obiektu i zamknij chwytak, gdy dojdiesz
- cofanie do bazy
 - skieruj się wprost do bazy i idź, aż dojdiesz

Przykład zadania plądrowania - schemat



S - blokowanie zachowania

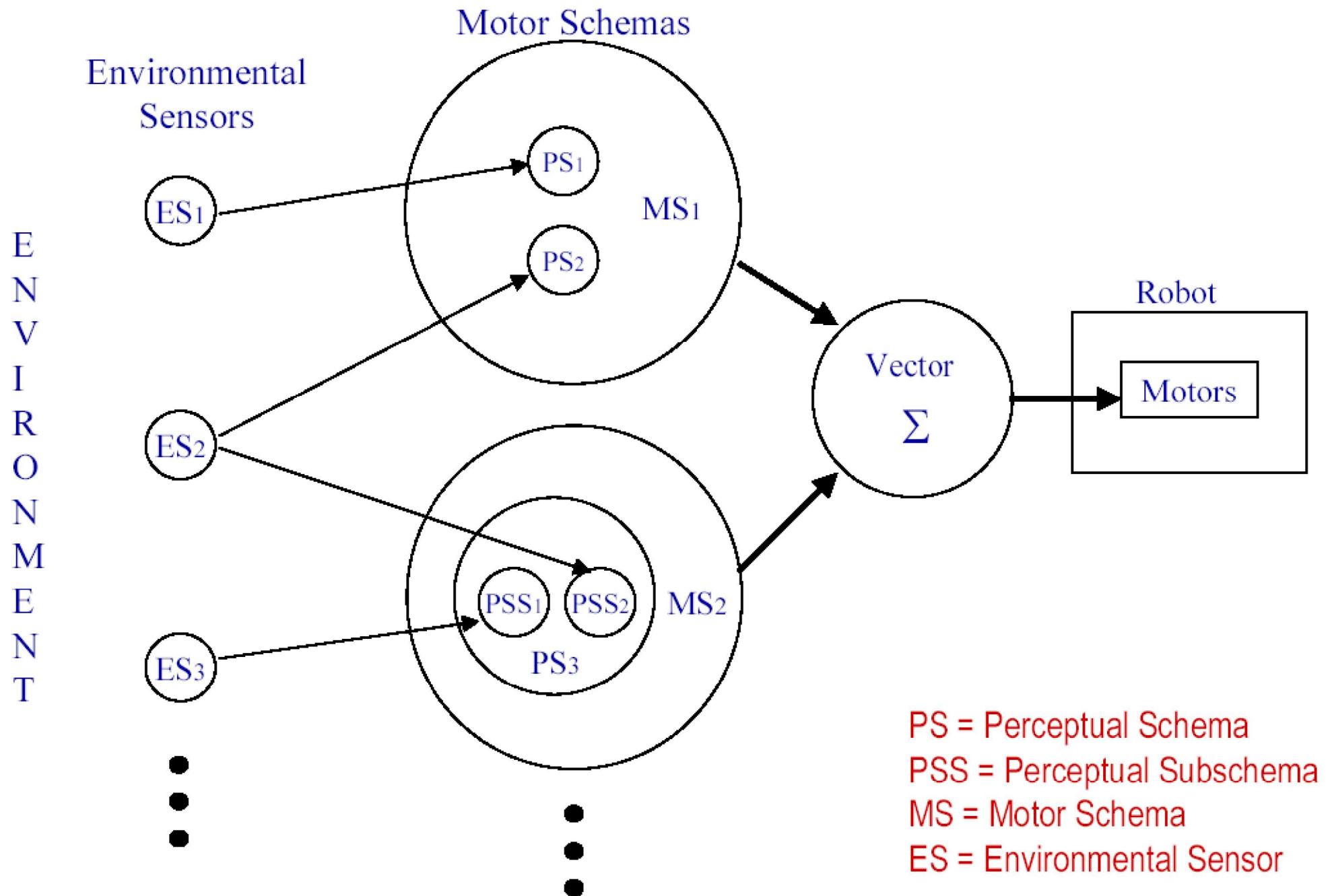
Architektura *motor schemas*

Schematy ruchu a architektura *subsumption*:

- odpowiedzi zachowań - wektory od *pól potencjałowych*
- koordynacja zachowań - dodawanie wektorów
- brak wstępnie określonej hierarchii zachowań
- możliwość dynamicznego określania ważności zachowania - stopnia wpływu na efekt końcowy

Schemat ruchu = wpływ pola potencjałowego

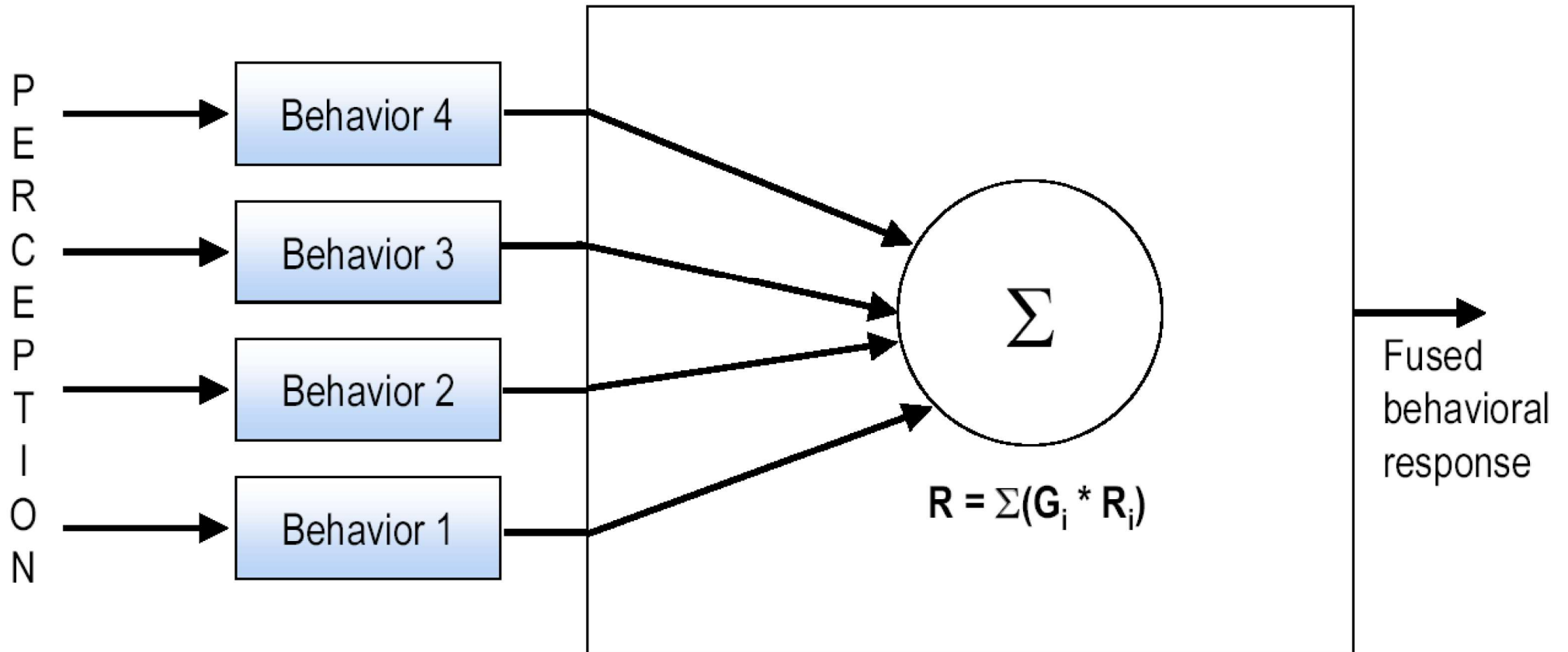
Sposób działania - przykład



Typowe schematy ruchu

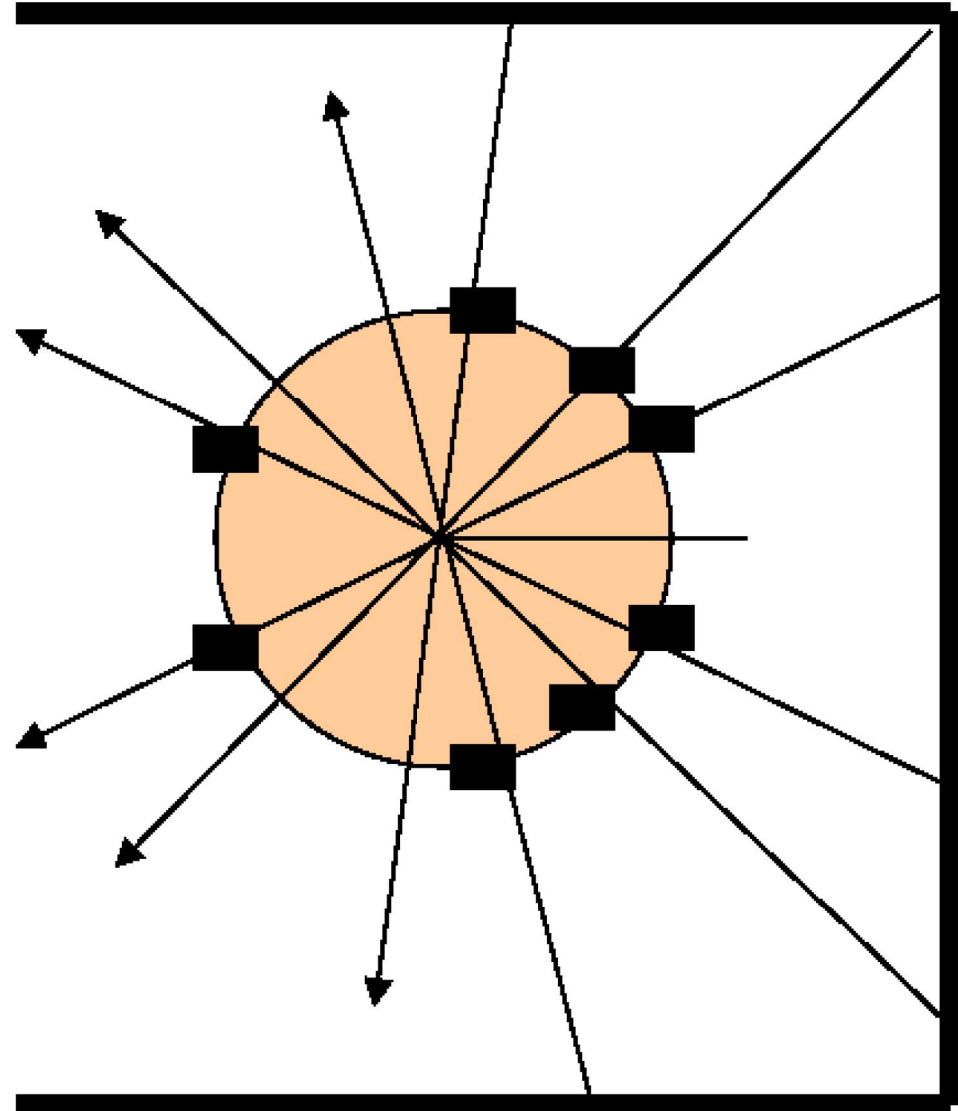
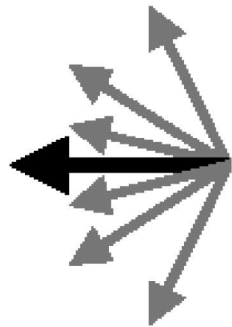
- idź na wprost
- idź do celu
- omiń przeszkodę statyczną
- wymiń przeszkodę ruchomą
- uciekaj
- pozostań na ścieżce
- poruszaj się losowo
- idź za przewodnikiem (innym robotem)
- zbadaj
- dokuj
- zmień/utrzymuj wysokość
- wykonaj polecenie teleoperatora

Sumowanie wektorowe działań



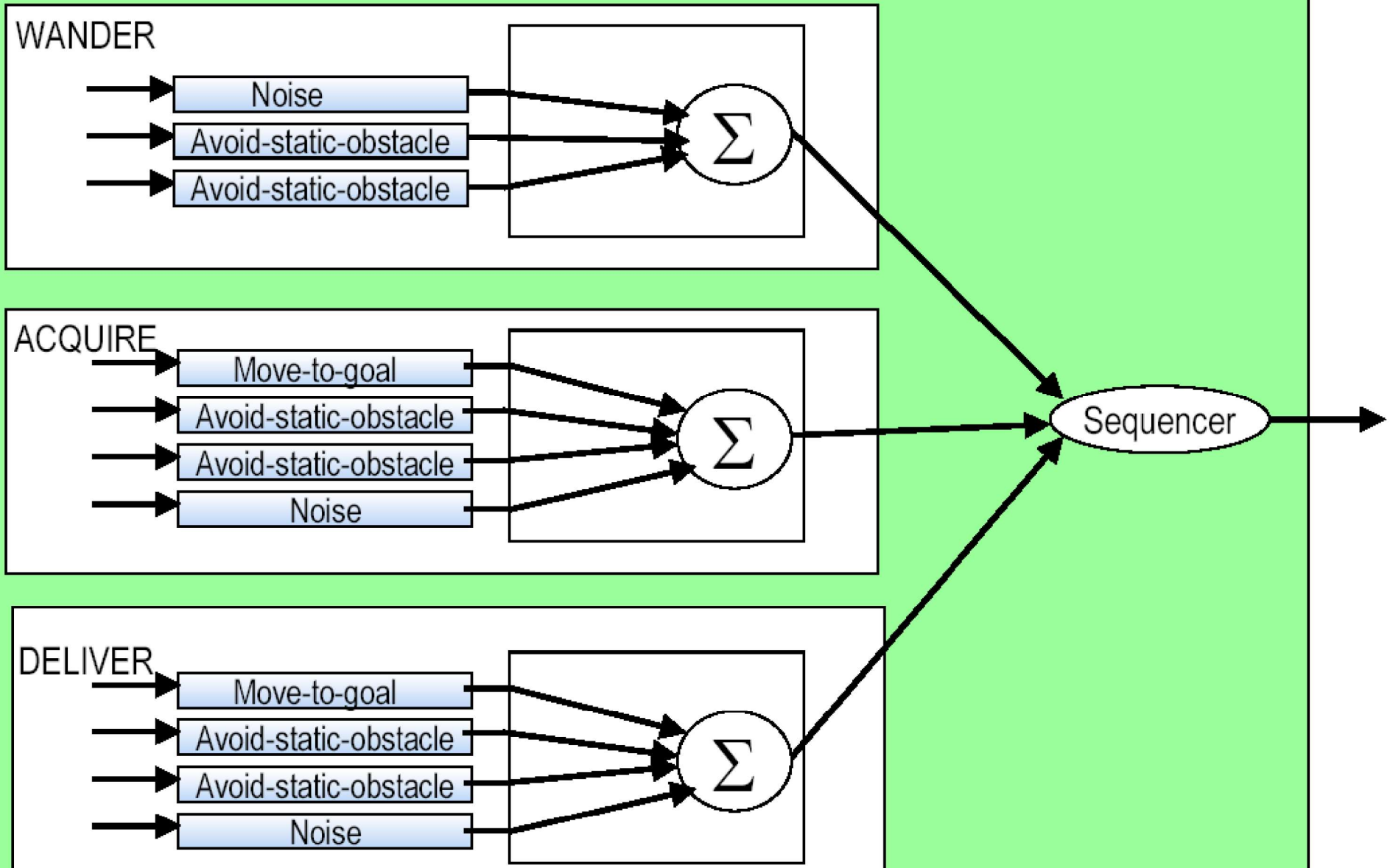
Przykład reakcji na przeszkodę

Sumaryczny wektor sił



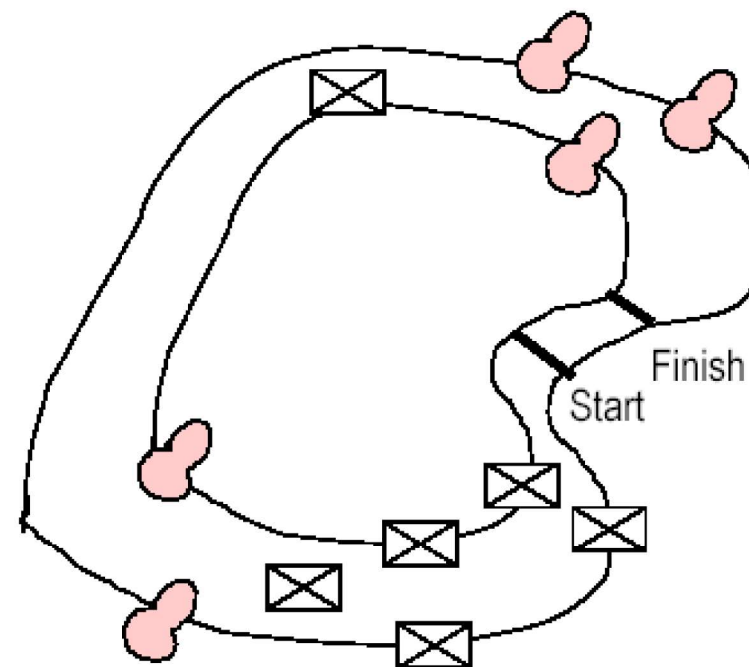
Przykład zadania planowania

FORAGE



Przykład – zawody robotów

- Ruch po wytyczonym torze
- Bandy zaznaczone na biało
- Przeszkody z siana
- Wygrywa najszybszy (określona prędkość max.)
- Kary za wyjście poza bandy i za kolizję z przeszkodą



Zachowania do przykładu

Wyzwalacz	Inhibitor	Zachowanie	Schemat ruchu (pole potenc.)	Percepcja	Schemat percepcji
zawsze włączone	blisko przeszkoda = odczyt z sonaru	idź wzdłuż linii	zostań na ścieżce	środek ścieżki	oblicz środek (obraz - dwie białe linie)
zawsze włączone	daleko przeszkoda = odczyt z sonaru	idź na wprost (kierunek)	pole jednorodne	kierunek pola	oblicz przebytą odległość