



**POLITECHNIKA WARSZAWSKA**  
**WYDZIAŁ MECHANICZNY ENERGETYKI I LOTNICTWA**



# ***WPROWADZENIE DO SZTUCZNEJ INTELIGENCJI***

***NS 586***

***Dr inż. Franciszek Dul***

## ***2. AGENT INTELLIGENTNY***

# Agent inteligentny

W tym rozdziale przedstawimy agenta inteligentnego i zdefiniujemy jego racjonalność.

Omówimy różne rodzaje środowisk w których może działać.

Przedstawimy też różne typy agentów.

## 2.1. Agent i środowisko

W niniejszym kursie podstawowym obiektem sztucznej inteligencji **agent inteligentny (racjonalny)**.



**Agent jest to obiekt który postrzega i działa.**

Definicja formalna agenta

Agent jest to funkcja ***f*** przekształcająca postrzeganie  $P^*$  na działanie  $A$ ,

$$f: P^* \rightarrow A$$

Inteligencja (racjonalność) agenta:

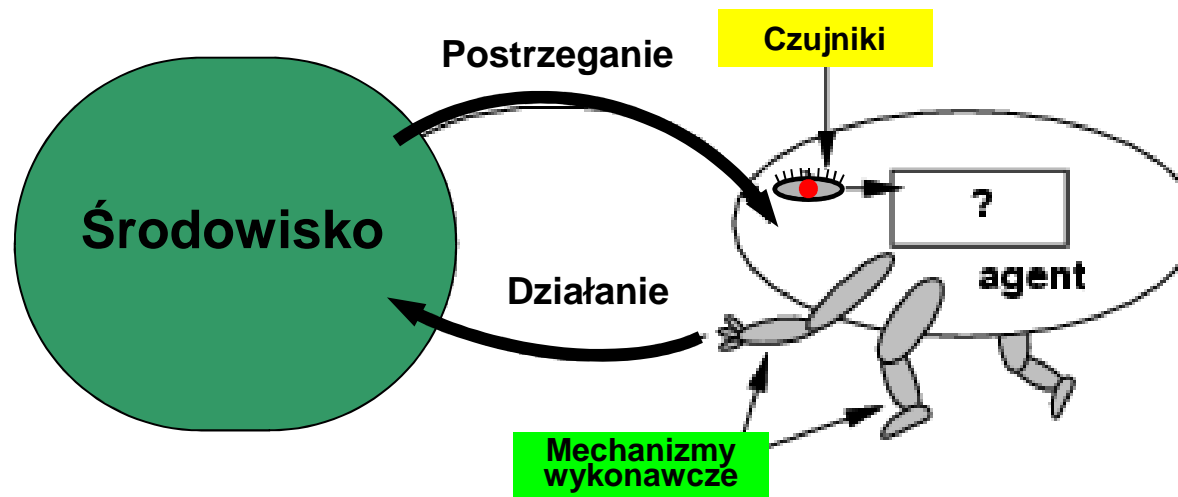
dla określonego **środowiska** (otoczenia) oraz  
wyznaczonego **celu** poszukuje się agenta (lub ich klasy)  
realizującego wyznaczone **zadanie** w najlepszy sposób.

## 2.1. Agent i środowisko

### Definicja fizyczna agenta

**Agent** jest to obiekt który:

- **postrzega środowisko** za pomocą **czujników**,
- **wykonuje działania** przy pomocy **mechanizmów wykonawczych**.



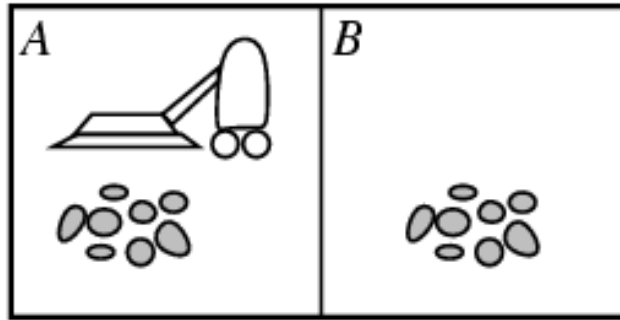
Decyzje i działania agenta mogą zależeć od całej historii obserwacji (percepcji),

$$\dots, p_{-n}, p_{-n+1}, \dots, p_{-1}, p_0$$

### Przykłady agentów:

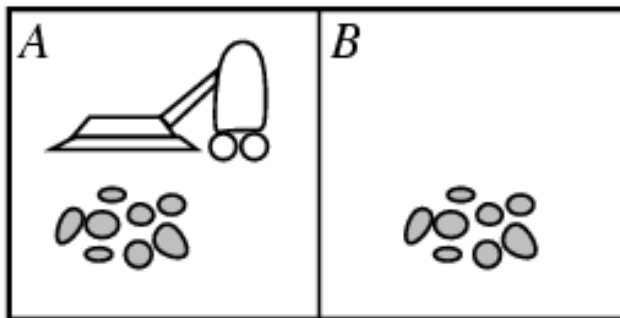
- Człowiek („agent ludzki”)
  - czujniki: oczy, uszy, pozostałe organy zmysłów, ręce, powierzchnia ciała;
  - mechanizmy wykonawcze: ręce, nogi, inne części ciała...
- Robot (agent sztuczny człekokształtny)
  - czujniki: kamery, czujniki podczerwieni, mikrofony, termometry, akcelerometry i inne;
  - mechanizmy wykonawcze: silniki i siłowniki.
- Program komputerowy (agent sztuczny stacjonarny)
  - czujniki: klawiatura, mysz, joystick, czytnik dysku;
  - mechanizmy wykonawcze: ekran, drukarka, element zapisujący.
- Agent internetowy (agent sztuczny wędrujący)
  - czujniki: funkcja czytająca dane, odbiornik pakietów;
  - mechanizmy wykonawcze: funkcja zapisująca dane, nadajnik pakietów.

## Przykład: agent - odkurzacz



- Postrzeganie: położenie i status czystości, np.  
*[ A, śmieci ]* , *[ B, czysto ]*
- Działania:
  - w lewo,
  - w prawo,
  - odkurzaj,
  - nic nie rób.
- Stan: [ Położenie agenta ; A(Czystość) , B(Czystość) ]  
[A;A(ś),B(ś)] , [A;A(ś),B(c)] , [A;A(c),B(ś)] , [A;A(c),B(c)],  
[B;A(ś),B(ś)] , [B;A(ś),B(c)] , [B;A(c),B(ś)] , [B;A(c),B(c)]

## Tablica działań agenta - odkurzacza

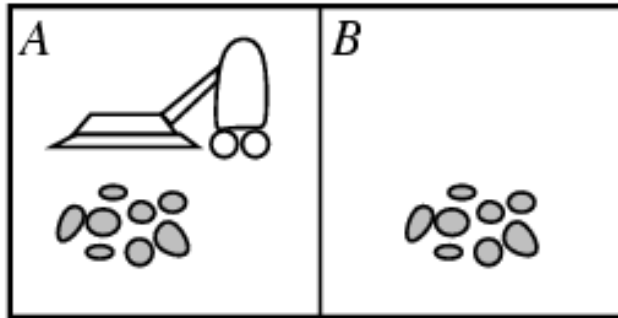


Ciągi obserwacji	Działanie
[ A , czysto ]	W PRAWO
[ A , śmieci ]	ODKURZAJ
[ B , czysto ]	W LEWO
[ B , śmieci ]	ODKURZAJ
[ A , czysto ] , [ A , czysto ]	W PRAWO
[ A , czysto ] , [ A , śmieci ]	ODKURZAJ
...	...

Tablica działań agenta może być nieskończona.



## Program działań agenta - odkurzacza



```
function REFLEX-AGENT-ODKURZACZ ( [położenie, status] ) return DZIAŁANIE  
  if status == ŚMIECI then return ODKURZAJ  
  else if położenie == A then return W PRAWO  
  else if położenie == B then return W LEWO
```

Program agenta pozwala na radykalne zmniejszenie ilości danych koniecznych do opisanego jego zachowania.

## 2.2. Racjonalność agenta

- Agent powinien starać się wykonać dobrze zadanie, opierając się na tych obserwacjach środowiska, które może przeprowadzić.
- Działanie właściwe to takie, które zapewnia agentowi uzyskanie najlepszych rezultatów.
- Miara jakości: obiektywne kryterium oceniające działanie agenta.
- Przykład: miarami jakości agenta-odkurzacza mogą być: ilość zassanych śmieci, czas odkurzania, ilość zużytej energii, hałas podczas pracy, etc.

## 2.2. Racjonalność agenta

Racjonalność agenta zależy od czterech czynników:

- miary jakości definiującej sukces działań agenta,
- wiedzy początkowej agenta o środowisku,
- działań które agent może wykonać,
- sekwencji obserwacji dokonanych przez agenta aż do chwili bieżącej.

Dla wszystkich możliwych ciągów obserwacji agent racjonalny powinien wybrać taki sposób działania, który maksymalizuje miarę jakości na podstawie ciągu uzyskanych obserwacji oraz wszelkiej wiedzy, którą agent posiada.

Problem: złożoność *idealnego* działania racjonalnego i ograniczenia obliczeniowe czynią to zadanie praktycznie niewykonalnym.

## 2.2. Racjonalność agenta

- Racjonalność to nie wiedza absolutna. Wszechwiedza umożliwiłaby idealne wykonanie zadania; Racjonalność umożliwia najlepsze wykonanie zadania w danych warunkach.
- Agent może wykonać działania mające na celu poprawę obserwacji wykonywanych w przyszłości (zbieranie informacji, eksploracja).
- Agent jest **autonomiczny** jeżeli jego zachowanie jest określone przez jego własne doświadczenie (wykorzystujące **zdolność uczenia się** i adaptacji).

## 2.3. Środowisko zadania - struktura PEAS

Opracowanie agenta racjonalnego należy rozpocząć od zdefiniowania elementów zadania:

- Miara jakości działania agenta (**P**erformance measure),
- Środowisko agenta (**E**nvironment),
- Mechanizmy wykonawcze agenta (**A**ctuators),
- Czujniki agenta (**S**ensors).

Jest to tzw. struktura PEAS agenta inteligentnego. Zdefiniowanie elementów PEAS pozwala łatwiej opracować właściwą strukturę agenta.

## Przykłady środowisk zadań

### Automatyczny taksówkarz

- Miara jakości: bezpieczna, szybka, legalna, wygodna podróż; maksymalny zysk;
- Środowisko: ulice, ruch uliczny, przechodnie, klienci;
- Mechanizmy wykonawcze: kierownica, pedał gazu, hamulec, światła, klakson;
- Czujniki: kamery, sonar, prędkościomierz, przyśpieszeniometer, GPS, hodometr (miernik przebytej drogi), czujniki silnika, klawiatura;

## **Przykłady środowisk zadań**

### **System diagnostyki medycznej**

- Miara jakości: zdrowie pacjenta, minimalny koszt leczenia, sprawy sądowe;
- Środowisko: pacjent, szpital, personel, sprzęt, leki;
- Mechanizmy wykonawcze: pytania, badania, diagnozy, przebieg leczenia, skierowania;
- Czujniki: klawiatura (wprowadzanie objawów, odpowiedzi pacjenta, wyniki badań)

## Przykłady środowisk zadań

### Robot sortujący elementy

- Miara jakości: udział procentowy części w odpowiednich pojemnikach;
- Środowisko: ruchoma taśma z częściami, pojemniki;
- Mechanizmy wykonawcze: ramię robocze, chwytak;
- Czujniki: kamery, czujniki położenia ramienia, czujniki siły chwytaka;



## Przykłady środowisk zadań

### Interaktywny nauczyciel języka angielskiego

- Miara jakości: maksymalizacja wyników studenta uzyskanych na egzaminie;
- Środowisko: studenci;
- Mechanizmy wykonawcze: monitory (ćwiczenia, wyjaśnienia, poprawki);
- Czujniki: klawiatura (odpowiedzi);

## Środowisko agenta

- **Całkowicie obserwowalne** (vs. **częściowo obserwowane**): czujniki agenta mogą w każdej chwili obserwować kompletny stan środowiska;
- **Deterministyczne** (vs. **stochastyczne**): następny stan środowiska jest całkowicie określony stanem bieżącym i działaniem agenta.

Jeżeli środowisko jest deterministyczne za wyjątkiem działań innych agentów, to jest ono **strategiczne**.

- **Chwilowe** (vs. **sekwencyjne**): działanie agenta jest podzielone na kroki; każdy krok polega na dokonaniu obserwacji i wykonaniu działania; wybór działania w każdym kroku zależy tylko od tego kroku;

## Środowisko agenta

- **Statyczne** (vs. **dynamiczne**): środowisko jest niezmiennie w trakcie działania agenta;  
Środowisko jest **semidynamiczne**, jeżeli jest niezmiennie, ale zmienia się miara jakości agenta.
- **Dyskretne** (vs. **ciągłe**): składa się z przeliczalnej liczby obserwacji i działań.
- **Pojedynczy agent** (vs. **wielu agentów**): w środowisku działa tylko jeden agent;

## Środowisko agenta - przykłady

Cecha środowiska	Szachy z zegarem	Szachy bez zegara	Taksówkarz
<b>Obserwowalne</b>	Tak	Tak	Nie
<b>Deterministyczne</b>	Strategiczne	Strategiczne	Nie
<b>Chwilowe</b>	Nie	Nie	Nie
<b>Statyczne</b>	Semistatyczne	Tak	Nie
<b>Dyskretne</b>	Tak	Tak	Nie
<b>Pojedynczy agent</b>	Nie	Nie	Nie

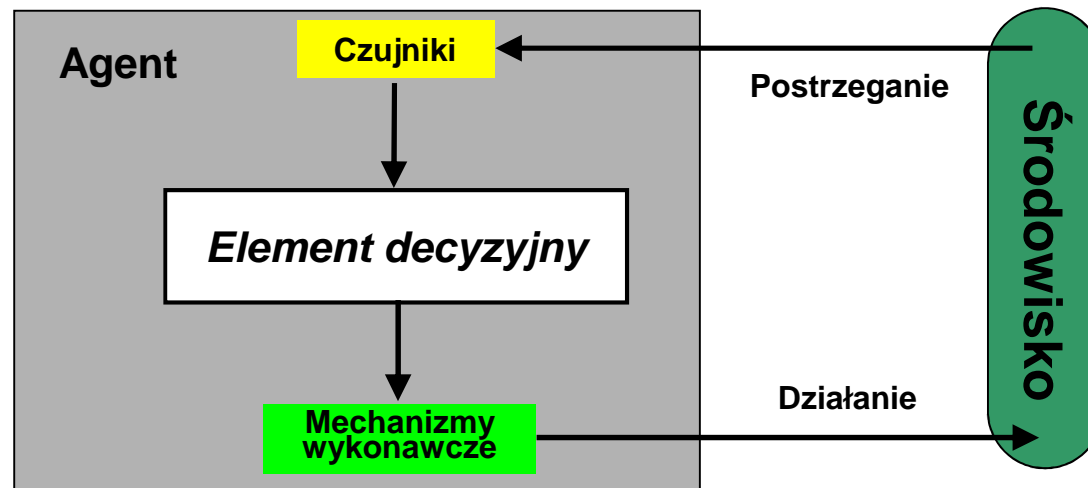
- Najprostsze środowisko jest: obserwowalne, deterministyczne, chwilowe, statyczne, dyskretne i z jednym agentem.
- Świat rzeczywisty jest: częściowo obserwowalny, stochastyczny, sekwencyjny, dynamiczny, ciągły i wieloagentowy.
- Rodzaj i własności środowiska wpływają w sposób zasadniczy na strukturę agenta;

## Elementy zadania:

- miara jakości działania ( $P$ ),
- środowisko ( $E$ ),
- mechanizmy wykonawcze ( $A$ ),
- czujniki ( $S$ ),

determinują strukturę agenta inteligentnego.

## Typy agentów



Element decyzyjny określa typ agenta.

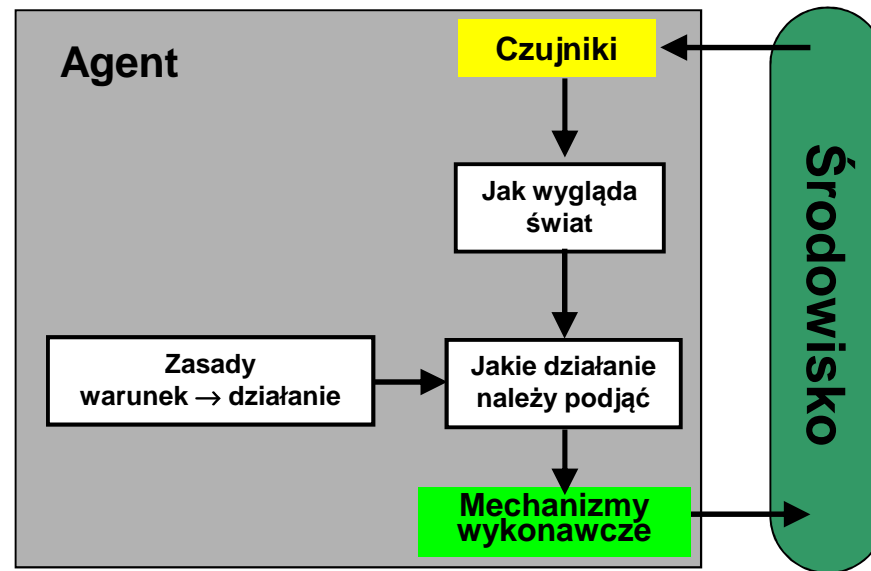
Istnieją cztery podstawowe typy agentów:

- agent refleksowy (*simple reflex agent*),
- agent z refleksowym modelem świata (*model-based reflex agent*),
- agent celowy (*goal-based agent*),
- agent użyteczny (*utility-based agent*).

Agent każdego typu **może się uczyć**.

## Agent refleksowy

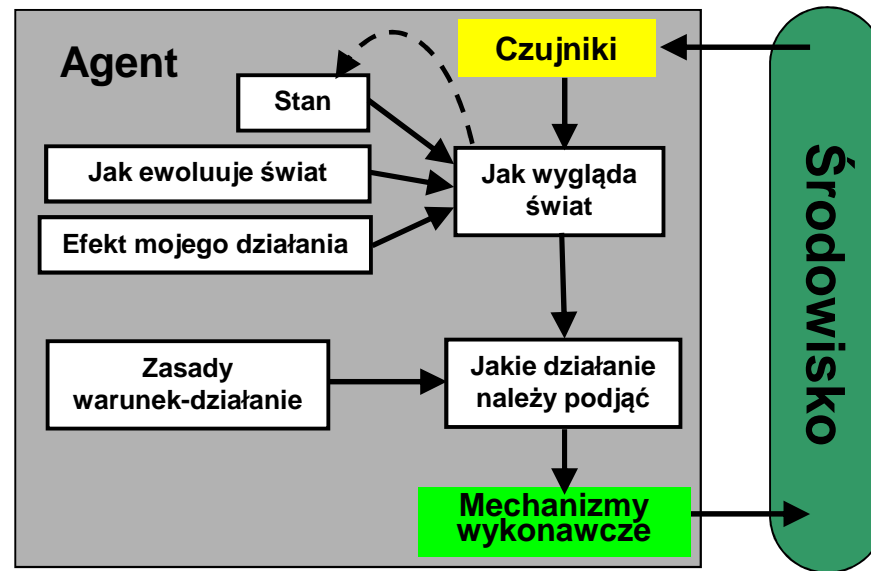
Agent refleksowy podejmuje działania wyłącznie na podstawie aktualnych obserwacji oraz wbudowanych reguł.



- Wybór działania **tylko** na podstawie **aktualnych** obserwacji.
  - Przykład - agent-odkurzacz
- Realizacja przy pomocy zasad typu WARUNEK-DZIAŁANIE
  - jeżeli ŚMIECI to ODKURZAJ
- Refleks umożliwia znaczną redukcję liczby koniecznych analiz.

## Agent refleksowy z modelem świata

Agent refleksowy z modelem służącym do symulacji częściowo nieobserwowalnego środowiska.



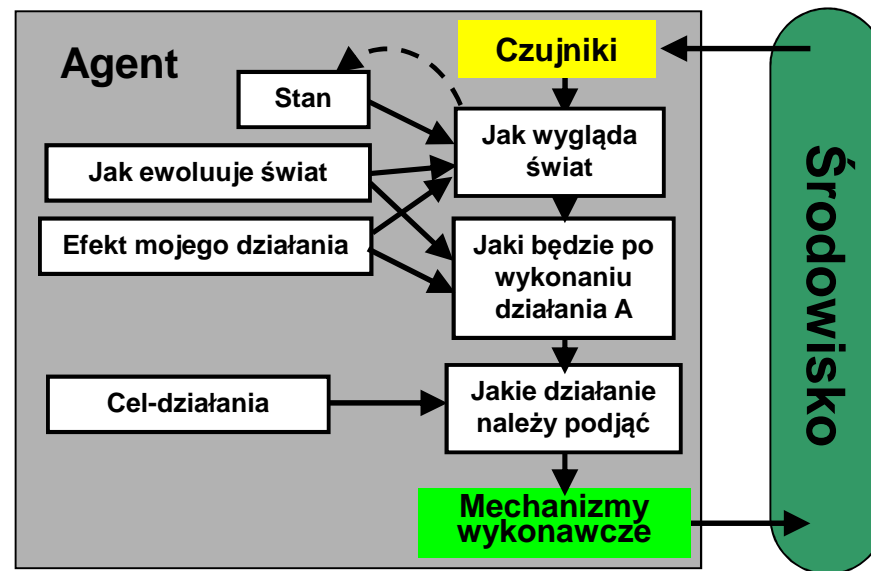
- Agent dysponuje modelem świata pozwalającym wyznaczyć przybliżony stan środowiska.
- Model świata
  - umożliwia uzupełnienie brakujących informacji o środowisku.
  - pozwala przewidzieć zmiany w środowisku wywołane działaniem agenta.



## 2.4. Struktury agentów

### Agent celowy

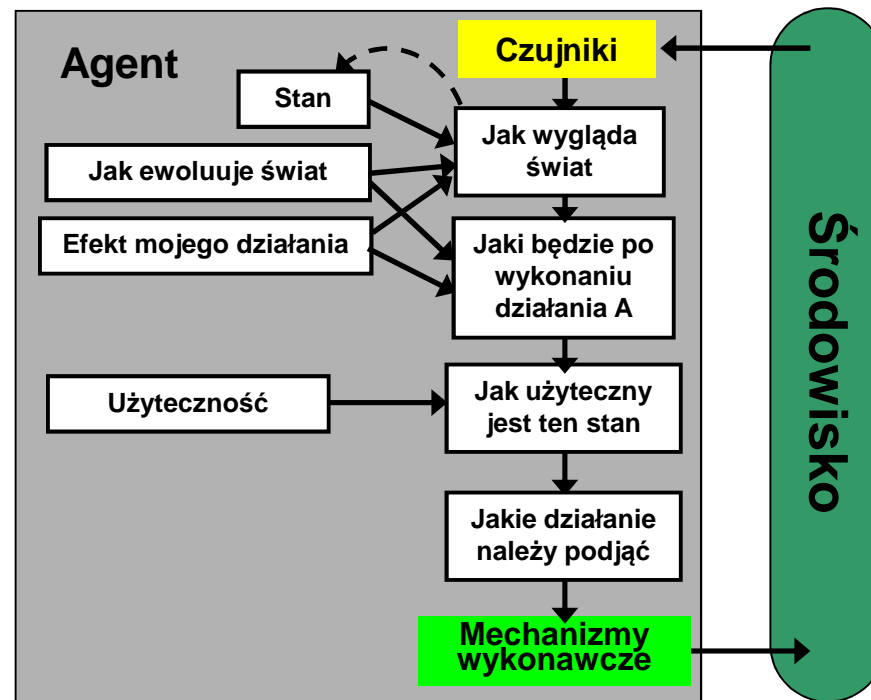
Agent ma wyznaczony cel który określa, jakie stany są pożądane.



- Ważne ulepszenie - agent bierze pod uwagę przyszłość.
- Agent celowy jest bardziej wszechstronny i elastyczny, gdyż posiada wiedzę której może użyć do ulepszenia działania.
- Agent celowy jest najczęściej wykorzystywany w zadaniach **poszukiwania i planowania**.

## Agent użyteczny

Jeżeli cel może być osiągnięty różnymi sposobami, to agent użyteczny **może wybrać najlepszy z nich**.



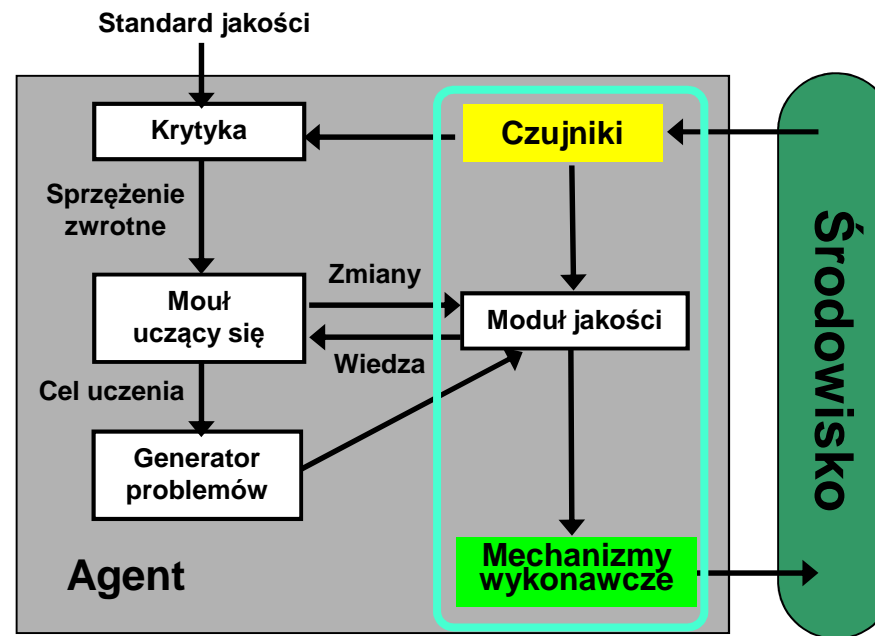
- Agent użyteczny może wybierać pomiędzy sprzecznymi celami.
- **Funkcja użyteczności** odwzorowuje ciągi stanów na zbiór liczb rzeczywistych.

Każdy z przedstawionych agentów: refleksowy, refleksowy z modelem świata, celowy i użyteczny ma ustaloną strukturę, która nie zmienia się w trakcie prowadzonych działań.

## 2.4. Struktury agentów

### Agenci uczący się

Agent uczący się modyfikuje swoją wiedzę o środowisku i pożądanym sposobach działania.



- Uczenie się zwiększa możliwości działania agenta w początkowo nieznanym środowisku.
- Uczenie może zmieniać parametry modelu agenta lub nawet jego strukturę.
- Uczyć może się agent każdego typu.

## Podsumowanie

- Podstawowym obiektem sztucznej inteligencji w ujęciu działania racjonalnego jest agent inteligentny (racjonalny).
- Agent inteligentny jest to obiekt który obserwuje środowisko i stosownie do posiadanej wiedzy podejmuje działania określone przez cel.
- Zachowanie agenta określa funkcja agenta  $f$  odwzorowująca historię obserwacji  $P^*$  na działanie  $A$ ,  $[f: P^* \rightarrow A]$ .
- Struktura agenta określona jest przez cztery cechy (PEAS): miarę jakości ( $P$ ), środowisko ( $E$ ), mechanizmy wykonawcze ( $A$ ) i czujniki ( $S$ ).
- Środowisko określone jest przez: obserwowalność, losowość, sekwencyjność, dynamikę, ciągłość oraz liczbę agentów.
- Wyróżnia się cztery typy agentów: prosty (z „refleksem”), z modelem, celowy i użyteczny; każdy agent może się uczyć.
- Uczenie jest niezbędne, gdy agent ma działać w nieznanym mu środowisku lub gdy własności środowiska istotnie zmieniają się w czasie.