

2015-03-17

# Inteligentne Agenty

Inteligentne Agenty

Na podstawie: AIMA ch2 i slajdów S. Russel'a

Wojciech Jaśkowski

Instytut Informatyki,  
Politechnika Poznańska

17 marca 2015

## Inteligentne Agenty

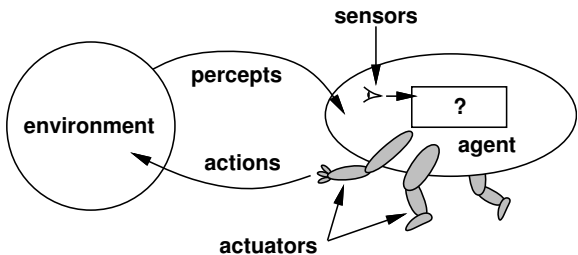
Na podstawie: AIMA ch2 i slajdów S. Russel'a

Wojciech Jaśkowski

Instytut Informatyki,  
Politechnika Poznańska

17 marca 2015

# Agenty i środowiska



- **Agent** ∈ {człowiek, robot, bot (ang. softbot), termostat, etc.}
- **Funkcja agenta** mapuje **historię obserwacji** na **akcje**

$$f : \mathcal{P}^* \rightarrow \mathcal{A}$$

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- └ Agenty i środowiska

- └ Agenty i środowiska



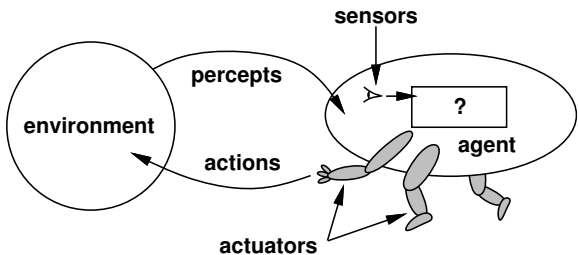
• Agent ∈ {człowiek, robot, bot (ang. softbot), termostat, etc.}

• Funkcja agenta mapuje historię obserwacji na akcje

$$f : \mathcal{P}^* \rightarrow \mathcal{A}$$

1. Agent jest wszystkim, o czym możemy pomyśleć, że postrzega swoje środowisko za pomocą sensorów (obserwacje) i działa w tym środowisku (wykonuje akcje) za pomocą aktuatorów
2. Historia obserwacji - wszystkie obserwacje, które agent mógł zaobserwować za swojego życia
3. Wybór akcji, jaką wykona agent zależy tylko i wyłącznie od sekwencji obserwacji agenta do danej chwili. Natomiast nie zależy od czegoś czego agent nie zaobserwował
4. Funkcję agenta można scharakteryzować i ona w pełni scharakteryzuje agenta (zewnętrznie), ale wewnętrznie może być zaimplementowana i inny sposób niż tabela (w postaci programu agenta).  
Te dwa pojęcia są różne: abstrakcyjny matematyczny opis agenta i jego implementacja

# Agenty i środowiska



- **Agent**  $\in$  {człowiek, robot, bot (ang. softbot), termostat, etc.}
- **Funkcja agenta** mapuje **historię obserwacji** na **akcje**

$$f : \mathcal{P}^* \rightarrow \mathcal{A}$$

- **Program agenta** jest konkretną implementacją funkcji agenta.

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- └ Agenty i środowiska

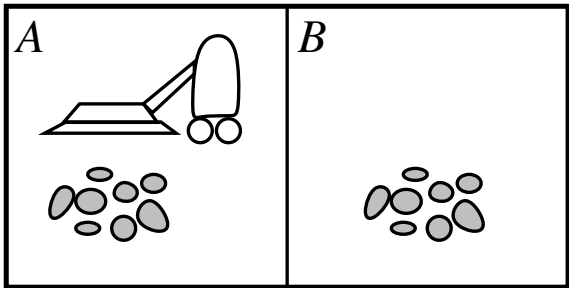
- └ Agenty i środowiska



- Agent  $\in$  {człowiek, robot, bot (ang. softbot), termostat, etc.}
- Funkcja agenta mapuje historię obserwacji na akcje  
 $f : \mathcal{P}^* \rightarrow \mathcal{A}$
- Program agenta jest konkretną implementacją funkcji agenta.

1. Agent jest wszystkim, o czym możemy pomyśleć, że postrzega swoje środowisko za pomocą sensorów (obserwacje) i działa w tym środowisku (wykonuje akcje) za pomocą aktuatorów
2. Historia obserwacji - wszystkie obserwacje, które agent mógł zaobserwować za swojego życia
3. Wybór akcji, jaką wykona agent zależy tylko i wyłącznie od sekwencji obserwacji agenta do danej chwili. Natomiast nie zależy od czegoś czego agent nie zaobserwował
4. Funkcję agenta można scharakteryzować i ona w pełni scharakteryzuje agenta (zewnętrznie), ale wewnętrznie może być zaimplementowana i inny sposób niż tabela (w postaci programu agenta).  
Te dwa pojęcia są różne: abstrakcyjny matematyczny opis agenta i jego implementacja

# Świat odkurzacza

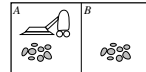


- Typy obserwacji: pozycja i zawartość, np.  $[A, \text{brudno}]$
- Akcje: *lewo, prawo, odkurz, nic*

2015-03-17

## Inteligentne Agenty └ Agenty i środowiska

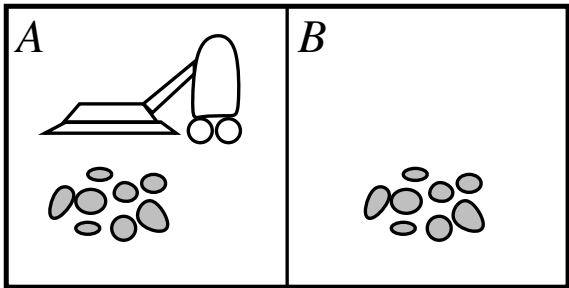
### └ Świat odkurzacza



- Typy obserwacji: pozycja i zawartość, np.  $[A, \text{brudno}]$
- Akcje: *lewo, prawo, odkurz, nic*

1.  $2 \times 2 \times 2 = 8$

# Świat odkurzacza



- Typy obserwacji: pozycja i zawartość, np.  $[A, \text{brudno}]$
- Akcje: *lewo, prawo, odkurz, nic*

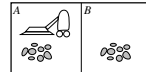
Ile jest różnych stanów tego świata? [\[zadanie 0\]](#)

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- └ Agenty i środowiska

- └ Świat odkurzacza



- Typy obserwacji: pozycja i zawartość, np.  $[A, \text{brudno}]$
  - Akcje: *lewo, prawo, odkurz, nic*
- Ile jest różnych stanów tego świata? [\[zadanie 0\]](#)

1.  $2 \times 2 \times 2 = 8$

# Przykład: stabularyzowana funkcja agenta

Historia obserwacji	Akcja
[A, czysto]	prawo
[A, brudno]	odkurz
[B, czysto]	prawo
[B, brudno]	odkurz
[A, czysto], [A, czysto]	prawo
[A, czysto], [A, brudno]	odkurz
⋮	⋮

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- Agenty i środowiska

- Przykład: stabularyzowana funkcja agenta

Historia obserwacji	Akcja
[A, czysto]	prawo
[A, brudno]	odkurz
[B, czysto]	prawo
[B, brudno]	odkurz
[A, czysto], [A, czysto]	prawo
[A, czysto], [A, brudno]	odkurz
⋮	⋮

## Przykład: program agenta

Program agenta (odruchowego, ang. reflex agent):

```
if status = brudno then return odkurz  
else if pozycja = A then return prawo  
else if pozycja = B then return lewo
```

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└─ Agenty i środowiska

## └─ Przykład: program agenta

1. Innymi słowy, co powoduje, że agent jest dobry, zły, inteligentny albo głupi?
2. W ogólności agentem może być wszystko (np. kalkulator), ale interesują nas agenty tylko wtedy, gdy problem jest nietrywialny i środowisko złożone, tak że podejmowanie decyzji jest złożone.

Program agenta (odruchowego, ang. reflex agent):

```
if status = brudno then return odkurz  
else if pozycja = A then return prawo  
else if pozycja = B then return lewo
```

# Przykład: program agenta

Program agenta (odruchowego, ang. reflex agent):

```
if status = brudno then return odkurz
else if pozycja = A then return prawo
else if pozycja = B then return lewo
```

## Pytania

- 1 Jaka funkcja agenta jest odpowiednia?
- 2 Czy może być zaimplementowana zwięźle (program agenta)?

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- └ Agenty i środowiska

- └ Przykład: program agenta

Przykład: program agenta

Program agenta (odruchowego, ang. reflex agent):

```
if status = brudno then return odkurz
else if pozycja = A then return prawo
else if pozycja = B then return lewo
```

Pytania

- 1 Jaka funkcja agenta jest odpowiednia?
- 2 Czy może być zaimplementowana zwięźle (program agenta)?

1. Innymi słowy, co powoduje, że agent jest dobry, zły, inteligentny albo głupi?
2. W ogólności agentem może być wszystko (np. kalkulator), ale interesują nas agenty tylko wtedy, gdy problem jest nietrywialny i środowisko złożone, tak że podejmowanie decyzji jest złożone.



# Miara jakości czyli „po owocach ich poznać”

**Ocena agenta** → na podstawie konsekwencji akcji agenta, tj. **stanów środowiska**

**Miara jakości** (ang. *performance measure*) dokonuje oceny **sekwencji stanów środowiska**, np.

- 1 punkt za pole posprzątane do momentu  $T$
- 1 punkt za to, że pole jest czyste w danym kroku  $t$  minus 1 punkt za każdy ruch

**Projektowanie miary jakości:** lepiej uwzględniać oczekiwania dot. środowiska (*czysta podłoga*) niż brać pod uwagę to, jak nam się wydaje agent powinien się zachowywać (*codzienne sprzątanie*).

2015-03-17

Inteligentne Agenty

└ Racjonalność

└ Miara jakości czyli „po owocach ich poznać”

Miara jakości czyli „po owocach ich poznać”

**Ocena agenta** → na podstawie konsekwencji akcji agenta, tj. stanów środowiska

**Miara jakości** (ang. *performance measure*) dokonuje oceny sekwencji stanów środowiska, np.

- 1 punkt za pole posprzątane do momentu  $T$
- 1 punkt za to, że pole jest czyste w danym kroku  $t$  minus 1 punkt za każdy ruch

**Projektowanie miary jakości:** lepiej uwzględniać oczekiwania dot. środowiska (*czysta podłoga*) niż brać pod uwagę to, jak nam się wydaje agent powinien się zachowywać (*codzienne sprzątanie*).

1. Ocena na podstawie konsekwencji akcji agenta („po owocach ich poznać”), czyli na podstawie sekwencji stanów. Uwaga: nie na podstawie **stanów agenta** ani **historii obserwacji** ale na podstawie **stanów środowiska**.
2. Wybór miary jakości agenta należy do projektanta. Ocena powinna być oparta na stanach środowiska. Pytanie, czy lepiej, żeby świat był posprzątany częściej ale słabiej czy więcej brudu, czy też mocniej nie mają jasnych odpowiedzi.

# Racjonalność

## Ocena czy agent jest racjonalny zależy od:

- 1 miary jakości, która definiuje kryterium sukcesu,
- 2 wiedzy *a priori* agenta o środowisku,
- 3 akcji, które agent wykonuje,
- 4 historii obserwacji agenta (*doświadczenia*).

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└ Racjonalność

└ Racjonalność

- Ocena czy agent jest racjonalny zależy od:
- miary jakości, która definiuje kryterium sukcesu,
  - wiedzy *a priori* agenta o środowisku,
  - akcji, które agent wykonuje,
  - historii obserwacji agenta (*doświadczenia*).

1. Czyli wiedzy, którą miał zanim został w tym środowisku umieszczony

# Racjonalność

## Racjonalność

**Agent racjonalny** wybiera zawsze akcję, która maksymalizuje oczekiwaną wartość miary jakości, **biorąc pod uwagę** aktualną wiedzę agenta.

- Zawsze = dla każdej możliwej historii obserwacji.
- Wiedza = a priori + historia obserwacji.

2015-03-17

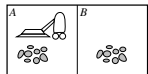
Inteligentne Agenty  
└ Racjonalność

└ Racjonalność

### Racjonalność

Agent racjonalny wybiera zawsze akcję, która maksymalizuje oczekiwaną wartość miary jakości, biorąc pod uwagę aktualną wiedzę agenta.

- Zawsze = dla każdej możliwej historii obserwacji.
- Wiedza = a priori + historia obserwacji.



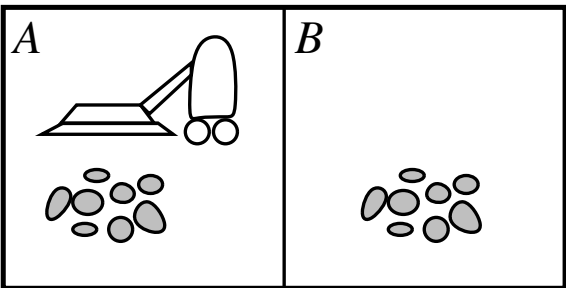
• Czy agent: „jeśli brudno, odkurz; jeśli czysto rusz się?” jest racjonalny? [zadanie 1]

2015-03-17

# Inteligentne Agenty

## └ Racjonalność

### └ Racjonalność (przykład)



- Czy agent: „jeśli brudno, odkurz; jeśli czysto rusz się?” jest racjonalny? [zadanie 1]

1. To zależy od def. miary oceny! I od wiedzy o środowisku: co jeśli brud się może pojawiać?
2. Czy agent kupujący raz w tygodniu los w Lotto jest racjonalny? [Raczej nie, ale zależy od miary jakości]
3. Czy ubezpieczanie się jest racjonalne? [Raczej nie, ale zależy od miary jakości]

# Racjonalność (cechy)

## 1 racjonalny $\neq$ wszechwiedzący

- wszechwiedzący agent zna dokładnie wynik akcji, które wykona („szklana kula”)
  - racjonalność: maksymalizacja oczekiwanej wartości miary jakości **a priori**
  - perfekcja**: maksymalizacja wartości miary jakości **a posteriori**
- ale: częścią racjonalności jest aktywne zdobywanie informacji (**eksploracja**) i **uczenie się** ( $\rightarrow$  **autonomia**)

## 2 Dlatego: racjonalny $\neq$ skuteczny

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

### └ Racjonalność

### └ Racjonalność (cechy)

#### Racjonalność (cechy)

- racjonalny  $\neq$  wszechwiedzący
  - wszechwiedzący agent zna dokładnie wynik akcji, które wykona („szklana kula”)
    - racjonalność: maksymalizacja oczekiwanej wartości miary jakości **a priori**
    - perfekcja**: maksymalizacja wartości miary jakości **a posteriori**
  - ale: częścią racjonalności jest aktywne zdobywanie informacji (**eksploracja**) i **uczenie się** ( $\rightarrow$  **autonomia**)
- Dlatego: racjonalny  $\neq$  skuteczny

- Przykład z przechodzeniem przez ulicę i samolotem, z luku którego wypada bagaż i zabija przechodnia.
- Eksploracja: Kiepski efekt z powodu braku wiedzy nie jest więc wymówką.
- Agentowi brakuje autonomii, jeśli bazuje tylko na wiedzy a priori swojego twórcy a nie na wiedzy, którą zdobywa. Racjonalny agent powinien być autonomiczny.

- Aby zaprojektować racjonalnego agenta należy określić **środowisko**, w którym agent ma działać.
- PEAS = Performance, Environment, Actuators, Sensors

2015-03-17

Inteligentne Agenty

└ PEAS

└ PEAS

PEAS

- Aby zaprojektować racjonalnego agenta należy określić **środowisko**, w którym agent ma działać.
- PEAS = Performance, Environment, Actuators, Sensors

## 1. Środowisko=problem, Agent=rozwiązanie

# PEAS (przykład)

- Automatyczny kierowca taksówki
  - **Miara jakości:** bezpieczeństwo, zyski, stosowanie się do prawa ruchu drogowego, komfort jazdy, czas dojazdu, ...
  - **Środowisko:** drogi, ruch uliczny, piesi, pogoda, pasażerowie, ...
  - **Aktuatory:** kierownica, pedał gazu, hamulca, klakson, sygnalizator mowy, ekran ...
  - **Sensory:** obraz z kamer, akcelerometry, wskaźnik paliwa, GPS, klawiatura (dla pasażera), sensory silnika, zegary...

2015-03-17

Inteligentne Agenty

└ PEAS

└ PEAS (przykład)

PEAS (przykład)

- Automatyczny kierowca taksówki
  - **Miara jakości:** bezpieczeństwo, zyski, stosowanie się do prawa ruchu drogowego, komfort jazdy, czas dojazdu, ...
  - **Środowisko:** drogi, ruch uliczny, piesi, pogoda, pasażerowie, ...
  - **Aktuatory:** kierownica, pedał gazu, hamulca, klakson, sygnalizator mowy, ekran ...
  - **Sensory:** obraz z kamer, akcelerometry, wskaźnik paliwa, GPS, klawiatura (dla pasażera), sensory silnika, zegary...

1. Agent nie musi być fizyczny. Agentami są także agenty softwarowe (np. Zakupowy Agent Internetowy)

# Obserwowalność

## ● całkowicie obserwowalne

- znany stan środowiska (sensory) w każdym momencie
  - dotyczy tylko aspektów mających znaczenie z p. widzenia miary oceny
- konsekwencja: agent nie musi pamiętać

## ● częściowo obserwowalne

- zaszumione lub niedokładne sensory
- brak sensorów

## ● nieobserwowalne

- brak sensorów

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- └ Cechy środowisk

- └ Obserwowalność

1. Jest bardzo dużo różnych środowisk. Warto je pokategoryzować wg ustalonych kryteriów.
2. Sensory agenta dają dostęp w każdym momencie czasowym do całkowitego stanu środowiska (lub tylko istotnej jego części — istotnej ze względu na możliwe akcje)
3. Środowisko może być także w ogóle nieobserwowalne — wtedy także agenty mogą być skuteczne

- **całkowicie obserwowalne**
  - znany stan środowiska (sensory) w każdym momencie
    - dotyczy tylko aspektów mających znaczenie z p. widzenia miary oceny
  - konsekwencja: agent nie musi pamiętać
- **częściowo obserwowalne**
  - zaszumione lub niedokładne sensory
  - brak sensorów
- **nieobserwowalne**
  - brak sensorów



# Liczność agentów

- **Jednoagentowe**

- elementy środowiska mogą być traktowane jako agenty lub nie w zależności od ich celów

- **Wieloagentowe**

- środowisko **kompetytywne**
  - racjonalność może wymagać **losowości**
- środowisko **kooperatywne** (lub mieszane)
  - racjonalność może wymagać **komunikacji**

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└ Cechy środowisk

└ Liczność agentów

- **Jednoagentowe**

- elementy środowiska mogą być traktowane jako agenty lub nie w zależności od ich celów

- **Wieloagentowe**

- środowisko **kompetytywne**
  - racjonalność może wymagać **losowości**
- środowisko **kooperatywne** (lub mieszane)
  - racjonalność może wymagać **komunikacji**

# Determinizm

- **Deterministyczne**

- nowy stan =  $f(\text{aktualny stan, akcja})$   
(ta definicja ignoruje niepewność związaną z akcjami innych agentów w środowiskach wieloagentowych)

- **Stochastyczne**

- wyniki akcji są opisane prawdopodobieństwem ich wystąpienia

- **Niedeterministyczne**

- dane są możliwe wyniki akcji, ale bez prawd.

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└ Cechy środowisk

└ Determinizm

Determinizm

- **Deterministyczne**

- nowy stan =  $f(\text{aktualny stan, akcja})$   
(ta definicja ignoruje niepewność związaną z akcjami innych agentów w środowiskach wieloagentowych)

- **Stochastyczne**

- wyniki akcji są opisane prawdopodobieństwem ich wystąpienia

- **Niedeterministyczne**

- dane są możliwe wyniki akcji, ale bez prawd.

1. Niedeterministyczne: zwykle w sytuacji, gdy miara jakości „każe” agentowi działać skutecznie dla wszystkich wyników akcji (przykład: kryterium minimax w grach kompetytywnych)

# Determinizm

## ● Deterministyczne

- nowy stan =  $f(\text{aktualny stan, akcja})$   
(ta definicja ignoruje niepewność związaną z akcjami innych agentów w środowiskach wieloagentowych)

## ● Stochastyczne

- wyniki akcji są opisane prawdopodobieństwem ich wystąpienia

## ● Niedeterministyczne

- dane są możliwe wyniki akcji, ale bez prawd.

### Uwagi:

- Środowisko jest **niepewne** jeśli nie jest w pełni obserwowalne lub nie jest deterministyczne.
- częściowo obserwowalne  $\Rightarrow$  może wyglądać jakby było stochastyczne i zwykle traktujemy je tak ze względu na stopień skomplikowania.

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

### └ Cechy środowisk

### └ Determinizm

#### Determinizm

##### ● Deterministyczne

- nowy stan =  $f(\text{aktualny stan, akcja})$   
(ta definicja ignoruje niepewność związaną z akcjami innych agentów w środowiskach wieloagentowych)

##### ● Stochastyczne

- wyniki akcji są opisane prawdopodobieństwem ich wystąpienia

##### ● Niedeterministyczne

- dane są możliwe wyniki akcji, ale bez prawd.

##### Uwagi:

- Środowisko jest niepewne jeśli nie jest w pełni obserwowalne lub nie jest deterministyczne.
- częściowo obserwowalne  $\Rightarrow$  może wyglądać jakby było stochastyczne i zwykle traktujemy je tak ze względu na stopień skomplikowania.

1. Niedeterministyczne: zwykle w sytuacji, gdy miara jakości „każe” agentowi działać skutecznie dla wszystkich wyników akcji (przykład: kryterium minimax w grach kompetytywnych)

# Epizodyczność

## ● Epizodyczne

- czas dzielone jest na (niepodzielne) epizody.
- epizod = obserwacje + 1 akcja.
- epizody są niezależne
- nie trzeba planować

## ● Sekwencyjne

- aktualna decyzja może wpłynąć na decyzje w przyszłości

2015-03-17

Inteligentne Agenty

└ Cechy środowisk

└ Epizodyczność

Epizodyczność

### ● Epizodyczne

- czas dzielone jest na (niepodzielne) epizody.
- epizod = obserwacje + 1 akcja.
- epizody są niezależne
- nie trzeba planować

### ● Sekwencyjne

- aktualna decyzja może wpłynąć na decyzje w przyszłości

1. Zadania klasyfikacji, np. na linii produkcyjnej
2. Szachy, kierowca taksówki
3. Uwaga terminologiczna: inni autorzy (np. Sutton & Barto, 1998) używają nazwy „epizodyczny” w kontekście środowisk sekwencyjnych. Wtedy **epizodyczny** znaczy, że zadanie jest dzielone na niezależne epizody, ale każdy z epizodów może mieć charakter sekwencyjny. W tym sensie zadania epizodyczne są różne od zadań **nieustających** (ang. continuing), które mogą trwać bez końca (i „nie resetują się”)

# Statische i dynamiczne

- **Statische**
  - „Czeka” na akcję agenta
- **Dynamiczne**
  - Dynamiczne: może się zmienić w czasie gdy agent „myśli”
- **Semidynamiczne**
  - Jeśli środowisko się nie zmienia podczas „myślenia”, ale upływający czas liczy się do do miary jakości.

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└─ Cechy środowisk

└─ Statyczne i dynamiczne

1. Gra w szachy
2. „real-time”
3. Gra w szachy z zegarem

- **Statische**
  - „Czeka” na akcję agenta
- **Dynamiczne**
  - Dynamiczne: może się zmienić w czasie gdy agent „myśli”
- **Semidynamiczne**
  - Jeśli środowisko się nie zmienia podczas „myślenia”, ale upływający czas liczy się do do miary jakości.

# Ciągłość

- **Dyskretne vs. ciągłe**

Dotyczy natury:

- stanu świata
- czasu,
- obserwacji i
- akcji.

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└─ Cechy środowisk

└─ Ciągłość

Ciągłość

- **Dyskretne vs. ciągłe**

Dotyczy natury:

- stanu świata
- czasu,
- obserwacji i
- akcji.

1. Możemy mieć ciągły czasowo i ciągłe akcje, ale dyskretne obserwacje (np. kamera — kierowca taksówki)

# Znane i nieznanne

Nie jest to cecha środowiska: dotyczy wiedzy projektanta (lub agenta) o „mechanice” środowiska.

- **Znane**

- konsekwencje akcji (lub ich rozkłady prawd., gdy stochastyczne) są znane

- **Nieznane**

- konsekwencje akcji są nieznanne
- wymaga uczenia się
- nie ma związku z tym czy jest (całkowicie lub częściowo) obserwowalne.

Najtrudniejsza kombinacja: częściowo obserwowalne, wieloagentowe, stochastyczne, sekwencyjne, dynamiczne, ciągłe i nieznanne

2015-03-17

## Inteligentne Agenty └ Cechy środowisk

### └ Znane i nieznanne

1. Pasjans: znane i częściowo obserwowalne
2. Gra komputerowa, ale nie wiadomo jak się ją steruje (które klawisze co robią) jest nieznanne, ale całkowicie obserwowalne
3. Najtrudniejsza kombinacja: kierowca taksówki w wypożyczonym samochodzie w dalekim kraju, gdzie nie zna zasad ruchu drogowego.
4. Najtrudniejsza kombinacja: Świat rzeczywisty

#### Znane i nieznanne

Nie jest to cecha środowiska: dotyczy wiedzy projektanta (lub agenta) o „mechanice” środowiska.

- **Znane**

- konsekwencje akcji (lub ich rozkłady prawd., gdy stochastyczne) są znane

- **Nieznane**

- konsekwencje akcji są nieznanne
- wymaga uczenia się
- nie ma związku z tym czy jest (całkowicie lub częściowo) obserwowalne.

Najtrudniejsza kombinacja: częściowo obserwowalne, wieloagentowe, stochastyczne, sekwencyjne, dynamiczne, ciągłe i nieznanne

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?				
Deterministyczne?				
Epizodyczne?				
Statyczne?				
Dyskretne?				
Wieloagentowe?				

[zadanie 2]

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?				
Deterministyczne?				
Epizodyczne?				
Statyczne?				
Dyskretne?				
Wieloagentowe?				

[zadanie 2]



	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Obserwowalne?				
Deterministyczne?				
Epizodyczne?				
Statyczne?				
Dyskretne?				
Wieloagentowe?				

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Deterministyczne?				
Epizodyczne?				
Statyczne?				
Dyskretne?				
Wieloagentowe?				

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Deterministyczne?	tak(+)	nie	nie	tak
Epizodyczne?				
Statyczne?				
Dyskretne?				
Wieloagentowe?				

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Deterministyczne?	tak(+)	nie	nie	tak
Epizodyczne?				
Statyczne?				
Dyskretne?				
Wieloagentowe?				

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Deterministyczne?	tak(+)	nie	nie	tak
Epizodyczne?	nie	nie	nie	tak
Statyczne?				
Dyskretne?				
Wieloagentowe?				

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Deterministyczne?	tak(+)	nie	nie	tak
Epizodyczne?	nie	nie	nie	tak
Statyczne?				
Dyskretne?				
Wieloagentowe?				

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Deterministyczne?	tak(+)	nie	nie	tak
Epizodyczne?	nie	nie	nie	tak
Statyczne?	tak	tak	nie	tak/semi(*)
Dyskretne?				
Wieloagentowe?				

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Deterministyczne?	tak(+)	nie	nie	tak
Epizodyczne?	nie	nie	nie	tak
Statyczne?	tak	tak	nie	tak/semi(*)
Dyskretne?				
Wieloagentowe?				

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Deterministyczne?	tak(+)	nie	nie	tak
Epizodyczne?	nie	nie	nie	tak
Statyczne?	tak	tak	nie	tak/semi(*)
Dyskretne?	tak	tak	nie	tak(*)
Wieloagentowe?				

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Deterministyczne?	tak(+)	nie	nie	tak
Epizodyczne?	nie	nie	nie	tak
Statyczne?	tak	tak	nie	tak/semi(*)
Dyskretne?	tak	tak	nie	tak(*)
Wieloagentowe?				

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Deterministyczne?	tak(+)	nie	nie	tak
Epizodyczne?	nie	nie	nie	tak
Statyczne?	tak	tak	nie	tak/semi(*)
Dyskretne?	tak	tak	nie	tak(*)
Wieloagentowe?	nie	tak	tak	nie

(\*) dyskusyjne  
(+) tak, ale ze względu na częściową obserwowalność może wydawać się stochastyczne

	Pasjans	Chińczyk	Taxi	Klas. obrazu
Obserwowalne?	częściowo	całkowicie	częściowo	całkowicie
Deterministyczne?	tak(+)	nie	nie	tak
Epizodyczne?	nie	nie	nie	tak
Statyczne?	tak	tak	nie	tak/semi(*)
Dyskretne?	tak	tak	nie	tak(*)
Wieloagentowe?	nie	tak	tak	nie

(\*) dyskusyjne

(+) tak, ale ze względu na częściową obserwowalność może wydawać się stochastyczne

1. Klasyfikacja obrazu wizyjnego, jeśli to jest taśma produkcyjna, to czas gra rolę, stąd semi

# Typy agentów

Cztery typy agentów w kolejności coraz większej ogólności:

- 1 **agent odruchowy** (ang. *simple reflex agent*)
- 2 **agent odruchowy z modelem** (ang. *model-based reflex agent*)
- 3 **agent celowy** (ang. *goal-based agent*)
- 4 **agent z f. użyteczności** (ang. *utility-based agent*)

Wszystkie typy agentów mogą być przekształcone w agentów uczących się

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└─ Struktura agentów

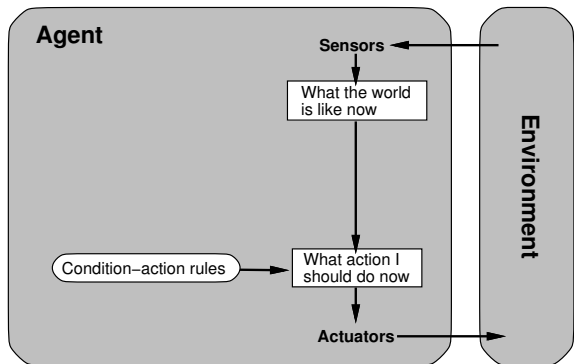
└─ Typy agentów

Typy agentów

Cztery typy agentów w kolejności coraz większej ogólności:

- 1 **agent odruchowy** (ang. *simple reflex agent*)
  - 2 **agent odruchowy z modelem** (ang. *model-based reflex agent*)
  - 3 **agent celowy** (ang. *goal-based agent*)
  - 4 **agent z f. użyteczności** (ang. *utility-based agent*)
- Wszystkie typy agentów mogą być przekształcone w agentów uczących się

# Agent odruchowy (simple reflex agent)



- ignoruje historię (bez pamięci)
- np. prosty system regulowy
- może być racjonalny (w szczególności) jeśli świat całkowicie obserwowalny

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- └ Struktura agentów

- └ Agent odruchowy (simple reflex agent)

Agent odruchowy (simple reflex agent)

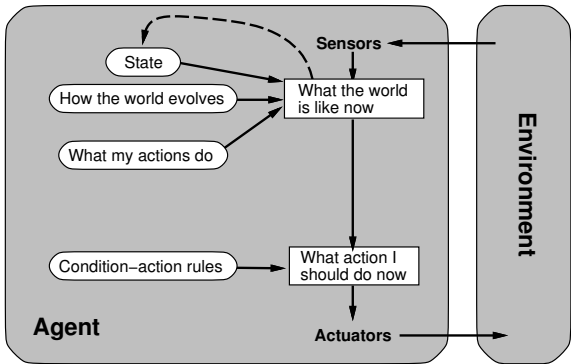


- ignoruje historię (bez pamięci)
- np. prosty system regulowy
- może być racjonalny (w szczególności) jeśli świat całkowicie obserwowalny

1. Np. agent świata odkurzacza



# Agent odruchowy z modelem świata



- Utrzymuje wiedzę stanie świata (w szczególności o jego nieobserwowalnej części) → **wewnętrzny stan agenta**. Zwykle wiedza ta jest niepewna.
- stan świata = aktualizacja(stan świata, akcja, obserwacja, model)

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- └ Struktura agentów

- └ Agent odruchowy z modelem świata

Agent odruchowy z modelem świata

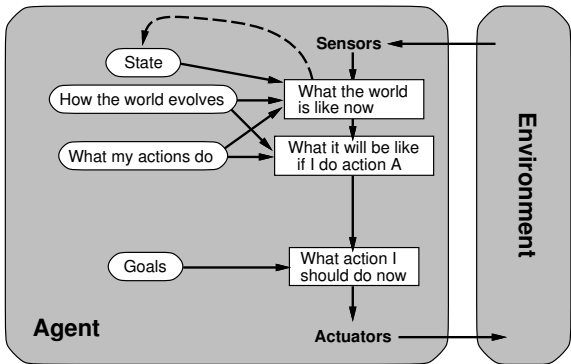
- Utrzymuje wiedzę stanie świata (w szczególności o jego nieobserwowalnej części) → **wewnętrzny stan agenta**. Zwykle wiedza ta jest niepewna.
- stan świata = aktualizacja(stan świata, akcja, obserwacja, model)

1. Uaktualnianie wewnętrznego stanu agenta wymaga wiedzy o tym „jak działa świat” (**model świata**).



- Nie ma reguł, ale zna cel, potrafi ocenić konsekwencje swoich akcji (czy akcja prowadzi do osiągnięcia celu).
- Dyskretny cel, zwykle: planowanie, przeszukiwanie.

# Agent celowy (z modelem świata) (goal-based agent)



- Nie ma reguł, ale zna cel, potrafi ocenić konsekwencje swoich akcji (czy akcja prowadzi do osiągnięcia celu).
- Dyskretny cel, zwykle: planowanie, przeszukiwanie.

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- └ Struktura agentów

- └ Agent celowy (z modelem świata) (goal-based agent)

1. Np. czy taksówka jest w miejscu docelowym
2. Zwykle tutaj mamy do czynienia z „agentami”, którzy wykonują jakiegoś rodzaju przeszukiwanie lub planowanie.

# odruchowy vs. celowy

- Agent odruchowy: „**If** Światła hamowania **Then** wciskam hamulec”
- Agent celowy: „Widzę światła hamowania”. Jaka akcja (lub sekwencja akcji) doprowadzi nie do celu?
  - przyspieszenie
  - stała prędkość
  - zwolnienie?

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└ Struktura agentów

└ odruchowy vs. celowy

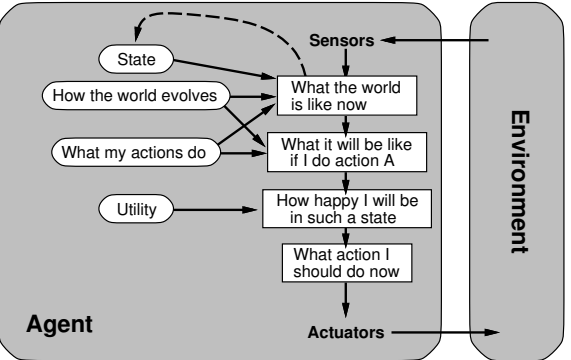
odruchowy vs. celowy

- Agent odruchowy: „If Światła hamowania **Then** wciskam hamulec”
- Agent celowy: „Widzę światła hamowania”. Jaka akcja (lub sekwencja akcji) doprowadzi nie do celu?
  - przyspieszenie
  - stała prędkość
  - zwolnienie?



- Funkcja użyteczności: stan świata  $\rightarrow \mathbb{R}$ .
- Im większa wartość tym stan świata jest bardziej pożądany przez agenta.
- Funkcja użyteczności „uwewnętrznia” miarę jakości.
- f. użyteczności jest zgodna z miarą jakości  $\implies$  agent jest racjonalny.

# Agent z f. użyteczności (też z modelem)



- **Funkcja użyteczności:** stan świata  $\rightarrow \mathbb{R}$ .
  - Im większa wartość tym stan świata jest bardziej pożądany przez agenta.
- Funkcja użyteczności „uwewnętrznia” miarę jakości.
  - f. użyteczności jest zgodna z miarą jakości  $\implies$  agent jest racjonalny.

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- └ Struktura agentów

- └ Agent z f. użyteczności (też z modelem)

1. Ma to szczególne znaczenie, gdy: i) jest wiele celów. f. użyteczności pozwala na kompromis pomiędzy nimi ii) cele są osiągnięte probabilistycznie. Wtedy możliwe jest działanie w oparciu o oczekiwaną użyteczność.
2. W literaturze używa się także (nawet częściej) nazwy „funkcja wartości” zamiast „funkcja użyteczności”.

## Agent z f. użyteczności, c.d

- Agent z f. użyteczności: „Widzę światła hamowania”. Do stanów o jakiej użyteczności prowadzą mnie akcje:
  - przyspieszenie: -0.5
  - stała prędkość: -0.1
  - zwolnienie? +1.2
- Częściowa obserwowalność lub stochastyczność → Agent. z f. użyteczności maksymalizuje **oczekiwaną** wartość użyteczności.
- Każdy agent racjonalny zachowuje się **jak gdyby** posiadał f. użyteczności, której oczekiwaną wartość maksymalizuje.

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

### └ Struktura agentów

### └ Agent z f. użyteczności, c.d

- Agent z f. użyteczności: „Widzę światła hamowania”. Do stanów o jakiej użyteczności prowadzą mnie akcje:
  - przyspieszenie: -0.5
  - stała prędkość: -0.1
  - zwolnienie? +1.2
- Częściowa obserwowalność lub stochastyczność → Agent. z f. użyteczności maksymalizuje **oczekiwaną** wartość użyteczności.
- Każdy agent racjonalny zachowuje się **jak gdyby** posiadał f. użyteczności, której oczekiwaną wartość maksymalizuje.



- Element wykonawczy – agent
- Element uczący – zmienia agenta dzięki informacji zwrotnej
- Krytyk – wygrałem czy przegrałem?
- Niezmienny standard jakości – czy wygrana jest pożądana?
- Element eksploracyjny – eksploracja świata

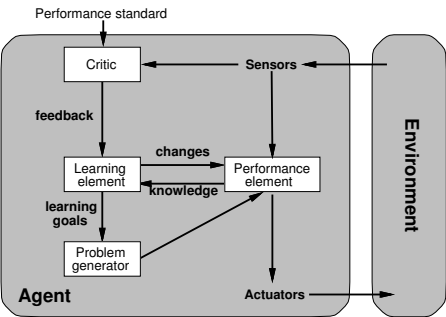
2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- └ Struktura agentów

- └ Agent uczący się (ogólnie)

# Agent uczący się (ogólnie)



1. Critic — obserwacje nie wystarczą, bo jeśli wiem, że jest szach-mat, to nie wiem jak tę sytuację ocenić - czy jest pożądana czy nie.

- Element wykonawczy – agent
- Element uczący – zmienia agenta dzięki informacji zwrotnej
- Krytyk – wygrałem czy przegrałem?
- Niezmienny **standard jakości** – czy wygrana jest pożądana?
- Element eksploracyjny – eksploracja świata

## Podsumowanie

- **Agenty** oddziałują ze **środowiskiem** za pomocą **aktuatorów** i **sensorów**
- **Funkcja agenta** opisuje co agent robi w każdym stanie

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└─ Struktura agentów

└─ Podsumowanie

- Agenty oddziałują ze środowiskiem za pomocą aktuatorów i sensorów
- Funkcja agenta opisuje co agent robi w każdym stanie

## Podsumowanie

- **Agenty** oddziałują ze **środowiskiem** za pomocą **aktuatorów** i **sensorów**
- **Funkcja agenta** opisuje co agent robi w każdym stanie
- **Funkcja jakości** ocenia **sekwencję stanów środowiska**
- Agent **racjonalny** maksymalizuje oczekiwaną wartość funkcji jakości

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└ Struktura agentów

└ Podsumowanie

Podsumowanie

- Agenty oddziałują ze **środowiskiem** za pomocą **aktuatorów** i **sensorów**
- **Funkcja agenta** opisuje co agent robi w każdym stanie
- **Funkcja jakości** ocenia **sekwencję stanów środowiska**
- Agent **racjonalny** maksymalizuje oczekiwaną wartość funkcji jakości



## Podsumowanie

- **Agenty** oddziałują ze **środowiskiem** za pomocą **aktuatorów** i **sensorów**
- **Funkcja agenta** opisuje co agent robi w każdym stanie
- **Funkcja jakości** ocenia **sekwencję stanów środowiska**
- Agent **racjonalny** maksymalizuje oczekiwaną wartość funkcji jakości
- **Program agenta** implementuje pewną funkcję agenta

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└─ Struktura agentów

└─ Podsumowanie

Podsumowanie

- **Agenty** oddziałują ze **środowiskiem** za pomocą **aktuatorów** i **sensorów**
- **Funkcja agenta** opisuje co agent robi w każdym stanie
- **Funkcja jakości** ocenia **sekwencję stanów środowiska**
- Agent **racjonalny** maksymalizuje oczekiwaną wartość funkcji jakości
- **Program agenta** implementuje pewną funkcję agenta

## Podsumowanie

- **Agenty** oddziałują ze **środowiskiem** za pomocą **aktuatorów** i **sensorów**
- **Funkcja agenta** opisuje co agent robi w każdym stanie
- **Funkcja jakości** ocenia **sekwencję stanów środowiska**
- Agent **racjonalny** maksymalizuje oczekiwaną wartość funkcji jakości
- **Program agenta** implementuje pewną funkcję agenta
- **PEAS** definiują **środowisko zadania**
- Środowiska można określić jako:
  - **obserwowalne? deterministyczne? epizodyczne?**
  - **statyczne? dyskretne? wieloagentowe?**

2015-03-17

Inteligentne Agenty  
└─ Struktura agentów

└─ Podsumowanie

Podsumowanie

- **Agenty** oddziałują ze **środowiskiem** za pomocą **aktuatorów** i **sensorów**
- **Funkcja agenta** opisuje co agent robi w każdym stanie
- **Funkcja jakości** ocenia **sekwencję stanów środowiska**
- Agent **racjonalny** maksymalizuje oczekiwaną wartość funkcji jakości
- **Program agenta** implementuje pewną funkcję agenta
- **PEAS** definiują **środowisko zadania**
- Środowiska można określić jako:
  - **obserwowalne? deterministyczne? epizodyczne?**
  - **statyczne? dyskretne? wieloagentowe?**

## Podsumowanie

- **Agenty** oddziałują ze **środowiskiem** za pomocą **aktuatorów** i **sensorów**
- **Funkcja agenta** opisuje co agent robi w każdym stanie
- **Funkcja jakości** ocenia **sekwencję stanów środowiska**
- Agent **racjonalny** maksymalizuje oczekiwaną wartość funkcji jakości
- **Program agenta** implementuje pewną funkcję agenta
- **PEAS** definiują **środowisko zadania**
- Środowiska można określić jako:
  - **obserwowalne? deterministyczne? epizodyczne?**  
**statyczne? dyskretne? wieloagentowe?**
- Podstawowe architektury agentów:
  - **reflex, model-based reflex, goal-based, utility-based**

2015-03-17

## Inteligentne Agenty

- └ Struktura agentów

- └ Podsumowanie

Podsumowanie

- **Agenty** oddziałują ze **środowiskiem** za pomocą **aktuatorów** i **sensorów**
- **Funkcja agenta** opisuje co agent robi w każdym stanie
- **Funkcja jakości** ocenia **sekwencję stanów środowiska**
- Agent **racjonalny** maksymalizuje oczekiwaną wartość funkcji jakości
- **Program agenta** implementuje pewną funkcję agenta
- **PEAS** definiują **środowisko zadania**
- Środowiska można określić jako:
  - **obserwowalne? deterministyczne? epizodyczne?**  
**statyczne? dyskretne? wieloagentowe?**
- Podstawowe architektury agentów:
  - **reflex, model-based reflex, goal-based, utility-based**