

Sztuczna inteligencja

WYKŁAD 7

Heurystyka

- **Heurystyka** – umiejętność wykrywania nowych faktów oraz znajdowania związków między faktami, zwłaszcza z wykorzystaniem hipotez.

Przestrzeń stanów

- **Przestrzeń stanów** – graf, w którym:
 - wierzchołki odpowiadają stanom:
 - początkowemu,
 - pośrednim,
 - końcowym,
 - krawędzie odpowiadają dopuszczalnym przejściom pomiędzy stanami.

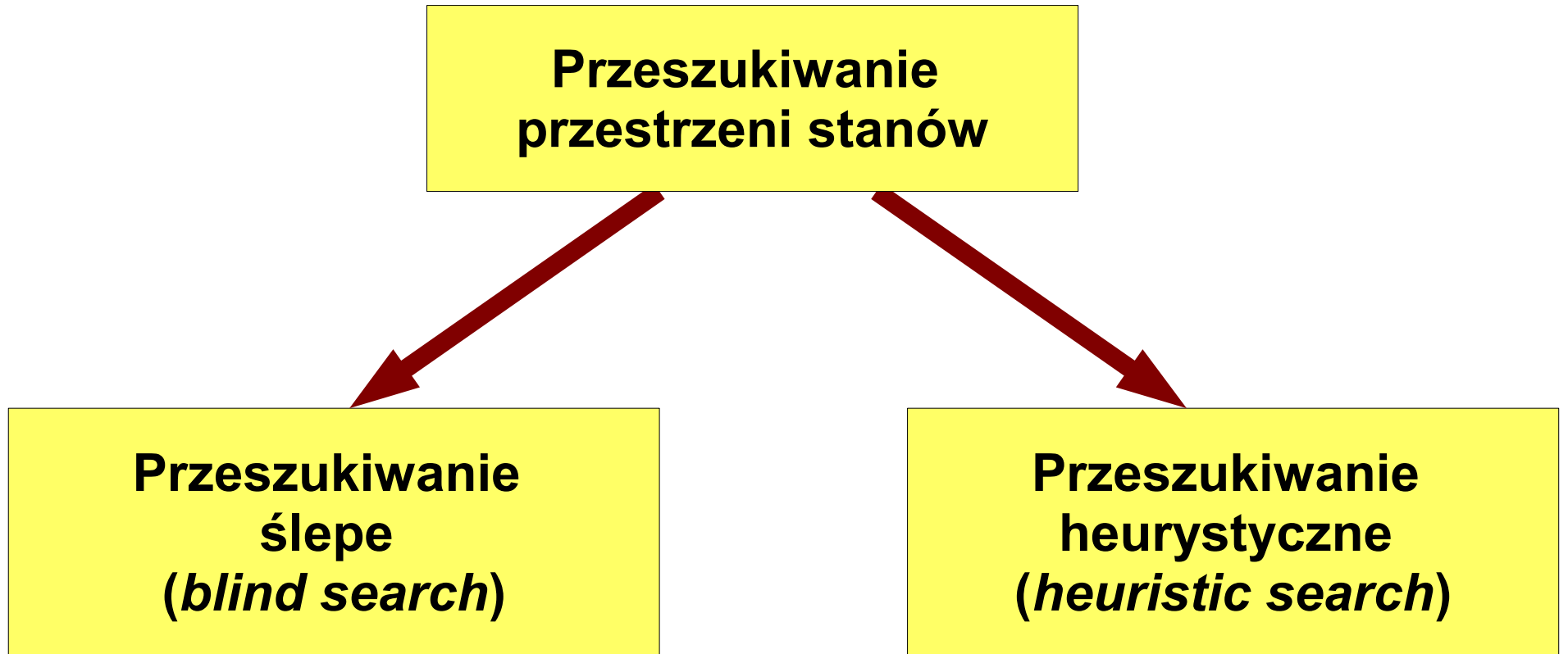
Przestrzeń stanów

- **Stan początkowy** reprezentuje problem w momencie rozpoczęcia jego rozwiązywania.
- **Stany końcowe** reprezentują problem w momencie uzyskania jego rozwiązań.
 - Problem może mieć tylko jeden stan końcowy – jedno rozwiązanie.
- **Stany pośrednie** reprezentują wszystkie możliwe sytuacje występujące podczas rozwiązywania problemu.

Przestrzeń stanów

- **Rozwiązanie problemu** - znalezienie ścieżki od wierzchołka początkowego do wierzchołka końcowego w grafie przestrzeni stanów.
- **Drzewo przeszukiwań** – podgraf przestrzeni stanów z wierzchołkami, które muszą zostać wzięte pod uwagę aby rozwiązać problem.

Przeszukiwanie przestrzeni stanów



Przeszukiwanie przestrzeni stanów

- **Przeszukiwanie ślepe:**

- uwzględniana jest struktura przestrzeni stanów (do jakich stanów można przejść),
- w minimalnym stopniu wykorzystywana jest wiedza o rozwiązywanym problemie.

- **Przeszukiwanie heurystyczne:**

- uwzględniana jest struktura przestrzeni stanów (do jakich stanów można przejść),
- wykorzystywana jest heurystyczna funkcja oceny stanu (definiowana na podstawie wiedzy o rozwiązywanym problemie).

Przeszukiwanie ślepe

- **Przeszukiwanie w głąb** (*Depth-First Search* – *DFS*) drzewa:
 - Wybieramy wierzchołek startowy v . Oznaczamy v jako odwiedzony.
 - Rekurencyjnie stosujemy metodę przeszukiwania zstępującego do wszystkich wierzchołków będących sąsiadami v .
 - Jeśli wszystkie wierzchołki, które mogą zostać odwiedzone przeszukiwaniem zstępującym zostały odwiedzone, to wybieramy nowy wierzchołek startowy (taki, który do tej pory nie został odwiedzony) i powtarzamy przeszukiwanie.

Przeszukiwanie ślepe

- **Przeszukiwanie wszerz** (*Breadth-First Search* – *BFS*) drzewa:
 - Wybieramy wierzchołek startowy v . Oznaczamy v jako odwiedzony.
 - Odwiedzamy każdy wierzchołek osiągalny z v , który do tej pory nie był odwiedzony.
 - Jeśli wszystkie wierzchołki osiągalne z wierzchołka v zostaną odwiedzone, to wybieramy nowy wierzchołek startowy (taki, który do tej pory nie został odwiedzony) i powtarzamy przeszukiwanie.

Przeszukiwanie z powrotami

- Przeszukiwanie z powrotami jest zmodyfikowanym przeszukiwaniem drzewa w głąb.
- Ścieżka od korzenia do liścia jest potencjalnym rozwiązaniem.

Przeszukiwanie z powrotami

- Węzeł nieobiecujący – węzeł, przy którego odwiedzeniu można określić, że nie prowadzi on do rozwiązania.
- Węzeł obiecujący – węzeł, przy którego odwiedzeniu można określić, że prowadzi on do rozwiązania.
- Po zorientowaniu się, że węzeł nie prowadzi do rozwiązania, wracamy do węzła nadrzędnego i kontynuujemy wyszukiwanie od węzła następnego.

Przeszukiwanie z powrotami

sprawdź_węzeł(x)

```
{  
  jeśli x jest obiecujący  
  {  
    jeśli istnieje rozwiązanie dla x  
    { drukuj rozwiązanie; }  
    w przeciwnym razie  
    { dla każdego węzła potomnego y węzła x  
      { sprawdź_węzeł(y); }  
    }  
  }  
}
```

Przeszukiwanie z powrotami

PORÓWNANIE

- Przeszukiwanie w głąb:
 - węzeł pochodny jest zawsze odwiedzany.
- Przeszukiwanie z powrotami
 - węzeł pochodny jest odwiedzany tylko w przypadku, gdy węzeł macierzysty jest obiecujący i nie znaleziono w nim rozwiązania.

Przeszukiwanie z przeciwnikiem

- **Przeszukiwanie z przeciwnikiem** występuje w przypadku gier.
- **Funkcja użyteczności** – określa jak bardzo dany stan jest pożądanym.
- **Strategia minimaksowa:**
 - jeden uczestnik gry próbuje maksymalizować wartość funkcji użyteczności stanu,
 - drugi uczestnik gry próbuje minimalizować wartość funkcji użyteczności stanu.

Symulowane wyżarzanie

- **Symulowane wyżarzanie** – metoda przeszukiwania heurystycznego pozwalająca unikać ekstremów lokalnych.
- Wzorowane jest na fizycznym procesie wyżarzania metali/szkła:
 - Metal/szkło podgrzewane jest do wysokiej temperatury.
 - Ciepło powoduje wybicie atomów z ich pozycji początkowych.
 - Kontrolowane, powolne obniżanie temperatury pozwala uzyskać odpowiednią strukturę.

Symulowane wyżarzanie

(1) Losowy wybór punktu startowego p , $T \leftarrow T_{max}$.

(2) $f \leftarrow F_{oceny}(p)$.

(3) $p' \leftarrow p + \Delta p$, gdzie Δp – zmienna losowa zależna od T .

(4) $f' \leftarrow F_{oceny}(p')$.

(5) $p \leftarrow p'$ z prawdopodobieństwem zgodnym z rozkładem Boltzmannna

$$\alpha e^{\frac{-(f' - f)}{kT}}$$

k – stała Boltzmannna
 α – czynnik normalizujący

(6) $T \leftarrow nT$, gdzie $n \in (0, 1)$.

(7) Jeśli kryterium stopu niespełnione, to powrót do kroku (2).

Symulowane wyżarzanie

- Dla dużych wartości T prawdopodobieństwo zaakceptowania nowego rozwiązania (z gorszą funkcją oceny) jest duże.
- Wraz ze zmniejszaniem wartości T prawdopodobieństwo to maleje.

Inne podejścia heurystyczne do przeszukiwania

- Algorytmy genetyczne.
- Algorytmy mrówkowe.
- Optymalizacja rojem cząstek.