

بسمه تعالی

هوش مصنوعی  
**جستجوی تخصصی و بازیها**  
نیمسال اول ۱۴۰۲-۱۴۰۱

دکتر مازیار پالهنک  
آزمایشگاه هوش مصنوعی  
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر  
دانشگاه صنعتی اصفهان

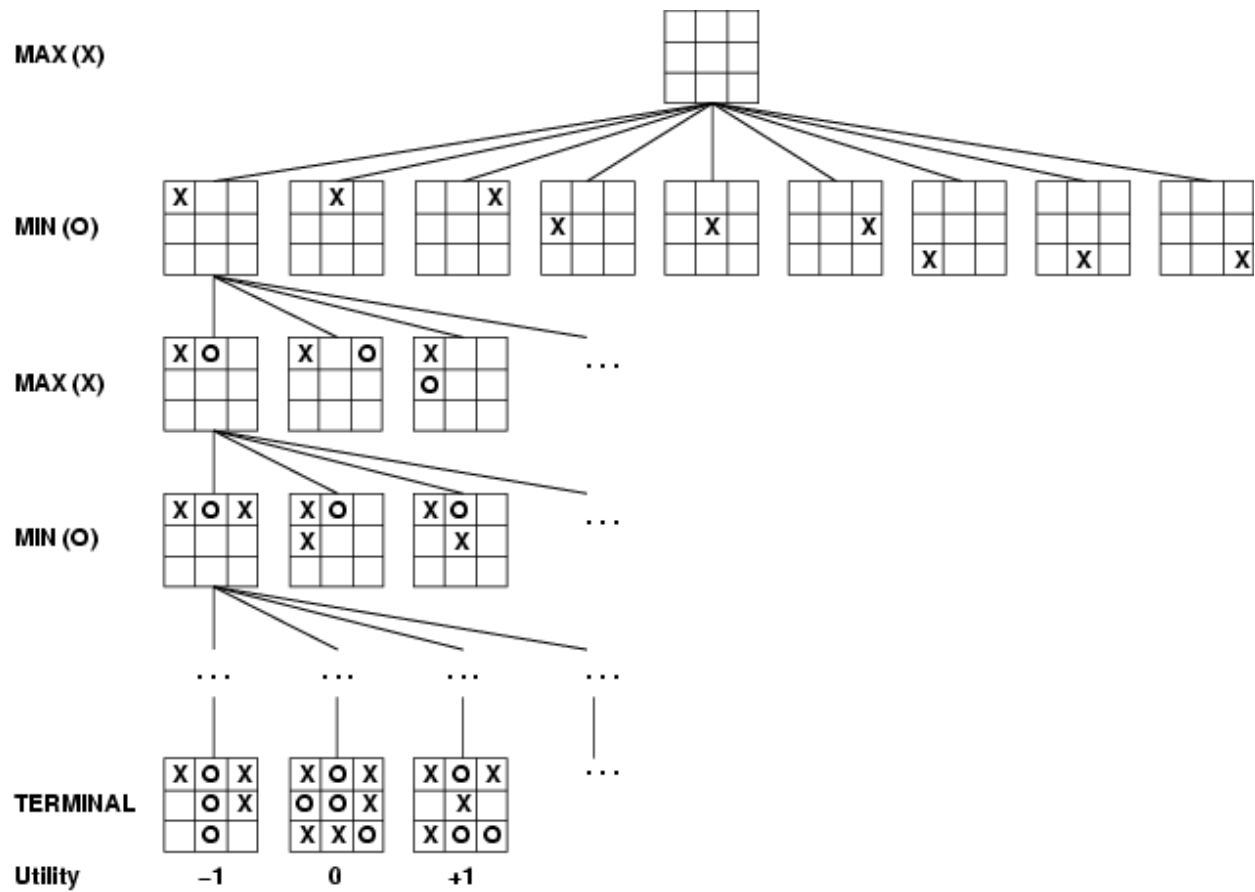
## مقدمه

- در محیطهای چندعاملی، عامل ممکن است همکار بوده یا با هم در رقابت باشند.
- هنگامی که عاملها با هم در رقابت هستند، یعنی اهداف متضادی دارند، جستجوی تخصی می که به آن بازی نیز گفته می شود استفاده می شود.
- از ابتدای پیدایش کامپیوتر

# بازی دو نفره

- بازی دو نفره هر یک به نوبت
- تعریف به عنوان یک مسئله جستجو
- حالت اولیه: وضعیت تخته  $S_0$
- نوبت کدام بازیکن  $To-Move(s)$
- اعمال مجاز در حالت  $s$ :  $Actions(s)$
- مدل انتقال  $Result(s,a)$ : نتیجه انجام عمل  $a$  در حالت  $s$
- تست هدف: تعیین خاتمه بازی  $Is-Terminal(s)$
- حالاتی که بازی در آنها خاتمه می یابد حالات پایانی (ترمینال)
- ارزیابی: امتیاز به وضعیت نهایی بازی  $Utility(s,p)$
- مقدار عددی نهایی بازی با حالت پایانی  $s$  برای بازیکن  $p$

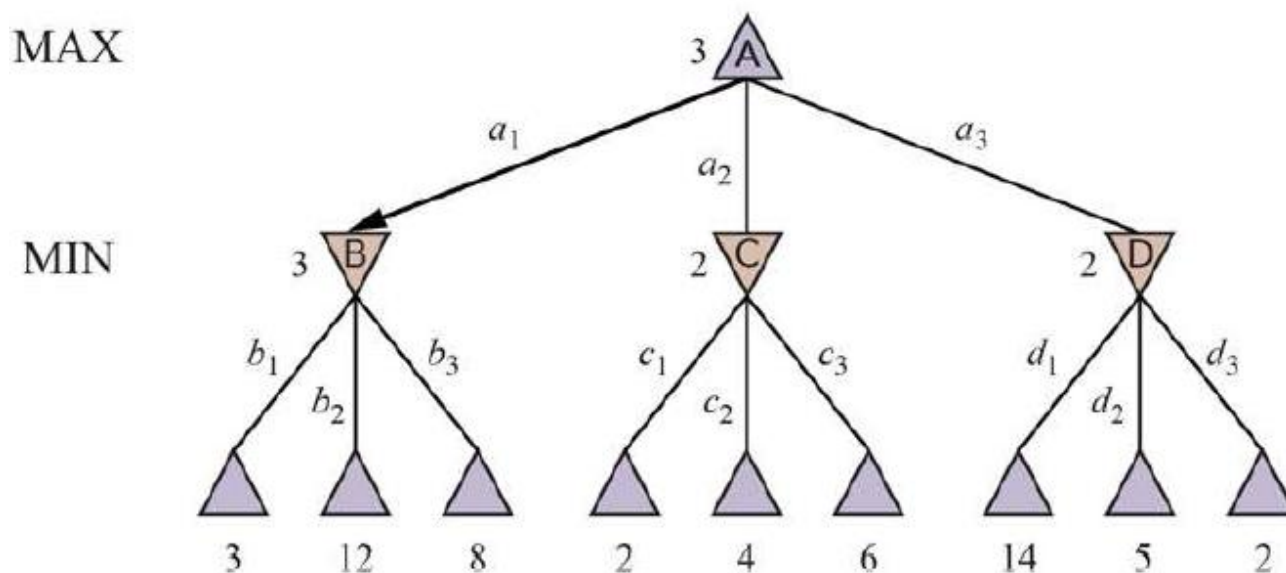
- برای شطرنج نتیجه بازی برد، باخت، یا مساوی  $(1, -1, 0)$
- بازی جمع-صفر zero-sum game به بازی گفته می شود که جمع امتیاز بازیکنان برابر صفر شود.
- برای شطرنج  $1 + -1 = -1 + 1 = 0 + 0$
- با اغماض به بازیهایی که جمع امتیاز بازیکنان همواره برابر شود.
- اگر امتیازها بصورت  $(1, 0, 1/2)$  باشد جمع همواره یک است.
- حالت اولیه و حرکات مجاز یک درخت بازی ایجاد می کنند.



- MAX باید تمام حرکات MIN را در نظر بگیرد.
- به نوعی یک مسئلهٔ اقتضائی است.
- برای بازیهای که نتایج دوتائی (برنده-بازنده) دارند، می توان جستجوی AND-OR را برای تولید طرح شرطی استفاده کرد.
- در واقع همانند وضعیت غیرقطعی می باشد.
- برای بازیهای با نتایج بیشتر جستجوی minimax را می توان استفاده نمود.

# Minimax

■ انتخاب حرکتی که بیشترین مقدار کمینه-بیشینه را دارد.





$$\text{MINIMAX}(s) = \begin{cases} \text{UTILITY}(s, \text{MAX}) & \text{if IS-TERMINAL}(s) \\ \max_{a \in \text{Actions}(s)} \text{MINIMAX}(\text{RESULT}(s, a)) & \text{if TO-MOVE}(s) = \text{MAX} \\ \min_{a \in \text{Actions}(s)} \text{MINIMAX}(\text{RESULT}(s, a)) & \text{if TO-MOVE}(s) = \text{MIN} \end{cases}$$



```
function MINIMAX-SEARCH(game, state) returns an action  
  player  $\leftarrow$  game.TO-MOVE(state)  
  value, move  $\leftarrow$  MAX-VALUE(game, state)  
  return move
```

**function** MINIMAX-SEARCH(*game, state*) **returns** *an action*

*player*  $\leftarrow$  *game*.TO-MOVE(*state*)

*value, move*  $\leftarrow$  MAX-VALUE(*game, state*)

**return** *move*

**function** MAX-VALUE(*game, state*) **returns** *a (utility, move) pair*

**if** *game*.IS-TERMINAL(*state*) **then return** *game*.UTILITY(*state, player*), *null*

$v \leftarrow -\infty$

**for each** *a* **in** *game*.ACTIONS(*state*) **do**

*v2, a2*  $\leftarrow$  MIN-VALUE(*game, game*.RESULT(*state, a*))

**if**  $v2 > v$  **then**

*v, move*  $\leftarrow v2, a$

**return** *v, move*

**function** MINIMAX-SEARCH(*game, state*) **returns** an action

player  $\leftarrow$  game.TO-MOVE(*state*)

value, move  $\leftarrow$  MAX-VALUE(*game, state*)

**return** move

**function** MAX-VALUE(*game, state*) **returns** a (utility, move) pair

**if** game.IS-TERMINAL(*state*) **then return** game.UTILITY(*state, player*), null

$v \leftarrow -\infty$

**for each** *a* **in** game.ACTIONS(*state*) **do**

$v2, a2 \leftarrow$  MIN-VALUE(*game, game.RESULT(state, a)*)

**if**  $v2 > v$  **then**

$v, move \leftarrow v2, a$

**return**  $v, move$

**function** MIN-VALUE(*game, state*) **returns** a (utility, move) pair

**if** game.IS-TERMINAL(*state*) **then return** game.UTILITY(*state, player*), null

$v \leftarrow +\infty$

**for each** *a* **in** game.ACTIONS(*state*) **do**

$v2, a2 \leftarrow$  MAX-VALUE(*game, game.RESULT(state, a)*)

**if**  $v2 < v$  **then**

$v, move \leftarrow v2, a$

**return**  $v, move$

- کامل: بله (اگر درخت محدود باشد)
- بهینه: بله (درمقابل حریف بهینه)
- اگر حریف غیربهینه باشد، MAX حداقل همانند حریف بهینه عمل می کند.
- با فرض  $m$  حداکثر عمق درخت و
- $b$  حرکات مجاز در هر نقطه
- پیچیدگی زمانی:  $O(b^m)$
- پیچیدگی فضا:
- اگر همه حرکات بسط داده شوند  $O(bm)$
- اگر فقط یکی از حرکات بسط داشته شود  $O(m)$

■ چون پیچیدگی زمانی نمائی است برای بازیهای پیچیده غیر عملی است.

■ برای شطرنج  $b$  حدود ۳۵ و  $m$  حدود ۸۰

■ مقدار  $10^{123} \approx 35^{80}$  غیر عملی



- دقت نمائید که پاورپوینت ابزاری جهت کمک به یک ارائه شفاهی می باشد و به هیچ وجه یک جزوه درسی نیست و شما را از خواندن مراجع درس بی نیاز نمی کند.
- لذا حتماً مراجع اصلی درس را مطالعه نمائید.