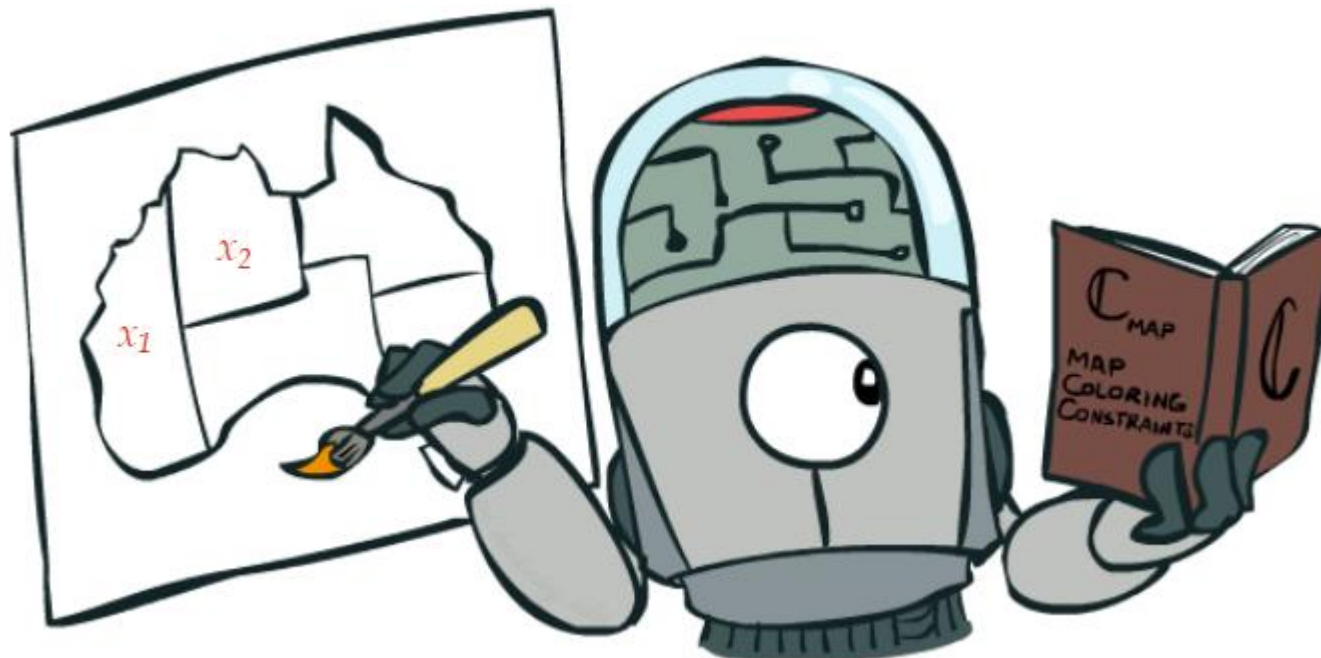


# هوش مصنوعی

## (مسائل ارضای محدودیت: بخش دوم)

صادق اسکندری - دانشکده علوم ریاضی، گروه کامپیوتر

[eskandari@guilan.ac.ir](mailto:eskandari@guilan.ac.ir)



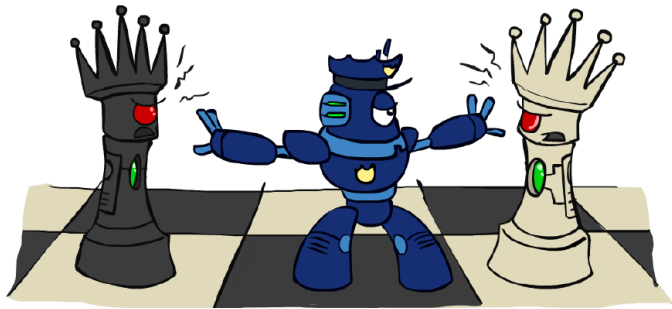
# مقدمه

## الگوریتم عقبگرد



- حالت اولیه یک تفصیص تهی است.
- تابع بعدی: تفصیص یک مقدار به متغیری که هنوز مقداری نگرفته است.
- این الگوریتم یک الگوریتم کامل است.
- مشکل: پیچیدگی زمانی
- بهبود سازی ها: فیلترینگ (مانند forward Checking) و مرتب سازی (MRV و LCV)

## الگوریتم های بهبود سازی تکراری

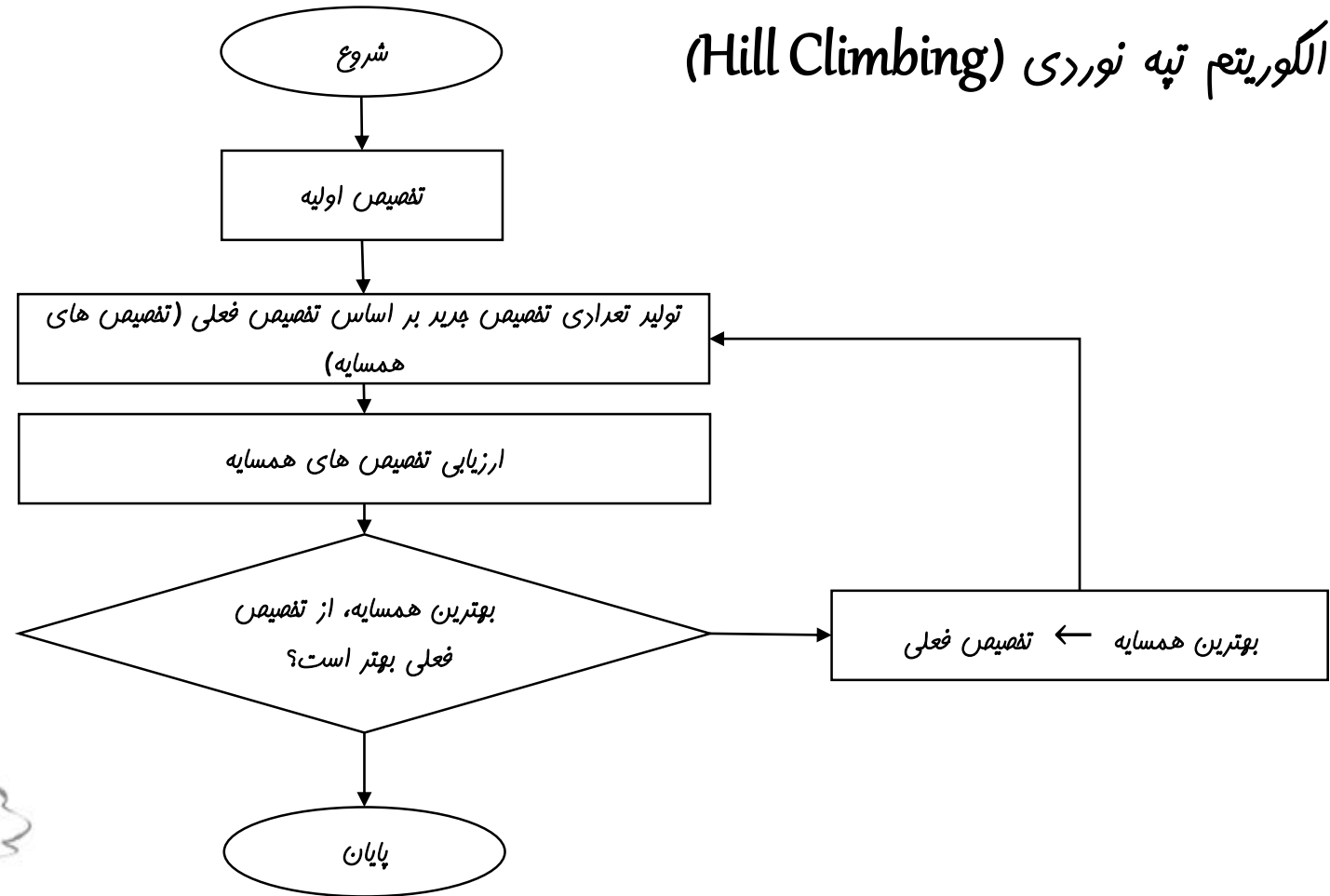


- حالت اولیه، یک تفصیص کامل (اغلب تصادفی) است.
- تابع بعدی: تغییرات محلی
- از یک تابع ارزیاب جهت تعیین میزان خوب بودن تفصیص فعلی استفاده می شود.
- این الگوریتم ها کامل نیستند ولی سرعت اجرای بسیار بالایی دارند.

# بهبود سازی تکراری: الگوریتم تپه نوردی



## الگوریتم تپه نوردی (Hill Climbing)

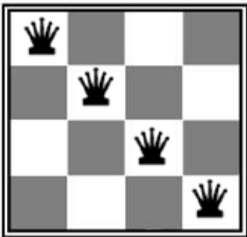


# بهبود سازی تکراری: الگوریتم تپه نوردی

مثال:

تابع ارزیاب: شمارش تعداد تهریدها

تفصیل اولیه



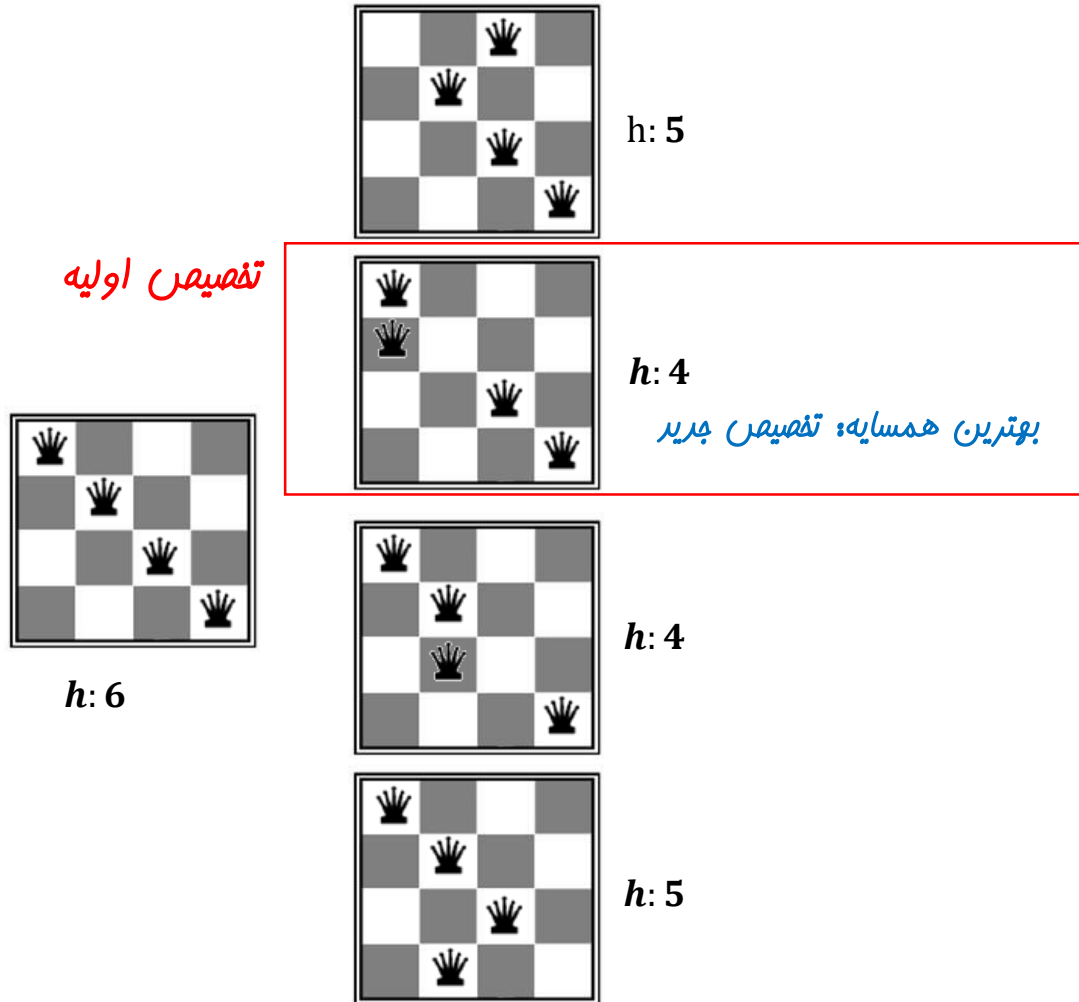
$h: 6$

# بهبود سازی تکراری: الگوریتم تپه نوردی

مثال:

تابع ارزیاب: شمارش تعداد تهریدها

همسایگان جرید: تفصیص مقدار تصادفی جرید به یکی از سطرها



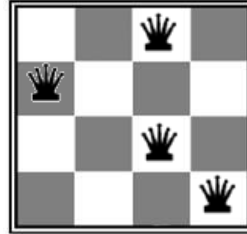
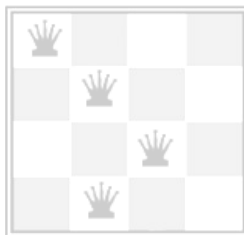
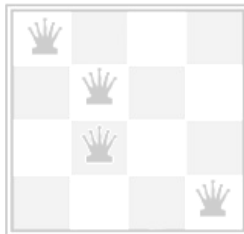
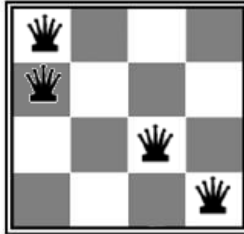
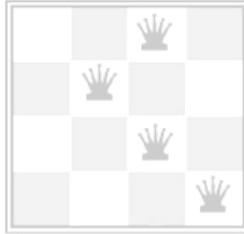
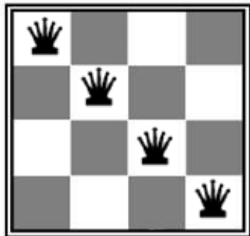
# بهبود سازی تکراری: الگوریتم تپه نوردی

مثال:

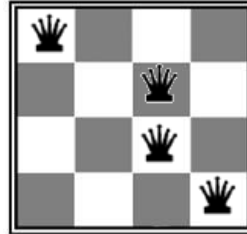
تابع ارزیاب: شمارش تعداد تهدیدها

همسایگان جرید: تفصیص مقدار تصادفی جرید به یکی از سطرها

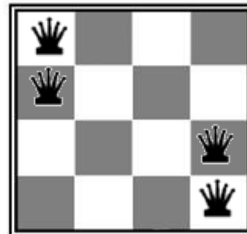
تفصیص اولیه



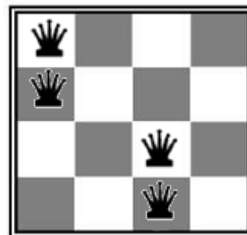
$h: 2$



$h: 4$



$h: 3$

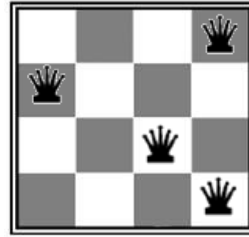
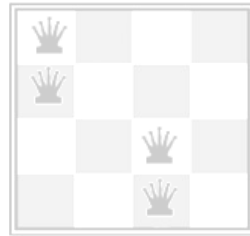
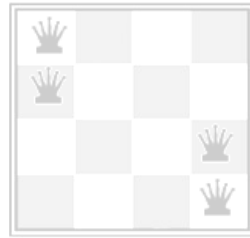
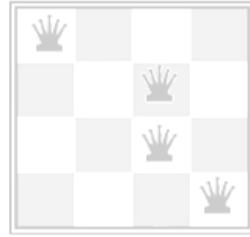
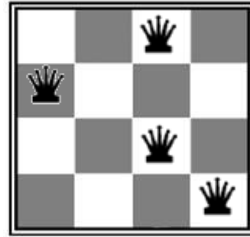
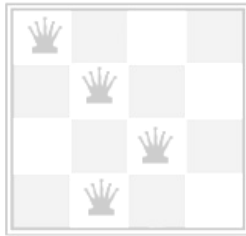
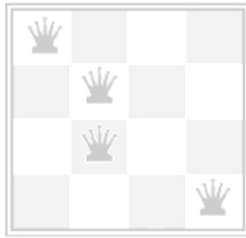
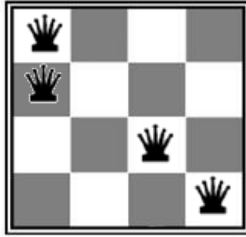
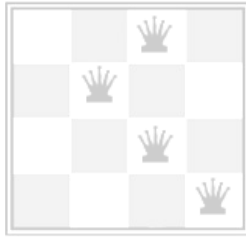
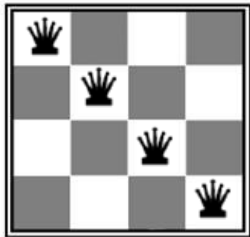


$h: 4$

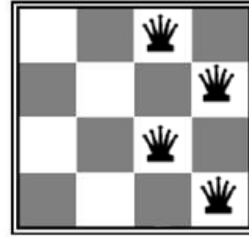
# بهبود سازی تکراری: الگوریتم تپه نوردی

مثال:

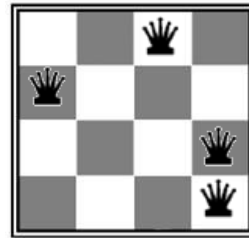
تفصیل اولیه



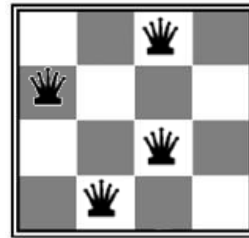
$h: 2$



$h: 5$



$h: 1$

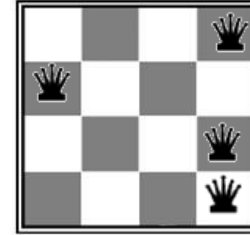
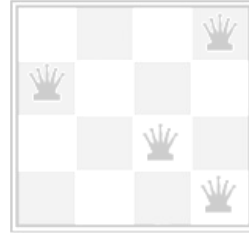
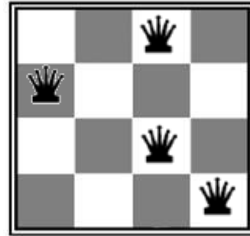
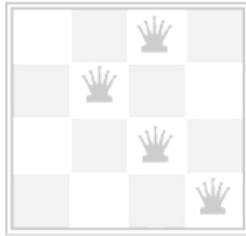
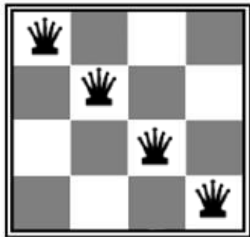


$h: 2$

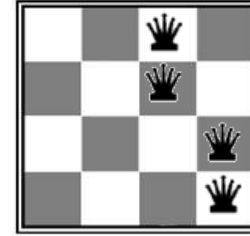
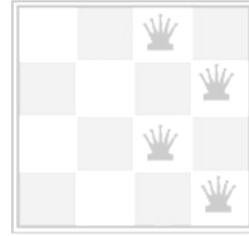
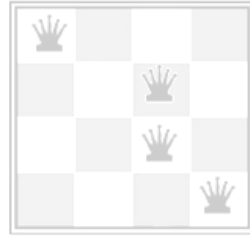
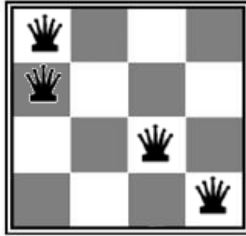
# بهبود سازی تکراری: الگوریتم تپه نوردی

مثال:

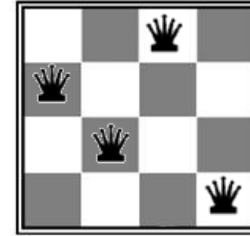
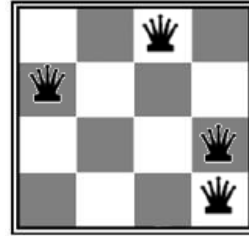
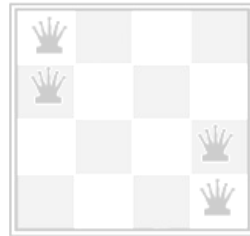
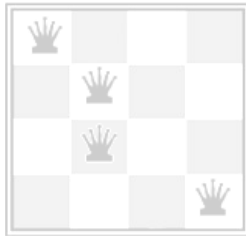
تفصیل اولیه



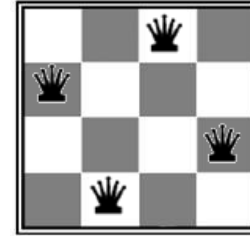
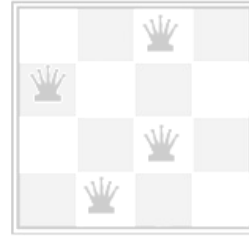
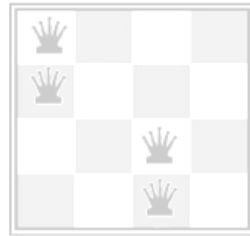
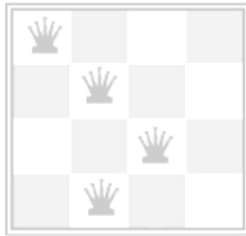
$h: 3$



$h: 3$



$h: 1$



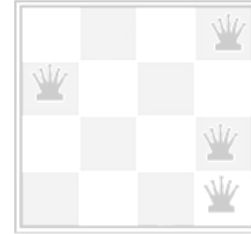
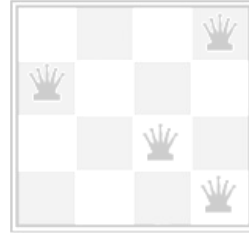
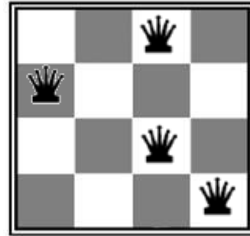
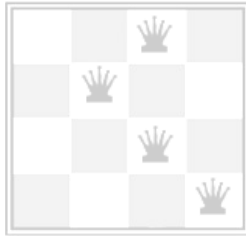
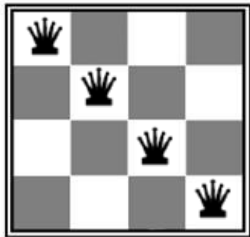
$h: 0$



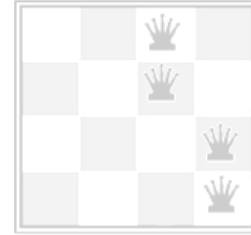
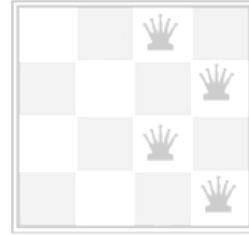
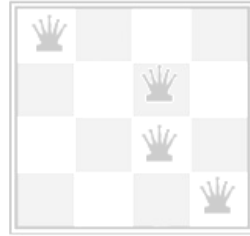
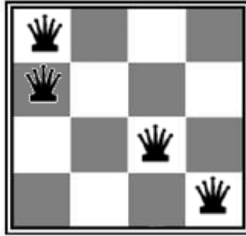
# بهبود سازی تکراری: الگوریتم تپه نوردی

مثال:

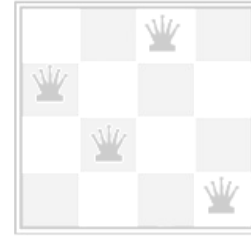
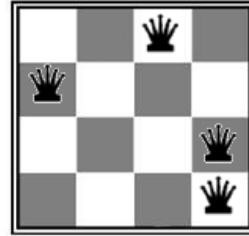
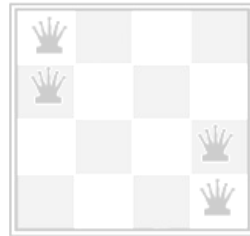
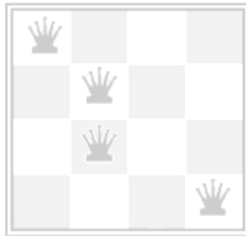
تفصیل اولیه



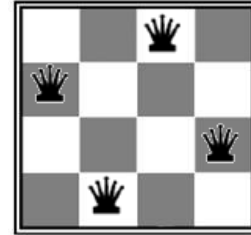
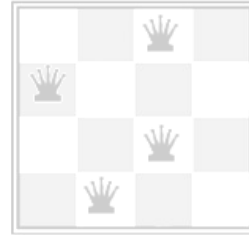
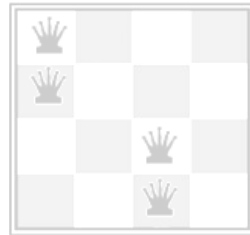
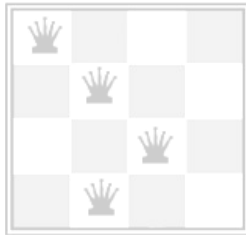
$h: 3$



$h: 3$



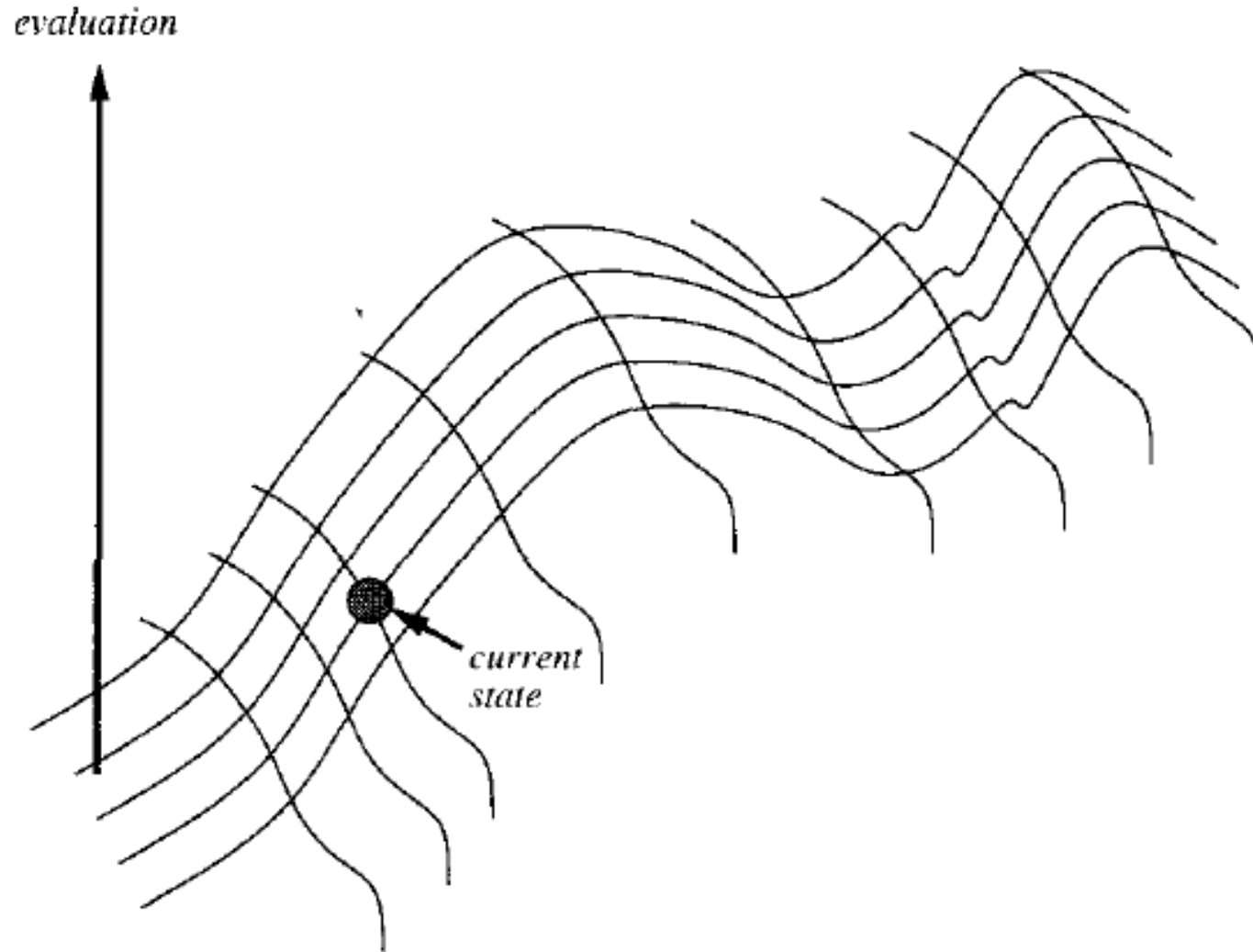
$h: 1$



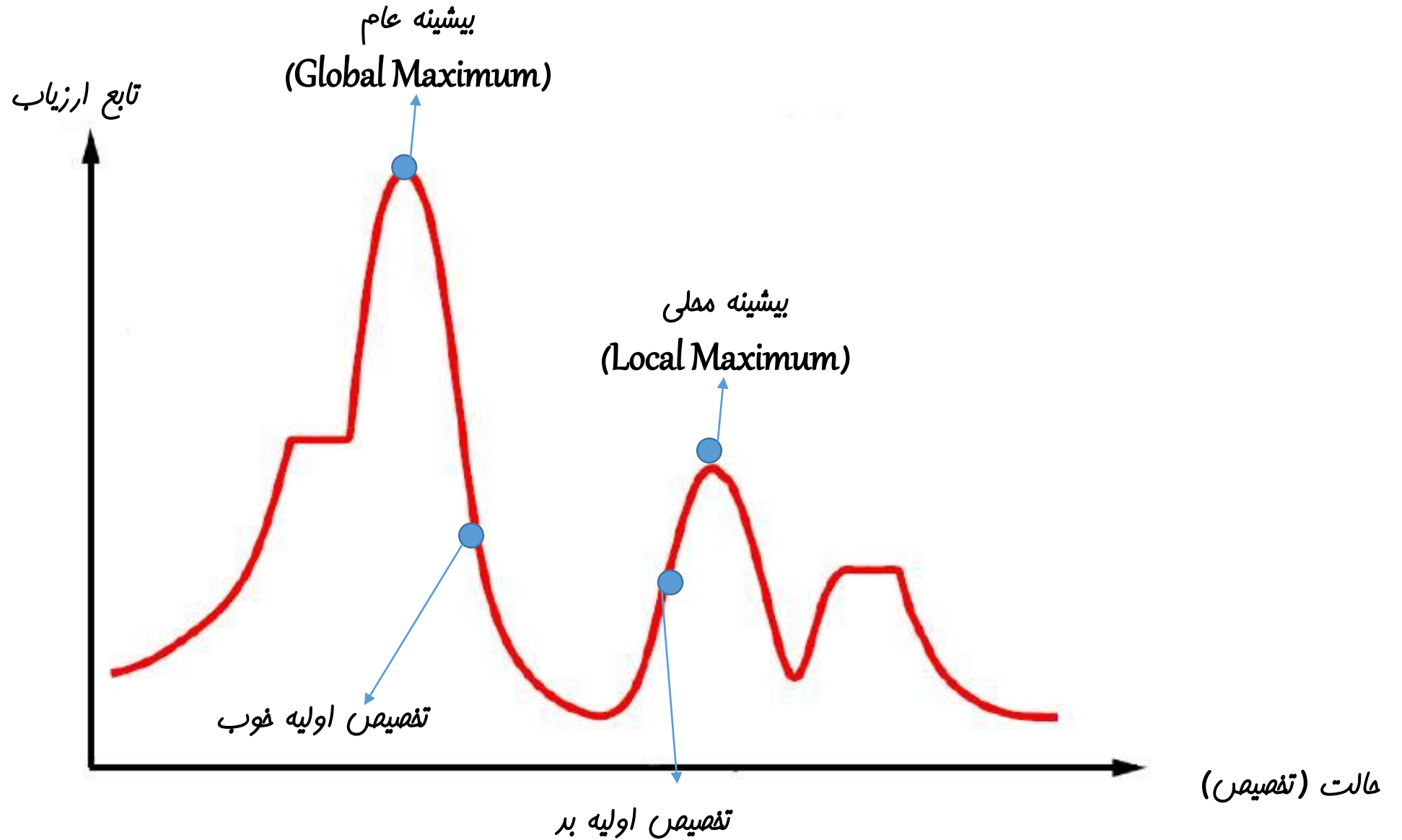
$h: 0$



# بهبود سازی تکراری: الگوریتم تپه نوردی



# بهبود سازی تکراری: الگوریتم تپه نوردی



# بهبود سازی تکراری: الگوریتم تبرید شبیه سازی شده

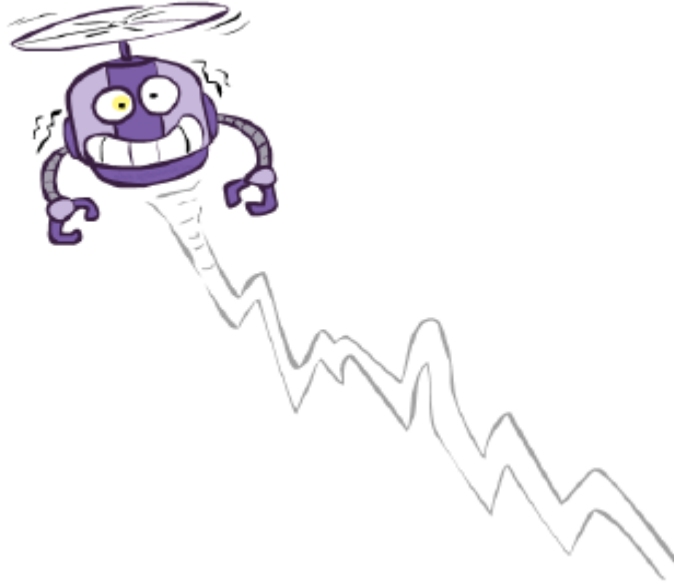
## الگوریتم تبرید شبیه سازی شده (Simulated Annealing)

- الگوریتم تپه نوردی می تواند در بینه های مملی گرفتار شود.
- دلیل این رخداد، چشم پوشی از مسیره های بد است.
- در الگوریتم تبرید شبیه سازی شده، به همسایه های بر نیز شانس داده می شود.
- در تکرارهای اولیه، شانس انتخاب همسایه های بد بالا است و هر چه به تکرارهای آخر نزدیک می شویم، این شانس کمتر می شود.
- شانس انتخاب به وسیله پارامتری تحت عنوان دما ( $T$ ) مدل می شود.
- در مراحل اولیه اجرای الگوریتم، دما بالا بوده و انتخاب همسایه بعدی فیلی با قاطعیت انجام نمی شود (فلز مذاب)
- هر چه به انتها نزدیکتر می شویم، دما کمتر می شود و در نتیجه انتخاب ها با دقت و قاطعیت بیشتری انجام می شوند (فلز سرد شده)



# بهبود سازی تکراری: الگوریتم تبرید شبیه سازی شده

الگوریتم تبرید شبیه سازی شده (Simulated Annealing)

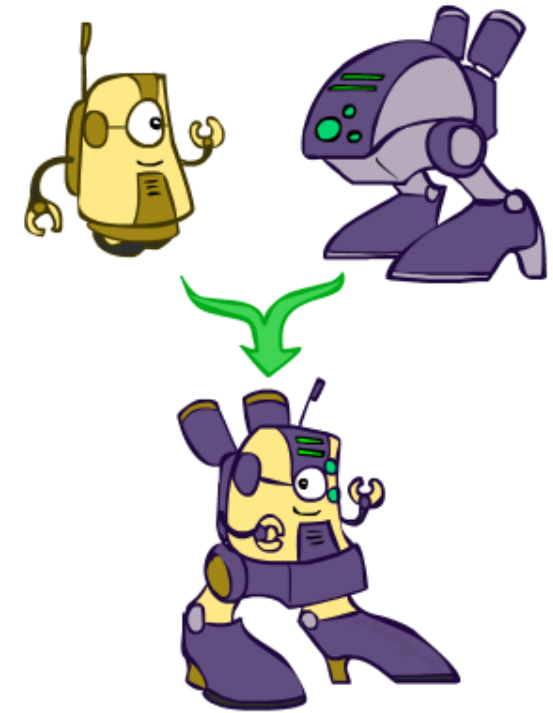
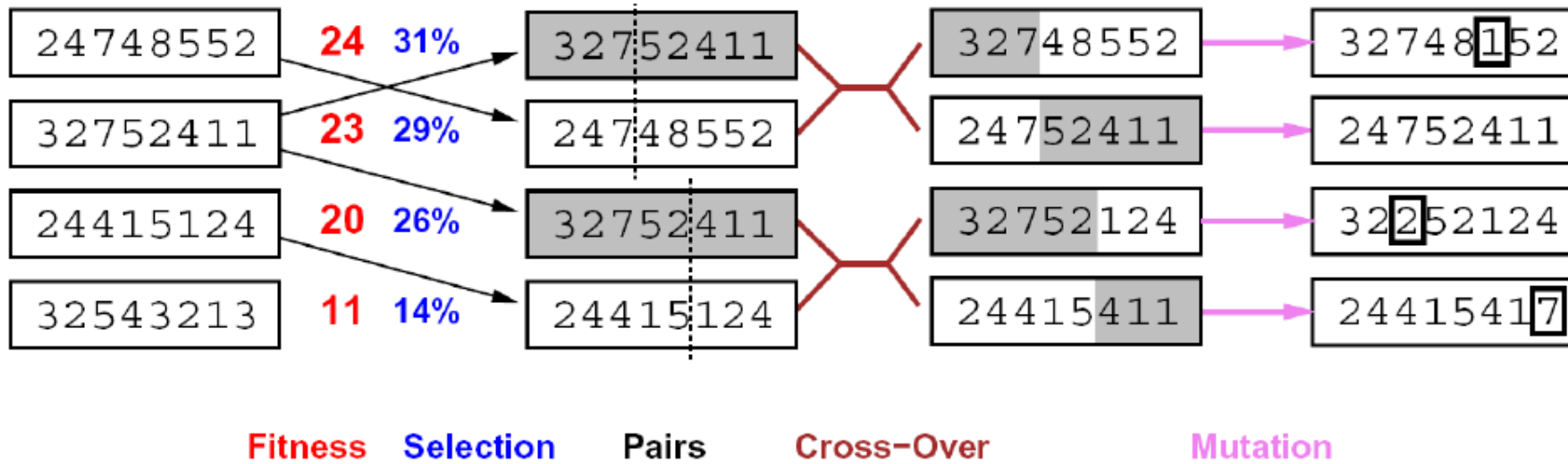


```
function SIMULATED-ANNEALING(problem, schedule) returns a solution state
inputs: problem, a problem
           schedule, a mapping from time to “temperature”
local variables: current, a node
                    next, a node
                    T, a “temperature” controlling prob. of downward steps

current ← MAKE-NODE(INITIAL-STATE[problem])
for t ← 1 to ∞ do
    T ← schedule[t]
    if T = 0 then return current
    next ← a randomly selected successor of current
     $\Delta E$  ← VALUE[next] – VALUE[current]
    if  $\Delta E > 0$  then current ← next
    else current ← next only with probability  $e^{\Delta E/T}$ 
```

# بهبود سازی تکراری: الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک (Genetic Algorithm)



---

جلسه آینده: جستجو در محیط های چند عاملی