

# حل تمرین درس هوش مصنوعی

استاد: دکتر زارعی

## سؤال ۱: Generic Local Search (GLS)

فرض کنید یک الگوریتم جست و جوی محلی GLS با شبه کد زیر در اختیار دارید. تابع معین  $f$  می تواند به هر حالت مقدار یا برازندگی اختصاص دهد و  $f(\text{NULL}) = -\infty$  در نظر گرفته می شود. تابع  $\text{schedule}(t)$  نیز دمای الگوریتم را در گام زمانی  $t$  تعیین می کند. با انتخاب مقادیر مناسب برای پارامترها، می توانید با فراخوانی GLS، نسخه های مختلفی از الگوریتم های جست و جوی محلی را به دست آورید.

```
function GLS (problem, maxIter, numInd, schedule, rsFlag, tFlag, swniFlag) returns a solution state
    bestState  $\leftarrow$  NULL
    for iter = 1 to maxIter
        for i = 1 to numInd
            current[i]  $\leftarrow$  MAKE-NODE(problem.INITIAL-STATE)
        for t = 1 to  $+\infty$  do
            T  $\leftarrow$  schedule(t)
            if (f(best individual in current) > f(bestState)) then
                bestState  $\leftarrow$  best individual in current
                if bestState is a solution then return bestState
            next  $\leftarrow$  GENERATE-SUCCESSORS(current, T, rsFlag)
            if ((swniFlag) AND (f(best individual in current)  $\geq$  f(best individual in next))) then break
            if ((tFlag) AND (T=0)) then break
            else current  $\leftarrow$  next
    return bestState
```

```
function GENERATE-SUCCESSORS(current, T, rsFlag) returns a set of states
    numInd  $\leftarrow$  size(current)
    for i = 1 to numInd
        if (rsFlag) then
            next[i]  $\leftarrow$  a randomly selected successor of current[i]
        else
            next[i]  $\leftarrow$  the best successor of current[i]
             $\Delta E \leftarrow$  f(next[i]) - f(current[i])
            if  $\Delta E < 0$  then next[i]  $\leftarrow$  current[i] with probability  $1 - e^{\Delta E/T}$ 
    return next
```

(الف)

جدول زیر را با مقادیر مناسب پارامترها کامل کنید تا الگوریتم‌های مورد نظر جست‌وجوی محلی به‌دست آید. برای پرچم‌ها از F برای false و از T برای true استفاده کنید. اگر چند مقدار مختلف باعث کارکرد صحیح می‌شود، یکی از مقادیر ممکن را پر کنید.

Algorithm Name	maxIter	numInd	schedule( $t$ )	rsFlag	tFlag	swniFlag
Vanilla Hill Climbing	1	1	0	F	F	T
Random-restart Hill Climbing with $M$ random restarts			0	F		
Random Walk	1	1				F
Simulated Annealing with schedule $s(t)$		1	$s(t)$	T		

**Hint:** rsFlag is short for randomSuccessorFlag. tFlag is short for terminationFlag. swniFlag is short for stopWhenNoImprovementFlag.

(ب)

اگر تابع GENERATE-SUCCESSOR را بازنویسی کنید، GLS می‌تواند برای Beam Search و Genetic Algorithm نیز فراخوانی شود. جدول زیر را با پارامترهای مناسب کامل کرده و برای هرکدام توضیح کوتاهی از تابع سفارشی GENERATE-SUCCESSOR ارائه دهید.

Algorithm Name	maxIter	numInd	swniFlag
Beam Search with beam width $K$	1		
Genetic Algorithm with population size $N$			F

**GENERATE-SUCCESSOR function for Beam Search with beam width  $K$ :**

**Hint (Beam Search):** This customized function only needs to make use of the “current” parameter.

**GENERATE-SUCCESSOR function for Genetic Algorithm with population size  $N$ :**

**Hint (Genetic Algorithm):** Mention the three main operators. This customized function only needs to make use of the “current” parameter.

## سؤال ۲: Hill-climbing و Simulated Annealing

در این تمرین، نسخه‌ای از الگوریتم simulated annealing با پیکربندی اولیه  $X$ ، دمای اولیه  $T$  و نرخ کاهش دما  $r$  بررسی می‌شود. شبه‌گد آن شامل مراحل مقداردهی اولیه، انتخاب پیکربندی جدید از مجموعه حرکات، ارزیابی، و به‌روزرسانی احتمالی بر اساس دما است.

1. Let  $X := \text{initial object}$
2. Let  $E := \text{Eval}(X)$
3. Let  $X' := \text{randomly chosen configuration chosen from the moveset of } X$
4. Let  $E' := \text{Eval}(X')$
5. Let  $z := \text{a number drawn randomly uniformly between } 0 \text{ and } 1$
6. If  $E' > E$  or  $\exp(-(E - E')/T) > z$  then
  - $X := X'$
  - $E := E'$
7.  $T := r \times T$
8. If a convergence test is satisfied then halt. Else go to Step 3.

(الف) به‌طور معمول نرخ کاهش دما  $r$  در بازه  $0 < r < 1$  انتخاب می‌شود. اگر  $r > 1$  باشد، رفتار simulated annealing چگونه تغییر می‌کند؟

(ب) اگر  $r = 0$  باشد، الگوریتم چه تغییری در رفتار خود نشان می‌دهد؟

(پ) اگر شرط گام ششم به‌صورت زیر ساده شود:

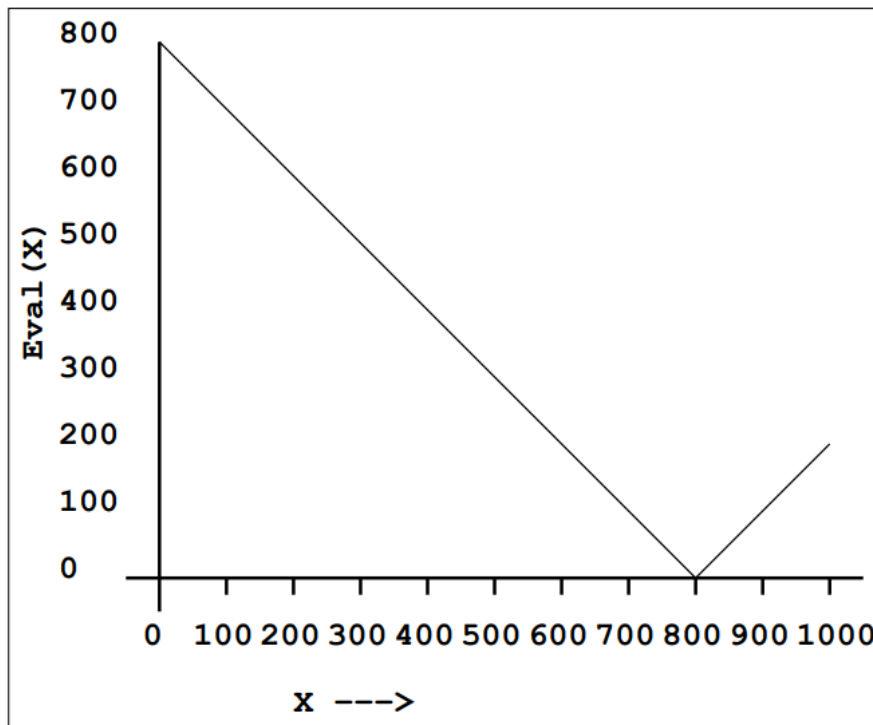
If  $\exp(-(E - E')/T) > z$  then

رفتار simulated annealing چگونه تغییر می‌کند؟

فرض کنید فضای جست‌وجو مجموعه اعداد صحیح بین ۱ تا ۱۰۰۰ است و مجموعه حرکت به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\text{MoveSet}(X) = \begin{cases} \{1\} & \text{اگر } X = 0, \\ \{999\} & \text{اگر } X = 1000, \\ \{X - 1, X + 1\} & \text{در غیر این صورت.} \end{cases}$$

تابع ارزیابی به شکل  $\text{Eval}(X) = |X - 800|$  تعریف می‌شود. در نتیجه، بهینه سراسری در  $X = 0$  با مقدار  $\text{Eval}(X) = 800$  قرار دارد، و در  $X = 1000$  یک بهینه محلی با مقدار 200 وجود دارد.



(ت) اگر جست‌وجوی صعود از تپه از  $X = 900$  آغاز شود، آیا به بهینه سراسری می‌رسد؟ (پاسخ کوتاه: بله یا خیر)

(ث) اگر simulated annealing را از  $X = 900$  با دمای اولیه  $T = 1$  و نرخ کاهش  $r = 0.8$  شروع کنیم، آیا احتمال رسیدن به بهینه سراسری در کمتر از یک میلیون گام بیش از پنجاه درصد است؟ (پاسخ کوتاه: بله یا خیر)

### سؤال ۳: Genetic Algorithm

فرض کنید در حال اجرای الگوریتم ژنتیک (GA) بر روی رشته‌های بیتی به طول 16 هستیم و می‌خواهیم تقارن را بیشینه کنیم؛ یعنی تا چه حد رشته‌ی بیتی تصویر آینه‌ای خودش است (پالیندروم). به صورت دقیق‌تر:

تعداد بیت‌هایی که با موقعیت آینه‌ای خود برابر هستند.  $\text{Score} =$

نمونه‌ها:

- $\text{Score}(1100110110110011) = 16$  (نمونه بهینه)
- $\text{Score}(0000000011111111) = 0$
- $\text{Score}(0100000011111111) = 2$

فرض کنید GA را با تنظیمات زیر اجرا می کنید:

- Single-point crossover
- Mutation rate = 0.01
- Population size = 1000 (جمعیت اولیه شامل رشته‌های بیتی تصادفی است)
- Selection: Stochastic Universal Sampling (roulette-wheel style)

فرض کنید  $N =$  تعداد تلاقی‌ها (crossoverها) باشد که قبل از کشف رشته بیتی بهینه انجام می‌شود.

سؤال: محتمل‌ترین مقدار  $N$  چیست؟

(هر پاسخی پذیرفته می‌شود، مشروط بر اینکه کمتر از نصف مقدار صحیح  $N$  نباشد و بیش از دو برابر مقدار صحیح آن نیز نباشد.)