

حل تمرین درس هوش مصنوعی

استاد: دکتر زارعی

سؤال ۱ : Generic Local Search (GLS)

فرض کنید یک الگوریتم جستجوی محلی GLS با شبه کد زیر در اختیار دارید.تابع معین f می تواند به هر حالت مقدار یا برازنده ای اختصاص دهد و $f(\text{NULL}) = -\infty$.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 جستجوی محلی را به دست آورید.

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

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

(الف)

جدول زیر را با مقادیر مناسب پارامترها کامل کنید تا الگوریتم های مورد نظر جستجوی محلی به دست آید. برای پرچم ها از F برای true و از T برای false استفاده کنید. اگر چند مقدار مختلف باعث کارکرد صحیح می شود، 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 می تواند برای Beam Search و Genetic Algorithm نیز فراخوانی شود. جدول زیر را با پارامترهای مناسب کامل کرده و برای هر کدام 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. شبکه آن شامل مراحل انتخاب پیکربندی جدید از مجموعه حرکات، ارزیابی، و بهروزرسانی احتمالی بر اساس دما است.

1. Let $X :=$ initial object
2. Let $E := \text{Eval}(X)$
3. Let $X' :=$ randomly chosen configuration chosen from the moveset of X
4. Let $E' := \text{Eval}(X')$
5. Let $z :=$ a number drawn randomly uniformly between 0 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) به طور معمول نرخ کاهش دما r در بازه $0 < r < 1$ است. اگر $r = 0$ باشد، رفتار annealing چگونه تغییر می‌کند؟

(ب) اگر $r = 1$ باشد، الگوریتم چه تغییری در رفتار خود نشان می‌دهد؟

(پ) اگر شرط گام ششم به صورت زیر ساده شود:

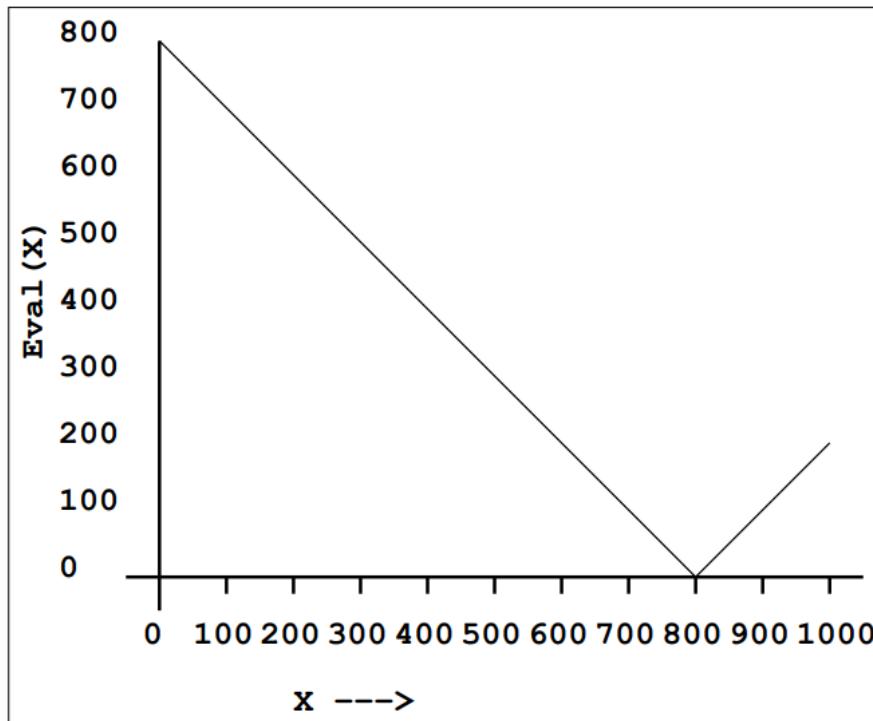
If $\exp(-(E - E')/T) > z$ then

رفتار annealing چگونه تغییر می‌کند؟

فرض کنید فضای جستجو 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 جستجوی 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 زنگنه (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 بینه)
- $\text{Score}(0000000011111111) = 0$
- $\text{Score}(0100000011111111) = 2$

فرض کنید GA را با تنظیمات زیر اجرا می کنید:

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

فرض کنید N = تعداد تلاقی ها (crossover) باشد که قبل از کشف رشته بینه انجام می شود.

سؤال: محتمل ترین مقدار N چیست؟

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