بسمه تعالی

هوش مصنوعی

جستجو در محیطهای پیچیده

نیمسال اوّل ۱۴۰۲-۱۴۰۱

دکتر مازیار پالهنگ

آزمایشگاه هوش مصنوعی

دانشکدۀ مهندسی برق و کامپیوتر

دانشگاه صنعتی اصفهان

یادآوری

- رفع محدودیتهای جستجوهای کلاسیک
- الگوریتمهای جستجوی محلی
  - حالت فعلی را نگهدار – سعی کن آن را بهبود دهی
- جستجوی تپه نوردی
- تنوعها:
  - تپه نوردی تصادفی
  - تپه نوردی اولین انتخاب
  - تپه نوردی با بازشروع تصادفی
- سردشدن شبیه سازی شده

مثال

- یافتن کوتاهتری مسیری که از تمام مراکز استانهای ایران عبور کند و
- از یک مرکز استان شروع و به آن مرکز استان ختم شود.
- استفاده از سرد شدن شبیه سازی شده


دریای خزر
اردبیل
تبریز
ارومیه
رشت
زنجان
قزوین
تهران
کرج
سنندج
همدان
قم
کرمانشاه
اراک
ایلام
خرم آباد
ساری
گرگان
بجنورد
مشهد
سمنان
اصفهان
شهرکرد
یزد
بیرجند
اهواز
یاسوج
کرمان
شیراز
زاهدان
خارک
بوشهر
خلیج فارس
بندرعباس
قشم
لاوان
کیش
تنب بزرگ
سیری
ابوموسی
دریای عمان

جستجوی پرتوی محلی

- در نظر گرفتن k حالت بجای یکی
- شروع با k حالت تصادفی تولید شده
- در هر مرحله تمامی تالیهای k حالت ایجاد می شوند
- اگر یکی از آنها هدف است توقف می شود، در غیر اینصورت k تا از بهترین تالیها انتخاب شده و کار تکرار می شود.

جستجوی پرتوی محلی

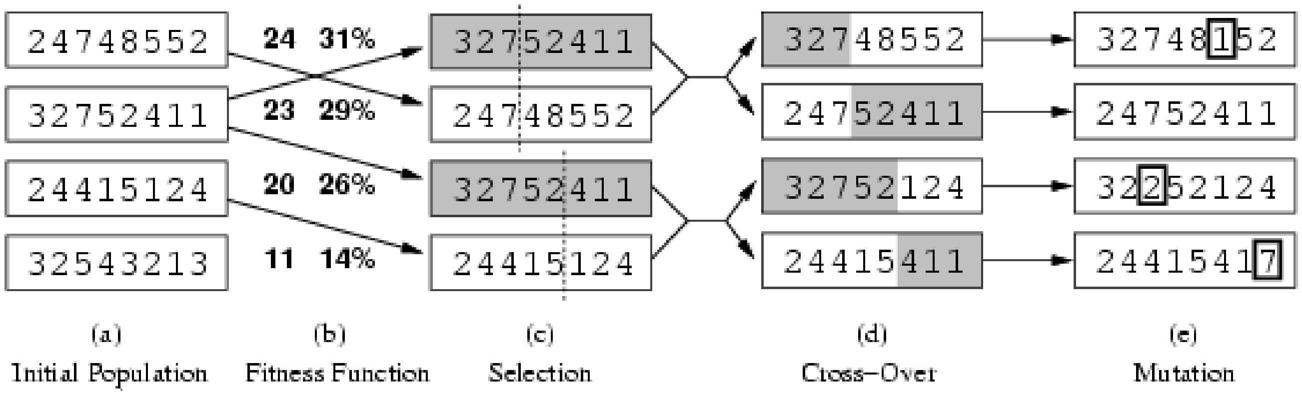
- ممکن است شبیه به اجرای موازی k بازشروع تصادفی تپه نوردی به نظر بیاید.
- تفاوت اینکه k بهترین تالی بعدی ممکن است فقط توسط برخی از حالات تولید شود.
- نهایتاً برخی از حالات دیگران را دعوت می کنند که آنها به سمت آنان برای جستجو بیایند.
- ممکن است چندان سودمند نباشد.

جستجوی پرتوی محلی

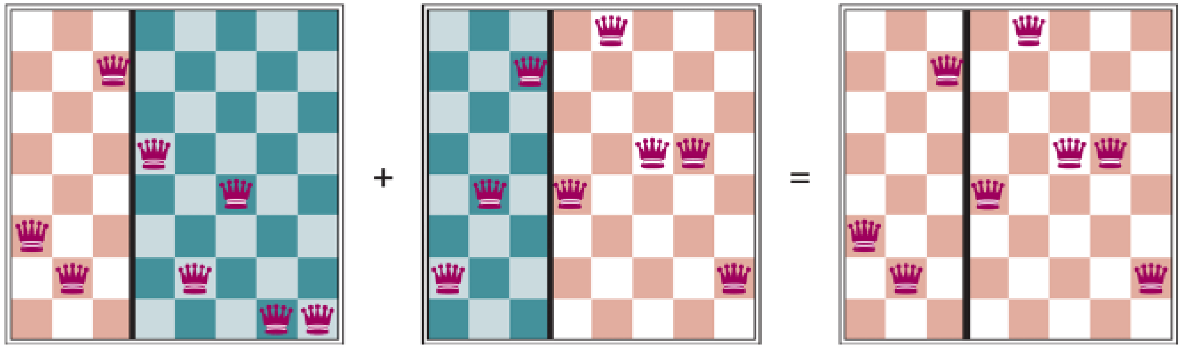
- راه دیگر استفاده از جستجوی پرتوی تصادفی (stochastic beam search)
- انتخاب k بهترین تالی بصورت تصادفی با احتمالی متناسب با خوبی حالت تالی.

الگوریتم ژنتیک

- شروع با k حالت تصادفی ایجاد شده (جمعیت اولیه)
- ایجاد حالات جدید با انتخاب و ترکیب اعضای موجود بر اساس یک تابع ارزیابی
- شبیه به جستجوی پرتوی تصادفی با تفاوت در روش ایجاد حالات تالی



- تعداد زوج وزیرهائی که همدیگر را تهدید نمی کنند (حداکثر ۲۸ – انتخاب ۲ از ۸)



- دو حالت اول در شکل c

```
function GENETIC-ALGORITHM(population, fitness) returns an individual
  repeat
    weights ← WEIGHTED-BY(population, fitness)
    population2 ← empty list
    for i = 1 to SIZE(population) do
      parent1, parent2 ← WEIGHTED-RANDOM-CHOICES(population, weights, 2)
      child ← REPRODUCE(parent1, parent2)
      if (small random probability) then child ← MUTATE(child)
      add child to population2
    population ← population2
  until some individual is fit enough, or enough time has elapsed
  return the best individual in population, according to fitness

function REPRODUCE(parent1, parent2) returns an individual
  n ← LENGTH(parent1)
  c ← random number from 1 to n
  return APPEND(SUBSTRING(parent1, 1, c), SUBSTRING(parent2, c + 1, n))
```

A genetic algorithm. Within the function, *population* is an ordered list of individuals, *weights* is a list of corresponding fitness values for each individual, and *fitness* is a function to compute these values.

- در این نسخه از الگوریتم ژنتیک بجای تولید دو فرزند از والدین، فقط یک فرزند تولید شده است.

جستجوی محلی در فضای پیوسته

- الگوریتمهای بیان شده تاکنون بجز جستجوی تپه نوردی اولین انتخاب و سردشدن شبیه سازی شده توان برخورد با فضای حالت پیوسته را ندارند.
- در حالت پیوسته تعداد حالات تالی بسیار زیاد است.
- فرض کنید در مثال جهانگرد، می خواهیم سه فرودگاه جدید در ایران بسازیم
- می خواهیم مجموع مربعات فواصل شهرهای آن نقشه تا نزدیکترین فرودگاه حداقل باشد.

- فضای حالت مختصات این فرودگاهها
- $(x_1،y_1)،(x_2،y_2)،(x_3،y_3)$
- حرکت در این فضا همانند تغییر مکان فرودگاهها
- فرض C_i مجموعهٔ شهرهائی که نزدیکترین فرودگاه به آنها در فضای حالت فعلی، فرودگاه iام است.
- تابع هدف:

$$f(x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3) = \sum_{i=1}^{3} \sum_{c \in C_i} (x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2 .$$

- چون مجموعهٔ C_i وابسته به حالت است، تابع هدف بصورت محلی درست است.
- یک روش گسسته سازی
- هر بار فقط یک فرودگاه بتواند در راستای x یا y به اندازهٔ $\pm\delta$ تغییر کند.
- هر حالت دارای ۱۲ تالی
- حال امکان استفاده از هر یک از جستجوهای محلی
- یا سردشدن شبیه سازی شده، یا تپه نوردی اولین انتخاب بدون گسسته سازی

گرادیان

- روش دیگر استفاده از گرادیان چشم انداز (تابع هدف)
- اگر تابع $f(x_1،x_2،...،x_n)$ را داشته باشیم.

$$\nabla f(x_1, x_2, \cdots, x_n) = \frac{\partial f}{\partial x_1} e_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} e_2 + \cdots + \frac{\partial f}{\partial x_n} e_n$$

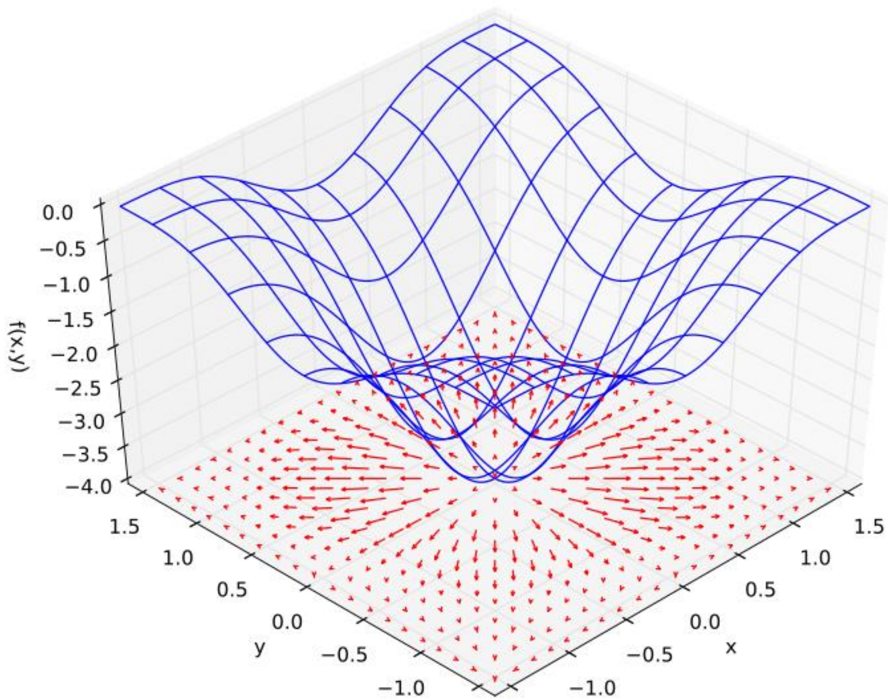
- که e_iها بردارهای یکهٔ هر یک از محورهای مختصات را نشان می دهند.
- بطور مثال اگر:

$$f(x, y, z) = 2x - 3y^3 + \sin(z)$$

$$\nabla f(x, y, z) = 2i - 9y^2 j + \cos(z) k$$

گرادیان

- .



$$f(x,y) = -(\cos^2 x + \cos^2 y)^2$$

گرادیان

- گرادیان یک تابع، برداری که مقدار و جهت بیشترین افزایش تابع را نشان می دهد.
- برای مثال گفته شده:

$$\nabla f = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}, \frac{\partial f}{\partial y_1}, \frac{\partial f}{\partial x_2}, \frac{\partial f}{\partial y_2}, \frac{\partial f}{\partial x_3}, \frac{\partial f}{\partial y_3}\right)$$

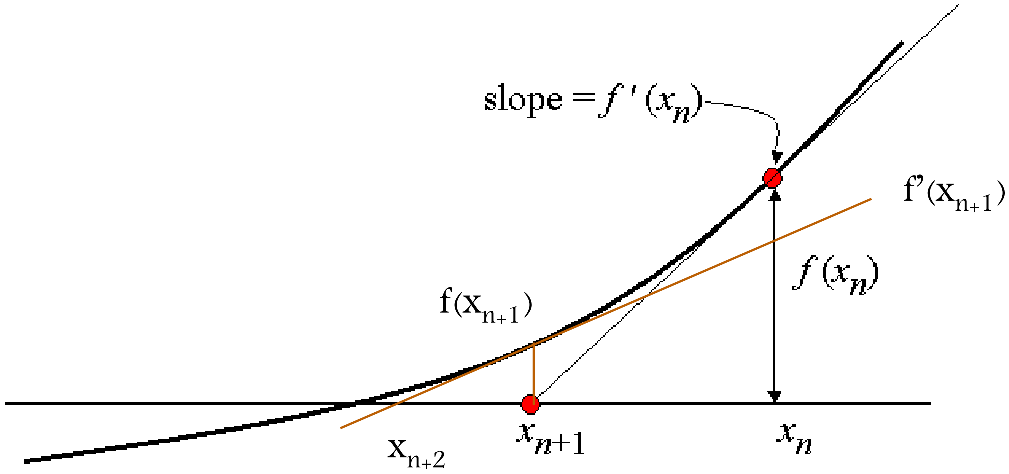
- گاهی با حل $\nabla f=0$ می توان بیشینه را بدست آورد.
- به شرط آنکه معادله آن براحتی قابل حل باشد.
- بطور مثال اگر فقط یک فرودگاه می خواستیم بسازیم.
- در این حالت پاسخ میانگین مختصات همهٔ شهرها بود.
- در بسیاری از موارد معادله بصورت بسته قابل حل نیست

- روش دیگر، تغییر متغیرها به اندازه کمی در جهت گرادیان:

$$\mathbf{x} \leftarrow \mathbf{x} + \alpha \nabla f(\mathbf{x}) \; ,$$

- اگر مسئله کمینه سازی است، تغییر در جهت عکس گرادیان.
- پارامتر α نرخ یادگیری
- در صورتی که فرمول گرادیان در دسترس نباشد، از گرادیان تجربی استفاده می شود.

- در گرادیان تجربی، مقدار متغیرها اندکی کم و زیاد شده و بصورت تجربی مقداری گرادیان محاسبه می شود.
- روش دیگر، استفاده از روش نیوتن- رافسن
- روشی برای یافتن ریشهٔ یک تابع



- معادلهٔ خط مماس: $y = f'(x_n)(x - x_n) + f(x_n)$
- محل برخورد با خط y=0:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

https://brilliant.org/wiki/newton-raphson-method/

- مجدداً معادلهٔ خط مماس در x_{n+1} محاسبه و x_{n+2} محاسبه می شود.
- تکرار تا بدست آوردن ریشه
- علاقمندیم ریشهٔ ∇f را بدست آوریم، بنابر این بجای f، ∇f را قرار می دهیم و خواهیم داشت:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \qquad \mathbf{x} \leftarrow \mathbf{x} - \mathbf{H}_f^{-1}(\mathbf{x})\nabla f(\mathbf{x})$$

- $H_f(x)$ ماتریس هسین

$$H_{i,j} = \frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j}$$

خلاصه

- جستجوی پرتوی محلی
- جستجوی پرتوی محلی تصادفی
- الگوریتم ژنتیک
- جستجوی محلی در فضای پیوسته


والسلام

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