



الگوریتم‌های تکاملی (با رویکرد بهینه‌یابی چندهدفه)

Evolutionary Algorithms

(focusing on multi-objective optimization)

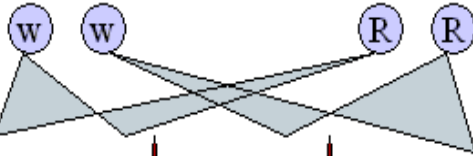
منصور داودی منفرد
mdmonfared@iasbs.ac.ir

زمستان ۱۳۹۲

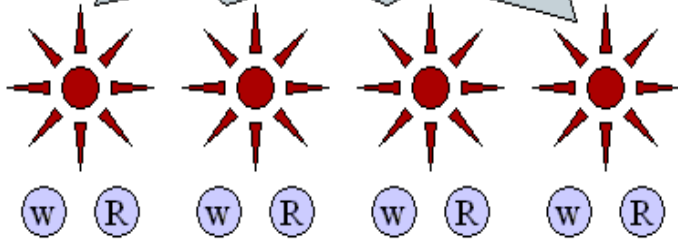
Evolution






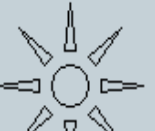
1



2



3

×	R	w
R	 RR	 Rw
w	 Rw	 ww

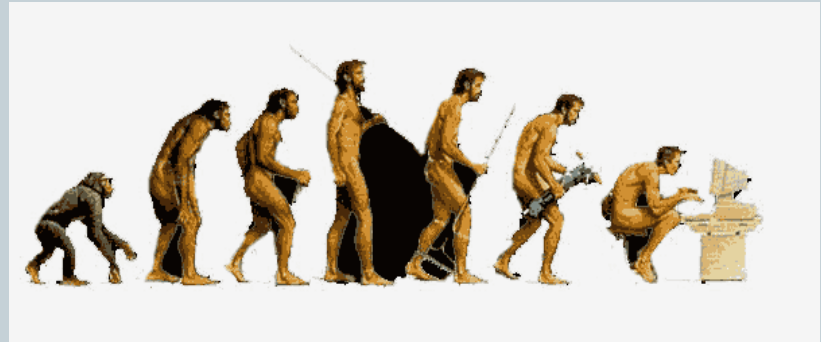
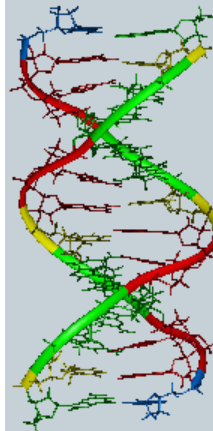
Gregor Mendel (1822-1884) •

• مراحل آزمایش مندل:

(1) انتخاب والدین

(2) تولید نسل اول

(3) تولید نسل دوم



الگوریتم‌های تکاملی

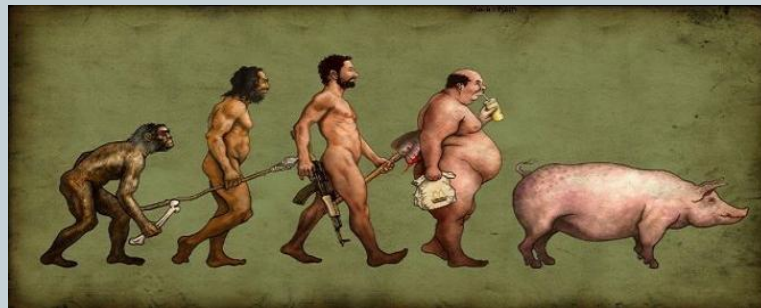


- تکامل در طبیعت باعث تولید جواب سازگار برای هر محیط شده است.
- الگوریتم‌های تکاملی سعی در استفاده از این الگو برای حل مسائل دارند.
- الگوریتم‌های تکاملی همانند همتای زیستی خود
 - مبتنی بر جمعیت و تصادفی-احتمالاتی هستند.
 - از دسته الگوریتم‌های سعی و خطای احتمالی هستند.
 - با رقابت بر سر منابع محدود تنها تعدادی از جواب‌ها امکان بقا دارند.
 - از عملگرهای جهش و ترکیب (تقاطع) برای ایجاد تنوع در جمعیت استفاده می‌کنند.

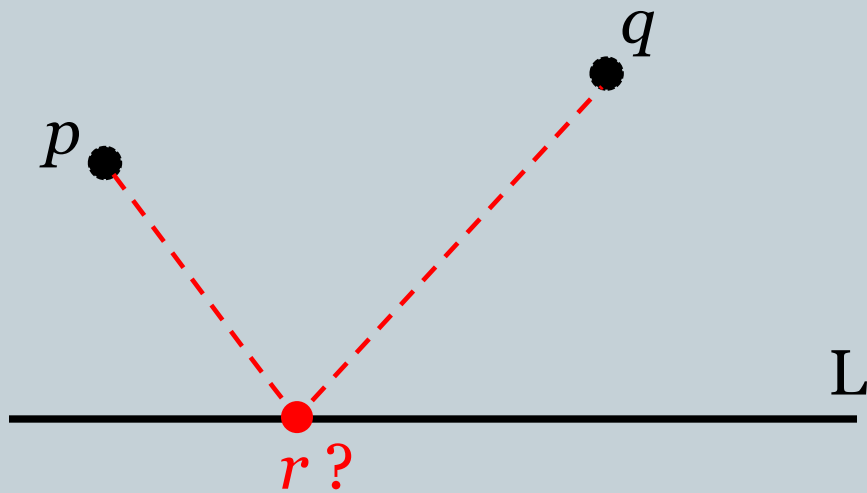
ایده کلی EA



- یک EA برای حل یک مسئله مجموعه بسیار بزرگی از جواب‌ها را تولید می‌کند.
- هر یک از این جواب‌ها با استفاده از یک تابع تناسب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.
- آنگاه تعدادی از بهترین جواب‌ها باعث تولید جواب‌های جدیدی می‌شوند. که اینکار باعث تکامل جواب‌ها می‌گردد.
- بدین ترتیب فضای جستجو در جهتی تکامل پیدا می‌کند که به جواب مطلوب برسد.
- در صورت انتخاب صحیح پارامترها، این روش می‌تواند بسیار موثر عمل نماید و در غیر این صورت



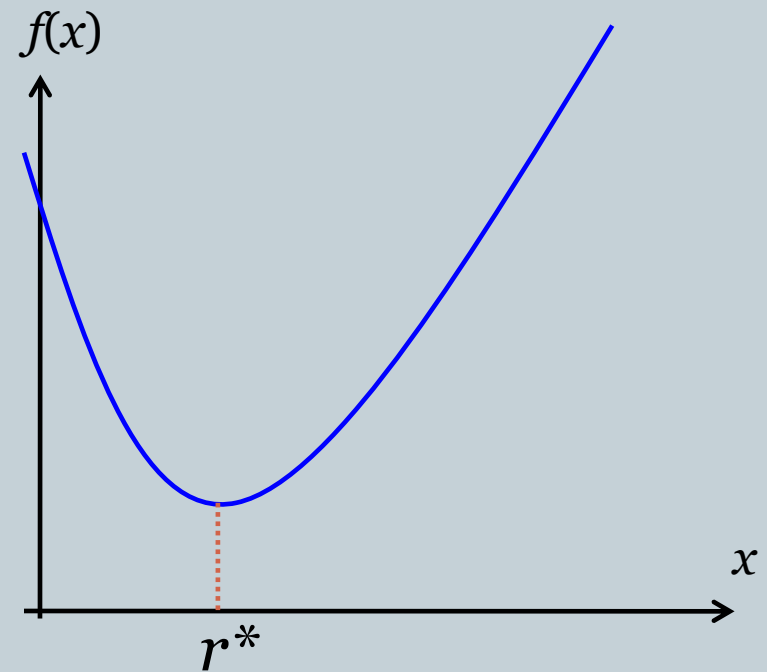
یک مسئله ساده ریاضی



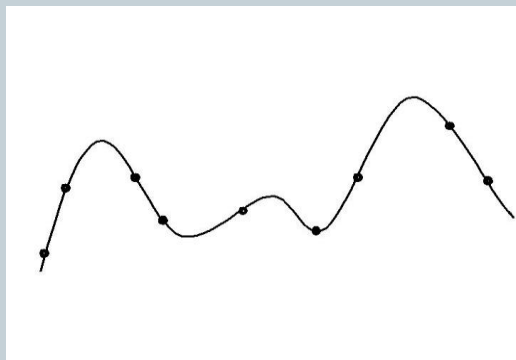
Input: p, q and L

Output: a point r on L

Such that $\text{Min } f(r) = (d(p, r) + (r, q))$

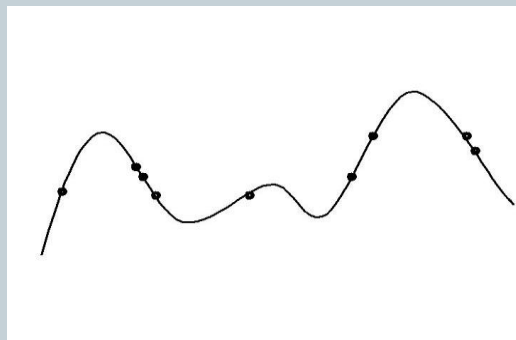


ویژگی‌های کلی الگوریتم‌های تکاملی



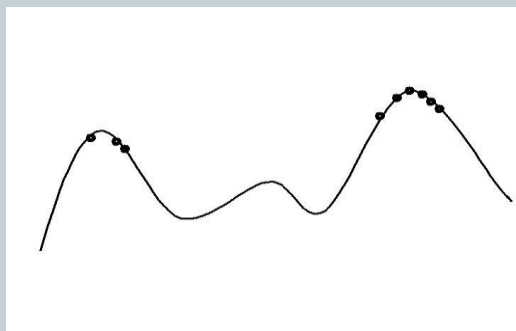
تکرارهای اولیه:

توزیع تقریباً تصادفی جمعیت



تکرارهای میانی:

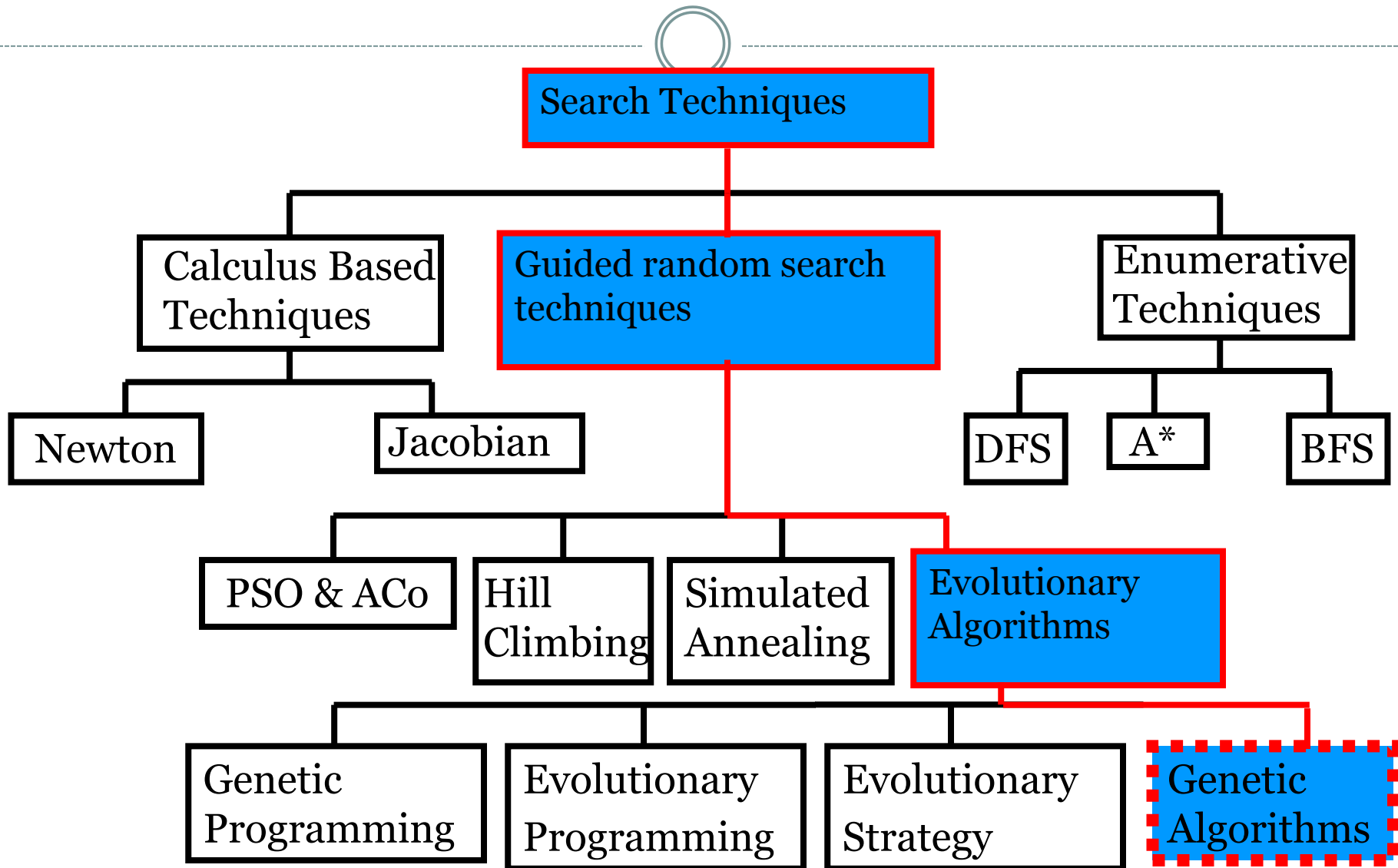
استقرار جمعیت در اطراف بهینه‌های محلی



تکرارهای پایانی:

تمرکز جمعیت در اطراف بهینه‌های بلند

روش‌های جستجو



Evolutionary Algorithms

Genetic Programming

Evolutionary Programming

Evolutionary Strategy

Genetic Algorithms



Real vector representation

Rule-based Mutation

Self-adaption

Large population size

Developed in US

Deterministic selection

L. & D Fogel 1962 1988

Real representation

Mutation-based

Self-adaption

Small population size ($\lambda+\mu$)

Developed in Germany

Deterministic selection

Rechenberg 1965

P. Bienert et al. 1960

Binary representation

Crossover-based

No Self-adaption

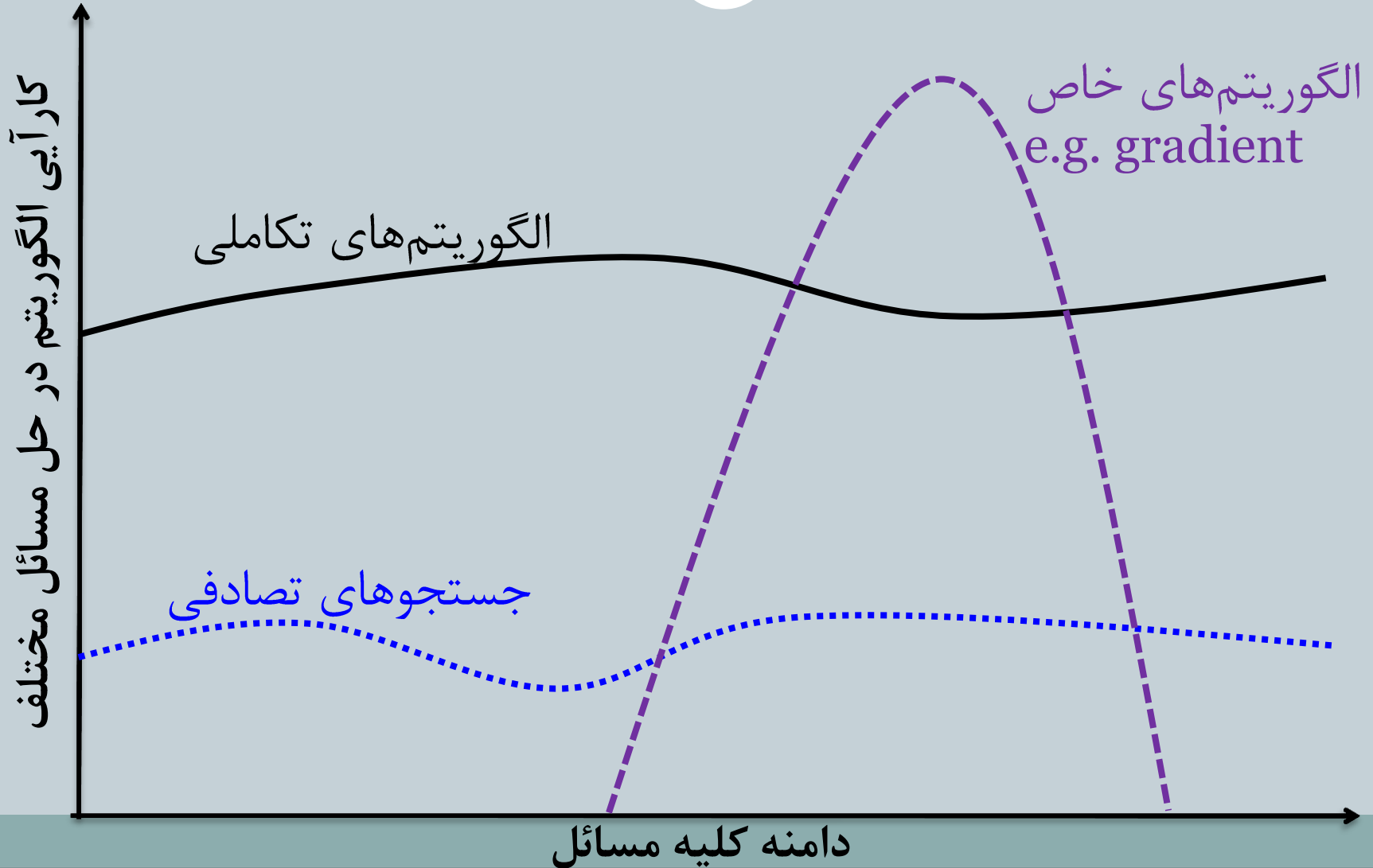
Large population size

Developed in US

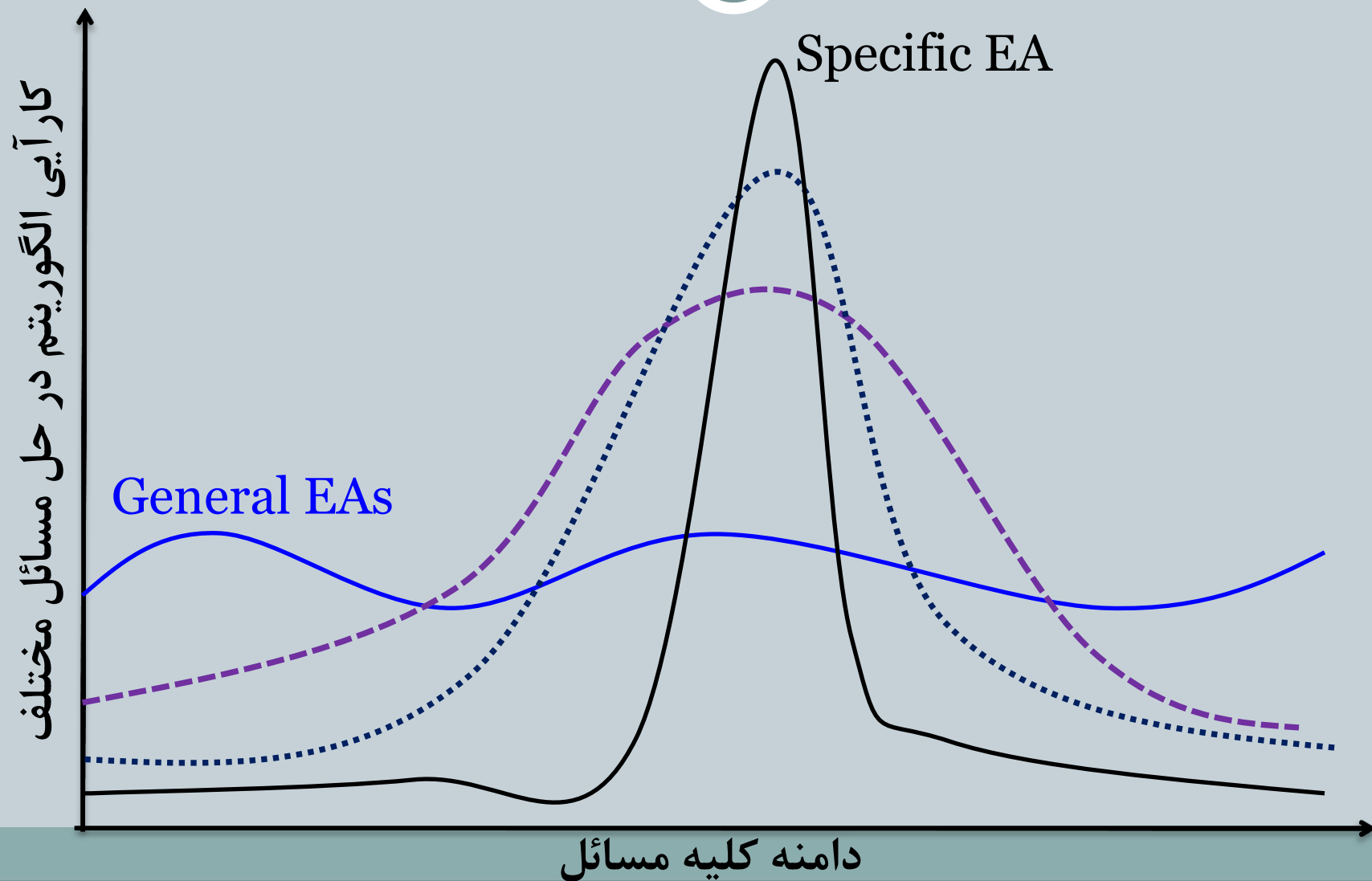
Probabilistic selection

J. Holland 1975

ویژگی‌های کلی الگوریتم‌های تکاملی



اهمیت خاص کردن الگوریتم‌های تکاملی



تاریخچه



A. Turing :۱۹۴۸

پیشنهاد جستجوی ژنتیکی

دهه ۱۹۶۰:

سه ایده اساسی در مکانهای مختلف دنیا به صورت جداگانه پیاده‌سازی شدند.

Schwefel و Rechenberg :۱۹۶۴

ابداع استراتژی‌های تکامل

D. Fogel :۱۹۶۵

معرفی برنامه‌نویسی تکاملی

J. Holland :۱۹۷۵

معرفی الگوریتم‌های ژنتیکی

دهه ۱۹۹۰:

جمع‌بندی روش‌های معرفی شده به عنوان پردازش تکاملی و الگوریتم‌های تکاملی

J.R. Koza:۱۹۹۲

ابداع برنامه‌نویسی ژنتیک

در ۲۰ سال اخیر بیشتر کاربردها، بهبودها، گسترش‌ها و ترکیب الگوریتم‌های تکاملی با سایر روشها مطالعه شده است.

کنفرانس‌ها و مجلات



• کنفرانس‌های معتبر

- 2009 IEEE Congress on Evolutionary Computation (IEEE CEC)
- Genetic and Evolutionary computation Conference (CECCO)
- Parallel Problem Solving from Nature (PPSN)

• مجلات معتبر

- IEEE Transaction on Evolutionary Computation
- Evolutionary Computation
- Genetic Programming and Evolvable Machines

- Applied Soft Computing
- Heuristic approaches journals
- Artificial (or Swarm) Intelligence journals
-

مزایا و معایب EAS



• مزایا

- عمومی بودن
- هزینه قابل قبول
- پیشنهاد چندین جواب به صورت همزمان
- موازی بودن الگوریتم

• معایب

- عدم ضمانت همگرایی به جواب بهینه با منابع محدود
- ضعف تئوری (قضیه اسکیمما)
- نیاز به تنظیم پارامترها

مسائل مناسب برای الگوریتم‌های تکاملی

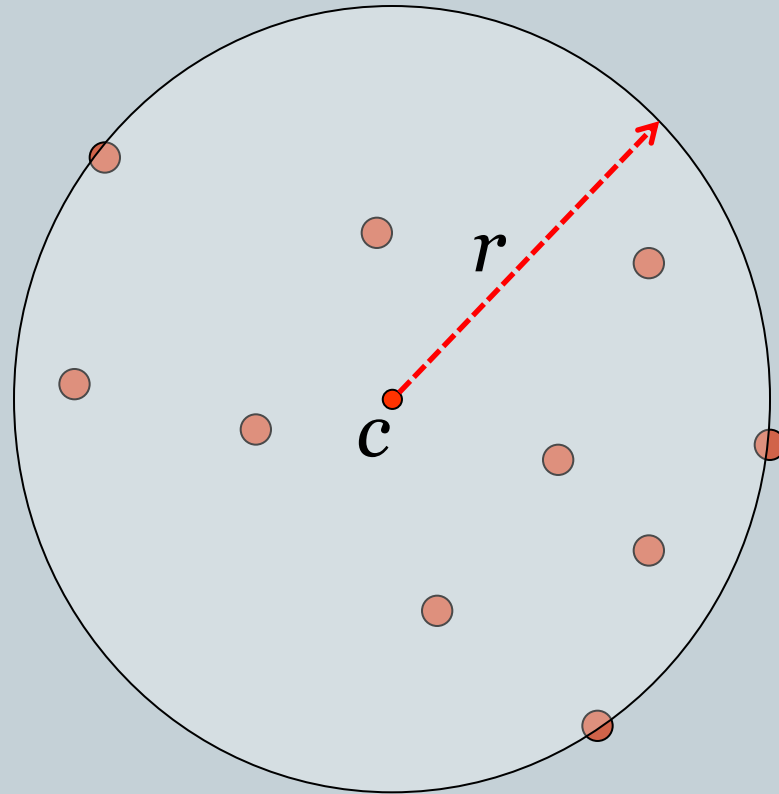


Facility Location
Robotics and Planning
Bioinformatics
Non-linear OR problems
Power systems
Structure design
Tuning and Learning

- مسائل پیچیده با تعداد زیاد پارامتر
- مسائل دارای روابط پیچیده بین پارامترها
- مسائل با بهینه‌های محلی زیاد
- مسائل چندهدفه
- متغیر بودن شرایط مسأله
- ناقص بودن تابع هدف

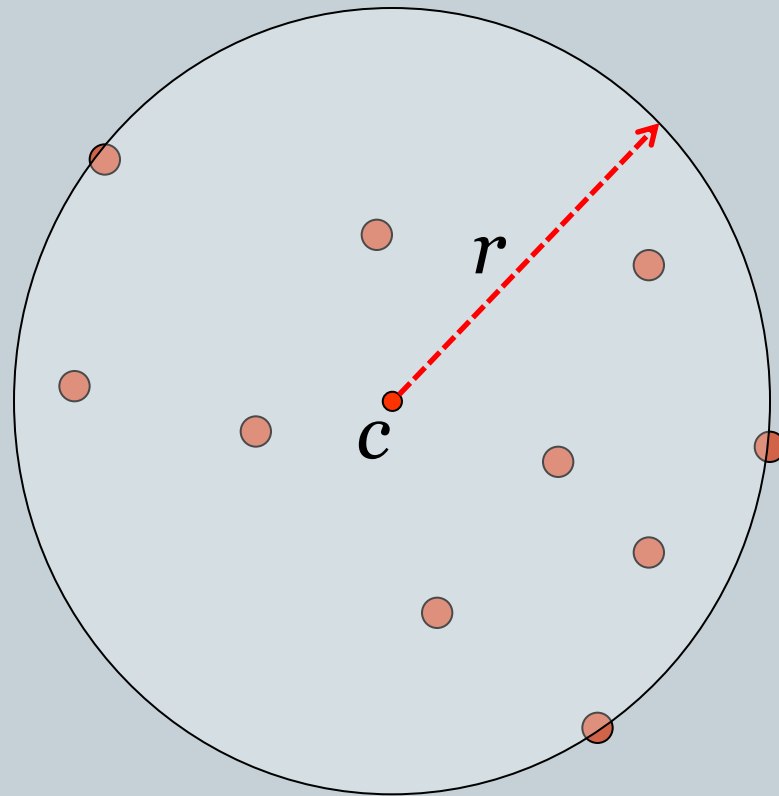
مسائل بهینه‌یابی (بهینه‌سازی)

15



مسائل بهینه‌یابی (بهینه‌سازی)

16



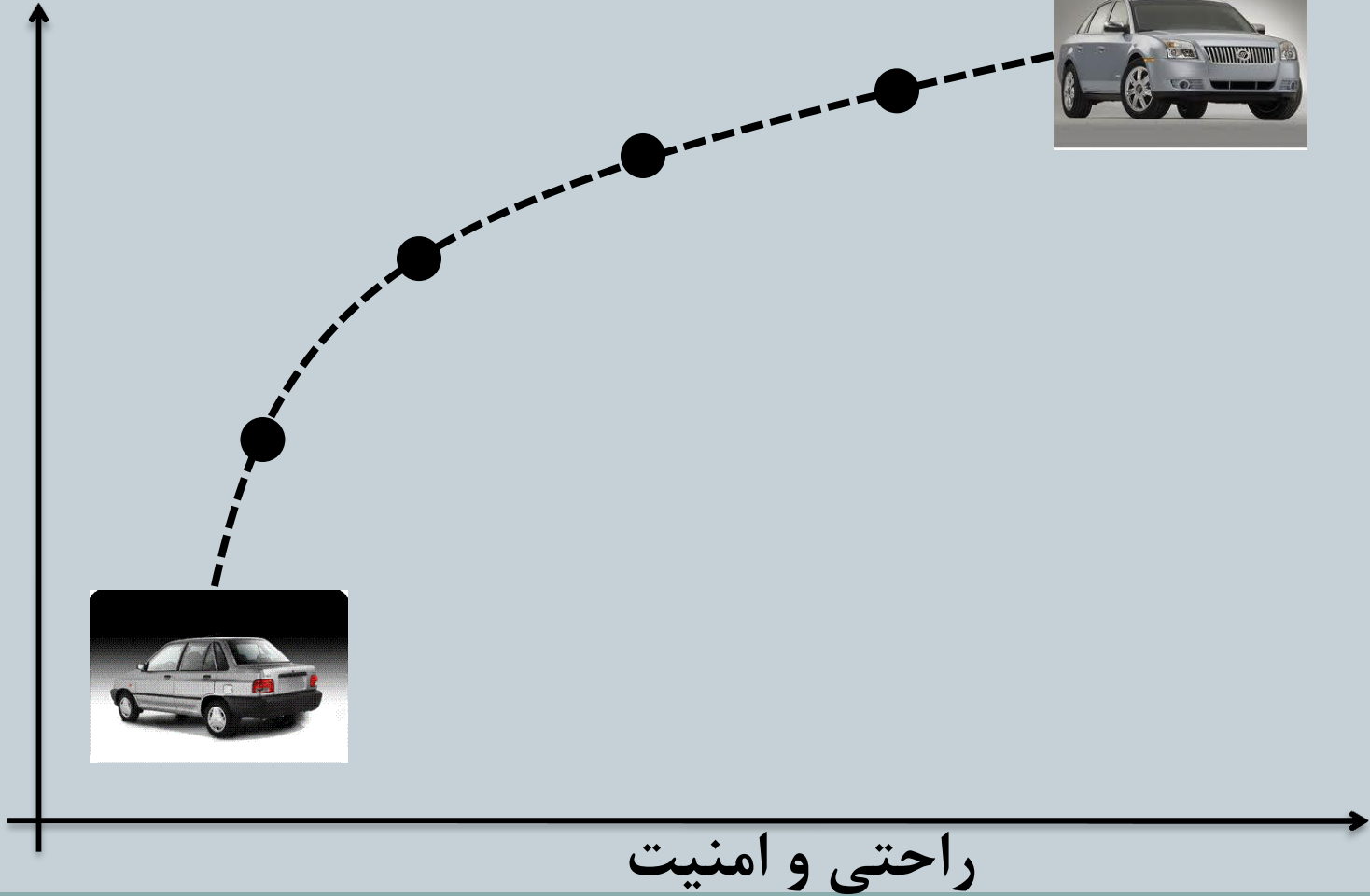
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min } f(r) = r, \end{array} \right.$$

s.t :

$$\text{dis}(c, p_i) \geq r, i = 1, 2, \dots, n$$

مسائل بهینه‌یابی چندهدفه (MOO)

قیمت



مسائل بهینه‌یابی چندهدفه (MOO)

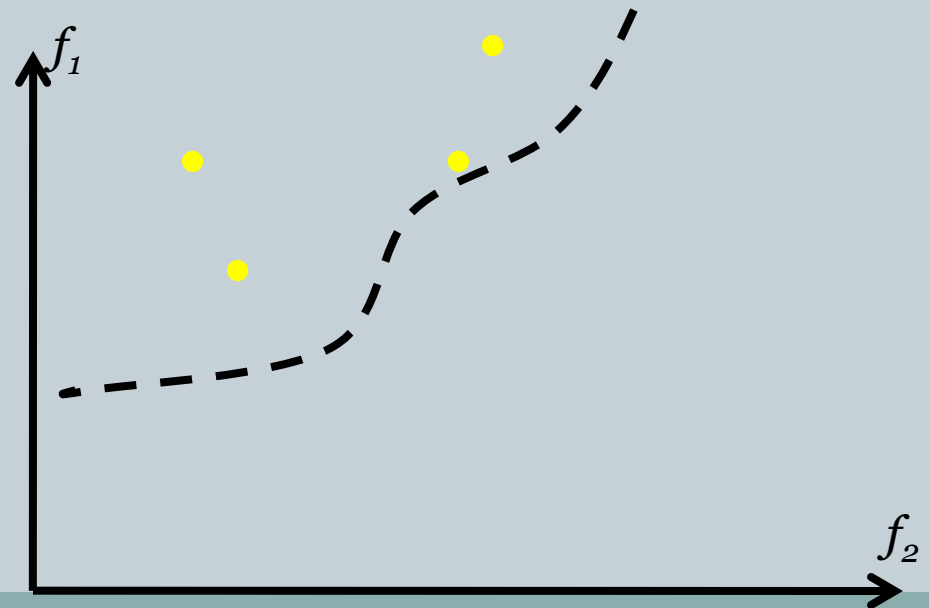
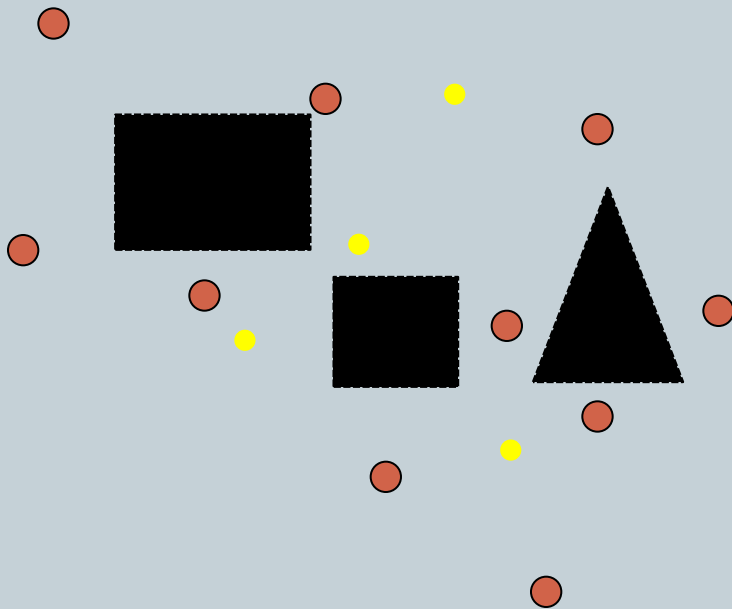


Minimize $f_1(X) = \text{Radius}$

Maximize $f_2(X) = \text{Distance}$

s.t.

full cover & out of constraints



مسائل بهینه‌یابی چندهدفه (MOO)



$$\begin{array}{lll} \text{Minimize / Maximize} & f_m(\mathbf{x}), & m = 1, 2, \dots, M; \\ \text{Subject to} & g_j(\mathbf{x}) \geq 0, & j = 1, 2, \dots, J; \\ & h_k(\mathbf{x}) = 0, & k = 1, 2, \dots, K; \\ & x_i^{(L)} \leq x_i \leq x_i^{(U)}, & i = 1, 2, \dots, n. \end{array}$$

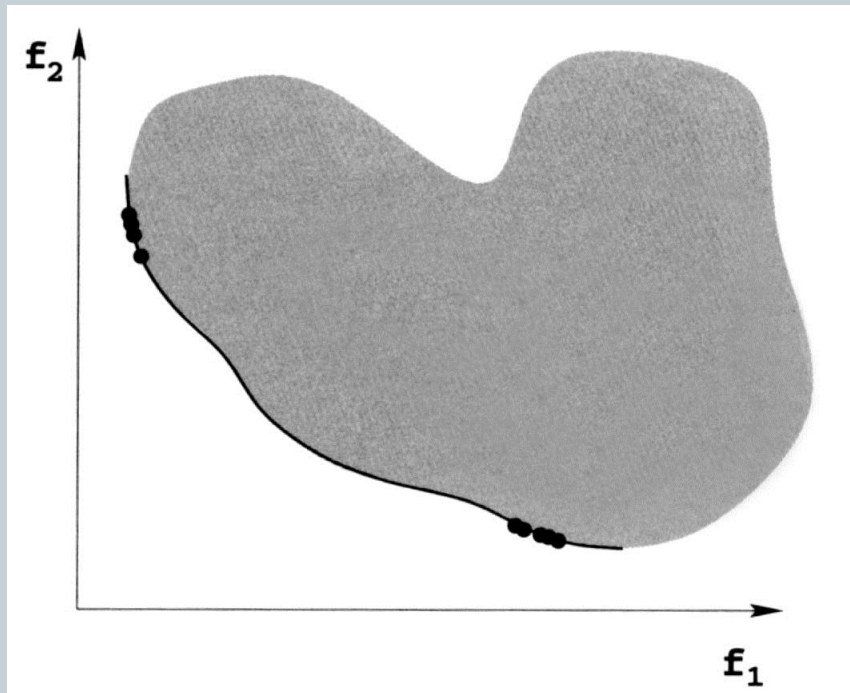
مسائل بهینه‌یابی چندهدفه (MOO)



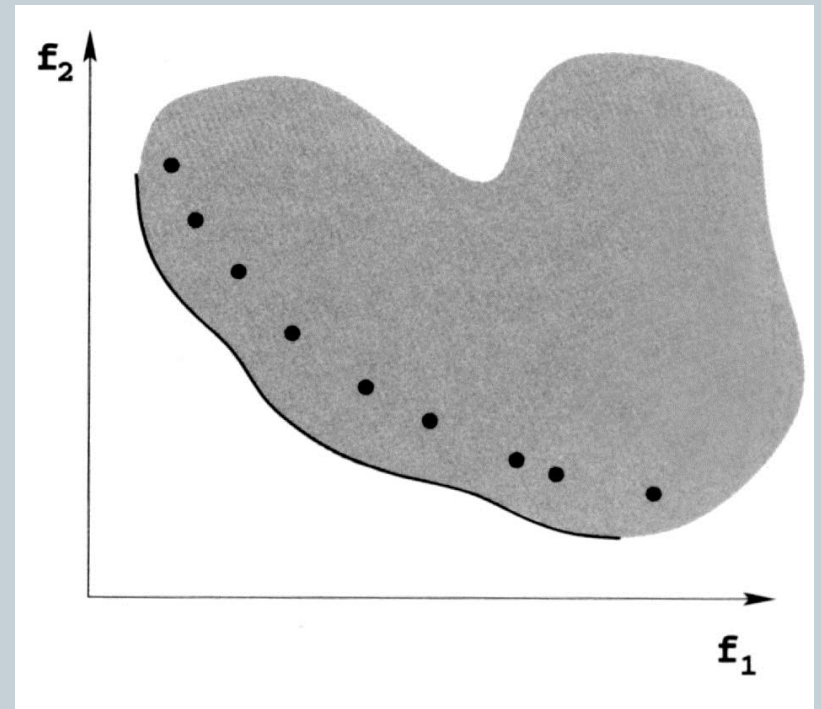
$$\begin{aligned} \text{Minimize / Maximize} \quad & f_m(\mathbf{x}), & m = 1, 2, \dots, M; \\ \text{Subject to} \quad & g_j(\mathbf{x}) \geq 0, & j = 1, 2, \dots, J; \\ & h_k(\mathbf{x}) = 0, & k = 1, 2, \dots, K; \\ & x_i^{(L)} \leq x_i \leq x_i^{(U)}, & i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Minimize } f_1(x_1, x_2) = x_1, \\ \text{Minimize } f_2(x_1, x_2) = \frac{1+x_2}{x_1}, \\ \text{s.t. :} \\ 0.1 \leq x_1 \leq 1, 0 \leq x_2 \leq 5. \end{array} \right.$$

هدف از MOO

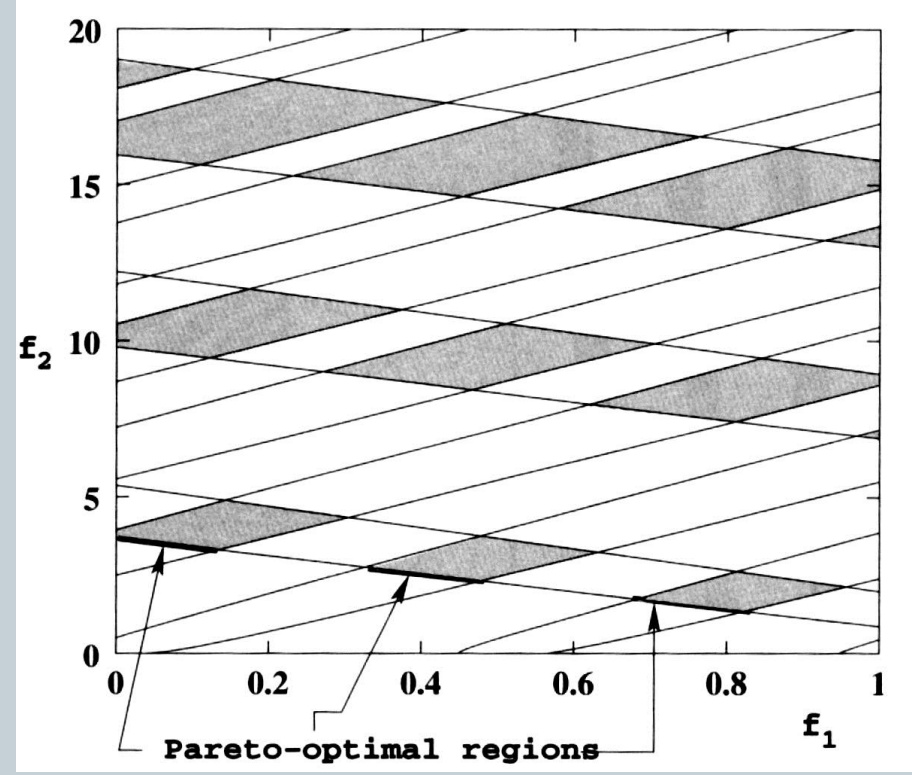
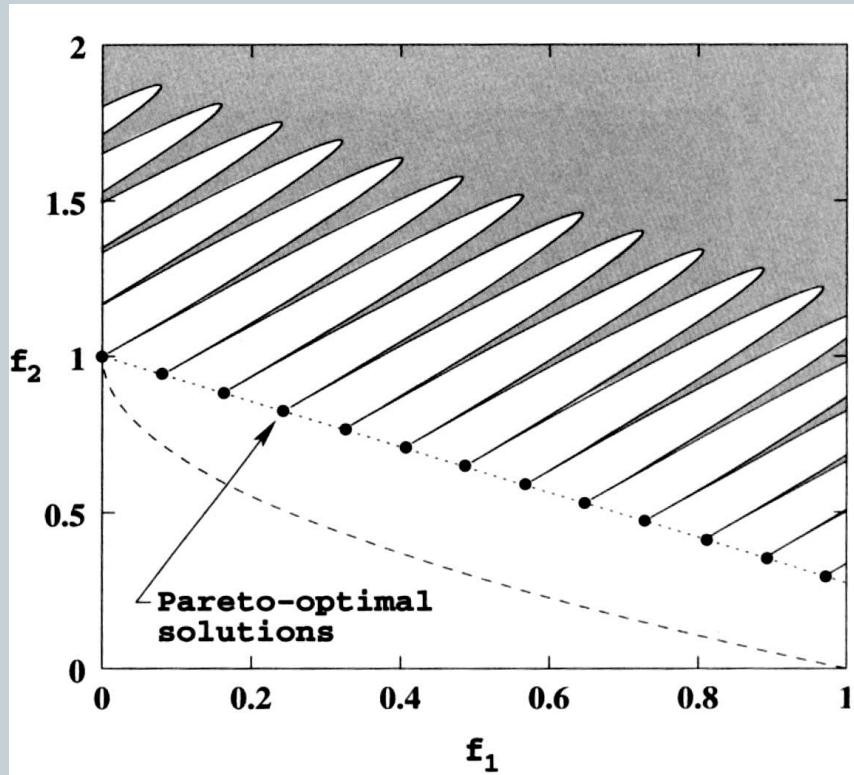


Pareto-Optimality



Diversity

مسائل سخت تر



Multi-Objective Evolutionary Algorithms (MOEAs)



- Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II
- Strength Pareto EA
- Rudolph's Elitist MOEA
- Distance-Based Pareto GA
- Thermodynamical GA
- Pareto-Archived Evolution Strategy
- MO Messy GA
-

*Benchmark Problems
and
Comparison metrics*

اهداف درس



- آشنایی با الگوریتم‌های تکاملی
- آشنایی با مدل‌های MOO و چالش‌های آن
- شناخت معایب و مزایای الگوریتم‌های تکاملی
- بکارگیری ماهرانه و خاص الگوریتم‌های تکاملی بر روی مسائل مختلف
- آشنایی با مباحث نو در محاسبات تکاملی
- ارائه ایده‌های جدید در محاسبات تکاملی

در مورد درس



Resources:

- Text Book:
 - ✦ Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs (by Z Michalewicz, 1996).
 - ✦ Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms (by K. Deb, 2001).
 - ✦ Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems, C A. Coello Coello, G. B. Lamont, D. A. Van Veldhuizen, 2007.
- Papers in topic of evolutionary computing and applications.

Prerequisites: Algorithms and data structures, standard programming languages; C, C++, C# and MATLAB are preferred.

Lectures: Sunday and Tuesday 9:30-11:00

Evaluating:

- 30% Presentation (Advanced topics in EAs)
- 40% Homework (Question + Implementing Projects)
- 30% Final exam
- Extra point for new ideas in improving and applications of EAs, and paper writing.

