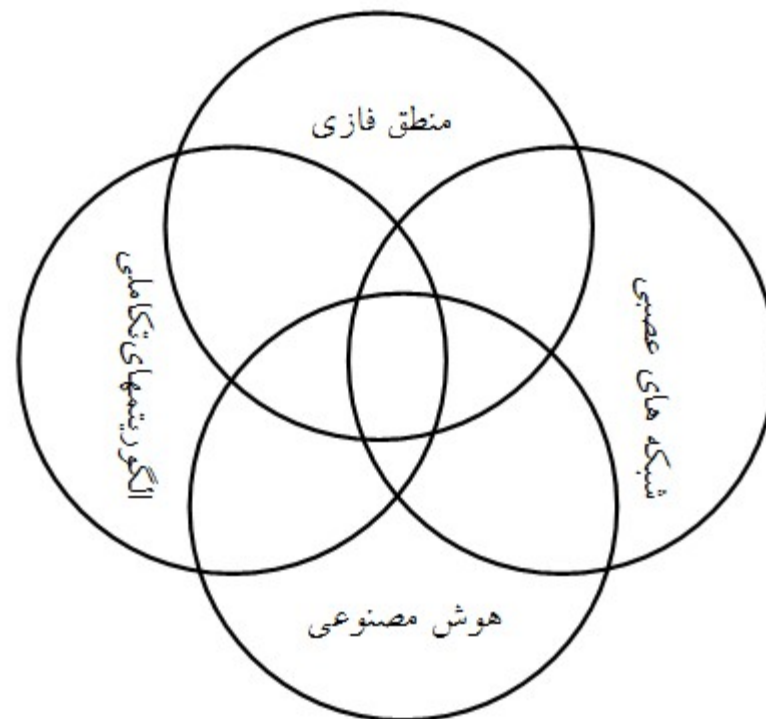


Soft Computing

Esmat Rashedi
Electrical Eng. Dept.,
KGUT, Kerman, Iran.

رایانش نرم



شکل ۱-۴ ارکان چهارگانه علم رایانش نرم

optimization

- ☐ Minimization
- ☐ Maximization

☐ کمینه یابی

☐ بیشینه یابی

Optimization problem

□ فرض کنید که هدف از بهینه‌سازی، پیدا کردن بیشینه تابع f در یک دامنه مشخص باشد:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_m)$$

$$x_i^{lo} \leq x_i \leq x_i^{hi} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, m$$

□ در این وضعیت، پیدا کردن مقادیری برای متغیرهای x_1 تا x_m مد نظر است که تابع f ، به ازای آنها بیشترین مقدار را به خود بگیرد.

□ به عبارتی هدف از بهینه‌سازی، یافتن X^* است به گونه‌ای که

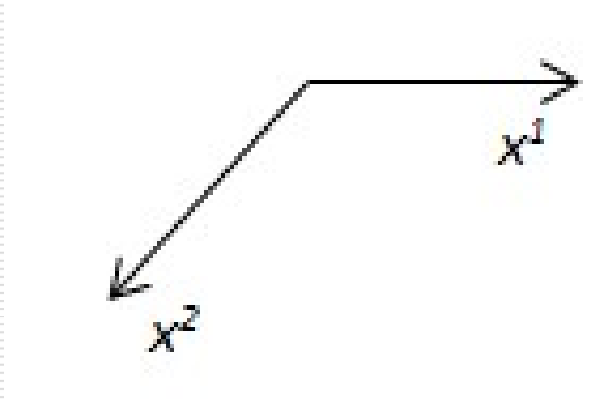
$$f(X^*) \geq f(X) \quad , \quad \forall X \in D_f$$

Decision variables

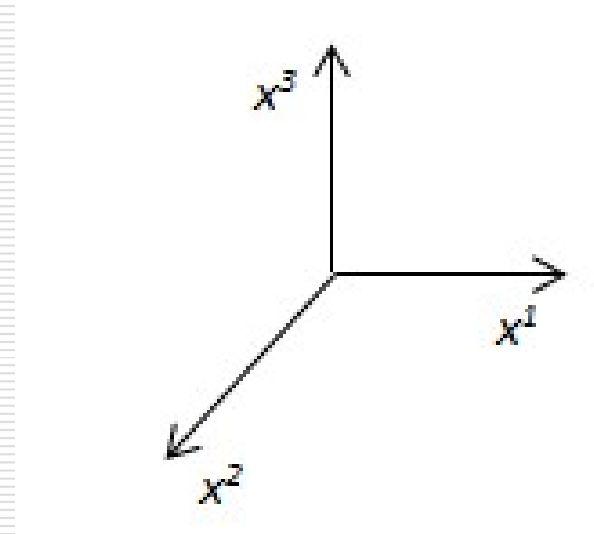
Variables متغیرهای مساله ☐

search space فضای جستجو ☐

$m=2$



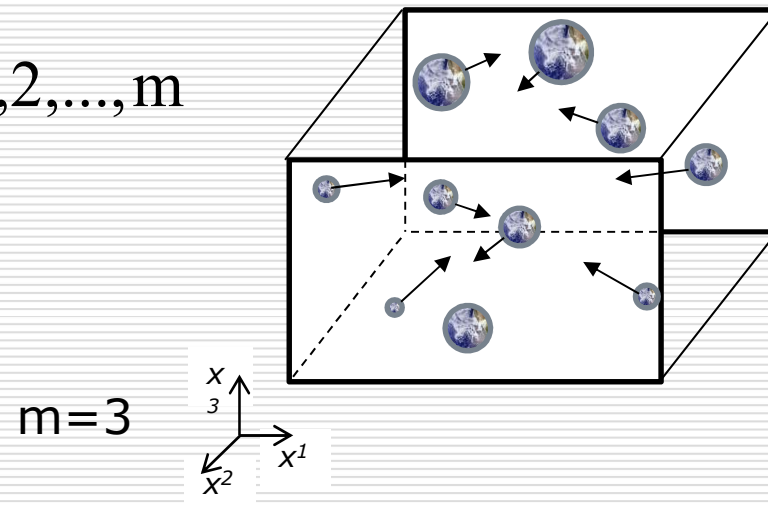
$m=3$



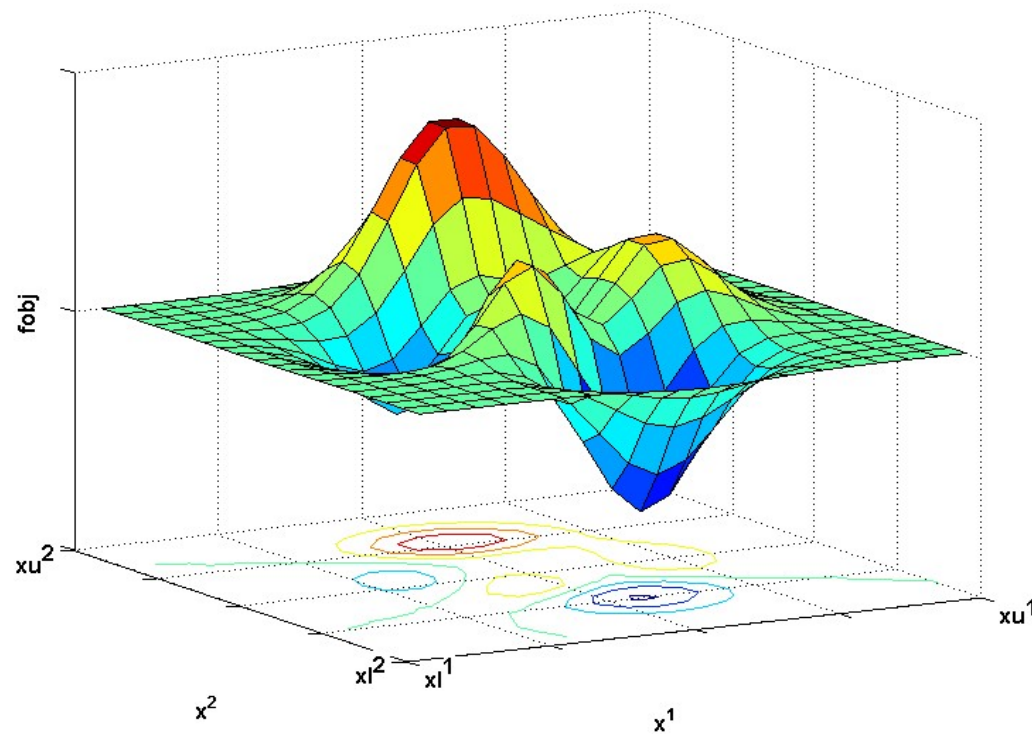
Search space

- ❑ Search space is the m-dimensional space that determined by the boundaries of variables.
- ❑ Agents search this space to find the best settings for variables.

$$x^{d,low} \leq x^d \leq x^{d,hi} \quad \text{for } d = 1, 2, \dots, m$$



□ تابع هدف Objective function $f(x_1, x_2, \dots, x_m)$



$m=2$

Optimization

- Methods of optimization
 - Derivative based methods (gradient base)
 - Derivative free

مبتنی بر مشتق / بی نیاز از مشتق

- Exhaustive Search جستجوی همه جانبه
- Random search جستجوی تصادفی

Classic Optimization

- Let Θ be an unknown parameter vector and $J(\Theta)$ the corresponding cost function to be minimized. Function $J(\Theta)$ is assumed to be differentiable.

- **Gradient descent algorithm**

The algorithm starts with an initial estimate $\theta(0)$ of the minimum point and the subsequent algorithmic iterations are of the form:

$$\theta(\text{new}) = \theta(\text{old}) + \Delta\theta \quad (\text{C.1})$$

$$\Delta\theta = -\mu \left. \frac{\partial J(\theta)}{\partial \theta} \right|_{\theta=\theta(\text{old})} \quad (\text{C.2})$$

where $\mu > 0$. If a maximum is sought, the method is known as gradient ascent and the minus sign in (C.2) is neglected.

Gradient descent algorithm

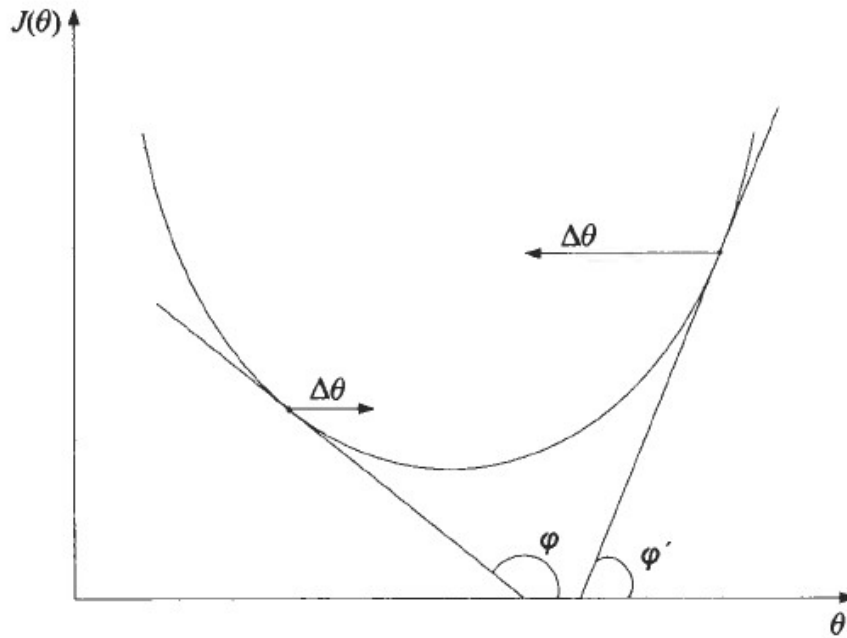


FIGURE C.1: In the gradient descent scheme, the correction of the parameters takes place in the direction that decreases the value of the cost function.

- ❑ The new estimate $\theta(\text{new})$ is chosen in the direction that decreases $J(\theta)$.
- ❑ The parameter μ is very important and it plays a crucial role in the convergence of the algorithm.
- ❑ If it is too small, the corrections $\Delta\theta$ are small and the convergence to the optimum point is very slow.
- ❑ if it is too large, the algorithm may oscillate around the optimum value and convergence is not possible

Gradient descent algorithm

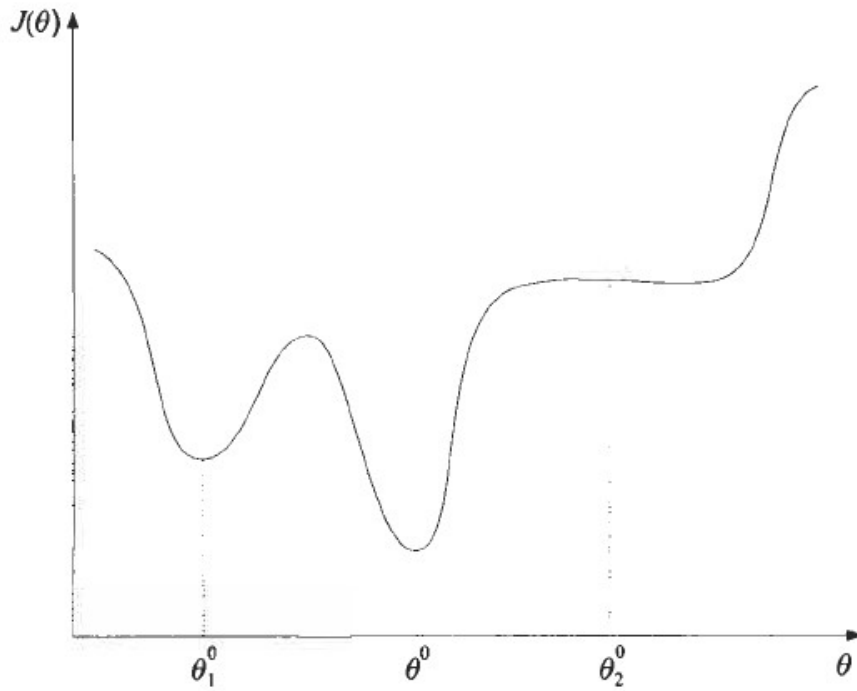


FIGURE C.2: A local minimum, a global minimum and a saddle point of $J(\theta)$.

However, if the parameter is properly chosen, the algorithm converges to a stationary point of $J(\theta)$, which can be either, a local minimum (θ_1) or a global minimum (θ) or a saddle point (θ_2).

it converges to a point where the gradient becomes zero.

To which of the stationary points the algorithm will converge depends on the position of the initial point, relative to the stationary points

Random search

□ در روشهای دسته ب، برای جستجوی بهینه در یک مسئله نیازی به مشتق تابع هدف نیست. در عوض این روشها به دفعات به ارزیابی تابع هدف به ازای نقاطی از دامنه جستجوی مسئله می-پردازند و با استفاده از این اطلاعات و در نظر گرفتن یکسری الهامات شهودی جهت جستجو را تعیین می کنند.

□ جستجوی ابتکاری (Heuristic search algorithms)

□ ارائه راه حل‌های خوب (نزدیک بهینه) در یک زمان قابل قبول

□ تضمینی برای یافتن جواب بهینه (بهترین جواب) نمی دهند

□ فضای جستجو را بطور همه جانبه جستجو نمی کنند پس جزء روشهای جستجوی تقریبی بشمار می آیند

□ منبع الهام این الگوریتم ها غالبا طبیعت است.

Heuristic algorithms: Examples

- ❑ - Evolutionary algorithm الگوریتم تکاملی
- ❑ - Genetic Algorithm (GA) الگوریتم وراثتی
- ❑ - Simulated annealing پخت شبیه سازی شده
- ❑ - Ant colony search algorithm (ACSA) / (ACO)
 الگوریتم جستجوی جمعیت مورچگان
- ❑ - Particle Swarm Optimization (PSO) بهینه سازی جمعیت ذرات
- ❑ - Tabu search جستجوی تابو
- ❑ - Scatter search جستجوی پراکنده
- ❑ - Immune system سیستم ایمنی
- ❑ - Gravitational search algorithm (GSA) الگوریتم جستجوی گرانشی

خصوصیات روشهای جستجوی ابتکاری

- عدم وابستگی آنها به توابع هدف مشتق پذیر است (حل مسائل با توابع هدف پیچیده و غیر مشتق پذیر، بدون صرف هزینه بیشتر)
- بر پایه احتمالات عمل می کنند. یعنی اینکه برای دنبال کردن جهت جستجو از تئوری احتمالات و تولید دنباله های تصادفی بهره می برند (دلیل اصلی توانایی این روشها در یافتن بهینه فرامحلی در یک زمان قابل قبول)
- تحلیل ریاضی این روشها به دلیل خصوصیت اتفاقی بودن آنها و نیز وابسته بودن آنها به مسئله دشوار است. بنابراین دانش ایجاد شده درباره ی این روشها بیشتر بر پایه مطالعات عملی و نتایج پیاده سازی است.
- روشهای جستجوی ابتکاری از نوع روشهای تکرار شونده هستند. یعنی اینکه الگوریتم به دفعات تکرار می شود. در اینگونه روشها باید نحوه پایان یافتن الگوریتم مشخص شود.

-
- There are two types of metaheuristic optimization algorithms:
 - ✓ i) single-point search algorithms
 - ✓ ii) population based search algorithms.

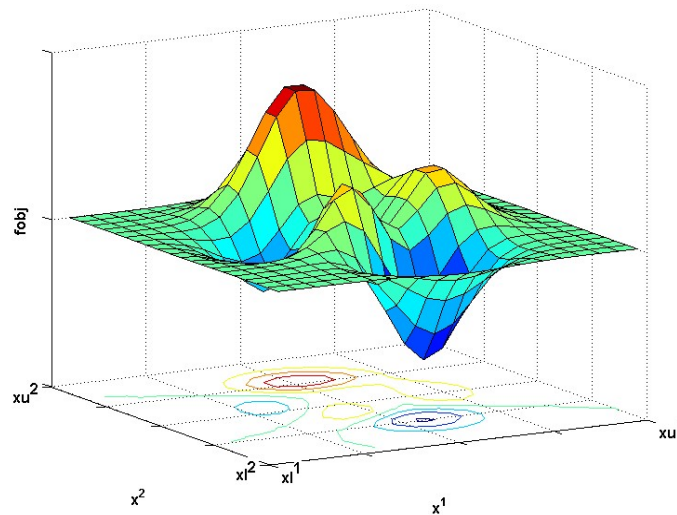
heuristic algorithms are classified to

- ☐ nature-inspired
 - ✓ bio-inspired algorithms
 - ✓ physics/chemistry based algorithms
- ☐ non-nature-inspired

- ☐ Two famous bio-inspired algorithms are
 - ✓ swarm intelligence (SI)-based
 - ✓ evolutionary algorithms

Optimum

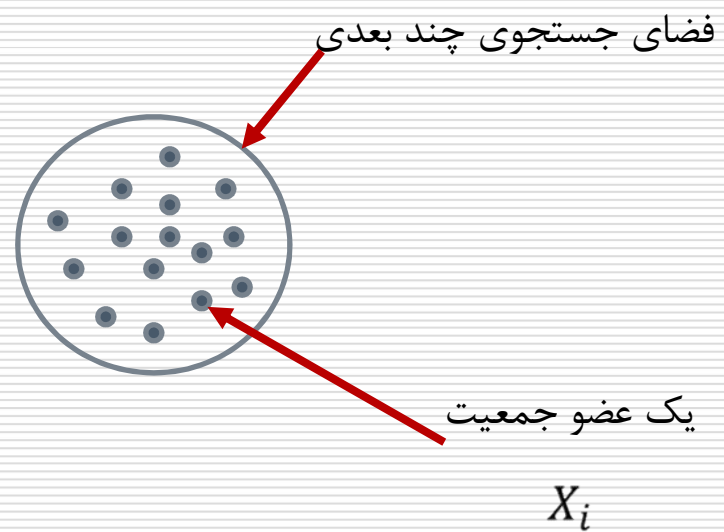
- Local optimum بهینه محلی
- Global optimum بهینه فرا محلی
- Sub optimum شبه بهینه



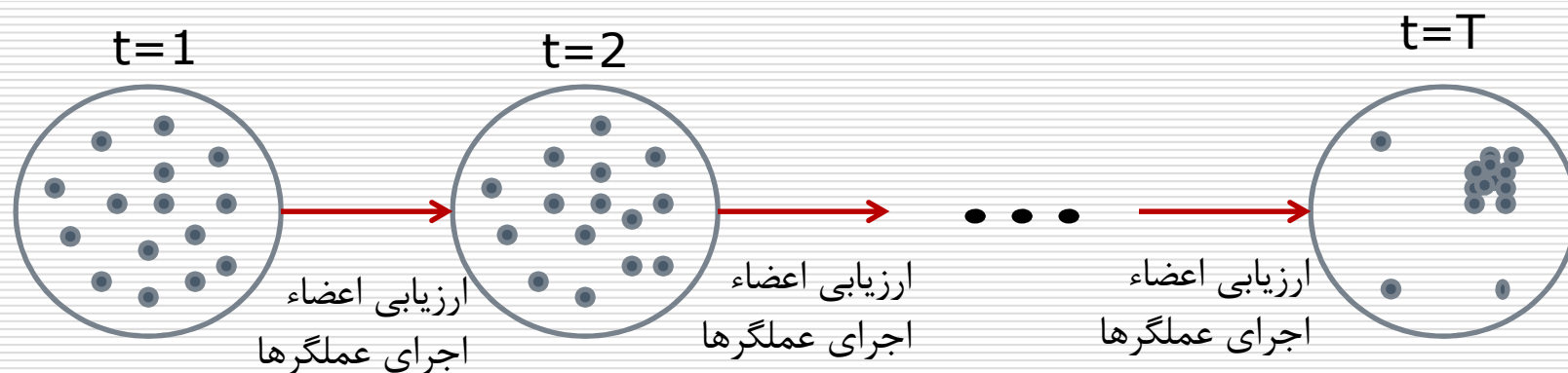
قالب کلی الگوریتم‌های جستجوی ابتکاری

- ۱- مجموعه‌ای از نقاط به عنوان نامزدهای اولیه جواب را بطور اتفاقی تولید و آنها را ارزیابی کن.
- ۲- مجموعه‌ای از نقاط نامزد جدید را با تغییراتی اتفاقی روی اعضای انتخاب شده از مجموعه جواب قبلی تولید و آنها را ارزیابی کن.
- ۳- بعضی از اعضای مجموعه جواب قبلی را با مجموعه جواب فعلی جایگزین کن.
- ۴- اگر شرط توقف برآورده نشده است، برو به مرحله ۲.

Population

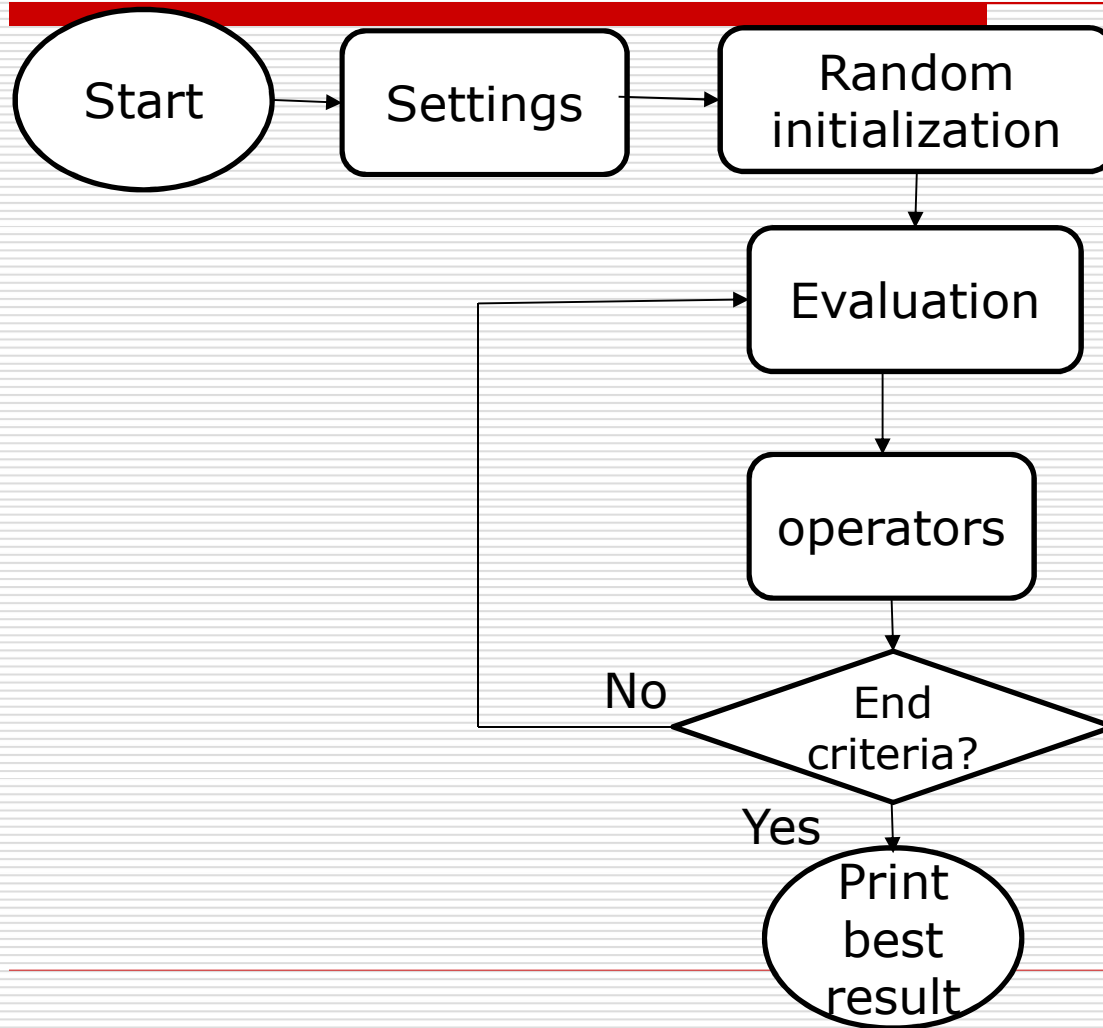


قالب کلی



تولید اعضا جدید به کمک عملگرهای الگوریتم **operators** انجام می شود.
هر الگوریتم تعدادی عملگر ساده دارد.
الگوریتم تکرارشونده است. هر تکرار یک **iteration** یا یک **time** نامیده می شود. (تکرار یا لحظه)

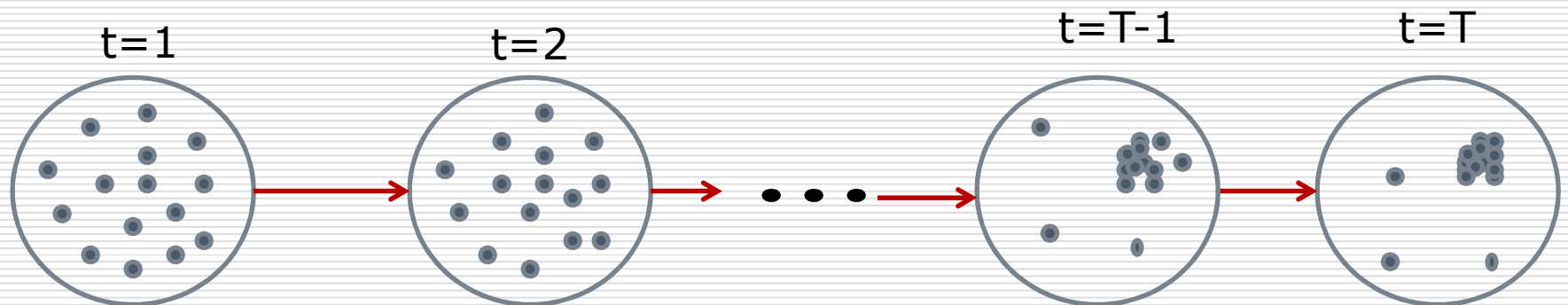
General form of the population based heuristic search algorithms



ویژگی های الگوریتم های جستجوی (بهینه سازی) ابتکاری

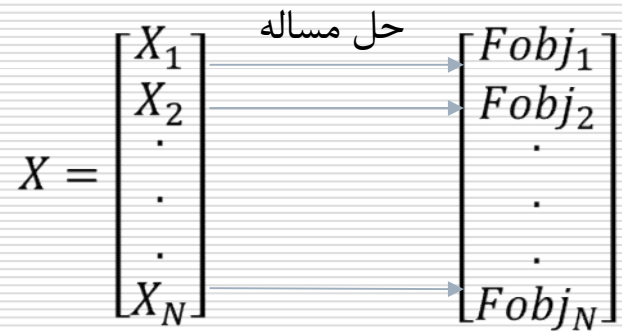
- ☐ Optimization
- ☐ Search algorithms
- ☐ Heuristic algorithms
- ☐ Population based (Agents)
- ☐ Iterative search
- ☐ Random search
- ☐ Parallel search

-
- Convergence
 - Exploration / diversification
 - Exploitation / intensification



Evaluation

□ ارزیابی اعضا در ابتدای هر تکرار انجام می شود.



□ تعداد کل ارزیابی ها

□ Total Number of fitness evaluations (FEs)

Comparison

❑ Experiments and comparison

❑ الگوریتم ها از طریق آزمایش و مقایسه با سایر روش ها بررسی می شوند.

❑ معیار مقایسه دقت جواب ها و زمان رسیدن به پاسخ است.

Various Versions of algorithms

- ☐ Single objective تک هدفه
- ☐ Multi-objective چند هدفه
- ☐ Un-constraint نامقید
- ☐ Constraint مقید
- ☐ Real حقیقی
- ☐ Binary باینری
- ☐ Discrete گسسته