

2024 Probabilistic Model Class

# Modern Optimization with R

## - Chapter 5. Population Based Search

---



순천향대학교 미래융합기술학과

Senseable AI Lab

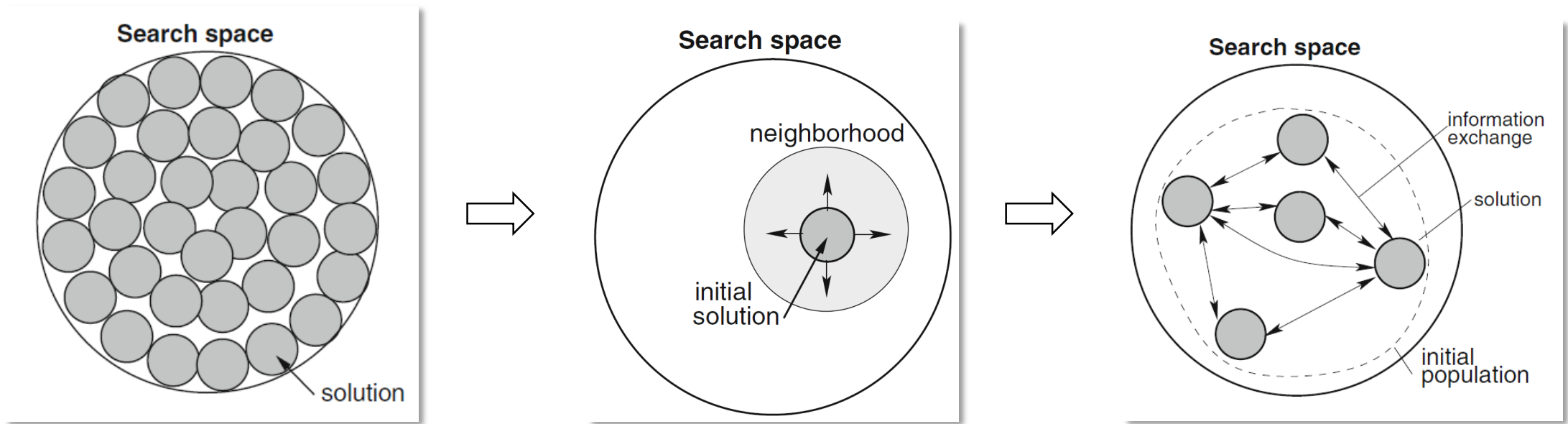
석사과정 김병훈

- 1 Introduction**
- 2 Genetic and Evolutionary Algorithms**
- 3 Differential Evolution**

# 1. Introduction

## Population Based Search

### Methodology comparison



[Full Blind Search]

- 가능한 탐색 지점을 무차별적으로 탐색
- 시간 복잡도가 높음

[Local Search]

- 주변 지역(이웃)만을 탐색하여 점진적으로 해를 개선
- 지역 극솟값(local minima) 문제

[Population Based Search]

- 단일 탐색 지점 대신 여러 후보 솔루션을 동시에 고려
- 탐색 공간을 보다 넓게 탐색
- 지역 극솟값(local minima)에 빠지는 것을 피할 수 있음

# 1. Introduction

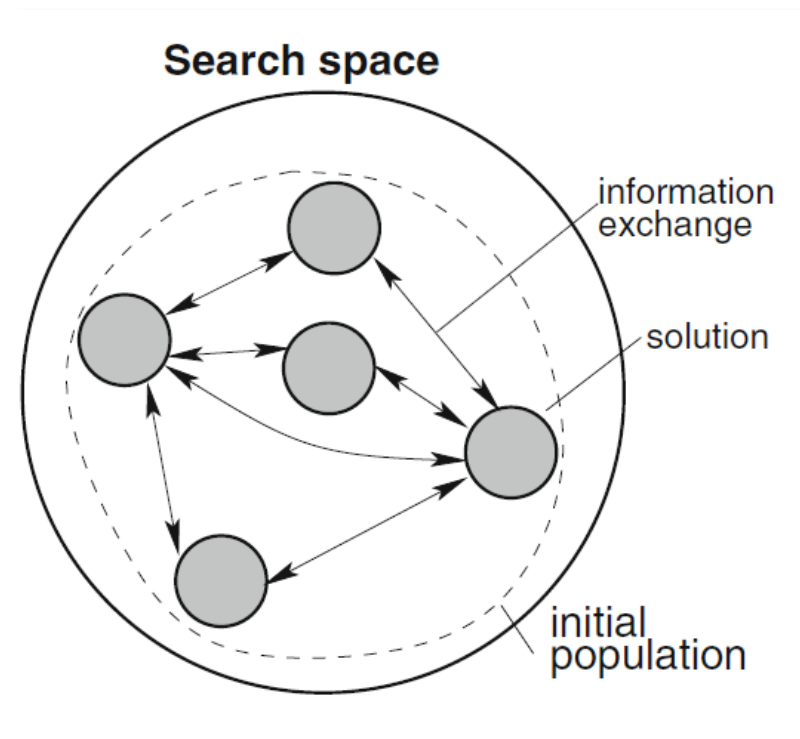
## Population Based Search

### Population Based Search 정의

- 개별 해 대신 해의 집단을 사용하여 탐색을 수행하는 최적화 전략
- 전체 해 공간에 대한 더 넓은 탐색을 가능하게 함
- 지역 최적해(local optima)에서 벗어나 글로벌 최적해(global optima)에 더 가까운 해를 찾는 데 도움을 줌

### Population Based Search 특징

1. 탐색 범위: 탐색 공간의 더 다양한 영역을 탐색
2. 글로벌 최적화: 글로벌 최적화를 수행하는 데 있어 더 효과적으로 작동
3. 계산 요구도: 간단한 Local Search와 비교할 때, 더 많은 계산을 요구
4. 자연 현상: 주로 자연 현상에서 기인한 방법(유전 알고리즘, 개미 군집화 등)

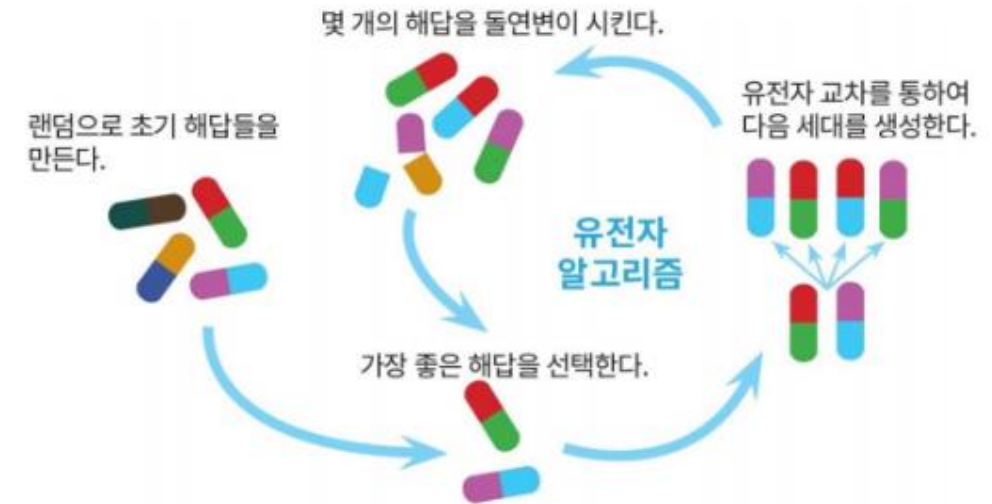


# 1. Introduction

## Local Search

### Population Based Search 종류

- Genetic and Evolutionary Algorithms
- Differential Evolution
- Particle Swarm Optimization
- Ant Colony Optimization
- Estimation of Distribution Algorithms

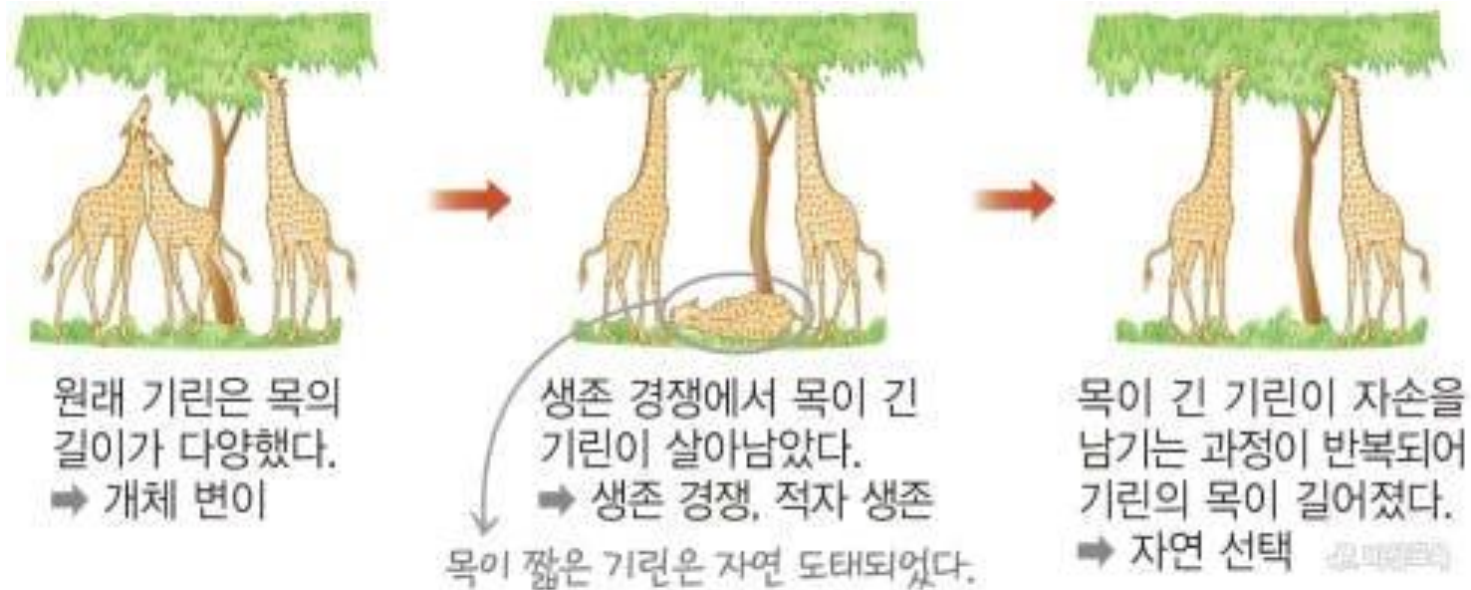


## 2. Genetic and Evolutionary Algorithms

Define

### Genetic and Evolutionary Algorithms

- 생물학적 진화 과정을 모방한 최적화 알고리즘 (다윈의 진화론: 자연 선택 이론)
- 솔루션들의 집단을 진화(개체 변이)시켜 가며 최적의 해를 찾음

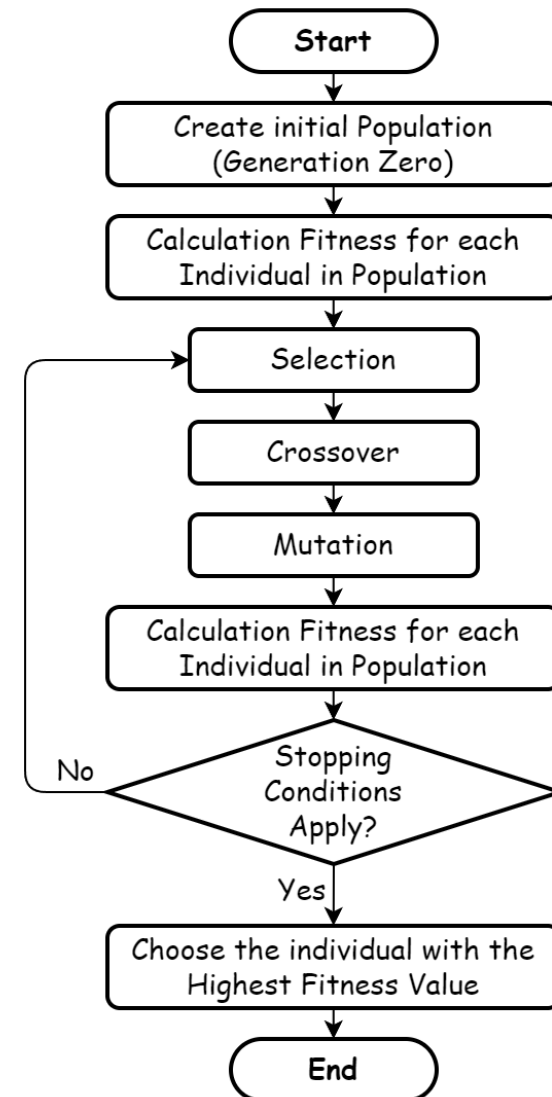


## 2. Genetic and Evolutionary Algorithms

Algorithms operations

### Operations

1. Initial
2. Evaluation
3. Selection
4. Crossover
5. Mutation
6. Iteration Steps 2-5
7. Provide Optimal Solutions



## 2. Genetic and Evolutionary Algorithms

### Advantage and Disadvantage

#### Advantage

- 다양한 탐색 공간에 대한 광범위한 탐색 -> 글로벌 최적화에 효과적
- 다양하고 복잡한 문제 유형에 적용 가능 -> 메타휴리스틱에 기반
- 진화 과정에서 Crossover, Mutation을 통해 다양한 솔루션 도출 -> Local optima 에 빠질 가능성 낮음

#### Disadvantage

- 계산 비용이 높고 시간이 오래 걸림
- 적절한 파라미터 설정이 필요
- Global optima를 찾는 것이 보장되지 않음



## 2. Genetic and Evolutionary Algorithms

R packages

**genalg packages (rbga.bin(이산 값) / rbga (연속 값))**

- popSize: population 크기
- iters: 최대 반복 수
- mutationChance: 돌연변이 확률
- crossoverProb: 교차 발생 확률
- elitism: 가장 적합한 개체가 다음 세대로 직접 전달되는 개체 수

**ecr packages**

- mu: 부모 세대 크기
- lambda: 자식 세대 크기
- representation: 솔루션 표현 방식(이산, 연속 등)

그 외 GA, mcga, NMOF 패키지 등이 있음

## 3. Differential Evolution

Define

### Differential Evolution Algorithms

- 연속적인 수치 최적화 문제를 해결하기 위해 개발된 전역 최적화 알고리즘
- 유전 및 진화 알고리즘과 유사하게 솔루션의 집단을 진화시키며 학습
- 하지만 교차 및 변이 연산자 대신 산술 연산자를 사용하여 새로운 솔루션 생성
- 각 솔루션은 실수 값의 문자열로 구성

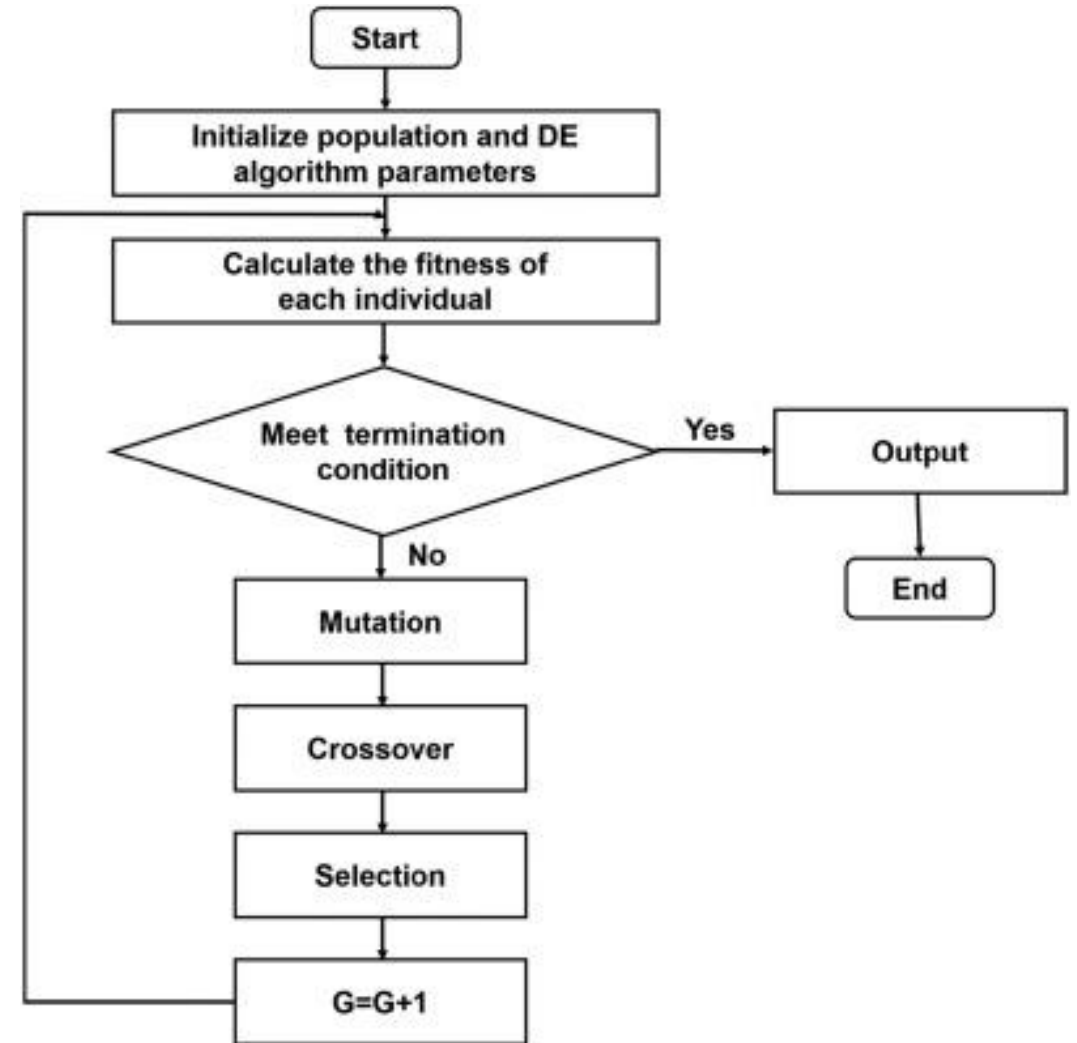
# 3. Differential Evolution

Algorithms operations

## Operations

1. Initial
2. Evaluation
3. Selection
4. Mutation
5. Crossover
6. Iteration Steps 2-5
7. Provide Optimal Solutions

Genetic and Evolutionary Algorithms과 동일

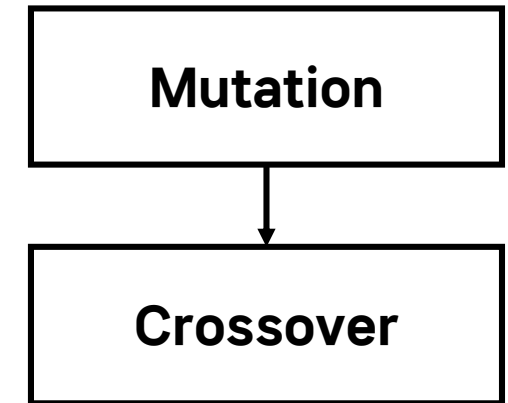


# 3. Differential Evolution

Algorithms operations

## Mutation

- 주요 차이점: 벡터 간의 차이를 활용하여 변이(유전 알고리즘 : 무작위 변이)
  1. 임의로 세 개의 서로 다른 개체  $s_1, s_2, s_3$  를 선택
  2. 선택된 세 개체 중 두 개체 간의 차이 계산 ( $s_2 - s_3$ )
  3. 스케일링 인자  $F$  를 곱함
  4. 계산된 결과를 나머지 개체( $s_1$ )에 더해 donor vector 생성( $s_{mut} = s_1 + F(s_2 - s_3)$ )



## Crossover

- 주요 차이점: donor vector와 현재 개체 사이에서 일정 비율을 섞어 새로운 벡터 생성(유전 알고리즘: 교환 방법)
  - 교차 확률(parameter)에 따른 Crossover 실행 -> doner vector + current vector = new vector
  - 적어도 한 개의 개체는 new vector에서 가져오도록 함(조기 수렴 방지 및 새로운 솔루션으로의 강제)

※ donor vector: 유전공학 용어, 세포 외부에서 얻은 유전자, 이를 통해 새로운 DNA 형질 획득

# 3. Differential Evolution

## Advantage and Disadvantage

### Advantage

- 산술 연산을 기반으로 하여 구현이 간단함
- 연속 최적화 문제에서 효과적인 수렴 성능
- 적은 파라미터
- 효율적 탐색

### Disadvantage

- 복잡한 문제에서 수렴 속도가 상대적으로 느림(이전 알고리즘에 비해)
- Global optima를 찾는 것이 보장되지 않음
- 이산 최적화 문제에 적합하지 않음(하지만 추가 조정을 통해 구현은 가능)

## 3. Differential Evolution

R packages

### DEoptim packages

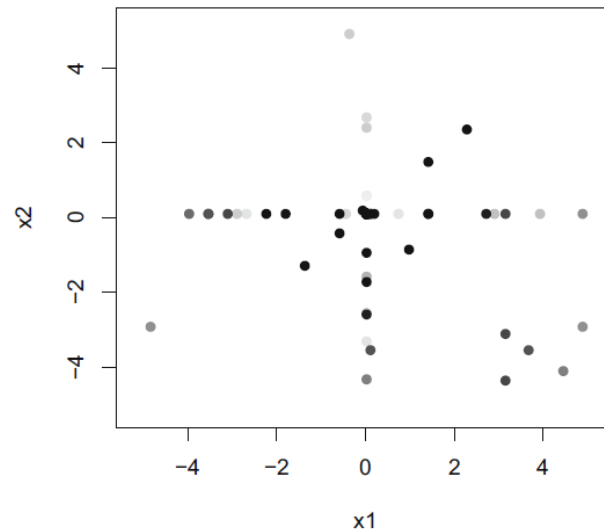
- fn: 최소화 함수
- VTR: 목표 값(Threshold)
- CR: 교차 확률
- F: 차분 스케일링 인자

그 외 DEoptimR, NMOF, GA 패키지 등이 있음

# Compare

Compare results(sphere)

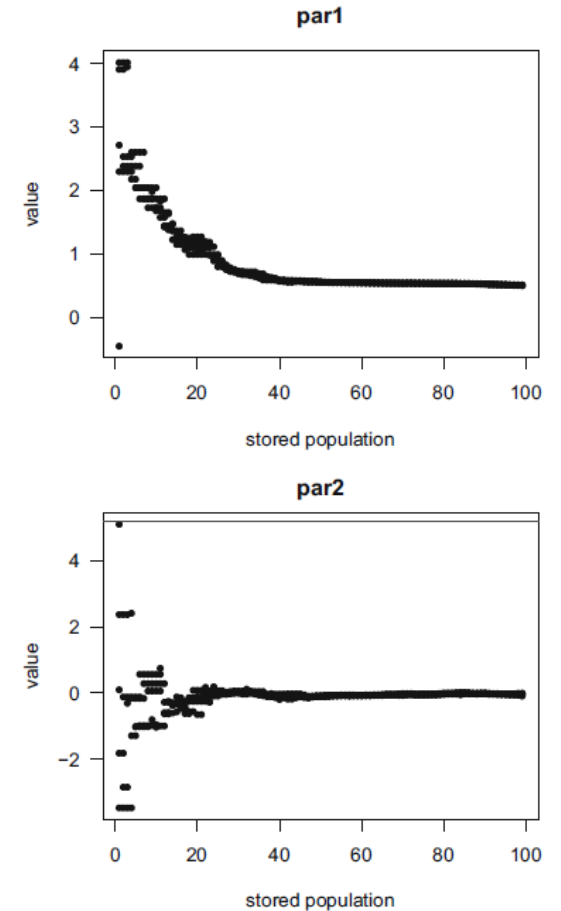
**Fig. 5.4** Example of an evolutionary algorithm search for **sphere** ( $D = 2$ )



Genetic and Evolutionary Algorithms  
( $f = 0.0098$ )



**Fig. 5.6** Population evolution in terms of  $x_1$  (top) and  $x_2$  (bottom) values under the differential evolution algorithm for **sphere** ( $D = 2$ )



Differential Evolution  
( $f = 0.25$ )

# Thanks