

# MI-SPOL-9

Princip genetických algoritmů, význam selekčního tlaku pro jejich funkci.

## Principy:

- **více stavů najednou**  $\Rightarrow$  menší šance uváznutí v lokálním minimu, konstantní počet stavů po celý výpočet
- **operátory:**  
 $S \rightarrow S$  (unární)  
 $S \times S \rightarrow S, S \times S \rightarrow S \times S$  (binární)
- **definice operátorů:** nad reprezentacemi X problémově nezávislé

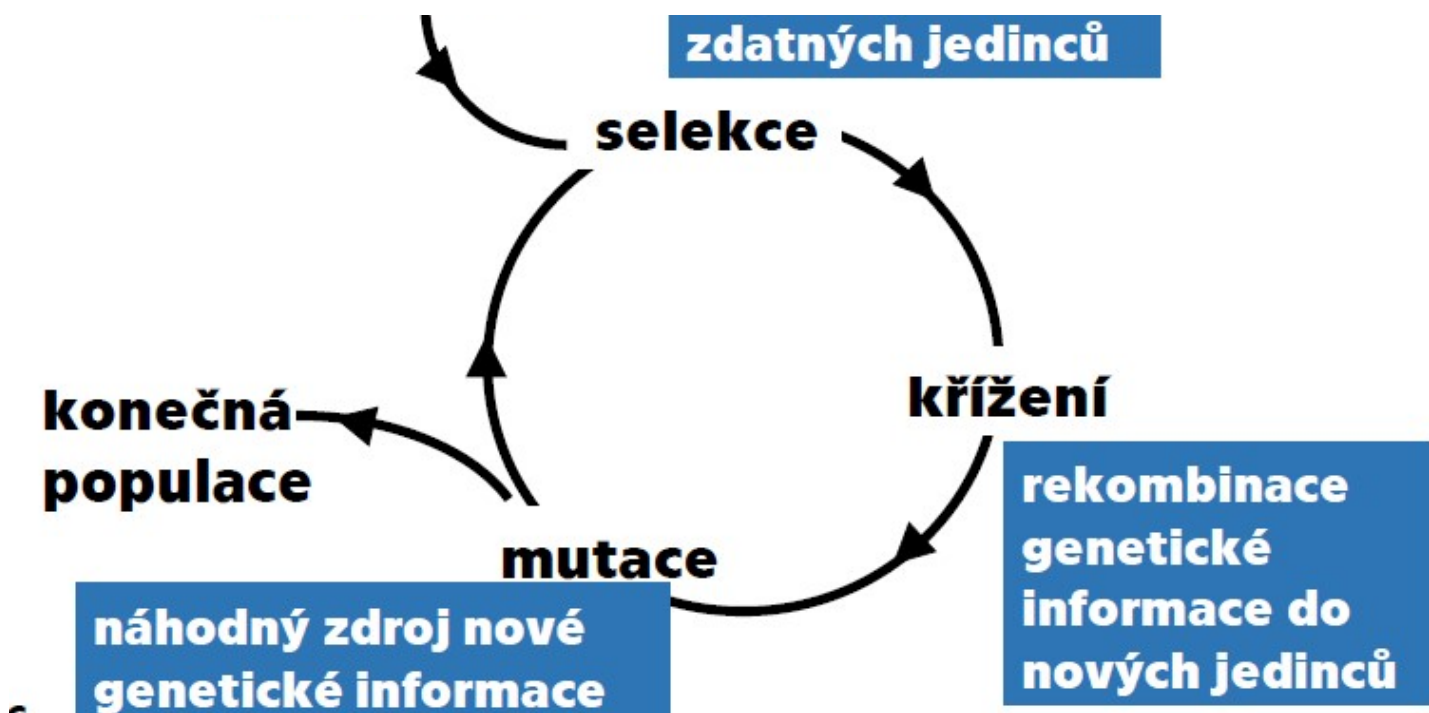
## Analogie

- konfigurace = jedinec
- kódování konfigurace = genetická reprezentace jedince
- proměnná kódování = gen
- hodnota proměnné = alela
- aktuální množina konfigurací = generace, populace
- unární operátor = mutace
- binární operátor = křížení
- optimalizační kritérium = zdatnost (fitness)
- rozšíření konfigurace uváznulé v lokálním minimu = degenerace
- rozšíření kvalitní konfigurace = konvergence
- biodiverzita = diverzita populace

## Kostra simulované evoluce

**počáteční  
populace**

**zvýšení podílu**



## Evoluční algoritmy

### Společné rysy:

- více individuí
- diverzifikace: mutace atd.
- intenzifikace: selektce pro rekombinaci nebo další generaci

### Charakteristické rysy jednotlivých algoritmů:

- reprezentace
- unární, binární operátory
- způsob selektce pro rekombinaci a konstrukci následující generace

### Klasická podoba genetických algoritmů

Kódování	Operátory	Řízení populace
Binární řetěz	Binární: křížení (1-bodové, 2-bodové, uniformní), Unární: mutace, inverze	nová generace nahradí původní

### Evoluční strategie

Kódování	Operátory	Řízení populace
----------	-----------	-----------------

Kódování	Operátory	Řízení populace
Vektor (reálných) čísel. Strategické parametry: $\sigma$ mutace, interakce mezi složkami	mutace (dominuje): přičtení Gaussova rozložení, Křížení: diskriminující, průměrující	Z $\mu$ rodičů a $\lambda$ potomků se vybere $\mu$ členů nové generace, nebo náhrada vcelku

### Genetické programování

Kódování	Operátory	Řízení populace
Rozkladový strom výrazu	Křížení, mutace, definice stavebního bloku, editace	Nová populace nahradí starou

### Evoluční programování

Kódování	Operátory	Řízení populace
Automat	Změna výstupního symbolu, změna přechodu, přidání/vypuštění stavu, změna počátečního stavu	Z $\mu$ rodičů a $\lambda$ potomků se vybere $\mu$ členů nové generace

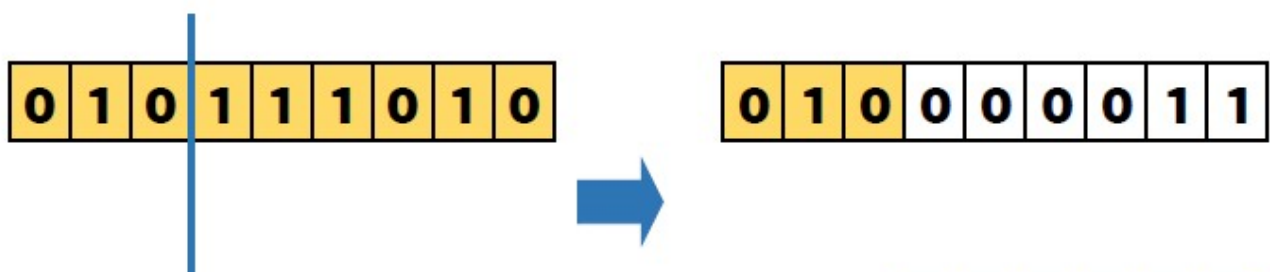
## Genetické algoritmy

### Kódování:

- klasická formulace: binární řetěz
- vektor proměnných obecně různých domén
- permutace řetězce z dané abecedy

### Operátory:

- Křížení (rekombinace):
  - Jednobodové:



0	1	1	0	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	1	1	1	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**náhodně zvolený bod**

○ Dvoubodové:

0	1	0	1	1	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	0	0	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	1	0	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	1	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**náhodně zvolené dva body**

○ Uniformní:

0	1	0	1	1	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	1	1	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	1	0	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

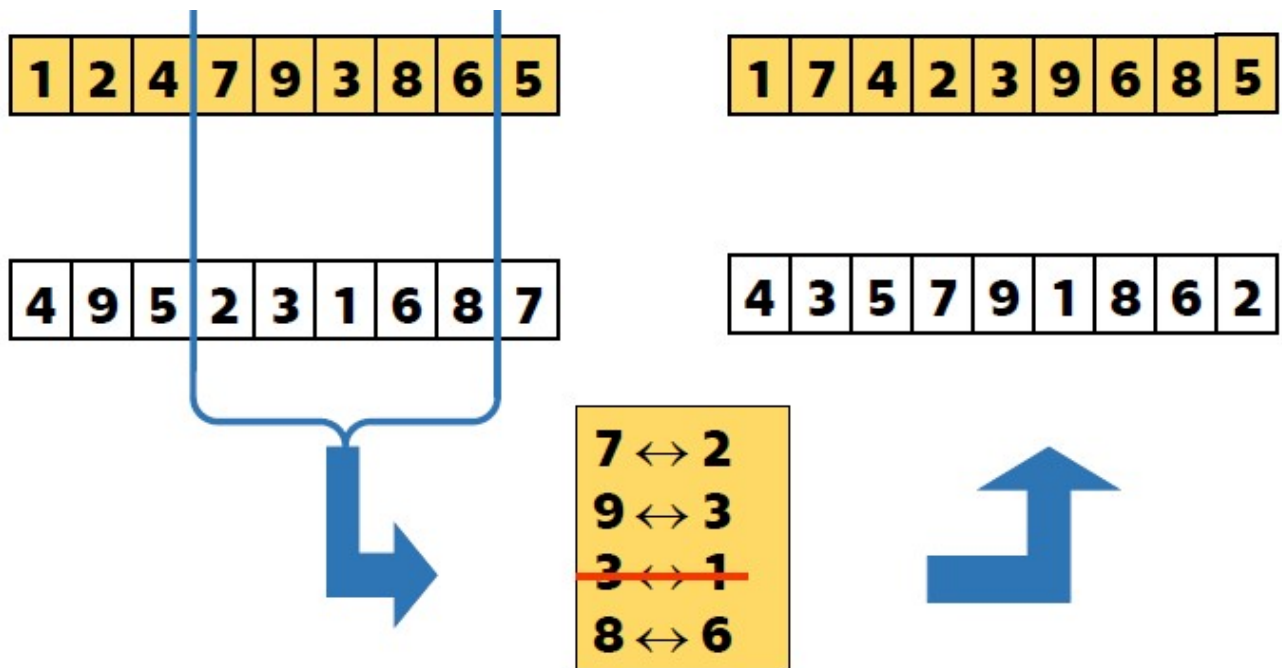
0	1	0	0	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	0	1	0	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**vektor náhodných 0/1**

○ Permutační:

**náhodně zvolené dva body**



- **Inverze:** Každý bit náhodně buď invertovat, nebo ne
- **Mutace:** Z celé populace náhodně vybrat bod (bit v řetězci), který se invertuje

### Selekce:

- **Účel:** způsobit, aby početní zastoupení jedince v populaci odpovídalo jeho zdatnosti
- = převod informace obsažené ve zdatnosti na informaci početnosti
- **Selekční tlak:** pravděpodobnost výběru nejlepšího jedince
  - Velký  $\Rightarrow$  nebezpečí **degenerace** populace
  - Malý  $\Rightarrow$  pomalá konvergence
  - Šum vnesený mutací může převážit nad pomalou konvergencí  $\Rightarrow$  **divergence**

### Způsob selekce

- **Ruletový výběr:**
  - Pro každého jedince políčko v ruletě
  - Rozevření políčka odpovídá žádané pravděpodobnosti výběru
  - $m$  náhodných voleb,  $m$  prvků, jeden může být vybrán vícekrát
- **Univerzální stochastické vzorkování:**
  - Ruleta stejná jako výše
  - Odměří se náhodný úhel a vybere se prvek
  - Dále se od tohoto bodu odměří  $(m - 1)$ -krát úhel  $\frac{2\pi}{m}$  a vždy se vybere prvek

U rulety často hrozí **degenerace** -- potřeba nadržovat slabším:

## Přepočítání zdatnosti lineární funkce (**scaling**)

### Použití pořadí ve zdatnosti místo zdatnosti (**ranking**)

- **Turnajový výběr:**

- Náhodně vybrat  $r$  jedinců (turnaj) a z něj nejlepšího
- Opakovat až do naplnění populace
- Selektční tlak řízen velikostí turnaje:
  - jeden jedinec: žádný tlak
  - celá populace: jistota výběru nejlepšího

- **Zkrácený výběr:**

- Dán práh  $0 < p < 1$
- Z populace  $M$  jedinců vybráno  $pM$  nejzdatnějších
- Každý vstupuje do rekombinace  $1/p$ -krát
- Informace obsažená ve zdatnosti redukována na jediný bit

## Řízení populace

- **Náhrada en bloc:** nová generace vzniklá křížením nahradí starou
- **Částečná náhrada:** z  $\mu$  rodičů a  $\lambda$  potomků se vybere  $\mu$  členů nové populace
- **Ustálená populace:** po křížení potomek (potomci) nahradí nejslabší(ho) jedince
- **Přechodové formy:** mezi en bloc a ustálenou populací

**Elitismus:** několik málo nejlepších jedinců automaticky přejde do další generace

Nutná **velikost populace** roste exponenciálně s velikostí problému

Malá populace (10 jedinců) -- ztráta diverzity

Obtížné problémy: 100 jedinců

## Podmínky ukončení

- První počet generací
- Příznaky konvergence -- změna průměrné zdatnosti mezi generacemi, rozložení zdatnosti v generaci

## Omezující podmínky

Co když výsledek genetického algoritmu není řešením?

- **Relaxace:** omezující podmínky převedeny na penalizaci
  - Velikost penalizace: každé řešení lepší než ne-řešení VS minimální penalizace zabraňující akceptaci ne-řešení
  - Způsob: vzdálenost od řešení, odhad ceny opravy, počet porušených podmínek
- **Trest smrti:** zahození výsledku
  - Sníží dostupnost stavového prostoru
- **Dekodéry:** volba reprezentace tak, aby každý genotyp byl řešením

## Reprezentace stavebních bloků

**Schéma:** To, co mají chromozómy společné (výběr bitů z řetězce)

$n$  genů  $\Rightarrow 2^n$  schémat

Jiný pohled: populace jako množina schémat

**Fast Messy GA:** Jedinec (schéma) kódován jako `pozice:hodnota | pozice:hodnota | ...`

Zbytek nespecifikovaných informací doplněn z **referenčního jedince**