Simulovaná evoluce I.

- princip a analogie
- základní typy simulované evoluce
- kódování instancí
- evoluční operátory
- selekce a selekční tlak
- řízení generací
- podmínky ukončení
- práce s omezujícími podmínkami

- schémata
- teorie stavebních bloků
- zavádějící (klamné) funkce
- kompetentní GA, fast messy GA
- bayesovská optimalizace
- paralelizace

Principy

- více stavů najednou
  - snížení možnosti uváznutí v jediném minimu
  - zpravidla konstantní počet stavů po celou dobu výpočtu
- operace
  - $S \to S$ (unární operátory)
  - $S \times S \to S$, $S \times S \to S \times S$ (binární operátory)
- definice operací
  - nad reprezentacemi (zakódovanými stavy)
  - problémově nezávislé

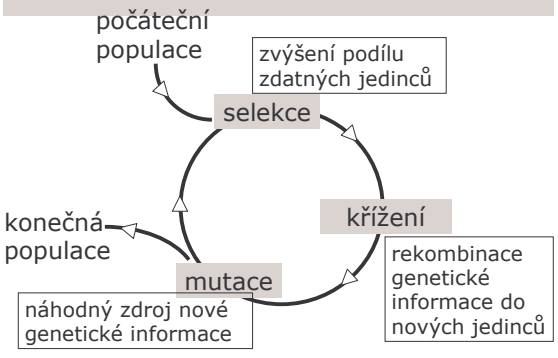
Analogie

konfigurace	jedinec (fenotyp)
kódování konfigurace	genetická reprezentace jedince (genotyp, chromozóm)
proměnná kódování	gen
hodnota proměnné	alela
aktuální množina konfigurací	generace, populace

Analogie

unární operátor	mutace
binární operátor	křížení
optimalizační kritérium	zdatnost (fitness)
rozšíření konfigurace uvázlé v lokálním minimu	degenerace
rozšíření kvalitní konfigurace	konvergence

Kostra simulované evoluce



Základní typy simulované evoluce

Genetické algoritmy
v klasické podobě

kódování	binární řetěz
operátory	binární: křížení • 1-bodové • 2-bodové • uniformní … unární: • mutace • inverze
řízení populace	nová generace nahradí původní

Genetické programování

kódování	rozkladový strom výrazu
operátory	• křížení • mutace • definice stavebního bloku • editace
řízení populace	nová populace nahradí starou

Objevování a využití regularit, symetrií, podobností, vzorců

Evoluční programování

kódování	automat
operátory (pouze unární)	• změna výstupního symbolu • změna přechodu • přidání/vypuštění stavu • změna počátečního stavu
řízení populace	z μ rodičů a λ potomků se vybere μ členů nové generace

Operátory ohodnoceny mírou změny

Evoluční strategie

kódování	vektor (reálných) čísel a jejich středních odchylek
operátory	• mutace (dominuje): přičtení Gaussova rozložení • křížení – diskriminující – průměrující
řízení populace	z μ rodičů a λ potomků se vybere μ členů nové generace, nebo náhrada vcelku

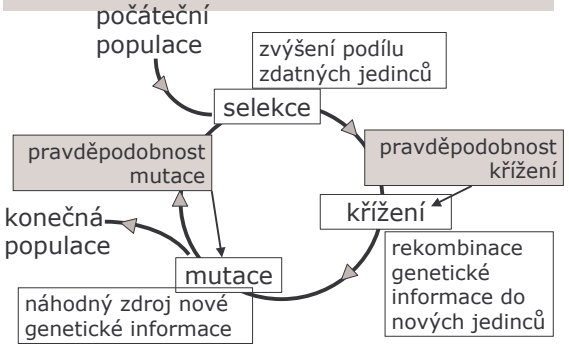
Genetické algoritmy

- kódování (reprezentace)
- operace (genetické operátory)
- výběr pro operace (selekce)
- selekční tlak
- řízení populace

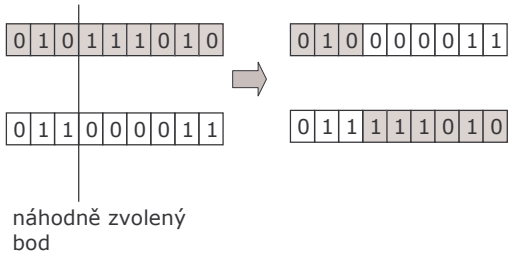
Kódování

- klasická formulace: binární řetěz
  - přirozený pro řadu problémů (batoh, SAT…)
- vektor proměnných obecně různých domén
- permutace řetězce z dané abecedy
  - permutační problémy: např. TSP

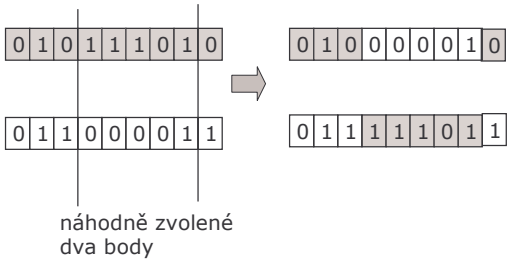
Genetické operátory



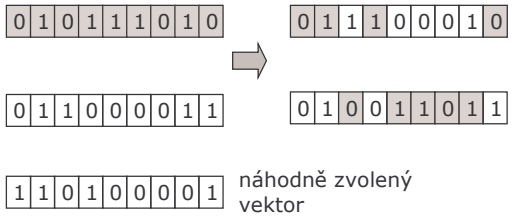
Křížení (rekombinace)
jednobodové křížení



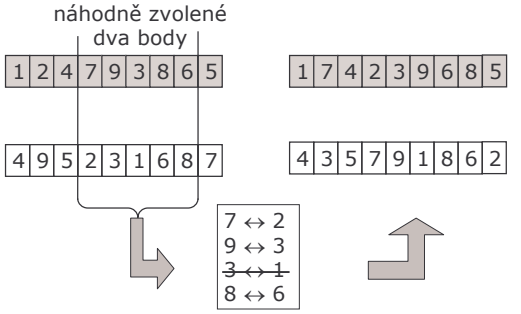
Křížení (rekombinace)
dvoubodové křížení



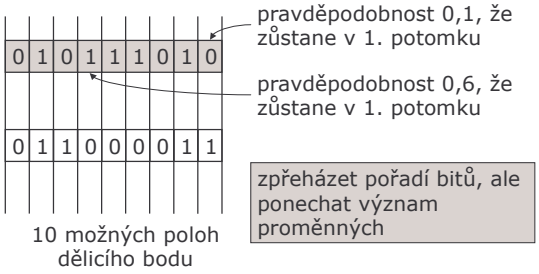
Křížení (rekombinace)
uniformní křížení



Křížení pro permutační problémy (PMX)

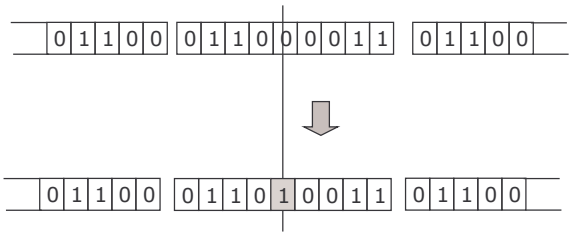


Inverze



zpřeházet pořadí bitů, ale ponechat význam proměnných

Mutace



náhodně vybraný bod z celé populace

Selekce

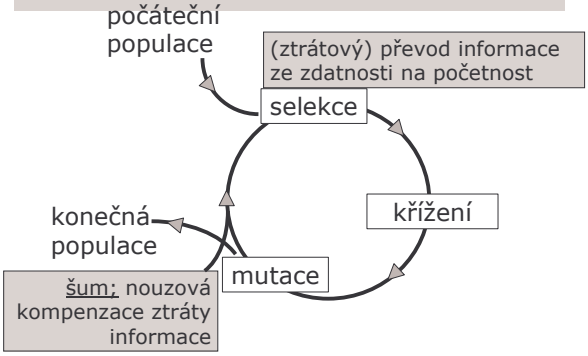
Účel: způsobit, aby početní zastoupení jedince v populaci odpovídalo jeho zdatnosti

jedinec
↓
optimalizační kritérium
↓
zdatnost
↓
řízení selekčního tlaku → přepočet
↓
pravděpodobnost výběru jedince
↓
mechanismus náhodného výběru

Co je to odpovídat?

Převod informace obsažené ve zdatnosti na informaci v početnosti

Selekce a mutace

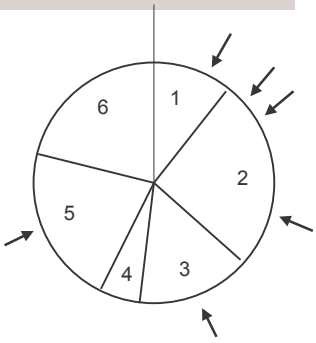


Selekční tlak

- Pravděpodobnost výběru nejlepšího jedince
- Velký selekční tlak → nebezpečí degenerace populace
- Malý selekční tlak → pomalá konvergence
- Šum vnesený mutací může převážit nad pomalou konvergencí → divergence
- Regulace selekčního tlaku se liší podle výběrového mechanismu

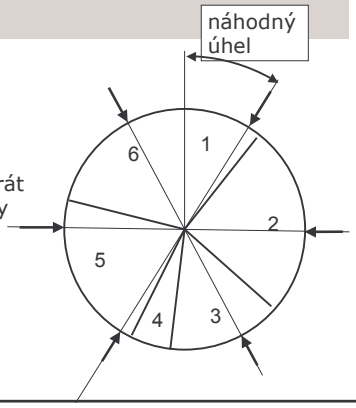
Ruletový výběr

- Rozevření políčka rulety odpovídá žádané pravděpodobnosti výběru
- Provedeme *m* náhodných voleb úhlu, odtud *m* prvků
- Jeden prvek může být vybrán vícekrát
- 122235



Univerzální stochastické vzorkování

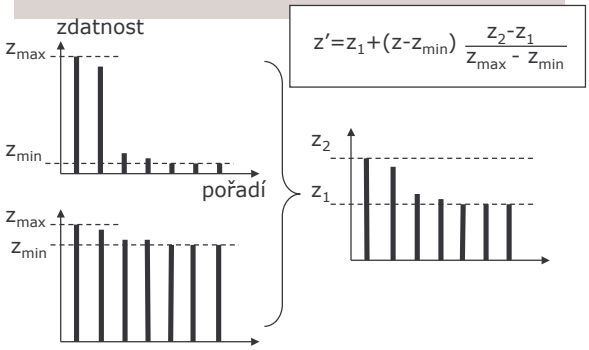
- Odměříme náhodný úhel a vybereme prvek
- Od tohoto bodu odměříme *m*-1 krát úhel $2\pi/m$ a vždy vybereme prvek
- 123556



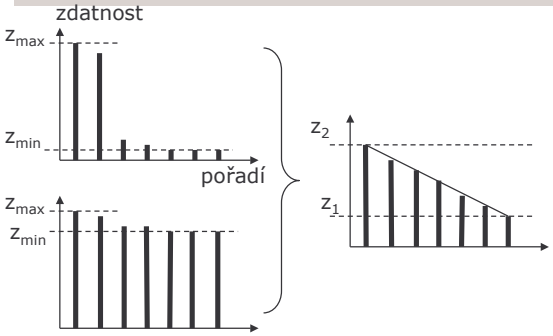
Řízení selekčního tlaku pro ruletový výběr

- Přímá úměra mezi zdatností a poměrnou pravděpodobností výskytu často zdegeneruje populaci – je třeba nadržovat slabším
- Přepočítání zdatnosti lineární funkcí (scaling)
- Použití pořadí ve zdatnosti místo zdatnosti (ranking)

Lineární škálování



Ranking



Turnajový výběr

- Náhodně vybrat *r* jedinců (turnaj) a z něj nejlepšího
- Opakovat až do naplnění populace
- Selekční tlak:
  - řídí se velikostí turnaje
  - „turnaj" s jedním jedincem – žádný selekční tlak
  - turnaj přes celou populaci – jistota výběru nejlepšího jedince

Zkrácený výběr
Truncation Selection

- Dán práh $0<p<1$
- Z populace *M* jedinců se vybere *pM* nejzdatnějších
- Každý vstupuje do rekombinace $1/p$ krát
- Informace obsažená ve zdatnosti je redukována na jediný bit!
- Variace: několik (typicky 4) stejně velkých skupin podle zdatnosti, pro každou skupinu četnost výběru; redukce informace na typicky 2 bity

Řízení populace

- Náhrada en bloc – nová generace vzniklá křížením nahradí starou
- Elitismus – několik málo nejlepších jedinců přejde ze staré populace do nové (pozor na degeneraci)
- Ustálená populace – po každém křížení potomek (potomci) nahradí nejslabšího (dva nejslabší) jedince
- Přechodové formy mezi en bloc a ustálenou populací

Velikost populace

- Teorie: nutná velikost populace roste exponenciálně s velikostí problému: $1{,}65.2^{0{,}21.\text{délka}}$ (Goldberg) - nepraktické
- velmi malé populace (~10 jedinců): nebezpečí ztráty diverzity
- méně obtížné problémy: od 30 jedinců, lineární růst (n – $2n$)
- obtížné problémy: ~100 jedinců
- velké instance: sublineární růst s velikostí populace, technické důvody

Podmínky ukončení

- Pevný počet generací
- Příznaky konvergence
  - změna průměrné zdatnosti mezi generacemi
  - rozložení zdatnosti v generaci (střední odchylka apod.)

Omezující podmínky

Co udělat, jestliže výsledek genetického operátoru není řešením?

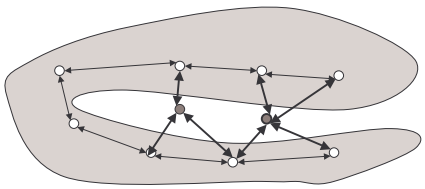
- relaxační techniky
- „trest smrti"
- speciální reprezentace a dekodéry
- oprava individuí

Relaxace

- Princip: převést omezující podmínky na penalizaci
- Velikost penalizace: (závislé na instanci)
  - každé řešení lepší než ne-řešení
  - minimální penalizace, která zabrání, aby bylo ne-řešení vybráno jako optimální
- Způsob penalizace
  - vzdálenost od řešení
  - odhad ceny opravy
  - počet porušených podmínek

„Trest smrti"

- zahodit výsledek
- zmarněná práce: výpočet optimalizačního kritéria, genetický operátor
- snížená dostupnost stavového prostoru



Doménové reprezentace a operátory

- viz permutační operátory
- jiný příklad:
  - genotyp je vektor reálných čísel
  - nechť x_1, x_2 řešení $\Rightarrow \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2$ řešení pro $0 \leq \lambda_1, \lambda_2 \leq 1$ (konvexní prostor)
  - použijeme $\lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2$ jako základ operátoru křížení s náhodným λ_1, λ_2

Dekodéry

- Princip: volit reprezentaci tak, aby každý genotyp odpovídal řešení
- Požadavky:
  - každé řešení musí být poskytnuto
  - každý výstup dekodéru je řešením
  - každé řešení reprezentováno týmž počtem genotypů (statistické vlastnosti)
  - lokalita: malá změna genotypu působí malou změnu řešení
  - rychlý výpočet