UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY
KATEDRA APLIKOVANEJ INFORMATIKY

Úvod do Umelej Inteligencie

Genetický Algoritmus: výber rodičov, kríženie a mutácia

Október 9, 2025

GENETICKÝ ALGORITMUS

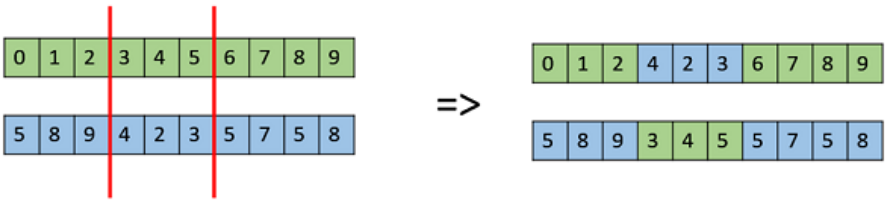
HLAVNÉ KOMPONENTY GENETICKÉHO ALGORITMU:

GA je iteračný algoritmus lokálneho prehľadávania, t.j. každú iteráciu = generáciu sa posunie bližšie k riešeniu. Počas každej generácie sa dejú nasledovné hlavné kroky:

- Ohodnotenie každého jedinca z populácie fitness funkciou.
- Výber rodičov - dvojíc, ktoré sa budú krížiť. Každý pár rodičov krížením vygeneruje (zvyčajne dve) deti.
- Mutácia - vybraní jedinci sa s malou pravdepodobnosťou náhodne zmenia.
- Výber kto postúpi do ďalšej generácie: kombinácia pôvodnej populácie (rodičov) a detí.

Každý z týchto krokov sa dá realizovať veľa rôznymi spôsobmi. My budeme implementovať nasledovné:

- Ohodnotíme si jedincov.
- Skupinu rodičov vyberieme ako najlepších $N/2$ jedincov. Zo skupiny rodičov môžeme dvojice na kríženie vyberať náhodne, alebo v určitom poradí.
- Z každej dvojice rodičov vznikne dvojica detí pomocou viacnásobného kríženia (k-point crossover) - sekvencie dvoch rodičov sa prekrížia na **práve *k*** náhodných miestach, čím vzniknú dve deti. Pre $k = 2$:



Deti prejdú mutáciou - každá zložka daného jedinca sa zmení s malou pravdepodobnosťou p. Implementujte dva druhy mutácie:

- Bitová mutácia: ak je jedinec reťazec bitov (napr. $[0,1,1,0,1]$), tak mutácia znamená obrátenie bitu z 0 na 1 alebo naopak.

- Číselná mutácia: ak je jednec reťazec čísel (napr. $[0.3, 1.0, 0.0, 0.8, 0.6]$), tak mutácia znamená pripočítanie náhodného čísla z $\mathcal{N}(0, \sigma^2)$ (normálneho rozdelenia).

Nová generácia vznikne z:

- Najlepších $N/2$ jedincov z pôvodnej populácie (t.j. rodičov).
- $N/2$ detí, ktoré prešli mutáciou.

Program:
V *problems.py* máte zadefinované tri úlohy (problémy), ktoré budeme riešiť GA: reťazec jednotiek, kreslenie smajlíka a kreslenie umeleckého diela. Tieto tri triedy dedia od *GenAlgProblem*, a majú implementované funkcie *fitness(x)* a *mutation(x)*.

V *genetic.py* máte hlavnú triedu *GenAlgProblem*, do ktorej dorobte:

- *crossover(x, y, k)* (0.5b) - zoberie dvoch rodičov x a y, vykoná k-point crossover, a vráti výsledné dva reťazce - deti.
- *boolean_mutation(x, prob)* (0.5b) - každý bit jedinca x zmení s pravdepodobnosťou $prob$.
- *number_mutation(x, prob)* (0.5b) - každé číslo jedinca x s pravdepodobnosťou $prob$ zmení tak, že k nemu pripočíta náhodné číslo.
- *solve(max_generations, goal_fitness)* (2.5b) - spustí samotný genetický algoritmus, využívajúc vyššie uvedené funkcie.
  Algoritmus sa zastaví, keď sa presiahne počet $max\_generations$ generácií, alebo keď získame jedinca s fitness rovnou aspoň $goal\_fitness$.
  Pri implemetovaní GA môžete predpokladať, že veľkosť populácie je deliteľná 4.

Zopár detailov:

1. Populácia *self.population* je list jedincov, každý jedinec je list čísel.
2. V triede *GenAlgProblem* máte premenné *self.n_crossover* a *self.mutation_prob*, ktoré v *solve()* použite namiesto konštánt.
3. Funkcia *solve()* má vrátiť najlepšieho nájdeného jedinca.
4. Generovanie iniciálnej populácie máte pripravené.
5. Na testovanie funkcie *crossover(x, y, k)* máte pripravený kúsok kódu na konci *genetic.py*.

Úloha (4b): Implementujte spomínané funkcie tak, aby riešili všetky tri problémy. Pri treťom probléme (kreslenie umeleckého diela) výsledný fitness by mal byť aspoň okolo 0.75. Počas debugovania/testovania sa môžete hrať s parametrami a pozorovať, ako vplývajú na úspešnosť algritmu (veľkosť populácie, počet prekrížení pri k-point crossover, pravdepodobnosť mutácie, sigma pri číselnej mutácii).