

Ing. arch. Lenka Šoltésová

## GENETICKÉ ALGORITMY - APLIKÁCIA NA TÉMU ARCHITEKTONICKÝ DIZAJN

Možno sa na prvý pohľad zdá, že genetické algoritmy nemôžu mať nič spoločné s architektúrou a ani s dizajnom. No je to len mylný počit. Táto optimalizačná metóda má prakticky neobmedzené možnosti využitia.

Oblast' genetických algoritmov (GA) je zaraďovaná do širšej skupiny tzv. **evolučných algoritmov**, založených na heuristických technikách vychádzajúcich z evolučného princípu v prírode. Veľkú časť v oblasti evolučných výpočtových techník tvoria aj neurónové siete. Všetky tieto techniky a im podobné patria do oboru **umelej inteligencie**.

"Ak evolúcia funguje tak dobre pre organizmy v prírode, prečo by nefungovala v počítačových programoch ?"

Evolučné algoritmy sa delia do 3 hlavných skupín, ktoré sa vyvíjali nezávisle a skoro súčasne.

Klasifikáciu EA vyjadruje tzv. **evolučná rovnica**:  $EA = GA + ES + EP$

$$\begin{array}{cccccc} EA & = & GA & + & ES & + & EP \\ \hline \text{Evolutionary} & & \text{Genetic} & & \text{Evolution} & & \text{Evolutionary} \\ \text{Algorithms} & & \text{Algorithms} & & \text{Strategies} & & \text{Programming} \end{array}$$

Evolučné programovanie - organizmy, ktoré najlepšie vyriešili nejakú cieľovú funkciu, tak získali možnosť reprodukcie, a zmutovaním rodičov vznikali potomkovia.

Evolučné stratégie - sú možné dva rôzne prístupy:

Populácia rodičov je nahradená vybratím najlepších jedincov ako z rodičov, tak aj z potomkov. Takže rodičia prežívajú, až kým nie sú nahradení lepšími riešeniami. Populácia rodičov je nahradená potomkami.

Zrod genetických algoritmov je datovaný od roku 1975 a je spojený hlavne s menom John Holland. Inšpiráciou mu bola predovšetkým kniha R. A. Fischera : „The Genetic Theory of Natural Selection“, ktorá je prvým pokusom o matematickú teóriu evolúcie. Hovorí sa v nej,

že evolúcia, podobne ako učenie, je formou adaptácie na prostredie, pričom rozdiel je v tom, že pôsobí počas generácií a nie v rámci jedného života.

Ako už názov napovedá, GA sú inšpirované myšlienkami prevzatými z biológie a nadväzujúcich vied. Genetický algoritmus môže byť použitý na riešenie problému tak, že sa snaží "vypestovať" optimálne riešenie za pomoci vývajúcej sa populácie. Existujú problémy, ktoré sa dajú riešiť pomocou genetických algoritmov veľmi ľahko. Asi najčastejšou oblasťou aplikácie GA je optimalizácia a strojové učenie. GA boli použité pre riešenie problémov z technických oborov, chémie, ekonómie, matematiky, takisto boli použité aj v umení, na evolvovanie obrázkov a hudby, v stavebníctve, na návrh statiky budov. Čo to teda genetický algoritmus je? V akých prípadoch je možné GA použiť?

Problém môžeme špecifikovať takto: Vyber z nejakých prípustných riešení to najlepšie. Znie to sice veľmi jednoducho, ale musíme si uvedomiť, že počet prípustných riešení pri praktických problémoch môže byť veľmi veľký. Niekedy ani pri použití toho najrýchlejšieho počítača by sme nestihli všetky prípustné riešenia vygenerovať počas nášho života, nie to ešte vybrať z nich to najlepšie.

Pokúsim sa vysvetliť daný problém na príklade cestujúceho. Ten má navštíviť niekoľko miest, ale nechce stráviť na cestách zbytočne veľa času. Jeho úlohou je navštíviť všetky mestá a vrátiť sa späť, a pritom precestovať čo najkratšiu vzdialenosť. Problémom je teda nájsť tú správnu postupnosť miest. Pokiaľ už máme nejakú postupnosť, môžeme veľmi rýchlo určiť celkovú dĺžku trasy (vedieť určiť rýchlo tzv. cenu riešenia je veľmi dôležité, ako uvidíme neskôr). Zaručene najlepšie riešenie vieme nájsť len tak, že preberieme všetky možnosti (postupnosti) a z nich vyberieme tú najlepšiu. Ohodnotenie riešenia (vzdialosť) vieme spočítať rýchlo. Problém však nastáva pri vysokom počte riešení. Počet všetkých permutácií  $n$  miest je  $n! = 1*2*3*...*n$ . Pre 5 miest dostávame 120 možností, čo počítač ľahko

zvládne. Ale už pri počte 20 dostávame 2432902008176640000 možností, a to by aj ten najrýchlejší počítač ráhal niekoľko desiatok rokov. Aj malým navýšením tohto počtu sa dostávame za hranice času predpokladanej existencie vesmíru.

My sa teda musíme uspokojiť s tým, že optimálne riešenie nenajdeme. Človek však je schopný nájsť vyhovujúce riešenie v omnoho kratšom čase, aj keď nie je zaručené, že to bude riešenie najlepšie. Avšak v praxi môže byť dostačujúce. Položme si teda otázku, prečo by niečo také nemohol nájsť aj počítač? Ukážeme si, že pomerne rýchlo nájsť dobré (ale suboptimálne) riešenie pomocou počítača je možné, a to napr. pomocou **genetických algoritmov**.

Optimalizácia v informatike znamená hľadať odpoveď na otázku „ktoré riešenie je najlepšie“ pre tie problémy, kde sa dá kvalita každého riešenia ohodnotiť jedným číslom - hodnotou optimalizovanej funkcie (matematika, fyzika, chémia, biológia, ekonómia, stavebníctvo, architektúra, teória grafov, plánovanie sietí, cest, rozklady a pokrytie množín, hry...).

**Evolučné a genetické algoritmy** pracujú s náhodnými zmenami navrhovaných riešení a používajú iba hodnoty funkcie samotnej. Pokiaľ sú nové riešenia výhodnejšie, nahradzajú nimi riešenia predchádzajúce v evolučnom procese.

Táto teória používa pre reprezentáciu riešení špeciálny tvar inšpirovaný biologickými chromozómami a pre generovanie nových riešení križenie a mutáciu.

Poznámky k metafóre Darwinovej evolučnej teórie:

1. Prirodzený výber, t.j. proces, v ktorom jedinci s veľkým fitness vstupujú do procesu reprodukcie s väčšou pravdepodobnosťou ako jedinci s malým fitness. Pod fitness rozumieme kvantitatívnu mieru schopnosti prežiť a vstupovať do reprodukčného procesu.  
/Evolučná metóda hovorí, že len niektorí jedinci prežijú a budú sa reprodukovať, pričom väčšiu šancu majú tí lepší./

2. Náhodný genetický drift, v ktorom náhodné udalosti v živote jedinca ovplyvňujú populáciu, napr. mutácia, náhodná smrť jedinca s vysokým fitness predtým, ako sa mohol zúčastniť reprodukčného procesu.

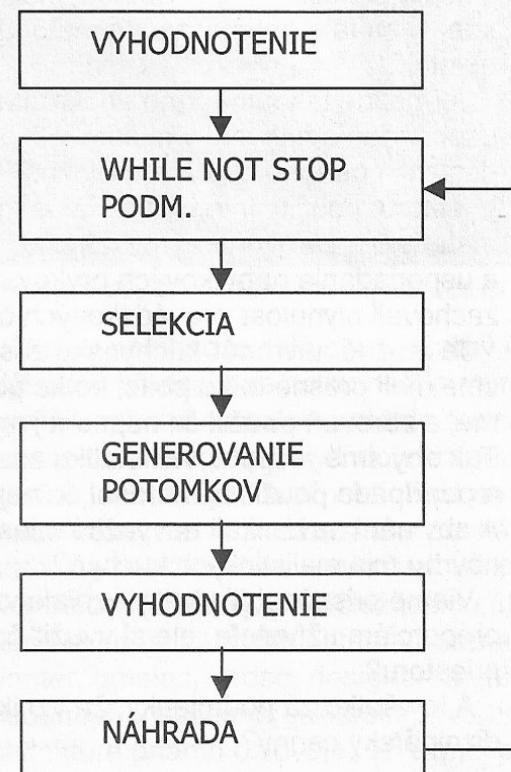
3. Reprodukčný proces, v ktorom sa z rodičov vytvárajú potomkovia.

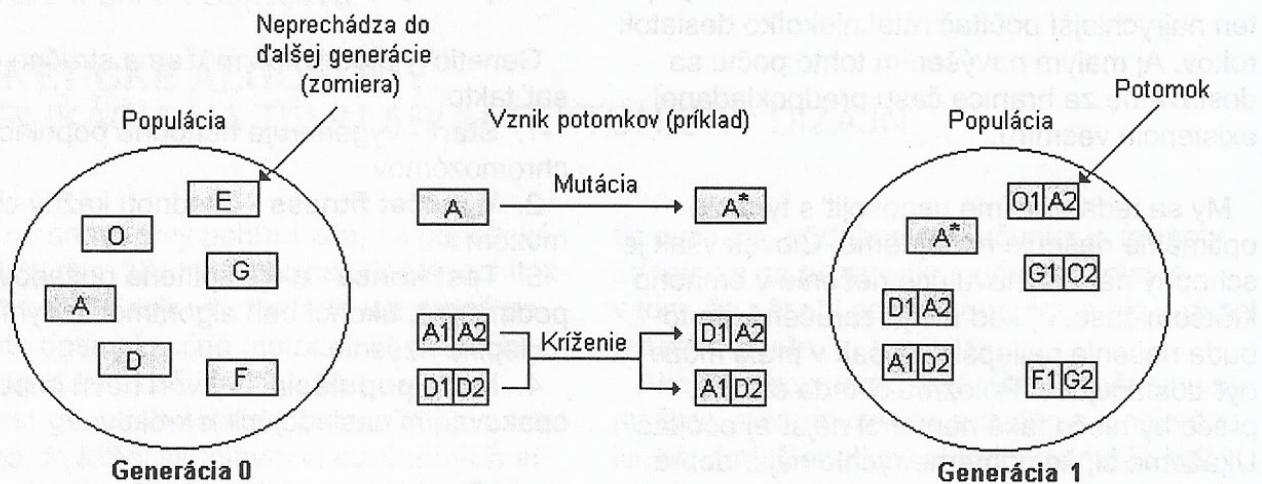
Genetický algoritmus môžeme stručne popísať takto:

1. **Start** - vygeneruje náhodnú populáciu chromozómov
2. **Výpočet fitness** - ohodnotí každý chromozóm x
3. **Test konca** - ak je splnená požadovaná podmienka, ukončí beh algoritmov a vyhľadá najlepšie riešenie
4. **Nová populácia** - vytvorí novú populáciu opakováním nasledujúcich krokov:

1. **Selekcia** - vyberie náhodne dvoch rodičov podľa ohodnotenia, t.j. hľadá jedincov s najväčším fitness
2. **Križenie** - s danou pravdepodobnosťou kríženia prevedie kríženie pre vytvorenie potomka – potomkov
3. **Mutácia** - s danou pravdepodobnosťou mutácie prevedie mutáciu každého génu potomka (náhodné invertovanie génov)
4. **Vloženie** - vloží vytvoreného potomka do novej populácie
5. **Nahradenie** - nahradí starú populáciu novou
6. **Opakovanie** - od bodu 2

## VÝVOJOVÝ DIAGRAM EA





Obrázok znázorňujúci jeden krok algoritmu, prechod z generácie na ďalšiu generáciu

Táto teória sa odlišuje od ostatných optimalizačných metód v spôsobe výberu rodičov. Výberá ich podľa ich ohodnotenia, teda ich fitness. Je pravdepodobné, že lepší rodičia budú mať lepších potomkov. Nemožno však obmedziť výber len na tých najlepších, došlo by k degenerácii populácie.

Hodnota fitness teda udáva len vyššiu pravdepodobnosť vyberania chromozómu.

Nevylučuje však ani tie najhoršie.

Ja sa pokúšam objaviť ďalšiu možnú sféru, kde by sa táto optimalizačná metóda dala uplatniť.

Je možné takoto formou navrhnuť usporiadanie nábytku v miestnosti, aby sme dosiahli potrebné množstvo úložného priestoru, použili pritom minimálne množstvo materiálu a zároveň navrhli taký počet a usporiadanie nábytkových prvkov, aby sme zachovali plynulosť prevádzkových čiar?

Je možné navrhnuť kuchynskú zostavu, aby sme mali presne toľko políc, koľko potrebujeme, a zároveň použili čo najmenej materiálu? Tak aby sme rešpektovali statiku zostavy a poprípade použili aj materiál čo najlacnejší? A aby nám nevznikali nevyužité miesta pri návrhu minimalistických kuchýň?

Vieme prispôsobiť všetky vzdialenosťi proporciam užívateľa, ale aj využiť čo najviac priestoru?

A to všetko za podmienky, že vznikne kus dizajnérsky cenný?