


SISTEME CU IA

CALCUL EVOLUTIV

Algoritmi genetici




Algoritmi genetici

Origini si definitie

AG au fost create și dezvoltate de către **John Holland**, în anii 1970 și ulterior de către **David Goldberg** și **K. A. De Jong** în anii 1980 și 1990.

AG sunt algoritme de căutare ce au la bază mecanismele specifice geneticii și selecției naturale.



Algoritmi genetici

Principii

Indivizii cei mai bine adaptați dintr-o populație se reproduc și caracteristicile lor se transmit în generația următoare, asigurând îmbunătățirea globală a calității generațiilor următoare.

Totodată, indivizii mai slab adaptați își pot schimba structura și, prin reproducere, trec și ei în generația următoare.

Algoritmi genetici

3 operatori de baza

- *selecția,*
- *încrucișarea*
- *mutația.*

Algoritmi genetici

Forma de principiu

1. Formarea populației inițiale $P(Gen)$, $Gen=1$.
2. Evaluarea funcțiilor de adaptare pentru populația inițială.
3. Faza de evoluție:
repeat
 Selectarea cromozomilor-părinți din populația curentă $P(Gen)$.
 Încrucișarea cromozomilor-părinți din populația $P(Gen)$.
 Aplicarea mutațiilor cromozomilor-urmași din generația curentă.
 Formarea populației pentru noua generație $P(Gen+1)$.
 Evaluarea funcțiilor de adaptare pentru populația $P(Gen+1)$.
 Trecerea la o nouă generație: $Gen = Gen + 1$.
until {criteriu de oprire}
4. Soluția optimă corespunde cromozomului cu funcția de adaptare maximă din ultima generație $P(Gen)$.

Algoritmi genetici

Structura de baza



CROMOZOMUL

Algoritmi genetici

Cromozomul - exemplu

Enuntul problemei

Se doreste amplasarea a 5 centre de vanzare a unui produs / serviciu intr-o zona urbana astfel incat sa se asigure:

- Minimizarea costurilor cu aprovizionarea si
- Maximizarea vanzarilor, corelate cu populatia din zona respectiva.

Algoritmi genetici

Cromozomul - exemplu

Descrierea problemei

Zona urbana se imparte intr-un grid, iar un centru de vanzare se amplaseaza intr-unul din careurile acestei harti.

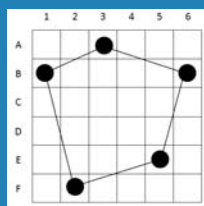
Fiecare careu al gridului este caracterizat de:

- Coordonatele (x , y) care descriu pozitia sa in grid
- Densitatea de populatie sau populatia propriu-zisa.

Algoritmi genetici

Cromozomul - exemplu

Solutie potentiala



Descrierea solutiei prin codificare in cadrul unui cromozom

F 2 B 6 E 5 A 3 B 1

Algoritmi genetici

Cromozomul

Tratarea restricțiilor

- Verificarea explicita a restricțiilor pentru solutia descrisa de fiecare cromozom
- Redefinirea functiei obiectiv pentru includerea restricțiilor ca functii de penalizare:

$$g(\mathbf{x}) = \min$$

$$h_i(\mathbf{x}) \geq 0 \quad i = 1, \dots, n$$

(forma initiala)

$$g(\mathbf{x}) + r \cdot \sum_{i=1}^n \Phi(h_i(\mathbf{x})) = \min$$

(forma modificata)

Algoritmi genetici

Cromozomul

Scalarea functiei de adaptare

Scalarea prin inversare:

$$F_{Ai} = \frac{1}{f_i + \theta}$$

Scalarea liniara statica:

$$F_{Ai} = a \cdot f_i + b$$

Scalarea liniara dinamica:

$$F_{Ai} = a \cdot f_i + \min_i(f_i)$$

Scalarea dupa valoarea medie:

$$F_{Ai}^{med} = f^{med}$$

Algoritmi genetici

OPERATORUL DE SELECTIE



Algoritmi genetici

Operatorul de selecție

Selecția (*reproducerea*) este folosită pentru alegerea unor cromozomi din populația curentă, care vor fi folosiți pentru formarea unei noi generații.

Se folosesc reguli probabilistice de „supraviețuire”.

În cazul sistemelor artificiale care folosesc AG, „supraviețuirea” este legată strict de valoarea funcției de adaptare.

Algoritmi genetici

Operatorul de selecție

Metode de selecție:

- selecția uniformă,
- selecția proporțională simplă,
- selecția proporțională cu scalare,
- selecția prin competiție,
- selecția cu modelul ruletei și
- selecția după rang.

Algoritmi genetici

Selectia uniforma

Fiecare cromozom-părinte are șanse egale de a fi selectat, indiferent de valoarea funcției de adaptare asociate:

$$p_i = \frac{1}{N} \quad i = 1, \dots, N$$

unde N este numărul total de cromozomi din populația curentă, iar p_i este probabilitatea de selecție a cromozomului i .

Algoritmi genetici

Selectia proportionala

Fiecare cromozom-părinte are șanse egale de a fi selectat, indiferent de valoarea funcției de adaptare asociate:

$$p_i = \frac{F_{Ai}}{\sum_{k=1}^N F_{Ak}}$$

unde N este numărul total de cromozomi din populația curentă, iar p_i este probabilitatea de selecție a cromozomului i .

Algoritmi genetici

Selectia proportionala cu scalare

Înainte de calcularea probabilităților de selecție, funcția de adaptare este scalată:

$$F'_{Ai} \leftarrow F_{Ai} - c \quad \Rightarrow \quad p'_i = \frac{F'_{Ai}}{\sum_{k=1}^N F'_{Ak}} = \frac{F_{Ai} - c}{\sum_{k=1}^N F_{Ak} - N \cdot c}$$

Efectul:

$$\begin{aligned} p'_i > p_i &\Leftrightarrow F_{Ai} > F_A^{med} \\ p'_i < p_i &\Leftrightarrow F_{Ai} < F_A^{med} \end{aligned}$$

Algoritmi genetici

Selectia prin competitie

Conceptul q – *competiție*: se aleg la întâmplare q cromozomi din populația curentă, iar dintre aceștia se reține cromozomul cu valoarea maximă a funcției de adaptare.

Se poate demonstra că probabilitatea de selecție a cromozomului i folosind tehnica q – competiției este:

$$p_i = \frac{(N-i+1)^q - (N-i)^q}{N^q}$$

Algoritmi genetici

Selectia dupa regula ruletei

Forma „animistă” de implementare a selecției proporționale.

Suma valorilor funcțiilor de adaptare pentru toți cromozomii din populația curentă se asociază întregii lungimi a ruletei, care se împarte apoi în sectoare de lungimi egale cu proporția funcției de adaptare a fiecărui cromozom în circumferința ruletei.

Algoritmi genetici

Selectia dupa regula ruletei

Exemplu: 5 cromozomi, cu funcțiile de adaptare:

① 50 ② 350 ③ 150 ④ 250 ⑤ 200

Circumerinta ruletei:

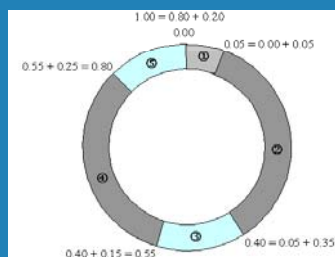
$$50 + 350 + 150 + 250 + 200 = 1000$$

Probabilitatile de selectie:

$$0.05 \quad 0.35 \quad 0.15 \quad 0.25 \quad 0.20.$$

Algoritmi genetici

Selectia dupa regula ruletei



Algoritmi genetici

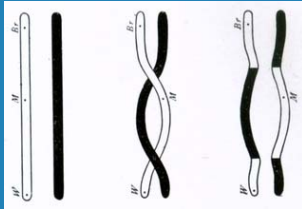
Selectia dupa rang

Selecția după rang necesită evaluarea funcției de adaptare pentru toți cromozomii și ordonarea descrescătoare a acestora (cromozomului cel mai adaptat – rangul 1; cromozomului cel mai slab adaptat – rangul N). Mai departe, probabilitățile de selecție se calculează numai pe baza rangului fiecărui cromozom, fără a mai folosi funcțiile de adaptare.

$$p_i = \frac{1}{N} \left[\eta - 2 \cdot (\eta - 1) \cdot \frac{i - 1}{N - 1} \right]$$

Algoritmi genetici

OPERATORUL DE INCRUCISARE



Algoritmi genetici

Operatorul de incrucisare

Se aleg doi *cromozomi-părinți*, care se recombină pentru a da naștere la doi noi *cromozomi-urmași*, care trec în noua generație.

Incrușarea cromozomilor-părinți se produce cu o probabilitate p_c , astfel încât este posibil ca cei doi cromozomi-părinți să treacă în noua generație fără modificări.

Recomandari: între $p_c = 0.6$ și $p_c = 0.95$.

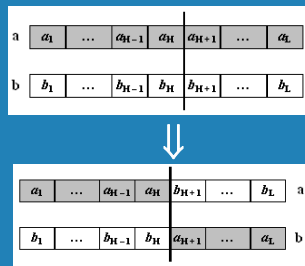
Algoritmi genetici

Tipuri de încrucișare

- încrucișarea într-un punct,
- încrucișarea în două puncte,
- încrucișarea în n puncte și
- încrucișarea uniformă.

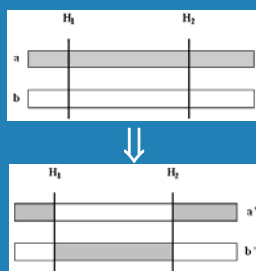
Algoritmi genetici

Incrucisarea intr-un punct



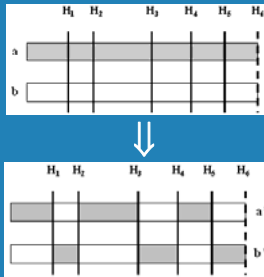
Algoritmi genetici

Incrucisarea in 2 puncte



Algoritmi genetici

Incrucisarea multi-punct



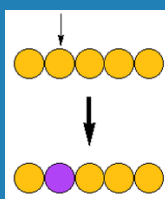
Algoritmi genetici

Incrucisarea uniforma

Dacă în cazul încrucișării multi-punct numărul punctelor de încrucișare este mărit treptat, până când $n = L - 1$, se ajunge la situația în care fiecare a doua genă a unui cromozom se schimbă cu gena corespunzătoare a celui alt cromozom. Se obține astfel *încrucișarea uniformă*.

Algoritmi genetici

OPERATORUL DE MUTATIE



Algoritmi genetici

Utilitatea mutatiilor

Cromozomul corespunzator solutiei optime:

Algoritmi genetici

Tipuri de mutatie

- mutatie prin inversiune
- mutatie prin reinitializare.

Algoritmi genetici

Mutatia prin inversiune

Numai pentru reprezentarea binara.

Rata mutatiilor: p_m

Principiu:

Se selecteaza la intamplare o gena din cromozomul-urmas și se genereaza un numar aleatoriu $h \in (0, 1)$.

$$x'_i = \begin{cases} 1 - x_i & , h \leq p_m \\ x_i & , h > p_m \end{cases}$$

Algoritmi genetici

Mutatia prin reinitializare

Numai pentru reprezentarea numerice (intregi / reale).

Rata mutatiilor: p_m

Tipuri:

- mutatie prin reinitializare propriu-zisa: $[a_l, b_l]$
- mutatie cu pas fix; $x'_j = x_j \pm \delta$
- mutatie uniforma $[\delta_{\min}, \delta_{\max}]$
- si altele

Algoritmi genetici

FORMAREA NOII POPULATII



Algoritmi genetici

Tipuri de inlocuire

- *inlocuire completa*
- *inlocuire selectiva*

ELITISM

