Témy "case studies" z predmetu "Evolučné algoritmy"

Skúška z prednášky "Evolučné algoritmy" bude udelená na základe vypracovanej "case study" z oblastí uvedených nižšie. "Case study" je písomná práca v rozsahu približne 7-10 strán (page size A4, font size 10, line spacing single), obsahuje teoretický popis použitej metódy a získané numerické výsledky, ktoré sú ilustrované tabuľkami a grafmi. Integrálnou prílohou "case study" bude aj fungujúci program, pomocou ktorého bola vypracovaná jej aplikačná časť.

Skúška sa uskutoční na Katedre matematiky CHTF STU vždy v piatok v intervale od 9-11 hod., na skúšku je potrebné sa prihlásiť na t.č. 59325296 alebo emailom {kvasnic,pospich}@cvt.stuba.sk

Každá téma z "case study" bude mocť byť použitá iba jedným študentom, na tému sa treba prihlásiť a postupné "prideľovanie" bude prebiehať podľa pravidla „kto skôr príde..“. Podstatou skúšky bude diskusia o riešenej úlohe a taktiež všeobecné vedomosti z evolučných algoritmov.

Téma 1. Horolezecký algoritmus pre funkciu $f(x)$ definovanú v

$$f(x) = 0.993851231 + e^{-0.01x^2}\ sin(10x)cos(8x)$$

pre $x \in$ [-10,10]. Premenná x je binárne reprezentovaná tak v štandardnom kódovaní, ako aj v Grayovom kódovaní. Pokúste sa optimalizovať parametre c_0 a P_{mut} tak, aby ste skoro so 100% istotou dostali globálne minimum s čo najmenším počtom iteračných krokov.

Téma 2. **Metóda zakázaného hľadania aplikovanú na TSP** (riešenie obchodného cestujúceho), pričom cesta nech je vyjadrená pomocou permutácie. Transformačné operátory $t \in S$ sú realizované ako permutácie transpozícií dvoch objektov. Operátor t_{ij} pôsobí na permutáciu P ako transpozícia objektov i a j,

$$t_{ij}P = t_{ij}\left(p_1,...,p_i,...,p_j,...,p_N\right) = P' = \left(p_1,...,p_j,...,p_i,...,p_N\right)$$

pre i<j. Ako testovací príklad použite ortogonálnu mriežku bodov - miest, kde sa vzdialenosť počíta pomocou Hammingovej metriky (pozri príklad 8.2). Pokúste sa o optimalizáciu veľkosti "s" zakázaného zoznamu T (tabu listu) a maximálneho počtu iterácií $time_{max}$ pre rôzne hodnoty N dimenzie ortogonálnej mriežky bodov, N=4,5,...,10, tak , aby ste s 95% pravdepodobnosťou dostali korektný výsledok. Podobné úvahy vykonajte aj pre suboptimálne výsledky, ktoré sa líšia len niekoľko málo jednotiek od optimálneho výsledku.

Téma 3. Metóda zakázaného hľadania aplikovaná na úlohu *N* dám na šachovnici. Hľadá sa také umiestnite N dám na šachovnici $N \times N$ tak, aby v každom riadku, stĺpci a diagonále bola umiestnená práve jedna dáma (t.j. neexistuje kolízne postavenie medzi dámami). Zložitosť riešenia tohto problému silne závisí od zvolenej reprezentácie postavenia dám na šachovnici. Jednoduchá reprezentácia postavenia dám je pomocou permutácie $P=(p_1, p_2, ..., p_N)$. Potom dámy na šachovnici sú umiestnené takto: v 1. stĺpci na p_1-tom riadku, v 2. stĺpci na p_2-tom riadku, atď. Táto jednoduchá reprezentácia rozmiestnenia dám na šachovnici pomocou permutácií má výhodu v tom, že v každom stĺpci a riadku šachovnice sa nachádza práve jedna dáma. Každej permutácii N objektov priradíme celé nezáporné číslo col(P), ktoré odpovedá počtu diagonálnych kolízií. Riešenie problému je potom taká permutácia P, ktorá má nulový počet kolízií, col(P)=0. Funkcia col(P) je určená vzťahom

$$col(P) = \sum_{\substack{i,j=1 \\ (i<j)}}^{N} \left[\delta(p_i + j - i, p_j) + \delta(p_i - j + i, p_j) \right]$$

kde $\delta(i,j)$ je Kroneckerovo delta, $\delta(i,j)=1$, pre $i=j$, $\delta(i,j)=0$, pre $i \neq j$.

Téma 4. Genetický algoritmus pre funkciu

$$f(x) = 0.993851231 + e^{-0.01x^2} \, sin(10x) cos(8x)$$

pre $x \in [-10,10]$. Premenná x je binárne reprezentovaná tak v štandardnom kódovaní, ako aj v Grayovom kódovaní. Pokuste sa nájsť minimálnu veľkosť populácie a také hodnoty pravdepodobností P_{cross} a P_{mut}, aby ste skoro so 100% istotou dostali globálne minimum s predpísaným minimálnym počtom krokov.

Téma 5. Genetický algoritmus pre úlohu obchodného cestujúceho na ortogonálnej štvorcovej mriežke. Použite oba prístupy na kódovanie cesty, tak priamo pomocou permutácie, ako aj pomocou binárneho reťazca (pozri cvičenie 7.1 z kapitoly Kombinatoriálne optimalizačné problémy). Porovnajte efektívnosť týchto dvoch rôznych prístupov.

Téma 6. Genetický algoritmus pre úlohu Number Partitioning Problem. Použite oba prístupy na kódovanie zobrazenia π, tak priamo pomocou N-tice celých čísel, ako aj pomocou binárneho reťazca (pozri cvičenie 7.1 z kapitoly Kombinatoriálne optimalizačné problémy). Porovnajte efektívnosť týchto dvoch rôznych prístupov.

Téma 7. Algoritmus simulovaného žíhania pre úlohu obchodného cestujúceho na ortogonálnej štvorcovej mriežke. Použite oba prístupy na kódovanie cesty, tak priamo pomocou permutácie, ako aj pomocou binárneho reťazca (pozri cvičenie 7.1 z kapitoly Kombinatoriálne optimalizačné problémy). Porovnajte efektívnosť týchto dvoch rôznych prístupov.

Téma 8. Evolučná stratégia (1+1). Metódu aplikujete na hľadanie globálneho minima funkcie

$$f(x) = 0.993851231 + e^{-0.01x^2} \, sin(10x) cos(8x)$$

pre $x \in [-10,10]$, ktorá je zovšeobecnená pre viacrozmerný prípad takto

$$F(x_1, x_2, ..., x_n) = \sum_{i=1}^{n} f(x_i)$$

Použite pravidlo zmeny σ 1/5 úspešnosti a nakreslite graf, kde na vodorovnej osi bude počet generácií a na zvislej aktuálna funkčná hodnota rodiča.

Téma 9. Genetické programovanie: Implementuje genetický algoritmus (pozri algoritmus 3.5) tak, že chromozómy budú určené ako Readove lineárne kódy s ohodnotením vrcholov podľa (5.18-19). Toto ohodnotenie nech je vykonané tak, že syntaktické stromy budú odpovedať Boolovským funkciám (t.j. funkčné vrcholy sú operácia and, or, xor, a not, a terminálové vrcholy sú jednotlivé Boolovské premenné). Účelová funkcia (5.24) nech je rozšírená o pokutový člen, ktorý bude preferovať syntaktické stromy s menším počtom vrcholov

$$E(t) = \sum_{i=1}^{n} \left| t(x_i) - y_i \right| + \alpha |t|$$

kde α je malá kladná konštanta a symbol $|t|$ vyjadruje počet vrcholov v strome t. Modifikujete napísanú implementáciu tak že bude odpovedať horolezeckému algoritmu. Porovnajte efektívnosť týchto troch rozdielnych metód pri konštrukcii funkcií, ktoré reprodukujú predpísanú regresnú tabuľku.

Téma 10. Použitie genetického algoritmu na adaptáciu neurónovej siete. Implementujte neurónovú sieť s dopredným šírením signálu, ktorá obsahuje jednu vrstvu skrytých neurónov a so sigmoidálnou prechodovou funkciou. Použitím genetického algoritmu adaptujte túto neurónovú sieť (t.j. váhy a prahové koeficienty) siete tak, aby s čo najmenšou chybou produkovala rôzne Boolovské funkcie, pričom z numerických dôvodov namiesto hodnoty Boolovských premenných 0 a 1 budeme brať 0.1 a 0.9.

Téma 11. L-systém (tvorba "kríka") je daný nasledovnými pravidlami: (1) štartovný bod F, (2) produkčné pravidlo F $\rightarrow$ F [+F][-F], kde F znamená "nakresli čiaru" (začíname kolmou čiarou z počiatočného bodu so súradnicami 0,0 do koncového bodu so súradnicami 0,10). Symbol [znamená zapamätať si súradnice koncového bodu a zodpovedajúcu zmenu súradníc

dx= x koncový − x počiatočný , dy= y koncový − y počiatočný

Symbol] znamená vrátiť sa na zapamätané súradnice bodu a zodpovedajúce dx a dy, symbol + znamená otočiť sa doľava (použili sme prepis pre súradnice nového bodu

x koncový = x počiatočný + 0.7 (cos(40^o) dx - sin(40^o) dy)

y koncový = y počiatočný + 0.7 (sin(40^o) dx + cos(40^o) dy)

Symbol – znamená otočiť sa doprava (použili sme prepis pre súradnice nového bodu

x koncový = x počiatočný + 0.7 (cos(33^o) dx + sin(33^o) dy)

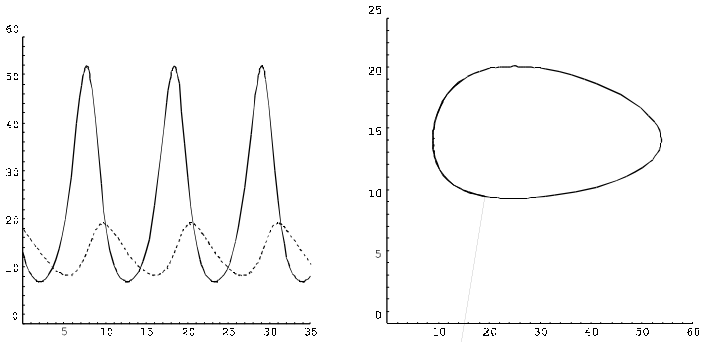
y koncový = y počiatočný + 0.7 (sin(33^o) dx - cos(33^o) dy)

Vytvorte obrázok trojrozmerného stromčeka, kde jednotlivé vetvy sa nebudú skracovať faktorom 0.7, ale náhodným číslom s gaussovským rozložením pravdepodobnosti so stredom napr. v 0.7, kde aj hrúbka kmeňa sa bude zmenšovať a bližšie vetvy budú vyzerať hrubšie, kde uhly vetiev v priestore tiež budú dané náhodne. Vyskúšajte aj iné produkčné systémy, napr. počet vetiev bude daný náhodným číslom od 2 do 3.

Téma 12. Namodelujte priebehy množstva dravcov a koristi ukázané v nasledujúcich obrázkoch podľa rovníc

$$dN_1(t)/dt = N_1(r_1 - b_1 N_2)$$
$$dN_2(t)/dt = N_2(-r_2 + b_2 N_1$$

kde $N_1(t)$ je počet kusov koristi (alebo hostiteľa) a $N_2(t)$ je počet kusov dravcov (alebo parazitov) v čase t. Predpokladáme, že za neprítomnosti dravcov sa korisť rozmnožuje rýchlosťou r_1, zatiaľ čo za absencie koristi dravci hynú rýchlosťou r_2. Nech b_1 zodpovedá schopnosti dravcov požierať korisť a b_2 vplyvu množstva koristi (a teda nasýtenia dravcov) na ich rozmnožovanie. Nech r_1= 1.5, b_1=0.1 r_2= 0.25 b_2= 0.01 a $N_1(0)$= 15 a $N_2(0)$=20. Znázornite priebeh, nie však pomocou klasického riešenia pomocou diferenciálnych rovníc, ale vytvorením stochastického modelu, kde množstvá dravcov a koristi a ich prírastky/úbytky budú dané celými číslami; v prípade, že zmena nie je vyjadrená celým číslom, berte neceločíselnú časť ako pravdepodobnosť a rozhodnite o zaokrúhlení nahor/nadol na základe porovnania tejto pravdepodobnosti s náhodným číslom z intervalu (0,1) – použite analógiu algoritmov 10.1 a 10.2 z kapitoly o umelom živote. Numericky modelujte a diskutujte pravdepodobnosť zániku jedného či obidvoch druhov v závislosti na počiatočných množstvách jedincov a na ostatných parametroch.

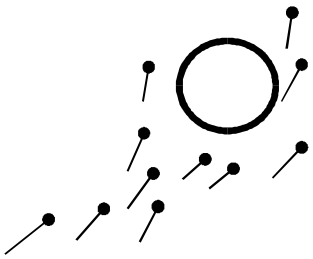


Prvá závislosť ukazuje oscilácie počtu dravcov a množstva koristi v čase, druhý obrázok je trajektóriou sústavy diferenciálnych rovníc (10.4).

Téma 13. Vytvorte program pre animáciu pohybu žubrienok (pozri priložený obrázok), kde veľký kruh je prekážka, "hlavička žubrienok" predstavuje umiestnenie žubrienky v dvojrozmernom priestore a dĺžka a smer chvostíka určujú rýchlosť a smer pohybu žubrienky. Počítačový model sa má riadiť troma základnými vlastnosťami:

- vyhýbať sa kolízii s okolitými jedincami
- prispôsobiť rýchlosť okolitým jedincom
- snažiť sa držať sa blízko okolitých jedincov

Každá žubrienka pritom vidí iba svojich najbližších susedov. Pridajte "dravca", teda inofarebnú žubrienku, ktorá sa pohybuje smerom k ostatným žubrienkam a ktorej sa žubrienky snažia vyhýbať.



Zobrazenie ”žubrienok” (čiernych bodov s ”chvostíkom”), ktoré sa pohybujú smerom vpravo nahor a vyhýbajú sa prekážke (kruhu).

Téma 14. Standing Ovation. (Homework from Miching State University, see homepage `http://zia.hss.cmu.edu/econ/homework95`). Consider the following situation: Agents are seated in an auditorium listening to a brilliant economics lecture. At the end of the talk, after wiping away the tears, the applause begins, and perhaps a standing ovation ensues. Model, using whatever techniques you desire, the process of a standing ovation.

- Explicitly state your model.
- Summarize any results.
- Suggest some potentially interesting future directions for the model.

Suggest some in nature appearing scenarios that could be usefully modeled using such a process.

Téma 15. Zobrazte sadu stavov jednorozmerného celulárneho automatu, kde sú bunky iba v jednom riadku (formálne spojenom do cyklu, t.j. začiatok riadku susedí s koncom) a možné stavy buniek 0 = biela, a 1 = čierna. Prechodové pravidlá pre stav buniek berú do úvahy iba momentálny stav bunky (v prostriedku) a jej ľavého a pravého suseda. Pravidlá sú zadané takto: 1,1,1 ⇒ 1; 1,1,0 ⇒ 1; 1,0,1 ⇒ 1; 1,0,0 ⇒ 0; 0,1,1 ⇒ 1; 0,1,0 ⇒ 0; 0,0,1 ⇒ 0; 0,0,0 ⇒ 1}. Napr. pravidlo 1,1,0 ⇒ 1 znamená, že čierna bunka s čiernym ľavým a bielym pravým susedom bude v ďalšom časovom kroku čierna. Zobrazte sadu riadkov v časovej postupnosti, t.j. riadok v čase 0, pod ním riadok v čase 1 atď. Počiatočný stav riadku v čase 0 nech je generovaný náhodne. Zistite, po akej priemernej perióde sa riadky začínajú opakovať v závislosti na počtu buniek v jednom riadku. Vyskúšajte aj s inými sadami pravidiel.

Téma 16. Zostrojte model celulárneho automatu so 4 stavmi (na kvalite zobrazenia nezáleží, môže byť rozlíšené rôznofarebnými štvorčekami):

1. Prázdna bunka
2. Mravec
3. Ihličie
4. Mravec s ihličím

Pravidlá: Na počiatku dvojrozmerná mriežka (na okrajoch spojená do toroidu, aby neboli problémy s ohraničením) obsahuje náhodne rozmiestené ihličie a mravce. Mravec sa pohybuje vždy náhodným smerom, no tak, aby dva mravce neboli v jednej bunke. Keď narazí na ihličie, zoberie ho. Keď mravec s ihličím narazí na iné ihličie, upustí svoje ihličie. (Môže tak aj z "kôpky" odoberať.)

Pozorujte, ako sa takýmto distribuovaným procesom budú vytvárať "kôpky", až nakoniec vznikne jedna veľká kopa. Zmerajte, ako dlho to priemerne trvá, kým je väčšina ihličia na jednej kôpke.

Téma 17. Použite viacčlenné evolučné stratégie pre nájdenie optima Rosenbrockovej funkcie. Program spustite 100× a vypočítajte priemerný počet generácií, ktorý bol potrebný, aby najlepšia nájdená funkčná hodnota bola nižšia ako 10^{-6}. Porovnajte to s priemerným počtom generácií, nutným k nájdeniu rovnakej funkčnej hodnoty, ale bez použitia kovariancie, teda bez použitia uhlu α. Podobne skúste odstrániť kríženie pri zachovaní použitia kovariancií a diskutujte vplyv tvaru alebo typu funkcie na efektívnosť použitia kríženia alebo kovariancie pri nájdení minima. (Symetria a multimodálnosť indikujú pravdepodobnú výhodnosť aplikácie kríženia, minimá uložené v “údoliach” umiestnených naprieč k osiam súradnicového systému budú nájdené rýchlejšie pri použití kovariancií, čo platí aj pre “viacrozmerné údolia”.)

Téma 18. Zostrojte Hopfieldovu a Boltzmannovu sieť pre priradenie práce strojom vo fabrike (pozri kapitolu 11. pripravovanej knihy). Nech je M úkolov, N strojov, cena priradenia úkolu k pre stroj i je c_{ik} . Každý stroj i má celkové množstvo zdrojov b_i, z ktorej sa úkolom k vyčerpá množstvo a_{ik}. Cieľom je minimalizovať cenu priradenia každého úkolu práve jednému stroju bez toho, že by sa prečerpal zdroj b_i tohto stroja. Tento problém sa dá formálne popísať ako minimalizácia energie E

$$E = \sum_{i=1}^{N} \sum_{k=1}^{M} c_{ik} x_{ik}$$

s obmedzujúcimi podmienkami

$$\sum_{k=1}^{M} a_{ik} x_{ik} \le b_i \left(i = 1,...,N\right),$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_{ik} = 1 \left(k = 1,...,M\right)$$

kde x_{ik} = 0 alebo 1. Simulujte na počítači pre dáta v tabuľke, kde N=3, M=8, a $a_{ik} = a_k$ pre všetky i. (Každý uzol u_{ik} v sieti bude odpovedať priradeniu úkolu k pre stroj i, taký uzol môže byť alebo zapnutý alebo vypnutý). Ideálne optimum je vyznačené podčiarknutými hodnotami c_{ik}, suma týchto hodnôt je 57. V ideálnom prípade by teda mali byť aktivované uzly odpovedajúce podtrhnutým pozíciám.

Tabuľka: Vstupné hodnoty pre príklad 18

a_k	7	9	8	4	2	3	10	1

b_i	c_{ik}							
8	6	12	15	13	4	5	8	7
24	18	10	6	4	2	8	14	4
12	9	7	10	4	8	1	4	12

Téma 19. (This homework is taken from the home page of prof. D. Goldberg). Simulate the convergence of a genetic algorithm with population sizes n = 25, 50, 100, 200 members under proportionate selection (i.e. a probability of selection is proportional to fitness) with simple replacement (no other operators like mutation and/or crossover are involved). The population should be initialized with one individual with fitness $f = f_{\max}$ and the remaining individuals with fitness f = 1. Take $f_{\max}$ = 1.5, 3, 9. Observe the time (in generations) required for the population to converge to n - 1 members of higher fitness. Repeat each run a minimum of 3 times with different random seeds. Repeat for tournament selection (with replacement). For the first set of runs use pairwise tournament selection (s =2) with $p_{\text{winner}} = 1$ (i.e. winner with a greater functional value is selected deterministically for the next generation) and run for all fitness cases. Thereafter run experiments with s = 1.5, 3, 9, using only f_{max} = 1.5.

Téma 20. Zobrazte evolúciu stratégií hry väzenská dilema, ktorá je modelovaná genetickým algoritmom, pričom každá dvojica väzňov bude interagovať vždy 10 krát medzi sebou. Tabuľka platieb je

	koooperuje (C)	nekooperuje (D)
kooperuje (C)	3,3	0,5
nekooperuje (D)	5,0	1,1

Napríklad keď prvý väzeň nekooperuje (D) a druhý väzeň kooperuje (C), prvý dostane 5 bodov a druhý 0 bodov. Väzni majú pamäť veľkosti 1, pamätajú si iba posledný ťah súpera. Napríklad stratégia CCD (chromozóm o troch zložkách) znamená: v prvom kroku agent kooperuje (1. položka v chromozóme je C), v ďalších ťahoch kooperuje (2. zložka je C), ak v predchádzajúcom ťahu súper kooperoval, alebo nekooperuje (3. zložka je D), ak súper v predchádzajúcom ťahu nekooperoval. Pri populácii 1000 urobte vždy náhodne 500 skupín po 10, nechajte ich všetky po dvojiciach interagovať medzi sebou, s tým, že sa každému budú sčitovať platby a zoberte do ďalšej generácie iba 2 najlepších. Výsledky má byť graf, kde na osi x bude číslo generácie (teda čas) a na osi y početnosť zástupcov tej ktorej stratégie v generácii.