

1. Implementați un algoritm bazat pe metoda Backtracking pentru rezolvarea problemei SAT (v. curs – cu condiții de continuare, criterii de alegere a variabilelor) **(4p)**
2. Implementați un algoritm bazat pe metoda Branch and Bound pentru rezolvarea problemei rucsacului - varianta discretă sau pentru determinarea unui circuit hamiltonian minim TSP (v. curs) **(5p)**
3. **Algoritmi genetici** Implementați un algoritm genetic pentru determinarea maximului unei funcții pozitive pe un domeniu dat (funcția se va fixa în cod) **(9p)**

Date de intrare:

- dimensiunea populației
- domeniul de definiție al funcției
- precizia cu care se lucrează (cu care se discretizează intervalul)
- probabilitatea de recombinare (crossover, încrucișare)
- probabilitatea de mutație
- numărul de etape ale algoritmului

Ieșire:

- Un fișier text sugestiv care evidențiază operațiile **din prima etapă** a algoritmului, (de exemplu fișierului [Evolutie.txt](#) (obținut pentru funcția $-x^2+x+2$, domeniul $[-1, 2]$, dimensiunea populației 20, precizia 6, probabilitatea de recombinare 0.25, probabilitatea de mutație 0.01 și 50 de etape))
- Bonus: Interfață grafică sugestivă, care evidențiază evoluția algoritmului

În fișier sunt scrise

- populația inițială sub forma
i: reprezentare cromozom x = valoarea corespunzătoare cromozomului în domeniul de definiție al funcției f = valoarea corespunzătoare cromozomului ($f(X_i)$)
- probabilitățile de selecție pentru fiecare cromozom

$$p_i = \frac{f(X_i)}{\sum_j f(X_j)}$$
- probabilitățile cumulate care dau intervalele pentru selecție $q_i = p_1 + \dots + p_i$
- evidențierea procesul de selecție, care constă în generarea unui număr aleator u uniform pe $[0,1)$ și determinarea intervalului $[q_i, q_{i+1})$ căruia aparține acest număr; corespunzător acestui interval se va selecta cromozomul $i+1$. Procesul se repetă până se selectează numărul dorit de cromozomi. **Cerință:** căutarea intervalului corespunzător lui u se va face folosind căutarea binară.
- evidențierea cromozomilor care participă la recombinare
- pentru recombinările care au loc se evidențiază perechile care participă la recombinare, punctul de rupere generat aleator precum și cromozomii rezultați în urma recombinării (sau, după caz, se evidențiază tipul de încrucișare ales)
- populația rezultată după recombinare
- populația rezultată după mutații

- pentru restul generațiilor (populațiilor din etapele următoare) se vor afișa doar valoarea maximă $\max_i f(X_i)$ și valoarea medie a performanței $\sum_i f(X_i)/n$.

Se vor folosi metoda de codificare discutată la curs și încrucișarea cu un punct de tăietură (rupere).

Evolutie.txt

Populatia initiala

```
1: 0000011101001001110001 x= -0,914592 f=0.24892945287918744
2: 0010100100111011111100 x= -0,516787 f=1.2161433551687346
3: 0100000001010010110111 x= -0,246207 f=1.69317538311855
4: 1101001110110001101101 x= 1,480791 f=1.288048141479274
5: 1001110010011100111001 x= 0,835307 f=2.1375690008662946
6: 1011111001000011000100 x= 1,229633 f=1.7176358177971365
7: 0110000010110000001111 x= 0,133068 f=2.115360642895274
8: 0000100011000110001010 x= -0,897179 f=0.29789055630549277
9: 0101110111101010011111 x= 0,100578 f=2.0904619502816644
10: 0011101010110110001001 x= -0,311975 f=1.590697249227337
11: 1100110111101001001111 x= 1,411980 f=1.4182933275624994
12: 0111011111100011000001 x= 0,404924 f=2.240960465910953
13: 1111110000100110000000 x= 1,954865 f=0.13336723106734194
14: 0111010000000010110010 x= 0,359503 f=2.230260491735224
15: 1100000001110111000101 x= 1,255452 f=1.6792930285557333
16: 1011010101010000001011 x= 1,124764 f=1.8596696522000606
17: 1101011110101101101011 x= 1,527482 f=1.1942809038290045
18: 1101101110100010011111 x= 1,573845 f=1.0968573281925882
19: 0010010101011001011110 x= -0,562311 f=1.1214962076226662
20: 1011101100000000100111 x= 1,191435 f=1.771918100644858
```

Probabilitati selectie

```
cromozom 1 probabilitate 0.0085418577836996
cromozom 2 probabilitate 0.041731195181167476
cromozom 3 probabilitate 0.058100249521212656
cromozom 4 probabilitate 0.044198562748676756
cromozom 5 probabilitate 0.07334933732050686
cromozom 6 probabilitate 0.05893959396975151
cromozom 7 probabilitate 0.07258727146930355
cromozom 8 probabilitate 0.010221927287582215
cromozom 9 probabilitate 0.07173288847506332
cromozom 10 probabilitate 0.05458377673941411
cromozom 11 probabilitate 0.048667844481579396
cromozom 12 probabilitate 0.07689715048702854
cromozom 13 probabilitate 0.004576412745083748
cromozom 14 probabilitate 0.07652998759552974
cromozom 15 probabilitate 0.05762388524608598
cromozom 16 probabilitate 0.06381339576343534
cromozom 17 probabilitate 0.0409809988986984
cromozom 18 probabilitate 0.037637970107847966
cromozom 19 probabilitate 0.03848343777592496
cromozom 20 probabilitate 0.06080225640240799
```

Intervale probabilitati selectie

```
0 0.0085418577836996 0.050273052964867074 0.10837330248607974
0.1525718652347565 0.22592120255526335 0.28486079652501484 0.3574480679943184
0.3676699952819006 0.4394028837569639 0.493986660496378 0.5426545049779574
0.6195516554649859 0.6241280682100697 0.7006580558055995 0.7582819410516854
0.8220953368151208 0.8630763357138193 0.9007143058216672 0.9391977435975922
1.0 u=0.6034720442729782 selectam cromozomul 12
u=0.17892824175281696 selectam cromozomul 5
u=0.6867737986711382 selectam cromozomul 14
```

u=0.7176059630936646 selectam cromozomul 15
 u=0.5619562065293205 selectam cromozomul 12
 u=0.24081572433510423 selectam cromozomul 6
 u=0.5408716518401836 selectam cromozomul 11
 u=0.43771824679891214 selectam cromozomul 9
 u=0.7390763060836184 selectam cromozomul 15
 u=0.8447467542582436 selectam cromozomul 17
 u=0.7683657918169965 selectam cromozomul 16
 u=0.9907124915454842 selectam cromozomul 20
 u=0.8395083889834671 selectam cromozomul 17
 u=0.8113925195824372 selectam cromozomul 16
 u=0.8789773676106979 selectam cromozomul 18
 u=0.9658384924654928 selectam cromozomul 20
 u=0.0756221139277069 selectam cromozomul 3
 u=0.03335884865931882 selectam cromozomul 2
 u=0.26608038821171887 selectam cromozomul 6
 u=0.5492264660581757 selectam cromozomul 12

Dupa selectie:

1: 0111011111100011000001 x= 0,404924 f=2.240960465910953
 2: 1001110010011100111001 x= 0,835307 f=2.1375690008662946
 3: 0111010000000010110010 x= 0,359503 f=2.230260491735224
 4: 1100000001110111000101 x= 1,255452 f=1.6792930285557333
 5: 0111011111100011000001 x= 0,404924 f=2.240960465910953
 6: 1011111001000011000100 x= 1,229633 f=1.7176358177971365
 7: 1100110111010010011111 x= 1,411980 f=1.4182933275624994
 8: 0101110111101010011111 x= 0,100578 f=2.0904619502816644
 9: 1100000001110111000101 x= 1,255452 f=1.6792930285557333
 10: 1101011110101101101011 x= 1,527482 f=1.1942809038290045
 11: 1011010101010000001011 x= 1,124764 f=1.8596696522000606
 12: 1011011000000001001111 x= 1,191435 f=1.771918100644858
 13: 1101011110101101101011 x= 1,527482 f=1.1942809038290045
 14: 1011010101010000001011 x= 1,124764 f=1.8596696522000606
 15: 1101101110100010011111 x= 1,573845 f=1.0968573281925882
 16: 1011101100000000100111 x= 1,191435 f=1.771918100644858
 17: 0100000001010010110111 x= -0,246207 f=1.69317538311855
 18: 0010100100111011111100 x= -0,516787 f=1.2161433551687346
 19: 1011111001000011000100 x= 1,229633 f=1.7176358177971365
 20: 0111011111100011000001 x= 0,404924 f=2.240960465910953

Probabilitatea de incrucisare 0.25

1: 0111011111100011000001 u=0.8672982503681332
 2: 1001110010011100111001 u=0.17618744553586774<0.25 participa
 3: 0111010000000010110010 u=0.5623919628827635
 4: 1100000001110111000101 u=0.12595818897032773<0.25 participa
 5: 0111011111100011000001 u=0.5494832939809089
 6: 1011111001000011000100 u=0.9988878068067887
 7: 1100110111010010011111 u=0.044918841352894145<0.25 participa
 8: 0101110111101010011111 u=0.15024385267360985<0.25 participa
 9: 1100000001110111000101 u=0.5809198972137714
 10: 1101011110101101101011 u=0.30819031632516913
 11: 1011010101010000001011 u=0.9073062085201059
 12: 1011101100000000100111 u=0.6421334753559018
 13: 1101011110101101101011 u=0.46721859789040554
 14: 1011010101010000001011 u=0.6320007810666798
 15: 1101101110100010011111 u=0.20308557877487043<0.25 participa
 16: 1011101100000000100111 u=0.6311055118179946
 17: 0100000001010010110111 u=0.11241241610234687<0.25 participa
 18: 0010100100111011111100 u=0.8000743582190735
 19: 1011111001000011000100 u=0.529921293680138
 20: 0111011111100011000001 u=0.3600402029299934

Recombinare dintre cromozomul 2 cu cromozomul 8:

1001110010011100111001 0101110111101010011111 punct 0

Rezultat 1001110010011100111001 0101110111101010011111
 Recombinare dintre cromozomul 17 cu cromozomul 4:
 0100000001010010110111 1100000001110111000101 punct 17
 Rezultat 1100000001110111010111 0100000001010010100101
 Recombinare dintre cromozomul 7 cu cromozomul 15:
 1100110111010010011111 1101101110100010011111 punct 0
 Rezultat 1100110111010010011111 1101101110100010011111

Dupa recombinare:

1:	0111011111100011000001	x=	0,404924	f=2.240960465910953
2:	1001110010011100111001	x=	0,835307	f=2.1375690008662946
3:	0111010000000010110010	x=	0,359503	f=2.230260491735224
4:	0100000001010010100101	x=	-0,246220	f=1.6931561687147045
5:	0111011111100011000001	x=	0,404924	f=2.240960465910953
6:	1011111001000011000100	x=	1,229633	f=1.7176358177971365
7:	1100110111010010011111	x=	1,411980	f=1.4182933275624994
8:	0101110111101010011111	x=	0,100578	f=2.0904619502816644
9:	1100000001110111000101	x=	1,255452	f=1.6792930285557333
10:	1101011110101101101011	x=	1,527482	f=1.1942809038290045
11:	1011010101010000001011	x=	1,124764	f=1.8596696522000606
12:	1011101100000000100111	x=	1,191435	f=1.771918100644858
13:	1101011110101101101011	x=	1,527482	f=1.1942809038290045
14:	1011010101010000001011	x=	1,124764	f=1.8596696522000606
15:	1101101110100010011111	x=	1,573845	f=1.0968573281925882
16:	1011101100000000100111	x=	1,191435	f=1.771918100644858
17:	1100000001110111010111	x=	1,255464	f=1.679273576108589
18:	0010100100111011111100	x=	-0,516787	f=1.2161433551687346
19:	1011111001000011000100	x=	1,229633	f=1.7176358177971365
20:	0111011111100011000001	x=	0,404924	f=2.240960465910953

Probabilitate de mutatie pentru fiecare gena 0.01

Au fost modificati cromozomii:

3

13

14

16

Dupa mutatie:

1:	0111011111100011000001	x=	0,404924	f=2.240960465910953
2:	1001110010011100111001	x=	0,835307	f=2.1375690008662946
3:	0111000000000010110010	x=	0,312628	f=2.2148915943894925
4:	0100000001010010100101	x=	-0,246220	f=1.6931561687147045
5:	0111011111100011000001	x=	0,404924	f=2.240960465910953
6:	1011111001000011000100	x=	1,229633	f=1.7176358177971365
7:	1100110111010010011111	x=	1,411980	f=1.4182933275624994
8:	0101110111101010011111	x=	0,100578	f=2.0904619502816644
9:	1100000001110111000101	x=	1,255452	f=1.6792930285557333
10:	1101011110101101101011	x=	1,527482	f=1.1942809038290045
11:	1011010101010000001011	x=	1,124764	f=1.8596696522000606
12:	1011101100000000100111	x=	1,191435	f=1.771918100644858
13:	1101011110001101101011	x=	1,526017	f=1.1972889597163063
14:	1011010101010100001011	x=	1,124947	f=1.859440823122117
15:	1101101110100010011111	x=	1,573845	f=1.0968573281925882
16:	1001101100000000100111	x=	0,816435	f=2.1498691578171627
17:	1100000001110111010111	x=	1,255464	f=1.679273576108589
18:	0010100100111011111100	x=	-0,516787	f=1.2161433551687346
19:	1011111001000011000100	x=	1,229633	f=1.7176358177971365
20:	0111011111100011000001	x=	0,404924	f=2.240960465910953

Evolutia maximului

2.240960465910953

2.240960465910953

2.240961009934791

2.240961009934791

2.2410299678993897

2.2410299678993897
2.2410299678993897
2.2410299678993897
2.2410299678993897
2.2410299678993897
2.2470135119363746
2.2470135119363746
2.2470135119363746
2.2470135119363746
2.2470135119363746
2.2470135119363746
2.2470135119363746
2.249998987949042
2.2470135119363746
2.247013824631034
2.247013824631034
2.247013824631034
2.247013824631034
2.247013824631034
2.247013824631034
2.247170709171197
2.2471717743374526
2.2490254104411807
2.249025678372649
2.249025678372649
2.2471755768655597
2.2471717743374526
2.249994372922319
2.2471717743374526
2.2471717743374526
2.2498015271856295
2.2471717743374526
2.249338579381251
2.249338579381251
2.2493387265332436
2.249338579381251
2.249338579381251
2.249338579381251
2.249338579381251
2.249338579381251
2.249338579381251
2.2494117796242903
2.2494117796242903
2.249338579381251
2.249921331421878
2.249921331421878