

Εισαγωγή στην Τεχνητή Νοημοσύνη (ΜΠΔ 306)

Εργαστήριο

Εργαστηριακός βοηθός: Κατερίνα Γιαννακάκη

e-mail: agiannakaki1@isc.tuc.gr

Genetic Algorithms Γενετικοί Αλγόριθμοι

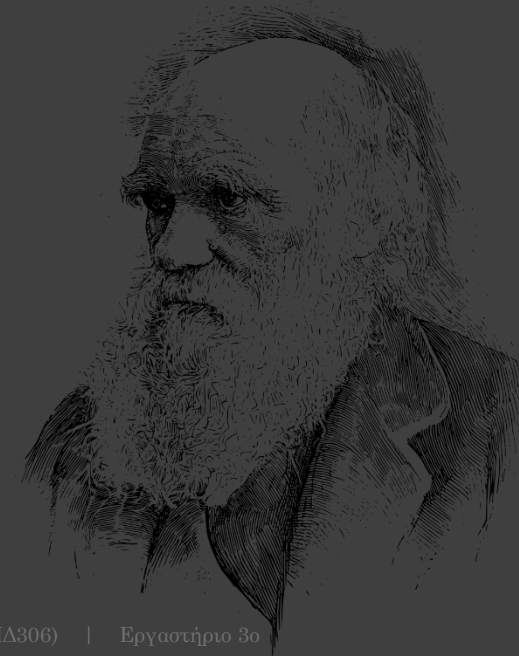
Εργαστήριο 3ο

Φιλοσοφία αλγορίθμου

- Δανείζεται τη φιλοσοφία του μηχανισμού εξέλιξης των οργανισμών στη φύση
- Κανόνας φυσικής επιλογής: οι οργανισμοί που δεν μπορούν να επιβιώσουν στο περιβάλλον τους, πεθαίνουν
- Υπερισχύουν οι οργανισμοί που συγκεντρώνουν τα **καλύτερα** χαρακτηριστικά

↑ πιθανότητα επιβίωσης

↑ αντικειμενική συνάρτηση



Φιλοσοφία αλγορίθμου

ΘΕΩΡΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ

οργανισμοί

αναπαραγωγή →
βελτίωση χαρακτηριστικών

στόχος: ↑ πιθανότητας
επιβίωσης

ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

καταστάσεις/πιθανές λύσεις

συνδυασμός καταστάσεων →
βελτιωμένες καταστάσεις

στόχος: ↑ αντικειμενικής
συνάρτησης

Γενική Μορφή Γενετικού Αλγορίθμου

1. Δημιούργησε **τυχαία** έναν **αρχικό πληθυσμό Π** με N λύσεις
(οι οποίες –ως επί το πλείστον- δεν είναι βέλτιστες ή έγκυρες)
(Π : όνομα πληθυσμού, N : αριθμός λύσεων από τις οποίες αποτελείται ο Π)
2. **Αξιολόγησε** κάθε υποψήφια λύση μέσω μιας **συνάρτησης καταλληλότητας** - fitness function (αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος)
3. Όσο δεν ισχύει κάποια συνθήκη τερματισμού:
 - a) **Επανάλαβε** τα ακόλουθα:
 - i. **Επέλεξε** 2 λύσεις (με επανατοποθέτηση) από τον πληθυσμό Π για να αποτελέσουν το ζευγάρι γονέων, δίνοντας προτεραιότητα στις **καταλληλότερες** λύσεις
 - ii. **Συνδύασε** τις δυο λύσεις-γονείς για να δημιουργήσεις δύο νέες λύσεις → τους **απογόνους**
 - iii. **Αξιολόγησε** την **καταλληλότητα** των **λύσεων-απογόνων**
 - b) Έχει δημιουργηθεί ένας νέος πληθυσμός Π' που αποτελείται από το σύνολο των λύσεων-απογόνων ή και από ένα μείγμα γονέων & απογόνων. **Θεώρησε** πληθυσμό Π τον Π' ($\Pi = \Pi'$)

Γενική Μορφή Γενετικού Αλγορίθμου

1. Δημιούργησε **τυχαία** έναν **αρχικό πληθυσμό Π** με N λύσεις
(οι οποίες –ως επί το πλείστον- δεν είναι βέλτιστες ή έγκυρες)
(Π : όνομα πληθυσμού, N : αριθμός λύσεων από τις οποίες αποτελείται ο Π)
2. **Αξιολόγησε** κάθε υποψήφια λύση μέσω μιας **συνάρτησης καταλληλότητας** - fitness function (αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος)
3. Όσο δεν ισχύει κάποια συνθήκη τερματισμού:
 - a) **Επανάλαβε** τα ακόλουθα:
 - i. **Επέλεξε** 2 λύσεις (με επανατοποθέτηση) για να αποτελέσουν το ζευγάρι γονέων προτεραιότητα στις **καταλληλότερες** λύσεις
 - ii. **Συνδύασε** τις δυο λύσεις-γονείς για να νέες λύσεις $\rightarrow$ τους **απογόνους**
 - iii. **Αξιολόγησε** την **καταλληλότητα** των λύσεων
 - b) Έχει δημιουργηθεί ένας νέος πληθυσμός Π' που αποτελείται από το σύνολο των λύσεων-απογόνων ή και από ένα μείγμα γονέων & απογόνων. **Θεώρησε** πληθυσμό Π τον Π' ($\Pi = \Pi'$)

Συνθήκες τερματισμού:

- Εύρεση μιας βέλτιστης λύσης ή σύγκλιση όλων των λύσεων σε μία
- Συγκεκριμένος αριθμός επαναλήψεων
- Μη εύρεση καλύτερης λύσης για συνεχόμενες επαναλήψεις

πιο απλά...



Αρχικός πληθυσμός από τυχαίες λύσεις

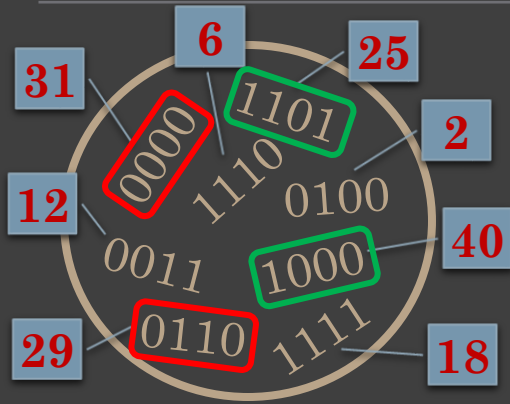
πιο απλά...



Αρχικός πληθυσμός από τυχαίες λύσεις

Αξιολόγηση κάθε τυχαίας λύσης

πιο απλά...



Αρχικός πληθυσμός από τυχαίες λύσεις

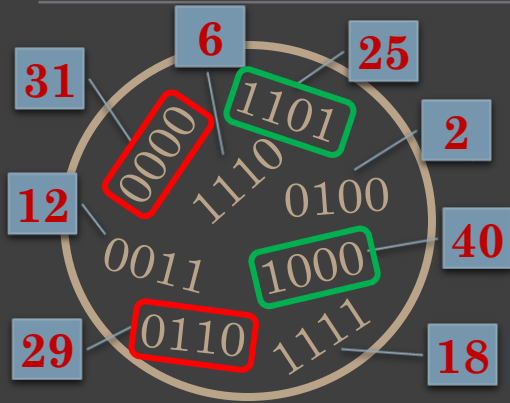
Αξιολόγηση κάθε τυχαίας λύσης

Επιλογή γονέων (σε ζεύγη) με βάση την αξιολόγηση

0110
0000

1101
1000

πιο απλά...



Αρχικός πληθυσμός από τυχαίες λύσεις

Αξιολόγηση κάθε τυχαίας λύσης

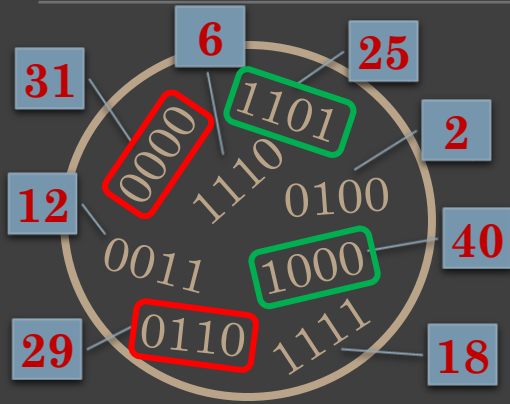
Επιλογή γονέων (σε ζεύγη) με βάση την αξιολόγηση

Συνδυασμός γονέων για δημιουργία απογόνων

0110
0000

1101
1000

πιο απλά...



Αρχικός πληθυσμός από τυχαίες λύσεις

Αξιολόγηση κάθε τυχαίας λύσης

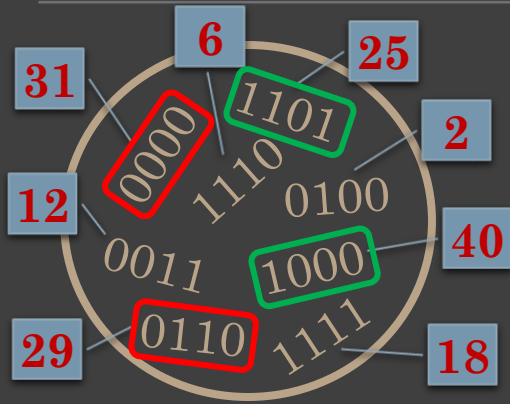
Επιλογή γονέων (σε ζεύγη) με βάση την αξιολόγηση

Συνδυασμός γονέων για δημιουργία απογόνων



1101
1000

πιο απλά...

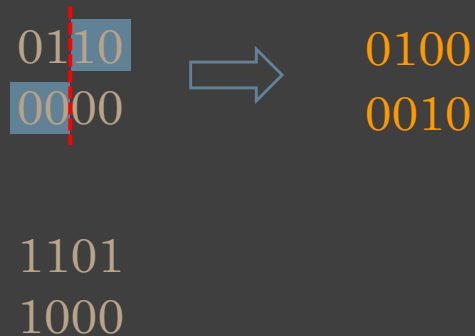


Αρχικός πληθυσμός από τυχαίες λύσεις

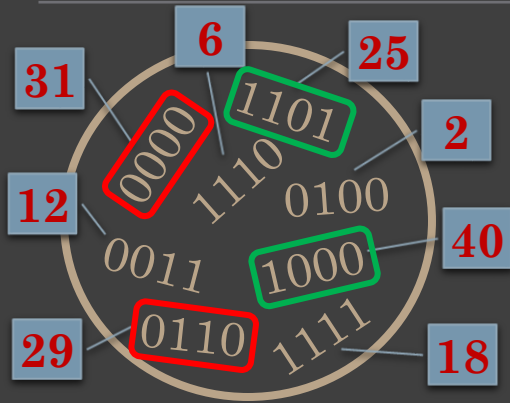
Αξιολόγηση κάθε τυχαίας λύσης

Επιλογή γονέων (σε ζεύγη) με βάση την αξιολόγηση

Συνδυασμός γονέων για δημιουργία απογόνων



πιο απλά...



Αρχικός πληθυσμός από τυχαίες λύσεις

Αξιολόγηση κάθε τυχαίας λύσης

Επιλογή γονέων (σε ζεύγη) με βάση την αξιολόγηση

Συνδυασμός γονέων για δημιουργία απογόνων

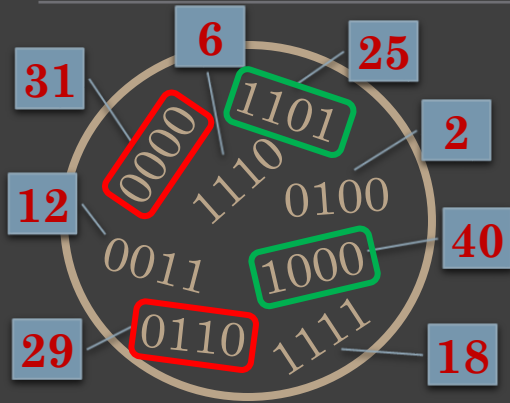
0110
0000

➡

0100
0010

1101
1000

πιο απλά...



Αρχικός πληθυσμός από τυχαίες λύσεις

Αξιολόγηση κάθε τυχαίας λύσης

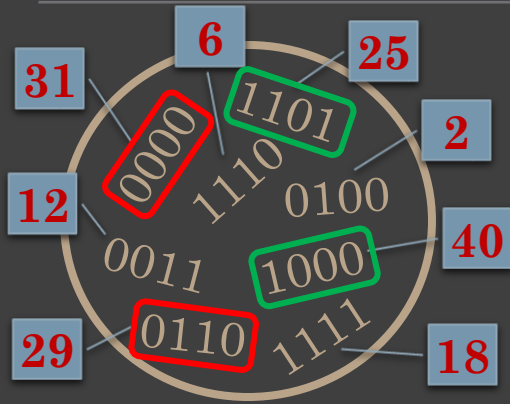
Επιλογή γονέων (σε ζεύγη) με βάση την αξιολόγηση

Συνδυασμός γονέων για δημιουργία απογόνων

0110  0100
0000 0010

Diagram illustrating the addition of 1101 and 1000. The sum is 1100, with a carry of 1 from the third column.

πιο απλά...



Αρχικός πληθυσμός από τυχαίες λύσεις

Αξιολόγηση κάθε τυχαίας λύσης

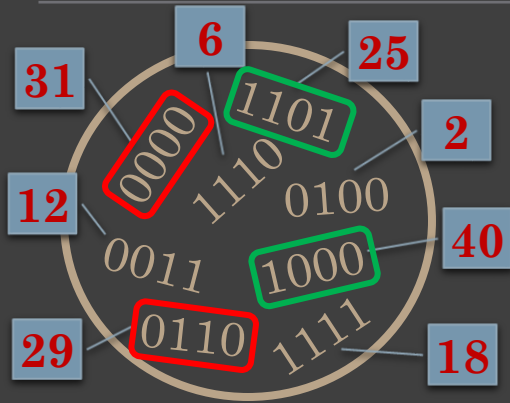
Επιλογή γονέων (σε ζεύγη) με βάση την αξιολόγηση

Συνδυασμός γονέων για δημιουργία απογόνων

0110  0100
0000 0010

1101 → 1100
1000 → 1001

πιο απλά...



Αρχικός πληθυσμός από τυχαίες λύσεις

Αξιολόγηση κάθε τυχαίας λύσης

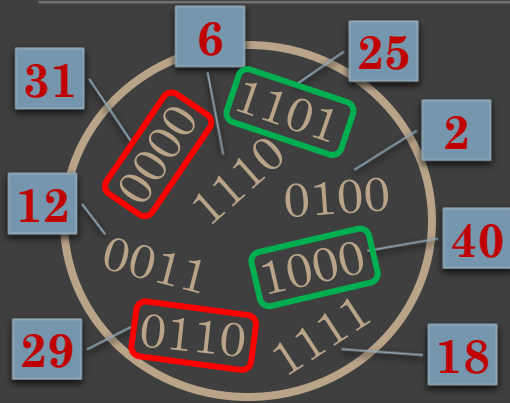
Επιλογή γονέων (σε ζεύγη) με βάση την αξιολόγηση

Συνδυασμός γονέων για δημιουργία απογόνων

Αξιολόγηση απογόνων



πιο απλά...



Αρχικός πληθυσμός από τυχαίες λύσεις

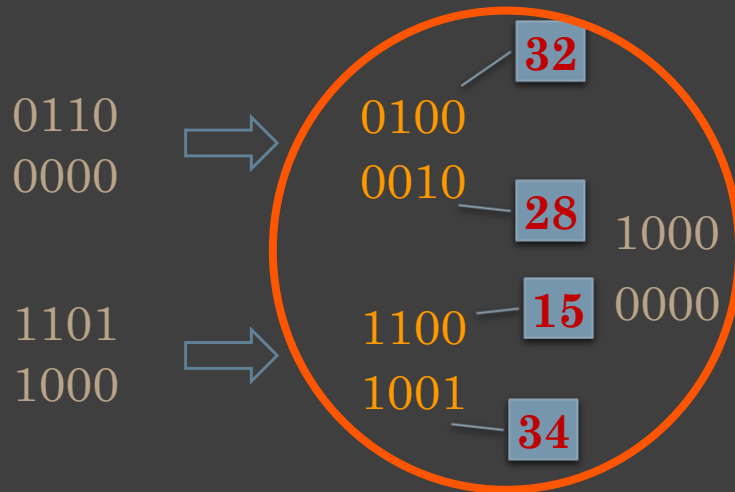
Αξιολόγηση κάθε τυχαίας λύσης

Επιλογή γονέων (σε ζεύγη) με βάση την αξιολόγηση

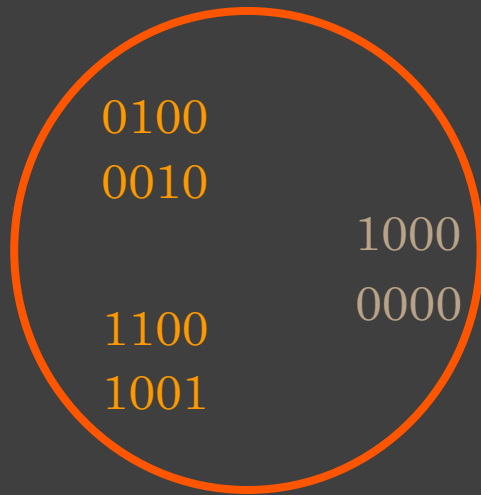
Συνδυασμός γονέων για δημιουργία απογόνων

Αξιολόγηση απογόνων

Πληθυσμός ← απόγονοι + ίσως κάποιοι γονείς



πιο απλά...



Νέος πληθυσμός

Αξιολόγηση κάθε τυχαίας λύσης

Επιλογή γονέων (σε ζεύγη) με βάση την αξιολόγηση

Συνδυασμός γονέων για δημιουργία απογόνων

Αξιολόγηση απογόνων

Πληθυσμός $\leftarrow$ απόγονοι + ίσως κάποιοι γονείς

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

- Αναπαράσταση υποψήφιων λύσεων
- Δημιουργία αρχικού πληθυσμού
- Συνάρτηση καταλληλότητας
- Επιλογή γονέων
- Τελεστές (π.χ. διασταύρωση, μετάλλαξη)
- Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)
- Συνθήκες τερματισμού του αλγορίθμου

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

- Αναπαράσταση υποψήφιων λύσεων
- Δημιουργία αρχικού πληθυσμού
- Συνάρτηση καταλληλότητας
- Επιλογή γονέων
- Τελεστές (π.χ. διασταύρωση, μετάλλαξη)
- Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)
- Συνθήκες τερματισμού του αλγορίθμου

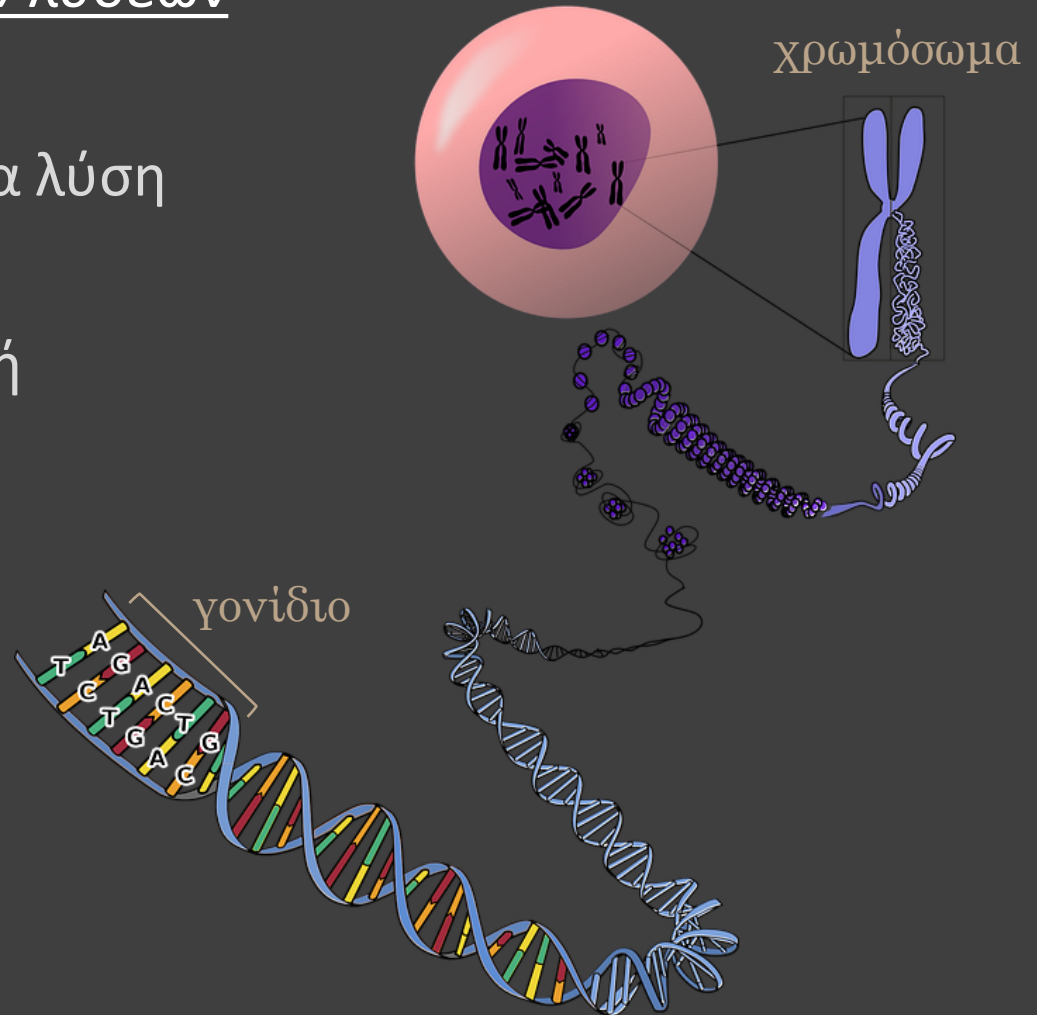
Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Αναπαράσταση υποψήφιων λύσεων

χρωμόσωμα $\leftrightarrow$ υποψήφια λύση

0100
↑↑↑↑
γονίδιο
↓↓↓↓
ACDB

$\leftrightarrow$ μεταβλητή



Δυναδική Αναπαράσταση

- Μετατρέπουμε τα ψηφία του αρχικού πληθυσμού σε δυαδικά για την υλοποίηση του αλγορίθμου
- Για την αξιολόγηση των λύσεων με τη συνάρτηση καταλληλότητας εκτελείται η αντίστροφη διαδικασία
- Οι εντολές στη Matlab είναι:
 - >> `dec2bin(array)` - από δεκαδικά σε δυαδικά
 - >> `bin2dec(array)` - από δυαδικά σε δεκαδικά

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

- Αναπαράσταση υποψήφιων λύσεων
- Δημιουργία αρχικού πληθυσμού
- Συνάρτηση καταλληλότητας
- Επιλογή γονέων
- Τελεστές (π.χ. διασταύρωση, μετάλλαξη)
- Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)
- Συνθήκες τερματισμού του αλγορίθμου

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Δημιουργία αρχικού πληθυσμού

- ✓ Επηρεάζει την απόδοση του αλγορίθμου
- ✓ Αν υπάρχουν περιορισμοί θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ώστε οι λύσεις που παράγονται να είναι αποδεκτές

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

- Αναπαράσταση υποψήφιων λύσεων
- Δημιουργία αρχικού πληθυσμού
- Συνάρτηση καταλληλότητας
- Επιλογή γονέων
- Τελεστές (π.χ. διασταύρωση, μετάλλαξη)
- Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)
- Συνθήκες τερματισμού του αλγορίθμου

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Συνάρτηση καταλληλότητας

- ✓ δέχεται ως είσοδο ένα χρωμόσωμα
- ✓ επιστρέφει βαθμό καταλληλότητας

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

- Αναπαράσταση υποψήφιων λύσεων
- Δημιουργία αρχικού πληθυσμού
- Συνάρτηση καταλληλότητας
- Επιλογή γονέων
- Τελεστές (π.χ. διασταύρωση, μετάλλαξη)
- Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)
- Συνθήκες τερματισμού του αλγορίθμου

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Επιλογή γονέων

- ✓ επιλογή χρωμοσωμάτων για να αποτελέσουν τα ζευγάρια γονέων
- ✓ πιθανότητα επιλογής **ανάλογη** της βαθμολογίας από τη συνάρτηση καταλληλότητας
- ✓ δεξαμενή ζευγαρώματος
- ✓ τεχνικές επιλογής γονέων

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

- ✓ Τεχνική γονικής επιλογής για την αναπαραγωγή των ισχυρότερων γονικών χρωμοσωμάτων ώστε να δημιουργηθούν οι απόγονοι
- ✓ **Σκοπός:** να δοθούν υψηλότερες πιθανότητες αναπαραγωγής στα χρωμοσώματα που έχουν αξιολογηθεί ως καταλληλότερα με βάση τη συνάρτηση αξιολόγησης

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

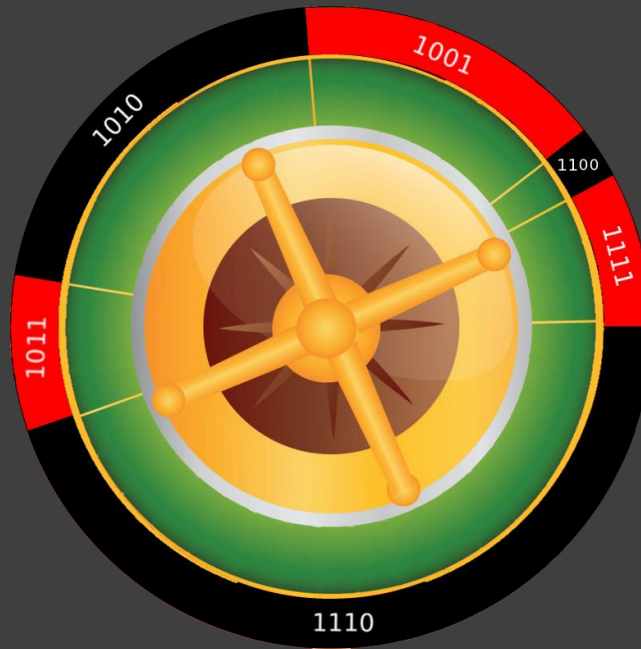
Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)



Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)



Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

1. Υπολόγισε το **άθροισμα** S όλων των **τιμών αξιολόγησης** των υποψήφιων λύσεων
2. Δημιούργησε έναν **τυχαίο** αριθμό n , από 0 έως S , με χρήση συνάρτησης **ομοιόμορφης** κατανομής
3. Πρόσθετε διαδοχικά τις **τιμές αξιολόγησής** κάθε υποψήφιας λύσης σε έναν καταχωρητή K μέχρι η τιμή του καταχωρητή να είναι μεγαλύτερη ή ίση του n . Επέλεξε την τελευταία υποψήφια λύση που εκχωρήθηκε στον καταχωρητή για να αντιγραφεί στην δεξαμενή και μηδένισε τον K .
4. Επανέλαβε τα βήματα 2-3 μέχρι να επιλεγεί ικανοποιητικός αριθμός υποψήφιων λύσεων για αντιγραφή στη δεξαμενή

```
rand()  
randi()
```


Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

1. Υπολόγισε το **άθροισμα** S όλων των **τιμών** **αξιολόγησης** των υποψήφιων λύσεων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	0110	1100	0100	1001
τιμή συνάρτησης καταλληλότητας	169 + 576 + 64 + 361			
τυχαίος αριθμός n				

$$S = 1170$$

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

2. Δημιούργησε έναν **τυχαίο** αριθμό n , από 0 έως S , με χρήση συνάρτησης κατανομής

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	0110	1100	0100	1001
τιμή συνάρτησης καταλληλότητας	169	576	64	361
τυχαίος αριθμός n	650			

$$S = 1170$$

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της

3. Πρόσθετε διαδοχικά τις τιμές αξιολόγησής κάθε υποψήφιας λύσης σε έναν καταχωρητή K μέχρι η τιμή του καταχωρητή να είναι μεγαλύτερη ή ίση του n...

Χρωμόσωμα	0110	1100	0100	1001
τιμή συνάρτησης καταλληλότητας	169	576	64	361
τυχαίος αριθμός n	650			

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ K

0

$S = 1170$

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της

3. Πρόσθετε διαδοχικά τις **τιμές αξιολόγησής** κάθε υποψήφιας λύσης σε έναν καταχωρητή K μέχρι η τιμή του καταχωρητή να είναι μεγαλύτερη ή ίση του n...

Χρωμόσωμα	0110	1100	0100	1001
τιμή συνάρτησης καταλληλότητας	169	576	64	361
τυχαίος αριθμός n	650			

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ K

$169 \geq n ?$

$S = 1170$

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της

3. Πρόσθετε διαδοχικά τις τιμές αξιολόγησής κάθε υποψήφιας λύσης σε έναν καταχωρητή K μέχρι η τιμή του καταχωρητή να είναι μεγαλύτερη ή ίση του n...

Χρωμόσωμα	0110	1100	0100	1001
τιμή συνάρτησης καταλληλότητας	169	576	64	361
τυχαίος αριθμός n	650			

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ K

$745 \geq n ?$

$S = 1170$

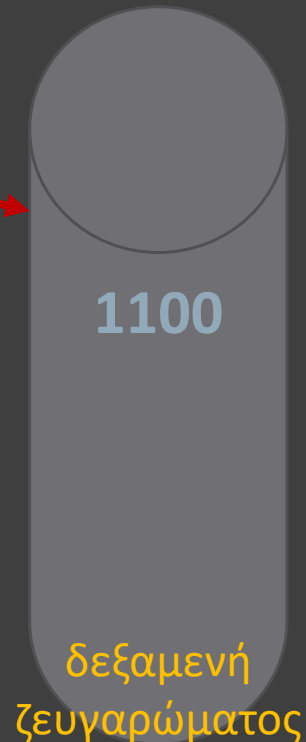
Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της

3. ...Επέλεξε την τελευταία υποψήφια λύση που εκχωρήθηκε στον καταχωρητή για να αντιγραφεί στην δεξαμενή και μηδένισε τον K

Χρωμόσωμα	0110	1100	0100	1001
τιμή συνάρτησης καταλληλότητας	169	576	64	361
τυχαίος αριθμός n	650			



ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ K

0

$$S = 1170$$

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

4. Επανέλαβε τα βήματα 2-3 μέχρι να επιλεγεί ικανοποιητικός αριθμός υποψήφιων λύσεων για αντιγραφή στη δεξαμενή

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	0110	1100	0100	1001
τιμή συνάρτησης καταλληλότητας	169	576	64	361
τυχαίος αριθμός n				



ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ
0

$$S = 1170$$

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

2. Δημιούργησε έναν **τυχαίο** αριθμό n , από 0 έως S , με χρήση συνάρτησης κατανομής

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	0110	1100	0100	1001
τιμή συνάρτησης καταλληλότητας	169	576	64	361
τυχαίος αριθμός n	158			



ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ
0

$S = 1170$

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της

3. Πρόσθετε διαδοχικά τις τιμές αξιολόγησής κάθε υποψήφιας λύσης σε έναν καταχωρητή K μέχρι η τιμή του καταχωρητή να είναι μεγαλύτερη ή ίση του n...

Χρωμόσωμα	0110	1100	0100	1001
τιμή συνάρτησης καταλληλότητας	169	576	64	361
τυχαίος αριθμός n	158			

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ K

169 $\geq$ n ?

S = 1170

1100

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της

3. ...Επέλεξε την τελευταία υποψήφια λύση που εκχωρήθηκε στον καταχωρητή για να αντιγραφεί στην δεξαμενή και μηδένισε τον K

Χρωμόσωμα	0110	1100	0100	1001
τιμή συνάρτησης καταλληλότητας	169	576	64	361
τυχαίος αριθμός n	158			



ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ K

0

$$S = 1170$$

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

► Chromosome:  → 4 genes

fitness function: $f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$

Περιορισμός: a, b, c, d → integers between {0,30}

population size: (suppose) 6

Generate random integer values {0,30} for 6 chromosomes:

Chromosome[1] = [12;5;23;8]

Chromosome[2] = [2;21;18;3]

Chromosome[3] = [10;4;13;14]

Chromosome[4] = [20;1;10;6]

Chromosome[5] = [1;4;13;19]

Chromosome[6] = [20;5;17;1]

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x)=((a+2b+3c+4d)-30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

0

$$S = 451$$

$$n = 249$$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93

$S = 451$

$n = 249$

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 249$

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173

$S = 451$

$n = 249$

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173 $\geq$ n ?

S = 451

n = 249

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

256

$S = 451$

$n = 249$

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

256 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 249$

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

0

[10;4;13;14]

$S = 451$

$n = 249$

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x)=((a+2b+3c+4d)-30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

0

[10;4;13;14]

$S = 451$

$n = 281$

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93

[10;4;13;14]

$S = 451$

$n = 281$

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 281$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173

[10;4;13;14]

$S = 451$

$n = 281$

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 281$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

256

[10;4;13;14]

$S = 451$

$n = 281$

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

256 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 281$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

302

[10;4;13;14]

$S = 451$

$n = 281$

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

302 $\geq$ n ?

S = 451

n = 281



[10;4;13;14]

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

0

[10;4;13;14]

[20;1;10;6]

δεξαμενή
ζευγαρώματος

$S = 451$

$n = 281$

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x)=((a+2b+3c+4d)-30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

0

$S = 451$

$n = 265$

[10;4;13;14]

[20;1;10;6]

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

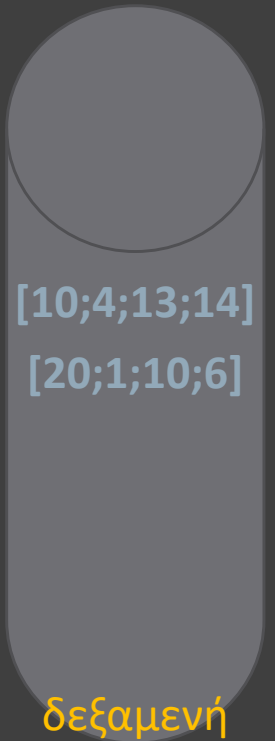
$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93

$S = 451$

$n = 265$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

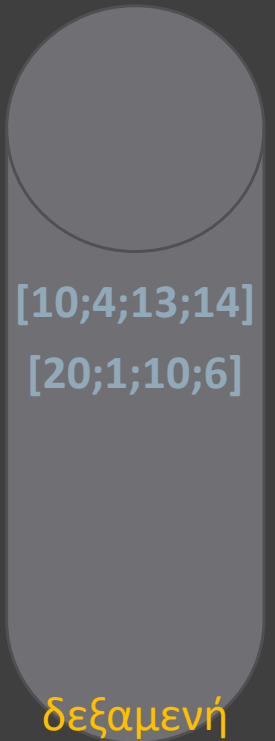
$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 265$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

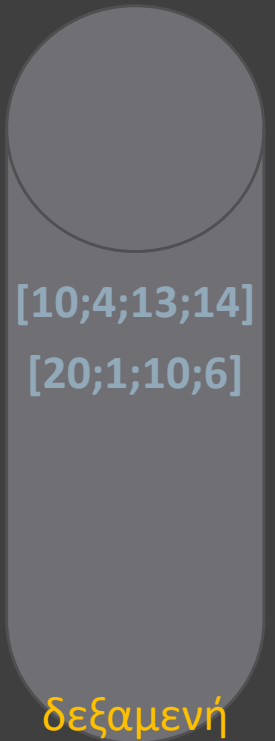
$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173

$S = 451$

$n = 265$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

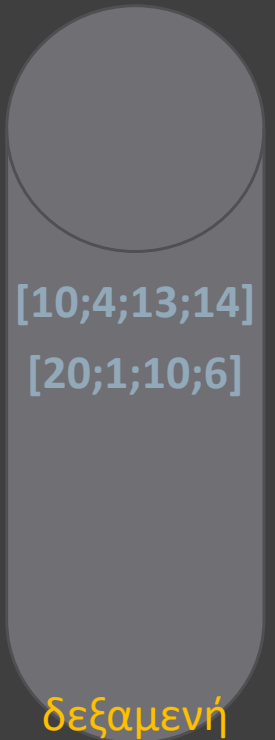
$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 265$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

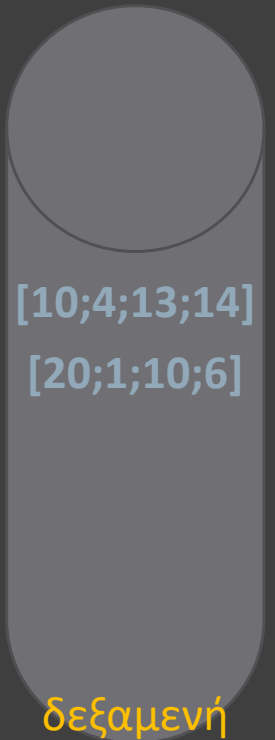
$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

256

$S = 451$

$n = 265$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

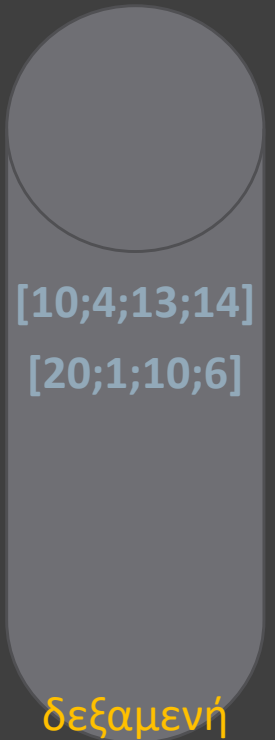
$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

256 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 265$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

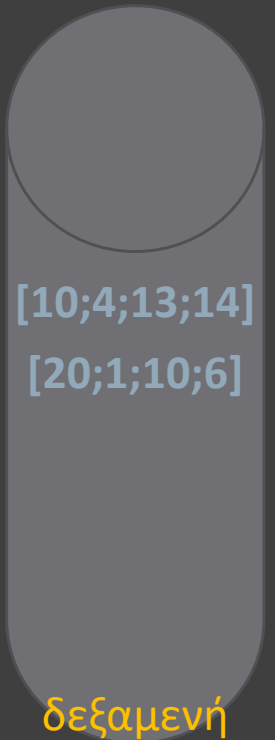
$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

302

$S = 451$

$n = 265$



Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

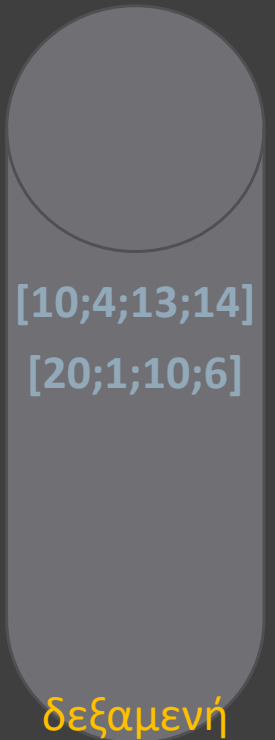
$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

302 $\geq$ n ?

S = 451

n = 265



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

302 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 265$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x)=((a+2b+3c+4d)-30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

0

$S = 451$

$n = 94$

[10;4;13;14]

[20;1;10;6]

[20;1;10;6]

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93

$S = 451$

$n = 94$



[10;4;13;14]

[20;1;10;6]

[20;1;10;6]

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 94$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173

$S = 451$

$n = 94$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 94$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173 ≥ π?

$S = 451$

$n = 94$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

0

$S = 451$

$n = 136$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93

$S = 451$

$n = 136$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 136$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173

$S = 451$

$n = 136$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 136$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173 ≥ π?

$S = 451$

$n = 136$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x)=((a+2b+3c+4d)-30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

0

$S = 451$

$n = 213$

[10;4;13;14]
[20;1;10;6]
[20;1;10;6]
[2;21;18;3]
[2;21;18;3]

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93

$S = 451$

$n = 213$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

93 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 213$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173

$S = 451$

$n = 213$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

173 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 213$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

256

$S = 451$

$n = 213$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

256 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 213$



δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Τεχνική της Ρουλέτας (roulette wheel selection)

Χρωμόσωμα	τιμή συνάρτησης καταλληλότητας
[12;5;23;8]	93
[2;21;18;3]	80
[10;4;13;14]	83
[20;1;10;6]	46
[1;4;13;19]	94
[20;5;17;1]	55

$$f(x) = ((a + 2b + 3c + 4d) - 30)$$

ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΗΣ Κ

256 $\geq n$?

$S = 451$

$n = 213$

[10;4;13;14]
[20;1;10;6]
[20;1;10;6]
[2;21;18;3]
[2;21;18;3]
[10;4;13;14]

δεξαμενή
ζευγαρώματος

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Επιλογή Διαγωνισμού (Tournament Selection)

1. Από τον αρχικό πληθυσμό επέλεξε **τυχαία** N χρωμοσώματα
2. Από αυτά τα N χρωμοσώματα, επέλεξε αυτό με την μεγαλύτερη **τιμή αξιολόγησης** και αντέγραψε το δεξαμενή ζευγαρώματος
3. Επανέλαβε τα βήματα 1-2 μέχρι να επιλεγεί ικανοποιητικός αριθμός υποψήφιων λύσεων για αντιγραφή στη δεξαμενή

Επιλογή γονέων: τεχνικές

Επιλογή γονέων

Επιλογή Διαγωνισμού (Tournament Selection)

- ✓ Ικανοποιείται η απαίτηση για τυχαιότητα
- ✓ Οικονομία στον κώδικα
- ✓ Απλό στην εκτέλεση

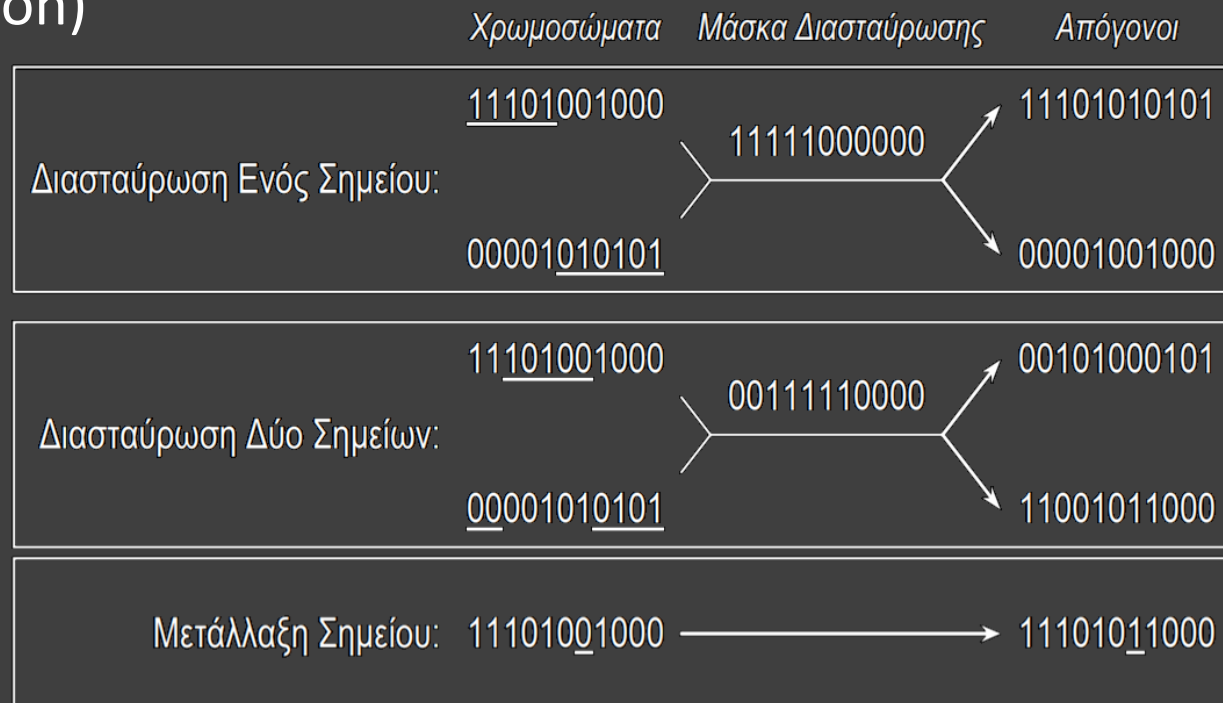
Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

- Αναπαράσταση υποψήφιων λύσεων
- Δημιουργία αρχικού πληθυσμού
- Συνάρτηση καταλληλότητας
- Επιλογή γονέων
- Τελεστές (π.χ. διασταύρωση, μετάλλαξη)
- Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)
- Συνθήκες τερματισμού του αλγορίθμου

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Αναπαραγωγή

- ✓ η διαδικασία δημιουργίας απογόνων
- ✓ τελεστές
 - διασταύρωση (crossover)
 - μετάλλαξη (mutation)

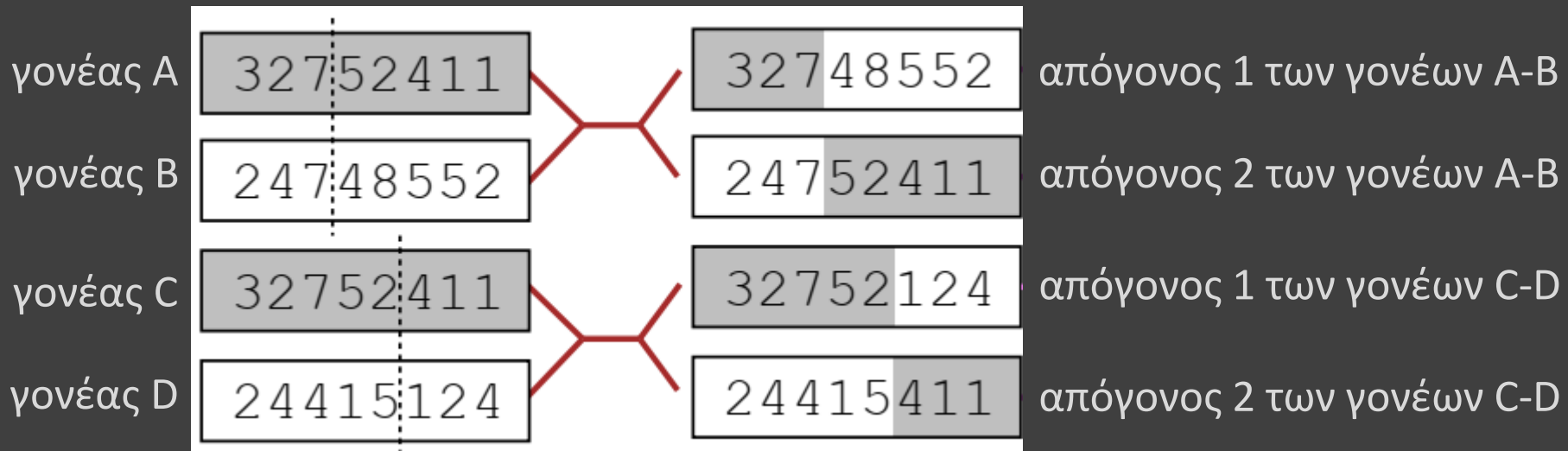


Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Αναπαραγωγή

Διασταύρωση (Crossover)

One-point crossover:

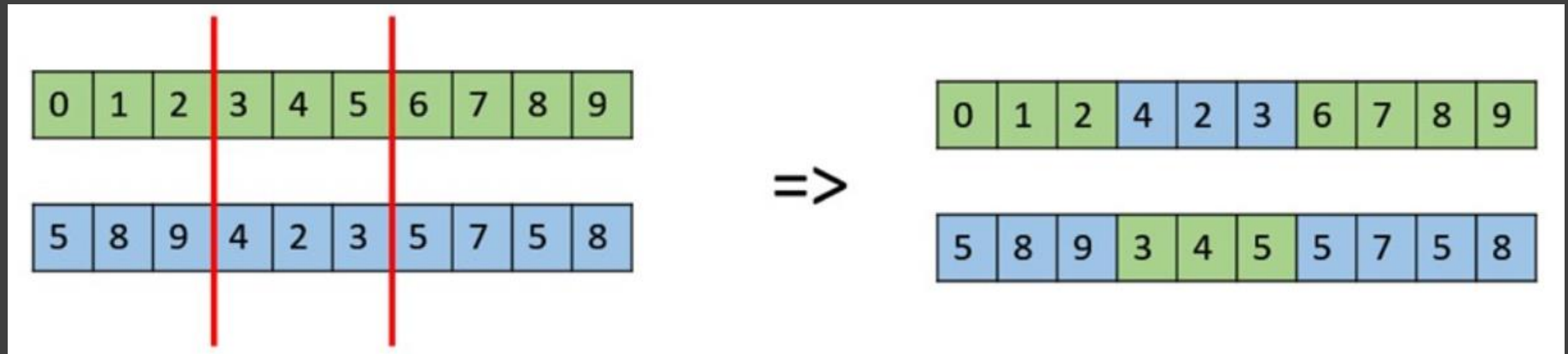


Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Αναπαραγωγή

Διασταύρωση (Crossover)

Two-points crossover:



Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Αναπαραγωγή

Μετάλλαξη (Mutation)

- ✓ τυχαία μικροαλλαγή στα χρωμοσώματα
- ✓ τυπικά η διαδικασία της μετάλλαξης εφαρμόζεται μετά τη δημιουργία απογόνων (διασταύρωση)

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Αναπαραγωγή

Μετάλλαξη (Mutation)

- ✓ σε κάθε γονίδιο ενός χρωμοσώματος αποδίδεται μια πιθανότητα μετάλλαξης p_m , συνήθως μικρή. Ένα εύρος πιθανότητας θα μπορούσε να είναι το διάστημα $\{1/\text{μέγεθος πληθυσμού}, 1/\text{μήκος χρωμοσώματος}\}$
- ✓ Αν η πιθανότητα οριστεί να είναι πολύ υψηλή, ο ΓΑ καταλήγει να είναι τυχαία αναζήτηση

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Αναπαραγωγή

Μετάλλαξη (Mutation)

- ✓ συμβάλλει στη διατήρηση της ποικιλομορφίας στον πληθυσμό
- ✓ Η μετάλλαξη είναι το τμήμα του ΓΑ που σχετίζεται με την "εξερεύνηση" του χώρου αναζήτησης. Έχει παρατηρηθεί ότι η μετάλλαξη είναι ουσιαστικής σημασίας για τη σύγκλιση του ΓΑ.

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Αναπαραγωγή

Μετάλλαξη (Mutation)

Flip Bit

(στην περίπτωση που έχουμε δυαδική αναπαράσταση για τα γονίδια)
Αλλάζει το επιλεγμένο γονίδιο από 0 σε 1 ή το αντίστροφο:

```
1 0 1 0 0 1 0
      ↓
1 0 1 0 1 0 0
```

Boundary

Για αναπαράσταση με ακέραιους ή πραγματικούς αριθμούς. Αντικαθιστά το επιλεγμένο γονίδιο με το άνω ή κάτω όριο τυχαία.

```
12 5 23 8
      ↓
12 5 23 30
```

Περιορισμός: integers between [0,30]

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Μετάλλαξη (Mutation)

Uniform

Αντικαθιστά την τιμή του επιλεγμένου γονιδίου με μία ομοιόμορφα κατανομημένη τιμή σε διάστημα τιμών που ορίζεται από το χρήστη. Χρησιμοποιείται για ακέραιους ή πραγματικούς αριθμούς

12 5 23 **8**



12 5 23 15

Περιορισμός: integers between [0,30]

15: τυχαία επιλεγμένος αριθμός στο [0,30]

Gaussian

Προσθέτει έναν αριθμό που παράγεται τυχαία με την κατανομή Gaussian στο επιλεγμένο χρωμόσωμα (1 αριθμός $\forall$ γονίδιο). Εάν η νέα τιμή του γονιδίου είναι εκτός των καθορισμένων ορίων του γονιδίου, προσαρμόζεται στα όρια. Χρησιμοποιείται για ακέραιους ή πραγματικούς αριθμούς

$$x' = x + N(0, \sigma)$$

x' : χρωμόσωμα μετά τη μετάλλαξη

x : χρωμόσωμα πριν τη μετάλλαξη

$N(0, \sigma)$: διάνυσμα τυχαίων γκαουσιανών αριθμών

με μέση τιμή 0 και τυπική απόκλιση σ

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

- Αναπαράσταση υποψήφιων λύσεων
- Δημιουργία αρχικού πληθυσμού
- Συνάρτηση καταλληλότητας
- Επιλογή γονέων
- Τελεστές (π.χ. διασταύρωση, μετάλλαξη)
- Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)
- Συνθήκες τερματισμού του αλγορίθμου

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)

- Ολική αντικατάσταση (total replacement)
- Μερική αντικατάσταση (partial replacement)
- Αντικατάσταση σταθερής κατάστασης (steady state replacement)

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Αντικατάσταση σταθερής κατάστασης (steady state replacement)

Pseudo code

```
P <- generate a population of individuals randomly
while stopping criterion has not been met:
    parent1 <- tournament_selection(P)
    parent2 <- tournament_selection(P)
    child1, child2 <- with probability cross_rate crossover parent1, parent2
    child1 <- mutate child1
    child2 <- mutate child2
    best1, best2 <- get the 2 highest fitness individuals out of parent1, parent2,
                                                             child1, child2
    replace parent1 with best1
    replace parent2 with best2
```

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)

- Ολική αντικατάσταση (total replacement)
- Μερική αντικατάσταση (partial replacement)
- Αντικατάσταση σταθερής κατάστασης (steady state replacement)
 - Επιλεκτική πίεση (selective pressure)
 - Γενετική ποικιλομορφία (generational diversity)

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)

Εκλεκτισμός (Elitism)

- Από τον αρχικό πληθυσμό, επιλέγεται ένας αριθμός χρωμοσωμάτων που έχουν τη μεγαλύτερη τιμή με βάση τη **συνάρτηση αξιολόγησης**
- Τα χρωμοσώματα αυτά μεταφέρονται **αυτούσια** στην επόμενη γενιά, χωρίς να περάσουν τη διαδικασία της αναπαραγωγής και της μετάλλαξης
- Εάν κάποιος απόγονος είναι καλύτερος από κάποια λύση που ανήκει στις elite, την αντικαθιστά

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)

Εκλεκτισμός (Elitism)

- ✓ Συγκλίνει **γρήγορα** σε βέλτιστο
- ✓ Είναι πιθανό να **εγκλωβιστεί** σε τοπικό βέλτιστο
- ✓ Είναι πιο αποτελεσματική για προβλήματα χαμηλής πολυπλοκότητας ή μικρού πληθυσμού

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

- Αναπαράσταση υποψήφιων λύσεων
- Δημιουργία αρχικού πληθυσμού
- Συνάρτηση καταλληλότητας
- Επιλογή γονέων
- Τελεστές (π.χ. διασταύρωση, μετάλλαξη)
- Οριστικοποίηση επόμενης γενιάς (στρατηγική μετανάστευσης)
- Συνθήκες τερματισμού του αλγορίθμου

Μηχανισμοί Γενετικού Αλγορίθμου

Κριτήρια τερματισμού

- ✓ Εύρεση μιας βέλτιστης λύσης ή σύγκλιση όλων των λύσεων σε μία
- Συγκεκριμένος αριθμός επαναλήψεων
- Μη εύρεση καλύτερης λύσης για συνεχόμενες επαναλήψεις)

Συνοπτικά

1. Αποκωδικοποίηση (Decoding)
2. Αρχικοποίηση (Initialization)
3. Αξιολόγηση (Evaluation)
4. Αναπαραγωγή (Reproduction)
 - I. Επιλογή (Selection)
 - II. Διασταύρωση (Crossover)
 - III. Μετάλλαξη (Mutation)
5. Μετανάστευση
6. Επανάληψη από το βήμα 3 μέχρι να ικανοποιηθεί το κριτήριο τερματισμού