



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ, ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ (ΣΥ.Σ.Π.Α.Λ.)**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΜΕ ΧΡΟΝΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ**

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΑΝΔΡΙΤΣΟΥ

ΧΙΟΣ 2006

**Λύση του Προβλήματος
Προσανατολισμού με Χρονικά Παράθυρα με Χρήση
Γενετικού Αλγορίθμου**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αικατερίνη Ανδρίτσου

Επιβλέπων Καθηγητής: κ. Ιωάννης Μίνης

2006

*Στην οικογένειά μου &
στην οικογένεια Ι. Σταμούλη*

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ πολύ τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ιωάννη Μίνη καθώς και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Κωνσταντίνο Μαμάση για τη βοήθειά τους. Ακόμη, ευχαριστώ τους κυρίους Νικόλαο Αμπαζή, Αθανάσιο Τσάκωνα και Δημοσθένη Δριβαλιάρη για την πρόθυμη βοήθεια που μου προσέφεραν. Επίσης, είμαι ευγνώμων στους κυρίους Θεοδωρή Αθανασόπουλο και Νικόλαο Θωμαΐδη για τη συνεργασία τους. Ευχαριστώ πολύ την κ. Καίτη, τον κ. Γιάννη και όλους τους φίλους μου στη Χίο για την αγάπη και τη συμπαράστασή τους. Ευχαριστώ θερμά το Θεό και την οικογένειά μου για την αγάπη τους και όλα όσα μου έχουν προσφέρει !

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

(Genetic Algorithm)

(Orienteering Problem with Time Windows-OPTW). OPTW

OPTW.
: (selection),
(crossover) (mutation)
: (crossover rate),
(mutation rate) (population size).

OPTW,
().

Tasgetiren [79],
19, 30 31 .
(30 31)
, (19)

OPTW 78
Dumas *et al.* [29]
TSPTW. 5 20 , 5
60 3 150 .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

20 60 ,
20 , 40
, 60, 80 100
(6)
(max, 0.9 max, í , 0.5 max), max
20 5x6=30
60 5x6=30. 150 ,
20, 40 60
6
3x6=18 .

Λέξεις Κλειδιά:

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 5.1		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί	51
Πίνακας 5.2		ί ί ί ί .ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί ί	51
Πίνακας 5.3	OP 30	ί ί ί .ί ί ί ί ...ί ί	..52
Πίνακας 5.4	OP 19	ί ί ί ί ί .ί ί ί ί ί	.53
Πίνακας 5.5	OP 31	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί	..53
Πίνακας 5.6	OPTW 20	20 ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί ί ί ί	56
Πίνακας 5.7	OPTW 20	40 ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί ί	.56
Πίνακας 5.8	OPTW 20	60 ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί ί	.56
Πίνακας 5.9	OPTW 20	80 ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί ί ί	.56
Πίνακας 5.10	OPTW 20	100 ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί	.57
Πίνακας 5.11	OPTW 60	20 ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί	..58
Πίνακας 5.12	OPTW 60	40 ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί	..59
Πίνακας 5.13	OPTW 60	60 ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί	..59
Πίνακας 5.14	OPTW 60	80 ί ί ί ί ί ..ί	..59
Πίνακας 5.15	OPTW 60	100 ί ..ί	..59
Πίνακας 5.16	OPTW 150	20 ί ..ί	61
Πίνακας 5.17	OPTW 150	40 ί ..ί	61
Πίνακας 5.18	OPTW 150	60 ί ..ί	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 4.1			(roulette wheel)ί	23
Σχήμα 4.2			ί ί ί ί ί .ί .ί	34
Σχήμα 4.3			(crossover) ...ί ί ί ί .ί	37
Σχήμα 4.4			(mutation) ί ί ί ί ί ...ί	40
Σχήμα 4.5		30	,	
	100		ί ί ί ί .ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ...ί	48
Σχήμα 4.6		W 150	,	
	200		ί ί ...ί .ί ί ί ί ί ί ί ί ί .ί ...ί ίί ..	48
Σχήμα 5.1			20	
	20		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ...ί ί	57
Σχήμα 5.2			20	
	40		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ...ί ί	57
Σχήμα 5.3			20	
	60		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ...ί ί ί ί ί	57
Σχήμα 5.4			20	
	80		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί .ί ί ί	57
Σχήμα 5.5			20	
	100		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί .ί ί ί ί	58
Σχήμα 5.6			60	
	20		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ...ί ί ί	60
Σχήμα 5.7			60	
	40		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ...ί ί	60
Σχήμα 5.8			60	
	60		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ...ί ί	60
Σχήμα 5.9			60	
	80		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ...ί	60
Σχήμα 5.10			60	
	100		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί .ί ί	60
Σχήμα 5.11			150	
	20		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ...ί	62
Σχήμα 5.12			150	
	40		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ...ί	62

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 5.13

150
60 ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ...ί .62

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ί ..ί ί ί ί ί ί 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1.	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί	ί ..ί 3
2.2.	(TSP)	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ... 3
2.2.1.	TSP	ί ί ί ί ί ί ..ί .ί ί 4
2.2.2.	TSP	ί ...ί ί ί ί ..ί ί 5
2.3.	(OP)	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί ί ί ..7
2.3.1.		ί ί ί ί ί ί ..ί .8
2.3.2.		ί ί ί ί ί ί ..ί 10
2.4.		(TSPTW).. 11
2.5.	(TW)	ί ί ί 12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

3.1.	OPTW	ί ί ί ί ί ί ..ί ί ί ί ί ί	15
3.2.		ί ί ί ί ί ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

4.1.	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ..ί ..ί ..ί ..	20
4.2.	ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..	21
4.3.	ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..	21
4.4.	ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..	22
4.5.	ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..	31
4.6.	ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..	33
4.7.	ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..ί ..	48

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1.	()	ί ί ί ί	.51
5.2.		ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί	.54
5.3.	(TW)	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί	..ί 55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί	.ί ί	63
--	---------------------------------------	------	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

.1.	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί	.66	
.2.	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί	.ί ί .ί ί	67
.3.	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί	.ί .ί ..ί	68
.4.	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί	...ί .ί ί	70
.5.	ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί ί	..ί .ί	.72
.6.		ί ί ί ί ί ί ί ί 73
.7.		ί ί ί ί ί ί ί ί	.ί .. 75
.8.	ί ί ί ί ί ί ί	..ί ί ί ί ί	ί ί ί .. 75

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	77
--------------------	----

ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ	86
-----------------------	----

1. Εισαγωγή

(logistics) , ,
[8].

- , - .

· ,

· :

αυστηρά χρονικά παράθυρα (hard time windows), ,

μη αυστηρά χρονικά παράθυρα (soft time windows),

(penalties)

·

[65].

OPTW.

[87].

2

3

4

5

6

2. Γνωστικό Υπόβαθρο

2.1. Εισαγωγή

οι παρακάτω προβλήματα :

(Traveling Salesman Problem / TSP), (Orienteering Problem /
(Traveling Salesman Problem with Time Windows / TSPTW)
(Orienteering Problem with Time Windows / TW) .

2.2. Το Πρόβλημα του Περιοδεύοντος Πωλητή (Traveling Salesman Problem-TSP)

Το TSP είναι ένα από τα πιο διάσημα προβλήματα της θεωρίας της οπтимοποίησης. Ο Karl Menger (1930), Mahalanobis, Jessen, Gosh Marks (1940) και ο Christofides (1976) έχουν κάνει σημαντικές συνεισφορές στην επίλυση του TSP. Ο Christofides πρότεινε έναν αλγόριθμο που εγγυάται μια λύση με μήκος το πολύ 1.5 φορές μεγαλύτερο από το βέλτιστο [93].

Το TSP είναι ένα NP-hard πρόβλημα [13]. Η απόδειξη της NP-hardness του TSP δόθηκε από τον Cook [94].

¹ NP-hard (Nondeterministic Polynomial-time hard):

είναι ένα πρόβλημα που αν υπάρχει αλγόριθμος που να το λύνει σε χρόνο πολυωνομικό, τότε και όλα τα προβλήματα που ανήκουν στην κλάση P μπορούν να λυθούν σε χρόνο πολυωνομικό. Ο Turing πρότεινε τον ορισμό της πολυωνομικής πολυπλοκότητας, $m(n)$, όπου n είναι το μέγεθος του προβλήματος. Ο Turing [96].

2.2.1. Ευρετικές Μέθοδοι για την Επίλυση του TSP

TSP :

Ο αλγόριθμος του Πλησιέστερου Γείτονα (Nearest Neighbor).

,
.
[47]. Nearest Neighbor, Rosenkrantz *et al.* [75], Bentley [12] Frieze [36].

Η μέθοδος Greedy Insertion.

() ,
.
.
[31].
Greedy ,
[92].
Golden Stewart [38], Rosenkrantz *et al.* [75], Bentley [12] Frieze [36].

Η μέθοδος των Clarke και Wright.

n :
1. , $i, j = 2, 3, \dots, n$
« » i j
i j ,
/ , c_{ij} , i j.

$$s_{ij} = c_{1i} + c_{j1} - c_{ij}, \quad c_{1i}$$

$$i \quad c_{j1}$$

$$j \quad \langle \quad \rangle$$

Clarke Wright [25], Golden [37], Golden Stewart [38] Johnson *et al.* [47].

Η ευρετική τεχνική Christofides.

[23].
 n ,
 perfect matching² .
 (multigraph³) G , G
 Euler.
 Christofides [23][24], Cornuejols *et al.* [26] Johnson *et al.* [47].

2.2.2. Μετεωρετικές Μέθοδοι για την Επίλυση του TSP

TSP :
 Η μέθοδος Προσομοίωσης Ανόπτησης (Simulated Annealing-SA).
 (simulates)
 (annealing)

² perfect matching:

³ multigraph:

SA,

(),

TSP

Kirkpatrick *et al.* [55]

Cerny [18].

Η μέθοδος Tabu Search (TS).

Tabu Search

tabu list

(\div \emptyset).

x

x \emptyset

Tabu

Search

TSP

Glover [42][43],

Lin Kernighan [60], Rossier *et al.* [76], Malek *et al.* [63], Heap *et al.* [45], Knox

Glover [54], Fiechter [32] Knox [53].

Γενετικοί αλγόριθμοι (Genetic Algorithms-GAs).

().

”

()

(),

(),

()

().

TSP GAs

Goldberg [41], Holland

[46], Valenzuela *et al.* [83], Brady [14], Wang *et al.* [84]

Katayama *et al.* [49].

2.3. Το Πρόβλημα του Προσανατολισμού (Orienteering Problem-OP)

[19].

OP TSP :

- OP
 - OP ,
TSP
 - OP
(
) , TSP
 - , TSP
- [50].

OP TSP (Selective
Traveling Salesman Problem / STSP) [1]
(Maximum Collection Problem / MCP) [1] Single-Competitor Orienteering
Problem (S-COP) [20] Prize-Collecting Traveling Salesman Problem [7].
NP-hard [19].

2.3.1. Ευρετικές Μέθοδοι για την Επίλυση του OP

OP

Tsiligirides [81a] .

Monte Carlo

desirability measure)

$$A_{ij} = \left(\frac{s_j}{c_{ij}} \right)^4 \quad (2.1)$$

s_j c_{ij} i j A_{ij}

$$P_{ik} = \frac{A_{ik}}{\sum_{m \in M} A_{im}}, \quad k \in M \quad (2.2)$$

j P_{ik}

2-opt.

()

A_{ij} .

Golden, Levy, Vohra [39]

:

1.

2.

3.

1 2.

-bang to buckø

T

$$W_i = a \cdot s_i + b \cdot C_i + c \cdot E_i, \quad a + b + c = 1, \quad s_i$$

i, C_i

E_i

s_i, C_i, E_i

2-opt

1 2.

Chao, Golden Wasil [19]
OP.
() L
« »
(),

2.3.2. Μετεωρετικές Μέθοδοι για την Επίλυση του OP

Ramesh Brown (1991) [73] Tabu Search
2-opt
3-opt.

Tasgetiren [79],

Tasgetiren Smith [81].

[31].

Tasgetiren, Smith Uysal [80] Variable
eighbourhood Search (VNS). VNS
Mladenovic and Hansen [67]
(neighborhood change),

2.4. Το Πρόβλημα του Περιοδεύοντος Πωλητή με Χρονικά Παράθυρα (Traveling Salesman Problem with Time Windows / TSPTW)

(Traveling
Salesman Problem with Time Windows / TSPTW) TSP.
TSPTW, (. . .)

/

TSPTW m-TSPTW [16] (m
). TSPTW m-
TSPTW

[86].

TSPTW Christofides *et al.*
[22] Baker [4],
(branch-and-bound). Dumas *et al.* [29]
TSPTW,

Mingozzi *et al.*

[64].

Balas and Simonetti [6]

$$\begin{aligned}
 & \text{,} \\
 & \text{,} \\
 & \text{j} \\
 & \text{k (k > 0)} \\
 & \text{i} \\
 & \text{j} \geq \text{i} + \text{k.} \\
 & \text{n} \\
 & \text{k.}
 \end{aligned}$$

TSPTW

Nygaard

Yang [68]

Jung, Moon

Kim [48].

Nygaard

Yang

earliest closing time

TSPTW

Malandraki Dial [62], Salomon *et al.* [77], Pesant *et al.* [69][70], Tsitsiklis [82], Langevin *et al.* [56], Pesant *et al.* [34], Caseau and Koppstein [17], Focacci, Lodi and Milano [35], Ascheuer *et al.* [3] Favaretto *et al.* [30].

2.5. Το Πρόβλημα του Προσανατολισμού με Χρονικά Παράθυρα (Orienteering Problem with Time Windows / OPTW)

1992

Kantor

Rosenwein

[48a]

Blum *et al.* [12a]

PTW,

[r , d]

() .

[r , d]. r

d

. Tsitsikilis PTW

NP-complete [82].

Prize

Collecting Traveling Salesman Problem with Time Windows (PCTSP-TW)

Traveling Salesman Problem with Time Deadlines (TSPTD) [21].

Bar-Yehuda *et al.* [9]

Prize-Collecting TSPTW

,

. Chekuri Kumar [21]

, OPTW

Maximum Coverage Problem with Group Budget Constraints (MCG).

[87]

OPTW

Tsiligirides [81a].

:

$$A_{ij} = \frac{p_j}{c_{ij}}, \quad B_{ij} = p_j \cdot \left(-c \cdot S_{ij} + \frac{1}{c_{ij}} \right) \quad C_{ij} = p_j \cdot \left(\frac{c}{S_{ij} + D} + \frac{1}{c_{ij}} \right)$$

p_j j , c_{ij}

i j , S_{ij}

j c , D .

« »

1 .

(8),

.

2,3 4, 2

.

3. Διατύπωση Μαθηματικού Μοντέλου

3.1. Ορισμός του Προβλήματος OPTW

(Orienteering Problem

with Time Windows-OPTW)

(. . .)

NP-hard

OPTW

3.2. Μαθηματικό Μοντέλο

OPTW

:

$G = (V,A)$, V , $V=\{s,1,2,3,4ί ,m,0\}$

s , 0 1,2,3,4ί ,m

A

- $V_u = V \setminus \{0, s\}$

- $\Delta^+(i)$ (forward star)

$$j \quad i, \quad i$$

- $\Delta^-(i)$ (backward star)

$$i \quad j$$

, :

$$p_i \quad i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$s_i \quad i ($$

$$t_i \quad i$$

$$c_{ij} \quad \delta \quad \delta (\quad) \quad i$$

$$[r(i), d(i)] \quad i, \quad r(i)$$

(release time) i

$$d(i) \quad (\text{deadline})$$

$$i$$

(t=T)

$$[0, T] \quad , \quad 0$$

$$x_{ij} \quad , \quad 1$$

$$i \quad j \quad 0$$

(=1),

:

$$\max \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_i x_{ij} \quad (3.1)$$

:

$$\sum_{j \in \Delta^+(i) \setminus 0} x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in V_u \quad (3.2)$$

$$\sum_{j \in \Delta^-(i) \setminus s} x_{ji} \leq 1 \quad \forall i \in V_u \quad (3.3)$$

$$\sum_{j \in \Delta^+(s)} x_{sj} = 1 \quad (3.4)$$

$$\sum_{j \in \Delta^-(s)} x_{js} = 0 \quad (3.5)$$

$$\sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0j} = 0 \quad (3.6)$$

$$\sum_{j \in \Delta^-(0)} x_{j0} = 1 \quad (3.7)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq \sum_{j \in S} x_{ij} - 1 \quad \forall S \subseteq V_u \quad (3.8)$$

$$\sum_{i \in V_u} \sum_{j \in V_u} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in V_u} \sum_{j \in V_u} s_i x_{ji} \leq T \quad (3.9)$$

$$x_{ij} [t_i + s_i + c_{ij} - t_j] \leq 0 \quad \forall i, j \in V_u \quad (3.10)$$

$$r(i) \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij} \leq t_i \leq d(i) \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij} \quad \forall i, j \in V_u \quad (3.11)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (3.12)$$

$$(3.2) \quad (3.3)$$

$$(3.4) \quad (3.5)$$

$$(3.6) \quad (3.7)$$

$$(3.8)$$

(subtours)

$$(3.9)$$

T.

$$(3.10)$$

$$i \quad j (\quad x_{ij} \quad 1),$$

j

$$j \quad ,$$

j

i

i

j.

i

j

j

,

$$(3.11)$$

i

j,

j

j.

j

,

.

,

j

,

.

,

$$(3.12)$$

x_{ij}

1 0.

OP

NP-hard

(3.10)

$$t_i + s_i + c_{ij} - t_j \leq (1 - x_{ij})M_{ij}$$

M_{ij}

(highly-constrained).

4. Προτεινόμενος Γενετικός Αλγόριθμος

4.1. Εισαγωγή

OPTW. (Genetic Algorithms-GAs)

[91]. John Holland 1975

OPTW:

4.2. Αναπαράσταση Υποψήφιων Λύσεων

χρωμόσωμα.

(), γονίδια. , 20
 (=20), :

$x_1 = [0, 1, 9, 18, 16, 15, 13, 2, -1]$

0 , 1,9,18,16,15,13 2
 -1

[0, 1, 9, 18, 16,
 15, 13, 2, -1] [0, 1, 18, 9, 16, 15, 13, 2, -1].
 πληθυσμός.

4.3. Συνάρτηση Καταλληλότητας

(fitness function)

:

[0, 1, 18, 9, 16, 15, 13, 2, -1]

1, 18, 9, 16, 15, 13 2

10, 5, 15, 6, 20, 10 23

:

$F(X) = 10 + 5 + 15 + 6 + 20 + 10 + 23 = 89$ ()

4.4. Γενετικοί Μηχανισμοί

επιλογή, διασταύρωση μετάλλαξη.

Επιλογή (selection)

γονείς, (roulette wheel selection).

(fitness).

roulette wheel

[91]:

1. [Υπολογισμός Καταλληλότητας]

2. [Άθροισμα] S

3. [Επιλογή] r $(0, S)$.

4. [Βρόγχος]

θ s (

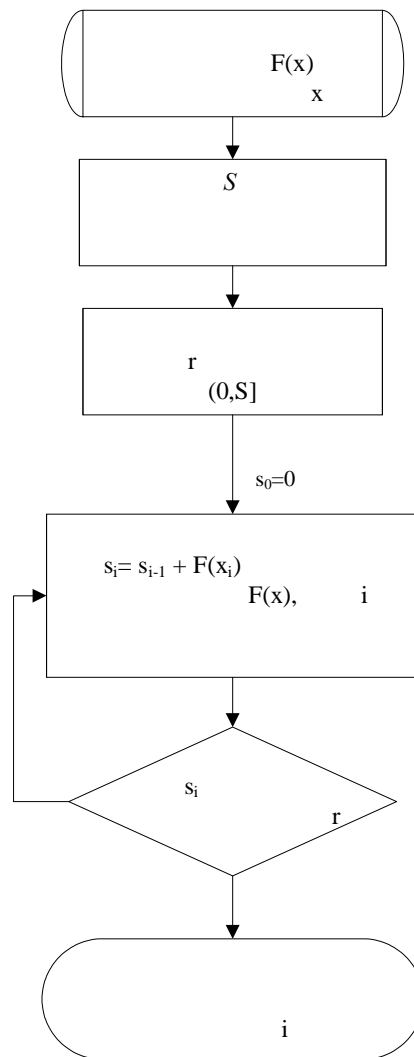
).

s

r ,

s

r .



4.1

(roulette wheel)

,

:

1: [0 6 2 1 8 5 -1]

2: [0 5 4 8 2 -1]

3: [0 1 2 9 7 4 6 -1]

4: [0 5 4 8 2 -1]

$$s: [0 \ 2 \ 9 \ 3 \ 8 \ 4 \ 7 \ 5 \ -1]$$

$$1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 \quad 9$$

$$10, 15, 14, 20, 9, 12, 25, 20 \quad 15 \quad 0 \quad -1$$

Βήμα 1:

$$f(1) = P(6) + P(2) + P(1) + P(8) + P(5) = 12 + 15 + 10 + 20 + 9 = 66$$

$$f(2)=64, f(3)=97, f(4)=64, f(5)=118$$

Βήμα 2:

$$S = f(1) + f(2) + f(3) + f(4) + f(5) = 66 + 64 + 97 + 64 + 118 = 409$$

Βήμα 3:

$$r \quad (0, S)$$

$$(0, 409) \quad r = 220.$$

Βήμα 4:

$$s \quad r. \quad s$$

$$r, \quad s$$

$$r.$$

$$s = f(1) = 66$$

$$s = f(1) + f(2) = 66 + 64 = 130$$

$$s = f(1) + f(2) + f(3) = 66 + 64 + 97 = 227 > r$$

$$s: [0 \ 1 \ 2 \ 9 \ 7 \ 4 \ 6 \ -1]$$

[11].

[2].

Διασταύρωση (crossover)

απογόνων
 P_c (0ÖP_cÖ1).
 P_c
 r_c (P_c) 0.4.
 r_c [0,1].
 r_c 0.4
 r_c 1
 r_c (P_c)
 r_c 0
 r_c (two-point crossover)
 r_c (uniform crossover).
 r_c P_{ctwo} P_{cuni}
 r_c P_{ctwo} P_{cuni}
 r_c P_{ctwo} + P_{cuni} = 1.
 r_c 0.4 -
 r_c P_{ctwo} = 0.7 two-point
 r_c P_{cuni} = 0.3 uniform
 r_c r_d [0,1]. r_d
 r_c 0.3

-uniformα , rd 0.3
 -two-pointα

$$\begin{aligned}
 1 &= [0 \ 2 \ 8 \ 10 \ 7 \ 6 \ 4 \ 13 \ -1] \\
 2 &= [0 \ 9 \ 3 \ 20 \ 12 \ 5 \ 1 \ 19 \ 21 \ 11 \ -1]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1 & \quad 9 & 2 & \quad 11. \\
 & & & [1,9). \quad 9
 \end{aligned}$$

$$=3 \quad =7.$$

$$7 (\quad , \ .4),$$

$$\begin{aligned}
 1^{ος} \text{ Γονέας:} & \quad 1 = [0 \ 2 \ 8 \ | \ 10 \ 7 \ 6 \ 4 \ | \ 13 \ -1] \\
 2^{ος} \text{ Γονέας:} & \quad 2 = [0 \ 9 \ 3 \ | \ 20 \ 12 \ 5 \ 1 \ | \ 19 \ 21 \ 11 \ -1]
 \end{aligned}$$

$$1 \quad 2.$$

$$\begin{aligned}
 1^{ος} \text{ Απόγονος:} & \quad 1 = [0 \ 2 \ 8 \ | \ 20 \ 12 \ 5 \ 1 \ | \ 13 \ -1] \\
 2^{ος} \text{ Απόγονος:} & \quad 2 = [0 \ 9 \ 3 \ | \ 10 \ 7 \ 6 \ 4 \ | \ 19 \ 21 \ 11 \ -1]
 \end{aligned}$$

0.5.

(, 4). ,
 1 2:

1^{ος} Γονέας: $x_1 = [0 \ 2 \ 8 \ 10 \ 7 \ 6 \ 4 \ 13 \ -1]$

2^{ος} Γονέας: $x_2 = [0 \ 9 \ 3 \ 20 \ 12 \ 5 \ 1 \ 19 \ 21 \ 11 \ -1]$

:

Απόγονος: $x = [0 \ 2 \ 3 \ 20 \ 7 \ 5 \ 4 \ 13 \ 11 \ -1]$

, -
 ó

, () ,

[87].

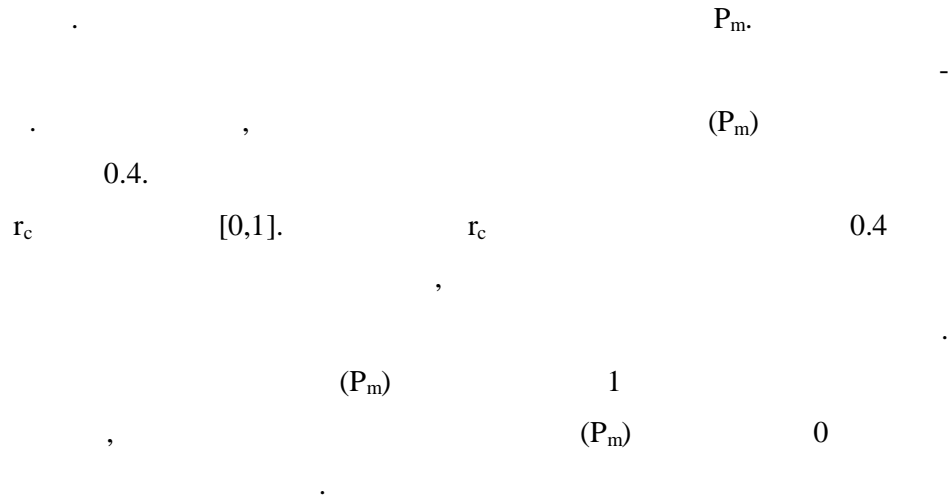
[10].

[87].

[52]. DeJohn Spears

[87].

Μετάλλαξη (mutation)



διαγραφή (omit), αντικατάσταση (replace) ανταλλαγή (swap). πρόσθεση

$$= [1, 3, 11, 18, 16, 15, 13, 2, 5, 6, 12, 8, 10, 20, 21]$$

14

$$\emptyset = [1, 3, 11, 18, 16, 15, 13, 2, 5, \mathbf{14}, 6, 12, 8, 10, 20, 21]$$

διαγραφή,

$$= [1, 3, 11, \mathbf{18}, 16, 15, 13, 2, 5, 6, 12, 8, 10, 20, 21]$$

, . . . **18**

:

$$\emptyset = [1, 3, 11, 16, 15, 13, 2, 5, 6, 12, 8, 10, 20, 21]$$

αντικατάσταση,

. . . :

$$= [1, 3, 11, 18, 16, \mathbf{15}, 13, 2, 5, 6, 12, 8, 10, 20, 21]$$

, . . . **4.** ,

, . . . **15**

, **4.**

:

$$\emptyset = [1, 3, 11, 18, 16, \mathbf{4}, 13, 2, 5, 6, 12, 8, 10, 20, 21]$$

, ,
 . :

$$= [1, 3, 11, 18, 16, \mathbf{15}, 13, 2, 5, 6, \mathbf{12}, 8, 10, 20, 21]$$

, . . . **15** **12**

:

$$\emptyset = [1, 3, 11, 18, 16, \mathbf{12}, 13, 2, 5, 6, \mathbf{15}, 8, 10, 20, 21]$$

1,

P_{omit}.

,

$$= [0 \ 2 \ 3 \ 9 \ 12 \ 5 \ 6 \ -1]$$

, .
 , 4 6.
 , , :

$$= [0 \ 2 \ 3 \ 9 \ 12 \ 4 \ 5 \ 6 \ -1]$$

,
 Γ_{omit}, [0,1]. Γ_{omit}

P_{omit}

,
 . , ,
 4, , ,
 :

$$= [0 \ 2 \ 3 \ 12 \ 4 \ 5 \ 6 \ -1]$$

:
 $= [0 \ 2 \ 3 \ 9 \ 12 \ 4 \ 5 \ 6 \ -1]$

. 15
 2 .

, :

$$= [0 \ 15 \ 3 \ 12 \ 4 \ 5 \ 6 \ -1]$$

, 15 6 .
 :

$$= [0 \ 6 \ 3 \ 12 \ 4 \ 5 \ 15 \ -1]$$

4.5. Παράμετροι Γενετικού Αλγορίθμου

➤ (crossover rate)

P_c ÷ \emptyset

,

,

,

,

0.25.

$P_{ctwo} = 0.25$

two-point $P_{cuni} = 0.75$ uniform.

➤ (mutation rate)

,

P_m

[10].

,

(exploration).

,

,

,

(exploitation).

,

,

.

$P_m = 0.05,$

0.01

0.8

, $P_m = 0.7$

0.005.

5.

$P_m = 0.7$

0.00001 (0.01%).

$P_m = 0.7$

P_m

0,7.

➤ (population size)

(.6).

200

150

100

5

(5).

50).
50 (=

4.6. Περιγραφή Προτεινόμενου Γενετικού Αλγόριθμου

Generational [28].

(deterministic)
(buffer).

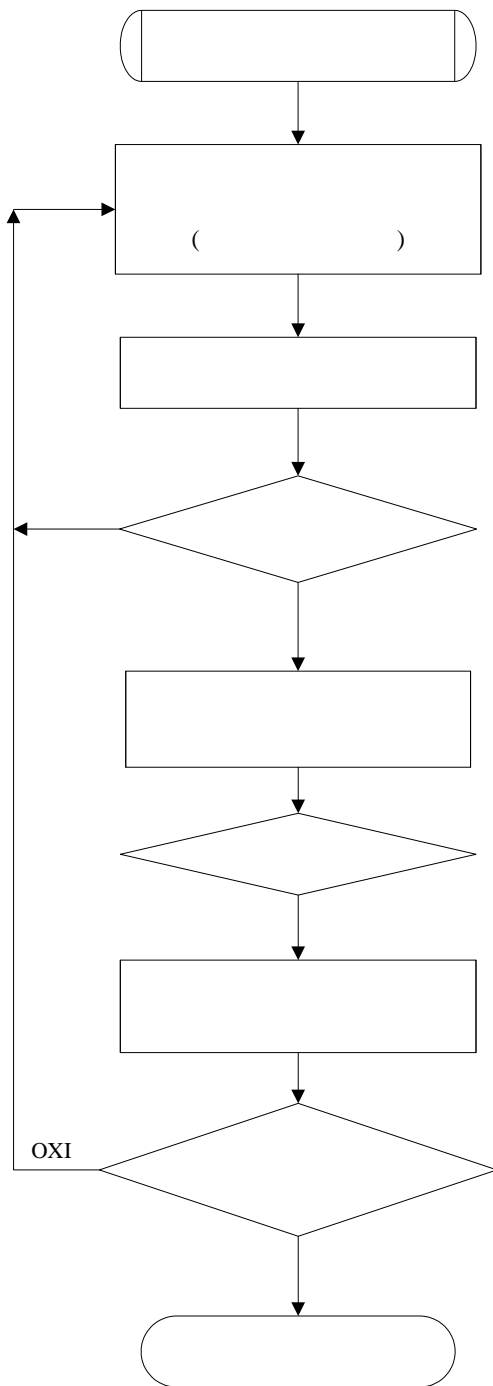
÷ ∅

[28].

Holland (1975)

÷ ∅

[86a].



4.2

4.2,

:

-
-
-
-
-

/

,

:

Βήμα 1^ο : Δημιουργία Αρχικού Πληθυσμού

(1999), Bräysy [15].

V_u m s V_u $[0, T]$ i $r(i) \leq t_i \leq d(i)$ $[r(i), d(i)]$ i V_u i p_i p_i δ δ i V_u V_u

Βήμα 2^ο : Επιλογή των Γονέων

4.3-

(roulette wheel),

4.4,

-1

Βήμα 3^ο : Διασταύρωση

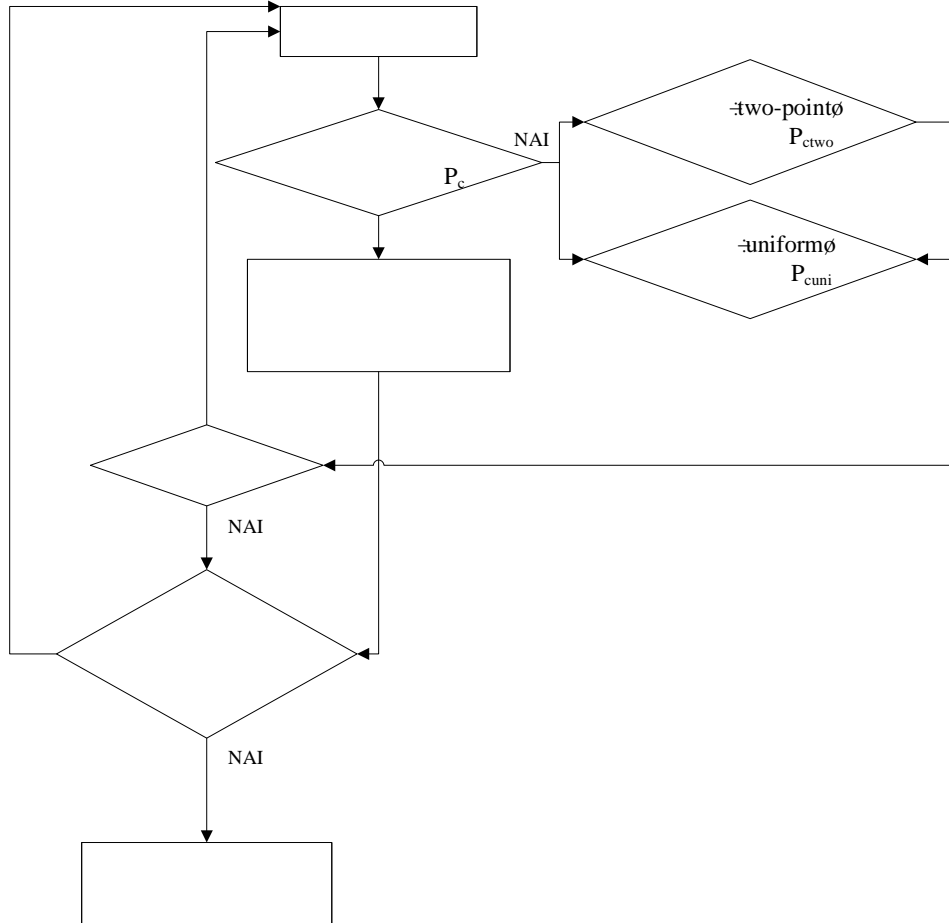
P_c .

P_c

$1-P_c$

ό
:
P_{ctwo}, P_{cuni}.

4.4.



4.3

(crossover)

Matlab,

2

1^{ος} Γονέας: $_1 = [0 \ 2 \ 8 \ 10 \ 7 \ 6 \ 4 \ 13 \ -1]$

2^{ος} Γονέας: $_2 = [0 \ 9 \ 3 \ 20 \ 12 \ 5 \ 1 \ 19 \ 21 \ 11 \ -1]$

25 $_1$ 30 $_2$.

:

Απόγονος: $= [0 \ 2 \ 3 \ 10 \ 12 \ 6 \ 4 \ 13 \ 21 \ -1]$

,

1^{ος} Απόγονος: $_1 = [0 \ 2 \ 3 \ 10 \ 12 \ 6 \ 4 \ 13 \ 21 \ -1]$

2^{ος} Απόγονος: $_2 = [0 \ 9 \ 3 \ 20 \ 12 \ 5 \ 1 \ 19 \ 21 \ 11 \ -1]$

,

()



(buffer).

Βήμα 4^ο : Μετάλλαξη

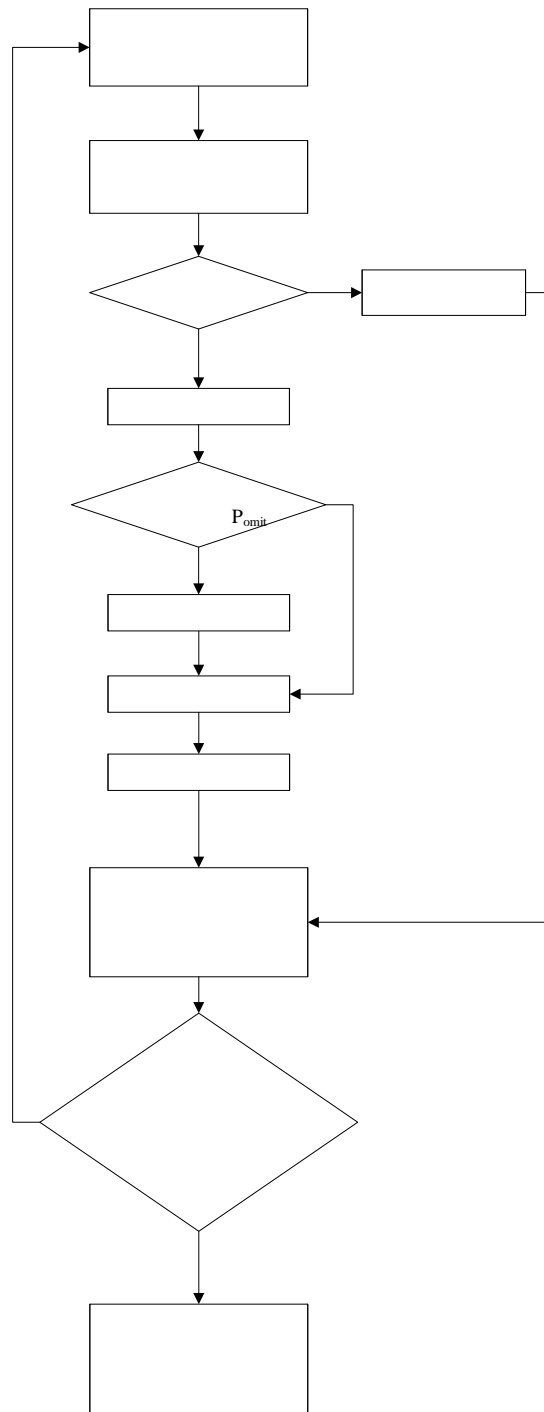
4.4). P_m (P_m .
3 P_m .
 P_m .
: πρόσθεση (add),
διαγραφή (omit) , αντικατάσταση (replace) ανταλλαγή (swap).

4.4). , , P_{omit} .
 , P_{omit} .

100

0

6



4.4

(mutation)

, .
.
, .
ο
-maxloopø
, -max_mesurerø
-loopø
.

Tasgetiren [79].

Ψευδοκώδικας του μηχανισμού προσθήκης

E :

Αρχή

loop=0;
maxloop = 5 ;
max_mesurer=100;

Όσο loop ≤ maxloop

4.4

add

add

Αν ο add

add

5

loop = loop + 1;

measurer = 0;

Αλλιώς

add

add

measurer = measurer + 1;

Αν measurer > max_masurer

,

add

5

loop = loop+1;

Τέλος

Τέλος

Τέλος

5

:

add

Τέλος

Ψευδοκώδικας του μηχανισμού διαγραφής

E :

add

Αρχή

```
loop=0;  
maxloop = 3;  
max_mesurer=100;
```

Όσο loop ≤ maxloop

add ,

4.4

omit

omit

Αν ο omit

omit

3

```
loop = loop + 1;  
mesurer = 0;
```

Αλλιώς

omit

omit

```
mesurer = mesurer + 1;
```

Αν mesurer > max_mesurer

,

omit

3

```
loop = loop+1;
```

Τέλος

Τέλος

Τέλος

3

·
·
:
omit
Τέλος

Ψευδοκώδικας του μηχανισμού αντικατάστασης

E : omit

Αρχή

loop=0;
maxloop = 5;
max_messenger=100;

Όσο loop ≤ maxloop

omit ,

4.4

replace

replace

Αν 0 replace

replace

5

loop = loop + 1;
messenger = 0;

Αλλιώς

```
replace
replace
measurer = measurer + 1;
Αν measurer > max_m measurer
, replace
5
loop = loop+1;
Τέλος
Τέλος
Τέλος
5
.
.
: replace
Τέλος
```

Ψευδοκώδικας του μηχανισμού ανταλλαγής

E : replace

Αρχή

```
loop=0;
maxloop = 2;
```


max_m measurer=100;

Όσο loop ≤ maxloop

replace

4.4

swap

swap

Αν ο swap

swap

2

loop = loop + 1;

measurer = 0;

Αλλιώς

swap

swap

measurer = measurer + 1;

Αν measurer > max_m measurer

,

swap

2

loop = loop+1;

Τέλος

Τέλος

Τέλος

2

:

swap

Τέλος

swap

Βήμα 5^ο : Έλεγχος Συνθήκης Τερματισμού

(termination criterion).

4.

100

100

4.5, (+++)

(í ..)

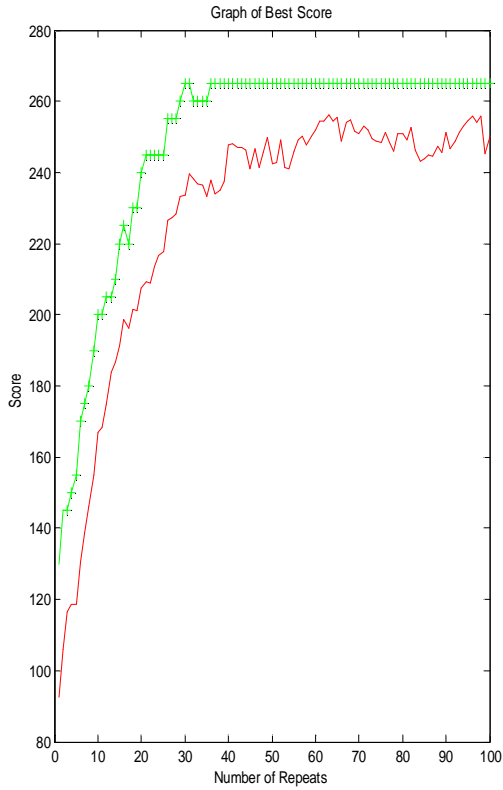
OPTW 150

200

100

160

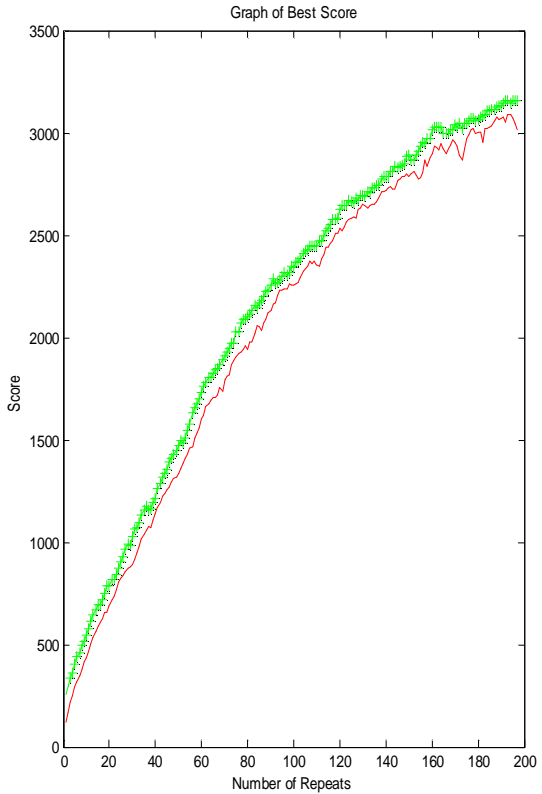
200



4.5

100

30



4.6

200

TW 150

4.7. Ψευδοκώδικας Προτεινόμενου Γενετικού Αλγορίθμου

:

1. [Έναρξη]

().

2. [Νέος Πληθυσμός]

A. [Επιλογή] () P(x)
x

(
).

B. [Διασταύρωση] , ,
().
,

3. [Μετάλλαξη] .

P_m
4 :

- A. [Πρόσθεση,** 1]
- B. [Διαγραφή,** P_{omit}]
- Γ. [Αντικατάσταση,** 1]
- Δ. [Ανταλλαγή,** 1]

4. [Έλεγχος] ,
.
:

5.[Αντικατάσταση]
.

6. [Βρόχος] 2 .

5. Πειραματικά Αποτελέσματα

OPTW.

:

➤

.

benchmarks

,

benchmarks

OPTW.

OPTW.

.

,

.

OPTW.

➤

OPTW.

➤

OPTW

.

Matlab 7

Mathworks.

OP

OPTW

5.1.

OPTW

150

,

200

.

4.5

4.6

.

,

OPTW

,

(

5.2)

5.1:

	50
	0.25
-	0.25
	0.75
	0.7
	100
÷ -	5
∅	
÷ -	5
∅	
÷ -	3
∅	
÷ -	2
∅	
÷ -	0.3
∅	
	100
	50

5.2:

/							(identity)
---	--	--	--	--	--	--	------------

5.1. Αποτελέσματα Πειραμάτων Προβλήματος Προσανατολισμού (OP)

OPTW,

().

Tasgetiren [79]. 19, 30
31 .

7:

T : S-
 TC : S- Chao et al.
 MVP : Keller
 RB : Ramesh and Brown
 PL : Pillai
 GLV : Golden, Levy Vohra
 GWL : Golden, Wang Liu
 ANN : Wang, Sun, Golden Jia
 GA(T&S) : Tasgetiren Smith
 LS : Liang Smith
 TS : Tabu Search Liang, Smith Kulturel-Konak

, Tasgetiren [79] (ftasgetiren@fatih.edu.tr)
 5.4, 5.5, 5.6, GA*
 max

Πίνακας 5.3 Αποτελέσματα για το OP με 30 πελάτες									
A/A	Tmax	T	TC	ANN	GA (T&S)	LS	TS	Max	GA*
1	5	10	10	10	10	10	10	10	10
2	10	15	15	15	15	15	15	15	15
3	20	65	65	65	65	65	65	65	65
4	30	110	110	110	110	110	110	110	110
5	50	190	185	190	190	190	190	190	190
6	73	260	265	265	265	265	265	265	265
7	80	275	270	280	280	280	280	280	280

Πίνακας 5.4 Αποτελέσματα για το OP με 19 πελάτες											
A/A	Tmax	T	GLV	GWL	MVP	RB	ANN	GA (T&S)	LS	Max	GA*
1	15	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
2	23	205	210	205	210	210	205	210	210	210	205
3	25	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
4	27	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
5	30	250	260	265	260	260	265	265	265	265	260
6	32	275	260	300	300	300	300	300	300	300	290
7	35	315	300	320	320	320	320	320	320	320	315

5.3 5.5

5.4

2, 5, 6 7 5.4

Πίνακας 5.5 Αποτελέσματα για το OP με 31 πελάτες												
A/A	Tmax	T	GLV	GWL	MVP	RB	PL	ANN	GA (T&S)	LS	Max	GA*
1	15	100	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
2	30	240	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
3	45	370	450	470	460	460	460	470	470	470	470	470
4	55	450	520	550	550	550	550	550	550	550	550	550
5	100	760	800	800	800	800	-	800	800	800	800	800
6	105	770	800	800	800	800	-	800	800	800	800	800
7	110	790	800	800	800	800	-	800	800	800	800	800

(30 31)

(19)

5.2. Δημιουργία Πρότυπων Προβλημάτων για το Πρόβλημα Προσανατολισμού με Χρονικά Παράθυρα

OPTW

(x,y), [r(i), d(i)] (d(i)-

r(i)) Dumas *et al.*⁸[29]. Dumas *et al.*

TSPTW 140

20, 40, 60, 80, 100, 150 200

20, 40, 60, 80 100. 78

OPTW. ,

TSPTW,

.

(profits)

.

.

100%

50 % (10%).

.

78 :

▪ (5) 20 .

20 , 40

60, 80

100 (6)

(max, 0.9 max,ί ,

0.5 max), max

⁸ Dumas *et al.* : <http://myweb.uiowa.edu/bthoa/TSPTWBenchmarkDataSets.htm>

20

- (5) $5 \times 6 = 30$.
20, 40, 60, 80 100
6
 $5 \times 6 = 30$
- (3) 150
20, 40 60
6
 $3 \times 6 = 18$

5.3. Αποτελέσματα Πειραμάτων Προβλήματος Προσανατολισμού με Χρονικά Παράθυρα (OPTW)

, 5.6 5.18,
OPTW 78

(Tmax),
(Tmax (%)),

(GA*),
(GA * (%))

()

5.1 5.13,

13

OPTW. O

Πίνακας 5.6 Αποτελέσματα για το OPTW με 20 πελάτες και Εύρος Χρονικού Παραθύρου 20				
Tmax	Tmax (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
299,0	100	540	98,18	19
269,1	90	475	86,36	18
239,2	80	425	77,27	16
209,3	70	390	70,91	15
179,4	60	345	62,73	13
149,5	50	250	45,45	10

Πίνακας 5.7 Αποτελέσματα για το OPTW με 20 πελάτες και Εύρος Χρονικού Παραθύρου 40				
Tmax	Tmax (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
404,0	100	375	100,00	20
363,6	90	360	96,00	19
323,2	80	360	96,00	19
282,8	70	305	81,33	17
242,4	60	275	73,33	16
202,0	50	255	68,00	15

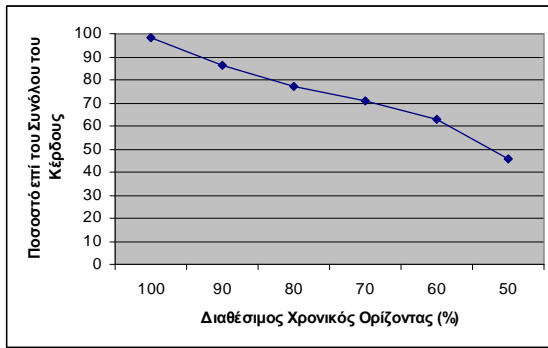
Πίνακας 5.8 Αποτελέσματα για το OPTW με 20 πελάτες και Εύρος Χρονικού Παραθύρου 60				
Tmax	Tmax (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
426,0	100	460	100,00	20
383,4	90	455	98,91	19
340,8	80	445	96,74	18
298,2	70	420	91,30	17
255,6	60	360	78,26	15
213,0	50	325	70,65	14

Πίνακας 5.9 Αποτελέσματα για το OPTW με 20 πελάτες και Εύρος Χρονικού Παραθύρου 80				
Tmax	Tmax (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
322,0	100	510	100,00	20
289,8	90	460	90,20	18
257,6	80	440	86,27	17
225,4	70	440	86,27	17
193,2	60	370	72,55	15
161,0	50	355	69,61	14

Πίνακας 5.10				
Αποτελέσματα για το OPTW με 20 πελάτες και				
Εύρος Χρονικού Παραθύρου 100				
Tmax	Tmax (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
360,0	100	465	96,88	19
324,0	90	445	92,71	19
288,0	80	390	81,25	17
252,0	70	360	75,00	15
216,0	60	320	66,67	14
180,0	50	285	59,38	14

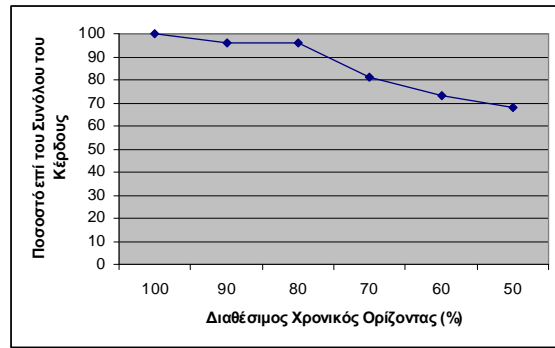
5.1

20
20



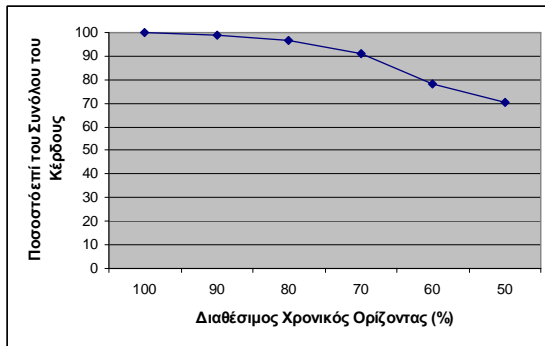
5.2

20
40



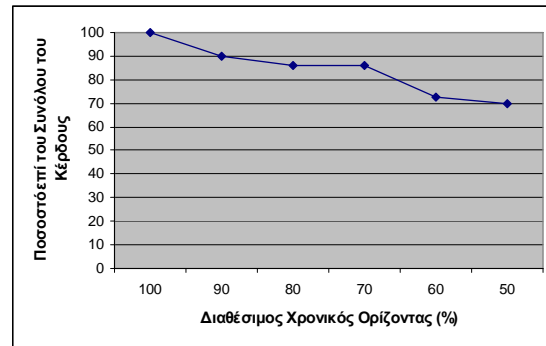
5.3

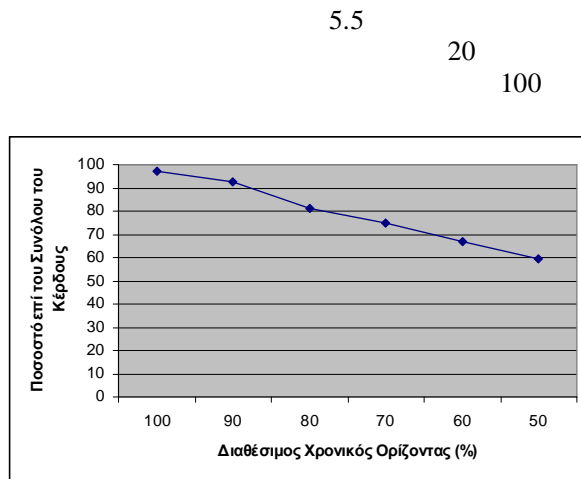
20
60



5.4

20
80





5.6, 5.7, 5.8, 5.9 5.10 (5.1-5.5)

20 (5.6)

100 (5.10),

(100% T_{max})

98,18%

96,88%

5.7 5.10,

5.6

60

(5.11 5.15, 5.6 5.10) 150 (

5.16 5.18, 5.11 5.13).

Πίνακας 5.11 Αποτελέσματα για το OPTW με 60 πελάτες και Εύρος Χρονικού Παραθύρου 20				
T _{max}	T _{max} (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
676,0	100	1305	99,62	59
608,4	90	1275	97,33	58
540,8	80	1185	90,46	54
473,2	70	1150	87,79	52
405,6	60	1120	85,50	51
338,0	50	1000	76,34	45

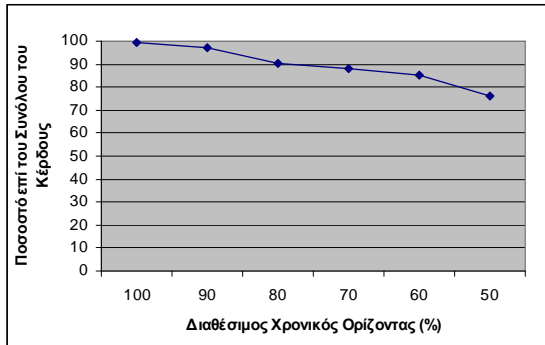
Πίνακας 5.12				
Αποτελέσματα για το OPTW με 60 πελάτες και Εύρος Χρονικού Παραθύρου 40				
Tmax	Tmax (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
698,0	100	1195	97,95	59
628,2	90	1185	97,13	57
558,4	80	1170	95,90	56
488,6	70	1130	92,62	54
418,8	60	1050	86,07	49
349,0	50	890	72,95	45

Πίνακας 5.13				
Αποτελέσματα για το OPTW με 60 πελάτες και Εύρος Χρονικού Παραθύρου 60				
Tmax	Tmax (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
675,0	100	1435	100,00	60
607,5	90	1375	95,82	58
540,0	80	1320	91,99	56
472,5	70	1205	83,97	51
405,0	60	1065	74,22	47
337,5	50	940	65,51	42

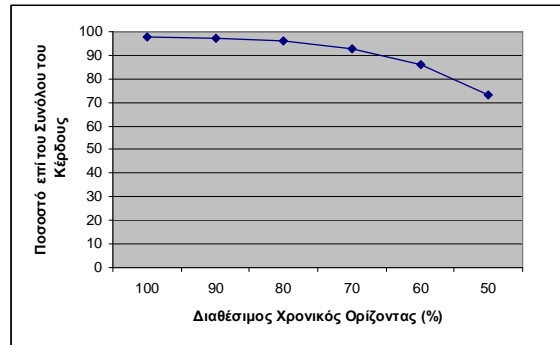
Πίνακας 5.14				
Αποτελέσματα για το OPTW με 60 πελάτες και Εύρος Χρονικού Παραθύρου 80				
Tmax	Tmax (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
664,0	100	1500	100,00	60
597,6	90	1440	96,00	58
531,2	80	1400	93,33	56
464,8	70	1335	89,00	54
398,4	60	1205	80,33	50
332,0	50	1050	70,00	41

Πίνακας 5.15				
Αποτελέσματα για το OPTW με 60 πελάτες και Εύρος Χρονικού Παραθύρου 100				
Tmax	Tmax (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
582,0	100	1300	100,00	60
523,8	90	1245	95,77	57
465,6	80	1210	93,08	55
407,4	70	1135	87,31	53
349,2	60	1055	81,15	49
291,0	50	960	73,85	44

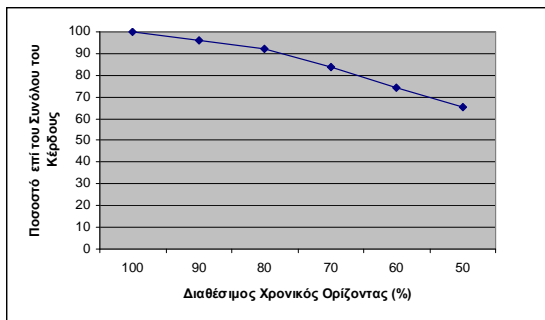
5.6
60
20



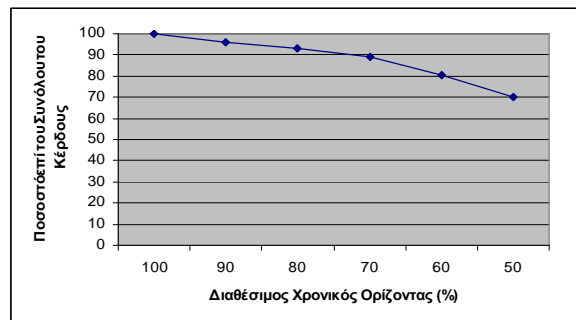
5.7
60
40



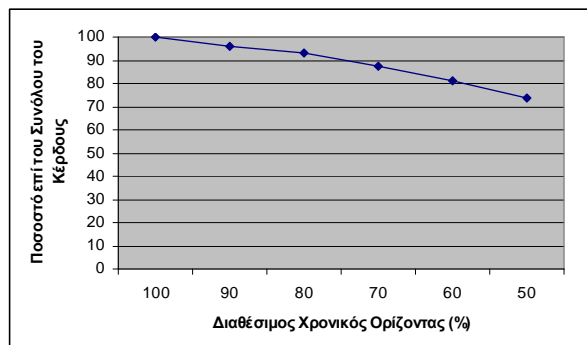
5.8
60
60



5.9
60
80



5.10
60
100



60 ,

50% T_{max} ,

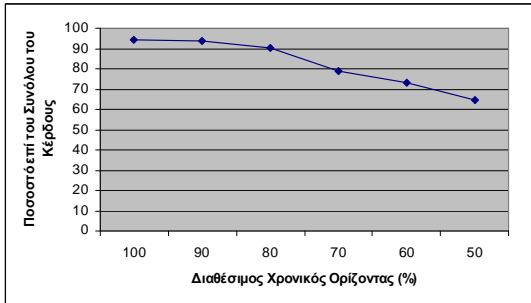
Πίνακας 5.16				
Αποτελέσματα για το OPTW με 150 πελάτες και				
Εύρος Χρονικού Παραθύρου 20				
T_{max}	T_{max} (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
969,0	100	3165	94,48	129
872,1	90	3140	93,73	131
775,2	80	3025	90,30	131
678,3	70	2650	79,10	114
581,4	60	2455	73,28	110
484,5	50	2170	64,78	98

Πίνακας 5.17				
Αποτελέσματα για το OPTW με 150 πελάτες και				
Εύρος Χρονικού Παραθύρου 40				
T_{max}	T_{max} (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
1077,0	100	3280	97,62	140
969,3	90	3220	95,83	138
861,60	80	3145	93,60	137
753,90	70	3005	89,43	128
646,20	60	2780	82,74	120
538,50	50	2470	73,51	110

Πίνακας 5.18				
Αποτελέσματα για το OPTW με 150 πελάτες και				
Εύρος Χρονικού Παραθύρου 60				
T_{max}	T_{max} (%)	GA*	GA* (%)	Πλήθος Πελατών
1003,0	100	3410	97,15	143
902,7	90	3345	95,30	138
802,4	80	3330	94,87	137
702,1	70	3080	87,75	129
601,8	60	2770	78,92	119
501,5	50	2415	68,80	106

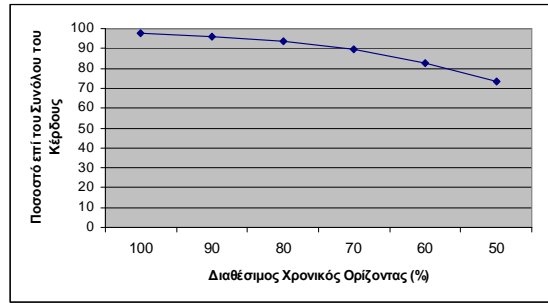
5.11

150
20



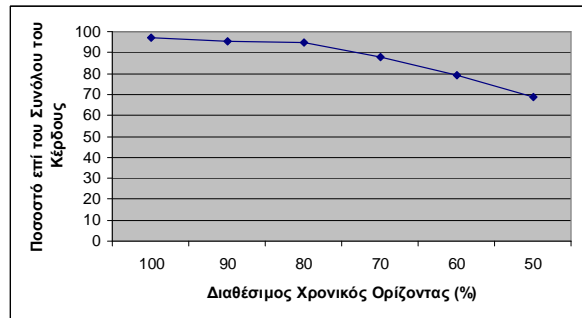
5.12

150
40



5.13

150
60



150

5.17,

0.5 max

max

24%.

, max

140

, 0.5 max

110

24%

, 20 60

6 ,

150

9

6. Συμπεράσματα και Προτάσεις

(Orienteering Problem with Time Windows / OPTW).

generational

OP OPTW

benchmark OP.

:



2-point

uniform



($P_c=0.9$)



:



11

30 31 , 19

-
-

OPTW 78

(x,y),
(d(i)- r(i))

[r(i), d(i)]

Dumas *et al.* [29]

TSPTW.

(profits)

OPTW

OPTW

-
-

- OPTW ,
.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πρακτικά Στοιχεία για τους Γενετικούς Αλγορίθμους

A.1. Βασικοί Ορισμοί

Χρωμόσωμα (Chromosome ή genome):

[90]. :

- / bits strings (. . 0101ί 110)
- / real number string
(. . 12,23,7,3,8,ί ,21)
- / Permutation of element (. . 11 3 7ί 1)
- / List of rule (. . R1 R2 R3ί R22 R23)
- / Program Element
(. .)

Γονίδιο (Gene): .

[90].

Μήκος Χρωμοσώματος (length):

[78].

Γονείς (Parents): [90].

Απόγονοι (Offsprings):

[90].

Πληθυσμός (population):

[90].

Συνάρτηση καταλληλότητας ή Προσαρμογής (Fitness Function) :

[90].

A.2. Γενετικοί Μηχανισμοί (Genetic Operators)

- **Επιλογή (Selection)**

ό

[88].

- **Διασταύρωση (Crossover)**

[88].

().

[88].

(exploration) [10].

- **Μετάλλαξη (Mutation)**

).

[88].

[88].

(exploitation) [10].

A.3. Μέθοδοι Επιλογής (Selection Methods)

- **Roulette Wheel Selection (or Fitness proportionate selection)**

 - Roulette Wheel**

[91].

Roulette Wheel

90%

[91].

➤ **Rank Selection**

Rank Selection

fitness 1, fitness 2 . . . fitness N (N).

[91].

➤ **Steady-State Selection**

Steady-State Selection :

() ()

[91].

➤ **Elitism**

Elitism ()

[91].

➤ **Tournament Selection**

Tournament selection

,
.
.
, ()
)
[95].

Tournament selection [95]:

1. ()
2. p.
3. $p*(1-p)$
4. $p*((1-p)^2)$
- ...

(tournament selection) [95].

A.4. Μέθοδοι Διασταύρωσης (Crossover Methods)

:

➤ **Διασταύρωση Ενός Σημείου (One Point Crossover)**

strings
[90].

Γονείς:
 XXOXX | OOXOOXXOXXO
 XOXOX | XXO000XXXXO

Απόγονοι: xxoxx | **xx0000xxxxx0**
 xxoxx | 00x00xx0xx0

➤ **Διασταύρωση Δύο Σημείων (Two Point Crossover)**

strings

[90].

Γονείς: xxo | xx00x0 | 0xx0xx0
 xxo | **0xxxx00** | **00xxxxx0**
Απόγονοι: xxo | **0xxxx00** | 0xx0xx0
 xxo | xx00x0 | **00xxxxx0**

➤ **Διασταύρωση «Κόψε και Συγκόλληση» (“Cut and Splice”)**

strings

string

[90].

Γονείς: xxoxx | 00x00xx0xx0
 xxoxxx0000 | **xxxxx0**
Απόγονοι: xxoxx | **xxxxx0**
 xxoxxx0000 | 00x00xx0xx0

➤ **Ομοιόμορφη Διασταύρωση (Uniform Crossover)**

strings

(0.5).

Γονείς: ΧΧΟΧΧΟΟΧΟΟΧΧΟΧΧΟ
 ΧΟΧΟΧΧΧΟΟΟΟΧΧΧΧΟ

Απόγονος: ΧΟΧΧΧΟΟΟΟΧΧΟΧΧΟ

A.5. Μέθοδοι Μετάλλαξης (Mutation Methods)

(suboperators):

, , . ,
()
.
, 1 , 21

[79].

➤ Προσθήκη Ενός Σημείου (Add A Point)

Απόγονος : 1, 3, 11 18, 16, 15, 13, 2, 5, 6, 12, 8, 10, 20, 21

- , . . . 14.
-

Τροποποιημένος απόγονος: 1, 3, 11 18, 16, 15, 13, 2, 5, 14, 6, 12, 8, 10, 20, 21

➤ Διαγραφή Ενός Σημείου (Omit A Point)

Απόγονος : 1, 3, 11, 18, 16, 15, 13, 2, 5, 6, 12, 8, 10, 20, 21

- , . . . 18.

▪
Τροποποιημένος απόγονος: 1, 3, 11, 16, 15, 13, 2, 5, 6, 12, 8, 10, 20, 21

➤ **Αντικατάσταση Ενός Σημείου (Replace A Point)**

Απόγονος : 1, 3, 11, 18, 16, **15**, 13, 2, 5, 6, 12, 8, 10, 20, 21

▪ , . . . 4.
▪ , . . . 15
, . . . 4.

Τροποποιημένος απόγονος: 1, 3, 11, 18, 16, **4**, 13, 2, 5, 6, 12, 8, 10, 20, 21

➤ **Ανταλλαγή Ενός Σημείου (Swap A Point)**

Απόγονος : 1, 3, 11, 18, 16, **15**, 13, 2, 5, 6, **12**, 8, 10, 20, 21

▪ , . . . 15 12.
▪

Τροποποιημένος απόγονος: 1, 3, 11, 18, 16, **12**, 13, 2, 5, 6, **15**, 8, 10, 20, 21

A.6. Βασικοί Παράμετροι των Γενετικών Αλγόριθμων

Πιθανότητα Διασταύρωσης (Crossover probability):

100%

0%

. , : (0.9),
(0.5), (0.7), (0.7), (0.5), (0.7)

. ,
,
:

[91].

Πιθανότητα Μετάλλαξης:

.
()
,
100%
0%
().

[91].

Μέγεθος Πληθυσμού:

. ()
,
,
-
ó
ø

[91].

A.7. Τα βήματα του Γενικού Γενετικού Αλγόριθμου

[66]:

Βήμα 1 :

Βήμα 2 :

Βήμα 3 :

Βήμα 4 :

Βήμα 5 :

(*generation*).

A.8. Κύριοι Γενετικοί Αλγόριθμοι

John Holland (1970)

[91].

(**Steady – State Generational**),

[28].

- **Ο Γενετικός Αλγόριθμος Steady – State**

ό

▪ **Ο Γενετικός Αλγόριθμος Generational**

1
,
(\emptyset ,
)
2
2
2
1.
2
,

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) **Aksen, D., Aras, N.**, "Customer Selection and Profit Maximization in Vehicle Routing Problems", *International Scientific Annual Conference Operations Research*, Springer Verlag, 2005.
- 2) **Alvarenga, G.B., Mateous, G.R., de Tomi, G.**, "A genetic and set partitioning two-phase approach for the vehicle routing problem with time windows", *Computers and Operations Research*, (in preparation).
- 3) **Ascheuer, N., Fischetti, M., Grotchel, M.**, "Solving asymmetric travelling salesman problem with time windows by branch-and-cut", *Mathematical Programming*, Vol. 90, No. 3, pp. 475-506, 2001.
- 4) **Baker, E. K.**, "An exact algorithm for the time-constrained travelling salesman problem", *Operations Research*, Vol. 31, No 5, pp. 938-945, 1983.
- 5) **Baker, B. M., Ayechev, M.A.**, "A genetic algorithm for the vehicle routing problem", *Computers and Operations Research*, Vol. 30, No. 5, pp. 787 ó 800, 2003.
- 6) **Balas, E., Simonetti, N.**, "Linear time dynamic programming algorithms for new classes of restricted TSPs: a computational study", *INFORMS Journal on Computing*, Vol. 13, No. 1, pp. 56-75, January 2001.
- 7) **Balas, E.**, "The prize collecting traveling salesman problem", *Networks*, Vol. 19, pp. 621-636, 1989.
- 8) **Ballou, R.H.**, *Business Logistics Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*, 4th international ed., Prentice-Hall International, Upper Saddle River, NJ, 1999.
- 9) **Bar-Yehuda, R., Even, G., Shahar, S.**, "On Approximating a Geometric Prize-Collecting Traveling Salesman Problem with Time Windows", *Journal of Algorithms*, Vol. 55, No.1, pp. 76-92, November, 2003.
- 10) **Beasley, J.E., Chu, P.C.**, "A genetic algorithm for the set covering problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 94, No. 2, pp. 392 ó 404, 1996.
- 11) **Beasley, D., Bull, D. R., Martin, R.R.**, "An Overview of Genetic Algorithms: Part 2, Research Topics", *University Computing*, Vol. 15, No. 2, pp. 58 ó 69, 1993.
- 12) **Bentley, J.L.**, *Experiments on Traveling Salesman Heuristics*, San Francisco, California, pp. 91-99, 1990.
- 12a) **Blum, A., Chawla, S., Karger, D., Lane, T., Meyerson, A, Minko, M.**, "Approximation Algorithms for Orienteering and Discounted-Reward TSP", Proc. 44th Symp. Foundations of Computer Science, pp. 46-55, 2003

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 13) **Boldin, Lawrence D., Golden, B. L., Assad, A. A., Ball, M.O.**, "Routing and Scheduling of Vehicles and Crews, the State of the Art", *Computers and Operations Research*, Vol. 10, No. 2, pp. 63-212, 1983.
- 14) **Brady, R. M.**, "Optimization strategies gleaned from biological evolution", *Nature*, Vol. 317, pp. 804-806, October, 1985.
- 15) **Bräysy, O., Berger, J., Barkaoui, M.**, "A New Hybrid Evolutionary Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Windows", Presented at the Route 2000-Workshop, Skodsborg, Denmark, August, 2000.
- 16) **Carter, A.E., Ragsdale, C.T.**, "A new approach to solving the multiple travelling salesperson problem using genetic algorithms", *European Journal of Operational Research*, (in preparation).
- 17) **Caseau, Y., Koppstein, P.**, "A rule-based approach to a time-constrained traveling salesman problem", *Proceedings of the 2nd International Symposium of Artificial Intelligence and Mathematics*, Fort Lauderdale, FL, 1992.
- 18) **Cerny, V.**, "A Thermodynamic Approach to the Traveling Salesman Problem: An Efficient Simulation Algorithm", *Journal of Optimization Theory and Applications*, Vol. 45, pp. 41-51, 1985.
- 19) **Chao, I-M., Golden, B. L., Wasil, E. A.**, "A fast and effective heuristic for the orienteering problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 88, pp. 475-489, 1996.
- 20) **Chao, I-M., Golden, B. L., Wasil, E. A.**, "The team orienteering problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 88, No. 3, pp. 464- 474, 1996.
- 21) **Chekuri, C., Kumar, A.**, "Maximum Coverage Problem with Group_Budget Constraints and Applications", *APPROX-RANDOM*, Vol. 3122, pp. 72-83, 2004.
- 22) **Christofides, N., Mingozzi, A., Toth, P.**, "State-space relaxation procedures for the computation of bounds problems", *Networks*, Vol. 11, pp.145-164, 1981.
- 23) **Christofides, N.**, "Worst case analysis of a new heuristic for the traveling salesman problem", *Report 388, Graduate School of Industrial Administration*, Carnegie Mellon University, 1976.
- 24) **Christofides, N.**, "The traveling salesman problem", in: N. Christofides, A. Mingozzi, P. Toth and C. Sandi, *Combinatorial Optimization* (Wiley, New York), pp. 131-150, 1979.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 25) **Clarke, G., Wright, J.W.**, "Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points", *Operations Research*, Vol. 12, pp. 568-581, 1964.
- 26) **Cornuejols, G., Nemhauser, G.L.**, "Tight bounds for Christofides' traveling salesman heuristic", *Mathematical Programming*, Vol. 14, No. 1, pp. 116-121, December, 1978.
- 27) **DeJong, Kenneth A.**, "An Analysis of the Behavior of a Class of Genetic Adaptive Systems", *Dissertation Abstracts International*, Department of Computer and Communication Sciences, University of Michigan, Ann Arbor, Vol. 36, No. 10, pp. 1-190, 1975.
- 28) **De Jong, K. A., Sarma, J.**, "Generation Gaps Revisited", *In Foundations of Genetic algorithms-2*, George Mason University, pp. 19-28, 1992.
- 29) **Dumas, Y., Desrosiers, J., Gelinass, E., Solomon, M.M.**, "An optimal algorithm for the travelling salesman problem with time windows", *Operations Research*, Vol. 43, No. 2, pp. 367-371, March-April, 1995.
- 30) **Favaretto, D., Moretti, E., Pellegrini, P.**, "An ant colony system approach for variants of the traveling salesman problem with time windows", *Journal of Information and Optimization Sciences*, Vol. 27, No. 1, pp. 35-54, 2006.
- 31) **Feillet, D., Dejax, P., Gendreau, M.**, "Traveling Salesman Problems with Profits", *Transportation Science*, Maryland, USA, Vol. 39, No. 2, pp. 188-205, May, 2005.
- 32) **Fiechter, C.-N.**, "A parallel tabu search algorithm for large traveling salesman problems", *Discrete Applied Mathematics*, Vol. 51, No. 3, pp. 243-267, July, 1994.
- 33) **Fischetti M., Gonzales J.S., Toth P.**, "Solving the orienteering problem through branch-and-cut", *INFORMS Journal on Computing*, Vol.10, No.2, pp. 133-148, 1998.
- 34) **Focacci, F., Lodi, A., Milano, M.**, "A Hybrid Exact Algorithm for the TSPTW", *INFORMS Journal on Computing*, Vol. 14, No. 4, pp. 403-417, 2002.
- 35) **Focacci, F., Lodi, A., Milano, M.**, "Embedding relaxations in global constraints for solving TSP and TSPTW", *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, Vol. 34, No. 4, pp. 291-311, April, 2002.
- 36) **Frieze, A.**, "Worst case analysis of algorithms for traveling salesman problems", *Methods of Operations Research*, Vol. 32, pp. 97-112, 1979.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 37) **Golden, B. L., Assad, A.A.**, "Vehicle Routing: Methods and Studies", *The Journal of the Operational Research*, North-Holland, Amsterdam, Vol. 16, 1988.
- 38) **Golden, B. L., Stewart, W.**, "The Empirical Analysis of heuristics, in: The Traveling Salesman Problem", *A Guided Tour of Combinatorial Optimization*, ed. Lawler, E. L., Lenstra, J. K., Rinnooy Kan, A.H.G., Shmoys, D.B., John Wiley and Sons, pp. 207-249, 1985.
- 39) **Golden, B., Levy, L., Vohra, R.**, "The orienteering problem", *Naval Research Logistic*, Vol. 34, pp. 307-318, 1987.
- 40) **Golden, B. L., Wang, Q., Liu, L.**, "A Multifaceted Heuristic for The Orienteering Problem", *Naval Research Logistics*, Vol. 35, pp. 359-366, 1988.
- 41) **Goldberg, D. E.**, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1989.
- 42) **Glover, Fred**, "Tabu Search "Part I", *ORSA Journal on Computing*, Vol. 1, No. 3, pp. 190-206, 1989.
- 43) **Glover, Fred**, "Tabu Search "Part II", *ORSA Journal on Computing*, Vol. 2, No. 3, pp. 4-32, 1990.
- 44) **Hayes, M., Norman, J. M.**, "Dynamic Programming in Orienteering: Route Choice and the Siting of Controls", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 35, No. 9, pp. 791-796, 1984.
- 45) **Heap, M., Kapur, R., Mourad, A.**, "A fault tolerant implementation of the traveling salesman problem", *Technical Report*, Department of EECS, University of Texas, Austin, TX, May, 1989.
- 46) **Holland, J. H.**, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of MIT, Cambridge, MA, 1975.
- 47) **Johnson, D.S., McGeoch, L. A.**, "The Traveling Salesman Problem: A Case Study in Local Optimization", to appear as chapter in the book *Local Search in Combinatorial Optimization*, Arts, E. H., Lenstra, J. K. (editors), John Wiley and Sons, New York, pp. 35-52, 1995.
- 48) **Jung, B.R., Moon, C., Kim, J.S.**, "Traveling Salesman Problem with Time Windows and Lateness Costs using Genetic Algorithm", Department of Industrial Engineering, Hanyang University, Korea, pp. 573-579.
- 48a) **Kantor, M., Rosenwein, M.**, "The orienteering problem with time windows", *Journal of the Operational Research Society*, No 43, Vol.6, 1992, pp. 629-635.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 49) **Katayama, K., Sadamoto, H.**, "The Efficiency of Hybrid Mutation Genetic Algorithm for the Travelling Salesman Problem", *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 31, pp.197-203.
- 50) **Keller, C. Peter**, "Algorithms to solve the orienteering problem: A comparison", *European Journal of Operational Research* , Vol. 41, pp. 224-231, 1989.
- 51) **Keller, P.C.**, "Multiobjective routing through space and time: The MVP and TDVP problems", Unpublished Ph. D. Thesis, Department of Geography, University of Western Ontario, London, 1985.
- 52) **Khoo, K.G., Suganthan, P.N.**, "Evaluation of genetic operators and solution representations for the shape recognition by genetic algorithms", *Pattern Recognition Letters*, Vol. 23, No. 13, pp. 1589 ó 1597, 2002.
- 53) **Knox, John**, "Tabu search performance on the symmetric traveling salesman problem", *Computers Ops. Res.*, Vol. 21, No. 8, pp. 867-876, 1994.
- 54) **Knox, J., Glover, F.**, "Comparative testing of the traveling salesman problem heuristics derived from tabu search ,genetic algorithms and simulated annealing", *Technical Report* , *Center for Applied Artificial Intelligence*, University of Colorado, 1989.
- 55) **Kirkpatrick, S., C.D. Geland, Jr, Vecchi, M. P.**, "Optimization by Simulated Annealing", *Science* 220, pp. 671-680, May, 1983.
- 56) **Langevin, A., Desrochers, M., Desrosiers, J., Soumis, F.**, "A two-commodity flow formulation for the traveling salesman and makespan problem with time windows", *Networks*, Vol. 23, pp. 631-640, 1993.
- 57) **Laporte, G. , Martello, S.**, "The Selective Traveling Salesman Problem", *Discrete Applied Mathematics*, Vol. 26, pp. 193- 207, 1990.
- 58) **Leifer, A. C., Rosenwein, M. B.**, "Strong linear programming relaxations for the orienteering problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 73, No. 33, pp. 517-523, 1993.
- 59) **Liang, Y.C., Smith, A. E.**, "An Ant Colony Approach to the Orienteering Problem", *Submitted to Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, December, Vol. 23, No 5, pp. 403-414, October, 2001.
- 60) **Lin, S., Kernighan, W.**, "An effective heuristic Algorithm for the Traveling Salesman Problem", *Operations Research*, Vol. 21, No. 2, pp. 498-516, 1973.
- 61) **Machado, P., Tavares, J., Pereira , F. B., Costa, E.**, "Vehicle Routing Problem: Doing it the Evolutionary Way", *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, New York, USA, 9-13 July, 2002

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 62) **Malandraki, C.i, Dial, R. B.**, ðA restricted dynamic programming heuristic algorithm for the time dependent traveling salesman problemö, *European Journal of Operational Research*, Vol. 90, pp. 45-55, 1996.
- 63) **Malek, M., Guruswamy, M., Pandya, M.**, ðSerial and parallel simulated annealing and tabu search algorithms for the traveling salesman problemö, *Ann. Operations Res*, Vol. 21, pp. 59-84, 1989.
- 64) **Mingozi, A., Bianco, L., Ricciardelli, S.**, ðDynamic programming strategies for the travelling salesman problem with time windows and precedence constraintsö, *Operations Research*, Vol. 45, pp. 365-377, 1997.
- 65) **Min, H., Jayaraman, V., Srivastava, R.**, ðCombined location-routing problems: synthesis and future research directionsö, *European Journal of Operational Research*, Vol. 108, No. 1, pp. 1-15, July, 1998.
- 66) **Mitchell, M.**, *An Introduction to Genetic Algorithms*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1996.
- 67) **Mladenovic, N., Hansen, P.**, ðVariable neighborhood searchö, *Computers and Operations Research*, Vol. 24, pp. 1097-1100, 1997.
- 68) **Nygaard, K.E., Yang, C.H.**, Genetic Algorithm for the Traveling Salesman Problem with Time Windows, *Computer Science and Operations Research: New Development in Their Interfaces*, ed. Balci, O., Sharda, R., Zenios, S.A., Pergamon Press, England, pp. 411-423, 1992.
- 69) **Pesant ,G., Gendreau , M., Potvin , J.Y., Rousseau, J.M.**, ðAn Exact Constraint Logic Programming Algorithm for the Traveling Salesman Problem with Time Windowsö, *Transportation Science*, Vol. 32, No. 1, pp. 12-29, 1998.
- 70) **Pesant ,G., Gendreau , M., Potvin , J.Y., Rousseau, J.M.**, ðOn the flexibility of constraint programming models: From single to multiple time windows for the traveling salesman problemö, *European Journal of Operational Research*, Vol. 117, pp. 253-263, 1999.
- 71) **Pillai**, ðThe traveling salesman subset- tour problem with one additional constraint (TSSP+1)ö, *Ph.D.Dissertation*, The University of Tennessee, Knoxville, TN.
- 72) **Potvin, J., Rousseau, J. m.**, ðAn Exchange Heuristic for Routing Problems with Time Windowsö, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 46, No. 12, pp. 1433-1446, 1995.
- 73) **Ramesh, R., Brown, K.M.**, ðAn efficient four- phase heuristic for the generalized orienteering problemö, *Computers &Operations Research* , Vol. 18, No. 2, pp. 151-165, 1991.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 74) **Ramesh R., Yoon Y.S., Karwan M. H.**, "An optimal algorithm for the orienteering tour problem", *ORSA Journal on Computing*, Vol.4, No.2, 155-165, 1992.
- 75) **Rosenkrantz, R., Stearns, R., Lewis P.**, "An Analysis of Several Heuristics for the Traveling Salesman Problem", *SIAM Journal on Computing*, Vol. 6, pp.563-581, 1977.
- 76) **Rossier, Y., Troyon, M., Liebling, T. M.**, "Probabilistic exchange algorithms and Euclidean traveling salesman problems", *Department of Mathematics EPF Lausanne, Switzerland*, Vol. 8, pp. 151-581, 1986.
- 77) **Salomon, M., Solomon, M. M., Van Wassenhove, L. N., Dumas, Y., Dautere-Peres, S.**, "Solving the discrete lotsizing and scheduling problem with sequence dependent set-up costs and set-up time using the Traveling Salesman Problem with Time Windows", *European Journal of Operational Research*, No. 100, pp. 494- 513, 1997.
- 78) **Sokkappa, P.R.**, "The cost- constrained traveling salesman problem", *Ph.D. Dissertation*, The University of California, Livermore, CA, 1990.
- 79) **Tasgetiren, M. F.**, "A Genetic Algorithm with an Adaptive Penalty Function for the Orienteering Problem", *Journal of Economics and Social Research*, Vol. 4, No. 2, pp.1-27, 2000.
- 80) **Tasgetiren, M. F., Smith, A. E., Haticce, U.**, "A Populated Variable Neighborhood Descend Algorithm for the Orienteering Problem", *5th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems, IMS, Sakarya, Tueky*, 2006.
- 81) **Tasgetiren, M. F., Smith, A. E.**, "A Genetic Algorithm for the Orienteering Problem", *Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation*, CEC2000, IEEE, Vol. 2, pp. 910-915, July 2000.
- 81a) **Tsiligirides, T.**, "Heuristic methods applied to orienteering", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 35, No. 9, pp. 797-809, 1984.
- 82) **Tsitsiklis, J. N.**, "Special Cases of the traveling salesman and repairman problems with time windows", *Networks*, John Wiley & Sons, New York, Vol. 22, No. 33, pp. 263-282, 1992.
- 83) **Valenzuela, C. L., Jones, A.J.**, "Evolutionary Divide and Conquer (I): A novel genetic approach to the TSP", *Evolutionary Computation*, Vol. 1, No 4, pp. 313-333, 1994.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 84) **Wang, L., Maciejewski, A. A., Siegel, H.J., Rouchowdhury, V. P., Eldridge, B. D.**, ðA study of five parallel approaches to a genetic algorithm for the traveling salesman problem ð, *Intelligent Automation and Soft Computing*, Vol. 11, No. 4, pp. 217-234, 2005.
- 85) **Wang, Q., Sun, X., Golden, B. L., Jia, J.**, ðUsing Artificial Neural Networks to Solve the Orienteering Problem,ð *Annals of Operations Research*, Vol. 61, pp. 111-120, 1995.
- 86) **Yang , C.H., Nygard, K. E.**, ðThe Effects of Initial Population in Genetic Search for Time Constrained Traveling Salesman Problemsð, *Proceedings of ACM Conference on Computer Science*, New York, pp. 378-383, 16-18 February, 1993.
- 86a) **Βλαχάβας, Ι., Κεφαλάς, Π., Βασιλειάδης, Ν., Ρεφανίδης, Ι., Κάκκορα, Φ., Σακελαρίου, Η.**, « », , 2002.
- 87) **Παπαχρήστου, Χ.**, « », *Πειραματική Διερεύνηση Ευρετικής Μεθόδου*, , , 2005.
- 88) ðAn Introduction to Genetic Algorithms ðChapter 1 Genetic Algorithms: An Overviewð <<http://scai.snu.ac.kr/~scai/SEMINAR/IGA/iga-1.ppt#261,6,Genetic Operator>>
- 89) ðChristofides algorithmð <<http://www.nist.gov/dads/HTML/christofides.html>>
- 90) ðCrossoverð <<http://www.answers.com/topic/crossover-genetic-algorithm>>
- 91) ðGenetic Algorithmsð < ðGenetic Algorithmsð <http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/tcw2/report.html#Overview>
- 92) ðGreedy Algorithmð <<http://www.c3.lanl.gov/megamath/gloss/compute/greedy.html>>
- 93) ðHistory of the TSPð <www.tsp.gatech.edu/history/index.html>
- 94) ðThe Traveling Salesman Problemð <www.pcug.org.au/~dakin/tsp.htm>
- 95) ðtournament selectionð <http://www.answers.com/main/ntquery?method=4&dsid=2222&dekey=Tour+nament+selection&curtab=2222_1&linktext=tournament%20selection>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 96) δDefinition of NP-hardö <<http://en.wikipedia.org/wiki/NP-hard>>

ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

links:

1. Genetic Algorithms and Evolutionary Computation:
http://www.cs.uml.edu/~giam/91.510/91.510_TopicsInAlgorithms.html
2. Genetic Algorithms:
<http://www.quantlet.com/mdstat/scripts/csa/html/node53.html>
http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol1/hmw/article1.html
<http://www.answers.com/topic/genetic-algorithm>
<http://www.tjhsst.edu/~ai/AI2001/GA.HTM>
<http://www.cirl.uoregon.edu/~iustin/cis571/final.html#GA>
<http://www.cs.brandeis.edu/~cs113/classprojects/~aaronh/cs113/GA.html>
http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/tcw2/report.html#Overview
<http://citeseer.ifi.unizh.ch/ cachedpage/16776/2>
http://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_algorithm>
3. Genetic Algorithms in the World:
<http://www.lcc.uma.es/~eat/services/nag2.html>
4. Williams, Wendy, *Genetic Algorithms: A Tutorial*
<http://64.233.179.104/search?q=cache:OTj9s-jfmPkJ:web.UMR.edu/~ercal/387/slides/GATutorial.ppt+Goldberg+history++Vehicle+OR+Routing+OR+Problem+%22genetic+algorithm%22&hl=el&gl=gr&ct=clnk&cd=108>
5. Marczyk, Adam, *Genetic Algorithms and Evolutionary Computation*:
<http://www.talkorigins.org/faqs/genalg/genalg.html#what:change>
6. Introduction to Genetic Algorithms:
<http://www.rennard.org/alife/english/gavintrgb.html#gafunct>
<http://gaul.sourceforge.net/intro.html>
7. The Potential of Genetic Algorithms
http://library.thinkquest.org/29483/genetic_structure.shtml
8. The Genetic Algorithms Archive:
<http://www.aic.nrl.navy.mil/galist/>
9. What is a Genetic or Evolutionary Algorithm?
<http://www.solver.com/gabasics.htm>
10. Genetic Algorithms & Artificial Neural Networks:
http://www.rtis.com/nat/user/elsberry/zgists/wre/papers/ga_intro.html

ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

11. Gorbunov, Vladislav, *Genetic optimization. Application in TradeStation environment: Genetic Algorithms*
<http://images.google.gr/imgres?imgurl=http://www.tsresearch.com/images/public/goseminar/genetic0.PNG&imgrefurl=http://www.tsresearch.com/public/optimization/&h=354&w=626&sz=12&hl=el&start=19&tbnid=YRUmLHNOy-78mM:&tbnh=75&tbnw=134&prev=/images%3Fq%3Dgenetic%2Balgorithm%26svnum%3D10%26hl%3Del%26lr%3D>
12. Rich, Mark, *Genetic Algorithms for Search:*
<http://www.cs.wisc.edu/~richm/cs540/notes/search-ga.html>
13. Publications on Genetic algorithms:
<http://srufaculty.sru.edu/sam.thangiah/publications.htm>
14. Bibliography on Genetic Algorithms:
http://dmoz.org/Computers/Artificial_Intelligence/Genetic_Programming/Algorithms/
<http://osiris.tuwien.ac.at/~wgarn/VehicleRouting/neo/biblio.html>
15. Ying-Hong Liao, and Chuen-Tsai Sun, *Member, IEEE, An Educational Genetic Algorithms Learning Tool:*
<http://www.ewh.ieee.org/soc/es/May2001/14/Begin.htm>
16. Web Project on Genetic Algorithms- Summary of A Gentle Introduction to Genetic Algorithms:
<http://www.cs.brandeis.edu/~cs113/classprojects/~comos/cs113/ga.html>
17. Traveling Salesman Problem by Genetic Algorithm and Simulated Annealing:
<http://www.cs.nthu.edu.tw/~jang/courses/cs5611/project/2/#sec#1>
18. Lecture Timetabling using Genetic Algorithms:
<http://64.233.179.104/search?q=cache:2dMBRE6nG1kJ:www.elec.uq.edu.au/~reports/yr4/1997/bambrilg.pdf+History+of+Genetic+Algorithms&hl=el&gl=gr&ct=link&cd=785>