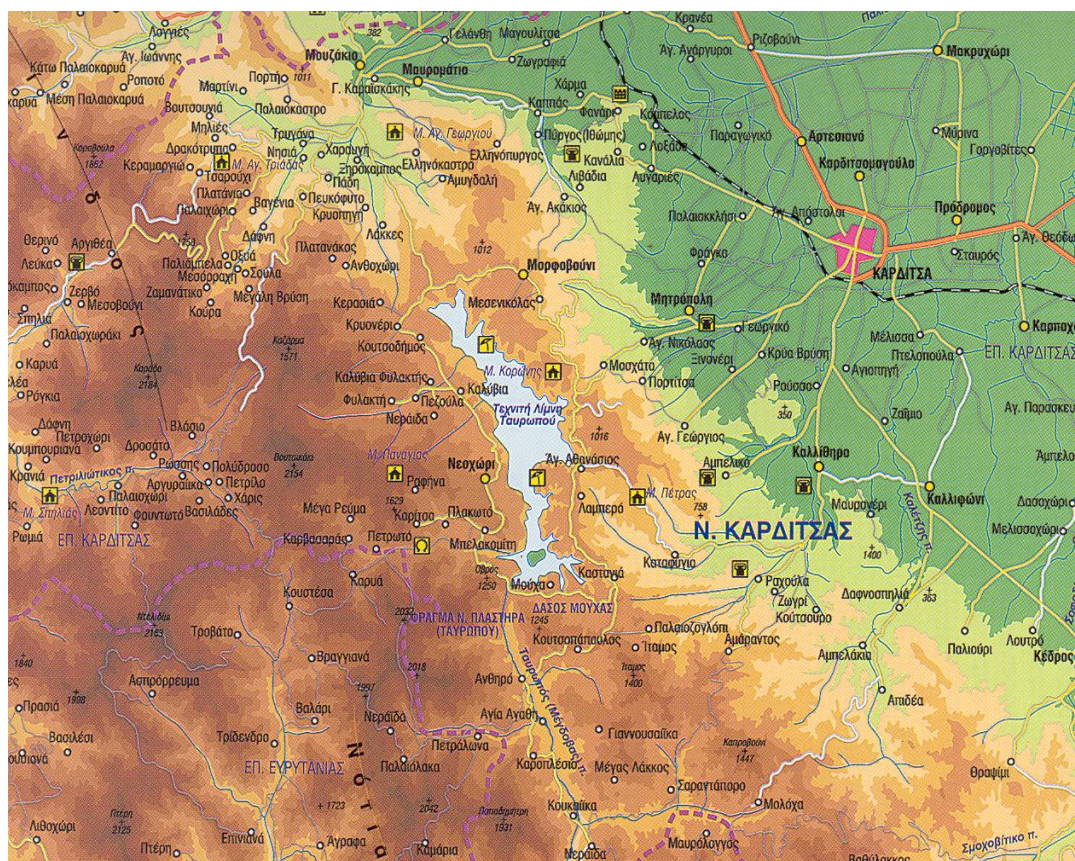




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση της διαχείρισης ταμιευτήρα με ποσοτικά και
ποιοτικά κριτήρια- Εφαρμογή στη Λίμνη Πλαστήρα



ΚΑΡΑΦΕΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΝΑΛΜΠΑΝΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΜΑΡΤΙΟΣ 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τους καθηγητές του τομέα Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων και ιδιαίτερα τον καθηγητή μου κ. Ναλμπάντη Ιωάννη για την βοήθεια που μου προσέφεραν, τη γνώση που μου μετέδωσαν και τους ορίζοντες που μου φανέρωσαν.

Ευχαριστώ το οικογενειακό μου περιβάλλον για την υποστήριξη που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της σπουδής μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	v
Abstract	vi
Κατάλογος συμβόλων	vii
1 Εισαγωγή	1
1.1 Γενική τοποθέτηση του προβλήματος.....	1
1.2 Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας	2
2 Η βελτιστοποίηση ως εργαλείο επίλυσης προβλημάτων μηχανικού	3
2.1 Γενικά.....	3
2.2 Η κλασσική βελτιστοποίηση	4
2.3 Η πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση	6
2.3.1 Ορισμοί	6
2.3.2 Κλασσικές μέθοδοι	8
2.3.3 Μέθοδοι βασιζόμενες σε εξελικτικούς αλγορίθμους	10
3 Εξελικτικοί αλγόριθμοι βελτιστοποίησης	12
3.1 Γενικά.....	12
3.2 Ο κλασσικός γενετικός αλγόριθμος	13
3.2.1 Αρχικός πληθυσμός πιθανών λύσεων	14
3.2.2 Επιλογή νέου πληθυσμού	15
3.2.3 Διασταύρωση ατόμων και πληθυσμού.....	15
3.2.4 Μετάλλαξη ατόμων πληθυσμού	16
3.2.5 Τερματισμός αλγορίθμου-Αποτελέσματα	17
3.3 Ο αλγόριθμος Pareto ισχύος (SPEA) εκδοχή 2 (SPEA2).....	17
4 Το πρόβλημα της διαχείρισης συστημάτων ταμιευτήρων	20
4.1 Τοποθέτηση του προβλήματος	20
4.2 Κριτήρια επίδοσης συστημάτων ταμιευτήρων	21
4.3 Προσομοίωση της διακύμανσης του αποθέματος ταμιευτήρα	23
4.4 Το πολυκριτηριακό πρόβλημα.....	24
5 Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών	26
5.1 Γενικά.....	26
5.2 Παραγωγή ετήσιων χρονοσειρών	27
5.3 Παραγωγή μηνιαίων χρονοσειρών.....	29

5.4	Το πρόγραμμα «Κασταλία»	30
5.4.1	Υδρογνώμονας.....	30
5.4.2	Υποσύστημα «Κασταλία»	31
6	Μοντελοποίηση ποιότητας νερού σε ταμιευτήρες	34
6.1	Γενικά.....	34
6.2	Το μοντέλο EUTRO-SEL.....	35
6.2.1	Γενικά.....	35
6.2.2	Φυτοπλαγκτόν.....	38
6.2.3	Λοιπά ποιοτικά χαρακτηριστικά του μοντέλου	41
6.3	Ταυτότητα της ποιότητας	42
7	Εφαρμογή στη διαχείριση του ταμιευτήρα Ν. Πλαστήρα	43
7.1	Περιγραφή του ταμιευτήρα	43
7.1.1	Κατασκευή της λίμνης	43
7.1.2	Χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα.....	44
7.2	Υφισταμένες συνθήκες της περιοχής	46
7.2.1	Μορφολογικές και κλιματολογικές συνθήκες	46
7.2.2	Τομείς παραγωγής και απασχόλησης.....	47
7.2.3	Έργα υποδομής και ανάπτυξης.....	49
7.3	Υδρομορφολογικά δεδομένα και επεξεργασίες.....	50
7.3.1	Γενικά.....	50
7.3.2	Καμπύλες στάθμης-επιφάνειας και στάθμης-αποθέματος	50
7.3.3	Υδρομετεωρολογικές χρονοσειρές	51
7.4	Παραδοχές.....	52
7.5	Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών εισροής.....	53
7.6	Κατάρτιση κριτηρίου «βαθμός ευτροφισμού»	56
7.7	Αποτελέσματα	60
8	Συμπεράσματα	68
	Αναφορές	71
	Στην ελληνική γλώσσα	71
	Ξενόγλωσσες.....	72
	Παράρτημα Α: Πίνακες	74
	Παράρτημα Β: Σχήματα	129

Περίληψη

Ένα υδροσύστημα της τάξης του ταμιευτήρα, μπορεί να θεωρηθεί μεταφορικά ως ένας δυσυπόστατος «ζωντανός» οργανισμός ο οποίος εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου. Οι δυο του υποστάσεις αφορούν αφενός την παροχή ύδατος για την ικανοποίηση της ζήτησης και αφετέρου την διατήρηση καλής ποιότητας ύδατος στον ταμιευτήρα. Αυτές οι δυο αντικρουόμενες υποστάσεις, αντιμετωπίζονται στο παρόν τεύχος ως δυο συνιστώσες που πρέπει συγχρόνως να ικανοποιηθούν βρίσκοντας ένα σημείο ισορροπίας ανάμεσα τους. Η ανάλυση τους βασίζεται και υλοποιείται με μεθόδους πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης με χρήση εξελικτικών αλγορίθμων. Η αναζήτηση των βέλτιστων λύσεων που θα ικανοποιεί και τις δυο υποστάσεις του ταμιευτήρα και θα συμβιβάζει την σύγκρουση τους αποτελεί το τελικό προϊόν της παρούσας εργασίας. Μια στοχευόμενη διαχείριση του ταμιευτήρα η οποία πραγματοποιείται βάσει κανόνων και περιορισμών, αποτάσσοντας από πάνω της την ιδεολογία του στυγνού καταναλωτισμού, εξετάζοντας και την ποιοτική διάσταση του θέματος, αποτελεί το στόχο του παρόντος τεύχους.

Abstract

A hydro system of the level of reservoir metaphorically can be well thought as a living organism of two substances, which develop over time. The two elements concern both water supply to meet the demand and maintain good water quality in the reservoir. In this research the two conflicting substances, have to deal two components satisfied simultaneously which must find a balance between them. The analysis of those two elements based on methods and implemented on multi-criteria optimization using evolutionary algorithms. The search of the optimal solutions that satisfies both elements of the reservoir, and reconciles the conflict is the final product of this work. A target management of the reservoir which is realized on the basis of rules and restrictions, rejecting the ideology of brutal consumerism, but at the same time examining a qualitative dimension of the subject, constitutes the aim of the present research.

Κατάλογος συμβόλων

x_i	: μεταβλητές απόφασης
r	: μέτρο κυριαρχίας
S	: μέτρο διασποράς
X_t	: χρονοσειρές
Z_t	: δείκτης υπολογισμού αξιοπιστίας
W_t	: δείκτης μετάβασης από ανεπαρκής σε καλή κατάσταση
C_R	: δείκτης αξιοπιστίας
C_{RS}	: δείκτης ικανότητας ανάκαμψης
C_V	: δείκτης τρωτότητας
Q	: απορροή του ταμιευτήρα (10^6 m^3)
R	: βροχόπτωση (mm)
E	: εξάτμιση (mm)
SA	: προσωρινά διαθέσιμο νερό στον ταμιευτήρα (10^6 m^3)
A	: εμβαδόν επιφάνειας καθρέφτη ταμιευτήρα (km^2)
S	: απόθεμα στην αρχή του κάθε μήνα (10^6 m^3)
γ	: συντελεστής μετατροπής μονάδων
λ	: συντελεστής ανισοκατανομής της ζήτησης
D	: ζήτηση νερού (10^6 m^3)
q	: οικολογική παροχή (10^6 m^3)
RE	: απόληψη από τον ταμιευτήρα (10^6 m^3)
K	: ωφέλιμη χωρητικότητα ταμιευτήρα (10^6 m^3)
SP	: υπερχείλιση (10^6 m^3)
RT	: απόληψη στόχος (10^6 m^3)
ST	: απόθεμα μαζί με νεκρό όγκο (10^6 m^3)
Y_t	: στάθμη ταμιευτήρα (m)
T	: χρονικός ορίζοντας (y)
Chl	: συγκέντρωση χλωροφύλλης (g/m^3)
H	: μέτρο μακροπρόθεσμης εμμονής
γ_j	: αυτοσυνδιασπορά
α_j	: συντελεστής στάθμισης

X_i	: στοχαστική ανέλιξη
E	: συντελεστής διασποράς (m^2/d)
U	: ταχύτητα (m/d)
r	: μεταβολή λόγω καθίζησης ($g/m^3/d$)
V_i	: όγκος στοιχείου (m^3)
μ	: ταχύτητα ανάπτυξης (d^{-1})
T	: θερμοκρασία ($^{\circ}C$)
A_1	: αδιάστατος θερμοκρασιακός συντελεστής
I	: ένταση ακτινοβολίας (cal/cm^2)
K	: συντελεστής απορρόφησης ακτινοβολίας (d^{-1})
F	: φωτοπερίοδος
R_A	: συντελεστής ενδογενούς αναπνοής (d^{-1})
K_{dA}	: συντελεστής θανάτου φυτοπλαγκτόν (d^{-1})
K_{SA}	: συντελεστής καθίζησης (d^{-1})
W_A	: εξωτερική φόρτιση χλωροφύλλης (g/d)

1 Εισαγωγή

1.1 Γενική τοποθέτηση του προβλήματος

Αντικείμενο του παρόντος τεύχους, το οποίο πραγματοποιείται στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, αποτελεί η πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση κριτηρίων που εκφράζονται μέσω της απόληψης από τον ταμιευτήρα Πλαστήρα και της ποιότητας των υδάτων.

Η σύγχρονη αντίληψη περί διαχείρισης των υδατικών πόρων, απαιτεί ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του προβλήματος λαμβάνοντας υπόψη και ενσωματώνοντας διαστάσεις περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές στη διαχείριση. Για το σκοπό αυτό και σε εναρμόνιση των σύγχρονων αντιλήψεων, διερευνάται ο ταμιευτήρας από δυο σκοπιές: την καθαρά υδρολογική που εκφράζεται μέσω των απολήψεων από τον ταμιευτήρα Πλαστήρα και την ποιοτική προσέγγιση, η οποία εκφράζεται στο παρόν τεύχος μέσω της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης στο νερό. Πάνω σε αυτές τις δυο γενικές κατευθύνσεις θα εφαρμοστεί πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση, στην προσπάθεια να βρεθεί συμβιβασμός στις δυο αυτές αντικρουόμενες προσεγγίσεις.

Η εξέταση της υδρολογικής συνιστώσας της διαχείρισης του ταμιευτήρα Πλαστήρα, βασίστηκε στη συλλογή και επεξεργασία υδρολογικών, γεωγραφικών και μετεωρολογικών δεδομένων και στοιχείων σχετικών με τα χαρακτηρίστηκα μεγέθη λειτουργίας του έργου που πραγματοποιήθηκε στη μελέτη «Διερεύνηση των δυνατοτήτων διαχείρισης και προστασίας της ποιότητας της λίμνης Πλαστήρα, Τεύχος 2 Υδρολογική μελέτη». Στη συνέχεια παράγονται συνθετικές χρονοσειρές οι οποίες χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης, κατά την οποία, στο πρώτο σκέλος της, αναζητούμε μια απόληψη στόχο, η οποία να ελαχιστοποιεί την απόκλιση της από την ζήτηση που παρουσιάζει ο ταμιευτήρας.

Η μελέτη της ποιοτικής προσέγγισης, αφορούσε τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης στο νερό του ταμιευτήρα Πλαστήρα. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο EUTRO-SEL της μελέτης «Διερεύνηση των δυνατοτήτων διαχείρισης και προστασίας της ποιότητας της λίμνης Πλαστήρα, Τεύχος 3 Μελέτη ποιότητας νερού» λαμβάνοντας υπόψη μόνο την χλωροφύλλη ως ποιοτική παράμετρο. Το μοντέλο έχει εφαρμοστεί για οκταετή περίοδο προσομοίωσης και για την μοντελοποίηση της χλωροφύλλης εφαρμόσαμε την μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, συμπληρώνοντας και το δεύτερο σκέλος της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης, που είχε ως αίτημα την ελαχιστοποίηση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης. Τέλος, με βάση αυτά τα δυο κριτήρια εφαρμόσαμε πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση και καταλήξαμε σε ορισμένα συμπεράσματα και διαπιστώσεις που αφορούν γενικά την ορθολογική διαχείριση του ταμιευτήρα Πλαστήρα.

1.2 Διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας

Η σπονδυλική στήλη του παρόντος τεύχους απαρτίζεται εκτός από την παρούσα εισαγωγή (Κεφαλαίο 1), από επτά ακόμα κεφαλαία. Στο Κεφάλαιο 2, αναλύεται η έννοια της βελτιστοποίησης ως εργαλείο στα χέρια του μηχανικού, περιγράφονται τα είδη και οι κατηγορίες βελτιστοποίησης και αποκτάται μια πρώτη εικόνα της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης. Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται οι εξελικτικοί αλγόριθμοι στους οποίους βασίζονται οι νέες εξελιγμένες μέθοδοι πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης και πιο συγκεκριμένα η μέθοδος SPEA II.

Στο επόμενο Κεφάλαιο τίθεται επί τάπητος το πρόβλημα της διαχείρισης συστημάτων ταμιευτήρων όπου περιγράφεται η αντιμετώπισή τους, ορίζοντας τους στόχους και καταρτίζοντας τα κριτήρια που απαρτίζουν τελικά το πολυκριτηριακό πρόβλημα που καλούμαστε να επιλύσουμε. Εν συνεχεία (Κεφάλαιο 5), εισχωρούμε στις έννοιες των συνθετικών χρονοσειρών οι οποίες είναι χρήσιμες για την προβολή στο μέλλον και αναλύουμε την δημιουργία αυτών μέσω του λογισμικού «Κασταλία», ενσωματωμένου στα πλαίσια του ευρύτερου συστήματος διαχείρισης «Υδρογνώμων». Η προσπάθεια περιγραφής της ποιοτικής παραμέτρου στους ταμιευτήρες, γίνεται στο Κεφάλαιο 6 όπου δίνεται η ανάλυση του μοντέλου ευτροφισμού-διαλυμένου οξυγόνου EUTRO-SEL αναλύοντας εκτενέστερα το φυτοπλαγκτόν.

Η εφαρμογή όλων των προαναφερθέντων στη διαχείριση του ταμιευτήρα Πλαστήρα παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 7. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των τεχνικών χαρακτηριστικών του ταμιευτήρα, αναλύονται οι υφιστάμενες συνθήκες, συγκεντρώνονται τα δεδομένα, παράγονται οι απαραίτητες χρονοσειρές, επεκτείνεται το δείγμα της χλωροφύλλης και τέλος, παραθέτονται τα αποτελέσματα από αυτή την προσέγγιση. Εν κατακλείδι, στο τελευταίο Κεφάλαιο του παρόντος τεύχους παραθέτονται τα συμπεράσματα και οι διαπιστώσεις από την εφαρμογή όλης της προαναφερθείσας διαδικασίας στον ταμιευτήρα της λίμνης Πλαστήρα.

2 Η βελτιστοποίηση ως εργαλείο επίλυσης προβλημάτων μηχανικού

2.1 Γενικά

Η βελτιστοποίηση είναι μια μέθοδος επίλυσης προβλημάτων λήψης αποφάσεων και αναφέρεται στην αναζήτηση των βέλτιστων παραμέτρων ενός περίπλοκου συστήματος το οποίο εξετάζεται και πάνω στο οποίο θα εφαρμοστούν οι ληφθείσες αποφάσεις. Κατά ένα άλλο ορισμό, γενικότερο, η βελτιστοποίηση είναι μια διαδικασία σχεδιασμού και λειτουργίας ενός συστήματος, η οποία ενεργεί ως προς την καλύτερευσή του, κατά μια παράμετρο του συστήματος, η οποία ορίζεται *a priori*. Εκφρασμένη με μαθηματικό τρόπο, η βελτιστοποίηση ισοδυναμεί με την εύρεση μιας ή περισσότερων λύσεων, που είναι οι καλύτερες δυνατές, ενώ διατυπώνεται ως ένα πρόβλημα ελαχιστοποίησης ή μεγιστοποίησης μιας συνάρτησης, μιας μεταβλητής ή περισσότερων.

Κατά τον ορισμό της έννοιας της βελτιστοποίησης, έγινε λόγος για το ότι αυτή ενεργεί και εφαρμόζεται σε ένα σύστημα. Ένα σύστημα ορίζεται ως ένα σύνολο παραγόντων, στοιχείων, συνιστωσών φυσικών ή τεχνητών με κοινά χαρακτηριστικά, οι οποίες ενεργούν και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, παράγοντας ένα αποτέλεσμα διαφοροποιημένο από εκείνο που θα παράγονταν εάν λαμβάναμε υπόψη κάθε συνιστώσα ξεχωριστά. Στη διαχείριση υδατικών πόρων ασχολούμαστε με μια μόνο υποκατηγορία συστημάτων τα υδροσυστήματα και πιο συγκεκριμένα με το πρόβλημα του καθορισμού του βέλτιστου τρόπου λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος.

Σε ένα υδροσύστημα, για να ληφθεί μια απόφαση με τη μέθοδο της βελτιστοποίησης, θα πρέπει, αρχικά, να ποσοτικοποιήσουμε το σύνολο των εναλλακτικών αποφάσεων, ορίζοντας τις λεγόμενες μεταβλητές απόφασης. Αυτές μπορεί να αφορούν την απορροή ενός υδροσυστήματος, τις απώλειες και οποιαδήποτε άλλη μεταβλητή του υδροσυστήματος που θέλουμε να βελτιώσουμε, όταν αυτές λάβουν συγκεκριμένες τιμές τότε ορίζεται μια απόφαση. Σε κάθε πρόβλημα βελτιστοποίησης οι μεταβλητές απόφασης υπόκεινται σε ορισμένους περιορισμούς οι οποίοι οφείλονται σε ποικίλα αίτια, είτε αυτά αφορούν φυσικούς νόμους, είτε κοινωνικοοικονομικά όρια, είτε περιβαλλοντικούς και τεχνολογικούς περιορισμούς. Έτσι, μια απόφαση κατά τη μέθοδο της βελτιστοποίησης θα πρέπει να υπακούει και να ικανοποιεί όλους τους περιορισμούς που θέτουμε. Το σύνολο όλων αυτών των αποφάσεων που ικανοποιούν όλους τους περιορισμούς ορίζουν την εφικτή περιοχή των αποφάσεων από όπου θα αναζητήσουμε την καλύτερη απόφαση. Τελικά, ο δείκτης που μας αποκαλύπτει το πόσο καλή είναι η κάθε απόφαση, είναι η συνάρτηση στόχου όπου αναζητούμε τιμές των μεταβλητών απόφασης που μεγιστοποιούν ή ελαχιστοποιούν την οριζόμενη συνάρτηση στόχου.

Οι μέθοδοι βελτιστοποίησης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τις αιτιοκρατικές και τις στοχαστικές. Στις πρώτες, η πορεία προς τη λύση καθορίζεται με βάση μαθηματικούς κανόνες, ενώ στις στοχαστικές μεθόδους, το βέλτιστο προσεγγίζεται με μια φιλοσοφία επιτηρούμενης αναρχίας η οποία εκφράζεται μέσω αλγορίθμων, οι οποίοι αυξάνουν προοδευτικά την πιθανότητα εύρεσης της βέλτιστης λύσης.

Το τελικό προϊόν των αιτιοκρατικών μεθόδων εξαρτάται από το σημείο εκκίνησης και τις τιμές που θα λάβουν αρχικά οι μεταβλητές, ενώ σύγκλιση προς τη βέλτιστη λύση που υλοποιείται μέσω μαθηματικών εννοιών, είναι μεν γρήγορη, αλλά δεν είναι βέβαιο ότι είναι και η καθολικά βέλτιστη. Η διακριτοποίηση των λύσεων και η αντιμετώπισή τους ως μεμονωμένες οντότητες, οδηγεί σε τοπικά βέλτιστες λύσεις και δημιουργεί την ψευδαίσθηση του ολικού βέλτιστου. Στον αντίποδα, η ιδιότητα των στοχαστικών μεθόδων να χειρίζονται πληθυσμούς λύσεων και όχι μεμονωμένες λύσεις έχει ως αποτέλεσμα να αποφεύγεται η παραπάνω διαστρέβλωση των λύσεων, καθώς αυτές αναφέρονται σε όλο το φάσμα αυτών. Το προαπαιτούμενο των στοχαστικών μεθόδων είναι ένα εργαλείο αξιολόγησης και ένας μηχανισμός μεταβολής του πληθυσμού των λύσεων.

Ο παραπάνω διαχωρισμός έγινε βάσει της τυχαιότητας ή της αιτιοκρατίας που παρουσιάζει μια μεταβλητή. Υπάρχουν και άλλου είδους διαχωρισμοί και κατηγοριοποιήσεις των προβλημάτων βελτιστοποίησης. Έτσι εάν η συνάρτηση στόχου και οι συναρτήσεις των περιορισμών είναι όλες γραμμικές το πρόβλημα ονομάζεται γραμμικό, αλλιώς λέγεται μη γραμμικό. Όταν οι μεταβλητές απόφασης είναι συνεχείς, το πρόβλημα ονομάζεται συνεχές, αλλιώς αναφέρεται ως διακριτό πρόβλημα. Τέλος, εάν ληφθεί υπόψη ο χρόνος κατά την ανάλυση του προβλήματος τότε έχουμε να κάνουμε με δυναμικό πρόβλημα ενώ σε αντίθετη περίπτωση αναγόμαστε σε στατικό πρόβλημα βελτιστοποίησης.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται κατά την επίλυση των προβλημάτων βελτιστοποίησης είναι συγκεκριμένη και ακολουθείται σε κάθε περίπτωση πιστά ούτως ώστε να περιοριστούν τυχόν λάθη ή παραλήψεις καθότι έχουμε να αντιμετωπίσουμε πολύπλοκα προβλήματα. Αρχικά πρέπει να κατανοηθεί το πρόβλημα και να καθοριστούν οι μεταβλητές του μέσα από μια άχαρη αλλά ουσιαστική σχηματοποίηση του υδροσυστήματος στο οποίο θα εφαρμοστεί η βελτιστοποίηση. Αμέσως επόμενη έννοια μας θα πρέπει να είναι ο καθορισμός της συνάρτησης στόχου και η παράθεση των περιορισμών των μεταβλητών απόφασης λαμβάνοντας υπόψη όλες τις διεργασίες που επιτελούνται στο υδροσύστημα. Πριν περάσουμε στην επίλυση του προβλήματος εφαρμόζοντας μια τεχνική βελτιστοποίησης, ελέγχουμε εάν μπορούμε να απλοποιήσουμε το πρόβλημα ή να συμπτύξουμε ορισμένους περιορισμούς αν υπάρχει αυτή η δυνατότητα. Το τελευταίο βήμα αφορά τον έλεγχο των αποτελεσμάτων και την ανάλυση ευαισθησίας.

Τα είδη της βελτιστοποίησης είναι η κλασική βελτιστοποίηση και η πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση. Κατά την κλασική βελτιστοποίηση έχουμε μια συνάρτηση στόχου επομένως ένα κριτήριο προς μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση. Γι αυτό και μιλούμε για βελτιστοποίηση ενός κριτηρίου. Όταν έχουμε πολλαπλούς στόχους τότε το πρόβλημα γίνεται περίπλοκο και αναζητούνται πλέον λύσεις με βάση όλα τα κριτήρια. Επιπλέον η συνάρτηση στόχου δεν καταρτίζεται ως βαθμωτό μέγεθος όπως στην κλασική βελτιστοποίηση αλλά ως διανυσματικό. Αυτό το είδος βελτιστοποίησης ονομάζεται πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση. Τα δυο αυτά είδη βελτιστοποίησης αναλύονται διεξοδικώς στα επόμενα υποκεφάλαια.

2.2 Η κλασική βελτιστοποίηση

Σύμφωνα με την παραπάνω συνοπτική ανάλυση στις μεθόδους της βελτιστοποίησης και τη δομή αυτής, γίνεται αντιληπτό, ότι οι συνιστώσες που συνθέτουν και περιγράφουν τη μαθηματική διατύπωση του προβλήματος της κλασικής βελτιστοποίησης είναι δύο. Η πρώτη αφορά τη συνάρτηση στόχου και η άλλη τους περιορισμούς στους οποίους υπόκειται αυτή. Για να οριστούν όμως οι εξισώσεις και να περιγραφεί το πρόβλημα θα πρέπει να ορίσουμε και να ονομάσουμε τα διάφορα στοιχεία που το συνθέτουν.

Αρχικά έχουμε τις μεταβλητές αποφάσεις που ορίζονται με x_i και αν αυτές είναι n σε πλήθος τότε έχουμε $x_1, x_2, \dots, x_n$ μεταβλητές αποφάσεις. Αυτές συγκροτούν το διάνυσμα $\mathbf{x}$. Η συνάρτηση στόχων ορίζεται ως βαθμωτό μέγεθος $f(\mathbf{x})$ οπότε αναζητούμε την εύρεση κατάλληλων $\mathbf{x}$ που να μεγιστοποιούν ή να ελαχιστοποιούν την f . Τέλος, οι περιορισμοί εκφράζονται από μια ανισοτική συνάρτηση (συμπεριλαμβάνοντας και την ισότητα αρκετές φορές) των μεταβλητών απόφασης $g(\mathbf{x})$, η οποία κάθε φορά υπόκειται στον περιορισμό i με τιμή b_i με το πλήθος των περιορισμών να είναι m . Εκφράζονται τις παραπάνω συναρτήσεις με μαθηματικό κώδικα, συνθέτουν το πρόβλημα της κλασσικής βελτιστοποίησης με τις εξισώσεις (2.1).

$$\begin{aligned} & \max(\min) f(\mathbf{x}) \\ & s.t. \\ & g_i(\mathbf{x}) \otimes b_i, i = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (2.1)$$

Στην περίπτωση που η συνάρτηση στόχου και οι συναρτήσεις των περιορισμών είναι γραμμικές συναρτήσεις, τότε έχουμε να κάνουμε καθαρά με ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού, όπου χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι Simplex, αλλά και νεότεροι αλγόριθμοι για την επίλυση του προβλήματος. Οι εξισώσεις της μαθηματικής διατύπωσης του προβλήματος της βελτιστοποίησης με χρήση γραμμικών εξισώσεων παρουσιάζονται παρακάτω.

$$\begin{aligned} & \max(\min) z = \mathbf{c}^T \mathbf{x} \\ & s.t. \\ & \mathbf{a}_i^T \mathbf{x} \otimes b_i, i = 1, 2, \dots, m \\ & \mathbf{x} \geq 0 \end{aligned} \quad (2.2)$$

με $\mathbf{c}=(c_1, c_2, \dots, c_n)^T$ το διάνυσμα των συντελεστών της συνάρτησης στόχου και $\mathbf{a}_i=(a_{1i}, a_{2i}, \dots, a_{ni})^T$ το διάνυσμα των συντελεστών του εκάστοτε περιορισμού i .

Η κυριότερη αδυναμία των κλασσικών μεθόδων, που εστιάζεται στον εντοπισμό μιας μεμονωμένης λύσης και όχι ενός συνόλου βέλτιστων λύσεων (σύνολο Pareto), δημιούργησε την ανάγκη για εύρεση της κατάλληλης μεθοδολογίας και κυρίως των τεχνικών εκείνων που θα μπορούσαν να υπερπηδήσουν αυτό το μειονέκτημα και να διευρύνουν τους ορίζοντες της αναζήτησης βέλτιστων λύσεων. Η απάντηση ήρθε με τη χρησιμοποίηση των εξελικτικών αλγόριθμων, οι οποίοι μιμούμενοι τις διαδικασίες φυσικής εξέλιξης των ατόμων, παράγουν από ένα ορισμένο πλήθος λύσεων (ένα αρχικό σύνολο σημείων-ατόμων), ένα άλλο σύνολο εξελιγμένων και βέλτιστων λύσεων (αλλά σύνολα εξελιγμένων σημείων-ατόμων).

Η διαδικασία που επιτελούν αφορά την παραγωγή όλο και καλύτερων λύσεων (βέλτιστων), εξελίσσοντας την προηγούμενη γενιά και δημιουργώντας νέα επιλέγοντας να εισχωρήσουν σε αυτή μόνο οι καλύτερες λύσεις της προηγούμενης. Η δομή ενός τέτοιου αλγόριθμου και η διατεταγμένη σειρά των διεργασιών του, αφορούν τη γέννηση ενός αρχικού πληθυσμού, την κωδικοποίηση των μεταβλητών του και μέσω μιας διαδικασίας επιλογής των ατόμων παράγεται η επόμενη γενιά λύσεων. Αναλυτική περιγραφή των διεργασιών αυτού του είδους των αλγόριθμων παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.

2.3 Η πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση

2.3.1 Ορισμοί

Στα περισσότερα πραγματικά προβλήματα απαιτείται η ταυτόχρονη βελτιστοποίηση περισσότερων του ενός στόχων, που συνήθως είναι αντικρουόμενοι μεταξύ τους. Τα προβλήματα αυτά ονομάζονται πολυκριτηριακά προβλήματα βελτιστοποίησης. Το πολυκριτηριακό πρόβλημα βελτιστοποίησης το συναντάμε σε καθημερινή βάση σε όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες και εκφάνσεις. Ο άνθρωπος καλείται καθημερινά να επιλύσει ένα ή περισσότερα προβλήματα βελτιστοποίησης παρόλο που αυτά δεν είναι εύκολα αντιληπτά.

Ένα τέτοιο πολυκριτηριακό πρόβλημα είναι για παράδειγμα η επιλογή μιας σύντομης διαδρομής που καλείται να ακολουθήσει ο άνθρωπος επί καθημερινής βάσης ούτως ώστε να μπορέσει να πραγματοποιήσει την δουλειά του. Τα κριτήρια που οριοθετούν το πρόβλημα μπορεί να είναι ο όγκος της κίνησης σε εναλλακτικές διαδρομές, η επιλογή μεταφορικού μέσου, ο χρόνος μετάβασης και άλλα. Καλείται επομένως ο άνθρωπος να επιλέξει, με βάση όλα τα κριτήρια και τις εφικτές διαδρομές, εκείνη που είναι βέλτιστη για την εξυπηρέτησή του. Στο μυαλό του πραγματοποιείται ένα είδος πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης που στόχο έχει την ελαχιστοποίηση της απόστασης αλλά και του χρόνου μετάβασης.

Κατά την κλασσική βελτιστοποίηση είδαμε πως εξελίσσεται η διαδικασία χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση στόχου. Η ίδια ακριβώς διαδικασία θα μπορούσε να εφαρμοστεί εάν αναγάγαμε το πολυκριτηριακό πρόβλημα σε μονοκριτηριακό. Η συγχώνευση πολλών κριτηρίων σε ένα, θα μπορούσε να υλοποιηθεί εάν οι αριθμητικές τιμές που τα αποδίδουν, συγχωνευτούν σε μια ενιαία τιμή αξιολόγησης χρησιμοποιώντας επί παραδείγματι μια γραμμική σχέση που να συνδέει τις τιμές όλων των κριτηρίων. Έτσι αναγόμαστε σε μονοκριτηριακό πρόβλημα, κατά το οποίο οι τιμές του κριτηρίου προέρχονται από το σχεσιακό συνδυασμό των υπολοίπων κριτηρίων, όποτε και εφαρμόζουμε τη μεθοδολογία που χρησιμοποιούμε για την επίλυση προβλημάτων κλασσικής βελτιστοποίησης.

Εφαρμόζοντας την παραπάνω πράξη γενίκευσης, ελλοχεύει ο κίνδυνος του λάθους εάν δεν κατανοηθεί πλήρως το πολυκριτηριακό πρόβλημα και η συγχώνευση γίνει χωρίς περαιτέρω ανάλυση. Το σφάλμα εντοπίζεται στη περίπτωση που οι στόχοι είναι ανομοιογενείς και διαφορετικού είδους, όποτε και συγχώνευσή τους στερείται φυσικής σημασίας καθώς δεν είναι δυνατό να γίνει πρόσθεση ανόμοιων πραγμάτων, ενώ παράλληλα δεν είναι ορθός ο υπολογισμός των συντελεστών συγχώνευσης που χρησιμοποιούνται. Στα πολυκριτηριακά προβλήματα συνήθως συναντώνται ανομοιογενείς και εκ διαμέτρου αντίθετοι στόχοι όποτε εγκαταλείπεται η ιδέα της αναγωγής σε μονοκριτηριακή θεώρηση με συγχώνευση και προωθείται αυτή της παρουσίασης της συνάρτησης στόχου σε μορφή διανύσματος, όπου κάθε συνιστώσα του αντιστοιχεί σε ένα στόχο βελτιστοποίησης. Το διάνυσμα των κριτηρίων θα περιγράφεται από την σχέση 2.3.

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}) = (f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_n(\mathbf{x}))^T \quad (2.3)$$

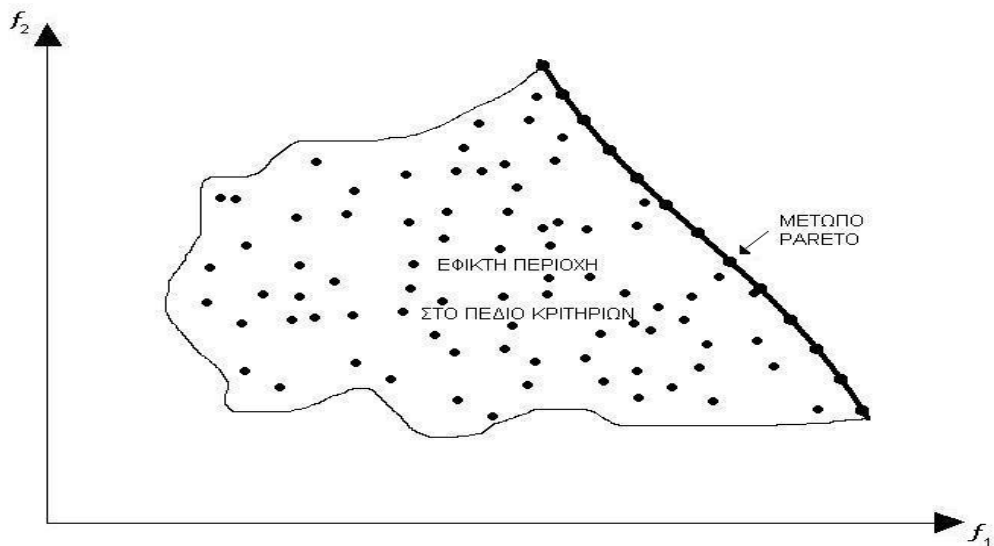
Για τον χειρισμό ενός προβλήματος πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης αντικρουόμενων και ταυτόχρονα ενεργούντων κριτηρίων, είναι επιτακτική ανάγκη να καθοριστεί μια διαδικασία σύγκρισης και αξιολόγησης διανυσματικών λύσεων. Την απάντηση σε αυτόν τον προβληματισμό έδωσε ο Pareto (1896) που ασχολήθηκε με τέτοιου είδους προβλήματα, εισάγοντας την έννοια της κυριαρχίας. Την έννοια αυτή μπορούμε να την ορίσουμε και να την περιγράψουμε με τη βοήθεια ενός παραδείγματος, κατά το οποίο όλα τα κριτήρια είναι

προς ελαχιστοποίηση και διαθέτουμε δυο λύσεις των στόχων, $\mathbf{x}_1$ και $\mathbf{x}_2$, τότε λέμε ότι η $\mathbf{x}_1$ κυριαρχεί της $\mathbf{x}_2$ εφόσον ισχύει η σχέση 2.4 και για ένα τουλάχιστον j ισχύει η σχέση 2.5.

$$f_i(\mathbf{x}_1) \leq f_i(\mathbf{x}_2), \forall i \quad (2.4)$$

$$\text{και για ένα } j \text{ ισχύει } f_j(\mathbf{x}_1) < f_j(\mathbf{x}_2) \quad (2.5)$$

Αν τα παραπάνω κριτήρια που διαθέταμε, έπρεπε να τα υποβάλλουμε στην διαδικασία της μεγιστοποίησης, για να κυριαρχεί εκ νέου η $\mathbf{x}_1$ θα έπρεπε οι ανισότητες να έχουν αντίθετη φορά. Γενικεύοντας, εάν διαθέτουμε n πλήθος λύσεων $\mathbf{x}_i$ και διαπιστώνοντας ότι βρίσκουμε μια λύση επί της οποίας δεν κυριαρχεί καμία εκ των υπολοίπων, τότε ονομάζεται μη κυριαρχούμενη λύση. Στην πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση μας ενδιαφέρει το σύνολο των μη κυριαρχούμενων λύσεων που συγκροτούν το σύνολο Pareto. Ονομάζοντας εφικτή περιοχή το σύνολο των εφικτών αποφάσεων που ικανοποιούν όλους τους περιορισμούς, χωροθετούμε το σύνολο Pareto μέσα σε αυτή την περιοχή ως ένα υποσύνολό της. Αντιστοιχίζοντας τις λύσεις του συνόλου Pareto με τα σημεία στον χώρο των τιμών των κριτηρίων αυτή τη φορά, δημιουργείται πάλι ένα υποσύνολο, του χώρου των κριτηρίων όμως, το λεγόμενο μέτωπο Pareto. Στο Σχήμα 2.1 απεικονίζεται το μέτωπο Pareto, χρησιμοποιώντας δύο κριτήρια τα οποία και υποβάλλουμε σε μεγιστοποίηση.



Σχήμα 2.1: Δισδιάστατο μέτωπο Pareto

Οι γενικές μέθοδοι κατάταξης και ομαδοποίησης της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης αναφέρονται σε δυο κατηγορίες. Τις κλασσικές μεθόδους, όπου το πρόβλημα ανάγεται σε κλασσική μονοκριτηριακή βελτιστοποίηση και τις πιο σύγχρονες μεθόδους, όπου σχηματίζεται το σύνολο Pareto και με περαιτέρω αξιολόγησή του καταλήγουμε στην τελική απόφαση. Οι δύο αυτές κατηγορίες αναλύονται στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου.

2.3.2 Κλασσικές μέθοδοι

Η ιδεολογική υπόσταση των μεθόδων αυτών βασίζεται στην αναγωγή του προβλήματος από πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση, σε βελτιστοποίηση ενός κριτηρίου, με την κατάρτιση βαθμωτής συνάρτησης στόχου, όπου καταλήγουμε σε μοναδική λύση καλούμενη βέλτιστη συμβιβαστική λύση. Στις κλασσικές μεθόδους, πολλές φορές, η ανάγκη για αναζήτηση μοναδικής λύσης οδηγεί στον καλύτερο δυνατό συμβιβασμό των κριτηρίων, αλλά αυτό υπόκειται στη διακριτική ευχέρεια και υποκειμενικότητα του εκάστοτε αναλυτή-μελετητή.

Η επιλογή της καλύτερα συμβιβαστικής λύσης ενός πολυκριτηριακού προβλήματος βελτιστοποίησης, μπορεί να γίνει είτε πριν, είτε κατά τη διάρκεια, είτε στο τέλος της εφαρμογής της διαδικασίας βελτιστοποίησης. Ό,τι αφορά την παρέμβαση πριν την εφαρμογή της διαδικασίας, ήδη αναφερθήκαμε στην προηγούμενη παράγραφο (§ 2.3.1) για την συγχώνευση όλων των κριτηρίων με τη βοήθεια μιας συνάρτησης. Η παρέμβαση κατά την εξέλιξη της διαδικασίας είναι δυναμική και ο αναλυτής μπορεί να αναπροσαρμόσει ή να καταρτίσει νέα κριτήρια, καθοδηγώντας τη διαδικασία στο επιθυμητό για αυτόν αποτέλεσμα. Η υποκειμενικότητα του αναλυτή είναι σημαντικός παράγοντας κατά την επέμβαση στο τέλος της διαδικασίας καθώς έχει επιλυθεί το πολυκριτηριακό πρόβλημα και επιλέγεται η καλύτερη συμβιβαστική λύση μέσα από ένα σύνολο λύσεων.

Αναφορικά με τις μεθόδους πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης που ανήκουν στην κατηγορία κλασσικές μέθοδοι, απαριθμούνται, η μέθοδος περιορισμών ϵ , η μέθοδος προεπιλογής βαρών, μέθοδος διαδοχικής βελτιστοποίησης και η μέθοδος του προγραμματισμού στόχων. Η μέθοδος των περιορισμών ϵ και της διαδοχικής βελτιστοποίησης έχουν κοινά σημεία ως προς τη διαδικασία αλλά και μια σημαντική διαφοροποίηση.

Αναλυτικότερα κατά την εφαρμογή, αρχικά της διαδοχικής βελτιστοποίησης τα κριτήρια κατατάσσονται με σειρά προτεραιότητας, η οποία λαμβάνεται είτε αυθαίρετα, είτε εναλλακτικά αυτή μπορεί να πηγάζει από την κρίση και τις προτεραιότητες που θέτουν οι χρήστες του υπό μελέτη υδросυστήματος. Εφαρμόζεται κλασσική βελτιστοποίηση του πρώτου σε κατάταξη κριτηρίου και εφόσον βρεθεί μοναδική λύση αυτή καταχωρείται ως βέλτιστη, χωρίς να εξεταστούν τα υπόλοιπα κριτήρια. Εφόσον η εύρεση της μοναδικής λύσης που προέρχεται από το πρώτο κριτήριο, αγνοώντας τα υπόλοιπα συνήθως αποτυγχάνει, τότε η βέλτιστη τιμή των λύσεων του πρώτου κριτηρίου εισάγεται σαν ένας επιπλέον περιορισμός στους υπόλοιπους.

Ακολουθεί το δεύτερο στην κατάταξη κριτήριο, όπου κατά την βελτιστοποίηση αν βρεθεί μοναδική λύση αυτή καταχωρείται ως βέλτιστη, αλλιώς πάλι θα έχουμε πολλές λύσεις με τη βέλτιστη τιμή αυτών να εισάγεται σαν ένας επιπλέον περιορισμός, οπότε ακολουθεί κλασσική βελτιστοποίηση του επόμενου σε κατάταξη κριτηρίου. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται κάθε φορά με επόμενα στη κατάταξη κριτήρια, ώσπου να βρεθεί μοναδική λύση οπότε και τερματίζεται η διαδικασία. Ως βέλτιστη συμβιβαστική λύση ορίζεται η μοναδική λύση που τερμάτισε τη διαδικασία.

Η ελλιπής εξέταση και καταγραφή όλων των κριτηρίων δημιούργησε την ανάγκη για μια νέα προσέγγιση της μεθόδου της διαδοχικής βελτιστοποίησης που είναι η μέθοδος των περιορισμών ϵ . Η ανάπτυξη της μεθόδου είναι ίδια με την προηγούμενη, οπότε και κατατάσσονται τα κριτήρια και βελτιστοποιείται το πρώτο σε σειρά. Η διαφοροποίηση έγκειται στο γεγονός ότι κατά την βελτιστοποίηση του κάθε κριτηρίου, τίθενται περιορισμοί στις τιμές όλων των κριτηρίων ακόμα κι αν δεν βελτιστοποιούνται σε εκείνο το στάδιο. Όταν

το κριτήριο υποβάλλεται σε μεγιστοποίηση τίθεται κάτω όριο στους περιορισμούς των κριτηρίων ενώ το αντίθετο συμβαίνει στην ελαχιστοποίηση του κριτηρίου. Αν η λύση είναι μοναδική είναι και η βέλτιστη συμβιβαστική λύση, αν όχι συνεχίζεται η διαδικασία με το επόμενο σε σειρά κριτήριο. Η διαδικασία τερματίζεται όταν βρεθεί μοναδική λύση στο πρόβλημα.

Στις προαναφερθείσες μεθόδους παρατηρούμε ότι οδηγούμαστε σε μια σειρά αλληπάλληλων κλασσικών βελτιστοποιήσεων για να καταλήξουμε στην επίλυση του προβλήματος. Η μέθοδος της προεπιλογής βαρών διαφοροποιείται, καθώς συμπεριλαμβάνει ταυτόχρονα όλα τα κριτήρια σε μια βαθμωτή συνάρτηση στόχου, με θεώρηση προεπιλεγμένων συντελεστών βάρους, εκφράζοντας την συνεισφορά και τη βαρύτητα κάθε κριτηρίου αντιστοίχως.

Εξ ορισμού, δεν μπορεί να συντελεστεί πράξη ποσοτήτων με διαφορετικές μονάδες μέτρησης οπότε η απάντηση σε αυτό το εμπόδιο δίνεται μέσω της κανονικοποίησης των κριτηρίων. Η διαδικασία αυτή γίνεται υλοποιήσιμη μέσω μιας συνάρτησης που ονομάζεται συνάρτησης χρησιμότητας, η οποία αντιστοιχεί σε μια ποσότητα $u_i(f_i)$ που παίρνει τιμές μεταξύ 0 και 1 για κάθε τιμή κριτηρίου f_i , ταξινομώντας έτσι τις εναλλακτικές λύσεις και κανονικοποιώντας το κάθε κριτήριο.

Τελικά στη μέθοδο της προεπιλογής βαρών, η συνάρτηση στόχου καταλήγει να παρουσιάζεται ως μια σταθμισμένη συνάρτηση χρησιμότητας της οποίας μάλιστα μας ενδιαφέρει η μεγιστοποιημένη έκφασή της. Η συμβιβαστική λύση αυτής της μεθόδου θεωρείται αυτή που μεγιστοποιεί την συνάρτηση χρησιμότητας του προβλήματος.

Η συνάρτηση χρησιμότητας βρίσκει εφαρμογή και στη μέθοδο του προγραμματισμού των στόχων. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου, θεωρείται ότι είναι γνωστός ένας ιδανικός στόχος των κριτηρίων ή εναλλακτικά χαρακτηρίζεται ένα σημείο στο χώρο των κριτηρίων ως το καλύτερο ή χειρότερο σημείο. Όταν το σημείο θεωρείται καλύτερο τότε αναζητείται λύση στην εφικτή περιοχή με την μικρότερη απόσταση από το πρώτο που νοείται ως ιδανικός στόχος. Αντίστοιχα η επιδίωξη για αποφυγή ενός σημείου που χαρακτηρίζεται χειρότερο κατευθύνει την αναζήτηση των λύσεων στην εφικτή περιοχή με την μεγαλύτερη απόσταση από τον ιδανικό στόχο. Η γενική αντιμετώπιση του προβλήματος αφορά την πραγματοποίηση κλασσικής βελτιστοποίησης της απόστασης, είτε συγκλίνοντας, είτε αποκλίνοντας από τον ιδανικό στόχο.

Το συγκριτικό πλεονέκτημα των δύο τελευταίων μεθόδων έναντι των προηγούμενων, έγκειται στο γεγονός ότι λαμβάνουν υπόψη όλα τα κριτήρια του προβλήματος για να εντοπίσουν την συμβιβαστική λύση. Έτσι δεν εγκλωβίζονται τόσο εύκολα σε τοπικά βέλτιστα, όπως οι άλλες δυο μέθοδοι, χωρίς να εξετάσουν περαιτέρω και τα υπόλοιπα κριτήρια. Τα μειονεκτήματα των μεθόδων κλασσικής βελτιστοποίησης, εντοπίζονται στην υποκειμενικότητα της επιλογής των συντελεστών βάρους ή της σειράς προτεραιότητας των κριτηρίων, την αδυναμία εντοπισμού εναλλακτικών βέλτιστων λύσεων Pareto, την αυθαιρεσία του ορισμού της συνάρτησης χρησιμότητας και την σύμπτυξη κριτηρίων διαφορετικής ιδιότητας και κλίμακας.

2.3.3 Μέθοδοι βασισμένες σε εξελικτικούς αλγορίθμους

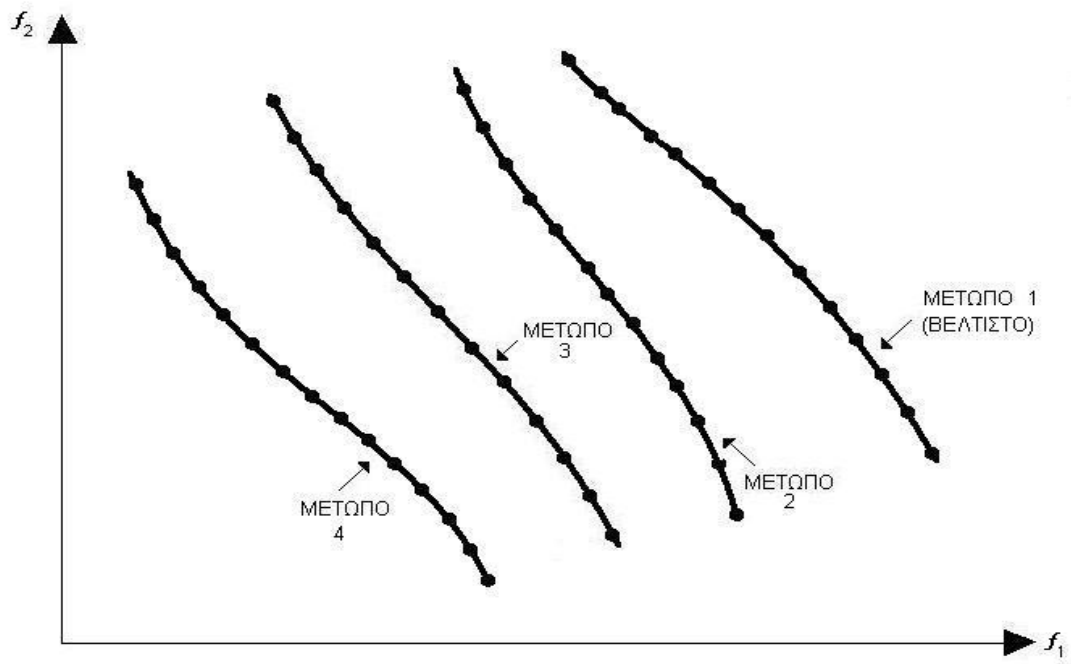
Η εφαρμογή των εξελικτικών αλγορίθμων σε πολυκριτηριακά προβλήματα βελτιστοποίησης ήταν λογικό να επιφέρει αλλαγές στις δομές τους, χωρίς να χάσουν το υπόβαθρο ορισμού τους, αλλά να προσαρμοστούν στις ανάγκες, τις επιταγές και τις αξιώσεις των προβλημάτων βελτιστοποίησης. Οι εξελικτικοί αλγόριθμοι (αναλύονται και τεκμηριώνονται θεωρητικά στο επόμενο Κεφάλαιο) αποτελούν μηχανές αναζήτησης βέλτιστων λύσεων και έχουν αναπτυχθεί και περιγραφεί με βάση τη θεωρία της βιολογικής εξέλιξης που παρατηρείται στη φύση. Είναι σύγχρονες μέθοδοι παραγωγής βέλτιστων λύσεων, όπου μέσα από μια διαδικασία εξέλιξης των λύσεων, που παρομοιάζονται με άτομα γενεών τα οποία μεταβαίνουν από γενεά σε γενεά και επιβιώνουν τα καλύτερα δυνατά άτομα, καταλήγουμε στις βέλτιστες λύσεις.

Οι μέθοδοι που αναπτύχθηκαν για την επίλυση πολυκριτηριακών προβλημάτων με χρήση τέτοιων αλγορίθμων εστιάζονται στον τρόπο υπολογισμού της κυριαρχίας και της διασποράς των λύσεων. Η διαδικασία της επιλογής των ατόμων στην επόμενη γενιά, γίνεται βάσει ενός μέτρου κυριαρχίας r και ενός μέτρου διασποράς S . Το μέτρο κυριαρχίας r προκρίνει στην επόμενη γενιά τα άτομα που κυριαρχούν έναντι άλλων και το μέτρο διασποράς S , ευνοεί την επιλογή ατόμων που έχουν λιγότερα γειτονικά μέλη πληθυσμού. Το πολυκριτηριακό πρόβλημα εκφυλίζεται σε μονοκριτηριακό, υπολογίζοντας την προαγωγή του κάθε ατόμου σε νέα γενιά βάσει της σχέσης (2.6)

$$f(i) = f(r_i, S_i) \quad (2.6)$$

Με υπόβαθρο τους εξελικτικούς αλγορίθμους αναπτύχθηκαν μέθοδοι πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης, οι οποίοι βασίστηκαν στον ορισμό των μέτρων κυριαρχίας και διασποράς, οδεύοντας προς τον υπολογισμό της βέλτιστης λύσης. Παραθέτοντας τις πιο γνωστές μεθόδους θα μπορούσαμε να αναφερθούμε στις μεθόδους της μη κυριαρχούμενης κατάταξης γενετικών αλγορίθμων (NSGA), στις μεθόδους των γενετικών αλγορίθμων Niched Pareto (NPGA), σε αυτές που περιγράφονται από τον αυθεντικό εξελικτικό αλγόριθμο Pareto ισχύος (SPEA) και η καινούργια εκδοχή του SPEA II, την οποία χρησιμοποιούμε στην παρούσα εργασία και θα μελετήσουμε εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

Η πρώτη μέθοδος, NSGA αφορά την κατάταξη των ατόμων του πληθυσμού με βάση την κυριαρχία στα υπόλοιπα. Δημιουργούνται βαθμίδες ατόμων όπου η πρώτη δεν κυριαρχείται από κανένα άτομο, η δεύτερη κυριαρχείται από την πρώτη αλλά πλην αυτής, από κανένα άλλο άτομο και η κατάταξη συνεχίζει με αυτή τη διαδικασία. Κάθε κατάταξη είναι και ένα μέτωπο στο οποίο αντιστοιχεί ένας δείκτης κατάταξης, που αποτελεί το μέτρο κυριαρχίας των αντίστοιχων λύσεων. Η κατάταξη σε μέτωπα που παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί, αφορά κριτήρια που τίθενται για μεγιστοποίηση, με το πρώτο μέτωπο να αποτελεί και το βέλτιστο.



Σχήμα 2.2: Κατάταξη σε μέτωπα

Αναφορικά με την μέθοδο NPGA, η επιλογή των ατόμων γίνεται αρχικά με την έννοια της κυριαρχίας όπως αυτή παρουσιάστηκε παραπάνω, ενώ, στη συνέχεια, για περαιτέρω αξιολόγηση των λύσεων του ίδιου μετώπου, υπολογίζεται ένας βαθμός γειτνίασης με βάση τον αριθμό των γειτονικών ατόμων που βρίσκονται εντός μιας προκαθορισμένης ακτίνας. Έτσι τα άτομα ή οι λύσεις που έχουν λιγότερους γείτονες προσεγγίζουν το βέλτιστο σημείο και ανεβαίνουν επίπεδο στην ιεραρχία των λύσεων. Οι μέθοδοι SPEA αναλύονται εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο. Τα πλεονεκτήματα των μεθόδων που βασίζονται στους εξελικτικούς αλγόριθμους εντοπίζονται στο ότι δεν υπάρχει πλέον κανένα είδος υπόθεσης, αυθαιρεσίας και επιλογής μεταβλητών, ενώ παράλληλα υπολογίζουν τις βέλτιστες λύσεις Pareto (πλήθος λύσεων).

3 Εξελικτικοί αλγόριθμοι βελτιστοποίησης

3.1 Γενικά

Η επιστήμη έχοντας ως στόχο την παραγωγή νέας γνώσης, προσπαθεί να εξελιχθεί και να τεκμηριωθεί, λαμβάνοντας υπόψη αρχές και διαδικασίες από διαφόρους κλάδους και γνωστικές περιοχές όπως τα μαθηματικά, τη φυσική, τη βιολογία την κοινωνιολογία και άλλες. Συνθέτοντας πεδία γνώσεων από διαφόρους επιστημονικούς κλάδους, προσπαθεί να επιτελέσει το έργο της, δίνοντας λύση και εξακριβωμένη εξήγηση σε προβλήματα που την απασχολούν. Πολλές διαδικασίες που αποτελούν τη φιλοσοφία, το σκελετό και την υπόσταση ενός από τους κλάδους της επιστήμης μπορεί να αποτελέσουν πηγή έμπνευσης και συνεισφορά στην εξελικτική πορεία ενός άλλου κλάδου.

Η Εξελικτική υπολογιστική είναι ένα παράδειγμα συστήματος που απορρέει από την διαδικασία της σύνθεσης επιστημών. Αποτελείται από ένα σύνολο εξελικτικών υπολογιστικών μοντέλων, τα οποία καλούνται εξελικτικοί αλγόριθμοι, με βασικό τους αντικείμενο την επίλυση δύσκολων προβλημάτων αναζήτησης και βελτιστοποίησης. Οι εξελικτικοί αλγόριθμοι αποτελούν στοχαστικές μεθόδους αναζήτησης, οι οποίες διερευνούν πολύπλοκους χώρους, προσομοιώνοντας τεχνικές φυσικής εξέλιξης (Holland, 1975). Οι στοχαστικές μέθοδοι αναζήτησης, αναφέρονται σε μεθόδους που στηρίζονται και αναπτύσσονται με τη βοήθεια διαφόρων μοντέλων. Έτσι, οι εξελικτικοί αλγόριθμοι υλοποιούν μια στοχαστική επαναληπτική διαδικασία κατά την οποία διατηρούν ένα πλήθος από προφανείς λύσεις του προβλήματος, επιλέγοντας τελικά τις καλύτερες μέσα από μια άλλη διαδικασία επιλογής βασισμένη στην ποιότητα των λύσεων και σε ορισμένους γενετικούς τελεστές.

Αρκετές είναι οι εκφάνσεις και οι κατηγορίες που μπορούμε να συναντήσουμε στους εξελικτικούς αλγόριθμους. Αυτές οι παραλλαγές των εξελικτικών αλγορίθμων μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους, αλλά βασίζονται στις ίδιες αρχές υλοποίησης. Οι κυριότερες κατηγορίες είναι οι ακόλουθες:

- *Εξελικτικές στρατηγικές*
- *Γενετικός*
- *Εξελικτικός προγραμματισμός*
- *Γενετικοί αλγόριθμοι:* Προτάθηκαν από τον Holland και αποτελούν τον δημοφιλέστερο και πιο διαδεδομένο τύπο εξελικτικών αλγορίθμων. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την επίλυση βελτιστοποίησης παραμέτρων και οι λύσεις έχουν συνήθως τη δομή μιας σειράς δυαδικών αριθμών.

Από τις παραπάνω κατηγορίες με αυτή που θα ασχοληθούμε περισσότερο σε αυτό το τεύχος είναι αυτή των γενετικών αλγορίθμων, οι οποίοι αναλύονται στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου.

3.2 Ο κλασσικός γενετικός αλγόριθμος

Είναι ένα σύστημα επίλυσης προβλημάτων βασισμένο στις αρχές της φυσικής εξέλιξης και της μίμησης των μηχανισμών της βιολογικής εξέλιξης που απαντώνται στην φύση. Οι γενετικοί αλγόριθμοι είναι ικανοί να επιλύσουν προβλήματα βελτιστοποίησης, στα οποία υπάρχουν πολλές και διαφορετικές δυνατές λύσεις και καλούνται να εξάγουν την καλύτερη δυνατή λύση. Στην ορολογία του γενετικού αλγόριθμου οι πιθανές λύσεις του προβλήματος παρουσιάζονται ως άτομα ενός πληθυσμού και πάνω σε αυτά εφαρμόζονται διαδικασίες εμπνευσμένες από τη βιολογική εξέλιξη όπως διασταύρωση και μετάλλαξη που θα αναλύσουμε παρακάτω.

Η βασική ιδέα του γενετικού αλγόριθμου εστιάζεται στη θεωρία της εξέλιξης από γενιά σε γενιά πληθυσμού. Έχοντας μια γενιά ατόμων (πιθανών λύσεων) η οποία αναπαράγεται και δημιουργείται άλλη γενιά ατόμων και από αυτή άλλη, κάθε φορά όμως εξελίσσοντας τους προηγούμενους πληθυσμούς. Η εξέλιξη αφορά τη διαδικασία που οδηγεί στην αύξηση της ικανότητας ενός πληθυσμού να επιβιώνει και να αναπαράγεται μέσα σε ένα δεδομένο περιβάλλον. Έτσι από τη μια γενιά ατόμων στην επόμενη μπορούν να πάνε όσα επιβιώσουν από τις δυσκολίες και κακουχίες του περιβάλλοντος. Άρα συνεχίζουν τα καλύτερα και πιο δυνατά άτομα, δηλαδή, για το πρόβλημα μας, οι καλύτερες δυνατές λύσεις. Με αυτή τη διαδικασία οι γενιές ατόμων εξελίσσονται δίνοντας πάντα καλύτερες λύσεις και, εν τέλει, από τον καταληκτικό πληθυσμό πιθανών λύσεων επιλέγουμε ως καλύτερη, το καλύτερο άτομο της γενιάς.

Οι γενετικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούν ορολογία δανεισμένη από το χώρο της φυσικής γενετικής και αναφέρονται σε άτομα ή γονότυπους μέσα σε ένα πληθυσμό, όπου τα άτομα αποτελούνται από χρωμοσώματα. Συστατικό των χρωμοσωμάτων αποτελούν τα γονίδια που επηρεάζουν την κληρονομικότητα ενός ή περισσότερων χαρακτηριστικών και είναι διατεταγμένα σε γραμμική ακολουθία. Τέλος το αποκωδικοποιημένο περιεχόμενο ενός χρωμοσώματος καλείται φαινότυπος. Οι πιθανές λύσεις ενός προβλήματος αφορούν τα άτομα ενός πληθυσμού και υφίστανται την διαδικασία της εξέλιξης όπου οι καλύτερες λύσεις αναπαράγονται για την δημιουργία νέας γενιάς και οι χειρότερες λύσεις απομακρύνονται. Αυτή τη διαδικασία της εξέλιξης λαμβάνει χώρα σε κάθε γενιά, όπου ο διαχωρισμός των λύσεων σε καλές ή όχι, γίνεται με την βοήθεια της συνάρτησης στόχου η οποία παίζει το ρόλο του περιβάλλοντος μέσα στον οποίο εξελίσσεται ο πληθυσμός.

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της εξέλιξης και διαχωριστούν από τον γενικό πληθυσμό τα καλά άτομα δηλαδή οι πιθανές λύσεις, δημιουργείται ένας νέος πληθυσμός (επόμενη γενιά) στον οποίο εφαρμόζονται οι διαδικασίες της διασταύρωσης και της μετάλλαξης αλλάζοντας κάποια από τα άτομα του πληθυσμού. Κατά τη διασταύρωση γίνεται ανταλλαγή κομματιών των χρωμοσωμάτων των δύο γονέων με συγκεκριμένο σημείο διασταύρωσης και δημιουργούνται αντίστοιχα έτσι δύο απόγονοι. Στη μετάλλαξη συμβαίνει τυχαία αλλαγή ενός ή περισσότερων γονιδίων ενός συγκεκριμένου χρωμοσώματος.

Ένα χαρακτηριστικό στοιχείο του γενετικού αλγόριθμου είναι ότι ο πληθυσμός των πιθανών λύσεων δεν αποτελείται από τις τιμές που τυχόν λαμβάνουν αυτές οι λύσεις αλλά από μια κωδικοποίηση του συνόλου τιμών που μπορούν να πάρουν. Η κωδικοποίηση αυτή γίνεται με συμβολοσειρές πεπερασμένου μήκους και μια τέτοια μπορεί να θεωρηθεί η δυαδική συμβολοσειρά είτε μια οποιαδήποτε άλλη κωδικοποίηση.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0

Σχήμα 3.1: Δυαδική Συμβολοσειρά

Οι γενετικοί αλγόριθμοι βοηθούν στην επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης όπου η συνάρτηση στόχου (το περιβάλλον του γενότυπου) αποτελείται από K μεταβλητές (αριθμός ατόμων) υποθέτοντας ότι κάθε μεταβλητή x_i παίρνει τιμές στο διάστημα $[a_i, b_i]$. Αρχικά θα πρέπει να γίνει η κωδικοποίηση των πιθανών λύσεων η οποία όπως αναφέραμε θα είναι δυαδική. Για τη δημιουργία των δυαδικών συμβολοσειρών θα πρέπει να υπολογίσουμε το μήκος τους m_i που είναι ο μικρότερος ακέραιος για τον οποίο ισχύει:

$$\lceil \log_2(b_i - a_i) \rceil \cdot 10^q \leq 2^{m_i} - 1 \quad (3.1)$$

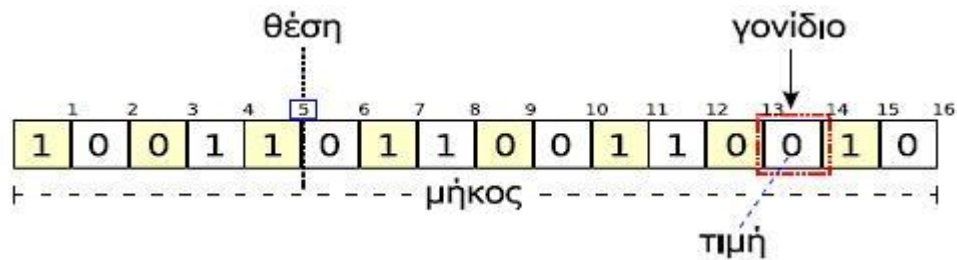
όπου q είναι η απαιτούμενη ακρίβεια δεκαδικών ψηφίων για κάθε μεταβλητή. Έτσι κάθε χρωμόσωμα αναπαρίσταται από μια συμβολοσειρά μήκους $m = \sum_{i=1}^K m_i$ όπου τα πρώτα m_i δυαδικά ψηφία κωδικοποιούν την πρώτη μεταβλητή x_1 και συνεχίζει ώσπου τα m_K δυαδικά ψηφία να κωδικοποιούν την μεταβλητή x_K .

Η μεθοδολογία που ακολουθεί είναι ένας γενετικός αλγόριθμος για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης αφορά την υλοποίηση κάποιων βημάτων διαγράφοντας όμως μια επαναληπτική διαδικασία. Αρχικά θα πρέπει να δημιουργήσουμε έναν πρώτο πληθυσμό πιθανών λύσεων με τυχαίο τρόπο. Εν συνεχεία αξιολογούμε κάθε πιθανή λύση χρησιμοποιώντας την συνάρτηση στόχου. Με βάση την απόδοση κάθε λύσης του πληθυσμού, επιλέγουμε και δημιουργούμε έναν νέο πληθυσμό λύσεων (επόμενη γενιά).

Επόμενο βήμα είναι η εφαρμογή των γενετικών τελεστών της μετάλλαξης και της διασταύρωσης στον καινούργιο πληθυσμό που επιλέξαμε. Έτσι, στη νέα γενιά πιθανών λύσεων που έχει δημιουργηθεί μετά την επιλογή των ατόμων, εφαρμόζουμε την διαδικασία της διασταύρωσης και της μετάλλαξης. Από έναν αριθμό γενιών και μετά παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει καμιά βελτίωση πλέον των λύσεων ή δίνουμε εμείς μια παράμετρο τερματισμού, οπότε ο γενετικός αλγόριθμος μοιραία τερματίζεται. Τα άτομα τις τελευταίας γενιάς, με τα καλύτερα χρωμοσώματα που προσδιορίζονται με την καλύτερη απόδοση, αποτελούν τις βέλτιστες λύσεις του προβλήματος που αναζητούσαμε.

3.2.1 Αρχικός πληθυσμός πιθανών λύσεων

Για να ξεκινήσει να εφαρμόζεται ο αλγόριθμος θα πρέπει να δημιουργηθεί με τυχαίο τρόπο ένας αρχικός πληθυσμός από πιθανές λύσεις. Λαμβάνοντας υπόψη και την κωδικοποίηση που θα πρέπει να έχουν οι λύσεις (δυαδική μορφή) μέσα στον αλγόριθμο, θα υπολογίσουμε το μήκος των συμβολοσειρών m . Επίσης το μέγεθος του πληθυσμού των πιθανών λύσεων θα πρέπει να το γνωρίζουμε οπότε δημιουργούμε τυχαία δυαδικά ψηφία για χρωμοσώματα μήκους m και αριθμού όσα το μέγεθος του πληθυσμού. Δημιουργήσαμε έτσι τον αρχικό πληθυσμό πιθανών λύσεων συγκεκριμένου μεγέθους πάνω στον οποίο θα εφαρμοστούν οι επόμενοι γενετικοί τελεστές.



Σχήμα 3.2: Χρωμόσωμα

3.2.2 Επιλογή νέου πληθυσμού

Όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, η επιλογή ενός νέου πληθυσμού από τον αρχικό γίνεται με βάση την απόδοση του κάθε ατόμου, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση του, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να προκριθεί στην επόμενη γενιά. Η απόδοση κάθε ατόμου υπολογίζεται με βάση την συνάρτηση στόχου όπου μετατρέπουμε τα χρωμοσώματα από τη δυαδική μορφή που έχουν, σε δεκαδική, και υπολογίζουμε την τιμή της συνάρτησης στόχου. Η επιλογή όμως των ατόμων που θα περάσουν στην επόμενη γενιά γίνεται με την βοήθεια μιας ρουλέτας που ακολουθεί την παρακάτω διαδικασία.

Αρχικά υπολογίζουμε την συνολική απόδοση του πληθυσμού F η οποία είναι ίση με το άθροισμα των επιμέρους αποδόσεων του κάθε χρωμοσώματος που υπολογίσαμε προηγουμένως. Ο παραπάνω υπολογισμός δικαιολογείται από το επόμενο βήμα που είναι η εύρεση της πιθανότητας επιλογής p_i κάθε μέλους του πληθυσμού στον καινούργιο που είναι το πηλίκο της απόδοσης του κάθε χρωμοσώματος προς τη συνολική απόδοση του πληθυσμού F . Στη συνέχεια υπολογίζουμε τις αθροιστικές πιθανότητες για κάθε άτομο του πληθυσμού.

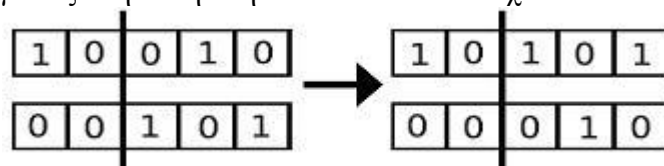
Η ρουλέτα θα εφαρμοστεί τόσες φορές όσες είναι και το μέγεθος του πληθυσμού. Όπως παρατηρούμε τώρα, αλλά θα το διαπιστώσουμε και παρακάτω, το μέγεθος του πληθυσμού δεν αλλάζει κατά την εφαρμογή του γενετικού αλγορίθμου και παραμένει πάντα σταθερό και ίσο με το αρχικό μέγεθος του πρώτου πληθυσμού που δημιουργήσαμε. Η επιλογή των νέων μελών του πληθυσμού γίνεται με την επιλογή τυχαίων, πραγματικών αριθμών r μεταξύ των τιμών 0 και 1, πλήθους όσο και το μέγεθος του πληθυσμού. Για κάθε αριθμό r που η τιμή του είναι ανάμεσα προφανώς από δύο αθροιστικές πιθανότητες δυο χρωμοσωμάτων επιλέγεται να περάσει στην επόμενη γενιά το άτομο που έχει την μεγαλύτερη αθροιστική πιθανότητα από τα δύο. Επειδή οι αριθμοί r παράγονται τυχαία, είναι πιθανό στον καινούργιο πληθυσμό να υπάρχουν κάποια άτομα περισσότερες από μια φορά αλλά αυτό δεν αντιτίθεται στη λειτουργία του αλγόριθμου καθώς τα άτομα αυτά συμμετέχουν κανονικά στον καινούργιο πληθυσμό σαν μεμονωμένα και ξεχωριστά άτομα που απλά έχουν το ίδιο χρωμόσωμα.

3.2.3 Διασταύρωση ατόμων και πληθυσμού

Αφού έχει πραγματοποιηθεί η επιλογή των ατόμων που θα αποτελέσουν τον νέο πληθυσμό, σειρά έχει τώρα πάνω σε αυτόν να εφαρμόσουμε τον γενετικό τελεστή της διασταύρωσης. Όμως κατά τη διασταύρωση δεν λαμβάνουν μέρος όλα τα άτομα του πληθυσμού, αλλά ορισμένα από αυτά που επιλέγονται με κάποια διαδικασία. Πρέπει επομένως να γνωρίζουμε την πιθανότητα που έχει κάθε άτομο του καινούργιου πληθυσμού να επιλεγεί για διασταύρωση. Ανάλογα με την τιμή που έχει η πιθανότητα διασταύρωσης προσδιορίζεται και ο αριθμός των ατόμων που θα διασταυρωθούν για να δημιουργήσουν νέους απογόνους. Αυτός ο αριθμός των ατόμων για διασταύρωση που προφανώς είναι υποσύνολο του

συνολικού πληθυσμού μπορεί να είναι άρτιος ή περιττός αριθμός. Γνωρίζοντας ότι τα άτομα διασταυρώνονται ανά δύο και παράγουν δύο νέους απογόνους οι οποίοι παίρνουν τη θέση των γονέων στον καινούργιο πληθυσμό, διαπιστώνουμε ότι αν ο αριθμός των ατόμων για διασταύρωση είναι περιττός θα υπάρξει πρόβλημα. Σε αυτή την περίπτωση είτε θα εξαιρέσουμε ένα άτομο τυχαία από την διαδικασία της διασταύρωσης η οποία θα γίνει πλέον κανονικά με άρτιο αριθμό γονέων, είτε θα επιλέξουμε, τυχαία πάντα, άλλο ένα άτομο από τον πληθυσμό για διασταύρωση χωρίς να πληροί τις προϋποθέσεις.

Αυτές οι προϋποθέσεις έχουν να κάνουν με τη διαδικασία επιλογής των ατόμων για διασταύρωση. Έτσι αρχικά πάλι για κάθε άτομο επιλέγεται ένας πραγματικός αριθμός r μεταξύ του 0 και 1 ο οποίος συγκρίνεται με την πιθανότητα διασταύρωσης και αν είναι μικρότερος αυτής, επιλέγεται για διασταύρωση σε διαφορετική περίπτωση όχι. Αφού γίνει η επιλογή των ατόμων επόμενο ζήτημα είναι το πώς αλλά και το ποια άτομα με ποια θα διασταυρωθούν. Η επιλογή των ζευγαριών για διασταύρωση γίνεται τυχαία, επομένως δημιουργούμε και τα ζευγάρια. Η διασταύρωση γίνεται αφού επιλέξουμε έναν αριθμό τυχαία στο σύνολο $[1, m]$, όπου m το μήκος της συμβολοσειράς, που αφορά τη θέση του γονιδίου που θα γίνει η διασταύρωση. Από αυτή τη θέση και μετά, τα χρωμοσώματα κόβονται και γίνεται ανταλλαγή των κομμένων χρωμοσωμάτων στα δύο αρχικά άτομα. Η διασταύρωση δημιούργησε τώρα δύο νέα άτομα για κάθε ζευγάρι τα οποία αντικαθιστούν τους γονείς στον νέο πληθυσμό. Ένα παράδειγμα διασταύρωσης για καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας, απαρτίζεται από ένα ζευγάρι ατόμων με μήκος συμβολοσειράς 5 και με τη διασταύρωση να γίνεται στη θέση 2. Το ζεύγος γονέων έχει τη μορφή $v_1=(10/010)$ και $v_2=(00/101)$ και μετά τη διασταύρωση, το ζεύγος απογόνων έχει τη μορφή $v_1^*=(10/101)$ και $v_2^*=(00/010)$ και αντικαθιστούν τους γονείς στη θέση στην οποία αυτοί κατείχαν.



Σχήμα 3.2: Διασταύρωση

3.2.4 Μετάλλαξη ατόμων πληθυσμού

Ο δεύτερος γενετικός τελεστής που εφαρμόζεται στον πληθυσμό είναι αυτός της μετάλλαξης και πιο συγκεκριμένα εφαρμόζεται με τυχαίο τρόπο στα γονίδια των χρωμοσωμάτων των ατόμων του πληθυσμού μεταβάλλοντας την τιμή τους και για τη δυαδική συμβολοσειρά τα κάνει από 0 σε 1 και αντίστροφα. Ο αλγόριθμος αντιμετωπίζει τα γονίδια σαν μια συνεχόμενη ακολουθία από δυαδικά ψηφία δίνοντας στο καθένα από αυτά την ίδια πιθανότητα να μεταλλαχθεί. Τα συνολικά γονίδια από τα οποία απαρτίζεται ο πληθυσμός θα είναι ίσα με το γινόμενο του μήκους των συμβολοσειρών m με τον αριθμό των ατόμων του πληθυσμού.

Έτσι η επιλογή για το ποια γονίδια θα μεταλλαχθούν θα γίνει πάλι δημιουργώντας τυχαίους αριθμούς r στο διάστημα $[0,1]$. Ο αριθμός των τιμών r θα είναι ίσος με τον αριθμό των γονιδίων και τρέχοντας τον από την αρχή έως το τέλος, βλέπουμε για ποιά γονίδια ισχύει ο πραγματικός αριθμός r να είναι μικρότερος της πιθανότητας μετάλλαξης. Όπου ισχύει αυτό σημειώνουμε τη σειρά του ατόμου και τη θέση του γονιδίου στο χρωμόσωμα. Στο τέλος τα γονίδια τα οποία μεταλλάσσονται δημιουργούν νέα άτομα που παίρνουν τη θέση των παλιών στον πληθυσμό.

3.2.5 Τερματισμός αλγορίθμου-Αποτελέσματα

Εφαρμόζοντας τις παραπάνω διαδικασίες ολοκληρώσαμε τη δημιουργία μιας νέας γενιάς. Ακολουθεί μια κυκλική διαδικασία που εφαρμόζονται τα ίδια βήματα, δηλαδή βρίσκουμε την απόδοση των ατόμων της νέας γενιάς, προχωράμε στη διαδικασία της επιλογής των ατόμων για το νεότερο πληθυσμό που δημιουργούμε και εφαρμόζουμε τους γενετικούς τελεστές της διασταύρωσης και της μετάλλαξης. Αυτή η κυκλική διαδικασία συνεχίζεται έως ότου ικανοποιηθεί το κριτήριο τερματισμού του αλγορίθμου. Τέτοιο κριτήριο θα μπορούσε να είναι ένας συγκεκριμένος αριθμός γενεών είτε μια συγκεκριμένη μέγιστη απόδοση ενός ατόμου του πληθυσμού ή ακόμα και ένα όριο στο ποσοστό βελτίωσης του καλύτερου ατόμου.

Όταν τερματιστεί ο γενετικός αλγόριθμος, έχουμε τον τελικό πληθυσμό των ατόμων (πιθανών λύσεων του προβλήματος βελτιστοποίησης). Ο αριθμός των ατόμων του πληθυσμού παραμένει ο ίδιος με τον αρχικό όπως έχουμε αναφέρει και αποτελούν τον βέλτιστο αριθμό πιθανών λύσεων από όπου με βάση την απόδοση βρίσκουμε την βέλτιστη λύση αυτή με την μεγαλύτερη απόδοση. Τέλος παρατηρούμε ότι η συνολική απόδοση του πληθυσμού όσο αυξάνονται οι γενιές μεγαλώνει και η επόμενη γενιά έχει καλύτερη συνολική απόδοση από την προηγούμενη.

3.3 Ο αλγόριθμος Pareto ισχύος (SPEA) εκδοχή 2 (SPEA2)

Οι τεχνικές SPEA και SREA II είναι νέου τύπου μέθοδοι εντοπισμού βέλτιστων λύσεων και χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης, μέσω εξελικτικών αλγορίθμων. Η ταξινόμηση των λύσεων εμφανίζεται με την απόδοση μιας τιμής λεγόμενης και τιμή καταλληλότητας αυτών, η οποία πηγάζει από την έννοια της κυριαρχίας των λύσεων η οποία τις διαχωρίζει σε μέτωπα. Η μέθοδος SPEA δημιουργήθηκε μετά την μέθοδο NSGA, προκειμένου να λάβει υπόψη της την έννοια της κυριαρχίας κατά την δημιουργία βέλτιστων λύσεων. Η μέθοδος SPEA υποστηρίζει τις επιδιώξεις και τις επιταγές της τελευταίας γενιάς εξελικτικών αλγορίθμων, διατηρώντας και προωθώντας τα επίλεκτα άτομα γενιάς ανεξαρτήτως (λύσεις), ενώ συμβάλλει στην καλή διασπορά τους σε όλο το σύνολο Pareto.

Η ιεράρχηση των λύσεων σύμφωνα με αυτή την τεχνική γίνεται διαφορετικά για τις κυρίαρχες από τις κυριαρχούμενες λύσεις. Η ιεράρχηση των κυρίαρχων λύσεων και η τιμή επιβάρυνσης η οποία λαμβάνουν είναι ανάλογη του αριθμού των ατόμων στα οποία κυριαρχούν. Για τις κυριαρχούμενες λύσεις αυτή η τιμή είναι ανάλογη της συνολικής τιμής επιβάρυνσης των επίλεκτων τελικά ατόμων, από τους οποίους κυριαρχούνται. Έτσι γίνεται κατανοητό ότι οι κυρίαρχες λύσεις προφανώς θα κατέχουν μικρότερη τιμή επιβάρυνσης όποτε και ιεραρχούνται σε υψηλότερα επίπεδα από τις κυριαρχούμενες.

Όμως αυτή η μέθοδος εμφάνισε ένα σημαντικό μειονέκτημα που συνέτεινε στην ανάπτυξη και τη δημιουργία μιας νέας μεθόδου πιο εξελιγμένης, της SPEA II. Το μειονέκτημα άπαντα στην αδυναμία ιεράρχησης λύσεων με την μέθοδο SPEA, οι οποίες ανήκουν στο ίδιο μέτωπο καθώς το τελικό μέτωπο Pareto παρουσιάζει ανομοιομορφία και ελαττώματα στην πυκνότητα των λύσεων. Έτσι είναι αδύνατο να ιεραρχηθούν περαιτέρω οι λύσεις του μετώπου Pareto, όποτε την δυσλειτουργία αυτή την καλύπτει η τεχνική SPEA II.

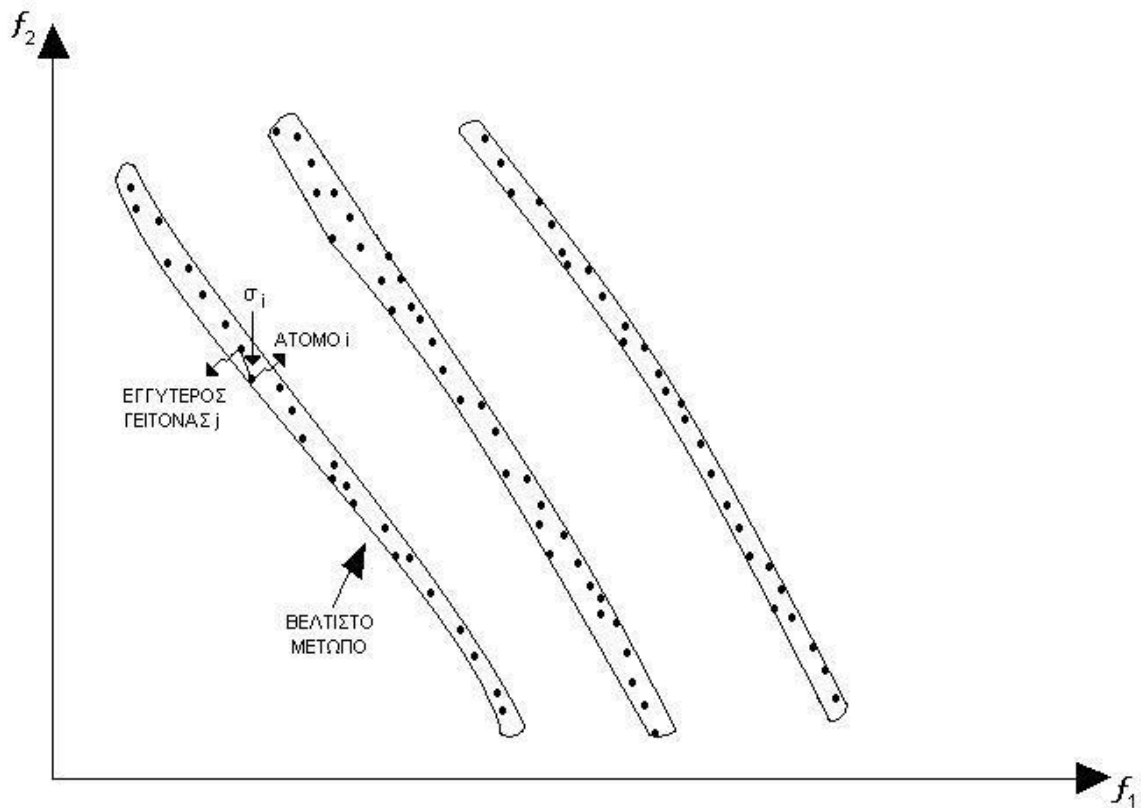
Η διαδικασία της τεχνικής SPEAII είναι ίδια με αυτή της προγενέστερης μεθόδου (SPEA) μόνο που για τον υπολογισμό της τιμής προώθησης του κάθε ατόμου του πληθυσμού του εξελικτικού αλγόριθμου, λαμβάνει υπόψη πέραν της κυριαρχίας και το βαθμό γειτνίασης των

ατόμων. Με αυτό τον τρόπο, στον καθορισμό της κυριαρχίας και αξιολόγησης των ατόμων (λύσεων) στην τιμή επιβάρυνσης προσμετράτε και η επίδοση της απόστασης μεταξύ των πιο γειτονικών ατόμων. Έτσι η ιεράρχηση του κάθε ατόμου πραγματοποιείται βάσει της τιμής επιβάρυνσης ή καταλληλότητας και συνιστάται από τους παράγοντες της κυριαρχίας και της γειτνίασης ως εξής:

$$F(i) = R(i) + D(i) \quad (3.2)$$

Με i συμβολίζεται το εκάστοτε άτομο (λύση) του πληθυσμού, R είναι η συνιστώσα της κυριαρχίας και D αυτή της γειτνίασης. Ο παράγοντας $R(i)$ αναφέρεται στον αριθμό των λύσεων στις οποίες κυριαρχεί το άτομο i . Για να θεωρείται μια λύση i κυριαρχούμενη από την j σε ένα πρόβλημα ελαχιστοποίησης, θα πρέπει όλες οι τιμές που αποδίδονται στους στόχους με την i να είναι μεγαλύτερες από εκείνες με την j . Έτσι, αρχικά σ' όλα τα άτομα αντιστοιχίζεται ένας αριθμός $S(i)$ που εκφράζει το πλήθος των κυριαρχούμενων λύσεων. Στη συνέχεια αποδίδεται τιμή στον παράγοντα $R(i)$ ίση με $S(k)$ που προκύπτει ως άθροισμα των k λύσεων που κυριαρχούν του ατόμου i .

Ο υπολογισμός του παράγοντα $D(i)$, που αφορά την συνιστώσα που περιγράφει την γειτνίαση και έχει φυσική σημασία πυκνότητας λύσεων σε ένα πεδίο τιμών των στόχων, υλοποιείται μέσω του αντίστροφου αριθμού της απόστασης $\sigma(i)$ μεταξύ του ατόμου i και του j πιο κοντινού γείτονα σ' αυτό. Η απόσταση $\sigma(i)$ υπολογίζεται στο χώρο των στόχων της αντικειμενικής συνάρτησης, ως η ευκλείδεια απόσταση μεταξύ των ατόμων i και j τα οποία ανήκουν στο ίδιο μέτωπο ή επίπεδο ιεραρχίας και κυριαρχίας. Μια σχηματική παράσταση που θα μπορούσε να περιγράψει τα παραπάνω παραθέτεται στη συνέχεια και αφορά στόχους που τίθενται προς ελαχιστοποίηση.



Σχήμα 3.3: Υπολογισμός Παράγοντα Γειτνίασης

Ο παράγοντα $D(i)$ μπορεί να λάβει τιμές μεταξύ 0 και 1, ενώ η ευκλείδεια απόσταση $\sigma(i)$ ενδέχεται να είναι και μηδέν. Αν μηδενιστεί η απόσταση $\sigma(i)$ τότε ο παράγοντας $D(i)$ δεν ορίζεται καθώς ισούται με τον αντίστροφο του $\sigma(i)$. Έτσι για λόγους ορισμού αλλά και εξασφάλισης ότι το $D(i)$ θα είναι πάντα μικρότερο της μονάδος, προστίθεται στον παρονομαστή ο αριθμός 2 και έτσι δημιουργείται η σχέση (3.3) για την ποσότητα $D(i)$.

$$D(i) = \frac{1}{\sigma(i) + 2} \quad (3.3)$$

4 Το πρόβλημα της διαχείρισης συστημάτων ταμιευτήρων

4.1 Τοποθέτηση του προβλήματος

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, υπάρχουν αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με τις κλιματολογικές αλλαγές και κατ' επέκταση την ξηρασία και την ανεπάρκεια των υδάτινων πόρων παγκοσμίως, αφού τα συστήματα των υδατικών πόρων είναι πολύ ευαίσθητα στις κλιματολογικές αλλαγές. Στα τέλη της δεκαετίας του '80 και στη διάρκεια της δεκαετίας του '90, υπήρξαν πολλά γεγονότα ξηρασίας. Αυτή η διαπίστωση ενισχύεται από τις σύγχρονες κλιματολογικές τάσεις και προβολές στο μέλλον σχετικά με την αλλαγή κλίματος όπου προτείνουν ότι οι χειμώνες θα γίνουν υγρότεροι ενώ οι θερινοί μήνες θα είναι στεγνότεροι κατά μέσον όρο. Όλα τα παραπάνω έχουν επιπτώσεις στα συστήματα των υδατικών πόρων, με την ορθολογική διαχείρισή τους να είναι πλέον επιτακτική και αναγκαία όσο ποτέ άλλοτε.



Εικόνα 4.1: Άποψη Λ.Πλαστήρα κατά τη θερινή περίοδο

Στη διαχείριση υδατικών πόρων το πρόβλημα της διαχείρισης συστημάτων ταμιευτήρων ανάγεται σε πρόβλημα καθορισμού του καλύτερου τρόπου λειτουργίας του υδροσυστήματος. Τα βήματα όπου ακολουθούνται για την επίλυση τέτοιου είδους προβλημάτων αφορούν αρχικά την επιλογή των μεταβλητών απόφασης, στη συνέχεια προσδιορίζεται η συμπεριφορά του υδροσυστήματος, γίνεται έλεγχος της συμπεριφοράς με βάσει τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις και τέλος αν η συμπεριφορά είναι ικανοποιητική οι επιλεγείσες τιμές των μεταβλητών απόφασης οριστικοποιούνται. Αλλιώς η διαδικασία επαναλαμβάνεται με νέες τιμές μεταβλητών.

Δύο είναι οι κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση τέτοιων συστημάτων, η προσομοίωση και η βελτιστοποίηση. Η προσομοίωση είναι μια τεχνική που παρομοιάζεται με την συμπεριφορά ενός αληθινού υδροσυστήματος σε βάθος χρόνου, ενώ η βελτιστοποίηση είναι μια διαδικασία σχεδιασμού ενός συστήματος η οποία ελέγχει το σύστημα και το κατευθύνει κατά μια έννοια προς το βέλτιστο. Με απλό σκεπτικό θα λέγαμε ότι στην ανάλυση συστημάτων η προσομοίωση μας δίνει τις τάσεις και τις κατευθύνσεις του εξεταζόμενου συστήματος, ενώ η βελτιστοποίηση μας προτείνει τρόπους και δράσεις για την καλύτερη διαχείριση του.

Η εφαρμογή των δύο μεθόδων ανάλυσης συστημάτων, στηρίζεται και τεκμηριώνεται από ένα σύνολο εξισώσεων και μεταβλητών. Πιο αναλυτικά, και στην προσπάθεια να εφαρμόσουμε την μέθοδο της προσομοίωσης, σε ένα σύστημα τύπου ταμιευτήρα, θα υπάρξουν κάποια δεδομένα που θα χρειαστούμε, θα εφαρμόσουμε ορισμένες εξισώσεις και παραδοχές που είναι δανεισμένες από τη φύση για να μπορέσουμε να περιγράψουμε την λειτουργία του ταμιευτήρα. Τα δεδομένα που χρειαζόμαστε είναι οι χρονοσειρές απορροής, βροχόπτωσης και εξάτμισης (συνήθως με μηνιαίο βήμα) αλλά και ορισμένα χαρακτηριστικά λειτουργίας του ταμιευτήρα όπως η ωφέλιμη χωρητικότητα, η ετήσια ζήτηση νερού με τους συντελεστές ανισοκατανομής αυτής και το αρχικό απόθεμα. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται είναι εξισώσεις συνέχειας και ισοζυγίου, οι οποίες περιγράφονται στο επόμενο υποκεφάλαιο.

Η βελτιστοποίηση ως μέθοδος επίλυσης συστημάτων ταμιευτήρα, ανάγεται σε μια διαδικασία λήψης αποφάσεων που αφορούν την απόληψη ποσοτήτων νερού από αυτόν για την ικανοποίηση της ζήτησης νερού, είτε μονοσήμαντα είτε σε συνδυασμό με άλλες παραμέτρους και κριτήρια του ταμιευτήρα που μας αφορούν. Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε να αντιμετωπίσουμε ένα πολύπλοκο πρόβλημα πολλών παραμέτρων το οποίο αφορά την πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση. Σε κάθε περίπτωση, η αντιμετώπιση είναι η ίδια και περιγράφεται από τις μεταβλητές απόφασης που καταρτίζουν τα κριτήρια, τις συναρτήσεις στόχου και τους περιορισμούς στους οποίους υπόκεινται ορισμένες μεταβλητές.

Οι μεταβλητές απόφασης είναι αυτές που καθορίζονται από τη φύση του προβλήματος που έχουμε να αντιμετωπίσουμε και συνήθως σε συστήματα της τάξεως του ταμιευτήρα αυτές αφορούν την απόληψη από αυτόν ώστε να ικανοποιήσουμε κάποιο στόχο που έχουμε θέσει εξ αρχής. Έτσι, καταρτίζονται και οι συναρτήσεις στόχου όπου είναι ουσιαστικά τα κριτήρια που τίθενται προς μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση ανάλογα με την τοποθέτηση του προβλήματος. Τέλος, πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι περιορισμοί που τίθενται στις μεταβλητές και αφορούν είτε φυσικές διεργασίες είτε οικονομοτεχνικές απαιτήσεις που πρέπει να εξεταστούν κατά την εφαρμογή της βελτιστοποίησης.

Οι δύο μέθοδοι ανάλυσης συστημάτων ταμιευτήρων που παραθέτονται πιο πάνω, απαιτούν τη χρήση μακρών χρονοσειρών για την ακριβή εφαρμογή τους. Η απαίτηση αυτή δικαιολογείται από την ανάγκη εξάλειψης παραδοχών και αυθαιρεσιών που αρχικώς υπάρχουν στα μοντέλα καθώς δεν διαθέτουμε στον ελληνικό χώρο χρονοσειρές μεγαλύτερες των 50 ετών και δύσκολα ορίζονται η αρχικές συνθήκες λειτουργίας του ταμιευτήρα. Το μοντέλο για να ξεχάσει και να σβήσει από την μνήμη του αυτού του είδους την αυθαιρεσία χρειάζεται μερικές δεκάδες χρόνια και για να λειτουργήσει σωστά πολύ περισσότερα. Επίσης το αίτημα για προβολή στο μέλλον όπου αναφέρονται και οι δράσεις που θα πραγματοποιηθούν βάση των αποφάσεων των μοντέλων, δημιούργησε την ανάγκη για παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών με στοχαστικά μοντέλα. Οι συνθετικές χρονοσειρές παράγονται βάσει των ιστορικών δεδομένων με τον στοχαστικό χαρακτήρα των μοντέλων να διατηρεί ορισμένα χαρακτηριστικά αυτών. Αναλυτικά η παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών περιγράφεται στο επόμενο Κεφάλαιο.

4.2 Κριτήρια επίδοσης συστημάτων ταμιευτήρων

Η αξιολόγηση των συστημάτων ταμιευτήρων και η ταξινόμηση τους έχει γίνει επιτακτική ανάγκη στη εποχή μας καθώς παρατηρείται αυξανόμενη τάση επίδρασης των αλλαγών του κλίματος πάνω στα συστήματα υδατικών πόρων. Αναπτύχθηκαν και καθιερώθηκαν, για το σκοπό αυτό, κάποια κριτήρια και δείκτες που αξιολογούν τη μελλοντική διαχείριση τέτοιων συστημάτων. Τα κριτήρια αναφέρονται στην αξιοπιστία (reliability), την τρωτότητα

(vulnerability) και την ικανότητα ανάκαμψης (resilience). Η χρήση των δεικτών αξιοπιστίας, τρωτότητας και ικανότητας ανάκαμψης για την ταξινόμηση και την αξιολόγηση και την απόδοση συστημάτων προτάθηκε αρχικά από Hashimoto (1982). Άλλη μια προσπάθεια αξιολόγησης έγινε από την επιτροπή ASCE (1998) η οποία πρότεινε έναν αθροιστικό δείκτη που συνδυάζει και τα τρία κριτήρια, αλλά αυτός περιορίζει την ένδειξη της σχετικής απόδοσης συστημάτων για κάθε δείκτη. Επομένως υιοθετούνται οι δείκτες Hashimoto (1982) οι οποίοι και χρησιμοποιούνται για να εξετάσουν την απόδοση του συστήματος του ταμιευτήρα.

Η αξιοπιστία ενός συστήματος ορίζεται ως η πιθανότητα επίτευξης μιας συγκεκριμένης επίδοσης, για καθορισμένο χρονικό διάστημα και καθορισμένες συνθήκες (Chow et al., 1988). Συμπληρωματική της έννοιας της αξιοπιστίας είναι η πιθανότητα αστοχίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η εκτίμηση της πιθανότητας αστοχίας ενός συστήματος υδατικών πόρων είναι δυνατόν να γίνει αναλυτικά, με την προσαρμογή κατάλληλων στατιστικών μοντέλων. Σε επίπεδο συστήματος τάξεως ταμιευτήρα, η αξιοπιστία αναφέρεται στη δυνατότητα ικανοποίησης της ζήτησης για νερού για συγκεκριμένη χρήση.

Η τρωτότητα ορίζεται ως το μέτρο αποτίμησης της ικανότητας ενός υδροσυστήματος να απορροφήσει τις συνέπειες μιας αστοχίας και να ανακάμψει. Η τρωτότητα ποικίλλει ανάλογα με τον αντίκτυπο που έχει κάθε συγκεκριμένη αστοχία στο υδροσύστημα που έχει πληγεί. Η ικανότητα ανάκαμψης ορίζεται από τη δυνατότητα ενός συστήματος να λειτουργήσει τεχνικά και θεσμικά, κατά τη διάρκεια ενός σύντομου χρόνου μετά από την εμφάνιση ενός ακραίου γεγονότος ή καταστροφής, έτσι ώστε οι απώλειες είναι μέσα σε ικανοποιητικά πλαίσια. Τα σύστημα ταμιευτηρων διατρέχουν τον κίνδυνο της λειψυδρίας όταν δεν γίνεται σωστή διαχείριση και καταγράφεται αλόγιστη χρήση και σπάταλη των υδατικών πόρων τους. Ο δείκτης της ικανότητας ανάκαμψης δίνει μια εικόνα του τι μέλει γενέσθαι στον ταμιευτήρα, δίνοντας παράλληλα ένα σχέδιο δράσης σε περίπτωση εμφάνισης ακραίου γεγονότος, παρέχοντας πληροφορίες για την ανθεκτικότητα του υδροσυστήματος.

Η περιγραφή των παραπάνω δεικτών μπορεί να γίνει ορίζοντας αρχικά ένα κριτήριο Γ για κάθε πηγή παροχής νερού σε έναν ταμιευτήρα. Αν αυτή η πηγή είναι ανίκανη να παρέχει την ποσότητα που απαιτείται χαρακτηρίζεται ανεπαρκής και παίρνει την τιμή U , ενώ σε αντίθετη περίπτωση είναι επαρκής και παίρνει τιμή S , οι οποίες τιμές καθορίζεται βάση του κριτηρίου Γ . Χρησιμοποιούνται οι ιστορικές χρονοσειρές απορροής της εκάστοτε πηγής του ταμιευτήρα ενώ για την προβολή σε μέλλοντα χρόνο παίρνουμε τις συνθετικές χρονοσειρές X_t . Βάσει των παραπάνω υπολογίζονται οι δείκτες Z_t και W_t που είναι δείκτης μετάβασης από ανεπαρκή κατάσταση σε ικανοποιητική, από τις σχέσεις:

$$\begin{aligned} \text{Αν } X_t \geq \Gamma \text{ τότε } X_t \in S \text{ και } Z_t = 1 \\ \text{αλλιώς } X_t \in U \text{ και } Z_t = 0 \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} \text{Αν } X_t \in U \text{ και } X_{t+1} \in S \text{ τότε } W_t = 1 \\ \text{αλλιώς } W_t = 0 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Εάν οι περίοδοι ανεπαρκούς X_t οριστούν ως $J_1, J_2, \dots, J_N$ τότε οι δείκτες αξιοπιστίας, ικανότητας ανάκαμψης και τρωτότητας αντίστοιχα δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$C_R = \frac{\sum_{t=1}^T Z_t}{T} \quad (4.3)$$

$$C_{RS} = \frac{\sum_{t=1}^T W_t}{T - \sum_{t=1}^T Z_t} \quad (4.4)$$

$$C_V = \max(\sum_{t \in J_i} \Gamma - X_t, i = 1, 2, \dots, N) \quad (4.5)$$

4.3 Προσομοίωση της διακύμανσης του αποθέματος ταμιευτήρα

Η προσομοίωση είναι μια διαδικασία ανάλυσης ενός υδροσυστήματος όπου για συγκεκριμένο χρονικό βήμα αναπαράγεται η λειτουργία του. Ως χρονικό βήμα επιλέγεται ο μήνας, όπου κατά τη διάρκεια αυτού, η διαδικασία της προσομοίωσης υπολογίζει τις απολήψεις και τα αποθέματα του υδροσυστήματος, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο μίμηση των διεργασιών και των λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα. Η προσομοίωση όμως για να «παίξει» καλά το ρόλο που της έχει ανατεθεί θα πρέπει να της διατίθενται κάποια υδρολογικά και μετεωρολογικά στοιχεία σε μορφή χρονοσειρών. Έτσι, η προσομοίωση διαχωρίζεται σε αιτιοκρατική, όπου οι μεταβλητές που συμμετέχουν είναι αιτιοκρατικές, (έχουν δηλαδή σταθερή τιμή) και σε στοχαστική όπου ορισμένα μεγέθη που συμμετέχουν λαμβάνονται είτε ως τυχαίες μεταβλητές είτε ως στοχαστικές ανελίξεις.

Καλούμαστε να εφαρμόσουμε την αιτιοκρατική θεώρηση της προσομοίωσης σε ένα υδροσύστημα κλίμακας ταμιευτήρα. Το μοντέλο προσομοίωσης λαμβάνει υπόψη το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα κάθε μήνα. Αφού δοθούν η απορροή, η βροχόπτωση και η εξάτμιση, υπολογίζει απολήψεις για περιβαλλοντική διατήρηση και κύρια χρήση, την υπερχειλίση και το διαθέσιμο νερό στον ταμιευτήρα. Αρχικά θεωρώντας ότι εισρέει το νερό της απορροής και της βροχόπτωσης στον ταμιευτήρα και στη συνέχεια πραγματοποιείται η εξάτμιση, το προσωρινά διαθέσιμο νερό το μήνα j του υδρολογικού έτους i είναι:

$$SA_{ij} = S_{ij} + Q_{ij} + \gamma A_{ij}(P_{ij} - E_{ij}) \quad (4.6)$$

Στην παραπάνω σχέση, που περιγράφει το προσωρινό υδατικό ισοζύγιο, ο συντελεστής γ χρησιμοποιείται για την μετατροπή των μονάδων του εμβαδού της επιφάνειας του ταμιευτήρα από 10^6 m^3 σε mm. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται οι απολήψεις από τον ταμιευτήρα σύμφωνα με μια ορισμένη διαδικασία που καλείται τυπικός κανόνας λειτουργίας. Η βασική αρχή αυτού του κανόνα συνοψίζεται στο αξίωμα σύμφωνα με το οποίο, εφόσον το νερό στον ταμιευτήρα επαρκεί, λαμβάνεται ποσότητα ίση με τη ζήτηση του νερού, ενώ σε αντίθετη περίπτωση, λαμβάνεται όλο το διαθέσιμο νερό. Πρώτα γίνεται απόληψη για ικανοποίηση της ζήτησης για περιβαλλοντική διατήρηση κάθε μήνα, στη συνέχεια γίνεται απόληψη για ικανοποίηση της ζήτησης για την κύρια χρήση και τέλος βάσει του νερού που απομένει, γίνεται έλεγχος ενδεχόμενης υπερχειλίσης. Η εφαρμογή του τυπικού κανόνα λειτουργίας για τις απολήψεις περιγράφεται στις εξισώσεις (4.2)

$$\begin{aligned} RE_{ij} &= \min(SA_{ij}, q_j) \\ R_{ij} &= \min(SA_{ij} - RE_{ij}, D_j) \end{aligned} \quad (4.7)$$

όπου SA_{ij} το προσωρινά διαθέσιμο νερό το μήνα j του υδρολογικού έτους i , q_j η οικολογική παροχή και D_j η ζήτηση του μήνα j , RE_{ij} και R_{ij} απολήψεις για περιβαλλοντική διατήρηση και κάλυψη της κύριας χρήσης αντίστοιχα.

Το νερό που απομένει μετά τις απολήψεις είναι $SA_{ij}-R_{ij}-RE_{ij}$. Εάν αυτή η ποσότητα υπερβαίνει την ωφέλιμη χωρητικότητα K του ταμιευτήρα τότε παρατηρούμε ότι έχουμε υπερχειλίση, ενώ σε αντίθετη περίπτωση η υπερχειλίση είναι μηδενική. Η σχέση (4.3) περιγράφει την υπερχειλίση στον ταμιευτήρα σύμφωνα με τον τυπικό κανόνα λειτουργίας.

$$SP_{ij} = \max(SA_{ij} - R_{ij} - RE_{ij} - K, 0) \quad (4.8)$$

Υπολογίζοντας όλα τα κρίσιμα μεγέθη του παρόντος μήνα j , προσδοκώντας να μεταβούμε στον επόμενο μήνα $j+1$, γράφουμε το υδατικό ισοζύγιο που προκύπτει συνδυάζοντας όλα αυτά, το οποίο με απλά μαθηματικά υποστηρίζει ότι το ωφέλιμο απόθεμα στο τέλος του μήνα j (αρχή του μήνα $j+1$), ισούται με το διαθέσιμο νερό του μήνα αφαιρώντας τις απολήψεις και την υπερχειλίση.

$$S_{i,j+1} = SA_{ij} - R_{ij} - RE_{ij} - SP_{ij} \quad (4.9)$$

Αυτή η διαδικασία (εφαρμόζεται διαδοχικά για όλους τους μήνες που διατίθενται, καταλήγοντας στον τελευταίο μήνα j του έτους i) αναφέρεται ως προσομοίωση λειτουργίας του ταμιευτήρα και το μοντέλο το οποίο την περιγράφει αναλύθηκε στις παραπάνω εξισώσεις. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, θεωρήθηκε σκόπιμο για την ακρίβεια και απλούστευση των υπολογισμών, η δημιουργία ενός μοντέλου προσομοίωσης που περιγράψαμε παραπάνω.

4.4 Το πολυκριτηριακό πρόβλημα

Στα προηγούμενα υποκεφάλαια αναφερθήκαμε γενικώς στους τρόπους αντιμετώπισης προβλημάτων που αφορούν στη διαχείριση συστημάτων ταμιευτηρών, στα κριτήρια επίδοσης των συστημάτων αυτών και τις μεθόδους που εφαρμόζουμε για το σκοπό αυτό. Είναι το κατάλληλο σημείο, ώστε να βάλουμε τα θεμέλια ορίζοντας το πολυκριτηριακό πρόβλημα που θα μας απασχολήσει. Οι δυο άξονες πάνω στους οποίους θα κινηθούμε, αφορούν την βελτιστοποίηση του ελλείμματος που εκφράζεται μέσω της απόληψης, αλλά και τη διατήρηση της ποιότητας στον ταμιευτήρα.

Ο ορισμός του πρώτου κριτηρίου (Κριτήριο 1) αναφέρεται στο μέγιστο προγραμματισμένο έλλειμμα το οποίο μέσω της βελτιστοποίησης καλούμαστε να ελαχιστοποιήσουμε. Το προγραμματισμένο έλλειμμα ορίζεται από την διάφορα της μηνιαίας ζήτησης και της απόληψης-στόχου. Ουσιαστικά αναγόμαστε σε μια στοχευμένη απόληψη από τον ταμιευτήρα (η οποία θα είναι λιγότερη από την ζήτηση του αντίστοιχου μήνα) που να μας δίνει την βέλτιστη τιμή (ελαχιστοποίηση) της μέγιστης διαφοράς ζήτησης και απόληψης-στόχου (δηλαδή του ελλείμματος). Ο ακριβής ορισμός του πρώτου κριτηρίου δίνεται παρακάτω:

Κριτήριο 1: Ελαχιστοποίηση της μέγιστης απόκλισης μεταξύ μηνιαίας ζήτησης και απόληψης – στόχου σε όλο τον χρονικό ορίζοντα T

$$\min f_1 = \min \left(\max_{t=1}^T D_t - RT_t \right) \quad (4.10)$$

όπου D_t = ζήτηση για τον μήνα t , RT_t = απόληψη-στόχος το μήνα t .

Ο ορισμός του δεύτερου κριτηρίου (Κριτήριο 2) περιγράφει την διάσταση της ποιότητας του νερού στον ταμιευτήρα ορίζεται με την βοήθεια της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης σε αυτόν. Αποζητούμε όσο το δυνατόν την ελαχιστοποίηση των μεγαλύτερων τιμών συγκέντρωσης χλωροφύλλης που παρατηρούνται στο νερό σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το δεύτερο κριτήριο αναφέρεται στον ίδιο χρονικό ορίζοντα T με το πρώτο, με τις τιμές της χλωροφύλλης να λαμβάνονται ανά μήνα. Ο αναλυτικός ορισμός του δευτέρου κριτηρίου δίνεται παρακάτω:

Κριτήριο 2: Ελαχιστοποίηση της μέγιστης συγκέντρωσης χλωροφύλλης α σε όλο τον χρονικό ορίζοντα και σε όλες τις πραγματοποιήσεις

$$\min f_2 = \min \left(\max_{t=1}^T \max_{i=1}^N \text{Chl}_{t,i} \right) \quad (4.11)$$

όπου N ο αριθμός των πραγματοποιήσεων ($i = 1, 2, \dots, N$), και $\text{Chl}_{t,i}$ η συγκέντρωση χλωροφύλλης α τον μήνα t κατά την πραγματοποίηση i

Τα δύο αυτά κριτήρια του πολυκριτηριακού προβλήματος, υπόκεινται σε ταυτόχρονη βελτιστοποίηση, αναζητώντας εκείνες τις τιμές που τα ικανοποιούν. Οι περιορισμοί, υπό το πρίσμα των οποίων επιλύεται η πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση, αφορούν τις θετικές τιμές των μεταβλητών απόφασης καθώς και της διαφοράς ζήτησης και απόληψης στόχου του πρώτου κριτηρίου. Οι περιορισμοί περιγράφονται αναλυτικά στις παρακάτω σχέσεις:

$$\begin{aligned} & s.t. \\ & D_t \geq 0 \\ & RT_t \geq 0 \\ & \text{Chl}_{t,i} \geq 0 \\ & D_t - RT_t \geq 0 \end{aligned} \quad (4.12)$$

5 Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών

5.1 Γενικά

Η τυχαιότητα που παρατηρείται στη φύση, έχει αντίκτυπο και στα υδρολογικά μεγέθη (τα οποία λογίζονται ως φυσικές παράμετροι) που εξετάζονται στη διαχείριση υδατικών πόρων, όπως η απορροή ή η εξάτμιση και η βροχόπτωση. Ένα σημαντικό στοιχείο της διαχείρισης υδατικών πόρων είναι η πρόβλεψη των διαφόρων υδρολογικών μεγεθών και η λήψη αποφάσεων ανάλογα με το χαρακτήρα αυτής. Η μη προβλεψιμότητα και η τυχαιότητα των υδρολογικών μεγεθών αντιμετωπίστηκε με τη βοήθεια της Στατιστικής.

Ένα υδρολογικό μέγεθος μπορεί να περιγραφεί και να αναλυθεί με τη βοήθεια χρονοσειρών, που ουσιαστικά είναι οι μετρήσεις ενός υδρολογικού μεγέθους διατεταγμένες κατά χρονολογική σειρά. Αυτή η περιγραφή ενός μεγέθους που υλοποιείται μέσω των διάφορων μετρήσεων του σε συνεχή χρόνο, από ειδικά όργανα μέτρησης και παρατήρησης καλείται ιστορική χρονοσειρά. Σε αυτό το χρονικά διατεταγμένο σύνολο μετρήσεων μπορεί να βρει πεδίο εφαρμογής η Στατιστική, καθώς από το καλούμενο πλέον δείγμα εξάγονται διάφορες στατιστικές παράμετροι που βοηθούν στην ανάλυση του δείγματος. Το ενδιαφέρον μας εστιάζεται πλέον στην επέκταση του δείγματος των χρονοσειρών και την εξέλιξη τους σε μέλλοντα χρόνο. Παράγονται συνθετικές χρονοσειρές έχοντας ως βάση τη στατιστική ανάλυση του ιστορικού δείγματος και χρησιμοποιώντας ως μέσο για τη μεταφορά σε μέλλοντα χρόνο διάφορα μοντέλα χρονοσειρών.

Σε αυτό το σημείο, υπεισέρχεται η έννοια της στοχαστικής ανέλιξης που είναι ένα σύνολο ή μια ομάδα τυχαίων μεταβλητών X_t όπου ο δείκτης t παριστάνει το χρόνο. Μια υλοποίηση της στοχαστικής ανέλιξης, δηλαδή ένα σύνολο παρατηρήσεων x_t της X_t , διατεταγμένο σε αυστηρή χρονική ακολουθία, καλείται χρονοσειρά. Έτσι συσχετίζονται και θεωρούνται ταυτόσημες οι συνθετικές χρονοσειρές με τις στοχαστικές ανελιξεις, όπως και κάθε είδους παραγόμενη χρονοσειρά είτε μηνιαίου είτε ετησίου χρονικού βήματος. Προϋπόθεση για την εφαρμογή της παραπάνω ισοδυναμίας, αποτελεί η εκτίμηση των στατιστικών παραμέτρων να γίνεται βάσει των δεδομένων παρατήρησης (ιστορική χρονοσειρά). Στην περίπτωση που τα στατιστικά χαρακτηριστικά μιας ανέλιξης δεν μεταβάλλονται με το χρόνο, αυτή καλείται στάσιμη.

Το γεγονός ότι ένα υδρολογικό μέγεθος, περιγράφεται σαν ένα σύνολο τυχαίων μεταβλητών, από μια στοχαστική ανέλιξη, δεν αναιρεί την φυσική του ταυτότητα και το χαρακτήρα. Τουναντίον, είναι γνωστό ότι τα υδρομετεωρολογικά μεγέθη εμφανίζουν περιοδικές διακυμάνσεις κατά την διάρκεια του έτους, οι οποίες προφανώς οφείλονται στην ετήσια περιοδική κίνηση της γης και στα κλιματικά φαινόμενα που αυτή προκαλεί. Η στοχαστική ανέλιξη X_t μπορεί να συμπεριλάβει και να περιγράψει μαθηματικά την εν λόγω συνιστώσα, που οφείλεται στις περιοδικές διακυμάνσεις φαινομένων, καθώς τα στατιστικά χαρακτηριστικά της μεταβάλλονται περιοδικά, ανάλογα με την εποχή του έτους. Εξάλλου, η τυχαία μεταβλητή X_t έχει στοχαστική δομή ή αλλιώς μνήμη, καθώς οι τιμές της για διάφορες τιμές του t είναι στατιστικά εξαρτημένες. Η μνήμη είναι βασικό και γενεσιουργό χαρακτηριστικό όλων των υδρομετεωρολογικών διεργασιών και οφείλεται στην φυσική

επίδραση των προηγούμενων υλοποιήσεων των ίδιων ή άλλων διεργασιών, στις παρούσες ή μελλοντικές τους πραγματοποιήσεις.

Πρωταρχικό ρόλο στις χρονοσειρές έχει το φαινόμενο της μακροπρόθεσμης εμμονής, όπου περιγράφεται από την ιδιότητα των υγρών και ξηρών ετών να εμφανίζονται κατά ομάδες, σχηματίζοντας μεγάλες περιόδους υψηλής υδροφορίας και λειψυδρίας αντίστοιχα. Η μακροπρόθεσμη εμμονή ανακαλύφθηκε από τον Hurst (1951), στα πλαίσια μελέτης του φράγματος του Ασουάν, όπου αναλύοντας τις χρονοσειρές του ποταμού Νείλου καθώς και άλλες υδρολογικές και γεωφυσικές χρονοσειρές που ήταν διαθέσιμες για αρκετές εκατοντάδες έτη, παρατήρησε την επανάληψη και την ομαδοποίηση των ακραίων τιμών των χρονοσειρών. Μια μακρά περίοδο ανομβρίας επί παραδείγματι, επαναλαμβάνεται με τα ίδια χαρακτηριστικά αρκετά χρόνια αργότερα.

Η αναπαραγωγή της εμμονής θεωρείται κρίσιμος παράγοντας όσον αφορά τον ορθολογικό σχεδιασμό και διαχείριση συστημάτων υδραυλικών έργων (Bras and Rodriguez-Iturbe, 1993). Πράγματι, το φαινόμενο της εμμονής φαίνεται ότι σχετίζεται άμεσα με την εμφάνιση παρατεταμένων ξηρασιών και κάθε είδους ακραίου γεγονότος και κλιματικής αλλαγής. Η φυσική και αναλυτική ερμηνεία του φαινομένου της εμμονής ακόμη αποτελεί αντικείμενο ερευνών και μελέτης, σε αρκετές εκφάνσεις διάφορων φαινομένων.

Εν κατακλείδι, η παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών υλοποιείται μέσω στοχαστικών υδρολογικών μοντέλων, τα οποία είναι ένα σύνολο εξισώσεων που περιγράφουν στατιστικά τις συσχετίσεις των υδρολογικών διεργασιών. Τα μοντέλα αυτά συμπεριλαμβάνουν την στατιστική δομή και τα στατιστικά χαρακτηριστικά των παρατηρημένων υδρολογικών διεργασιών. Οι συνθετικές χρονοσειρές χρησιμοποιούνται ως είσοδοι σε μοντέλα στοχαστικής προσομοίωσης και βελτιστοποίησης συστημάτων υδατικών πόρων.

5.2 Παραγωγή ετήσιων χρονοσειρών

Η παραγωγή ετήσιων χρονοσειρών πραγματοποιείται με στοχαστικά υδρολογικά μοντέλα τα οποία βασίζονται με τη σειρά τους στη θεωρία των στοχαστικών ανεξίτηλων. Σε αρχικό επίπεδο προσδιορίζονται τα δειγματικά στατιστικά χαρακτηριστικά των διατιθέμενων ιστορικών χρονοσειρών και συνέχεια, για κάθε ετήσια μεταβλητή ορίζεται μια θεωρητική συνάρτηση αυτοσυσχέτισης, η οποία περιγράφει την μακροπρόθεσμη εμμονή της αντίστοιχης υδρολογικής διεργασίας. Η δομή της αυτοσυσχέτισης αναπαράγεται μέσω ενός στάσιμου μοντέλου συμμετρικά κινούμενων μέσων όρων (μοντέλο SMA), οι παράμετροι του οποίου εκτιμώνται συναρτήσει των στατιστικών χαρακτηριστικών των ετήσιων ιστορικών χρονοσειρών.

Η θεωρητική συνάρτηση αυτοσυσχέτισης προκύπτει από τον τύπο μοντέλου που επιλέγεται για την αναπαραγωγή της μακροπρόθεσμης εμμονής των υδρολογικών διεργασιών. Τα πιο γνωστά μοντέλα αυτού του τύπου είναι συνδυασμένα σχήματα αυτοπαλινδρόμησης τάξης p και κινούμενων μέσων όρων τάξης q γνωστά ως ARMA. Αυτά είναι ακατάλληλα για την αναπαραγωγή της μακροπρόθεσμης εμμονής των υδρολογικών διεργασιών καθώς είναι μοντέλα βραχείας μνήμης, με αυτοσυσχετόγραμμα που φθίνει εκθετικά με τον χρόνο. Για το σκοπό αυτό, αναπτύχθηκαν εναλλακτικά μαθηματικά σχήματα, όπως τα λεγόμενα μοντέλα κλασματικού γκαουσιανού θορύβου (FGN), τα οποία προσομοιώνουν διεργασίες με μακροπρόθεσμη εμμονή, θεωρώντας συνάρτηση αυτοσυνδιασποράς της μορφής που περιγράφει η σχέση (5.1), με j το βήμα υστέρησης και H το μέτρο της μακροπρόθεσμης εμμονής το οποίο λαμβάνει τιμές από 0.5 έως 1.

$$\gamma_j = \frac{1}{2} \gamma_0 \left[(-1)^j - 2j^{2H} + (-1)^{j+1} \right] \quad (5.1)$$

Για μεγάλα χρονικά βήματα, οι θεωρητικές συναρτήσεις αυτοσυνδιασποράς τόσο των ARMA όσο και των FGN ανελίξεων μπορούν να θεωρηθούν ως ειδικές περιπτώσεις της λεγόμενης γενικευμένης συνάρτησης αυτοσυνδιασποράς (Koutsoyiannis, 2000):

$$\gamma_j = \gamma_0 \left(1 + \kappa \beta |j|^{1/\beta} \right) \quad (5.2)$$

όπου κ, β παράμετροι με το κ να περιγράφει το σχήμα της συνάρτησης αυτοσυνδιασποράς και η παράμετρος β σχετίζεται άμεσα με την εμμονή της στοχαστικής ανελίξης.

Ένα ακόμη μοντέλο αναπαραγωγής της εμμονής είναι το μοντέλο κινούμενων μέσων όρων (BMA), το οποίο εισήχθη από τους *Box and Jenkins* (1970) όπου κάθε στοχαστική ανελίξη X_i με γνωστή ακολουθία αυτοσυνδιασπορών γ_j μπορεί να γραφεί ως ένα σταθμισμένο άθροισμα άπειρων τυχαίων μεταβλητών που περιγράφεται από την εξίσωση:

$$X_i = \sum_{j=-\infty}^0 a_{-j} V_{i-j} = \dots + a_2 V_{i-2} + a_1 V_{i-1} + a_0 V_i \quad (5.3)$$

όπου a_j οι συντελεστές στάθμισης που προσδιορίζονται από την ακολουθία των αυτοσυνδιασπορών γ_j , και V_i ο λευκός θόρυβος ή αλλιώς μεταβλητές ανανέωσης, που θεωρείται ότι είναι στοχαστικά ανεξάρτητες μεταξύ τους και έχουν μοναδιαία διασπορά.

Μια εναλλακτική διατύπωση του παραπάνω μοντέλου εισήγαγε ο Κουτσογιάννης (2000) υπέθεσε ότι η στοχαστική ανελίξη X_i προκύπτει ως σταθμισμένο άθροισμα τόσο άπειρων προηγούμενων όσο και άπειρων επόμενων τυχαίων μεταβλητών, ορίζοντας έτσι το λεγόμενο σχήμα γέννησης κινούμενων μέσων όρων διπλής κατεύθυνσης (BFMA), που είναι μια απειροσειρά της μορφής:

$$X_j = \sum_{j=-\infty}^{+\infty} a_j V_{i+j} = \dots + a_{-1} V_{i-1} + a_0 V_i + a_1 V_{i+1} + \dots \quad (5.4)$$

Μια ειδική κατηγορία του παραπάνω μοντέλου θεωρήθηκε ικανότερη να αναπαραγάγει τις ετήσιες υδρολογικές μεταβλητές που θεωρούνται στάσιμες καθώς με την χρήση αυτού εξαφανίζονται και οι ενδοετήσιες περιοδικότητες, πετυχαίνοντας πιο καλά αποτελέσματα. Το μοντέλο αυτό ονομάστηκε σχήμα συμμετρικών κινούμενων μέσων όρων (SMA, symmetric moving average), με την θεώρηση της συνθήκης συμμετρίας $a_j = a_{-j}$ και θεωρώντας ότι αμελούνται οι όροι a_j το σχήμα SMA προσεγγίζεται από την πεπερασμένη ακολουθία:

$$X_i = \sum_{j=-s}^s a_{|j|} V_{i+j} = a_s V_{i-s} + \dots + a_1 V_{i-1} + a_0 V_i + a_1 V_{i+1} + \dots + a_s V_{i+s} \quad (5.5)$$

$$\gamma_i = \sum_{j=0}^{s-i} a_j a_{i+j}$$

Οι παράμετροι του μοντέλου SMA είναι οι $s + 1$ συντελεστές στάθμισης, a_j , και τα στατιστικά χαρακτηριστικά (μέση τιμή και ασυμμετρία) των μεταβλητών ανανέωσης, V_i . Αφού υπολογιστούν αυτές οι παράμετροι του μοντέλου για να καταλήξουμε στον αρχικό στόχο της παραγωγής ετήσιων συνθετικών χρονοσειρών, απαιτείται ο προσδιορισμός των περιθωρίων στατιστικών χαρακτηριστικών των τυχαίων μεταβλητών $\mathbf{W}_i$, που είναι οι μέσες τιμές, μ_w , και οι συντελεστές ασυμμετρίας ξ_w . Οι μεταβλητές $\mathbf{W}_i$ παράγονται μέσω μιας γεννήτριας τυχαίων αριθμών που ακολουθούν κατανομή γάμα τριών παραμέτρων (Pearson

III), η οποία είναι κατάλληλη για την αναπαραγωγή τυχαίων όρων με ασυμμετρία, με τις παραμέτρους της κατανομής να εκτιμώνται συναρτήσει των περιθωρίων στατιστικών χαρακτηριστικών των $\mathbf{W}_i$. Τέλος, με βάση τις υπολογισθέντες μεταβλητές $\mathbf{W}$ προσδιορίζεται η ακολουθία των μεταβλητών ανανέωσης $\mathbf{V}_i$, οι οποίες εισάγονται στο σχήμα γέννησης (5.5) για την παραγωγή των συνθετικών τιμών X_i .

5.3 Παραγωγή μηνιαίων χρονοσειρών

Η παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών μικρότερης χρονικής κλίμακας (μηνιαίας) αντιμετωπίζεται βάσει της ιδιότητας ότι η καθεμία στοχαστική ανέλιξη διατηρεί σταθερά στατιστικά χαρακτηριστικά για κάθε χρονικό βήμα. Η αναπαραγωγή της μακροπρόθεσμης εμμονής δεν είναι εφικτή σε αυτή την βραχυπρόθεσμη κλίμακα όποτε και αντικαθιστάται από την έννοια της περιοδικότητας. Για τη δημιουργία μηνιαίων συνθετικών χρονοσειρών χρησιμοποιείται ένα μοντέλο αυτοπαλινδρόμησης πρώτης τάξης το λεγόμενο PAR(1) το οποίο έχει γενικευτεί για την εφαρμογή του ως πολυμεταβλητό και περιγράφει μαθηματικά την απλούστερη εξάρτηση των μεταβλητών X_τ^l ως προς τον χρόνο, με μια γραμμική αναδρομική σχέση (5.6), όπου σε αυτή το τ είναι το χρονικό βήμα εντός του έτους:

$$\mathbf{X}_\tau = \mathbf{a}_\tau \mathbf{X}_{\tau-1} + \mathbf{b}_\tau \mathbf{V}_\tau \quad (5.6)$$

Τα $\mathbf{a}_\tau$ και $\mathbf{b}_\tau$ είναι τα μητρώα των παραμέτρων και το $\mathbf{V}_\tau$ είναι το διάνυσμα στοχαστικά ανεξάρτητων μεταβλητών μοναδιαίας διασποράς. Αυτά εκτιμώνται βάσει των στατιστικών χαρακτηριστικών του ιστορικού δείγματος. Οι τυχαίες μεταβλητές $\mathbf{V}_\tau$ παράγονται μέσω μιας γεννήτριας τυχαίων αριθμών που θεωρείται ότι ακολουθούν κατανομή γάμα τριών παραμέτρων που εκτιμώνται με τη σειρά τους συναρτήσει των στατιστικών χαρακτηριστικών των $\mathbf{V}_\tau$. Αφού παραχθούν οι τυχαίες μεταβλητές $\mathbf{V}_\tau$ μπορούν να εισαχθούν στο μοντέλο και να δημιουργηθούν οι συνθετικές χρονοσειρές.

Εναλλακτική εφαρμογή του παραπάνω μοντέλου παραγωγής μηνιαίων συνθετικών χρονοσειρών αποτελεί η διατύπωση της σχέσης (5.7). Το μοντέλο αναπαράγει τις διασπορές, της αυτοσυσχετίσεις για υστέρηση 1 και τις ετεροσυσχετίσεις των μεταβλητών για μηδενική υστέρηση, ενώ δεν αναπαράγει τις ετεροσυσχετίσεις για μοναδιαία υστέρηση και χρησιμοποιείται για αυτό τον λόγο περισσότερο από το προηγούμενο.

$$X_\tau^l = \alpha_\tau^l X_{\tau-1}^l + \sum_{k=1}^m b_\tau^{lk} V_\tau^k \quad (5.7)$$

Εάν n το μήκος της συνθετικής χρονοσειράς, τότε για κάθε χρονικό βήμα $\tau = 1, 2, \dots, 12n$ παράγονται m τυχαίες μεταβλητές V_τ^l ($l=1,2,3,\dots,m$) μέσω μιας γεννήτριας τυχαίων αριθμών κατανομής γάμα. Στην συνέχεια, οι μεταβλητές V_τ^l εισάγονται στην αναδρομική σχέση (5.7), οπότε υπολογίζονται οι συνθετικές τιμές των μηνιαίων μεταβλητών X_τ^l . Η εφαρμογή της σχέσης (5.7) απαιτεί να οριστεί την πρώτη φορά, το διάνυσμα των αρχικών τιμών $\mathbf{X}_0$ για τον προηγούμενο από τον μήνα έναρξης του πρώτου υδρολογικού έτους (που κατά κανόνα αυτός είναι ο Σεπτέμβριος). Για αυτόν τον μήνα όμως δεν διαθέτουμε στοιχεία αφού είναι σε προγενέστερη χρονολογία. Η απάντηση βασίζεται στην υπόθεση ότι το εν λόγω διάνυσμα ταυτίζεται με την μέση τιμή του Σεπτεμβρίου των ετών που διαθέτουμε, με την παραδοχή αυτή να προσεγγίζει την πραγματικότητα.

5.4 Το πρόγραμμα «Κασταλία»

5.4.1 Υδρογνώμονας

Ο «Υδρογνώμων», είναι ένα λογισμικό διαχείρισης και επεξεργασίας υδρολογικών δεδομένων που έχει κατασκευαστεί με βάση το περιβάλλον των Windows. Είναι ένα σύστημα διαχείρισης των υδρολογικών, μετεωρολογικών δεδομένων και επεξεργασίας των χρονοσειρών, ενώ παρέχει και τη δυνατότητα εξωτερικής σύνδεσης με διάφορες εφαρμογές που μπορούν να πραγματοποιούν επιπλέον επεξεργασίες ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Η δημιουργία και η ανάπτυξη του συστήματος προήλθε από την ερευνητική ομάδα του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου όπου με οδηγό την εμπειρία από την ανάπτυξη παλαιότερης έκδοσης του λογισμικού (Χριστοφίδης, 1998, Χριστοφίδης και Κοζάνης, 2004), καθώς και από εκτεταμένη έρευνα αγοράς πάνω σε παρόμοια συστήματα δόθηκε υπόσταση και ολοκληρώθηκε το σύστημα του Υδρογνώμονα.

Στην προσπάθεια να περιγράψουμε την δομή που έχει το σύστημα και να διαχωρίσουμε τα υποσυστήματα από τα οποία αποτελείται, θα παρατηρήσουμε αρχικά ότι στις εφαρμογές του Υδρογνώμονα, υπάρχει διαχωρισμός σε δυο υποσυστήματα, το σύστημα διαχείρισης γεωγραφικών οντοτήτων και το σύστημα επεξεργασίας των χρονοσειρών. Το πρώτο υποστηρίζει το δεύτερο υποσύστημα, οργανώνοντας τις χρονοσειρές πριν την επεξεργασία τους με τον προσδιορισμό και την διαχείριση των γεωγραφικών οντοτήτων. Υποσύνολο αυτού αποτελούν οι μετρητικοί σταθμοί, οι οποίοι με τη σειρά τους περιλαμβάνουν έναν αριθμό οργάνων και καταγραφών. Όλα τα παραπάνω χρησιμοποιούνται από το υποσύστημα της επεξεργασίας χρονοσειρών όπου, σε συνεργασία με αλλά τέσσερα ειδικά υποσυστήματα, πραγματοποιούν τις επεξεργασίες για τις οποίες είναι αρμόδιο το καθένα από αυτά.

Τα τέσσερα ειδικά υποσυστήματα είναι η «Κασταλία», η «Πυθία», η «Όμβρος» και ο «Ζυγός». Η «Κασταλία» πραγματεύεται την στοχαστική προσομοίωση των υδρολογικών διεργασιών, η «Πυθία» είναι υπεύθυνη για την στατιστική επεξεργασία των υδρολογικών χρονοσειρών, το «Όμβρος» αφορά την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών και τέλος ο «Ζυγός» είναι κατάλληλος για την αδρομερή προσομοίωση του υδατικού ισοζυγίου λεκανών απορροής. Ανάλογα με το είδος της επεξεργασίας που θέλουμε να επιτύχουμε σε κάποια χρονοσειρά επιλέγουμε και το κατάλληλο υποσύστημα. Όμως, η διαθεσιμότητα κάποιων από τα υποσυστήματα αυτά μπορεί να είναι περιορισμένη, ανάλογα με την άδεια χρήσης που διαθέτει ο χρήστης.

Τα δεδομένα που διαχειρίζεται ο Υδρογνώμων διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, τα αντικείμενα ή οντότητες που συναντώνται στη φύση, τα μετρητικά όργανα και καταγραφείς και οι χρονοσειρές υδρολογικών δεδομένων. Σύμφωνα με τον σχεδιασμό της βάσης δεδομένων, κάθε χρονοσειρά συσχετίζεται υποχρεωτικά με κάποια οντότητα στον χώρο. Οι γεωγραφικές οντότητες είναι αντικείμενα που έχουν υδρολογικό ενδιαφέρον και μπορούν να περιλάβουν χρονοσειρές για την περιγραφή των ιδιοτήτων τους ή των μεγεθών που μεταβάλλονται στον χρόνο. Μία χρονοσειρά δεν μπορεί να ανήκει σε παραπάνω από μία γεωγραφική οντότητα, το δε σύστημα της βάσης δεδομένων φροντίζει για την συνέπεια των δεδομένων. Μερικές κατηγορίες γεωγραφικών οντοτήτων είναι οι παρακάτω:

- Σημειακές οντότητες όπως οι μετρητικοί σταθμοί, τα φράγματα και τα διυλιστήρια
- Γραμμικές οντότητες είναι οι αγωγοί (υδραγωγεία, υδατορεύματα ή ποτάμια)
- Επιφανειακές οντότητες όπως οι ταμιευτήρες, οι λίμνες και οι λεκάνες απορροής

Τα μετρητικά όργανα είναι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση υδρομετεωρολογικών μεταβλητών όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η βροχόπτωση, κ.α. Στην ειδική κατηγορία των μετρητικών σταθμών εμπεριέχεται ένας αριθμός μετρητικών οργάνων και καταγραφών, που μοιράζονται κοινές χρονοσειρές πρωτογενών δεδομένων μεταξύ τους. Μετρίεται μία χρονοσειρά από ένα ορισμένο όργανο, στη συνέχεια καταγράφεται από τον καταγραφέα, ο οποίος έχει περισσότερα του ενός όργανα και σε κάποιο μετρητικό σταθμό ο οποίος με τη σειρά του έχει περισσότερους καταγραφείς και όργανα. Οι μετρητικοί σταθμοί χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες, τους μετεωρολογικούς σταθμούς, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την μέτρηση ή και την καταγραφή υδρομετεωρολογικών μεταβλητών (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ύψος βροχόπτωσης, ηλιακή ακτινοβολία, ταχύτητα ανέμου, κ.ά.) και τους υδρομετρικούς σταθμούς, που βρίσκονται σε θέσεις πάνω σε υδατορεύματα ή ποτάμια και χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της στάθμης και της παροχής .

Οι σημαντικότερες λειτουργίες που επιτελεί το σύστημα αναφέρονται στις επεξεργασίες χρονοσειρών, στις στατιστικές τους αναλύσεις και στον υπολογισμό χρονοσειρών εξάτμισης και βροχόπτωσης. Πιο αναλυτικά, το σύστημα μπορεί να εκτελέσει συμπληρώσεις, επεκτάσεις, συναθροίσεις, συσχετίσεις, αυτοσυσχετίσεις και γραμμικές πράξεις μεταξύ χρονοσειρών. Επίσης μπορεί να αναλύσει χρονοσειρές από στατιστικής απόψεως, με την εύρεση στατιστικών χαρακτηριστικών ενός δείγματος και τον προσδιορισμό στατιστικών παραμέτρων, ελέγχων (έλεγχοι ομοιογενείας και συνέπειας δειγμάτων) και προγνώσεων διαφόρων μεταβλητών.

Μια επιπλέον διεργασία που επιτελεί το σύστημα είναι η κατάρτιση καμπυλών στάθμης-παροχής και η εξαγωγή χρονοσειρών παροχών αλλά και των αντίστοιχων χρονοσειρών όγκου και επιφάνειας από χρονοσειρές στάθμης. Το σύστημα ασχολείται επίσης με την ανάλυση και επεξεργασία χρονοσειρών βροχοπτώσεων και την κατάρτιση των αντίστοιχων όμβριων καμπυλών. Τέλος ο Υδρογνώμονος ασχολείται και με τον υπολογισμό της εξάτμισης και της δυνητικής εξατμοδιαπνοής είτε αναλυτικά είτε εμπειρικά καθώς και με την επιπλέον επέκταση αυτών των χρονοσειρών.

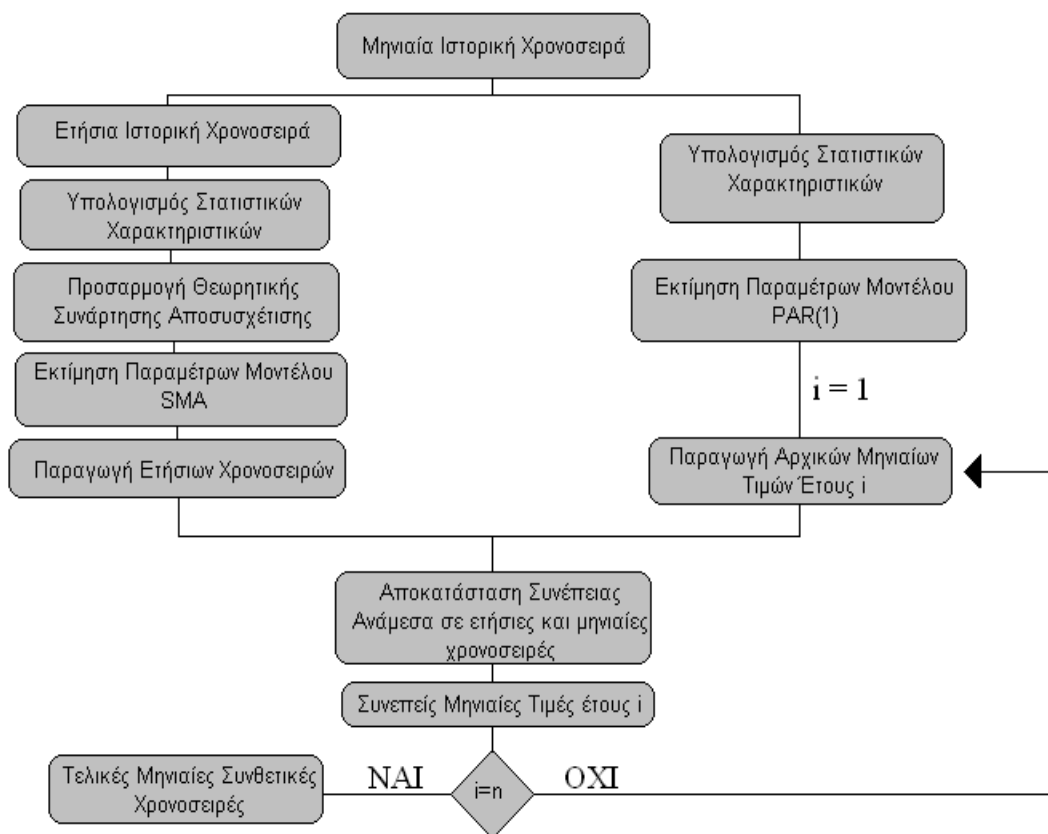
Σε αυτό το τεύχος θα χρησιμοποιήσουμε τον Υδρογνώμονα μόνο για την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών. Πιο συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθεί το υποσύστημα εκείνο το Υδρογνώμονα που ασχολείται με την στοχαστική επέκταση και πρόγνωση χρονοσειρών και το οποίο είναι η Κασταλία. Η αναλυτική παρουσίαση αυτού του υποσυστήματος γίνεται παρακάτω.

5.4.2 Υποσύστημα «Κασταλία»

Η Κασταλία είναι ένα σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης και πρόγνωσης υδρομετεωρολογικών διεργασιών και αποτελεί μέρος του λογισμικού διαχείρισης και επεξεργασίας υδρολογικών δεδομένων «Υδρογνώμων». Όλες οι διεργασίες που λαμβάνουν μέρος σε ένα υδροσύστημα και αφορούν την απορροή, την βροχόπτωση και την εξάτμιση ως επί τω πλείστον μπορούν να περιγραφούν και να αναλυθούν με τη βοήθεια χρονοσειρών. Το σύστημα έχει ως στόχο την παραγωγή συνθετικών υδρολογικών χρονοσειρών, μέσω ενός σχήματος στοχαστικής ανάλυσης πολλών μεταβλητών και δύο χρονικών επιπέδων, κατάλληλο για την διατήρηση των θεμελιωδών στατιστικών χαρακτηριστικών των ιστορικών χρονοσειρών και για την αναπαραγωγή χαρακτηριστικών των υδρολογικών ανεξίτηλων που ενδιαφέρουν.

Η αναφορά στο πρώτο χρονικό επίπεδο περιλαμβάνει χρονοσειρές αραϊής κλίμακας οι οποίες είναι ετήσιες, ενώ το δεύτερο επίπεδο αφορά μικρότερη χρονική κλίμακα που είναι η μηνιαία. Αυτός ο διαχωρισμός αιτιολογείται από την ανάγκη περιγραφής του φαινομένου της μακροπρόθεσμης εμμονής, καθώς σε μηνιαία βάση αυτή δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί, αλλά επίσης και της περιοδικότητας που πρέπει να συνδυάζει η τελική παραγόμενη συνθετική χρονοσειρά. Στοιχεία εισόδου στο σύστημα Κασταλία είναι οι μηνιαίες ιστορικές χρονοσειρές των υδρολογικών μεγεθών. Σύμφωνα με αυτές καταρτίζονται και οι χρονοσειρές ετησίου βήματος που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο.

Το μαθηματικό υπόβαθρο του μοντέλου, που αναπτύχθηκε για να εξυπηρετήσει την προσομοίωση των υδρολογικών διεργασιών, βασίζεται στη θεωρία των πιθανοτήτων και ειδικότερα στη θεωρία των στοχαστικών ανελίξεων, που αποτελεί ιδιαίτερο κλάδο της πρώτης. Το μοντέλο γέννησης συνθετικών χρονοσειρών εφαρμόζει τη χρήση της κατανομής γάμα τριών παραμέτρων, που θεωρείται κατάλληλη τόσο για μηνιαίες όσο και για ετήσιες υδρολογικές μεταβλητές. Η καταλληλότητα της κατανομής γάμα έγκειται στο γεγονός ότι ορίζεται μόνο για θετικές τιμές της μεταβλητής και θεωρείται καλύτερη στην αναπαραγωγή της ασυμμετρίας των ιστορικών δειγμάτων. Το διάγραμμα ροής της παραγωγής συνθετικών χρονοσειρών του συστήματος Κασταλία που ακολουθεί μας βοηθάει να κατανοήσουμε την διαδικασία και τα βήματα μέχρι την δημιουργία του τελικού προϊόντος.



Σχήμα 5.1: Διάγραμμα Ροής Παραγωγής Συνθετικών Χρονοσειρών

Σύμφωνα με το διάγραμμα, αρχικά, υπολογίζονται τα δειγματικά χαρακτηριστικά και στις δυο χρονικές κλίμακες. Σε ό,τι αφορά την ετήσια κλίμακα, ορίζεται για κάθε μεταβλητή μια θεωρητική συνάρτηση αυτοσυσχέτισης που περιγράφει την μακροπρόθεσμη εμμονή του αντίστοιχου μεγέθους της υδρολογικής διεργασίας που ορίζει η κάθε μεταβλητή. Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 5.2 για την παραγωγή ετήσιων χρονοσειρών, η αναπαραγωγή της εμμονής γίνεται βάσει ενός μοντέλου συμμετρικά κινούμενων μέσων όρων

(SMA), με τις παραμέτρους του να εκτιμούνται συναρτήσει των στατιστικών χαρακτηριστικών που υπολογίστηκαν στο αρχικό βήμα. Τελικά παράγονται οι ετήσιες συνθετικές χρονοσειρές, οι οποίες αφορούν το ένα χρονικό επίπεδο του συστήματος.

Σε ό,τι αφορά την μηνιαία κλίμακα, το σύστημα χρησιμοποιεί ένα μοντέλο αυτοπαλινδρόμησης πρώτης τάξης PAR(1), το οποίο περιγράφει την περιοδικότητα, με τις παραμέτρους του να εκτιμώνται βάσει των στατιστικών χαρακτηριστικών των μηνιαίων ιστορικών χρονοσειρών. Δημιουργούνται κατ' αυτόν τον τρόπο κάποιες αρχικές μηνιαίες τιμές για κάθε έτος. Στο σημείο αυτό γίνεται σύγκριση των χρονοσειρών που δημιουργήθηκαν από τα δυο χρονικά επίπεδα, παρατηρώντας ανισότητες και ασυνέπειες σε αυτά τα δείγματα. Αθροίζοντας 12 τιμές ενός χρόνου της συνθετικής χρονοσειράς με μηνιαίο βήμα, διαπιστώνεται ότι το άθροισμα διαφέρει από την τιμή του αντίστοιχου έτους στη χρονοσειρά με ετήσιο βήμα.

Το μοντέλο αποκαθιστά την συνέπεια των δειγμάτων, εφαρμόζοντας μια διαδικασία γραμμικής αναγωγής (μοντέλο επιμερισμού) διορθώνοντας τις μηνιαίες τιμές έτσι ώστε συναθροιζόμενες να ισούνται με την αντίστοιχη ετήσια. Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται για κάθε έτος χωριστά έως ότου καταλήξει στα επιθυμητά αρχικώς οριζόμενα έτη παραγωγής συνθετικών χρονοσειρών. Τελικά, προκύπτουν μηνιαίες συνθετικές χρονοσειρές, συνεπείς με τις ετήσιες, που έχουν προέλθει από την εφαρμογή του μοντέλου SMA συνυπολογίζοντας και συμπεριλαμβάνοντας και το φαινόμενο της εμμονής.

6 Μοντελοποίηση ποιότητας νερού σε ταμιευτήρες

6.1 Γενικά

Η ποιότητα του νερού μπορεί να καταγραφεί και να περιγραφεί ως ένα βαθμό από τη δυνατότητα χρήσης του νερού για διάφορες δραστηριότητες. Ένα καλής ποιότητας νερό εξυπηρετεί τη χρήση για ύδρευση στους παρακείμενους οικισμούς ενώ, για ένα νερό χαμηλότερης ποιότητας, η χρήση του περιορίζεται για άρδευση ή για ψυχαγωγικούς σκοπούς. Ένας δείκτης ποιότητας του νερού είναι η ρύπανση που παρατηρείται σε αυτό.

Η ρύπανση των νερών μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολλούς τρόπους και μπορεί να επιφέρει αλλαγές των χαρακτηριστικών του νερού. Η ρύπανση που επηρεάζει τα χημικά χαρακτηριστικά του νερού προέρχεται από τοξικές ουσίες, από άλατα N, P και από την οργανική ρύπανση. Επίσης επηρεάζονται και τα φυσικά χαρακτηριστικά του νερού μέσω της θερμικής ρύπανσης, της ρύπανσης από ακτινοβολία, το θόρυβο και εκπομπών ήχων, καθώς και της ρύπανσης από αδρανή υλικά. Τέλος τα βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού επηρεάζονται από τη μικροβιακή ρύπανση που παρατηρείται λόγω των αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα ρύπανσης που παρατηρείται κυρίως σε στάσιμα νερά όπως οι λίμνες είναι ο ευτροφισμός. Είναι μια μορφή ρύπανσης όπως περιγράψαμε παραπάνω που επηρεάζει τα χημικά χαρακτηριστικά του νερού και προέρχεται από άλατα φωσφόρου και αζώτου. Ο ευτροφισμός συνίσταται στην υπερβολική αύξηση των αλγών, που ναι μεν είναι απαραίτητα, αλλά η μεγάλη αύξησή τους δημιουργεί πρόβλημα στην τροφική αλυσίδα. Το υδάτινο σώμα δεν ρυπαίνεται από άτομα ή μόρια φωσφόρου και αζώτου, αλλά από ενώσεις φωσφορούχες και αζωτούχες, ανόργανες ή οργανικές. Τα άλατα P και N, απαντώνται σε σημαντικές ποσότητες στα επεξεργασμένα αστικά και βιομηχανικά λύματα, καθώς και στα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία.



Εικόνα 6.1: Ευτροφικά ύδατα

Τα άλγη είναι αυτοτροφικοί οργανισμοί που έχουν τη δυνατότητα να μετατρέπουν ανόργανες ενώσεις σε οργανικές. Η συνέχεια της τροφική αλυσίδας αφορά τους ετεροτροφικούς οργανισμούς (ζωοπλαγκτόν, μικρά ψάρια) που είναι καταναλωτές και τρέφονται από τις οργανικές ενώσεις που παράγουν οι αυτοτροφικοί οργανισμοί. Με τον ευτροφισμό παρατηρείται απότομη αύξηση των αλγών που είναι ακατάλληλα για κατανάλωση από τους ετεροτροφικούς οργανισμούς ενώ, παράλληλα, παρεμποδίζουν την ανάπτυξη άλλων οργανισμών. Η υπερβολική αύξηση των αλγών μπορεί να προκαλέσει αποξυγόνωση του αποδέκτη καθώς η κατανάλωση O_2 λόγω αναπνοής των αλγών, φτάνει να είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή O_2 , λόγω της αύξησης του πληθυσμού των αλγών.

Σε επόμενο επίπεδο, όταν τα άλγη πεθαίνουν οι αποδομητές χρησιμοποιούν διαλυμένο οξυγόνο για να επεξεργαστούν τα νεκρή οργανική ύλη και η βιομάζα που συσσωρεύεται αλλά και οι ετεροτροφικοί οργανισμοί παράλληλα καταναλώνουν οξυγόνο καθώς τρέφονται με το πρωτόπλασμα των νεκρών αλγών. Στην συνέχεια, πεθαίνουν και οι ετεροτροφικοί οργανισμοί είτε λόγω έλλειψης οξυγόνου είτε λόγω κατανάλωσης μολυσμένων αλγών. Τα θρεπτικά στοιχεία N και P από τα νεκρά κύτταρα των αλγών απελευθερώνονται στο νερό ανακυκλώνοντας και αυτοσυντηρώντας το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Η μεγάλη αύξηση του πληθυσμού των αλγών δημιουργεί ακόμη πυκνό επιφανειακό στρώμα στο νερό, όπου δυσκολεύει την μεταβίβαση O_2 της ατμόσφαιρας στο νερό αλλά παράλληλα εμποδίζει και τη διέλευση του ηλιακού φωτός στα κατώτερα στρώματα νερού. Αυτό αναστέλλει τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης που είναι μια πηγή παραγωγής O_2 . Έτσι, συμβάλλει θετικά στο φαινόμενο της αποξυγόνωσης με αποτέλεσμα πολλά ψάρια να παθαίνουν ασφυξία και να ανεβαίνουν στην επιφάνεια. Το νερό εμφανίζεται θολό και έχει μια εικόνα που δείχνει βρώμικο με πράσινες αποχρώσεις λόγω των νεκρών αλγών. Η αποξυγόνωση δημιουργεί την επικράτηση αναερόβιων διασπάσεων στην νεκρή οργανική ύλη και οδηγεί στην δημιουργία δυσοσμίας στο υδάτινο περιβάλλον.

Πέρα από την καταστροφή που προκαλεί ο ευτροφισμός στο φυσικό περιβάλλον υπάρχουν και άλλες προεκτάσεις αρνητικών συνεπειών σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο, καθώς το νερό πλέον παύει να έχει την ίδια χρήση και να εξυπηρετεί διάφορες δραστηριότητες. Γίνεται ακατάλληλο για πόση και κινδυνεύει άμεσα η ανθρώπινη υγεία από διάφορες αρρώστιες και αλλεργίες. Επίσης, δημιουργούνται προβλήματα σε αρδευτικά δίκτυα, υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις και στην ναυσιπλοΐα ενώ διαταράσσεται η φυσική ισορροπία. Τέλος απαιτείται χρηματικό ποσό για αποκατάσταση και καθαρισμό ενός ευτροφικού ταμιευτήρα από τα άλγη και την απομάκρυνση του φορτίου των θρεπτικών συστατικών ούτως ώστε το νερό να αποκτήσει την χρήση την οποία κατείχε και προηγουμένως δηλαδή να γίνει καλής ποιότητας και πόσιμο.

6.2 Το μοντέλο EUTRO-SEL

6.2.1 Γενικά

Γνωρίζοντας τις συνέπειες που επιφέρει στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον το φαινόμενο του ευτροφισμού ενός υδάτινου αποδέκτη, γίνεται αντιληπτό το πόσο σημαντικό είναι να μπορέσουμε να ελέγξουμε, να περιορίσουμε και τελικά να καταστείλουμε το φαινόμενο αυτό.

Μέθοδοι και τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν προς αυτή την κατεύθυνση αφορούν, σε αρχικό επίπεδο, την πρόληψη και δευτερευόντως την αντιμετώπιση. Η πρόληψη αφορά στη μείωση της εισροής θρεπτικών συστατικών στο νερό μέσω μέτρων που θα στοχεύουν στην απομάκρυνση των θρεπτικών από το νερό πριν φτάσουν στη λίμνη, την επιβολή αυστηρότερων ελέγχων στη ρύπανση που προκαλούν η βιομηχανία και η γεωργία και στην τροποποίηση των συστατικών των προϊόντων που προκαλούν βλάβη. Σε υδάτινα σώματα που είναι ρυπασμένα εφαρμόζονται μέθοδοι αντιμετώπισης με διαδικασίες που αφορούν είτε την αραιώση των κορεσμένων από θρεπτικά νερών από άλλα που περιέχουν ελάχιστα θρεπτικά, είτε την απομάκρυνση της ύλης από την πυθμένα της λίμνης, είτε με εκβάθυνση λιμνών είτε με προσθήκη διαφόρων χημικών ουσιών που επιδρούν στα θρεπτικά συστατικά.

Μια ολοκληρωμένη μελέτη και προσέγγιση του φαινομένου του ευτροφισμού είναι μια δύσκολη διαδικασία καθώς θα πρέπει να εκφραστούν και να αποδοθούν με σαφήνεια οι διεργασίες που επιτελούνται κατά την εξέλιξη του φαινομένου. Μια τέτοια ανάλυση είναι δύσκολο έως αδύνατο να επιτευχθεί στην ολότητά της διότι είναι μεν μια πολύπλοκη διαδικασία σαν φυσικό φαινόμενο που εμπεριέχει πολλές παραμέτρους που είναι αδύνατο να μελετηθούν όλες, αλλά και η σημαντικότητα και η συνεισφορά της κάθε διεργασίας. Έτσι επιλέγονται να μελετηθούν διεργασίες κατά την εξέλιξη του φαινομένου του ευτροφισμού, που έχουν σημαντική επίδραση στη μεταβολή των συγκεντρώσεων των τιμών των στοιχείων που θέτουμε ως συστατικά του ευτροφισμού και των δεικτών ποιότητας που χρησιμοποιούμε. Ως τέτοια στοιχεία και δείκτες μπορούν να θεωρηθούν ενώσεις του Ν και του Ρ το φυτοπλαγκτόν, ο οργανικός άνθρακας το διαλυμένο οξυγόνο και άλλα.

Η πολυπλοκότητα και η πολυσυνθετικότητα ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί τη χρήση ενός μαθηματικού μοντέλου που θα δημιουργήσει μια αναπαραγωγή της πραγματικότητας των λειτουργιών του φαινομένου του ευτροφισμού, εκφρασμένο μέσα από αλγεβρικές εξισώσεις, αρχές και επιστημονικές ιδέες. Ένα τέτοιο μαθηματικό μοντέλο εφαρμόστηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος με τίτλο 'Διερεύνηση των δυνατοτήτων διαχείρισης και προστασίας της Λίμνης Πλαστήρα από τον Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Το μοντέλο ονομάζεται EUTRO-SEL και είναι ένα μοντέλο ευτροφισμού – διαλυμένου οξυγόνου. Αυτό υπέστη κάποιες μετατροπές και προσαρμογές ώστε να εφαρμοστεί στα δεδομένα του ερευνητικού αυτού προγράμματος.

Το μοντέλο διαμορφώθηκε έχοντας ως βάση την αρχή διατήρησης της μάζας αλλά και την εξίσωση συνέχειας λαμβάνοντας υπόψη τις φυσικοχημικές αλλά και βιολογικές διεργασίες που επιτελούνται και περιγράφονται με συγκεκριμένους όρους από αυτές τις εξισώσεις. Διακρίνεται δε σε δύο βασικούς τύπους διεργασιών που συμβαίνουν: (α) αυτές που αφορούν τη μεταβολή των συγκεντρώσεων σε ένα κλειστό σύστημα λόγω διαταραχής μιας κατάστασης ισορροπίας και (β) οι διαδικασίες που επιφέρουν μεταβολές στις συγκεντρώσεις λόγω φαινομένων μεταφοράς ύλης. Η ταχύτητα των μεταβολών είναι δυνατών να περιγραφεί με απόλυτη επιτυχία από τις κινητικές εξισώσεις που είναι άμεσα εξαρτημένες από του περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία και από τις συγκεντρώσεις.

Οι διεργασίες που περιγράφονται στη δεύτερη κατηγορία και αφορούν τη μεταβολή των συγκεντρώσεων λόγω φαινομένων μεταφοράς της ύλης, είναι η μεταγωγή, η διασπορά και η καθίζηση. Η μεταγωγή αφορά στη μεταφορά μάζας που οφείλεται όμως στο ίδιο το υδάτινο μέσο που εν προκειμένω είναι η λίμνη. Στο ευτροφισμό, η μεταφορά μάζας έχει να κάνει με ρύπους άνθρακα, φωσφόρου, αζώτου που με τη μεταγωγή κινούνται λόγω της κίνησης του

υδάτινου μέσου, Η διασπορά με τη σειρά της κατευθύνει τη μάζα των ρύπων από περιοχές μεγαλύτερης συγκέντρωσης σε ρύπους, προς περιοχές μικρότερης συγκέντρωσης και αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα μεταφοράς της ύλης. Τέλος με την καθίζηση παρατηρείται μεταφορά της μάζας προς το πυθμένα της λίμνης καθώς, αυξάνοντας, η μάζα λόγω βαρύτητας καθιζάνει.

Αναδεικνύοντας όλες τις προαναφερθείσες διεργασίες μπορούμε να τις συμπεριλαμβάνουμε όλες μαζί και να τις εκφράσουμε με τη βοήθεια της εξίσωσης συνέχειας. Η διατύπωση της εξίσωσης συνέχειας θα μπορούσε να αναφέρει ότι η συνολική συσσώρευση μάζας ισούται με την εισροή μάζας λόγω μεταγωγής και διασποράς συνυπολογίζοντας και τη μεταβολή της μάζας λόγω αντιδράσεων και καθίζησης. Σε μαθηματική έκφραση η εξίσωση συνέχειας έχει την εξής μορφή:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \nabla E \nabla C - \nabla U C \pm r \quad (6.1)$$

όπου C είναι η συγκέντρωση (g/m³), E ο συντελεστής διασποράς (m²/d), U η ταχύτητα (m/d) και r η μεταβολή λόγω αντιδράσεων ή καθίζησης (g/m³/d).

Για τη διευκόλυνση της επίλυσης της εξίσωσης (6.1) γίνονται ορισμένες παραδοχές και απλοποιήσεις. Η πιο σημαντική είναι η παραδοχή της πλήρους μίξης όπου δεν θεωρείται ότι υπάρχει χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων στον ταμιευτήρα και η διασπορά γίνεται άμεσα σε όλο τον αποδέκτη. Θεωρείται δε το συνεχές υδάτινο σήμα ως ένα σύνολο πεπερασμένων στοιχείων πλήρους μίξης. Έτσι, η εξίσωση συνέχειας με απλοποιήσεις μετατρέπεται σε μια εξίσωση που, για κάθε στοιχείο i, j, μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

$$V_i \frac{dC_i}{dt} = \sum \left| -Q_i (\alpha_{ij} C_i + \beta_{ij} C_j) + E'_{ij} (C_j - C_i) \right| \pm r_i \pm w_i \quad (6.2)$$

Όπου V_i ο όγκος του στοιχείου i (m³), C οι συγκεντρώσεις των στοιχείων (g/m³), r_i και w_i η ταχύτητα μεταβολής (m/d) και η φόρτιση του στοιχείου (g/d) αντίστοιχα. Το E'_{ij} είναι ο συντελεστής διασποράς (m²/day) που δίνεται από τη σχέση:

$$E'_{ij} = E_{ij} A_{ij} / L_{ij} \quad (6.3)$$

με το A_{ij} να είναι η επιφάνεια διατομής μεταξύ των στοιχείων i και j και το L_{ij} να είναι το μέσο μήκος των στοιχείων i και j.

Η εξίσωση (6.2) είναι στην ουσία σύστημα εξισώσεων που αναλύει τις αντιδράσεις κάθε ρύπου σε ένα στοιχείο. Ο τρόπος επίλυσης είναι αλληλένδετος τόσο με τη μορφή των κινητικών εξισώσεων όσο και το εάν απαιτείται επίλυση των εξισώσεων (6.2) είναι η έκφραση όλων των διεργασιών που επιτελούνται. Στην εφαρμογή του μοντέλου οι ρύποι και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν είναι το φυτοπλαγκτόν, το αμμωνιακό και το οξειδωμένο άζωτο, ο οργανικός και ο ανόργανος φώσφορος, ο οργανικός άνθρακας, το διαλυμένο οξυγόνο ενώ παράλληλα έγινε προσομοίωση της λειτουργίας των πυθμενικών αποθέσεων με προσδιορισμό της χρονικής μεταβολής του φυτοπλαγκτόν, αζώτου και φωσφόρου που αναπτύσσονται.

6.2.2 Φυτοπλαγκτόν

Στον όρο φυτοπλαγκτόν μπορούμε να συμπεριλάβουμε όλους τους φυτικούς μικροοργανισμούς συνήθως μονοκύτταρους, που βρίσκονται στα νερά θαλασσών, λιμνών και ωκεανών και αποτελούν τροφή για εκατομμύρια ψάρια. Όπως και η πλειοψηφία των φυτών, είναι αυτότροφοι οργανισμοί και έτσι συνθέτουν οι ίδιοι τις ανθρακούχες ενώσεις, που χρειάζονται ώστε να προσλάβουν την απαραίτητη ενέργεια για να ζήσουν, από πολύ απλές ανόργανες ουσίες όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό. Η ικανότητα τους αυτή βασίζεται στην παρουσία της χλωροφύλλης και στην ιδιότητα της να δεσμεύει την ηλιακή ακτινοβολία (ενέργεια) και να τη μετατρέπει σε χημική. Έτσι το φυτοπλαγκτόν εκφράζεται από τους μηχανισμούς ανάπτυξης που είναι η ενδογενής αναπνοή, ο θάνατος και η καθίζηση. Μέτρο σημαντικότητας του φυτοπλαγκτόν αποτελεί η διαπίστωση ότι λόγω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης τα φυτά των νερών δηλαδή τα άλγη είναι υπεύθυνα για τη μισή μετατροπή του CO₂ της ατμόσφαιρας. Η σύνθεση της χλωροφύλλης γίνεται μόνο με την παρουσία οξυγόνου, τη θερμοκρασία, το μήκος κύματος των ακτινών που επιδρούν και τα θρεπτικά συστατικά N, P. Για να περιγραφούν όλες αυτές οι παράμετροι με τη βοήθεια μιας σχέσης που θα μας καθορίζει την ταχύτητα ανάπτυξης του φυτοπλαγκτόν χρειάστηκε να επικαλεστούμε τη πολλαπλή σχέση του Monod συνθέτοντας την εξίσωση (6.4)

$$\mu = \mu_{\max} f(T) f'(I) \frac{N}{K_N + N} \frac{P}{K_P + P} \quad (6.4)$$

όπου $\mu_{\max}$ η μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης, $f(T)$ συνάρτηση θερμοκρασίας, $f(I)$ συνάρτηση ακτινοβολίας και K_N και K_P σταθερές των θρεπτικών συστατικών

Στη συνέχεια ας αναλύσουμε με τη σειρά τις παραμέτρους που επηρεάζουν την ταχύτητα ανάπτυξης του φυτοπλαγκτόν αρχίζοντας από τη θερμοκρασία. Η επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη του πληθυσμού των αλγών είναι θετική και μάλιστα περιγράφεται από την εξίσωση (6.5) με σαφή ένδειξη ότι η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε αύξηση στην ταχύτητα ανάπτυξης του φυτοπλαγκτόν. Στη σχέση (6.5) για την ταχύτητα ανάπτυξης σε T °C το A_1 είναι ένας αδιάστατος θερμοκρασιακός συντελεστής.

$$\mu_{\max(T)} = \mu_{\max(20)} A_1^{(T-20)} \quad (6.5)$$

Η άλλη παράμετρος που επηρεάζει την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν είναι η ηλιακή ακτινοβολία με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Όπως και με τη θερμοκρασία, έτσι και με την ακτινοβολία η παρατηρούμενη αύξησή της δημιουργεί εντονότερα φαινόμενα φωτοσύνθεσης ενώ η ενδεχόμενη ελάττωση της έντασης της ακτινοβολίας προκαλεί σταδιακή μείωση και τελικά διακόπτει τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Γνωρίζουμε όμως ότι η υπερβολική έκθεση και αύξηση της ακτινοβολίας δημιουργεί προβλήματα στους οργανισμούς. Έτσι και για το φυτοπλαγκτόν η αύξηση της ακτινοβολίας πέραν κάποιας τιμής οριζόμενης ως I_s δημιουργεί αντίθετο αποτέλεσμα από το αναμενόμενο, δηλαδή τη μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης λόγω του φαινομένου της αναχαίτισης. Η αναχαίτιση προκαλεί καταστροφές στη δομή των κυττάρων του παραλήπτη της ακτινοβολίας που δέχεται. Η ταχύτητα ανάπτυξης του φυτοπλαγκτόν συναρτήσει στην ένταση της ακτινοβολίας περιγράφεται στην εξίσωση (6.6) όπου I_s η ένταση της ακτινοβολίας της οποίας πέραν αυτής υπάρχει σταδιακή μείωση της φωτοσύνθεσης.

$$\mu = \mu_{\max} \frac{I}{I_s} e^{-\frac{I}{I_s} + 1} \quad (6.6)$$

Όμως η ακτινοβολία που τελικά φτάνει στο φυτοπλαγκτόν και το κάνει να φωτοσυνθέτει, είναι μικρότερη από αυτή που προσπίπτει στην επιφάνεια των υδάτων. Η μείωση αυτή οφείλεται είτε σε φαινόμενα ανάκλασης είτε λόγω απορρόφησης κατά τη δίοδο της από την υδάτινη μάζα. Υπάρχει μια αναλογία της ακτινοβολίας σε ένα ορισμένο βάθος η με αυτή που προσπίπτει στα επιφανειακά ύδατα, την αρχική, δηλαδή, ηλιακή ακτινοβολία I_0 , που περιγράφεται από την εξίσωση:

$$I_H = I_0 e^{-KH} \quad (6.7)$$

Ο συντελεστής K στην παραπάνω σχέση ονομάζεται συντελεστής απορρόφησης της ακτινοβολίας και μπορεί να περιγραφεί και να αναλυθεί σε δύο επιμέρους συνιστώσες. Τη σταθερά K_w όπου είναι η σταθερά απόσβεσης που οφείλεται στο νερό και στα αιωρούμενα σε αυτό στερεά και τη σταθερά K_A όπου είναι η σταθερά απόσβεσης που οφείλεται στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης.

Μία ακόμη σημαντική παρατήρηση που θα μπορούσε να γίνει σε ότι αφορά την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που επηρεάζει άμεσα και την ταχύτητα ανάπτυξης του φυτοπλαγκτόν είναι η έντονη διακύμανση της ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά και από ημέρα σε ημέρα. Για παράδειγμα μια ημέρα του καλοκαιριού έχει άλλες τιμές από μια οποιαδήποτε ημέρα του χειμώνα του χειμώνα. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος αντιμετώπισης αυτής της έντονης διακύμανσης είναι η χρησιμοποίηση της μέσης ημερήσιας έντασης ακτινοβολίας με ταυτόχρονη χρήση της φωτοπερίόδου F όπου ουσιαστικά είναι το κλάσμα της ημέρας σε ώρες που διήρκεσε η ακτινοβολία. Για την τοποθεσία της λίμνης Πλαστήρα και τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή αλλά και με βάση τιμές από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία αλλά και προηγούμενες μελέτες η ένταση της ακτινοβολίας και του συντελεστή φωτοπερίόδου εκφράστηκαν από τις εξισώσεις (6.8), (6.9) ως συνάρτηση του χρόνου t που είναι ο χρόνος σε ημέρες, αρχής γενομένης από την 1^η Ιανουαρίου.

$$I_0 = 120 + 192 \left(1 - \cos \frac{(t-30)360}{365} \right) \quad (6.8)$$

$$F = 0.32 + 0.2 \left(1 - \cos \frac{(t-30)360}{365} \right) \quad (6.9)$$

Εν τέλει η ταχύτητα ανάπτυξης του φυτοπλαγκτόν το οποίο δημιουργείται ή υφίσταται σε βάθος H περιγράφεται με τη σχέση που δημιουργείται αν ολοκληρώσουμε την σχέση (6.6) ως προς το βάθος.

$$\mu = \mu_{\max} \frac{Fe}{HK} \left(e^{\frac{\bar{I}_0}{I_s} e^{-KH}} - e^{\frac{\bar{I}_0}{I_s}} \right) \quad (6.10)$$

όπου $\bar{I}_0$ είναι η μέση ημερήσια ένταση ακτινοβολίας και F η φωτοπερίοδος εκφρασμένη ως κλάσμα ημέρας.

Ως τροχοπέδη για τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης και παράγοντες που οδηγούν στην μείωση της, μπορούμε να αναφέρουμε την ενδογενή αναπνοή και το θάνατο. Οι δύο αυτοί μηχανισμοί επηρεάζονται από την αύξηση της θερμοκρασίας καθώς αυξάνονται και αυτοί και μπορούν να περιγραφούν είτε με γραμμικές είτε με εκθετικές σχέσεις όπως παρακάτω.

$$R_A = R_{A0} + A_2 T \quad (6.11)$$

$$K_{dA} = K_{dA(20)} A_3^{(T-20)} \quad (6.12)$$

Απώλειες στο φυτοπλαγκτόν όμως έχουμε και λόγω της διαδικασίας της καθίζησης αλλά και λόγω της κατανάλωσής του από το ζωοπλαγκτόν. Στη δεύτερη περίπτωση, η οποία δεν είναι δυνατόν να περιγραφεί από κάποια εξίσωση, το μοντέλο καταχωρεί αυτή τη διαδικασία προσανξάνοντας τους συντελεστές του θανάτου $K_{dA(20)}$ και A_3 κατά ένα ποσοστό έτσι ώστε να αυξηθεί η λειτουργία του θανάτου συνυπολογίζοντας και την κατανάλωση λόγω του ότι το ζωοπλαγκτόν είναι θηρευτής του φυτοπλαγκτόν. Οι απώλειες λόγω καθίζησης περιγράφονται από τη σχέση (6.13) όπου σημαντικό ρόλο έχει η ταχύτητα καθίζησης V_A που είναι ίση με το συντελεστή καθίζησης K_{SA} επί το βάθος H .

$$K_{SA} = V_A / H \quad (6.13)$$

Η ταχύτητα καθίζησης όμως δεν είναι πάντοτε σταθερή αλλά μεταβάλλεται με τον χρόνο λόγω των διαφορών θερμοκρασίας και τύρβης αλλά και των μορφολογικών χαρακτηριστικών των κυττάρων που καθιζάνουν. Το πρόβλημα αυτό απλοποιείται με τη χρησιμοποίηση ενός συντελεστή FFA που εκφράζει εμπειρικά την εποχιακή μεταβολή της ταχύτητας. Ο συντελεστής αυτός είναι δύσκολο να προσδιοριστεί λόγω έλλειψης στοιχείων που επιτρέπουν την εξεύρεση του γι' αυτό και το μοντέλο τον θεωρεί ίσο με την μονάδα. Λαμβάνει όμως υπόψη έναν άλλο παράγοντα ο οποίος επιδρά στην ποσότητα της ιλύος που έχει ήδη καθιζήσει και που σχετίζεται με το φαινόμενο της επαναιώρισης που είναι πιο έντονο όσο μικρότερο είναι το βάθος. Έτσι, το μοντέλο διαχωρίζει εποχιακά την ταχύτητα καθίζησης αφού τη συσχετίσει με το βάθος με τη σχέση (6.14) όπου το B είναι το βάθος για το οποίο η ταχύτητα καθίζησης γίνεται ίση με το μισό της μέγιστης.

$$V_A = V_{A_{\max}} H / (H + b) \quad (6.14)$$

Συνυπολογίζοντας όλα τα προαναφερόμενα, μπορούμε να διατυπώσουμε την εξίσωση διατήρησης της μάζας της χλωροφύλλης A σε κάθε χρονική στιγμή η οποία θα περιγράφεται από τη σχέση (6.15).

$$\frac{dA}{dt} = \mu A - K_{dA} A + R_A A - K_{SA} A + (W_A / V) \quad (6.15)$$

Στο ισοζύγιο της μάζας της χλωροφύλλης που περιγράφεται στην παραπάνω σχέση υπεισέρχεται και ο παράγοντας W_A που είναι η εξωτερική φόρτιση χλωροφύλλης στη λίμνη. Αυτός είναι ίσος με τη διαφορά της συγκέντρωσης χλωροφύλλης επί την παροχή εισροής στη λίμνη με το αντίστοιχο γινόμενο της για την απόληψη από αυτή. Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε και το φυτοπλαγκτόν που αναπτύσσεται στον πυθμένα της τεχνητής λίμνης και δημιουργεί το φαινόμενο της ανάπτυξης των προσκολλημένων μικροφυκών. Για τις ανάγκες του παρόντος μοντέλου θεωρούμε ότι αναπτύσσεται σε αναλογία με τη φυτοπλαγκτόν του υδάτινου σώματος, ακολουθεί τις ίδιες διαδικασίες ανάπτυξης ενώ συντελούνται και οι ίδιες διαδικασίες απωλειών και συμπεριλαμβάνονται εν γένει στη μάζα χλωροφύλλης που διατυπώσαμε πιο πάνω.

6.2.3 Λοιπά ποιοτικά χαρακτηριστικά του μοντέλου

Εκτός της χλωροφύλλης, το μοντέλο EUTRO-SEL εξετάζει και άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά στον ταμιευτήρα όπως ο φώσφορος, το άζωτο, ο οργανικός άνθρακας (BOD) και το διαλυμένο οξυγόνο (DO). Όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που εξετάζει το μοντέλο είναι αλληλεξαρτούμενα, καθώς μια μεταβολή στην τιμή του ενός μπορεί άμεσα να επηρεάσει την τιμή ενός ή περισσότερων από τα υπόλοιπα. Στο παρόν τεύχος, απομονώσαμε σαν ποιοτικό χαρακτηριστικό την χλωροφύλλη (με ότι συνεπάγεται αυτή η παραδοχή), ενώ επιγραμματικά θα αναφέρουμε τις υπόλοιπες ποιοτικές παραμέτρους.

Ο φώσφορος απαντάται στο υδάτινο περιβάλλον με τη μορφή του οργανικού ή ανόργανου φωσφόρου και με σωματιδιακή μορφή. Οι κυριότερες πηγές του σωματιδιακού οργανικού φωσφόρου προέρχονται από το φυτοπλαγκτόν και το ζωοπλαγκτόν, με την κατανάλωση του πρώτου από το δεύτερο, το θάνατο του δευτέρου και την κατανάλωση του από ανώτερους οργανισμούς. Ο σωματιδιακός οργανικός φώσφορος μετατρέπεται σε διαλυμένο οργανικό φώσφορο, με τον θάνατο και την αναπνοή του φυτοπλαγκτόν να ενισχύουν αυτή τη μετατροπή. Η μετατροπή αυτή γίνεται ταχύτατα μέσω μηχανισμών ενζυμικής υδρόλυσης, γεγονός αυτό καθιστά την υδρόλυση μη κρίσιμη διαδικασία που μπορεί να παραλειφθεί. Έτσι, μπορεί να θεωρηθεί, χάρη απλούστευσης, σε μορφή φωσφόρου μόνον ο οργανικός φώσφορος και όχι ο σωματιδιακός.

Τέλος, ο διαλυμένος οργανικός φώσφορος έχει απώλειες καθώς μετατρέπεται σε ανόργανο διαλυμένο φώσφορο ο οποίος με τη σειρά του μπορεί να προσληφθεί από το φυτοπλαγκτόν. Όλες αυτές οι διεργασίες, οι συσχετίσεις και οι μετατροπές, περιγράφονται από το μοντέλο με την χρήση εξισώσεων διατήρησης της μάζας και εξισώσεων συνέχειας, ακολουθώντας παρόμοια διαδικασία με αυτή που ακολουθήθηκε και για την περιγραφή της χλωροφύλλης μέσα στο υδάτινο περιβάλλον.

Μια ακόμη ποιοτική διάσταση που χαρακτηρίζει το υδάτινο περιβάλλον, είναι το στοιχείο του αζώτου, που κάνει την εμφάνισή του μέσα στο μοντέλο με τις παραλλαγές του αμμωνιακού και του οξειδωμένου αζώτου. Πηγές αμμωνιακού αζώτου μέσα στα υδάτινα σώματα κανονικά δεν υπάρχουν, δεδομένου ότι τα περιττώματα του ζωοπλαγκτόν καθώς και ο θάνατος τόσο του ζωοπλαγκτόν όσο και του φυτοπλαγκτόν δημιουργούν οργανικό άζωτο, το οποίο αγνοείται από το μοντέλο, όποτε και θεωρούμε ότι οι πηγές αυτές παράγουν αμμωνιακό άζωτο. Απώλειες του αμμωνιακού αζώτου οφείλονται στις διαδικασίες πρόσληψης κατά τη σύνθεση του φυτοπλαγκτόν και στη νιτροποίηση. Η χρησιμοποίηση του αμμωνιακού αζώτου από το φυτοπλαγκτόν περιγράφεται από τον λόγο αμμωνιακού αζώτου προς τα νιτρικά, (συντελεστής P_{NH}) ο οποίος εκφράζει την προτίμηση των αλγών προς την αμμωνία σε σχέση με την προτίμηση τους προς τα νιτρικά.

Η εσωτερική πηγή νιτρικών οφείλεται στη διαδικασία της νιτροποίησης, που ουσιαστικά συντελεί στη μείωση του αμμωνιακού αζώτου, ενώ οι απώλειες οφείλονται στη χρησιμοποίηση των νιτρικών από το φυτοπλαγκτόν και την απονιτροποίηση. Η απονιτροποίηση είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που εξαρτάται από τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (ανοξικές συνθήκες) και την επάρκεια οργανικού άνθρακα.

Τέλος, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός υδάτινου κυττάρου συμμετέχουν τόσο ο οργανικός άνθρακας όσο και το διαλυμένο οξυγόνο. Ο οργανικός άνθρακας εκφρασμένος σε όρους BOD βρίσκεται σε σωματιδιακή ή διαλυμένη μορφή και προέρχεται μαζί με τις εξωτερικές αποθέσεις και από τον θάνατο του φυτοπλαγκτόν και του ζωοπλαγκτόν καθώς επίσης από την τροφοδότηση από πυθμενικές αποθέσεις. Οι απώλειες θεωρείται ότι οφείλονται στη

διαδικασία της οξείδωσης. Το διαλυμένο οξυγόνο επηρεάζεται θετικά από τη φωτοσύνθεση και την είσοδο οξυγόνου από την ατμόσφαιρα. Αρνητική επίδραση έχουν τα φαινόμενα της οξείδωσης του BOD, της νιτροποίησης, της ενδογενούς αναπνοής του φυτοπλαγκτόν και της ζήτησης οξυγόνου των πυθμενικών αποθέσεων.

6.3 Ταυτότητα της ποιότητας

Ο ορισμός της ποιότητας ενός αντικειμένου είναι μια πολυδιάστατη έννοια η οποία δύσκολα περιορίζεται μέσα σε στενά πλαίσια που περιγράφουν κανόνες και μέθοδοι. Δεν μπορεί να περιγραφεί μονοσήμαντα και να χαρακτηριστεί από μια συγκεκριμένη παράμετρο. Όπως είδαμε πιο πάνω, το μοντέλο EUTRO-SEL περιγράφει την ποιοτική διάσταση του νερού με ένα σύνολο παραμέτρων. Εάν μας επέβαλε κάποιο αόρατο χέρι να επιλέξουμε μια από αυτές τις παραμέτρους, η οποία να είναι η πιο αντιπροσωπευτική, αυτή θα ήταν η διάσταση που περιγράφει την συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο νερό. Σε αυτή την εργασία, λόγω της ανάγκης απλοποίησης και ελλείψεις στοιχείων που περιγράφουν τις παραμέτρους που χρησιμοποιεί το μοντέλο EUTRO-SEL, για τον προσδιορισμό της ποιότητας, περιγράφουμε την ποιότητα του νερού του ταμιευτήρα Πλαστήρα με την συγκέντρωση χλωροφύλλης.

Εξετάζοντας την ποιότητα των νερών του ταμιευτήρα υπό το πρίσμα συγκέντρωσης χλωροφύλλης, που βρίσκεται μέσα σε αυτά, θα πρέπει να ορίσουμε τις διαβαθμίσεις και τις αριθμητικές τιμές που ορίζουν την ποιότητα διαμέσου της χλωροφύλλης. Καθορίζοντας τα όρια και κατηγοριοποιώντας την ποιότητα ανάλογα με τις αριθμητικές τιμές της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης θα είμαστε σε θέση να εξάγουμε ασφαλή συμπέρασμα και να χαρακτηρίσουμε εν τέλει τα ύδατα του ταμιευτήρα.

Έρευνες έχουν δείξει ότι ένα αρίστης έως πολύ καλής ποιότητας νερό έχει συγκέντρωση χλωροφύλλης που δεν ξεπερνά τα 5 $\mu\text{g/l}$ το οποίο μάλιστα προορίζεται για οικιακή χρήση. Πάνω από αυτό το όριο και μέχρι τη τιμή της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης να φτάσει τα 10 $\mu\text{g/l}$ το νερό χαρακτηρίζεται καλής ποιότητας. Ένα μέτριας ποιότητας νερό έχει τιμή συγκέντρωσης χλωροφύλλης μεταξύ 10-20 $\mu\text{g/l}$ και η χρήση του περιορίζεται σημαντικά με αποτέλεσμα να είναι κατάλληλο για σε χρήσεις όπως η αρδευτική και η χρήση της αναψυχής. Σε κακής ποιότητας νερό, η τιμή της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης είναι μεταξύ 20-50 $\mu\text{g/l}$ ενώ, τέλος, πολύ κακής ποιότητας χαρακτηρίζεται ένα νερό το οποίο έχει συγκέντρωση χλωροφύλλης πάνω από 50 $\mu\text{g/l}$. Τέτοιες περιπτώσεις παρατηρούνται σε ευτροφικές λίμνες, που είναι αποδέκτες αστικών και βιομηχανικών λημμάτων, όταν δεν υπάρχει ή δεν λειτουργεί βιολογικός καθαρισμός.

7 Εφαρμογή στη διαχείριση του ταμιευτήρα Ν. Πλαστήρα

7.1 Περιγραφή του ταμιευτήρα

7.1.1 Κατασκευή της λίμνης

Στο νοτιοδυτικό κομμάτι των Αγράφων και συγκεκριμένα στο οροπέδιο της Νευρόπολης, βρίσκεται η λίμνη Πλαστήρα η οποία αναδεικνύει ένα απείρου καλούς τοπίο. Πρόκειται για τεχνητή λίμνη που βρίσκεται 25 km δυτικά της Καρδίτσας και δημιουργήθηκε από τα νερά του ποταμού Μέγδοβα (Ταυρωπού), παραπόταμου του Αχελώου. Το φράγμα που δημιουργήθηκε ονομάστηκε φράγμα Ταυρωπού και είναι του τύπου τοξωτό διπλής καμπυλότητας από σκυρόδεμα, έχει ύψος 83 m και μήκος στέψης 220 m. Η λίμνη ονομάστηκε αρχικά τεχνητή λίμνη Ταυρωπού ενώ αναφέρεται και ως λίμνη Μέγδοβα αλλά επικράτησε σιγά σιγά η ονομασία λίμνη Πλαστήρα κάτι που τελικά πέρασε στα κρατικά έγγραφα στο Φ.Ε.Κ 885Δ/1998.



Σχήμα: 7.1: Η λίμνη Πλαστήρα
πηγή: www.sitemaker.gr

Την ιδέα κατασκευής του φράγματος συνέλαβε ο στρατηγός Νικόλαος Πλαστήρας το 1925 όταν παραθέριζε στην Ιερά Μόνη Κορώνας, λίγο πιο μακριά από την θέση κατασκευής του. Την ιδέα του εξέφρασε το Πάσχα του 1927 σε μια ομάδα ειδικών της εποχής, σε μια εκδρομή που σκόπιμα διοργάνωσε. Η θέση κρίθηκε καταρχήν κατάλληλη για την κατασκευή φράγματος. Στην συνέχεια, με πρωτοβουλία του στρατηγού Πλαστήρα, οι τεχνικές υπηρεσίες του Υπ. Γεωργίας, συνέταξαν προκαταρκτική μελέτη που περιλάμβανε και τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων.

Τον Μάιο του 1929 είδε το φως η πρώτη έκθεση της υπηρεσίας που έλαβε την ονομασία «έκθεση SENN» από το όνομα του ειδικού Ελβετού Υδραυλικού, Louis Senn, τον οποίο έφερε η κυβέρνηση Ελ. Βενιζέλου. Το 1932 το Υπουργείο Γεωργίας, προχώρησε σε περαιτέρω μελέτη μετά από σχετική έκθεση του μηχανικού Συράκου όποτε και άρχισαν πολιτικές αντιδράσεις, αντιδικίες συγγενών υπηρεσιών διάφορων υπουργείων και έτσι η πραγματοποίηση του έργου σταμάτησε, και μόνο η ιδέα ήταν ζωντανή.

Μετά τον δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, στο πρόγραμμα των εγγειοβελτιωτικών έργων (συμφωνητικό για τεχνικές υπηρεσίες που υπογράφηκε από την Κυβέρνηση το 1951) το έργο Ταυρωπού κατείχε την ενδέκατη σειρά στην ιεράρχηση. Μια μελέτη όμως της εταιρίας KNAPPEN όπου διέφερε των μελετών Senn και Συράκου, με την δημοσίευσή της, έφερε το έργο του Ταυρωπού στο προσκήνιο. Η ΔΕΗ υιοθέτησε το έργο όπως και η κυβέρνηση του συνταγματάρχη Παπάγου, και σε μια από τις συνεδριάσεις της, το έργο του Ταυρωπού εντάχθηκε μεταξύ των πρώτων της δεύτερης σειράς των έργων εξηλεκτρισμού.

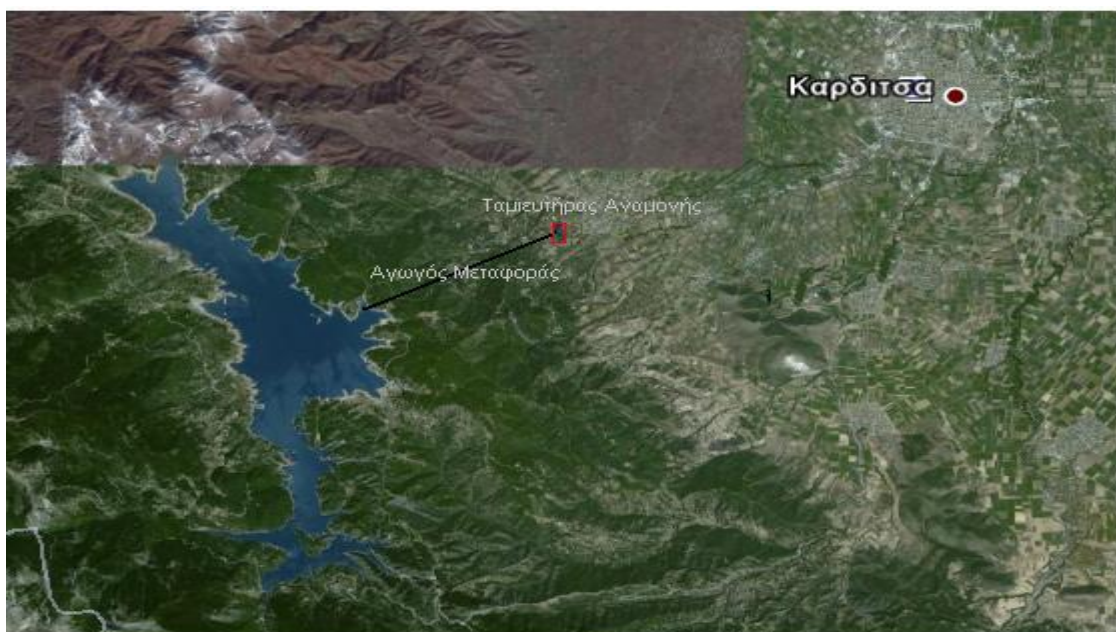
Τον Νοέμβριο του 1953 έγινε προκήρυξη διεθνούς διαγωνισμού από το Υπουργείο Συντονισμού για την ανάδειξη εργολάβου. Έπειτα από μακριές διαπραγματεύσεις, η εκτέλεση του έργου ανατέθηκε στην Γαλλική εταιρία OMNIUM LYONNAIS – COTECI (OL-CO), με σύμβαση που υπογράφηκε το 1955. Η εταιρία αυτή άλλαξε την μελέτη KNAPPEN, και αντί για χωμάτινο φράγμα προχώρησε στην κατασκευή φράγματος από μπετόν. Τον έλεγχο και την επίβλεψη είχε η ΔΕΗ με τεχνικό σύμβουλο την εταιρία EBASCO. Το έργο σε ποσοστό 40% χρηματοδοτήθηκε από γαλλικές πιστώσεις.

Στης 14 Δεκεμβρίου του 1955 έγινε θεμελίωση του έργου από τον Πρωθυπουργό της Ελλάδας Κωνσταντίνο Καραμανλή. Στης 30 Οκτωβρίου του 1960 περατώθηκε η κατασκευή του έργου και εγκαινιάστηκε από τον Πρόεδρο της Βουλής Κ. Ροδόπουλο, και τον Υπουργό Βιομηχανίας Νικόλαο Μάρτη. Το συνολικό κόστος του έργου έφτασε τα 30 εκατομμύρια δολάρια.

7.1.2 Χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα

Η λίμνη Πλαστήρα έχει κατά προσέγγιση έκταση 25 km² στην ανώτατη στάθμη και περικλείεται από όρη των οποίων το ανάγλυφο παρουσιάζει έντονη μορφολογία. Το νερό της χρησιμοποιείται στο μεγαλύτερο μέρος του για άρδευση του Θεσσαλικού κάμπου, κυρίως στο νομό Καρδίτσας. Επιπρόσθετα χρησιμοποιείται για την ύδρευση της Καρδίτσας και άλλων οικισμών καθώς και για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας που ήταν και ο αρχικός σκοπός της κατασκευής του έργου.

Αναλυτικότερα για την ταυτότητα της λίμνης Πλαστήρα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι απλώνεται σε υψόμετρο 1.000 m, έχει μήκος 14 km, μέγιστο πλάτος 4 km, μέγιστο βάθος 60 m, χωρητικότητα 400×10⁶ m³ και ακτογραμμή 70 km. Με ειδικό αγωγό, μέρος των υδάτων της μεταφέρονται από υψόμετρο 700 m προς τον κάμπο, δίνοντας κίνηση στο ηλεκτρικό εργοστάσιο της ΔΕΗ, που παράγει 40 MWh / εβδομάδα. Σήμερα η λίμνη Πλαστήρα αποτελεί πηγή ζωής για ολόκληρη την Καρδίτσα και όχι μόνο. Από την λίμνη υδρεύεται η πόλη της Καρδίτσας και δεκάδες κοινότητες, ενώ το καλοκαίρι τα νερά της φθάνουν μέχρι τα χωράφια της Λάρισας. Ως προς την παραγωγή ενέργειας περιορίστηκε κάπως η σημασία της, ενώ μία άλλη διάσταση άρχισε να αναδεικνύεται από τα μέσα της δεκαετίας του 80, αυτή του τουρισμού.



Εικόνα 7.2: Δορυφορική άποψη της περιοχής του ταμιευτήρα
πηγή: Google earth

Η λίμνη αποτελεί την αιχμή του δόρατος της τουριστικής ανάπτυξης, αφού δέχεται περισσότερους από 120.000 επισκέπτες ετησίως. Η τουριστική και πολιτιστική ανάπτυξη της περιοχής αυτής γίνεται με ταχύτατους ρυθμούς. Έτσι γίνεται κατανοητό το γεγονός ότι αποτελεί σήμερα ένα από τα μεγαλύτερα έργα της Ελλάδας. Το έργο επηρέασε το φυσικό περιβάλλον θετικά και χάρισε έναν σπάνιας ομορφιάς ζωντανό και υγιή υδροβιότοπο. Οι εικόνες που μας χαρίζει το περιβάλλον είναι μαγευτικές: έλατα, βελανιδιές καστανιές, πλατάνια, κατεβαίνουν ως τις όχθες της. Επίσης φιλοξενεί διάφορα ζώα που μπορούμε να τα συναντήσουμε στο φυσικό τους περιβάλλον, το οποίο αναδεικνύει τα πανέμορφα γραφικά χωριουδάκια (ορεινά και παραλίμνια) συνθέτοντας μιας αξιοθαύμαστης ομορφιάς τοπίο. Με αυτοκίνητο, για τη Λίμνη Πλαστήρα, θα χρειαστείτε από την Αθήνα περίπου 3 ώρες και 30 λεπτά, διανύοντας μια απόσταση 303 km.

Η τεχνητή λίμνη του Μέγδοβα βρίσκεται ολόκληρη πάνω σε Ινδικό φλύσχη. Το μητρικό πέτρωμα αποτελείται από ψαμμιτικούς φλύσχεις και ασβεστόλιθους. Ο φλύσχεις αποτελεί γεωλογικό σχηματισμό κατάλληλο για συγκράτηση νερών, αν και συνδέεται με τη δημιουργία κατολισθητικών φαινομένων. Οι κλιματολογικές συνθήκες ευνοούν ιδιαίτερα την ανάπτυξη δενδρώδους βλάστησης. Τα εντυπωσιακά φαράγγια των Αγράφων ακολουθούν τις διευθύνσεις των ρηξιγενών δομών και η γένεσή τους είναι συνδεδεμένη με την παρουσία ρηγμάτων, σε συνδυασμό με την έντονη διάβρωση του νερού και την τεκτονική ανύψωση της οροσειράς. Το πεδινό τμήμα ανήκει γεωλογικά στη λεκάνη της Θεσσαλίας. Τα ιζήματά της αποτελούνται από συνεχείς εναλλαγές ψαμμιτικών, κροκαλοπαγών και αργιλομαργαϊκών στρωμάτων. Η κλίση του εδάφους κυμαίνεται από μέτρια (20%) έως έντονη (80%). Η περιοχή της λίμνης Ν. Πλαστήρα αποτελεί προστατευόμενη φυσική περιοχή του δικτύου Natura 2000 με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και στοιχεία (χερσαία και υδάτινα), που την αναδεικνύουν ως μια από τις πλέον ενδιαφέρουσες περιοχές της χώρας μας στο πλαίσιο του δικτύου.

Η τεχνητή λίμνη Ν. Πλαστήρα, που μετράει μισό αιώνα ζωής περίπου, χαρακτηρίζεται ως ένα ολιγοτροφικό υδάτινο οικοσύστημα δηλαδή η ρύπανση των υδάτων είναι μηδαμινή και παρουσιάζει θερμοκρασιακό κύκλο ανάλογο εκείνων των θερμών μονομεικτικών λιμνών. Η ελάχιστη θερμοκρασία των υδάτων κυμαίνεται μεταξύ 5 έως 7 βαθμούς Κελσίου και μέγιστη 25 έως 26 βαθμούς. Η λεκάνη απορροής είναι σχετικά μικρή, η τροφοδοσία της λίμνης γίνεται από τους ποταμούς της περιοχής κύριος το Μεγάλο Ποτάμι και τον Καριτσιώτη και από τις πολλές βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις της περιοχής.

Το υψόμετρο στην επιφάνεια της λίμνης είναι περίπου 800 μέτρα. Η αυξομείωση της στάθμης λόγω της διοχέτευσης μεγάλων ποσοτήτων υδάτων για άρδευση και ύδρευση, έχει ως αποτέλεσμα την παλινδρόμηση των όχθων και κατά συνέπεια, την δυσκολία ανάπτυξης παρόχθιας βλάστησης. Αυτό αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την ωρίμανση του λιμναίου οικοσυστήματος και την λειτουργία του ως υγροτόπου.

Αναφορικά στις χρήσεις νερού του ταμιευτήρα Πλαστήρα, ο οποίος αρχικά σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ως έργο ενεργειακής σκοπιμότητας, τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί ραγδαία αύξηση των ποσοτήτων νερού για αρδευτική χρήση, ενώ οι υπόλοιπες χρήσεις σε μικρότερο βαθμό αφορούν την ύδρευση, την κτηνοτροφία, την αναψυχή και την παραγωγή ενέργειας. Αυτή η μεταστροφή του έργου από ενεργειακό σε αρδευτικό την τελευταία εικοσαετία εκφράζεται μέσω της ανισορροπίας των εκροών, αφού παρατηρούνται τους θερινούς μήνες μεγάλες απολήψεις ενώ την υπόλοιπη περίοδο του έτους αυτές είναι ελάχιστες. Η διαπίστωση αυτή έχει ως συνέπεια την υποβάθμιση των άλλων χρήσεων, καθώς μειώνεται η παραγωγή ενέργειας και η χρήση της ύδρευσης αντιμετωπίζει πρόβλημα ποιότητας. Τέλος η τουριστική ανάπτυξη του ταμιευτήρα κυρίως στους παραλίμνιους οικισμούς δημιουργεί τη χρήση νερού για ψυχαγωγία ενώ συνεχώς ελαττώνεται η χρήση νερού στην κτηνοτροφία καθώς όλο και λιγότερη άνθρωποι ασχολούνται με αυτή.

7.2 Υφιστάμενες συνθήκες της περιοχής

7.2.1 Μορφολογικές και κλιματολογικές συνθήκες

Η περιγραφή των υφιστάμενων συνθηκών της περιοχής μελέτης αφορούν πιο συγκεκριμένα την μορφολογία και το κλίμα της περιοχής, την απασχόληση, και γενικότερα τις προοπτικές εξέλιξης και ανάπτυξης της περιοχής. Σκοπός είναι να πραγματοποιηθεί μια γενικότερη έρευνα σύμφωνα με την οποία θα μας δίνει τις αναπτυξιακές και οικονομικές συνθήκες της περιοχής.

Η γεωλογική δομή σχεδόν ολόκληρης της περιοχής μελέτης αποτελείται από φλύσχη, της γεωτεκτονικής ζώνης της Πίνδου. Ο φλύσξης παρουσιάζεται σε δύο κυρίως τύπους, τον πηλινικό και τον ψαμμιτικό. Σε μικρότερο βαθμό συναντάμε λευκοπλακώδεις ασβεστόλιθους που ανήκουν και αυτοί στην ίδια γεωτεκτονική ενότητα. Τα γεωλογικά αυτά υποστρώματα καθώς και οι μεγάλες κλίσεις και οι παρεμβάσεις του ανθρώπου δημιουργούν έντονο πρόβλημα κινητικότητας και διάβρωσης των εδαφών εξαιτίας κυρίως της αποσάθρωσης του φλύσχη. Η κατάσταση επιδεινώνεται συνυπολογίζοντας και την μεγάλη ποσότητα των όμβριων υδάτων και των χιονοπτώσεων που πέφτει στην περιοχή. Αποτέλεσμα είναι η μετατόπιση των εδαφών για την απόκτηση νέων θέσεων ισορροπίας. Επίσης, παρατηρούνται και καθιζήσεις στα οριζόντια εδάφη. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα παραλίμνια εδάφη είναι βαθιά και παραγωγικά ενώ τέλος, στον πυθμένα της λίμνης συναντώνται άργιλοι, άμμοι, χαλίκια, κροκάλες και αμμοχάλικο.

Η περιοχή της λίμνης Πλαστήρα περιβαλλόμενη από ορεινούς όγκους και υψώματα, υφίσταται σε περιορισμένη έκταση την επίδραση της θάλασσας και το κλίμα της είναι ορεινό και ηπειρωτικό. Ο καιρός κατά το 43% των ημερών του έτους είναι αίθριος, κατά το 24% των ημερών νεφελώδης, κατά 26% βροχερός ενώ κατά το 7% των ημερών υπάρχει χιονόπτωση.

Το κλίμα της περιοχής, ως εκ τούτου έχει χαρακτήρα μεσογειακό ηπειρωτικό, με έντονα ψυχρή εποχή, αρκετούς παγετούς και χιόνια, ενώ οι ετήσιες βροχοπτώσεις φτάνουν και τα 1100 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι κοντά στους 14 °C έχοντας μέτρια νέφωση και αρκετή ηλιοφάνεια. Ο τύπος αυτός κλίματος επικρατεί κυρίως στην περιοχή του κάμπου δυτικά της Λίμνης και μέχρι τα υψόμετρα +500 m ενώ από εκεί και πάνω είναι ορεινού τύπου, που χαρακτηρίζεται από παρατενόμενο και τραχύ χειμώνα, από άφθονες βροχοπτώσεις και χιόνια, από δροσερό και υγρό σχετικά θέρος, με μέση ετήσια βροχόπτωση άνω των 1100 mm, και με μέση ετήσια θερμοκρασία γύρω στους 10 °C.

Ότι αφορά την θερμοκρασία ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος με την μέση θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ 0,3 °C και 4 °C και υπολογίζεται κατά μέσο όρο περίπου στους 2,0 °C, ενώ ο θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος με τη μέση θερμοκρασία να κυμαίνεται από 19 °C έως 24 °C δηλαδή περίπου 22 °C κατά μέσο όρο. Γενικότερα οι θερμοκρασίες είναι αρκετά υψηλές το καλοκαίρι αγγίζοντας τους 30 βαθμούς κατά την διάρκεια της ημέρας. Οι βροχοπτώσεις στην περιοχή διαρκούν όλο το χρόνο με εποχές αιχμής τον Οκτώβριο και Νοέμβριο για το φθινόπωρο και Δεκέμβριο-Φεβρουάριο για το χειμώνα. Το ελάχιστο των βροχοπτώσεων σημειώνεται στο διάστημα Ιουλίου- Αυγούστου, όμως, γενικά από τα υπάρχοντα στοιχεία, διαπιστώνεται ότι η βροχόπτωση έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια στην περιοχή. Κατά το διάστημα του χειμώνα έχουμε κατά μέσο όρο 26 ημέρες με χιονοπτώσεις με μέση διάρκεια χιονιού στο έδαφος 40 ημέρες. Έτσι υπάρχει μια ξηροθερμική περίοδος τεσσάρων περίπου μηνών καθώς και ότι η χειμερινή περίοδος βλαστικής ηρεμίας διαρκεί περίπου μέχρι και το τέλος Μαρτίου (μέση θερμοκρασία Μαρτίου +4,8 °C).

Οι συχνότεροι άνεμοι κατά τη διάρκεια του έτους είναι οι νότιοι και ακολουθούν οι βόρειοι και οι νοτιοδυτικοί-δυτικοί με μέση μηνιαία ένταση κυμαινόμενη από 1.7 μέχρι 2.5 σε κλίμακα Beaufort ενώ η υγρασία του αέρα είναι μεγάλη κυρίως στη λίμνη.

7.2.2 Τομείς παραγωγής και απασχόλησης

Οι διάφοροι τομείς παραγωγής και απασχόλησης αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν δραστικά την κατανάλωση νερού και ιδιαίτερα ο πρωτογενής τομέας, αφού, ανάλογα με τις δραστηριότητες μιας περιοχής, υπάρχει και μια αντίστοιχη εκμετάλλευση των υδατικών πόρων. Για παράδειγμα, αγροτικές περιοχές έχουν μεγάλες καταναλώσεις. Η ευρύτερη περιοχή της λίμνης επιμερίζεται σε έξι παραλίμνιους δήμους (Δ.Δ Πλαστήρα, Δ.Δ Ιτάμου, Δ.Δ Ιθώμης, Δ.Δ Μουζακίου, Δ.Δ Μητρόπολης και Δ.Δ Νευρόπολης) με συνολικό πληθυσμό 30165 ανθρώπων, σύμφωνα με την απογραφή του 2001.

Η παραδοσιακή οικονομική δραστηριότητα των κατοίκων της περιοχής είναι η γεωργία και η κτηνοτροφία, η δεύτερη κυρίως στους πιο ορεινούς οικισμούς. Συμπληρωματική απασχόληση είναι η δασοπονία και υποτυπώδης η αλιεία. Οι απασχολούμενοι στον πρωτογενή τομέα αποτελούν το 58,3% του πληθυσμού. Τα άτομα που απασχολούνται στον πρωτογενή τομέα ανέρχονται σε 2.000. Η μελέτη της γεωργίας και κτηνοτροφίας αποτελεί παράγοντα κατανάλωσης ύδατος πόσο μάλλον όταν η περιοχή χαρακτηρίζεται αγροτική όπως στην περίπτωση μας. Μεγάλες ποσότητες νερού διατίθενται κάθε μέρα για τις χρήσεις αυτές, ποσότητες που ξεπερνάνε τα $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ ημερησίως. Ειδικά η άρδευση αποτελεί τον

μεγαλύτερο καταναλωτή νερού σε σημείο που στην περιοχή είχαν ξεσπάσει σφοδρές διαμάχες για τον τρόπο διαχείρισης και εκμετάλλευσης του νερού.

Η συνολική γεωργική γη καταλαμβάνει 32.521 στρέμματα εκ των οποίων καλλιεργείται μόνο το 42,5%. Γενικά η γεωργία είναι περιορισμένη κυρίως λόγω του ορεινού του εδάφους και της διασποράς των αγροτεμαχίων. Επίσης το μικρό μέγεθος των αγροτεμαχίων και οι κλίσεις του εδάφους δεν επιτρέπουν αξιόλογο τεχνολογικό εξοπλισμό παρόλο που υπάρχουν αρκετά μηχανήματα.

Σε ότι αφορά την κτηνοτροφία παρατηρούμε ότι παρόλη τη μείωση του πληθυσμού τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται αύξηση του ποσοστού ενασχόλησης με αυτόν τον παραγωγικό τομέα στην περιοχή. Στην περιοχή δεν υπάρχουν οργανωμένες κτηνοτροφικές μονάδες και η υποδομή που υπάρχει είναι ελλιπής πράγμα που, σε συνδυασμό με τις δυσχερείς καιρικές συνθήκες του χειμώνα, έχει ως αποτέλεσμα οι κτηνοτρόφοι να έχουν κυρίως αιγοπρόβατα κοπαδιαστά τα οποία το χειμώνα μένουν σταβλισμένα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα κυριότερα κτηνοτροφικά προϊόντα είναι το γάλα και το κρέας. Ορισμένοι κάτοικοι έχουν ζώα και τα προϊόντα που παίρνουν καλύπτουν την αυτοκατανάλωση.

Η περιοχή μελέτης είναι πλούσια σε δασικές εκτάσεις οι οποίες ως γνωστόν είναι βασικός συντελεστής κατακράτησης νερού, μείωσης της απορροής και ελαχιστοποίησης της διάβρωσης του εδάφους. Το δάσος διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην υδατική κατάσταση της περιοχής και πρέπει να προστατευθεί αφού δεν έχει υποστεί αλλοιώσεις. Η δασική παραγωγή συνίσταται στην υλοτομία καυσόξυλων και στην υλοτομία στρόγγυλης και βιομηχανικής ξυλείας ελάτης που διατίθενται στην αγορά. Οι πυρκαγιές που έχουν σημειωθεί ως τώρα είναι ελάχιστες. Παρόλα αυτά, όμως, πρέπει να παρθούν πρόσθετα μέτρα για την αντιπυρική προστασία της περιοχής.

Εν κατακλείδι, και σε ό,τι αφορά την επαγγελματική αλιεία στην περιοχή, σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία, παρατηρούμε ότι αυτή είναι πολύ περιορισμένη καθώς ασχολούνται περίπου 30 άνθρωποι επαγγελματικά στην περιοχή. Δύο σημαντικοί παράγοντες που συντείνουν προς αυτή την κατεύθυνση είναι η παρουσία ολόκληρων δασών στο βυθό της λίμνης και η πτώση της στάθμης που δεν βοηθά στην αναπαραγωγή των ψαριών. Οι κορμοί των δέντρων στο βυθό καταστρέφουν τα δίχτυα δυσχεραίνοντας έτσι τη ανάπτυξη της αλιείας στη περιοχή. Επίσης στην περιοχή λειτουργούν τρία ιδιωτικά ιχθυοτροφεία όχι μέσα στη λίμνη αλλά σε παραποτάμους. Εκεί εκτρέφονται πέστροφες και σολομοί.

Οι δραστηριότητες του δευτερογενούς τομέα είναι περιορισμένες και σε αυτό συντελούν περιοριστικοί παράγοντες όπως η έλλειψη πρώτων υλών, το υψηλό κόστος μεταφοράς, η έλλειψη εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού και το μικρό μέγεθος της τοπικής αγοράς. Ο τομέας της μεταποίησης χαρακτηρίζεται από δραστηριότητα στους κλάδους των ποτών, ξυλουργείων, σιδηρουργείων, φανοποιείων και υφαντουργίας. Όλες οι μονάδες είναι οικογενειακής μορφής και βιοτεχνικού χαρακτήρα. Σύμφωνα με στοιχεία της απογραφής του 1984, στην περιοχή λειτουργούσαν 62 μονάδες μεταποίησης με 72 απασχολούμενους. Σύμφωνα με νεώτερα στοιχεία σήμερα λειτουργούν 58 μονάδες μεταποίησης με 73 απασχολούμενους δηλαδή υπάρχει στασιμότητα στον κλάδο της μεταποίησης.

Στα πλαίσια του τριτογενούς τομέα παραγωγής παρατηρούμε ότι η εμπορική κίνηση στην περιοχή βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα και περιορίζεται στη διεξαγωγή του λιανικού εμπορίου. Αυτό οφείλεται πρώτα απ' όλα στο περιορισμένο περίσσειμα γεωργικής και κτηνοτροφικής παραγωγής που διατίθεται προς πώληση. Εκτός από το πρόβλημα της περιορισμένης ποσότητας υπάρχει και το πρόβλημα του υψηλού κόστους μεταφοράς των

προϊόντων αλλά και της κακής οργάνωσης του εμπορίου. Κατά τα άλλα, τα εμπορικά καταστήματα που υπάρχουν στην περιοχή είναι κυρίως είδη διατροφής, παντοπωλεία και κρεοπωλεία καθώς και καφεενεία και ψησταριές. Αυτά εξυπηρετούν τις ανάγκες της περιοχής και το καλοκαίρι καλύπτουν και τις ανάγκες του τουρισμού.

Γενικά και για τον τομέα του εμπορίου μπορούμε να πούμε ότι μειονεκτεί και ποσοτικά και ποιοτικά και ότι είναι δείκτης της έλλειψης ζωντάνιας των οικισμών. Η προοπτική του για το μέλλον είναι άμεσα εξαρτημένη με τους άλλους τομείς παραγωγής και δραστηριοτήτων και ιδιαίτερα από τον τουρισμό που προσελκύοντας νέους επισκέπτες αυξάνει τη ζήτηση για προϊόντα και υπηρεσίες.

7.2.3 Έργα υποδομής και ανάπτυξης

Τα έργα υποδομής είναι αυτά που καθορίζουν την περαιτέρω ανάπτυξη μιας περιοχής και ειδικότερα αυτά που αφορούν την διαχείριση των υδάτινων πόρων συντελούν στην όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευσή τους. Τέτοιου είδους έργα, για παράδειγμα, είναι εκείνα που αφορούν στον εμπλουτισμό του ταμιευτήρα, την μείωση των απωλειών κατά την μεταφορά του ύδατος και γενικά αυτά που αφορούν τη βελτίωση και την καλύτερη λειτουργία του ταμιευτήρα. Τα υφιστάμενα έργα υποδομής αφορούν βασικά το οδικό δίκτυο, και τα έργα ύδρευσης.

Από πλευράς οδικού δικτύου, οι οικισμοί έχουν ικανοποιητικό οδικό δίκτυο και πολλοί δρόμοι έχουν ασφαλοστρωθεί ενώ εξυπηρετούνται πλήρως από το δίκτυο ηλεκτροδοτήσεως της ΔΕΗ και το τηλεφωνικό δίκτυο του ΟΤΕ. Σε ό,τι αφορά τα έργα υδρεύσεως άξια αναφοράς είναι το τεχνικό υδροληψίας από τη Λίμνη και ο αγωγός μεταφοράς έως το παλαιό υδροηλεκτρικό και το τεχνικό εκτροπής του ποταμού Κερασιώτη. Το πρώτο βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της Λίμνης δίπλα στην Πλαζ του Λαμπερού. Από το αντλιοστάσιο της ΔΕΗ στην όχθη της λίμνης, ξεκινά υπόγειος αγωγός μεταφοράς διαμέτρου 3 m, ο οποίος, μετά από πορεία περίπου 3.5 km σε κατεύθυνση ΒΑ, γίνεται επιφανειακός, για να καταλήξει στην δεξαμενή αποθήκευσης στην Μητρόπολη. Το έργο εκτροπής του ποταμού Κερασιώτη τέθηκε σε λειτουργία τον Φεβρουάριο του 2002 προκειμένου να εμπλουτισθεί ο ταμιευτήρας της Λίμνης με την παροχή του ποταμού που είναι περίπου $7 \times 10^6 \text{ m}^3$ τον χρόνο. Προβλέπεται επίσης να κατασκευαστεί στο μέλλον παρόμοιο έργο εκτροπής του Ποταμού Άσπρου.

Αναφορικά με τις αναπτυξιακές προοπτικές της περιοχής, το «Περιφερειακό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού & Αειφόρου Ανάπτυξης Περιφέρειας Θεσσαλίας», σημειώνει ότι, προς το παρόν, η Καρδίτσα και τα Τρίκαλα δεν έχουν άξιες λόγου διαπεριφερειακές λειτουργίες. Στην προοπτική σύνδεσης της Θεσσαλίας με τον βόρειο άξονα (Εγνατία Οδός), και το Δυτικό τόξο ανάπτυξης (Ιωνία Οδός – Ηγουμενίτσα), το βορειοδυτικό αποκομμένο άκρο της περιφέρειας (Καρδίτσα αλλά κυρίως Τρίκαλα) θα αποκτήσει χαρακτηριστικά διαπεριφερειακής πύλης.

Η μητροπολιτική ζώνη που προβλέπεται, είναι ο άξονας Καρδίτσας – Τρικάλων, ο οποίος, σαν δευτερεύοντες πόλους, θα ευνοήσει από τον Νομό Καρδίτσας τους Σοφάδες και το Μουζάκι, το οποίο είναι και ο μόνος οικισμός της περιοχής που κατατάσσεται σαν 3^{ου} επιπέδου, ενώ οι υπόλοιποι θεωρούνται σαν 4^{ου} επιπέδου. Για την περιοχή επίσης προβλέπεται η ανάπτυξη ήπιων μορφών τουρισμού εθνικής εμβέλειας, με δυνατότητες εξέλιξης σε διεθνούς εμβέλειας (σύμπλεγμα τεχνητών λιμνών Σμοκόβου – Πλαστήρα – Συκιάς). Εξάλλου, λόγω της έντονης ανάπτυξης, εμφανίζονται ήδη προβλήματα σύγκρουσης χρήσεων γης. Υπενθυμίζεται, τέλος, ότι η περιοχή της Λίμνης Πλαστήρα εντάσσεται ήδη στις περιοχές του Εθνικού καταλόγου Natura 2000, με θεσμοθετημένη ΖΟΕ.

7.3 Υδρομορφολογικά δεδομένα και επεξεργασίες

7.3.1 Γενικά

Για την μελέτη λειτουργίας του ταμιευτήρα είναι αναγκαία η εκτίμηση των υδρολογικών εισροών και η κατάρτιση των αντίστοιχων ιστορικών δειγμάτων. Στις υδρολογικές εισροές και απώλειες κατατάσσονται μεγέθη όπως η απορροή ανάντη του φράγματος, η επιφανειακή βροχόπτωση στον ταμιευτήρα και η εξάτμιση στην επιφάνεια του.

Προτού, όμως, πάρει σάρκα και οστά αυτή η διαδικασία θα πρέπει να έχουμε αποφασηνίσει όλες τις συνιστώσες της μορφολογίας του ταμιευτήρα και να έχουμε καταρτίσει τα διαγράμματα στάθμης-επιφάνειας και στάθμης-αποθέματος που είναι το σημείο εκκίνησης για την περιγραφή της λειτουργίας του ταμιευτήρα. Από τα διαγράμματα αυτά παίρνουμε χρήσιμες πληροφορίες για τον ταμιευτήρα που είναι κομβικής σημασίας για τη συνέχεια όπως είναι η το απόθεμα, η μέγιστη χωρητικότητα και ο νεκρός όγκος. Εν συνεχεία, συλλέγοντας όλα τα στοιχεία υδρολογικού, μετεωρολογικού και μορφολογικού χαρακτήρα, καταρτίζονται οι χρονοσειρές απορροής, βροχόπτωσης και εξάτμισης του ταμιευτήρα έχοντας μηνιαίο βήμα. Τέλος, βάσει αυτών των χρονοσειρών θα παραχθούν οι προσδοκώμενες συνθετικές χρονοσειρές που θα χρειαστούμε για την βελτιστοποίηση.

7.3.2 Καμπύλες στάθμης-επιφάνειας και στάθμης-αποθέματος

Ας εξετάσουμε τον ταμιευτήρα από την σκοπιά της μορφολογίας αρχικά και στη συνέχεια θα υπεισέλθουμε σε καθαρά υδρολογικές διαδικασίες, εξετάζοντας το ιστορικό δείγμα των υδρολογικών δεδομένων στην πεντηκονταετία λειτουργίας του ταμιευτήρα. Η λεκάνη απορροής, χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρή έκταση της τάξης των 161 km² περίπου. Σε αυτή θα πρέπει να εκτιμηθούν τα υψομετρικά χαρακτηριστικά της και να δημιουργηθούν στη συνέχεια για τον ταμιευτήρα οι καμπύλες στάθμης-επιφάνειας και στάθμης-αποθέματος.

Στα πλαίσια του ερευνητικού έργου «Διερεύνηση των δυνατοτήτων διαχείρισης και προστασίας της ποιότητας της λίμνης Πλαστήρα» και πιο συγκεκριμένα στο τεύχος της υδρολογικής μελέτης (Ευστρατιάδης κ.ά., 2002) έχει γίνει εξαιρετική δουλειά πάνω στη μορφολογία της περιοχής. Δημιουργήθηκε ένα ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων, χρησιμοποιώντας ισοϋψείς καμπύλες, σημεία γνωστού υψομέτρου και τη θέση των υδατορευμάτων, και βάσει αυτού υπολογίστηκε το ελάχιστο, το μέγιστο και το μέσο υψόμετρο της λεκάνης τα οποία είναι αντίστοιχα 800 m, 2140 m και 1459 m.

Η δημιουργία των καμπυλών στάθμης-επιφάνειας και στάθμης-αποθέματος του ταμιευτήρα, σύμφωνα πάντα με την ίδια ερευνητική εργασία, προήλθε μέσα από την εφαρμογή φωτογραμμετρικών μεθόδων και άλλων μεθόδων παρεμβολής, μέσα από την κατασκευή του μοντέλου των υψομέτρων. Κατά την εφαρμογή της φωτογραμμετρικής διαδικασίας, σύμφωνα με την οποία έγινε η αποτύπωση της περιοχής του ταμιευτήρα πριν την κατάκλιση με νερό, χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στράτου, χρονολογίας 1945 και κλίμακας 1:42000, καθώς επίσης και φύλλα χάρτη 1:5000 της περιοχής και σε αμέσως επόμενο βήμα, έγινε επίλυση του αεροτριγωνισμού όπου εξαρτώντας την περιοχή του ταμιευτήρα μπόρεσαν και υπολογίστηκαν τα υψόμετρα. Για την κατασκευή του μοντέλου επιφάνειας του ταμιευτήρα η ερευνητική ομάδα εφάρμοσε πολλές μεθόδους παρεμβολής και τελικά επιλέχθηκε το μοντέλο επιφάνειας που ήταν κατάλληλο. Βάσει αυτού δημιουργήθηκε το μοντέλο υψομέτρων απ' όπου τελικά προέκυψαν οι σχέσεις στάθμης-επιφάνειας και

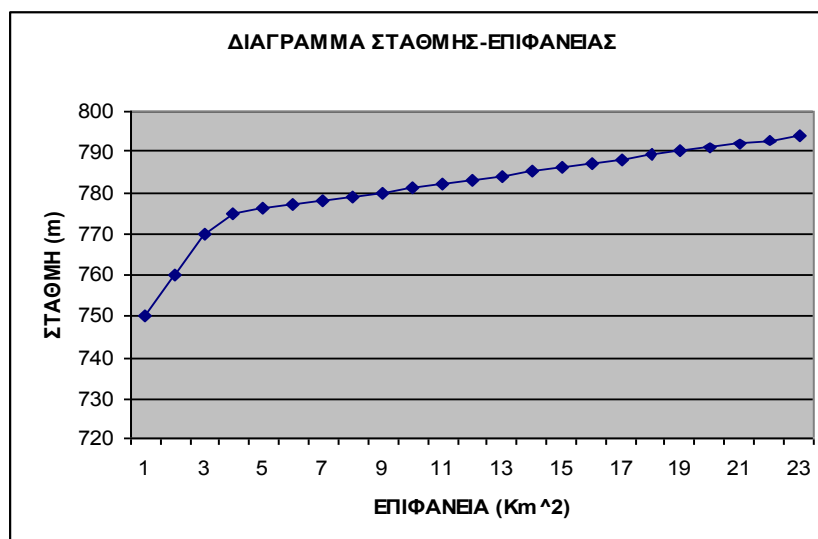
στάθμης-αποθέματος, τα αριθμητικά αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 7.1: Σχέσεις στάθμης-επιφάνειας και στάθμης-αποθέματος ταμιευτήρα, βασισμένες στο ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων.

Στάθμη (m)	Επιφάνεια (km ²)	Απόθεμα (hm ³)	Στάθμη (m)	Επιφάνεια (km ²)	Απόθεμα (hm ³)
750	0.35	2.17	784	18.05	193.4
760	1.1	8.4	785	18.76	211.8
770	4.27	29.66	786	19.45	230.9
775	9.78	65.22	787	20.19	250.7
776	10.86	75.5	788	20.94	271.25
777	12.1	86.98	789	21.73	292.55
778	13.14	99.6	790	22.56	314.68
779	13.98	113.17	791	23.58	337.76
780	14.86	127.55	792	24.67	361.84
781	15.68	142.79	793	26.01	387.15
782	16.5	158.88	794	28.11	414.09
783	17.26	175.76			

πηγή: Ευστρατιάδης κ.ά., Υδρολογική μελέτη, 2002

Στο Σχήμα 7.1 δίνεται το διάγραμμα στάθμης-επιφάνειας.



Σχήμα 7.1: Διάγραμμα Στάθμης-Επιφάνειας

7.3.3 Υδρομετεωρολογικές χρονοσειρές

Όταν αναφερόμαστε στον όρο “υδρομετεωρολογικά δεδομένα”, ουσιαστικά εννοούμε τα τρία μεγέθη των υδρολογικών εισροών και απωλειών ενός ταμιευτήρα που είναι η απορροή ανάντη του φράγματος, η επιφανειακή βροχύπτωση και την εξάτμιση στην επιφάνεια του ταμιευτήρα. Αυτά περιγράφονται με μορφή χρονοσειρών οι οποίες έχουν χρονικό βήμα μηνός. Για το μέγεθος της απορροής διατίθεται η ιστορική χρονοσειρά σχεδόν 40 ετών ξεκινώντας από τη χρονολογία 1961-62 μέχρι και το έτος 2000-01. Η συγκεκριμένη χρονοσειρά όπως και οι υπόλοιπες που θα αναφερθούν παρουσιάζονται στο παράρτημα στο τέλος του παρόντος τεύχους.

Επόμενο μέγεθος που μας απασχολεί είναι η επιφανειακή βροχόπτωση για το οποίο διαθέτουμε στοιχεία από τον βροχομετρικό σταθμό της Μούχας που βρίσκεται στο νότιο άκρο της λίμνης. Το δείγμα μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό της βροχόπτωσης στη επιφάνεια της λίμνης και καλύπτει μια περίοδο 26 υδρολογικών ετών (1965-66 έως 1991-92) έχοντας όμως ορισμένα κενά στις παρατηρήσεις του (Ξανθοπούλου κ.α., 1997). Αυτός ο σκόπελος προσπερνάται και το δείγμα συμπληρώνεται αλλά και μεγιστοποιείται, με την συσχέτιση του σταθμού της Μούχας με ένα άλλο γειτονικό σταθμό που διαθέτει στοιχεία για τα υδρολογικά έτη 1960-61 έως 1992-93 (Ξανθοπούλου κ.α., 1997).

Η γραμμική συσχέτιση που εφαρμόστηκε έχοντας ως σταθμό βάσης μέχρι το 1993 το βροχομετρικό ΥΗΣ Πλαστήρα, ενώ στη συνέχεια θεωρήθηκε ως χρονοσειρά βάσης το διορθωμένο δείγμα των καθαρών εισροών στον ταμιευτήρα, ελλείπει βροχομετρικών στοιχείων, περιγράφεται στην έκθεση «Διερεύνηση των δυνατοτήτων διαχείρισης και προστασίας της ποιότητας της λίμνης Πλαστήρα» που αναφέραμε και προηγούμενα. Η συσχέτιση με τη χρονοσειρά καθαρών εισροών είναι λιγότερο ικανοποιητική, αλλά το τελικό προϊόν που είναι το μεγιστοποιημένο δείγμα της βροχόπτωσης στο σταθμό Μούχα είναι αντιπροσωπευτικό της επιφανειακής βροχόπτωσης στον ταμιευτήρα και είναι αυτό που παρουσιάζεται στο παράρτημα.

Αναλύοντας τα υδρομετεωρολογικά δεδομένα από την πλευρά των απωλειών εστιάζουμε την προσοχή μας στην εξάτμιση του ταμιευτήρα. Η εκτίμηση της εξάτμισης λόγω περιορισμένων μετεωρολογικών παραμέτρων δεν μπορεί να γίνει με την αναλυτική μέθοδο Penman που είναι η πιο έγκυρη, οπότε εφαρμόστηκε η μέθοδος Thornwaite (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999) όπως αυτή παρουσιάζεται και υλοποιείται στην έκθεση «Διερεύνηση των δυνατοτήτων διαχείρισης και προστασίας της ποιότητας της λίμνης Πλαστήρα». Πρόκειται για εμπειρική μέθοδο εκτίμησης της δυνητικής εξατμοδιαπνοής τυχαίας εδαφικής έκτασης έχοντας ως μοναδικό στοιχείο εισόδου την μέση μηνιαία θερμοκρασία. Πράγματι εφαρμόζοντάς τη και παρατηρώντας τις τιμές της βλέπουμε ότι η μέση ετήσια τιμή της είναι αρκετά χαμηλή.

Στο σημείο αυτό λαμβάνουμε υπόψη ένα προηγούμενο ερευνητικό έργο (Ναλμπάντης και Κουτσογιάννης, 1997) που για την περιοχή της Λάρισας υπολογίστηκε με την μέθοδο Penman το μέσο ετήσιο ύψος δυνητικής εξατμοδιαπνοής το οποίο είναι σχεδόν διπλάσιο από την περιοχή του ταμιευτήρα. Επίσης είναι γνωστό ότι η εξάτμιση από μια υδατική επιφάνεια είναι μεγαλύτερη της δυνητικής εξατμοδιαπνοής. Συνυπολογίζοντας όλες τις παραπάνω διαπιστώσεις λάβαμε ως αντιπροσωπευτική χρονοσειρά της εξάτμισης από την επιφάνεια του ταμιευτήρα το δείγμα της υπολογισθείσας δυνητικής εξατμοδιαπνοής με την μέθοδο Thornwaite, δίνοντας μια προσαύξηση στις τιμές του κατά 40%. Η τελική χρονοσειρά της εξάτμισης της επιφάνειας του ταμιευτήρα αναφέρεται στα υδρολογικά έτη 1960-61 έως 1983-84 όσα είναι ακριβώς και τα έτη που υπήρχαν τιμές για την μέση μηνιαία θερμοκρασία στο σταθμό του φράγματος.

7.4 Παραδοχές

Στις περισσότερες μελέτες και συγγράμματα είτε λόγω απλούστευσης των εργασιών επίλυσης, είτε λόγω έλλειψης πρωτογενών δεδομένων, γίνονται ορισμένες παραδοχές που βοηθούν στην προσπέλαση των δυσκολιών που προκύπτουν στην πορεία. Αυτές οι παραδοχές εφαρμόζονται με γνώμονα την όσο το δυνατό καλύτερη προσέγγιση της πραγματικότητας χωρίς να επιφέρουν αλλοιώσεις και μεταβολές. Υπό αυτό το πρίσμα εξετάζουμε τις αρδευτικές ανάγκες της περιοχής που αποτελεί την κυριότερη χρήση νερού αυτής.

Η αρχική συμφωνία μεταξύ ΔΕΗ και Υπουργείου Γεωργίας ήταν να δίνεται μια ετήσια ποσότητα της τάξης των $65 \times 10^6 \text{ m}^3$ για άρδευση ωστόσο, το 1987 η ζήτηση έφτασε τα $145 \times 10^6 \text{ m}^3$, εκ των οποίων ικανοποιήθηκαν περί τα $120 \times 10^6 \text{ m}^3$. Ειδικότερα, κατά τον μήνα αιχμής (Ιούλιος), η ζήτηση ανήλθε στα $64 \times 10^6 \text{ m}^3$, ξεπερνώντας έτσι τη δυνατότητα του υδροηλεκτρικού σταθμού ($54 \times 10^6 \text{ m}^3$). Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας πάνω από 150000 στρέμματα ετησίως αρδεύονται από τον ταμιευτήρα (YBET, 1996) ενώ το αρδευτικό δίκτυο έχει έκταση 120000 στρεμμάτων. Οι ανάγκες εκτιμώνται σε περίπου $80 \times 10^6 \text{ m}^3$, ενώ οι υπόλοιπες ποσότητες ζητούνται για τις ανάγκες των κατάντη περιοχών Καρδίτσας και Τρικάλων και, κυρίως, της Λάρισας. Οι συνολικές αρδευτικές ανάγκες υπολογίζονται σε $145 \times 10^6 \text{ m}^3$ οι οποίες δεν είναι δυνατό να καλυφθούν.

Σε ό,τι αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, το υδροηλεκτρικό έργο Πλαστήρα αποτελείται από τρεις υπαίθριες μονάδες, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 129.9 MW. Η παραγωγή από τον ταμιευτήρα γίνεται μέσω σήραγγας μήκους 2625 m και διαμέτρου 3.50 m. Το μέγιστο ύψος πτώσης, το οποίο αντιστοιχεί στην ανώτατη στάθμη λειτουργίας, ανέρχεται σε 577 m, και είναι από τα μεγαλύτερα στον ελληνικό χώρο. Μετά την έξοδο του από τους στροβίλους, το νερό διοχετεύεται για κάλυψη των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης στο Νομό Καρδίτσας (ΕΥΔΕ Αχελώου και ΥΠΕΧΩΔΕ, 1995). Αγνοείται η παραγόμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας και ο τρόπος παραγωγής αυτής και λαμβάνονται υπόψη οι απολήψεις που απαιτούνται.

Εξετάζοντας την παράμετρο της ύδρευσης θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι οι ποσότητες που αυτή απαιτεί, σε σύγκριση πάντα με τις τεράστιες ποσότητες που απαιτούνται στην άρδευση, είναι μηδαμινές. Θα μπορούσαμε να αγνοήσουμε την συνιστώσα της ύδρευσης στους υπολογισμούς λόγω της επικάλυψης και της επισκίασής της από την άρδευση, όμως θα την συμπεριλάβουμε καθώς θα εξετάσουμε ένα όχι τόσο ευνοϊκό σενάριο που παρακάτω ονομάζεται ως βασικό σενάριο για τον ταμιευτήρα. Οι ανάγκες για ύδρευση προέρχονται κυρίως από την περιοχή της Καρδίτσας και των όμορων οικισμών και δήμων, υπολογίζονται περίπου στα $15 \times 10^6 \text{ m}^3$. Επιπρόσθετα μπορούμε να αναφέρουμε τις ανάγκες υδροδότησης για τη δραστηριότητα της κτηνοτροφίας, που όμως σε αυτή την περίπτωση τις αγνοούμε καθώς λαμβάνονται ως αμελητέες ποσότητες σε σχέση με την άρδευση.

Τέλος εστιάζουμε την προσοχή μας στην θεώρηση του μηνιαίου βήματος για την περιγραφή όλων των μεγεθών που σχετίζονται με τον ταμιευτήρα. Η δυνατότητα επιλογής ετήσιου βήματος δεν είναι συμβατή με την προσπάθεια που γίνεται για καλύτερη περιγραφή των λεπτομερειών των μεγεθών καθώς χρησιμοποιείται για μακροπρόθεσμες επεκτάσεις χρονοσειρών. Επίσης δεν υπάρχει η δυνατότητα και δεν μας είναι χρήσιμη η επιλογή ημερήσιου βήματος καθώς αφενός δεν διαθέτουμε ιστορικά δεδομένα χρονοσειρές με αυτό το βήμα και αφετέρου δεν είναι απαραίτητη τόσο μεγάλη λεπτομέρεια και εστίαση των δεδομένων ούτως ώστε να καταλήξουμε στα συμπεράσματα στα οποία είναι προσανατολισμένη η παρούσα εργασία. Επιλέγεται εν τέλει το μηνιαίο χρονικό βήμα για την ανάλυση των μεγεθών ως καταλληλότερο να υπηρετήσει το σκοπό της έρευνας.

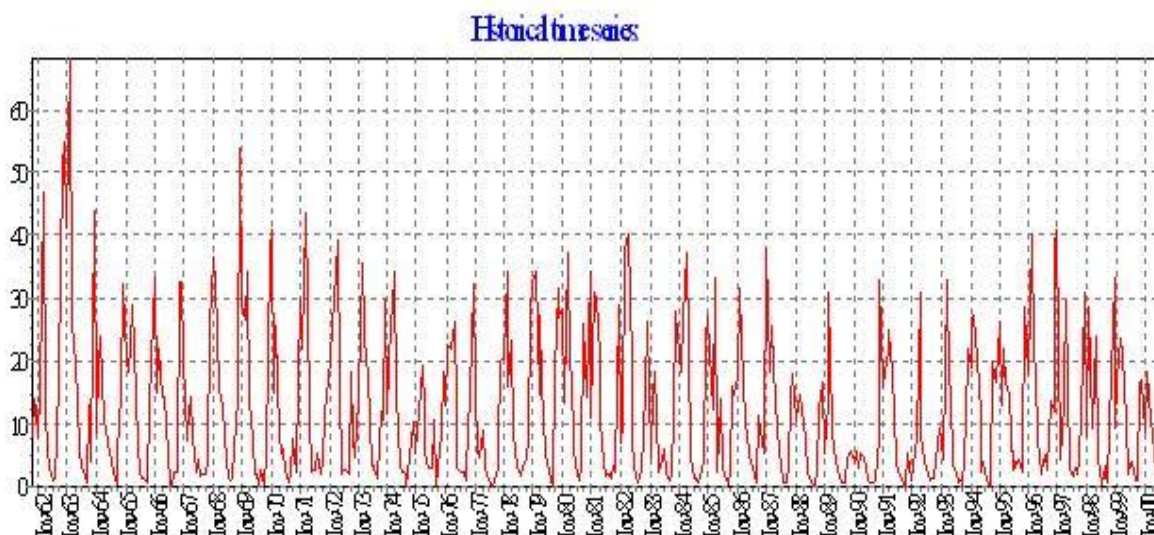
7.5 Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών εισροής

Η παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών εισροής σκοπό έχει την επέκταση του ιστορικού δείγματος των εισροών που διαθέτουμε και συνάμα την προβολή της σε μέλλοντα χρόνο ώστε να μας βοηθήσει στην λήψη αποφάσεων και δράσεων για την προστασία των υδατικών πόρων του ταμιευτήρα Πλαστήρα. Οι συνθετικές χρονοσειρές παράγονται με τη βοήθεια του

προγράμματος Κασταλία όπως αυτό περιγράφηκε στο πέμπτο Κεφάλαιο του παρόντος τεύχους.

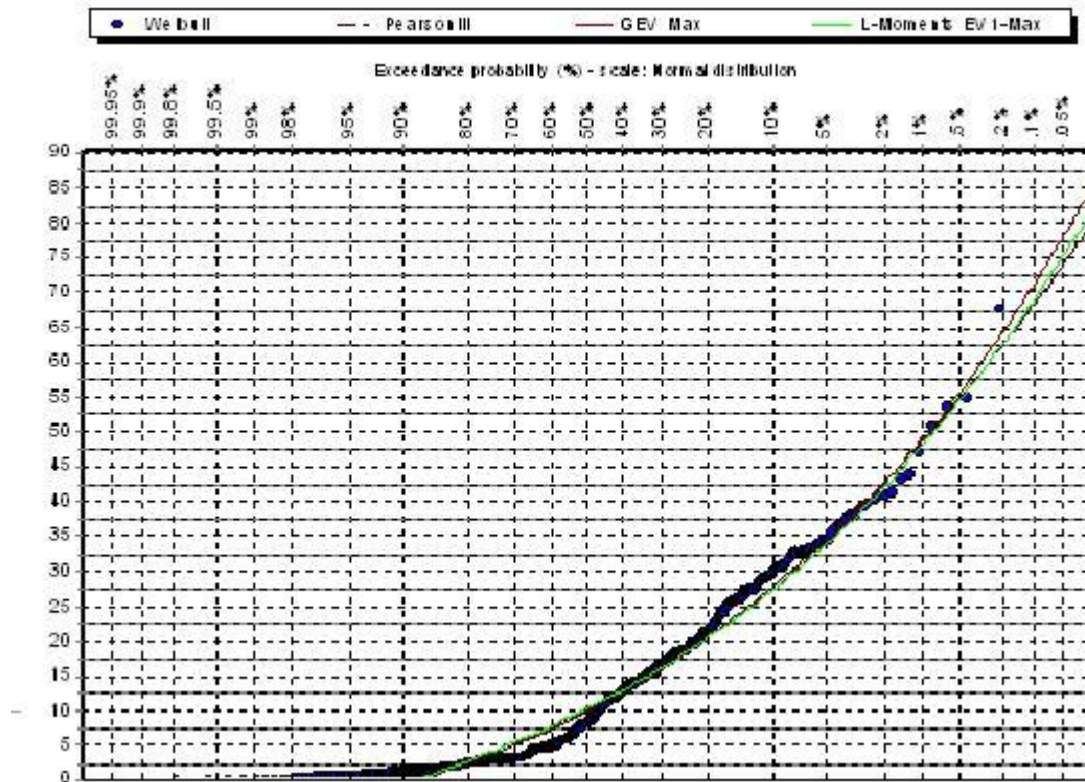
Διατίθεται ιστορική χρονοσειρά εισροής στη λίμνη, η οποία αναφέρεται σε χρονική περίοδο 40 ετών (1961-2001) σε βήμα μηνιαίο, βάσει της οποίας θα παραχθεί η συνθετική χρονοσειρά υπό μορφή πρόγνωσης. Η ιστορική χρονοσειρά εισάγεται στο πρόγραμμα Κασταλία από όπου θα παραχθούν οι απαιτούμενες συνθετικές χρονοσειρές εισροής. Δημιουργούμε μηνιαίες συνθετικές χρονοσειρές πρόγνωσης για τα επόμενα τρία χρόνια, όπου κάθε μια από αυτές αντιστοιχίζεται με ένα σενάριο.

Η δοθείσα ιστορική χρονοσειρά δημιουργεί πλήθος συνθετικών χρονοσειρών που καλούνται σενάρια, τα οποία εναπόκεινται στη διακριτική ευχέρεια του μελετητή να καθορίσει τον ακριβή επιθυμητό αριθμό τους που του είναι απαραίτητος για να διερευνήσει ένα πρόβλημα. Στο παρόν τεύχος επιλέχθηκαν 500 τέτοια σενάρια δηλαδή δημιουργήθηκαν εναλλακτικά 500 συνθετικές χρονοσειρές εισροής μηνιαίου βήματος, με τριετή προβολή στο χρόνο, βάσει της ιστορικής χρονοσειράς που παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.2.



Σχήμα 7.2: Ιστορική χρονοσειρά απορροής

Όπως περιγράψαμε αναλυτικά στο κεφαλαίο 5, θα γίνει στατιστική ανάλυση αυτής της χρονοσειράς και θα υπολογιστούν για το δείγμα οι κατάλληλες στατιστικές παράμετροι που χρειάζονται για την περαιτέρω παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών. Αυτά τα δειγματικά χαρακτηριστικά αναφέρονται στη μέση τιμή, την δειγματική διασπορά, την κεντρική τρίτη ροπή, τον συντελεστή ασυμμετρίας και την δειγματική αυτοσυνδιασπορά. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συναρτήσεις κατανομής του δείγματος και στον πίνακα τα στατιστικά του χαρακτηριστικά.



Σχήμα 7.3: Συναρτήσεις κατανομής (σημεία=ιστορική χρονοσειρά, διακεκομμένη γραμμή=κατανομή γάμα 3 παραμέτρων Pearson III, κόκκινη γραμμή=μεγίστων γενική ακραίων τιμών GEV, πράσινη γραμμή=μεγίστων ακραίων τιμών τύπου I ή Gumbel)

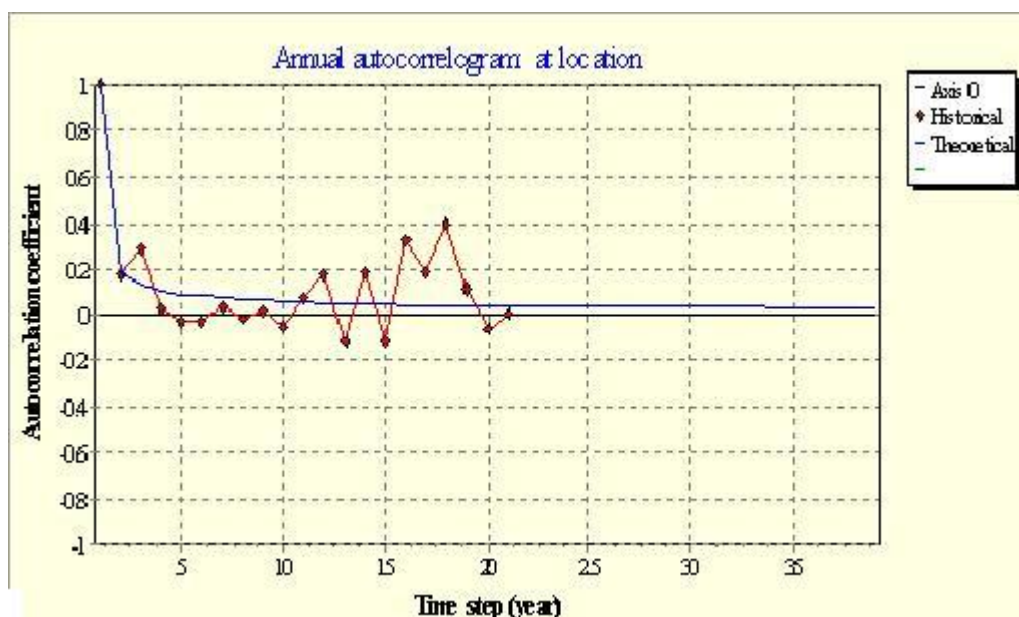
Πίνακας 7.2: Στατιστικά χαρακτηριστικά ιστορικής χρονοσειράς

ΔΕΙΚΤΕΣ/ΜΗΝΕΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΣΥΝΟΛΟ
M.O	6.06	12.33	24.29	18.66	20.42	22.94	19.65	12.05	4.16	2.68	1.94	1.45	12.22
T.A	6.48	9.3	12.45	11.65	12.27	9.83	9.21	6.28	2.3	1.27	1.91	1.44	11.64
3 ^η ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΡΟΠΗ	404.14	1850.34	702.65	818.53	2884.31	203.75	505.63	156.23	25.99	0.6	18.65	6.99	1901.6
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑΣ	149	2.3	0.36	0.52	156	0.21	0.65	0.63	2.12	0.29	2.67	2.37	121
ΣΥΝΟΛΟ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	468

Στη συνέχεια θα πρέπει να προσδιορίσουμε τη θεωρητική συνάρτηση αυτοσυσχέτισης, η οποία περιγράφει την μακροπρόθεσμη εμμονή της αντίστοιχης υδρολογικής διεργασίας. Η θεωρητική συνάρτηση αυτοσυσχέτισης προέρχεται, ανάλογα με τον τύπο μοντέλου που επιλέγεται για την αναπαραγωγή της μακροπρόθεσμης εμμονής των υδρολογικών διεργασιών και στην Κασταλία, συνήθως επιλέγεται το στάσιμο μοντέλο των συμμετρικά κινούμενων μέσων όρων (μοντέλο SMA). Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης περιγράφεται από τη σχέση 7.1 και παρουσιάζεται διαγραμματικά στο Σχήμα 7.4.

$$\gamma_j = (1 + 30.939 j)^{-0.5} \quad (7.1)$$

όπου η παράμετρος $\beta=2$ σχετίζεται με τη εμμονή της στοχαστικής ανέλιξης και η παράμετρος $k=15.469$ περιγράφει το σχήμα της συνάρτησης αυτοδιασποράς σύμφωνα με τη γενικευμένη συνάρτηση αυτοδιασποράς που παρουσιάζεται στη σχέση 5.2.



Σχήμα 7.4 :Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης.

Τέλος οι μεταβλητές W και V που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών έχουν μέση τιμή 1.14 και 1.155 αντίστοιχα, τυπική απόκλιση μονάδα και συντελεστή ασυμμετρίας 0.8501 και 0.8839 αντίστοιχα. Βάσει αυτών των δειγματικών χαρακτηριστικών της ιστορικής χρονοσειράς υπολογίζονται οι παράμετροι των μοντέλων SMA και PAR(1) και στη συνέχεια τα 500 σενάρια των συνθετικών χρονοσειρών που θα χρησιμοποιήσουμε στη διαδικασία της βελτιστοποίησης.

7.6 Κατάρτιση κριτηρίου «βαθμός ευτροφισμού»

Ο βαθμός ευτροφισμού του ταμιευτήρα Πλαστήρα, θεωρείται σε αυτό το τεύχος ότι περιγράφεται από την συγκέντρωση χλωροφύλλης στο νερό. Σαφείς ενδείξεις και στοιχεία της χλωροφύλλης δεν διαθέτουμε καθώς δεν υπάρχουν καταγεγραμμένες μετρήσεις αυτής. Κατά συνέπεια, χρησιμοποιούμε τις υπολογισθείσες τιμές της συγκέντρωσης χλωροφύλλης βάσει του μοντέλου EUTRO-SEL. Αυτές περιορίζονται λόγω της μικρής χρονικής κλίμακας προσομοίωσης, που έλαβε χώρα κατά την εφαρμογή του παραπάνω μοντέλου (8 χρόνια), με αποτέλεσμα να μην διαθέτουμε την μακρά χρονοσειρά συγκέντρωσης χλωροφύλλης.

Η αναζήτηση του τρόπου για την υπερπήδηση του εμποδίου της έλλειψης στοιχείων για τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, έστρεψε το ενδιαφέρον μας στην συσχέτιση του μεγέθους της χλωροφύλλης με άλλα μεγέθη που συμμετέχουν στην λειτουργία του ταμιευτήρα και για τα οποία διαθέτουμε στοιχεία. Αυτής της κατηγορίας μεγέθη είναι, το συνολικό απόθεμα νερού (συμπεριλαμβάνοντας και τον νεκρό όγκο) στον ταμιευτήρα στην αρχή του κάθε μήνα, η συνολική απόληψη νερού από τον ταμιευτήρα στην διάρκεια του μήνα και ενδεχομένως η απορροή του εκάστοτε μήνα. Διερευνήθηκε, μέσω της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, η ύπαρξη μιας σχέσης της μορφής:

$$\text{Chl}_t = a\text{ST}_t^b R_t^c \quad (7.2)$$

όπου Chl_t είναι η μέση συγκέντρωση χλωροφύλλης τον μήνα t , ST_t είναι το συνολικό απόθεμα νερού (μαζί με τον νεκρό όγκο) στον ταμιευτήρα στην αρχή του μήνα t , και R_t είναι η συνολική απόληψη νερού από τον ταμιευτήρα στην αρχή του μήνα t . Είναι μια εκθετική σχέση, η οποία έχει τις καταβολές της και έχει προέλθει από εφαρμογή λογαριθμικής πολλαπλής παλινδρόμησης.

Διερευνήθηκε η δυνατότητα καλής προσαρμογής της παραπάνω σχέσης με βάση τα δεδομένα που προήλθαν από την παλιότερη εφαρμογή του μοντέλου EUTRO-SEL, μια προσαρμογή που ποιοτικά περιγράφεται από τα στατιστικά στοιχεία της παλινδρόμησης όπως συντελεστής προσδιορισμού R^2 , τυπικά σφάλματα και αλλά. Οι τιμές της χρονοσειράς της χλωροφύλλης (παρουσιάζονται στον Πίνακα Α5 του παραρτήματος) προήλθαν από την αποκωδικοποίηση του διαγράμματος της οκταέτους προσομοίωσης με το μοντέλο EUTRO-SEL (Σχ.Β1 παραρτήματος Β). Επίσης οι τιμές του συνολικού αποθέματος που λάβαμε στις παλινδρομήσεις, προήλθαν από το διάγραμμα στάθμης-όγκου με εφαρμογή της σχέσης (7.3), ενώ οι αντίστοιχες τιμές της συνολικής απόληψης εξήχθησαν από το διάγραμμα εισροής-απόληψης του μοντέλου EUTRO-SEL (Σχ.Β2 παραρτήματος Β) για την οκταετή προσομοίωση που εφαρμόστηκε.

$$Y_t = 770.572 - 0.0000593 \text{ST}_t^2 + 0.0791136 \text{ST}_t \quad (7.3)$$

Η διερεύνηση περιέλαβε τις εξής περιπτώσεις:

1. Μία και μοναδική σχέση για όλο το υδρολογικό έτος
2. Μία σχέση ανά εποχή με δύο εποχές ανά υδρολογικό έτος (Οκτώβριος-Μάρτιος και Απρίλιος-Σεπτέμβριος)
3. Μία σχέση ανά εποχή με τέσσερις εποχές ανά υδρολογικό έτος (Οκτώβριος-Δεκέμβριος, Ιανουάριος-Μάρτιος, Απρίλιος-Ιούνιος και Ιούλιος-Σεπτέμβριος)
4. Μία σχέση ανά μήνα του υδρολογικού έτους

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω ενώ στο Παράρτημα Α δίνονται τα αναλυτικά αποτελέσματα μέσω του λογισμικού MS-Excel.

Πίνακας 7.3: Στατιστικά Παλινδρόμησης

ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ		Στατιστικά παλινδρόμησης			
		Πολλαπλό R	R ²	Προσαρμοσμένο R ²	Τυπικό σφάλμα
ΧΡΟΝΟΣ		0.787239005	0.619745251	0.61156773	0.783835161
ΑΝΑ 2 ΕΠΟΧΕΣ	ΟΚΤ-ΜΑΡ	0.906887505	0.822444947	0.814553611	0.625350063
	ΑΠΡ-ΣΕΠ	0.719941543	0.518315825	0.493614073	0.589375381
ΑΝΑ 4 ΕΠΟΧΕΣ	ΙΑΝ-ΜΑΡ	0.299398417	0.089639412	0.002938403	0.690500643
	ΑΠΡ-ΙΟΥΝ	0.725764754	0.526734478	0.481661571	0.500100297
	ΙΟΥΛ-ΣΕΠ	0.97126006	0.943346104	0.937950495	0.313316778
	ΟΚΤ-ΔΕΚ	0.158686477	0.025181398	-0.067658469	0.524386118
ΑΝΑ ΜΗΝΑ	ΙΑΝ	0.561861606	0.315688465	0.04196385	0.560404901
	ΦΕΒ	0.318589145	0.101499043	-0.257901339	0.60446117
	ΜΑΡ	0.010044462	0.000100891	-0.399858752	0.626695332
	ΑΠΡ	0.463097916	0.21445968	-0.099756448	0.553384561
	ΜΑΙ	0.728417297	0.530591758	0.342828461	0.440321185
	ΙΟΥΝ	0.960494938	0.922550525	0.891570735	0.315714351
	ΙΟΥΛ	0.99112676	0.982332254	0.975265156	0.222620887
	ΑΥΓ	0.970558749	0.941984284	0.918777998	0.297979685
	ΣΕΠ	0.875309652	0.766166986	0.672633781	0.338868714
	ΟΚΤ	0.52591237	0.276583821	-0.01278265	0.539547396
	ΝΟΕ	0.622303472	0.387261612	0.142166256	0.399202504
	ΔΕΚ	0.20720794	0.04293513	-0.339890817	0.437303195

Η διερεύνηση επαναλήφθηκε για τις παρακάτω σχέσεις

$$\text{Chl}_t = a\text{ST}_t^b R_t^c Q_t^d \quad (7.4)$$

$$\text{Chl}_t = a\text{ST}_t^b R_t^c Q_t^d Q_{t-1}^e \quad (7.5)$$

και

$$\text{Chl}_t = a\text{ST}_t^b R_t^c Q_{t-1}^d \quad (7.6)$$

όπου Q_t είναι η απορροή του μήνα και Q_{t-1} η απορροή του προηγούμενου μήνα.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω ενώ στο Παράρτημα Α δίνονται τα αναλυτικά αποτελέσματα μέσω του λογισμικού MS-Excel.

Πίνακας 7.4: Στατιστικά Παλινδρόμησης Μεταβλητών ST, R_t και Q_t

ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ		Στατιστικά παλινδρόμησης			
		Πολλαπλό R	R ²	Προσαρμοσμένο R ²	Τυπικό σφάλμα
ΧΡΟΝΟΣ		0.793358906	0.629418354	0.61733417	0.777995225
ΑΝΑ 2 ΕΠΟΧΕΣ	ΟΚΤ-ΜΑΡ	0.92384171	0.853483506	0.843493745	0.57448654
	ΑΠΡ-ΣΕΠ	0.730235729	0.53324422	0.496395079	0.587754766
ΑΝΑ 4 ΕΠΟΧΕΣ	ΙΑΝ-ΜΑΡ	0.675897981	0.45683808	0.375363792	0.546533353
	ΑΠΡ-ΙΟΥΝ	0.73996927	0.54755452	0.479687698	0.501051603
	ΙΟΥΛ-ΣΕΠ	0.971272502	0.943370272	0.934875813	0.320985673
	ΟΚΤ-ΔΕΚ	0.358506955	0.128527237	-0.002193677	0.50805513
ΑΝΑ ΜΗΝΑ	ΙΑΝ	0.840745189	0.706852473	0.486991828	0.410084277
	ΦΕΒ	0.651802748	0.424846822	-0.006518061	0.540699421
	ΜΑΡ	0.697877753	0.487033359	0.102308377	0.501854633
	ΑΠΡ	0.513269526	0.263445606	-0.288970189	0.599101238
	ΜΑΙ	0.806135949	0.649855168	0.387246544	0.42518026
	ΙΟΥΝ	0.961971302	0.925388786	0.869430375	0.34645126
	ΙΟΥΛ	0.991453936	0.982980908	0.970216589	0.24428598
	ΑΥΓ	0.970806193	0.942464664	0.899313162	0.331769274
	ΣΕΠ	0.906598782	0.821921352	0.688362366	0.330627895
	ΟΚΤ	0.568171273	0.322818595	-0.185067458	0.583637261
	ΝΟΕ	0.705496283	0.497725005	0.121018759	0.404093158
	ΔΕΚ	0.578758892	0.334961855	-0.163816754	0.407558774

Στην πορεία της διερεύνησης για τον προσδιορισμό της καλύτερης συσχέτισης των μεταβλητών, στην σχέση (7.5), εισάγουμε μια ακόμη μεταβλητή που είναι η απορροή του προηγούμενου μήνα. Η συσχέτιση στην περίπτωση αυτή (Πίνακας 7.5), σαφώς είναι καλύτερη συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες, όχι όμως σε τέτοιο βαθμό που να μας αναγκάσει να την χρησιμοποιήσουμε επιφορτιζόμενοι τις αντικειμενικές δυσκολίες που παρουσιάζει στη χρήση της λόγω του εύρους των μεταβλητών της.

Πίνακας 7.5: Στατιστικά Παλινδρόμησης Μεταβλητών ST, R_t, Q_t, Q_{t-1}

ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ		Στατιστικά παλινδρόμησης			
ΧΡΟΝΟΣ		Πολλαπλό R	R ²	Προσαρμοσμένο R ²	Τυπικό σφάλμα
ΑΝΑ 2 ΕΠΟΧΕΣ	ΟΚΤ.-ΜΑΡ	0.794256105	0.630842761	0.614616069	0.780753411
	ΑΠΡ.-ΣΕΠ	0.923946912	0.853677896	0.840066537	0.580742591
ΑΝΑ 4 ΕΠΟΧΕΣ	ΙΑΝ.-ΜΑΡ	0.740901591	0.548935167	0.500171402	0.585546955
	ΙΑΝ.-ΙΟΥΝ	0.720496213	0.519114793	0.417875802	0.52760745
	ΑΠΡ.-ΙΟΥΝ	0.744479613	0.554249894	0.460407766	0.510250282
	ΙΟΥΛ.-ΣΕΠ	0.974849611	0.950331763	0.939875292	0.308418898
ΑΝΑ ΜΗΝΑ	ΟΚΤ.-ΔΕΚ	0.383474674	0.147052826	-0.032515001	0.515683454
	ΙΑΝ	0.971093776	0.943023122	0.867053951	0.208760676
	ΦΕΒ	0.905772663	0.820424118	0.580989608	0.348865092
	ΜΑΡ	0.83862362	0.703289576	0.307675678	0.440726481
	ΑΠΡ	0.816787866	0.667142418	0.22333231	0.465046521
	ΜΑΙ	0.813298375	0.661454248	0.210059911	0.482755561
	ΙΟΥΝ	0.966645818	0.934404137	0.846942986	0.375100536
	ΙΟΥΛ	0.992273506	0.98460671	0.964082323	0.268265883
	ΑΥΓ	0.970807956	0.942468087	0.865758871	0.383082762
	ΣΕΠ	0.916001881	0.839059446	0.624472042	0.362940707
	ΟΚΤ	0.643061442	0.413528019	-0.368434623	0.627167437
	ΝΟΕ	0.740421961	0.548224681	-0.054142412	0.442528593
	ΔΕΚ	0.778035213	0.605338793	0.079123849	0.362533845

Πίνακας 7.6: Στατιστικά Παλινδρόμησης Μεταβλητών ST, R_t, Q_t, Q_{t-1}

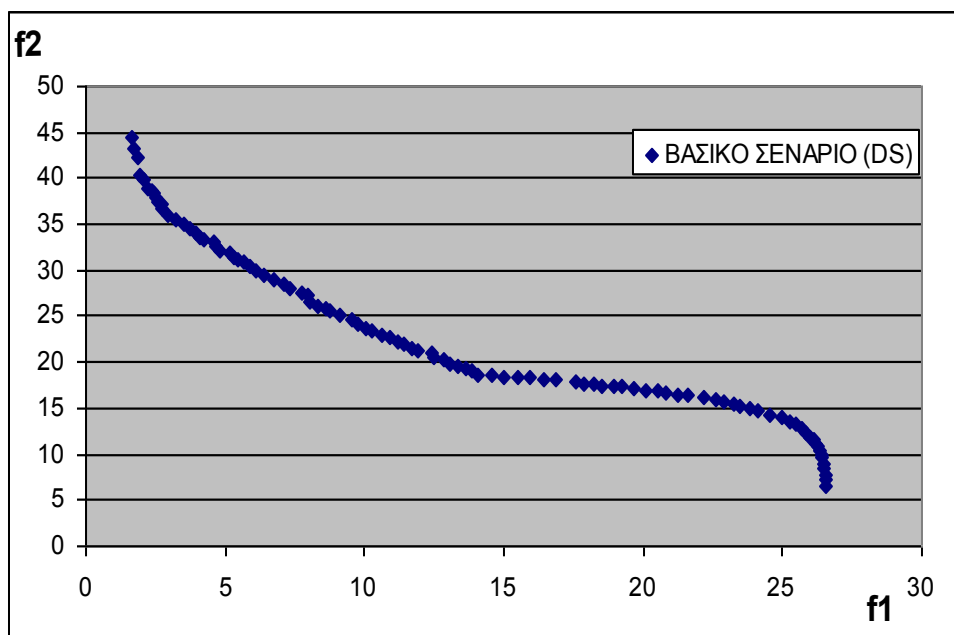
ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ		Στατιστικά παλινδρόμησης			
ΧΡΟΝΟΣ		Πολλαπλό R	R ²	Προσαρμοσμένο R ²	Τυπικό σφάλμα
ΑΝΑ 2 ΕΠΟΧΕΣ	ΟΚΤ.-ΜΑΡ	0.791785143	0.626923713	0.614758182	0.780609443
	ΑΠΡ.-ΣΕΠ	0.914778764	0.836820187	0.82569429	0.606275215
ΑΝΑ 4 ΕΠΟΧΕΣ	ΙΑΝ.-ΜΑΡ	0.73240799	0.536421464	0.499823158	0.585750903
	ΙΑΝ.-ΙΟΥΝ	0.537425022	0.288825654	0.182149502	0.625374335
	ΑΠΡ.-ΙΟΥΝ	0.740933668	0.548982701	0.481330106	0.500260173
	ΙΟΥΛ.-ΣΕΠ	0.973687202	0.948066768	0.940276783	0.307387419
ΑΝΑ ΜΗΝΑ	ΟΚΤ.-ΔΕΚ	0.242777426	0.058940879	-0.08221799	0.527949504
	ΙΑΝ	0.970728808	0.942314419	0.899050232	0.181912959
	ΦΕΒ	0.86459211	0.747519516	0.558159154	0.358243277
	ΜΑΡ	0.797365428	0.635791626	0.362635345	0.422871425
	ΑΠΡ	0.815530594	0.665090149	0.413907761	0.403981768
	ΜΑΙ	0.736912801	0.543040476	0.200320834	0.485722363
	ΙΟΥΝ	0.961296125	0.92409024	0.86715792	0.349453102
	ΙΟΥΛ	0.992023919	0.984111456	0.972195048	0.236032821
	ΑΥΓ	0.970716637	0.94229079	0.899008883	0.332270206
	ΣΕΠ	0.889001881	0.790324345	0.633067604	0.358762937
	ΟΚΤ	0.595845191	0.355031491	-0.12869489	0.569586587
	ΝΟΕ	0.665650224	0.44309022	0.025407885	0.425503503
	ΔΕΚ	0.639225001	0.408608602	-0.034934947	0.384330164

Η καταληκτική επιλογή της παλινδρόμησης που τελικά θα χρησιμοποιήσουμε και θα προκρίνουμε για να περιγράψουμε τη χλωροφύλλη δεν είναι ξεκάθαρη, καθώς καμία από αυτές δεν έχει το συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των άλλων. Ο γενικός προσανατολισμός και ο σχεδιασμός των κριτηρίων επιλογής της σχέσης υπολογισμού της χλωροφύλλης, επιτάσσει τον περιορισμό των παραμέτρων και των μεταβλητών που υπεισέρχονται σε αυτή. Με γνώμονα τον συνδυασμό μιας επιτυχούς προσέγγισης της αληθούς τιμής της χλωροφύλλης, με τον ταυτόχρονο περιορισμό των παραμέτρων, οδηγηθήκαμε στην επιλογή της σχέσης της χλωροφύλλης που προέρχεται από δυο μεταβλητές ST και R χωρισμένη σε δυο εποχές ανά υδρολογικό έτος (Οκτώβριος-Μάρτιος και Απρίλιος-Σεπτέμβριος). Αξίζει να σημειωθεί ότι για να πετύχουμε καλύτερο συντελεστή συσχέτισης στις σχέσεις της χλωροφύλλης, εξαιρέσαμε ορισμένες τιμές από το δείγμα (Απρ.-Σεπτ. 88 και Οκτ.-Μαρ. 94-95). Αυτή είναι και η τελική προσέγγιση της σχέσης υπολογισμού της χλωροφύλλης, την οποία θα χρησιμοποιήσουμε παρακάτω κατά την βελτιστοποίηση, εξετάζοντας τις παραμέτρους που την περιγράφουν και οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Πίνακες Α.86 και Α.87)

7.7 Αποτελέσματα

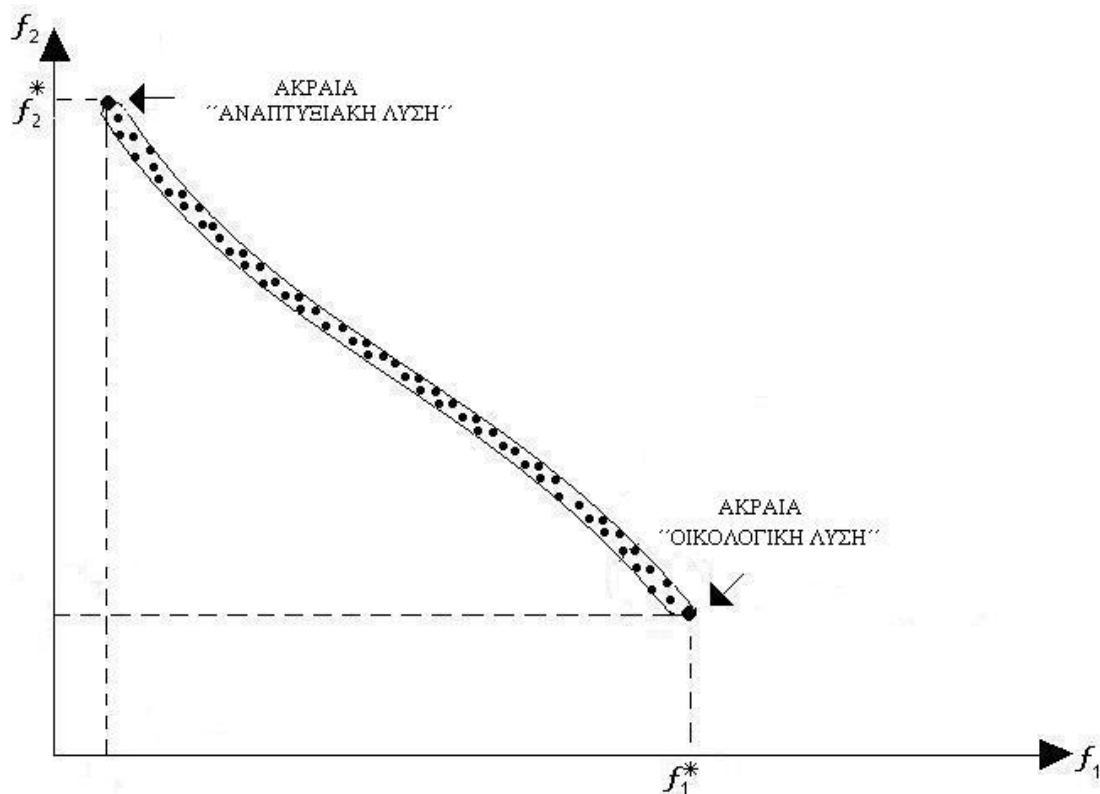
Έχοντας πραγματοποιήσει τη συλλογή και την σύνθεση όλων των πληροφοριών και εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν στην πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση, απομένει η ανεύρεση και η εφαρμογή ενός βελτιστοποιητή, αλλά και το «στήσιμο» των δεδομένων σύμφωνα με τις επιταγές και τις απαιτήσεις του. Ο βελτιστοποιητής που χρησιμοποιήθηκε, είναι σύμφωνος με τις μεθόδους που περιγράψαμε στα προηγούμενα κεφαλαία με την εφαρμογή της μεθόδου SPEA II, και χορηγήθηκε από τον υπεύθυνο παρακολούθησης του παρόντος τεύχους κ. Ναλμπάντη. Η μορφοποίηση των δεδομένων σε γλώσσα βελτιστοποιητή, αφορά τις παραμέτρους που περιγράφουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ταμειυτήρα, τις παραμέτρους υπολογισμού της χλωροφύλλης, τις συνθετικές χρονοσειρές των τριών ετών για τα 500 σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν και παραμέτρους που αναφέρονται σε αλλά χαρακτηριστικά όπως η ετήσια ζήτηση με τους συντελεστές ανισοκατανομής της.

Η διαδικασία ενεργοποίησης και εφαρμογής του βελτιστοποιητή για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, είχε ως έξοδο την παραγωγή βέλτιστων τιμών, οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα Α. Εφαρμόζοντας μια πρώτη βελτιστοποίηση με χρονικό ορίζοντα 6 μηνών και αρχικές τιμές ζήτησης και ωφέλιμου αποθέματος $160 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $25 \times 10^6 \text{ m}^3$ (βασικό σενάριο) αντίστοιχα το αποτέλεσμα της θα αναφέρεται σε ένα σύνολο Pareto βέλτιστων τιμών (100 τον αριθμό) των κριτηρίων και των μεταβλητών απόφασης που συμμετείχαν στη διαδικασία. Εστιάζοντας στις βέλτιστες τιμές των δυο κριτηρίων που αναλύθηκαν και εφαρμόστηκαν στη διαδικασία και παριστάνοντάς τες διαγραμματικά (Σχήμα 7.5), παρατηρούμε ότι δημιουργείται ένα σύνολο λύσεων στο χώρο των κριτηρίων, το γνωστό μέτωπο Pareto.



Σχήμα 7.5: Διαγραμματικός χώρος κριτηρίων (f_1 : μέγιστο έλλειμμα, f_2 : μέγιστη συγκέντρωση Chl)

Η απάντηση στον αρχικό προβληματισμό, ο οποίος είναι και η αιτία γέννησης και δημιουργίας αυτής της εργασίας, δίνεται μέσα από επισταμένη ανάλυση του παραπάνω μετώπου. Η συνετή επιλογή της απόληψης στόχου από τον ταμιευτήρα και όχι η αλόγιστη και αυθαίρετη απόληψη από αυτόν, πραγματοποιείται μέσα από αυτή την διαδικασία με την τελική επιλογή να αναζητείται μέσα από το μέτωπο Pareto. Στο Σχήμα 7.3 παριστάνεται διαγραμματικά το μέτωπο αυτό με τις βέλτιστες λύσεις, όπου υπάρχει ο διαχωρισμός δύο ακραίων λύσεων. Η πρώτη (κάτω δεξιά) είναι η ακραία “οικολογική λύση” με το μικρότερο μέγιστο έλλειμμα ικανοποίησης της ζήτησης (ζήτηση-απόληψη στόχος). Η δεύτερη λύση (πάνω αριστερά στο σχήμα) είναι η πιο “αναπτυξιακή” με το ελάχιστο των μέγιστων ελλειμμάτων και την χειρότερη κατάσταση ευτροφισμού του ταμιευτήρα.



Σχήμα 7.6: Επιλογή βέλτιστων λύσεων

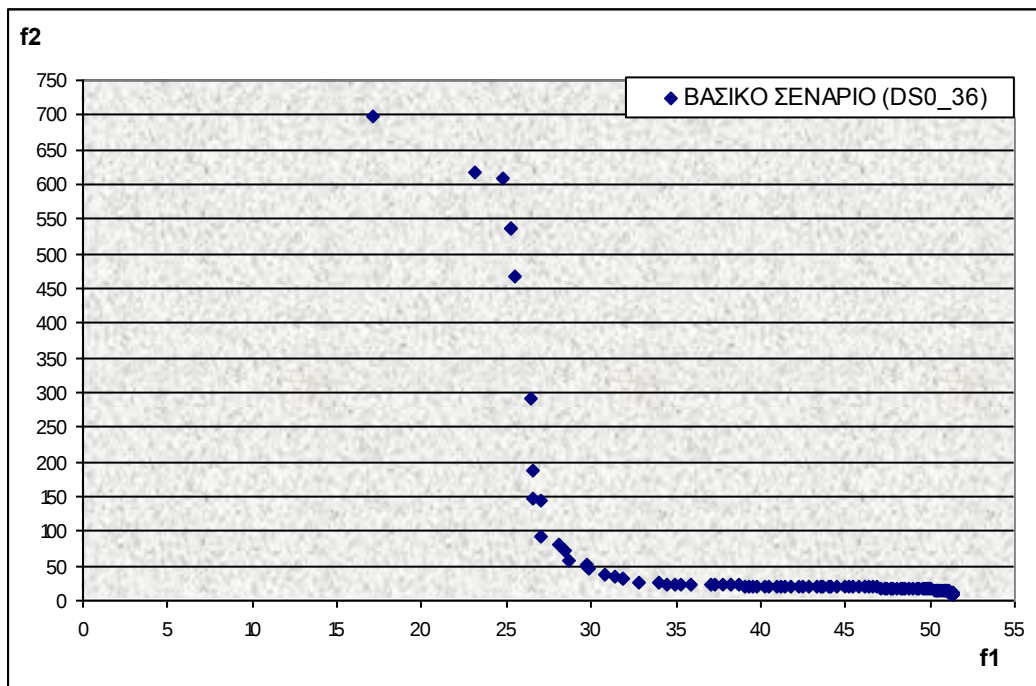
Η χάραξη πολιτικής αναφορικά με την διαχείριση υδατικών πόρων του ταμιευτήρα Πλαστήρα θα γίνει εφόσον μελετηθούν όλα τα σενάρια, αναλυθεί η κατάσταση σε βάθος και γίνει διερεύνηση διαφορετικών προσεγγίσεων και συμπεριφορών του ταμιευτήρα. Με γνώμονα την πολυδιάστατη διερεύνηση του ταμιευτήρα, στα πλαίσια αυτής της εργασίας, εξετάστηκε η δυνατότητα εύρεσης βέλτιστων λύσεων σε ορισμένους βραχυπρόθεσμους ορίζοντες (6,12,24, και 36 μήνες) αλλά και σε διάφορες υλοποιήσεις και πραγματοποιήσεις αυτών. Πιο συγκεκριμένα για κάθε χρονικό ορίζοντα μελετήθηκαν ορισμένες παραλλαγές και διαμορφώσεις ενδογενών σεναρίων βελτιστοποίησης (διαφορετικών των σεναρίων εξέλιξης της απορροής), υπό την μορφή αλληπαλλήλων βελτιστοποιήσεων αλλάζοντας κάθε φορά τα μεγέθη του ωφελίμου αποθέματος και της ζήτησης. Θεωρώντας ως βασικό σενάριο κάθε χρονικού ορίζοντα αυτό που αναφέρεται σε ζήτηση με $D=160 \times 10^6 \text{ m}^3$ και ωφέλιμο αρχικό απόθεμα $S_0=25 \times 10^6 \text{ m}^3$, μελετήθηκαν και τα σενάρια που αφορούσαν σε ορισμένες παραλλαγές αυτών των τιμών στο $\pm 10\%$ και $\pm 50\%$, συνδυαστικά. Έτσι, για κάθε χρονικό

ορίζοντα προέκυψαν 25 διαφορετικές παραλλαγές (Πίνακας 7.7), εφαρμόζοντας για κάθε μια από αυτές βελτιστοποίηση. Τα αποτελέσματα όλων των βελτιστοποιήσεων κάθε χρονικού ορίζοντα που αφορούν τα δύο κριτήρια που έχουν τεθεί, παρουσιάζονται πινακοποιημένα στο παράρτημα Α.

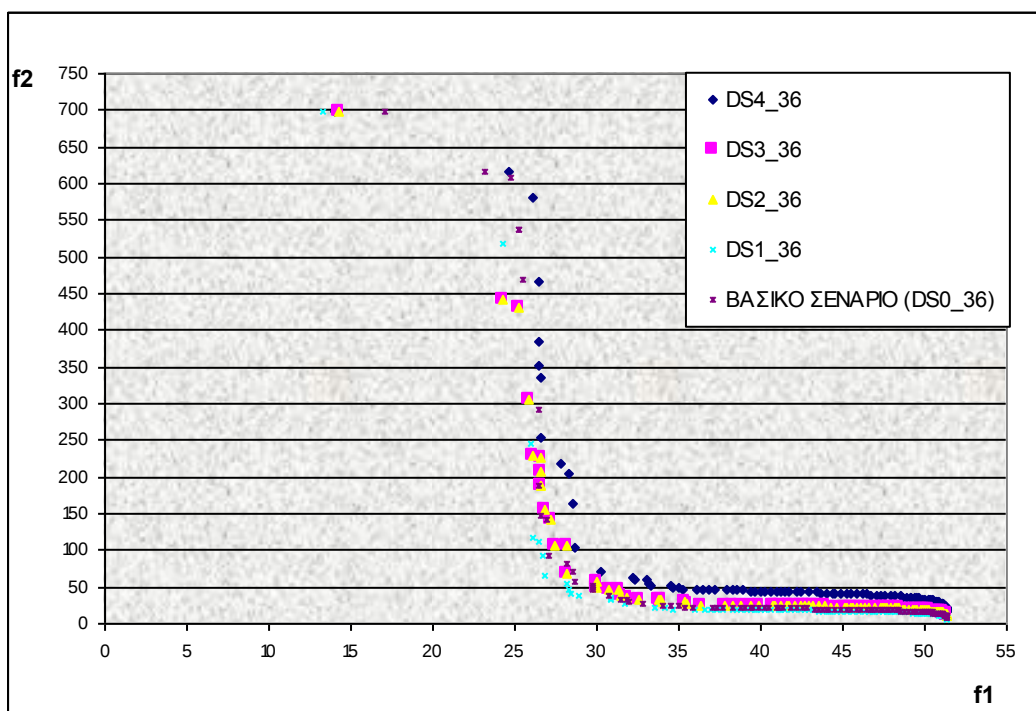
Πίνακας 7.7: Περιγραφή σεναρίων βελτιστοποίησης

ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ		6 ΜΗΝΕΣ	12 ΜΗΝΕΣ	24 ΜΗΝΕΣ	36 ΜΗΝΕΣ
ΖΗΤΗΣΗ (10 ⁶ m ³)	ΑΡΧΙΚΟ ΩΦΕΛ. ΑΠΟΘΕΜΑ (10 ⁶ m ³)	ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΕΝΑΡΙΟ	ΣΕΝΑΡΙΟ
160	25	DS0_6	DS0_12	DS0_24	DS0_36
160	27.5	DS1_6	DS1_12	DS1_24	DS1_36
160	22.5	DS2_6	DS2_12	DS2_24	DS2_36
160	37.5	DS3_6	DS3_12	DS3_24	DS3_36
160	12.5	DS4_6	DS4_12	DS4_24	DS4_36
176	25	D1S0_6	D1S0_12	D1S0_24	D1S0_36
144	25	D2S0_6	D2S0_12	D2S0_24	D2S0_36
240	25	D3S0_6	D3S0_12	D3S0_24	D3S0_36
80	25	D4S0_6	D4S0_12	D4S0_24	D4S0_36
176	27.5	D1S1_6	D1S1_12	D1S1_24	D1S1_36
176	22.5	D1S2_6	D1S2_12	D1S2_24	D1S2_36
176	37.5	D1S3_6	D1S3_12	D1S3_24	D1S3_36
176	12.5	D1S4_6	D1S4_12	D1S4_24	D1S4_36
144	27.5	D2S1_6	D2S1_12	D2S1_24	D2S1_36
144	22.5	D2S2_6	D2S2_12	D2S2_24	D2S2_36
144	37.5	D2S3_6	D2S3_12	D2S3_24	D2S3_36
144	12.5	D2S4_6	D2S4_12	D2S4_24	D2S4_36
240	27.5	D3S1_6	D3S1_12	D3S1_24	D3S1_36
240	22.5	D3S2_6	D3S2_12	D3S2_24	D3S2_36
240	37.5	D3S3_6	D3S3_12	D3S3_24	D3S3_36
240	12.5	D3S4_6	D3S4_12	D3S4_24	D3S4_36
80	27.5	D4S1_6	D4S1_12	D4S1_24	D4S1_36
80	22.5	D4S2_6	D4S2_12	D4S2_24	D4S2_36
80	37.5	D4S3_6	D4S3_12	D4S3_24	D4S3_36
80	12.5	D4S4_6	D4S4_12	D4S4_24	D4S4_36

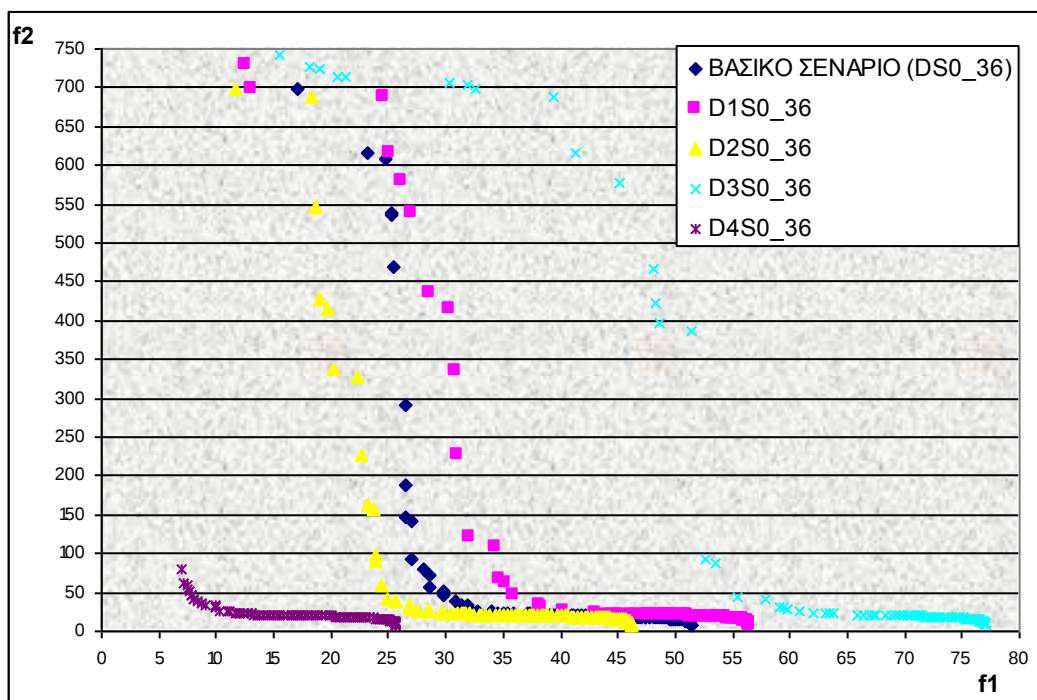
Με αυτό τον τρόπο δημιουργήσαμε ένα διευρυμένο σύνολο λύσεων για κάθε χρονικό ορίζοντα, όπου σε κάθε σενάριο αυτού αντιστοιχεί ένα μέτωπο Pareto. Η παραπάνω διερεύνηση μας βοηθάει να κατανοήσουμε τη συμπεριφορά του ταμιευτήρα, πέρα από το βασικό σενάριο το οποίο διαθέτουμε, και για τις ενδεχόμενες παραλλαγές στη λήψη απόφασης για μια απόληψη-στόχο στις διάφορες αρχικές καταστάσεις του ταμιευτήρα. Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι λύσεις στο χώρο των κριτηρίων, για το χρονικό ορίζοντα των 36 μηνών, του βασικού σεναρίου (Σχ.7.7), κρατώντας την ζήτηση σταθερή και αλλάζοντας τις τιμές του αρχικού ωφέλιμου αποθέματος στο 1.1S, 0.9S, 1.5S και 0.5S (Σχ.7.8), ενώ τέλος κρατώντας το ωφέλιμο απόθεμα σταθερό και αλλάζοντας τη ζήτηση με παρόμοιο τρόπο με το ωφέλιμο απόθεμα (Σχ.7.9).



Σχήμα 7.7: Μέτωπο Pareto χρονικού ορίζοντα τριών ετών



Σχήμα 7.8: Μέτωπα Pareto σταθερής ζήτησης



Σχήμα 7.9: Μέτωπα Pareto σταθερού ωφέλιμου αποθέματος

Με μια πρώτη προσέγγιση των αποτελεσμάτων και όπως παρουσιάζονται στα σχήματα αρχικά έχουμε να παρατηρήσουμε ότι ορισμένες τιμές του κριτηρίου της συγκέντρωσης χλωροφύλλης είναι πολύ μεγάλες έως εξωπραγματικές και θα πρέπει να τις αποκλείσουμε. Οι κατευθύνσεις της ποιοτικής παραμέτρου επιδιώκουν την όσο το δυνατό μικρότερη τιμή του κριτηρίου, για να είναι αποδεκτό και κατ' επέκταση το υδάτινο σώμα να χαρακτηρίζεται καλής ποιότητας. Οι παρατηρούμενες μεγάλες τιμές της χλωροφύλλης εμφανίζονται στην προσπάθεια για εύρεση της βέλτιστης επιθυμητής λύσης του κριτηρίου 1, που το οδηγεί σε μικρές τιμές αλλά αυτό εξωθεί στα ύψη τη χλωροφύλλη.

Το σχόλιο αναφορικά με το Σχήμα 7.8, όπου μεταβάλλεται το αρχικό ωφέλιμο απόθεμα (για μικρές ομολογουμένως μεταβολές) ενώ η ζήτηση παραμένει ίδια, επικεντρώνεται στο ότι τα μέτωπα Pareto που σχηματίζονται για κάθε σενάριο δεν διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό και κατ' επέκταση οι βέλτιστες λύσεις των κριτηρίων δεν διαφέρουν πολύ, με συνέπεια μικρές μεταβολές στο αρχικό ωφέλιμο απόθεμα να μην επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τις βέλτιστες λύσεις. Αντίθετα, αν παρατηρήσουμε το Σχήμα 7.9, διαπιστώνουμε ότι η ζήτηση είναι καθοριστικός παράγοντας στην παραγωγή βέλτιστων λύσεων καθώς τα μέτωπα Pareto που σχηματίζονται διαφέρουν πολύ. Αποδεικνύεται επομένως ο ισχυρισμός ότι στη διαχείριση ταμιευτηρίων, η τιμή της ζήτησης επηρεάζει σημαντικά το σύστημα και είναι κατευθυντήριος μοχλός για την περαιτέρω πορεία του. Το βασικό σενάριο που ισχύει στο ταμιευτήρα Πλαστήρα αποτελεί μια μέση οδό όπως φαίνεται και στο σχήμα.

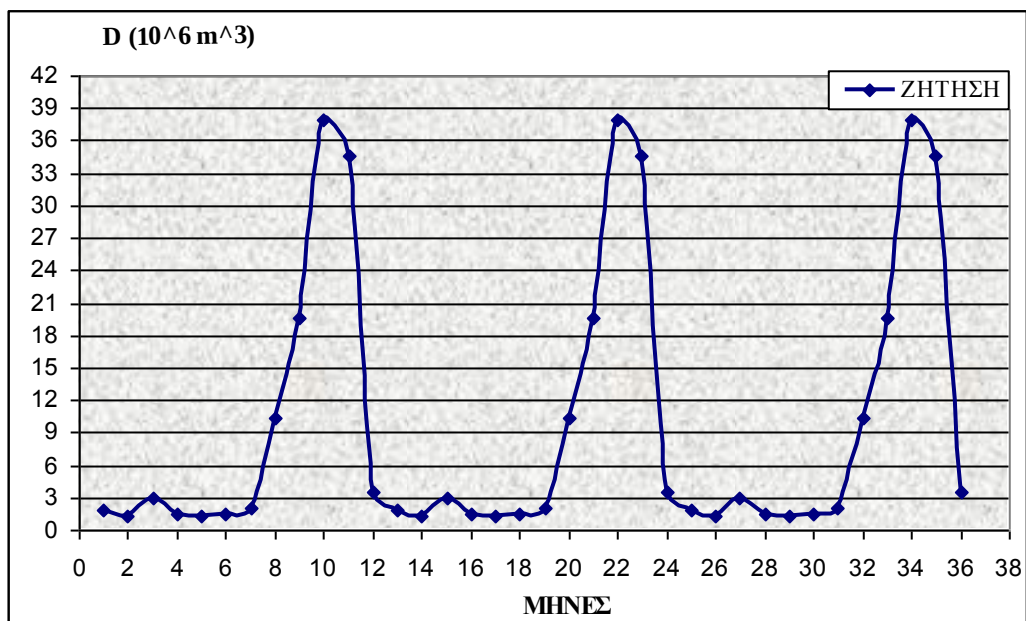
Τα αποτελέσματα σε κάθε είδους μελέτη ή εφαρμογή δεν μπορείς να τα χρησιμοποιήσεις άκριτα χωρίς κανενός είδους επαλήθευση και έλεγχο σε πραγματικές συνθήκες υλοποίησης. Επομένως τα αποτελέσματα τίθενται υπό αμφισβήτηση έως ότου αποδειχθεί εμπράκτως και με παραδείγματα ότι πράγματι αντιπροσωπεύουν την καλύτερη διαχείριση του έργου.

Ο έλεγχος των βελτιστοποιήσεων που εφαρμόστηκαν σε αυτή την εργασία, έγινε για το βασικό σενάριο όλων των χρονικών οριζόντων. Εφαρμόστηκε η διαδικασία της προσομοίωσης για 5 πραγματοποιήσεις της συνθετικής χρονοσειράς κάθε χρονικού ορίζοντα, καθώς και της ιστορικής χρονοσειράς. Προηγουμένως, για κάθε χρονικό ορίζοντα υπολογίσαμε στη διαδικασία της βελτιστοποίηση τις απολήψεις-στόχους ως μέσο όρο των αθροισμάτων της μηνιαίας απόληψης-στόχου ανηγμένων στο έτος. Έτσι, για χρονικό ορίζοντα 6 μηνών υπολογίσαμε απόληψη στόχο την τιμή $146,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ για χρονική κλίμακα, για ορίζοντα 12 μηνών αντίστοιχα απόληψη στόχο $127,7 \times 10^6 \text{ m}^3$, για 24 μήνες απόληψη στόχο $118,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ και για 36 μήνες $118,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ το χρόνο. Με την προσομοίωση εξετάσαμε αν ικανοποιούνται οι απολήψεις αυτές και σε ποιο βαθμό. Ενδεικτικά στον πίνακα παρουσιάζονται η προσομοίωση χρονικού ορίζοντα 36 μηνών για μια πραγματοποίηση της συνθετικής χρονοσειράς.

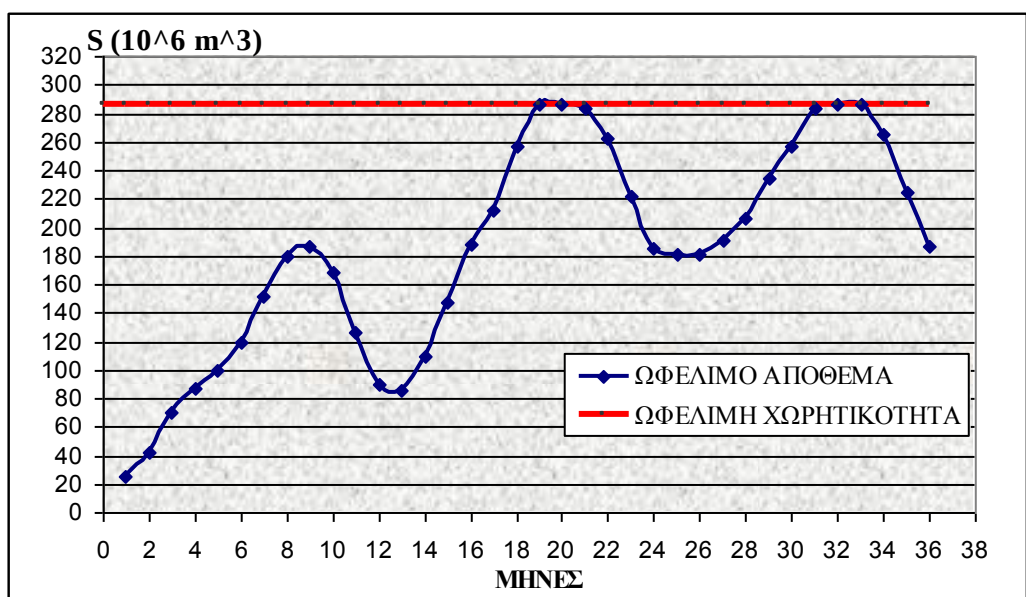
Πίνακας 7.8: Προσομοίωση συνθετικής χρονοσειράς

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sj	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	18.3	141.7	68.4	0	0.015	1.77	25	10.7	44.09	0	1.77	0	1.77
1	2	27.9	178.2	36.6	0	0.011	1.30	42.32	13.09	72.12	0	1.30	0	3.07
1	3	15.7	213.0	15.1	0	0.025	2.96	70.81	16.22	89.72	0	2.96	0	6.03
1	4	11.9	174.6	7.1	0	0.012	1.42	86.76	17.62	101.61	0	1.42	0	7.45
1	5	18.5	142.7	10.5	0	0.011	1.30	100.19	18.65	121.20	0	1.30	0	8.75
1	6	30.8	151.1	25.5	0	0.012	1.42	119.90	19.97	153.22	0	1.42	0	10.17
1	7	28.8	119.3	57.8	0	0.017	2.01	151.80	21.84	181.94	0	2.01	0	12.17
1	8	18.5	70.5	112.8	0	0.088	10.40	179.93	23.50	197.42	0	10.40	0	22.58
1	9	3.1	39.8	154.1	0	0.166	19.62	187.02	23.95	187.36	0	19.62	0	42.20
1	10	0.0	19.2	180.8	0	0.321	37.94	167.74	22.76	164.06	0	37.94	0	80.14
1	11	0.9	30.2	166.8	0	0.292	34.51	126.12	20.35	124.21	0	34.51	0	114.65
1	12	0.9	48.2	114.5	0	0.03	3.55	89.69	17.86	89.36	0	3.55	0	118.20
2	1	24.6	141.7	68.4	0	0.015	1.77	85.81	17.55	111.72	0	1.77	0	1.77
2	2	36.4	178.2	36.6	0	0.011	1.30	109.95	19.32	149.12	0	1.30	0	3.07
2	3	38.9	213.0	15.1	0	0.025	2.96	147.82	21.61	191.01	0	2.96	0	6.03
2	4	21.0	174.6	7.1	0	0.012	1.42	188.05	24.02	213.09	0	1.42	0	7.45
2	5	43.4	142.7	10.5	0	0.011	1.30	211.67	25.73	258.51	0	1.30	0	8.75
2	6	36.4	151.1	25.5	0	0.012	1.42	257.21	30.33	297.41	0	1.42	9.69	10.17
2	7	30.2	119.3	57.8	0	0.017	2.01	286.30	34.59	318.66	0	2.01	30.35	12.17
2	8	9.0	70.5	112.8	0	0.088	10.40	286.30	34.59	293.87	0	10.40	0	22.58
2	9	2.0	39.8	154.1	0	0.166	19.62	283.47	34.12	281.59	0	19.62	0	42.20
2	10	3.3	19.2	180.8	0	0.321	37.94	261.96	30.94	260.27	0	37.94	0	80.14
2	11	1.0	30.2	166.8	0	0.292	34.51	222.33	26.63	219.68	0	34.51	0	114.65
2	12	0.9	48.2	114.5	0	0.03	3.55	185.16	23.83	184.48	0	3.55	0	118.20
3	1	0.0	141.7	68.4	0	0.015	1.77	180.94	23.56	182.66	0	1.77	0	1.77
3	2	8.5	178.2	36.6	0	0.011	1.30	180.89	23.56	192.68	0	1.30	0	3.07
3	3	12.6	213.0	15.1	0	0.025	2.96	191.38	24.24	208.80	0	2.96	0	6.03
3	4	25.8	174.6	7.1	0	0.012	1.42	205.85	25.28	235.86	0	1.42	0	7.45
3	5	20.5	142.7	10.5	0	0.011	1.30	234.44	27.77	258.59	0	1.30	0	8.75
3	6	23.7	151.1	25.5	0	0.012	1.42	257.29	30.34	284.84	0	1.42	0	10.17
3	7	14.7	119.3	57.8	0	0.017	2.01	283.43	34.11	300.23	0	2.01	11.92	12.17
3	8	11.3	70.5	112.8	0	0.088	10.40	286.30	34.59	296.13	0	10.40	0	22.58
3	9	3.4	39.8	154.1	0	0.166	19.62	285.73	34.49	285.22	0	19.62	0	42.20
3	10	2.4	19.2	180.8	0	0.321	37.94	265.60	31.43	262.90	0	37.94	0	80.14
3	11	0.6	30.2	166.8	0	0.292	34.51	224.96	26.86	221.87	0	34.51	0	114.65
3	12	0.4	48.2	114.5	0	0.03	3.55	187.36	23.98	186.17	0	3.55	0	118.20

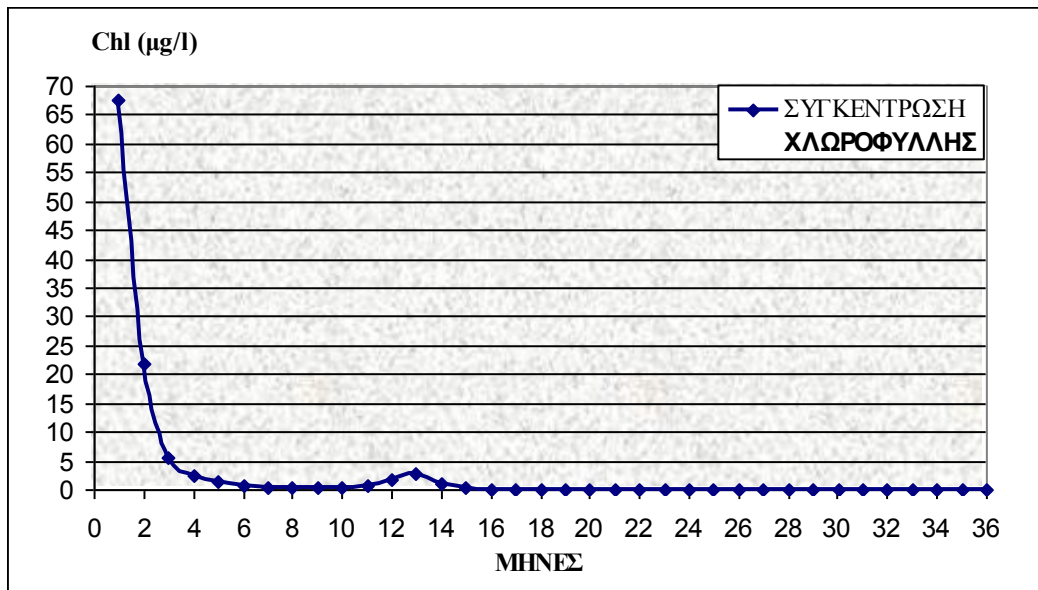
Στον πίνακα αυτό παρατηρούμε ότι η απόληψη στο τέλος κάθε υδρολογικού έτους είναι όσο ορίσαμε ότι είναι η ζήτηση και όσο προκύπτει από τη βελτιστοποίηση για να είναι λειτουργικό και ορθολογικά εξελισσόμενο το υδροσύστημα. Κατ' αυτόν τον τρόπο εφαρμόζονται οι προσομοιώσεις και άλλων σεναρίων του ιδίου και των υπολοίπων χρονικών οριζώντων με τα αποτελέσματα να πιστοποιούν την ορθότητα των βελτιστοποιήσεων. Τέλος παρουσιάζονται τα διαγράμματα της προβολής σε ορίζοντα 36 μηνών της ζήτησης, του ωφέλιμου αποθέματος και της χλωροφύλλης για μια υλοποίηση της συνθετικής χρονοσειράς.



Σχήμα 7.10: Προβολή ζήτησης



Σχήμα 7.11: Προβολή ωφέλιμου αποθέματος



Σχήμα 7.12: Προβολή χλωροφύλλης

8 Συμπεράσματα

Η στοχευμένη διαχείριση η οποία υλοποιείται έχοντας ως εργαλείο την πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση, δίνει εναλλακτικές επιλογές και δράσεις υπό το πρίσμα μιας μεθοδευμένης και οργανωμένης προσπάθειας διαχείρισης των υδάτων ενός ταμιευτήρα. Στην αντίπερα όχθη μια αλόγιστη διαχείριση υδάτων σε έναν ταμιευτήρα και η απλή προσπάθεια ικανοποίησης της ζήτησης επιφέρει αλλοιώσεις τόσο στο υδάτινο και φυσικό περιβάλλον. Αυτό μπορεί στις μέρες μας να παρομοιαστεί με την κρίση που βιώνει το χρηματοπιστωτικό σύστημα.

Η πορεία προς την υλοποίηση του παραπάνω εγχειρήματος δεν ήταν ευθεία γραμμή αλλά ορισμένες φορές τεθλασμένη λόγω των δυσκολιών που αντιμετωπίσαμε προχωρώντας σταδιακά προς τον τελικό στόχο. Μια από τις πρώτες παρακάμψεις αναφέρεται στις χρονοσειρές. Η δυσκολία εύρεσης μακρών χρονοσειρών στον ελλαδικό χώρο αποτελεί τροχοπέδη για τον υπολογισμό με ακρίβεια συνθετικών χρονοσειρών με μορφή πρόβλεψης και προβολή στο μέλλον των μεγεθών στα οποία αναφέρονται. Η στατιστική είναι ένας καλός τρόπος για να χειριστεί κάποιος τις χρονοσειρές είτε να συμπληρώσει στοιχεία που λείπουν είτε να τις επεκτείνει. Αλλά όσο μικρότερη είναι η χρονοσειρά που διαθέτουμε από τα ιστορικά δεδομένα, ενέχει και τον κίνδυνο να αποκλίνει από την πραγματικότητα.

Η ποιοτική παράμετρος του νερού που εξετάζεται παράλληλα με αυτή της απόληψης στο παρόν τεύχος, αποτελεί άλλη μια εκτροπή τη πορείας για να ανεύρεση βέλτιστων τιμών. Η περιγραφή της ποιοτικής διάστασης του νερού αποτελεί από μόνη της μια δύσκολη έννοια και έχει πολλές συνιστώσες που την περιγράφουν. Είναι δύσκολο να εστιάσει κανείς την προσοχή του σε μια ή δύο παραμέτρους που χαρακτηρίζουν την ποιότητα των υδάτων και να αμελήσει τις υπόλοιπες. Ως ποιότητα θα μπορούσαμε να ορίσουμε τα χαρακτηριστικά εκείνα του νερού που ικανοποιούν ορισμένες προδιαγραφές, σε σχέση με αυτούς του που το καταναλώνουν ή το χρησιμοποιούν. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας η ποιότητα ορίστηκε μονοσήμαντα από τη συγκέντρωση χλωροφύλλης στο νερό η οποία θεωρήθηκε ένας καλός και αντιπροσωπευτικός δείκτης ποιότητας.

Ειδικότερα για τον ταμιευτήρα Πλαστήρα και σε ό,τι αφορά τις χρονοσειρές που διαθέτουμε, αυτές σχεδόν ταυτίζονται με το χρόνο ζωής του ταμιευτήρα (40 έτη περίπου), ενώ αναφορικά με την περιγραφή του δείκτη ποιότητας δεν διαθέτουμε κανένα απολύτως δεδομένο. Αυτό το γεγονός αποτέλεσε κομβικό σημείο το οποίο προσπεράσανε χρησιμοποιώντας το μοντέλο EUTRO-SEL το οποίο μας παρέχει τιμές χλωροφύλλης για μια οκταετή διάρκεια προσομοίωσης του ταμιευτήρα Πλαστήρα. Για την επέκταση του δείγματος αυτού αρχικά δοκιμάστηκε η μέθοδος της απλής γραμμικής παλινδρόμησης χωρίς ωστόσο να δώσει τα αναμενόμενα αποτελέσματα, οπότε, εναλλακτικά, χρησιμοποιήθηκε η λογαριθμική παλινδρόμηση.

Η παλινδρόμηση αυτή πραγματοποιήθηκε αρκετές φορές δοκιμάζοντας διάφορες ανεξάρτητες μεταβλητές που επεξηγούν την διακύμανση της χλωροφύλλης στα πλαίσια πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, καθώς επίσης και διάφορες εκδοχές μεταβολής της ζητούμενης σχέσης εντός του υδρολογικού έτους (ανά μήνα, ανά 3 μήνες, ανά 6 μήνες). Η τελική επιλογή αφορά τη συσχέτιση της χλωροφύλλης με τις απολήψεις και το απόθεμα του ταμιευτήρα, για δυο εποχές (Απρ-Σεπ. και Οκτ-Μαρ) που εφαρμόστηκε στην πολυκριτηριακή

βελτιστοποίηση. Η καταστάλαξη σε αυτή την επιλογή, έγινε με βάση τους σχετικά υψηλούς συντελεστές συσχέτισης, οι οποίοι προήλθαν μετά από απλοποίηση του ήδη μικρού δείγματος, αλλά συνυπολογίζοντας και την προτίμηση περιορισμού των παραμέτρων των σχέσεων παλινδρόμησης.

Η απλοποίηση που έλαβε χώρα σε αυτό το στάδιο της εργασίας, είναι μια από τις παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν ούτως ώστε να μπορέσουμε να προσεγγίσουμε την τιμή της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης, για την οποία αντιμετωπίσαμε το μεγαλύτερο πρόβλημα λόγω έλλειψης στοιχείων. Άλλη μια παραδοχή και συνάμα μοναδική πηγή λήψης δεδομένων αποτέλεσε η εξαγωγή των «μετρημένων» τιμών της χλωροφύλλης από το διάγραμμα του μοντέλου EUTRO-SEL που προκύπτει από τις ημερήσιες τιμές της χλωροφύλλης κατά τη διάρκεια της οκταέτους προσομοίωσης που εφαρμόστηκε στο παρελθόν. Η ψηφιοποίηση του διαγράμματος προσέδωσε στη χλωροφύλλη τιμές, που χρησιμοποιήθηκαν στη συσχέτιση, με προσεγγιστικό τρόπο και οι οποίες ήδη προέρχονταν από την εφαρμογή κάποιου μοντέλου και όχι από λήψη δεδομένων.

Το αποτέλεσμα της πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης δεν είναι μονοσήμαντο αλλά αφορά σύνολο λύσεων (Pareto βέλτιστων). Μπορεί να ερμηνευτεί ποικιλοτρόπως και σύμφωνα με αυτό να εφαρμοστούν δράσεις ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις επιταγές των εποχών. Επί παραδείγματι, η αντιμετώπιση μιας ενδεχόμενης ξηρασίας θα οδηγήσει σε μια διαχείριση των αποθεμάτων του ταμιευτήρα που θα επικεντρώνεται στον περιορισμό των απολήψεων, με αποτέλεσμα η ψαλίδα ζήτηση – απόληψης στόχου να ανοίγει. Εάν οι προσδοκίες είναι αντίθετες, δηλαδή μας ενδιαφέρει να ικανοποιήσουμε όσο το δυνατό περισσότερο τη ζήτηση αυξάνοντας την απόληψη, θα οδηγηθούμε προς την αντίθετη γειτονία λύσεων.

Σε καθαρά διερευνητικό επίπεδο εξετάστηκε ο ταμιευτήρας Πλαστήρα σε τέσσερις διαφορετικούς χρονικούς ορίζοντες αλλά και σε διάφορες εκδοχές αυτών. Εκδοχές που διαμορφώθηκαν από τις υποθετικές διαφοροποιήσεις στη ζήτηση και το αρχικό ωφέλιμο απόθεμα του ταμιευτήρα, με σκοπό να αναλύσουμε την συμπεριφορά του ως προς αυτές. Η επίδραση του χρονικού ορίζοντα στην βέλτιστη τιμή της απόληψης στόχου, αναλύθηκε μέσα από την προσέγγιση του βασικού σεναρίου, όπου και υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές των απολήψεων στόχου σε κάθε ορίζοντα χρόνου. Παρατηρούμε ότι για μικρό χρονικό ορίζοντα η απόληψη στόχου είναι μεγάλη ($146,6 \times 10^6 \text{ m}^3$) και προσεγγίζει τη ζήτηση, ενώ όσο μεγαλώνει ο χρονικός ορίζοντας η απόληψη στόχου μειώνεται. Αυτή η επισήμανση μεταφράζεται από τη ικανότητα του ταμιευτήρα να καλύπτει μια εφήμερη μεγάλη ζήτηση, αλλά σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου αυτή η ικανότητα σταδιακά φθίνει. Σε μεγαλύτερους χρονικούς ορίζοντες (24 και 36 μήνες) η απόληψη στόχος παίρνει τιμές που προσεγγίζουν αυτή των $118 \times 10^6 \text{ m}^3$, γεγονός που φανερώνει μια σταθεροποίηση σε αυτή την τιμή, ως βέλτιστη απόληψη στόχος.

Η εξέταση των διαφόρων σεναρίων που μελετήθηκαν στον ταμιευτήρα, έγινε για λόγους ανάλυσης της συμπεριφοράς του συστήματος του ταμιευτήρα Πλαστήρα σε ενδεχόμενες καταστάσεις και διαφορετικές συνθήκες αυτού. Για όλους τους χρονικούς ορίζοντες συνάγομε την ίδια διαπίστωση που αποτελεί και λογική σκέψη εάν τεθεί σε έναν πρόχειρο προβληματισμό. Το χειρότερο σενάριο κατάστασης του ταμιευτήρα είναι εκείνο κατά το οποίο διαθέτουμε το μικρότερο απόθεμα με την μεγαλύτερη ζήτηση (σενάριο D3S4), ενώ αντιστοίχως το καλύτερο σενάριο κατάστασης ταμιευτήρα είναι όταν διαθέτουμε μεγάλο απόθεμα με μικρή ζήτηση (σενάριο D4S3). Γενικά όλα εκείνα τα σενάρια που έχουν μεγάλες τιμές της ζήτησης ή αντίστοιχα μικρές τιμές του αποθέματος υστερούν έναντι των υπόλοιπων.

Συγκριτικά με το βασικό σενάριο έχουμε να παρατηρήσουμε ότι εκείνα τα σενάρια που έχουν μεγαλύτερη τιμή ζήτησης από αυτό χαρακτηρίζονται χειρότερα σενάρια στη υποτιθέμενη

κατάταξη αξιολόγησης, ενώ εκείνα που η τιμή της ζήτησης έχει μικρότερη τιμή από αυτή του βασικού σεναρίου είναι ψηλά στη λίστα αξιολόγησης. Αναδεικνύουμε επομένως, τον εξέχοντα ρόλο της ζήτησης στο σύστημα του ταμιευτήρα, καθώς έστω και ελάχιστες διαφοροποιήσεις αυτής αλλάζουν την κατεύθυνση και την ισορροπία του ταμιευτήρα. Μια γενικότερη παρατήρηση στον σχολιασμό των διάφορων σεναρίων, εστιάζεται στο γεγονός ότι μικρές παραλλαγές στις τιμές του αρχικού ωφέλιμου αποθέματος δεν επιφέρουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα σχηματιζόμενα μέτωπα Pareto. Αντίστοιχες παραλλαγές στις τιμές της ζήτησης δημιουργούν σημαντικά διαφοροποιημένα μέτωπα Pareto.

Η περιγραφή της κατάστασης του ταμιευτήρα από την σκοπιά που την εξετάζει αυτή η εργασία προσεγγίζει την πραγματικότητα αλλά δεν είναι ταυτόσημη με αυτή. Οι λόγοι είναι αρκετοί και αναφέρθηκαν σε παραπάνω παραγράφους και αφορούν πρωτίστως την συνεισφορά της συνιστώσας της ποιότητας στο πρόβλημα. Η παραδοχή της πλήρους περιγραφής της από την συγκέντρωση της χλωροφύλλης, είναι ο κύριος λόγος καθώς η πραγματικότητα είναι αρκετά πιο πολύπλοκη. Η έλλειψη ικανών και αναγκαίων στοιχείων, δεδομένων να την περιγράψουν οδήγησε σε αυτές τις παραδοχές. Σύμφωνα με τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτή η επιτακτική ανάγκη συλλογής και λήψης δεδομένων που θα περιγράψουν την ποιότητα, όχι μονοσήμαντα αλλά εισάγοντας στον ορισμό της και άλλες παραμέτρους, όπως μετρήσεις του διαλυμένου οξυγόνου, φωσφόρου, αζώτου και του οργανικού άνθρακα. Υπό αυτές τις συνθήκες θα έχουμε μια ολοκληρωμένη αποτύπωση της πραγματικής κατάστασης, ώστε να εφαρμόσουμε πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση, για να αναπτύξουμε ανάλογες δράσεις ορθολογικής και ελεγχόμενης διαχείρισης στο υπό μελέτη σύστημα.

Αναφορές

Στην ελληνική γλώσσα

- Ανδρεαδάκης Α., Αφραταίος Χ., *Μελέτη του Φαινομένου του Ευτροφισμού με Εφαρμογή στη Λίμνη Παμβώτιδα*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1986.
- Ανδρεαδάκης Α., Γαβαλάκη Ε., Νουτσόπουλος Κ. *Μαθηματική Προσομοίωση Ποιοτικών Χαρακτηριστικών Τεχνητής Λίμνης Σχινιά στα πλαίσια της Μελέτης Προέγκρισης και Χωροθέτησης Κέντρου Κωπηλασίας και Κανώ στο Σχινιά Αττικής*, Αθήνα, 1997.
- Γεωργόπουλος, Ε. και Λυκοθανάσης, Σ., *Εισαγωγή στους Γενετικούς Αλγορίθμους*, Εκπαιδευτικές σημειώσεις, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πατρα, 1999.
- Ευστρατιάδης, Α., και Δ. Κουτσογιάννης, Κασταλία: Σύστημα στοχαστικής προσομοίωσης υδρολογικών μεταβλητών, *Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τεύχος 9, 70 σελίδες, Αθήνα, Δεκέμβριος 2000.
- Ευστρατιάδης, Α., Κουκουβίνος, Α., Κουτσογιαννης, Δ. και Μαμασης, Ν., *Διερεύνηση των Δυνατοτήτων Διαχείρισης και Προστασίας της Ποιότητας της Λίμνης Πλαστήρα Τεύχος 2:Υδρολογική Μελέτη*, Ερευνητικό Έργο, Τομέας Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2002.
- Ευστρατιάδης, Α. και Κουτσογιαννης, Δ., *Πολυκριτηριακή Βελτιστοποίηση*, Εκπαιδευτικές σημειώσεις, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004.
- Ευστρατιάδης, Α., Κουτσογιαννης, Δ. και Κοζάνης Σ., *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων Σε Σύζευξη Με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα Οδυσσεύς Τευχος 3*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2005.
- Κουτσογιαννης, Δ., *Διερεύνηση των Δυνατοτήτων Διαχείρισης και Προστασίας της Ποιότητας της Λίμνης Πλαστήρα Τεύχος 3:Μελέτη Ποιότητας Νερού*, Ερευνητικό Έργο, Τομέας Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2002.
- Κουτσογιάννης, Δ., *Στατιστική Υδρολογία*, Έκδοση 4, 312 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997.
- Ναλμπάντης, Ι., *Προστασία και Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, Εκπαιδευτικές σημειώσεις, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2007.

- Ναλμπάντης, Ι., και Δ. Κουτσογιάννης, Τελική Έκθεση, *Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδρολογικής πληροφορίας της Θεσσαλίας*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τεύχος 4, 78 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάρτιος 1997.
- Ξανθοπούλου, Ε., Ν. Μαμάσης, Αναστασοπούλου, και Αλεξοπούλου, Επικαιροποίηση υδρομετεωρολογικών δεδομένων, *Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδρολογικής πληροφορίας της Θεσσαλίας*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τεύχος 1, 240 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάρτιος 1997.
- Ομάδα ερευνητικού έργου ΥΒΕΤ96, *Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας, Ταξινόμηση ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων των υδατικών πόρων με βάση τις αποδελτιωμένες μελέτες του ΥΒΕΤ, με χρήση συστημάτων γεωγραφικής πληροφορίας*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Υπουργείο Ανάπτυξης, Αθήνα, Νοέμβριος 1996.
- ΥΒΕΤ, Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων, *Συνοπτική έκθεση για τους υδατικούς πόρους*, Αθήνα, 1989.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, ΕΥΔΕ Αχελώου, Μελέτη υδατικών συστημάτων, Παρλαρτημα Α της Συνολικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων της εκτροπής Αχελώου, ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα, 1996.
- Χατζημπιρος, Κ., *Οικολογία, Οικοσυστήματα και Προστασία του Περιβάλλοντος*, Έκδοση Β', Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 2003.

Ξενόγλωσσες

- Abraham A., Jain, L. and Goldberg R., *Evolutionary multi-objective optimization: theoretical advances and applications*, World Scientific, 1999.
- Box, G. E., and G. M. Jenkins, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Holden Day, 1970.
- Bras, R. L., and I. Rodriguez-Iturbe, *Random Functions and Hydrology*, Dover Publications, 1993.
- Chow, V.T., D.R. Maidment and L.W. Mays, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, 1988.
- Evans, T. E., *The effects of changes in the world hydrological cycle on availability of water resources, Global climate Change and Agricultural Production: Direct and Indirect Effects of Changing Hydrological, Pedological and Plant Physiological Processes*, edited by F. Bazaaz and W. Sombroek, Chapter 2, FAO and John Wiley, Chichester, West Sussex, UK, 1996.
- Fowler, H., Kilsby, C. and O'Connell, P., *Modeling the impacts of climatic change and variability on the reliability, resilience, and vulnerability of a water resource system*, School of Civil Engineering and Geosciences, University of Newcastle, UK, 2003.
- Kalyanmoy D., *Multi-objective optimization using evolutionary algorithms*, John Wiley & Sons, 2001.
- Koutsyiannis, D., *A generalized mathematical framework for stochastic simulation and forecast of hydrologic time series*, *Water Resources Research*, 1519-1534, Athens, 2000.
- Koutsyiannis, D., *Climate change, the Hurst phenomenon, and hydrological statistics*, *Hydrological Sciences Journal*, 3-24, 2003.

- Koutsoyiannis, D., Stochastic simulation of hydrosystems, *The Encyclopedia of Water*, edited by J. H. Lehr, New York, 2004.
- Larsen D.P., Mercier H.T. and Malreg K.W., *Modeling Algal Growth Dynamics in Shagawa Lake, Minnesota*, *Modeling the Eutrophication Process*, Eds. E.J. Middlebrook, O.H. Falkenberg and T.E. Maloney (Ann Arbor Science), p.p. 15-33, 1974.
- Mandelbrot, B. B., and J. R. Wallis, Computer experiments with fractional Gaussian noises, Parts 1, 2 and 3, *Water Resources Research*, 5(1), 1969.
- Michalewicz, Z., *Genetic algorithms + data structures = evolution programs*, 3rd ed., Berlin, 1996
- O'Connor D.J., Thomann R.V. and Di Toro D.M., *Dynamic Water Quality, Forecasting and Management*, U.S. EPA, Washington D.C., Report EPA 660/3-73-009, 1978.

Παράρτημα Α: Πίνακες

Πίνακας Α.1: Μηνιαία απορροή λίμνης Πλαστήρα (hm³)

Υδρ.ετος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1961-62	8	13.9	12.4	8.1	15.2	47	11.6	5.8	3	0.8	1.3	7.6	134.7
1962-63	17.6	50.8	54.7	41.1	67.9	26	19.3	19.9	5.8	3.3	1.9	0.6	308.9
1963-64	12.7	3.6	43.9	8.5	19.1	24	10.3	9.4	6.8	4	2.6	0.4	145.3
1964-65	5.4	15.2	32.1	19.6	18.3	22.3	28.8	14.5	6.5	2.8	1.1	0.9	167.4
1965-66	0.7	12.9	26.9	33.4	15.2	21.9	14.3	14.2	5.2	0.7	0	2.3	147.7
1966-67	2.4	32.6	32.6	20.7	7.1	11.9	14.2	8.1	2.3	4.3	1.5	1.9	139.6
1967-68	2	3.7	25.7	36.3	32.2	24.8	15.5	12.9	7.9	1.1	0.8	1.1	164
1968-69	6.3	14.3	53.6	29.1	26.4	34.4	12.7	11.7	1.8	1.9	0.3	2.8	195.5
1969-70	0.3	4.8	37.3	40.6	15	25.4	8.3	5.3	6.1	2.8	0.7	1.9	148.6
1970-71	7.3	2.4	17	30	21.8	43.4	29.2	11	2.3	2.9	5.1	1.9	174.1
1971-72	4.1	11.6	14.2	20.2	25.6	29.7	39.3	16.4	2	2.7	2.9	1.9	170.6
1972-73	18.1	8.1	4.7	14.2	35.4	24.9	23.9	17.5	3.3	3.3	3.1	1.2	157.8
1973-74	12	10.6	30	11.6	26.1	28.4	33.8	14.6	3.4	2.6	1.7	0.1	175
1974-75	4.7	10.3	6.1	5.1	12	19.2	12.2	5.7	3	3.1	10.6	0	91.9
1975-76	3.2	8.7	18.1	12.9	22.6	21.9	26.1	12.8	3.1	2.4	2.1	1	134.8
1976-77	3	14.4	32.1	15.5	5.8	4.7	8.8	3.5	1.8	1.2	0	1.9	92.7
1977-78	2.9	6	19.7	20.2	34.1	15.6	23.1	8.5	3.2	2.8	1.5	3.1	140.7
1978-79	4.4	7.3	27.3	32.8	34.2	14.8	27.1	16.5	5.1	2.3	2.8	0	174.5
1979-80	18.6	31.6	26.8	28	13.3	36.9	18.7	18.6	6.3	1.8	0.8	3.1	204.4
1980-81	25.8	14.3	34	10.8	30.6	30.2	21.1	10.6	4	1.6	1.9	1.1	186.1
1981-82	3.4	2.6	29	6.7	9.8	38	40.2	19.5	7.6	3.4	0.6	2.9	163.6
1982-83	2.6	15.3	26.1	4.5	14.5	18.6	11.6	2.5	4.3	5.8	2.5	1	109.3
1983-84	2	11.7	27.9	20.9	18.3	26.8	36.9	22.6	4.5	1.3	1.2	0.7	174.8
1984-85	1.5	3.9	23.3	27.3	16.4	12.3	33.4	2.4	13.8	3.3	1.9	0.4	139.9
1985-86	2.4	15.6	14.8	17.4	31.5	23.5	9.9	8.5	5.1	3.9	1.8	0.5	134.9
1986-87	11.2	6.7	5.3	37.9	18.5	25.4	19.1	13.5	5.1	3.7	0.5	0.5	147.4
1987-88	3.4	13.9	17.8	10.6	13	14.6	9.9	7.6	2.4	1.1	0.3	0.4	95
1988-89	2.9	12.4	16.4	5.4	13.6	31	9.6	5.8	2.8	2.8	0.6	0.5	103.7
1989-90	4.5	4.3	5.7	4.1	5.5	3	5.1	4.5	3.4	1.1	0.7	0.6	42.6
1990-91	0.8	7.4	33	15.8	19.6	21.2	24.7	18.4	4.4	2.2	1.9	0.8	150.3
1991-92	0	5.4	3.4	1	5.7	8.1	30.8	8.4	4.1	3.2	0.9	0.8	71.7
1992-93	1.3	6.7	9.2	7.6	4.3	33	17	15.5	3.3	2.5	0.6	0.8	101.7
1993-94	0.1	10.2	21.5	18.9	27	27.3	20.1	11.6	2.5	3.7	1.1	0	144.1
1994-95	19.6	17.6	16.7	26.2	12.9	21.9	16.3	14.6	2.8	5.7	3.2	4.3	162
1995-96	2.1	4.2	28.5	17.9	40	21.3	18.4	7.6	1.8	4	4.9	2.7	153.5
1996-97	13.7	12.1	38.7	40.7	4.3	13.3	16	29.6	3	1.5	3.2	1.8	178
1997-98	3.9	19.9	30.5	8.1	28.4	9.5	17.1	24.1	4.5	0.2	3.3	1.5	151
1998-99	0.6	18	33.2	9.4	16.9	23.9	21.4	10.3	1.8	3.5	3.6	1	143.7
1999-00	0.9	15.9	17.1	8.5	18.3	14.7	10.5	5.6	2.3	3.1	0	0.5	97.4
2000-01	5.8	0.5	11.9	16.5	15.8	12.9	18	6.9	1.6				
M.O	6.1	12.0	24.0	18.6	20.3	22.7	19.6	11.9	4.1	2.7	1.9	1.4	146.6
T.A	6.4	9.4	12.4	11.5	12.1	9.8	9.1	6.3	2.3	1.3	1.9	1.4	43.8

πηγή: Ευστρατιάδης κ.ά., Υδρολογική μελέτη, 2002

Πίνακας Α.2: Μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης (mm)

Υδρ.έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1960-61	73.2	175.4	291.1	210.6	113.2	166.6	117.7	44.8	27.2	34.1	31.6	21	1306.6
1961-62	198.9	170.3	189.7	160.7	147.5	189.7	90	51	30.8	11.9	11.5	143.4	1395.4
1962-63	262.3	237	266.9	295.6	196.9	158.8	123.1	85.1	42.3	16.2	44.4	19	1747.7
1963-64	239.5	154	209.8	153.5	118.4	244.2	88.2	98.1	53.9	18.4	19.2	102.4	1499.6
1964-65	80	192.4	241.3	173.7	133.7	160.4	132.2	82	77.3	12.3	13.1	18.4	1316.9
1965-66	72.5	180.6	176.1	318.6	110	139.5	100.6	62.6	71.4	8.9	34.8	39.2	1314.9
1966-67	59.2	237	138.1	157.3	104.8	105.8	99.3	59.1	13.6	26.9	18.2	78.9	1098.2
1967-68	58.6	138.6	232.2	240.9	131.3	134.6	89.1	92.1	28.8	8.4	32.5	23	1210.1
1968-69	165.6	173.6	350.3	178.1	152.6	197	86.7	27.3	12.8	8.4	13.4	82.5	1448.3
1969-70	43.1	150.7	276.1	129.1	113	148.6	84.6	52.5	26.5	31.1	41	34.9	1131.3
1970-71	93.7	154.5	162	169.8	149.8	218.3	105.7	21.3	29	17	19.3	51.9	1192.3
1971-72	124.5	157.6	148.9	232.1	157.3	115.9	146.4	38.5	60.7	29.2	47	76.1	1334.2
1972-73	175.6	140.9	100.4	215.5	129.5	208	106.8	20.9	13.8	16.4	50.4	44.9	1223.1
1973-74	194.8	150.9	214.6	76.8	208	106	252.6	68.8	63.1	0	0	87.5	1423.1
1974-75	190.9	186.2	56	5.2	87.9	140.9	90.2	60.2	129.8	7.4	48.1	6.1	1008.9
1975-76	82.9	200.6	176.4	86.8	223.3	113.7	139.6	41.7	26.9	29.5	21.6	11.7	1154.7
1976-77	154.7	174.8	385.8	69.7	58	17.2	38.4	24.6	30.4	0	7.2	65.1	1025.9
1977-78	27	125.2	272.8	249.9	169.4	99.3	141.1	49.2	22.2	0	5.5	172.9	1334.5
1978-79	105.4	156.6	222.2	280.1	226.7	62.5	208.7	172.3	22.6	26.3	17.3	33.6	1534.3
1979-80	386.5	220	232.6	290.8	131.2	150.4	94.1	95.9	37.2	0	18.5	31.5	1688.7
1980-81	404	151.1	239.1	364	154.7	38.8	121	74.5	11.5	6.5	47.8	119.7	1732.7
1981-82	149.6	157.7	328.5	79.3	203.7	335.4	97.1	159.5	18.8	16.2	17.3	58.3	1621.4
1982-83	101.3	212.1	222.3	35	189.2	121.5	41	26.7	203.4	82.6	11.3	35.2	1281.6
1983-84	121.8	222.9	196.9	153.6	214.3	158.3	244.6	82.3	24	20.2	100.1	41.4	1580.4
1984-85	3.2	181.7	270.1	465.9	75.5	555.3	166.2	15.2	16.5	0	3.6	4.2	1757.4
1985-86	213.1	318.4	153	222.4	252.5	173.9	174.9	92.8	94	49.3	36.5	44.3	1825.1
1986-87	282	69.9	123.6	196	87.1	278.2	112	43.5	42.2	0	50.7	0	1285.2
1987-88	120.2	174.7	124.4	127.5	98.5	69.5	38	38.6	15	0	0	0.6	807
1988-89	31	237.5	175.7	17.5	157.5	177.7	71.5	65	14.8	36.1	2.6	21.5	1008.4
1989-90	179.5	102.4	141.4	10.7	43.2	16.7	129.8	139	7	7	139	24.3	940
1990-91	72.5	188	371	158.8	122.8	109.5	182.6	97	7	31.2	38	7.5	1385.9
1991-92	65.5	188.1	80.4	100.7	57.5	100.7	213	96.7	79.5	29.8	7.4	30.3	1049.7
1992-93	167.8	162.7	160	204	160.1	143.5	102.7	98.2	27.2	12.3	10.9	20.2	1269.4
1993-94	59.1	172.8	201.2	167.3	170.7	174.8	119.5	68.7	32.2	32.8	29.1	36.5	1264.6
1994-95	325.1	202.2	174.7	220.6	116.7	148.7	103.3	80	33.1	57.5	37.8	83.9	1583.6
1995-96	87.1	151	247.4	163.4	223.2	146.7	112.8	53.5	27.1	32.9	45	65.4	1355.4
1996-97	251.9	182.3	313	328.9	84.1	106.4	102.5	135.6	32.6	0	37.1	54.1	1628.5
1997-98	112.7	212.6	262.3	94.8	178.8	87	107.4	115.2	39.6	0	37.2	50.1	1297.6
1998-99	65.8	205.6	279.4	104.7	133.5	160.5	126.1	63.3	26.2	25.7	38.7	45.1	1274.6
1999-00	70.4	197.6	179.3	97.4	138.8	113.1	78.7	46.3	30.4	25	21.5	41	1039.5
2000-01	136.2	136.2	144.2	151	127.4	102.7	110.4	51.5	28.1				
M.O	141.7	178.2	213	174.6	142.7	151.1	119.3	70.5	39.8	19.2	30.2	48.2	1334.4
T.A	94.8	41.7	76.5	99.1	50.3	90	48.5	37.1	36.4	17.8	26.3	38.3	246.4

πηγή: Ευστρατιάδης κ.ά., Υδρολογική μελέτη, 2002

Πίνακας Α.3: Μηνιαίο ύψος εξάτμισης (mm)

Υδρ.έτος	Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.	Έτος
1960-61	66.9	34.5	13.4	6.5	8	27.9	78.9	116.4	157.4	183.1	171.2	115.6	979.9
1961-62	64.2	49.7	13.4	10.3	0.4	21.3	56.4	128.6	148.5	192.4	184.1	123.9	993.3
1962-63	67.3	49.5	12.8	16.6	11.2	15.5	51.6	76.2	128.3	173.1	183.4	126	911.4
1963-64	71.9	55.1	27.5	1.8	9.5	34.6	52.7	104.1	151.4	170.8	151.8	108.7	939.9
1964-65	75.1	40.6	20.6	13.9	0	26.6	44	95.2	153.1	194.3	155.4	124.3	943.1
1965-66	59.6	38.4	27.8	4	34.3	16.9	65.4	96.4	151.3	184.4	182.8	108.2	969.3
1966-67	87.9	41.5	17.4	3.5	8.2	30.7	51.8	118.4	135.2	166.5	178.7	102.1	941.8
1967-68	79.2	34.8	12.2	0	16.5	17	69.6	144.1	140	194.5	151	112.6	971.6
1968-69	62	34.1	7.7	3.8	15.2	19.3	43	143.1	177.1	168.1	176.7	121.3	971.2
1969-70	56.1	49.4	12.6	16.2	10.4	33.7	67.7	96.4	152	183.4	201.6	111.1	990.5
1970-71	61.9	39.7	13.5	12.1	3.7	11.1	52.5	147.2	171.6	170.2	188.1	100.8	972.6
1971-72	44.3	22.7	15.2	6	5.9	26.6	65.7	112.2	176.4	176.3	172.6	101.5	925.5
1972-73	51.2	40.5	4.5	0	5	0.2	44.6	131.8	151.7	206.8	154.8	121.6	912.7
1973-74	74.7	30.8	18.8	4	15.3	26.2	43.7	101.2	155	181.9	168	115.1	934.7
1974-75	75.2	31.7	13.1	7.3	3.4	33.1	67.1	118.2	144	174.9	151.6	127.9	947.7
1975-76	73	32.9	9.5	8.8	1.3	21.9	63.4	108	143.8	170	143.2	110.5	886.3
1976-77	71.1	27.5	9	9.7	32.7	36.4	53.8	124.1	157.5	199.5	168.4	104.3	994
1977-78	61.6	50.6	0	1.4	19.3	31.6	50.7	106.2	157.9	183.5	156.9	101.3	920.8
1978-79	60.9	15.6	24	6.7	16.5	41.6	52.2	108.2	161.9	175.2	164.8	118.1	945.7
1979-80	67.7	39.3	22.4	0	5	24.5	49.7	102.3	150.4	186.9	170.7	119.6	938.4
1980-81	72	45.6	10.1	0	7.4	42	58.8	92.1	179.3	180.2	159.2	119.6	966.3
1981-82	88	20.3	21.3	9.9	0.5	20.3	65.4	91.7	163.3	186.2	179.3	131.9	978
1982-83	77.1	23	21	8.6	9.8	32.8	93	134.8	146.1	166.6	146.8	106.7	966.2
1983-84	73.4	30.4	15.2	18.2	13.5	20.4	46.2	110.5	145.8	171.3	142.3	115.2	902.4
M.O	68.4	36.6	15.1	7.1	10.5	25.5	57.8	112.8	154.1	180.8	166.8	114.5	950.1
T.A	10.4	10.4	6.9	5.5	9	9.8	12.2	18.5	12.8	10.9	15.7	9.1	30

πηγή: Ευστρατιάδης κ.ά., Υδρολογική μελέτη, 2002

Πίνακας Α.4: Συντελεστές ανισοκατανομής της ζήτησης

Οκτ.	Νοέ.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αύγ.	Σεπ.
0.012	0.011	0.012	0.017	0.088	0.166	0.321	0.292	0.03	0.015	0.011	0.025

πηγή: Ευστρατιάδης κ.ά., Υδρολογική μελέτη, 2002

Πίνακας Α.8.: Λογαριθμική συσχέτιση ChI, ST, R, Q και Q_{t-1} από την οκταετή προσομοίωση.

ΜΗΝΕΣ	ChI	ST	R	Q	Q_{t-1}	ln(ChI)	ln(ST)	ln(R)	ln(Q)	ln(Q_{t-1})
Ιαν-88	2.8013	278.101	1.9172	10.6	17.8	1.03006932	5.6279844	0.65086579	2.360854	2.87919846
Φεβ-88	1.5156	287.703	1.8777	13	10.6	0.4158114	5.66193023	0.63004762	2.56494936	2.360854
Μαρ-88	0.7023	298.485	1.9029	14.6	13	-0.3533946	5.69872041	0.64337904	2.68102153	2.56494936
Απρ-88	0.2338	309.222	2.2693	9.9	14.6	-1.4531182	5.73405919	0.81947141	2.29253476	2.68102153
Μαϊ-88	0.1137	312.455	8.1734	7.6	9.9	-2.1738401	5.74446107	2.10088498	2.02814825	2.29253476
Ιουν-88	0.0939	302.041	19.97	2.4	7.6	-2.365099	5.71056391	2.99423115	0.87546874	2.02814825
Ιουλ-88	0.1129	277.246	38.1559	1.1	2.4	-2.1816072	5.62490409	3.6416804	0.09531018	0.87546874
Αυγ-88	0.2886	230.638	45.2577	0.3	1.1	-1.2427136	5.44084897	3.81237282	-1.2039728	0.09531018
Σεπ-88	0.7979	190.68	18.3989	0.4	0.3	-0.2257219	5.25059657	2.91229088	-0.9162907	-1.2039728
Οκτ-88	1.5208	185.464	2.9733	2.9	0.4	0.41921021	5.22286185	1.08967245	1.06471074	-0.9162907
Νοε-88	1.553	191.107	1.8191	12.4	2.9	0.44020142	5.2528321	0.59834187	2.51769647	1.06471074
Δεκ-88	1.1431	207.164	3.3569	16.4	12.4	0.13376137	5.33350931	1.21101793	2.79728134	2.51769647
Ιαν-89	0.798	220.342	2.4258	5.4	16.4	-0.2256467	5.39518102	0.88616137	1.68639895	2.79728134
Φεβ-89	0.5092	227.069	1.7625	13.6	5.4	-0.674849	5.42525238	0.56673326	2.61006979	1.68639895
Μαρ-89	0.2741	242.204	1.8689	31	13.6	-1.2943839	5.48977808	0.62535002	3.4339872	2.61006979
Απρ-89	0.1502	263.638	2.3571	9.6	31	-1.8961205	5.57457655	0.85743205	2.2617631	3.4339872
Μαϊ-89	0.1005	266.954	8.9558	5.8	9.6	-2.2974317	5.58707551	2.19230137	1.75785792	2.2617631
Ιουν-89	0.0998	257.836	19.5908	2.8	5.8	-2.3045871	5.55232328	2.97506007	1.02961942	1.75785792
Ιουλ-89	0.438	236.745	36.4048	2.8	2.8	-0.8256125	5.46698434	3.59470063	1.02961942	1.02961942
Αυγ-89	2.4867	191.137	35.5964	0.6	2.8	0.91095653	5.25298968	3.57224451	-0.5108256	1.02961942
Σεπ-89	5.4321	166.455	11.0655	0.5	0.6	1.69233194	5.11472365	2.40383216	-0.6931472	-0.5108256
Οκτ-89	4.1073	162.671	1.1962	4.5	0.5	1.41276588	5.09172971	0.17914987	1.5040774	-0.6931472
Νοε-89	2.209	167.166	2.1068	4.3	4.5	0.79251729	5.11898764	0.74517021	1.45861502	1.5040774
Δεκ-89	1.4341	172.02	2.4034	5.7	4.3	0.36053748	5.14761251	0.8768844	1.74046618	1.45861502
Ιαν-90	0.9751	176.264	3.2116	4.1	5.7	-0.0252494	5.17198404	1.16676926	1.41098697	1.74046618
Φεβ-90	0.6111	179.74	1.8802	5.5	4.1	-0.4925492	5.19151089	0.63137815	1.70474809	1.41098697
Μαρ-90	0.3828	184.338	1.845	3	5.5	-0.9603297	5.2167711	0.61247928	1.09861229	1.70474809
Απρ-90	0.2655	185.617	2.1865	5.1	3	-1.326266	5.22368292	0.78230209	1.62924054	1.09861229
Μαϊ-90	0.2363	189.858	5.4387	4.5	5.1	-1.4427236	5.2462747	1.69354006	1.5040774	1.62924054
Ιουν-90	0.8552	184.917	13.7521	3.4	4.5	-0.1564004	5.21990445	2.62119154	1.22377543	1.5040774
Ιουλ-90	4.0188	168.646	10.4749	1.1	3.4	1.39097091	5.12780056	2.34898192	0.09531018	1.22377543
Αυγ-90	3.8368	162.477	0.1335	0.7	1.1	1.34463434	5.09053717	-2.0136538	-0.3566749	0.09531018
Σεπ-90	1.6162	161.389	0.134	0.6	0.7	0.48008803	5.08381629	-2.0099155	-0.5108256	-0.3566749
Οκτ-90	1.2204	160.426	0.134	0.8	0.6	0.19919233	5.07783238	-2.0099155	-0.2231436	-0.5108256
Νοε-90	1.0584	160.967	0.5557	7.4	0.8	0.05671109	5.08120004	-0.5875267	2.00148	-0.2231436
Δεκ-90	0.769	170.194	2.5861	33	7.4	-0.2627077	5.13694132	0.95015095	3.49650756	2.00148
Ιαν-91	0.4921	209.034	3.106	15.8	33	-0.7091411	5.34249638	1.13333573	2.76000994	3.49650756
Φεβ-91	0.2965	225.804	1.8327	19.6	15.8	-1.2157081	5.41966637	0.60579029	2.97552957	2.76000994
Μαρ-91	0.1513	243.165	1.8068	21.2	19.6	-1.8886008	5.49374056	0.59155733	3.05400118	2.97552957
Απρ-91	0.0929	263.27	2.2677	24.7	21.2	-2.3758729	5.57318094	0.8187661	3.20680324	3.05400118
Μαϊ-91	0.08	284.347	8.3529	18.4	24.7	-2.5261454	5.65019385	2.12260878	2.91235067	3.20680324
Ιουν-91	0.0899	287.264	19.1452	4.4	18.4	-2.408872	5.66040032	2.95205203	1.48160454	2.91235067
Ιουλ-91	0.1411	259.666	37.0389	2.2	4.4	-1.9581683	5.55939422	3.61196871	0.78845736	1.48160454
Αυγ-91	0.7554	213.955	45.4642	1.9	2.2	-0.2804858	5.36576663	3.8169252	0.64185389	0.78845736
Σεπ-91	2.9126	171.457	20.6545	0.8	1.9	1.06904043	5.14433165	3.02793321	-0.2231436	0.64185389
Οκτ-91	3.9887	167.09	3.1962	1	0.8	1.38345283	5.11853353	1.1619626	0	-0.2231436
Νοε-91	2.934	165.834	1.882	5.4	1	1.07637804	5.11098521	0.63233504	1.68639895	0
Δεκ-91	1.9761	170.646	3.0545	3.4	5.4	0.68110834	5.13959124	1.11661591	1.22377543	1.68639895
Ιαν-92	1.3583	171.547	2.3284	1	3.4	0.30622165	5.14485746	0.84518134	0	1.22377543
Φεβ-92	0.8913	174.115	1.6608	5.7	1	-0.1151303	5.15971367	0.50729941	1.74046618	0
Μαρ-92	0.5355	181.178	1.8053	8.1	5.7	-0.6245855	5.19948059	0.59072678	2.09186406	1.74046618
Απρ-92	0.3064	197.625	2.4306	30.8	8.1	-1.183027	5.28636896	0.88813814	3.42751469	2.09186406
Μαϊ-92	0.2548	214.598	11.4119	8.4	30.8	-1.3673418	5.36876487	2.43465667	2.12823171	3.42751469
Ιουν-92	0.5802	202.265	24.0108	4.1	8.4	-0.5443537	5.30958031	3.17850373	1.41098697	2.12823171
Ιουλ-92	2.4767	178.216	21.1826	3.2	4.1	0.90690684	5.18299771	3.05318009	1.16315081	1.41098697
Αυγ-92	4.3266	163.958	4.3905	0.9	3.2	1.46478972	5.09961115	1.47944312	-0.1053605	1.16315081
Σεπ-92	1.9767	164.047	0.8207	0.8	0.9	0.68142036	5.10015281	-0.1975976	-0.2231436	-0.1053605
Οκτ-92	1.2392	164.136	2.3822	1.3	0.8	0.21443911	5.10069426	0.86802443	0.26236426	-0.2231436
Νοε-92	1.0401	168.805	1.7373	6.7	1.3	0.03933289	5.12874318	0.55233218	1.90210753	0.26236426
Δεκ-92	0.7981	176.828	3.6079	9.2	6.7	-0.2254796	5.17517762	1.28312589	2.21920348	1.90210753
Ιαν-93	0.5528	184.738	1.9116	7.6	9.2	-0.5928495	5.21893953	0.64794059	2.02814825	2.21920348
Φεβ-93	0.3613	190.533	1.6431	4.3	7.6	-1.0179544	5.24982596	0.4965847	1.45861502	2.02814825
Μαρ-93	0.2121	209.787	2.0117	33	4.3	-1.550776	5.34609474	0.69898014	3.49650756	1.45861502
Απρ-93	0.1012	234.17	2.6482	17	33	-2.2908212	5.4560489	0.97388016	2.83321334	3.49650756
Μαϊ-93	0.0805	242.402	12.7253	15.5	17	-2.5194981	5.49059733	2.54359214	2.74084002	2.83321334
Ιουν-93	0.1724	234.278	23.2595	3.3	15.5	-1.7581313	5.45650633	3.14671365	1.19392247	2.74084002
Ιουλ-93	0.7733	199.7	44.8404	2.5	3.3	-0.2571529	5.29681655	3.80310952	0.91629073	1.19392247
Αυγ-93	3.7455	166.229	14.6336	0.6	2.5	1.32054622	5.11336714	2.68332025	-0.5108256	0.91629073

Πίνακας Α.9: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST και R ανά χρόνο

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.787239005					
R Τετράγωνο	0.619745251					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.61156773					
Τυπικό σφάλμα	0.783835161					
Μέγεθος δείγματος	96					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	93.12600897	46.56300449	75.78644123	2.97489E-20	
Υπόλοιπο	93	57.13897297	0.614397559			
Σύνολο	95	150.2649819				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	25.24130262	2.233646312	11.30049215	3.79851E-19	20.80572816	29.67687708
Μεταβλητή X 1	-4.814674045	0.424121066	-11.35212192	2.96535E-19	-5.656893584	-3.972454506
Μεταβλητή X 2	-0.018753466	0.063536736	-0.295159426	0.768530028	-0.144924706	0.107417773

Πίνακας Α.10: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST και R ανά εποχή (ΑΠΡ-ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.906887505					
R Τετράγωνο	0.822444947					
Προσαρμοσμένο R ²	0.814553611					
Τυπικό σφάλμα	0.625350063					
Μέγεθος δείγματος	48					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	81.51409479	40.75704739	104.2212598	1.28823E-17	
Υπόλοιπο	45	17.59782156	0.391062701			
Σύνολο	47	99.11191634				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	32.23504291	2.312734541	13.93806437	6.14267E-18	27.57695664	36.89312919
Μεταβλητή X 1	-6.169314708	0.433886232	-14.21873811	2.94648E-18	-7.043206402	-5.295423015
Μεταβλητή X 2	0.075985897	0.067015736	1.13385156	0.262861265	-0.058990718	0.210962511

Πίνακας Α.11: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST και R ανά εποχή (ΟΚΤ-ΜΑΡ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.719941543					
R Τετράγωνο	0.518315825					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.493614073					
Τυπικό σφάλμα	0.589375381					
Μέγεθος δείγματος	42					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	14.57742041	7.288710207	20.98295757	6.51428E-07	
Υπόλοιπο	39	13.54717023	0.347363339			
Σύνολο	41	28.12459064				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	22.3319842	3.474874315	6.426702717	1.32445E-07	15.30339439	29.36057402
Μεταβλητή X 1	-4.301492536	0.665585856	-6.462716262	1.18072E-07	-5.64776568	-2.955219391
Μεταβλητή X 2	0.164259695	0.140743094	1.167088847	0.250261044	-0.120419803	0.448939194

Πίνακας Α.12:Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά εποχή(ΙΑΝ-ΜΑΡ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.299398417					
R Τετράγωνο	0.089639412					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.002938403					
Τυπικό σφάλμα	0.690500643					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	0.985900349	0.492950174	1.033891225	0.373027802	
Υπόλοιπο	21	10.0126139	0.476791138			
Σύνολο	23	10.99851425				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-3.009823107	4.92674029	-0.610915723	0.547811497	-13.2555422	7.235895986
Μεταβλητή X 1	0.292896744	0.885279548	0.330852265	0.744034558	-1.548143181	2.133936668
Μεταβλητή X 2	1.155577509	0.803615895	1.437972439	0.165178018	-0.515633522	2.826788541

Πίνακας Α.13:Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά εποχή(ΑΠΡ-ΙΟΥΝ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.725764754					
R Τετράγωνο	0.526734478					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.481661571					
Τυπικό σφάλμα	0.500100297					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	5.845482968	2.922741484	11.68627706	0.000387794	
Υπόλοιπο	21	5.252106453	0.250100307			
Σύνολο	23	11.09758942				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	14.32851649	3.372334652	4.248841817	0.000358361	7.315361441	21.34167153
Μεταβλητή X 1	-2.945403475	0.612015163	-4.812631539	9.34011E-05	-4.218158902	-1.672648049
Μεταβλητή X 2	0.001771984	0.114569841	0.015466408	0.987806085	-0.236489085	0.240033053

Πίνακας Α.14:Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά εποχή(ΙΟΥΛ-ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.97126006					
R Τετράγωνο	0.943346104					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.937950495					
Τυπικό σφάλμα	0.313316778					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	34.32636996	17.16318498	174.8358861	8.10798E-14	
Υπόλοιπο	21	2.061515474	0.098167404			
Σύνολο	23	36.38788544				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	39.94463691	2.442931991	16.35110476	2.01658E-13	34.86428084	45.02499298
Μεταβλητή X 1	-7.619713507	0.477663487	-15.9520535	3.26506E-13	-8.613069281	-6.626357734
Μεταβλητή X 2	0.140655906	0.048769001	2.884125209	0.008877997	0.039235198	0.242076613

Πίνακας Α.15: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά εποχή(ΟΚΤ-ΔΕΚ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.158686477					
R Τετράγωνο	0.025181398					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.067658469					
Τυπικό σφάλμα	0.524386118					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	0.149168697	0.074584349	0.27123475	0.765067906	
Υπόλοιπο	21	5.774596823	0.274980801			
Σύνολο	23	5.923765521				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	6.481690457	8.736078955	0.741945041	0.466338488	-11.68598344	24.64936435
Μεταβλητή Χ 1	-1.162220009	1.698858349	-0.684118255	0.501380906	-4.695189964	2.370749947
Μεταβλητή Χ 2	0.084280179	0.143116992	0.588890096	0.562216698	-0.21334795	0.381908308

Πίνακας Α.16:Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά μήνα (ΙΑΝ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.561861606					
R Τετράγωνο	0.315688465					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.04196385					
Τυπικό σφάλμα	0.560404901					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	0.72440044	0.36220022	1.153306821	0.387377732	
Υπόλοιπο	5	1.570268264	0.314053653			
Σύνολο	7	2.294668703				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-6.820104087	8.218168057	-0.829881312	0.444408727	-27.9455431	14.30533492
Μεταβλητή Χ 1	1.405544222	1.455862545	0.965437449	0.378666239	-2.336863476	5.14795192
Μεταβλητή Χ 2	-0.855155659	1.18705503	-0.720401024	0.503539882	-3.906572772	2.196261454

Πίνακας Α.17:Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά μήνα (ΦΕΒ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.318589145					
R Τετράγωνο	0.101499043					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.257901339					
Τυπικό σφάλμα	0.60446117					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	0.206371739	0.10318587	0.282412173	0.765237704	
Υπόλοιπο	5	1.826866532	0.365373306			
Σύνολο	7	2.033238272				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-5.12198913	7.368126019	-0.69515493	0.517932892	-24.06232909	13.81835083
Μεταβλητή Χ 1	0.679319402	1.588008389	0.427780739	0.686609501	-3.402779446	4.76141825
Μεταβλητή Χ 2	1.537397454	5.287381423	0.290767269	0.782904116	-12.05422698	15.12902189

Πίνακας Α.18: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά μήνα (ΜΑΡ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.010044462					
R Τετράγωνο	0.000100891					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.399858752					
Τυπικό σφάλμα	0.626695332					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	0.000198144	9.90718E-05	0.000252254	0.999747791	
Υπόλοιπο	5	1.963735197	0.392747039			
Σύνολο	7	1.96393334				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-1.108512141	8.163297804	-0.135792197	0.897283278	-22.09290291	19.87587862
Μεταβλητή X 1	0.002859635	1.365623765	0.002094014	0.998410198	-3.507582272	3.513301542
Μεταβλητή X 2	-0.151579435	6.748671874	-0.022460632	0.982949308	-17.49956442	17.19640555

Πίνακας Α.19: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά μήνα (ΑΠΡ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.463097916					
R Τετράγωνο	0.21445968					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.099756448					
Τυπικό σφάλμα	0.553384561					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	0.418024036	0.209012018	0.682522826	0.546916724	
Υπόλοιπο	5	1.531172364	0.306234473			
Σύνολο	7	1.9491964				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	5.855633613	6.760377452	0.866169627	0.425999016	-11.52244147	23.2337087
Μεταβλητή X 1	-1.098574426	1.181343357	-0.929936601	0.395086456	-4.135309238	1.938160386
Μεταβλητή X 2	-1.904292584	3.299153568	-0.577206409	0.588814447	-10.38502296	6.576437792

Πίνακας Α.20: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά μήνα (ΜΑΙ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.728417297					
R Τετράγωνο	0.530591758					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.342828461					
Τυπικό σφάλμα	0.440321185					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	1.095768865	0.547884432	2.825854506	0.150965176	
Υπόλοιπο	5	0.969413732	0.193882746			
Σύνολο	7	2.065182597				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	10.49786434	5.343131526	1.96474002	0.106639179	-3.237070064	24.23279874
Μεταβλητή X 1	-2.279774143	0.998919279	-2.282240609	0.071337916	-4.8475737	0.288025414
Μεταβλητή X 2	-0.013048773	0.635755846	-0.020524819	0.984418596	-1.647308533	1.621210986

Πίνακας Α.21: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά μήνα (ΙΟΥΝ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.960494938					
R Τετράγωνο	0.922550525					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.891570735					
Τυπικό σφάλμα	0.315714351					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	5.936498122	2.968249061	29.77910848	0.001669345	
Υπόλοιπο	5	0.498377758	0.099675552			
Σύνολο	7	6.434875879				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	26.11226335	3.71067406	7.03706737	0.000894726	16.5736876	35.6508391
Μεταβλητή X 1	-5.008589668	0.689535078	-7.263719895	0.000772906	-6.781093119	-3.236086216
Μεταβλητή X 2	-0.086471538	0.697693418	-0.123939162	0.906191749	-1.879946634	1.707003559

Πίνακας Α.22: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά μήνα (ΙΟΥΛ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.99112676					
R Τετράγωνο	0.982332254					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.975265156					
Τυπικό σφάλμα	0.222620887					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	13.77777502	6.88887512	139.0007922	4.14909E-05	
Υπόλοιπο	5	0.247800297	0.049560059			
Σύνολο	7	14.02557532				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	35.82394455	3.06536224	11.68669206	8.06058E-05	27.94419294	43.70369617
Μεταβλητή X 1	-6.527683368	0.683542697	-9.549781444	0.000213119	-8.284782939	-4.770583798
Μεταβλητή X 2	-0.375271482	0.264483364	-1.418885013	0.215148381	-1.055146502	0.304603539

Πίνακας Α.23: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά μήνα (ΑΥΓ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.970558749					
R Τετράγωνο	0.941984284					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.918777998					
Τυπικό σφάλμα	0.297979685					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	7.208440547	3.604220273	40.59177211	0.000810707	
Υπόλοιπο	5	0.443959463	0.088791893			
Σύνολο	7	7.65240001				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	43.74728419	6.284122511	6.961558135	0.000940266	27.59345941	59.90110897
Μεταβλητή X 1	-8.303027027	1.226055924	-6.772143805	0.001067119	-11.45469896	-5.15135509
Μεταβλητή X 2	0.100656608	0.083766059	1.201639532	0.283309037	-0.11467055	0.315983766

Πίνακας Α.24: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά μήνα (ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.875309652					
R Τετράγωνο	0.766166986					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.672633781					
Τυπικό σφάλμα	0.338868714					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	1.881267531	0.940633766	8.191390238	0.02644019	
Υπόλοιπο	5	0.574160025	0.114832005			
Σύνολο	7	2.455427557				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	53.69309398	13.27423707	4.044909977	0.009874791	19.57063703	87.81555092
Μεταβλητή X 1	-10.34647332	2.595141905	-3.986862258	0.01045906	-17.01748706	-3.675459575
Μεταβλητή X 2	0.235193053	0.084009216	2.799610153	0.038011105	0.019240842	0.451145264

Πίνακας Α.25: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά μήνα (ΟΚΤ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.52591237					
R Τετράγωνο	0.276583821					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.01278265					
Τυπικό σφάλμα	0.539547396					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	0.556503322	0.278251661	0.955825393	0.445113271	
Υπόλοιπο	5	1.455556961	0.291111392			
Σύνολο	7	2.012060284				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	16.3454215	22.87245464	0.714633464	0.506803274	-42.44999886	75.14084186
Μεταβλητή X 1	-3.033074604	4.462794499	-0.679635732	0.526919203	-14.50503433	8.438885126
Μεταβλητή X 2	0.255338485	0.185534423	1.376232406	0.227190593	-0.221592152	0.732269122

Πίνακας Α.26: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST και R ανά μήνα (ΝΟΕ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.622303472					
R Τετράγωνο	0.387261612					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.142166256					
Τυπικό σφάλμα	0.399202504					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	0.503600178	0.251800089	1.580044677	0.293891973	
Υπόλοιπο	5	0.796813194	0.159362639			
Σύνολο	7	1.300413373				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-3.415068853	13.10658271	-0.260561348	0.804821377	-37.10655723	30.27641953
Μεταβλητή X 1	0.725583399	2.556445431	0.283825107	0.787922056	-5.845958052	7.29712485
Μεταβλητή X 2	0.547890025	0.397666798	1.377761552	0.226748098	-0.474343352	1.570123401

Πίνακας Α.27: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST και R ανά μήνα (ΔΕΚ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.20720794					
R Τετράγωνο	0.04293513					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.339890817					
Τυπικό σφάλμα	0.437303195					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	0.042895004	0.021447502	0.112153136	0.896093728	
Υπόλοιπο	5	0.956170421	0.191234084			
Σύνολο	7	0.999065426				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-3.902434549	11.54255262	-0.338091121	0.749028052	-33.57346216	25.76859306
Μεταβλητή X 1	0.750368011	2.324496512	0.322808835	0.759902321	-5.224930736	6.725666759
Μεταβλητή X 2	0.162049009	1.12583216	0.143937093	0.891171598	-2.731989964	3.056087981

Πίνακας Α.28: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Qi

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.793358906					
R Τετράγωνο	0.629418354					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.61733417					
Τυπικό σφάλμα	0.777995225					
Μέγεθος δείγματος	96					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	94.57953755	31.52651252	52.08612741	9.08184E-20	
Υπόλοιπο	92	55.68544439	0.605276569			
Σύνολο	95	150.2649819				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	23.50672582	2.483548299	9.464976313	3.04887E-15	18.57418453	28.43926712
Μεταβλητή X 1	-4.445605718	0.483662381	-9.191547434	1.14727E-14	-5.406200955	-3.48501048
Μεταβλητή X 2	-0.057684853	0.067883233	-0.849765844	0.397661256	-0.192506814	0.077137108
Μεταβλητή X 3	-0.113005044	0.072922739	-1.549654411	0.124657789	-0.257835899	0.03182581

Πίνακας Α.29: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Qi (ΑΠΡ-ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.92384171					
R Τετράγωνο	0.853483506					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.843493745					
Τυπικό σφάλμα	0.57448654					
Μέγεθος δείγματος	48					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	84.5903858	28.19679527	85.43582841	2.22675E-18	
Υπόλοιπο	44	14.52153054	0.330034785			
Σύνολο	47	99.11191634				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	26.89668615	2.751617905	9.774862311	1.34212E-12	21.35116486	32.44220745
Μεταβλητή X 1	-5.091568842	0.532439626	-9.562715826	2.60464E-12	-6.164630361	-4.018507324
Μεταβλητή X 2	0.001804926	0.066186118	0.027270459	0.978367332	-0.131584425	0.135194277
Μεταβλητή X 3	-0.282697343	0.092595073	-3.053049532	0.003835079	-0.469310444	-0.096084243

Πίνακας Α.30: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (OKT-MAP)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.730235729					
R Τετράγωνο	0.53324422					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.496395079					
Τυπικό σφάλμα	0.587754766					
Μέγεθος δείγματος	42					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	14.9972754	4.999091799	14.47100833	1.93037E-06	
Υπόλοιπο	38	13.12731525	0.345455664			
Σύνολο	41	28.12459064				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	19.84340928	4.135701658	4.798075616	2.48966E-05	11.47111869	28.21569987
Μεταβλητή X 1	-3.790932842	0.809352359	-4.683909052	3.5454E-05	-5.429381092	-2.152484592
Μεταβλητή X 2	0.2464567	0.158930609	1.550718903	0.129258562	-0.075281509	0.56819491
Μεταβλητή X 3	-0.118921839	0.107871848	-1.102436279	0.27720546	-0.337296986	0.099453308

Πίνακας Α.31: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (IAN-MAP)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.675897981					
R Τετράγωνο	0.45683808					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.375363792					
Τυπικό σφάλμα	0.546533353					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	5.024540137	1.674846712	5.607144189	0.005878581	
Υπόλοιπο	20	5.973974116	0.298698706			
Σύνολο	23	10.99851425				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-11.91948436	4.591018245	-2.596261596	0.017265965	-21.49617615	-2.34279256
Μεταβλητή X 1	2.214720836	0.874155473	2.533554847	0.019762244	0.391265319	4.038176353
Μεταβλητή X 2	1.186526968	0.636120105	1.865256197	0.076885337	-0.140395703	2.513449638
Μεταβλητή X 3	-0.605369828	0.164634134	-3.677061464	0.001494963	-0.948790454	-0.261949203

Πίνακας Α.32: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (ΑΠΡ-ΙΟΥΝ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.73996927					
R Τετράγωνο	0.54755452					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.479687698					
Τυπικό σφάλμα	0.501051603					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	6.076535251	2.02551175	8.068073684	0.001020025	
Υπόλοιπο	20	5.02105417	0.251052708			
Σύνολο	23	11.09758942				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	14.252496	3.379678722	4.21711564	0.000423431	7.202612994	21.302379
Μεταβλητή X 1	-2.823976187	0.626106888	-4.510373934	0.000213548	-4.130011662	-1.517940711
Μεταβλητή X 2	-0.11126382	0.164497241	-0.67638715	0.506542483	-0.454398891	0.231871252
Μεταβλητή X 3	-0.180520034	0.188171016	-0.959340273	0.34884231	-0.573037712	0.211997645

Πίνακας Α.33: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (ΙΟΥΛ-ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.971272502					
R Τετράγωνο	0.943370272					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.934875813					
Τυπικό σφάλμα	0.320985673					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	34.32724939	11.44241646	111.057132	1.22232E-12	
Υπόλοιπο	20	2.060636045	0.103031802			
Σύνολο	23	36.38788544				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	40.03483723	2.686418686	14.90267971	2.71328E-12	34.43106865	45.63860581
Μεταβλητή X 1	-7.637046399	0.524085771	-14.5721308	4.09856E-12	-8.730269652	-6.543823147
Μεταβλητή X 2	0.140414029	0.050031242	2.806526955	0.010898575	0.036050736	0.244777322
Μεταβλητή X 3	0.008644746	0.093570194	0.092387818	0.92730909	-0.186539167	0.203828659

Πίνακας Α.34: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (ΟΚΤ-ΔΕΚ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.358506955					
R Τετράγωνο	0.128527237					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.002193677					
Τυπικό σφάλμα	0.50805513					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	0.761365215	0.253788405	0.983218619	0.420543133	
Υπόλοιπο	20	5.162400306	0.258120015			
Σύνολο	23	5.923765521				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	3.512310414	8.680845313	0.404604654	0.690062643	-14.59560719	21.62022802
Μεταβλητή X 1	-0.547952162	1.693589384	-0.323544873	0.749641399	-4.08071607	2.984811746
Μεταβλητή X 2	0.208134897	0.16029459	1.298452409	0.208905309	-0.126233604	0.542503398
Μεταβλητή X 3	-0.161069545	0.104587275	-1.540049167	0.139221547	-0.379234675	0.057095585

Πίνακας Α.35: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (ΙΑΝ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.840745189					
R Τετράγωνο	0.706852473					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.486991828					
Τυπικό σφάλμα	0.410084277					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	1.621992248	0.540664083	3.215002267	0.144398377	
Υπόλοιπο	4	0.672676456	0.168169114			
Σύνολο	7	2.294668703				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-16.80625701	7.406015646	-2.269271065	0.085796698	-37.36869549	3.756181467
Μεταβλητή X 1	3.32247769	1.35034479	2.460466182	0.069656517	-0.426688258	7.071643638
Μεταβλητή X 2	-0.104024219	0.927496131	-0.112155961	0.916102742	-2.679171645	2.471123206
Μεταβλητή X 3	-0.436243056	0.188826179	-2.310289063	0.082006243	-0.960509661	0.08802355

Πίνακας Α.36: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (ΦΕΒ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.651802748					
R Τετράγωνο	0.424846822					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.006518061					
Τυπικό σφάλμα	0.540699421					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	0.863814818	0.287938273	0.98488968	0.484179717	
Υπόλοιπο	4	1.169423453	0.292355863			
Σύνολο	7	2.033238272				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-11.65413862	7.900267829	-1.475157408	0.214197083	-33.58884399	10.28056676
Μεταβλητή X 1	2.102525429	1.708370618	1.230719732	0.285849541	-2.640681636	6.845732494
Μεταβλητή X 2	2.102116568	4.744608911	0.443053707	0.680633537	-11.0710569	15.27529004
Μεταβλητή X 3	-0.61112034	0.40752435	-1.499592207	0.208100243	-1.742591671	0.520350992

Πίνακας Α.37: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (ΜΑΡ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.697877753					
R Τετράγωνο	0.487033359					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.102308377					
Τυπικό σφάλμα	0.501854633					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	0.956501051	0.318833684	1.265926006	0.398582102	
Υπόλοιπο	4	1.00743229	0.251858072			
Σύνολο	7	1.96393334				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-10.25616706	8.048134072	-1.274353406	0.271539209	-32.6014158	12.08908167
Μεταβλητή X 1	1.501056018	1.33681652	1.122858669	0.324335438	-2.210549354	5.212661391
Μεταβλητή X 2	4.091591093	5.826515602	0.702236357	0.521244836	-12.08544314	20.26862532
Μεταβλητή X 3	-0.591852329	0.303734105	-1.948586998	0.123156779	-1.435155145	0.251450488

Πίνακας Α.38: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (ΑΠΡ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.513269526					
R Τετράγωνο	0.263445606					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.288970189					
Τυπικό σφάλμα	0.599101238					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	0.513507227	0.171169076	0.476897309	0.715387616	
Υπόλοιπο	4	1.435689172	0.358922293			
Σύνολο	7	1.9491964				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	5.354015415	7.383205628	0.725161357	0.508503069	-15.14509217	25.853123
Μεταβλητή X 1	-1.055532874	1.281657121	-0.823568844	0.456454029	-4.613990885	2.502925138
Μεταβλητή X 2	-0.893725327	4.073813805	-0.219382959	0.837091993	-12.20446915	10.4170185
Μεταβλητή X 3	-0.228999244	0.443987559	-0.515778515	0.633207818	-1.461708883	1.003710395

Πίνακας Α.39: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (ΜΑΙ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.806135949					
R Τετράγωνο	0.649855168					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.387246544					
Τυπικό σφάλμα	0.42518026					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	1.342069583	0.447356528	2.474614723	0.200981981	
Υπόλοιπο	4	0.723113014	0.180778253			
Σύνολο	7	2.065182597				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	7.504724766	5.761511593	1.302561775	0.262656653	-8.491829027	23.50127856
Μεταβλητή X 1	-1.719489487	1.077406225	-1.595952805	0.185732584	-4.710854922	1.271875948
Μεταβλητή X 2	0.473803365	0.742183811	0.638390865	0.557937816	-1.586833512	2.534440243
Μεταβλητή X 3	-0.523794707	0.448746795	-1.167238882	0.307950064	-1.769718131	0.722128716

Πίνακας Α.40: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (ΙΟΥΝ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.961971302					
R Τετράγωνο	0.925388786					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.869430375					
Τυπικό σφάλμα	0.34645126					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	5.954761977	1.984920659	16.5370813	0.010174475	
Υπόλοιπο	4	0.480113902	0.120028476			
Σύνολο	7	6.434875879				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	25.02196206	4.938931702	5.06627011	0.007149063	11.30926091	38.73466321
Μεταβλητή X 1	-4.828499618	0.886389556	-5.447378737	0.005516039	-7.289516659	-2.367482578
Μεταβλητή X 2	-0.158116673	0.787340818	-0.20082367	0.8506345	-2.34412976	2.027896414
Μεταβλητή X 3	0.270034079	0.69225244	0.39080357	0.716358123	-1.6519708	2.192038958

Πίνακας Α.41: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (ΙΟΥΛ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.991453936					
R Τετράγωνο	0.982980908					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.970216589					
Τυπικό σφάλμα	0.24428598					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	13.78687276	4.595624254	77.01005411	0.000540002	
Υπόλοιπο	4	0.238702559	0.05967564			
Σύνολο	7	14.02557532				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	36.13851331	3.458815662	10.4482334	0.000474146	26.5352816	45.74174501
Μεταβλητή X 1	-6.618115114	0.78500826	-8.430631179	0.001084014	-8.79765197	-4.438578258
Μεταβλητή X 2	-0.304151073	0.342647366	-0.887650406	0.424880478	-1.255494645	0.647192498
Μεταβλητή X 3	-0.076739861	0.196540861	-0.390452452	0.716103943	-0.622425902	0.46894618

Πίνακας Α.42: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R και Q_t (ΑΥΓ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.970806193					
R Τετράγωνο	0.942464664					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.899313162					
Τυπικό σφάλμα	0.331769274					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	7.212116605	2.404038868	21.84083106	0.006086488	
Υπόλοιπο	4	0.440283405	0.110070851			
Σύνολο	7	7.65240001				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	43.66953531	7.009637139	6.229928089	0.003381226	24.20762227	63.13144834
Μεταβλητή X 1	-8.289596087	1.36706225	-6.063802936	0.003734769	-12.08517724	-4.494014932
Μεταβλητή X 2	0.102184903	0.093638948	1.091264964	0.336482896	-0.157799034	0.36216884
Μεταβλητή X 3	-0.031726459	0.173606738	-0.182749005	0.863883601	-0.513737035	0.450284117

Πίνακας Α.43: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R και Q_t (ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.906598782					
R Τετράγωνο	0.821921352					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.688362366					
Τυπικό σφάλμα	0.330627895					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	2.018168336	0.672722779	6.153995139	0.055803373	
Υπόλοιπο	4	0.43725922	0.109314805			
Σύνολο	7	2.455427557				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	57.32089105	13.3509691	4.293388039	0.012711984	20.25258146	94.38920064
Μεταβλητή X 1	-11.04855502	2.608596955	-4.235439666	0.013311993	-18.29119627	-3.805913768
Μεταβλητή X 2	0.245316677	0.082463923	2.974836364	0.040947633	0.016359647	0.474273707
Μεταβλητή X 3	0.199998731	0.178716121	1.11908612	0.325764622	-0.296197798	0.696195259

Πίνακας Α.44: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R και Q_t (ΟΚΤ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.568171273					
R Τετράγωνο	0.322818595					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.185067458					
Τυπικό σφάλμα	0.583637261					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	0.649530475	0.216510158	0.635612247	0.630274635	
Υπόλοιπο	4	1.362529809	0.340632452			
Σύνολο	7	2.012060284				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	14.17905092	25.08639001	0.565208901	0.602126801	-55.47207809	83.83017992
Μεταβλητή X 1	-2.618117434	4.892345052	-0.535145703	0.620915008	-16.20147304	10.96523817
Μεταβλητή X 2	0.169956182	0.258790714	0.656732148	0.54721655	-0.548563519	0.888475882
Μεταβλητή X 3	0.101630812	0.194474893	0.522590913	0.628867169	-0.438319172	0.641580796

Πίνακας Α.45: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (NOE)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.705496283					
R Τετράγωνο	0.497725005					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.121018759					
Τυπικό σφάλμα	0.404093158					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	0.647248253	0.215749418	1.321254984	0.384301232	
Υπόλοιπο	4	0.65316512	0.16329128			
Σύνολο	7	1.300413373				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-10.78137645	15.41752117	-0.699293767	0.522897049	-53.58736631	32.0246134
Μεταβλητή X 1	2.295481787	3.081903072	0.744826081	0.497758066	-6.261270636	10.85223421
Μεταβλητή X 2	0.407689918	0.429396438	0.949448764	0.396155927	-0.78450819	1.599888026
Μεταβλητή X 3	-0.333053176	0.355095503	-0.937925638	0.40138457	-1.31895839	0.652852037

Πίνακας Α.46: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_t (ΔΕΚ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.578758892					
R Τετράγωνο	0.334961855					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.163816754					
Τυπικό σφάλμα	0.407558774					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	0.334648808	0.111549603	0.671564194	0.612749259	
Υπόλοιπο	4	0.664416618	0.166104154			
Σύνολο	7	0.999065426				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-7.827885897	11.15776395	-0.701564035	0.521621999	-38.80686915	23.15109736
Μεταβλητή X 1	1.605933678	2.260528196	0.710424086	0.516667551	-4.670311767	7.882179123
Μεταβλητή X 2	0.323497724	1.056303481	0.306254528	0.774689464	-2.609276981	3.256272429
Μεταβλητή X 3	-0.278134674	0.2098636	-1.325311651	0.255698572	-0.860810646	0.304541298

Πίνακας Α.47: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R, Q_t, Q_{t-1}

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.794256105					
R Τετράγωνο	0.630842761					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.614616069					
Τυπικό σφάλμα	0.780753411					
Μέγεθος δείγματος	96					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	94.79357604	23.69839401	38.87685592	6.03842E-19	
Υπόλοιπο	91	55.4714059	0.609575889			
Σύνολο	95	150.2649819				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	22.65332839	2.878535446	7.869740992	7.12036E-12	16.93547077	28.37118602
Μεταβλητή X 1	-4.277011494	0.562620422	-7.601948535	2.53422E-11	-5.39458796	-3.159435027
Μεταβλητή X 2	-0.055519459	0.068221838	-0.813807731	0.417879471	-0.191033774	0.079994855
Μεταβλητή X 3	-0.08532964	0.086814979	-0.982890754	0.328267245	-0.257776947	0.087117668
Μεταβλητή X 4	-0.059193687	0.099894906	-0.592559617	0.554945535	-0.257622666	0.139235292

Πίνακας Α.48:Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΑΠΡ-ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.923946912					
R Τετράγωνο	0.853677896					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.840066537					
Τυπικό σφάλμα	0.580742591					
Μέγεθος δείγματος	48					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	84.60965221	21.15241305	62.71805236	2.19248E-17	
Υπόλοιπο	43	14.50226413	0.337261957			
Σύνολο	47	99.11191634				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	27.14519036	2.969549145	9.141182393	1.2249E-11	21.15652788	33.13385285
Μεταβλητή X 1	-5.142472244	0.57884245	-8.884062059	2.75716E-11	-6.309818495	-3.975125993
Μεταβλητή X 2	0.000432293	0.067152896	0.00643745	0.994893467	-0.134994335	0.135858921
Μεταβλητή X 3	-0.306895584	0.137883437	-2.22576105	0.031324025	-0.584963844	-0.028827323
Μεταβλητή X 4	0.035189117	0.147228425	0.239010349	0.812233083	-0.261725094	0.332103329

Πίνακας Α.49:Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΟΚΤ-MAP)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.740901591					
R Τετράγωνο	0.548935167					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.500171402					
Τυπικό σφάλμα	0.585546955					
Μέγεθος δείγματος	42					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	15.43857687	3.859644219	11.25702988	4.47612E-06	
Υπόλοιπο	37	12.68601377	0.342865237			
Σύνολο	41	28.12459064				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	16.15493901	5.248419762	3.078057729	0.003911648	5.52064082	26.7892372
Μεταβλητή X 1	-3.065102845	1.029298067	-2.977857381	0.005097884	-5.150656796	-0.979548894
Μεταβλητή X 2	0.300322316	0.165299215	1.816840546	0.077348871	-0.034605381	0.635250012
Μεταβλητή X 3	-0.109223874	0.107806082	-1.01315132	0.31756773	-0.327659532	0.109211783
Μεταβλητή X 4	-0.116172886	0.102399731	-1.134503823	0.263880032	-0.323654247	0.091308474

Πίνακας Α.50:Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl,ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΙΑΝ-MAP)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.720496213					
R Τετράγωνο	0.519114793					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.417875802					
Τυπικό σφάλμα	0.52760745					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	5.709491451	1.427372863	5.12761722	0.005656719	
Υπόλοιπο	19	5.289022802	0.278369621			
Σύνολο	23	10.99851425				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-15.88533231	5.102441088	-3.113280886	0.005723102	-26.56486756	-5.205797059
Μεταβλητή X 1	2.977199957	0.973866488	3.057092523	0.006485913	0.93887334	5.015526575
Μεταβλητή X 2	1.714557774	0.700301438	2.448313941	0.02423419	0.248809563	3.180305985
Μεταβλητή X 3	-0.511957582	0.16972318	-3.016427003	0.007098627	-0.86719239	-0.156722774
Μεταβλητή X 4	-0.31515079	0.200909035	-1.568624278	0.133239592	-0.735658364	0.105356784

Πίνακας Α.51:Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI,ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΑΠΡ-ΙΟΥΝ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.744479613					
R Τετράγωνο	0.554249894					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.460407766					
Τυπικό σφάλμα	0.510250282					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	6.150837758	1.537709439	5.906194881	0.002906135	
Υπόλοιπο	19	4.946751663	0.260355351			
Σύνολο	23	11.09758942				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	13.30872494	3.868655096	3.440142531	0.002743512	5.211534244	21.40591563
Μεταβλητή X 1	-2.629330257	0.734364649	-3.58041507	0.001995389	-4.166373609	-1.092286904
Μεταβλητή X 2	-0.089354117	0.172464641	-0.518101079	0.610368559	-0.450326871	0.271618638
Μεταβλητή X 3	-0.110170619	0.23251186	-0.473827955	0.641021877	-0.596823686	0.376482448
Μεταβλητή X 4	-0.124227075	0.232540061	-0.534217952	0.599386533	-0.610939168	0.362485018

Πίνακας Α.52:Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI,ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΙΟΥΛ-ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.974849611					
R Τετράγωνο	0.950331763					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.939875292					
Τυπικό σφάλμα	0.308418898					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	34.58056332	8.645140831	90.88456038	4.1112E-12	
Υπόλοιπο	19	1.807322114	0.095122217			
Σύνολο	23	36.38788544				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	39.45195692	2.605839494	15.13982616	4.67465E-12	33.99787049	44.90604336
Μεταβλητή X 1	-7.531881249	0.507674384	-14.83604744	6.67685E-12	-8.594456278	-6.469306221
Μεταβλητή X 2	0.108854643	0.05181671	2.100763309	0.049239898	0.000400989	0.217308298
Μεταβλητή X 3	-0.106320151	0.114220615	-0.930831544	0.363617965	-0.34538672	0.132746417
Μεταβλητή X 4	0.202634437	0.124172292	1.631881265	0.11916841	-0.057261238	0.462530112

Πίνακας Α.53: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI,ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΟΚΤ-ΔΕΚ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.383474674					
R Τετράγωνο	0.147052826					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.032515001					
Τυπικό σφάλμα	0.515683454					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	0.871106458	0.217776615	0.818926357	0.528967084	
Υπόλοιπο	19	5.052659062	0.265929424			
Σύνολο	23	5.923765521				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	0.113053876	10.27800617	0.010999592	0.991338449	-21.39906694	21.62517469
Μεταβλητή X 1	0.115952403	2.005770067	0.05780942	0.954504091	-4.0821739	4.314078707
Μεταβλητή X 2	0.219081123	0.163591227	1.339198482	0.196307873	-0.123319357	0.561481602
Μεταβλητή X 3	-0.150500636	0.107424961	-1.40098386	0.177340699	-0.375343732	0.07434246
Μεταβλητή X 4	-0.070090725	0.109108556	-0.642394393	0.528293176	-0.298457629	0.158276179

Πίνακας Α.54: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (IAN)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.971093776					
R Τετράγωνο	0.943023122					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.867053951					
Τυπικό σφάλμα	0.208760676					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	2.163925644	0.540981411	12.41323433	0.032838357	
Υπόλοιπο	3	0.130743059	0.04358102			
Σύνολο	7	2.294668703				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-24.64857835	4.377211629	-5.631114152	0.011077838	-38.5788324	-10.71832431
Μεταβλητή X 1	4.935767019	0.825739277	5.977391605	0.009371743	2.307893644	7.563640394
Μεταβλητή X 2	0.623520654	0.515267232	1.210091805	0.312893699	-1.016291182	2.26333249
Μεταβλητή X 3	-0.029024332	0.15025147	-0.193171702	0.859162969	-0.507192015	0.449143351
Μεταβλητή X 4	-0.885467116	0.251100845	-3.526340648	0.038740672	-1.684582821	-0.08635141

Πίνακας Α.55: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΦΕΒ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.905772663					
R Τετράγωνο	0.820424118					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.580989608					
Τυπικό σφάλμα	0.348865092					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	1.668117715	0.417029429	3.426507395	0.169746471	
Υπόλοιπο	3	0.365120556	0.121706852			
Σύνολο	7	2.033238272				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-18.27295263	5.710689268	-3.199780583	0.049340125	-36.44693164	-0.098973623
Μεταβλητή X 1	3.358030549	1.205611606	2.785333627	0.068684958	-0.478767253	7.19482835
Μεταβλητή X 2	2.403985331	3.063524122	0.784712388	0.489883854	-7.345524839	12.1534955
Μεταβλητή X 3	-0.316540807	0.286824082	-1.103606102	0.350339665	-1.229343902	0.596262289
Μεταβλητή X 4	-0.486955477	0.18942485	-2.570705352	0.082442566	-1.089790458	0.115879504

Πίνακας Α.56: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΜΑΡ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.83862362					
R Τετράγωνο	0.703289576					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.307675678					
Τυπικό σφάλμα	0.440726481					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	1.381213847	0.345303462	1.77771706	0.33212163	
Υπόλοιπο	3	0.582719494	0.194239831			
Σύνολο	7	1.96393334				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-12.28683795	7.200014461	-1.706501843	0.186455352	-35.20051886	10.62684297
Μεταβλητή X 1	3.52117195	1.801278497	1.954818178	0.145586805	-2.211305526	9.253649426
Μεταβλητή X 2	-7.929179127	9.605599999	-0.825474632	0.469620992	-38.49851403	22.64015578
Μεταβλητή X 3	-0.280676588	0.339755636	-0.826113118	0.469309397	-1.361931672	0.800578496
Μεταβλητή X 4	-0.989971312	0.669489982	-1.478694736	0.235760583	-3.120589231	1.140646606

Πίνακας Α.57: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΑΠΡ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.816787866					
R Τετράγωνο	0.667142418					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.22333231					
Τυπικό σφάλμα	0.465046521					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	1.3003916	0.3250979	1.503215914	0.384213491	
Υπόλοιπο	3	0.6488048	0.216268267			
Σύνολο	7	1.9491964				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-10.31101299	10.014496	-1.029608779	0.378939425	-42.18163869	21.5596127
Μεταβλητή X 1	1.395265251	1.624987253	0.858631506	0.45367533	-3.776174278	6.566704781
Μεταβλητή X 2	3.73273957	3.985301587	0.936626624	0.418045571	-8.95028064	16.41575978
Μεταβλητή X 3	-0.048604928	0.357381246	-0.136003017	0.900432153	-1.185952622	1.088742766
Μεταβλητή X 4	-0.844987026	0.442986998	-1.907475904	0.152504377	-2.254770685	0.564796634

Πίνακας Α.58: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΜΑΙ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.813298375					
R Τετράγωνο	0.661454248					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.210059911					
Τυπικό σφάλμα	0.482755561					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	1.3660238	0.34150595	1.465357879	0.392423429	
Υπόλοιπο	3	0.699158796	0.233052932			
Σύνολο	7	2.065182597				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	7.176142236	6.621499612	1.083763899	0.357795312	-13.89644451	28.24872898
Μεταβλητή X 1	-1.6428657	1.246430592	-1.318056305	0.279090637	-5.609567853	2.323836453
Μεταβλητή X 2	0.34599823	0.932220955	0.371154744	0.735183722	-2.620747688	3.312744148
Μεταβλητή X 3	-0.639389285	0.62418353	-1.024361032	0.381051202	-2.625821719	1.347043148
Μεταβλητή X 4	0.16701039	0.520930493	0.320600142	0.76954747	-1.490824489	1.824845269

Πίνακας Α.59: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΙΟΥΝ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.966645818					
R Τετράγωνο	0.934404137					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.846942986					
Τυπικό σφάλμα	0.375100536					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	6.012774642	1.50319366	10.68364786	0.040347485	
Υπόλοιπο	3	0.422101237	0.140700412			
Σύνολο	7	6.434875879				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	21.02052544	8.211422401	2.559912815	0.083220448	-5.111909959	47.15296084
Μεταβλητή X 1	-4.219074333	1.349729836	-3.125865801	0.052232909	-8.514521091	0.076372424
Μεταβλητή X 2	0.14706387	0.975988404	0.150681985	0.889787994	-2.958969735	3.253097475
Μεταβλητή X 3	0.667862979	0.972419327	0.686805539	0.541531817	-2.426812217	3.762538176
Μεταβλητή X 4	-0.323921282	0.504458865	-0.642116343	0.566494267	-1.92933604	1.281493476

Πίνακας Α.60: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΙΟΥΛ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.992273506					
R Τετράγωνο	0.98460671					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.964082323					
Τυπικό σφάλμα	0.268265883					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	13.80967557	3.452418892	47.97252696	0.004730504	
Υπόλοιπο	3	0.215899752	0.071966584			
Σύνολο	7	14.02557532				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	37.52776419	4.529749863	8.28473212	0.003683944	23.11206495	51.94346342
Μεταβλητή X 1	-6.816498485	0.931326416	-7.319129325	0.005268059	-9.780397578	-3.852599392
Μεταβλητή X 2	-0.297296826	0.376479713	-0.789675555	0.487377677	-1.495424423	0.90083077
Μεταβλητή X 3	-0.067258475	0.21649021	-0.310676753	0.77638078	-0.75622759	0.621710639
Μεταβλητή X 4	-0.301810884	0.536174535	-0.562896715	0.612830401	-2.008159152	1.404537383

Πίνακας Α.61: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΑΥΓ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.970807956					
R Τετράγωνο	0.942468087					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.865758871					
Τυπικό σφάλμα	0.383082762					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	7.212142802	1.8030357	12.28624313	0.033307872	
Υπόλοιπο	3	0.440257208	0.146752403			
Σύνολο	7	7.65240001				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	43.54829996	12.15918558	3.58151454	0.037246366	4.852308426	82.2442915
Μεταβλητή X 1	-8.267029824	2.311782773	-3.576040932	0.037391287	-15.62416127	-0.909898377
Μεταβλητή X 2	0.100221702	0.18243028	0.549369885	0.621002209	-0.480353412	0.680796816
Μεταβλητή X 3	-0.035941925	0.373804014	-0.096151789	0.929463133	-1.225554242	1.153670393
Μεταβλητή X 4	0.008184341	0.612562257	0.013360831	0.990178773	-1.94126398	1.957632661

Πίνακας Α.62: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.916001881					
R Τετράγωνο	0.839059446					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.624472042					
Τυπικό σφάλμα	0.362940707					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	2.060249686	0.515062422	3.910105754	0.145826173	
Υπόλοιπο	3	0.39517787	0.131725957			
Σύνολο	7	2.455427557				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	62.24523933	17.04988193	3.650772456	0.035473146	7.984854667	116.505624
Μεταβλητή X 1	-12.01076437	3.331367305	-3.605355779	0.036623436	-22.61267188	-1.408856848
Μεταβλητή X 2	0.27055091	0.100934191	2.68046839	0.075019037	-0.050667036	0.591768856
Μεταβλητή X 3	0.428889001	0.449982984	0.95312271	0.410843568	-1.003159026	1.860937028
Μεταβλητή X 4	-0.242897581	0.429748174	-0.565209106	0.611440898	-1.610549352	1.12475419

Πίνακας Α.63: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (OKT)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.643061442					
R Τετράγωνο	0.413528019					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.368434623					
Τυπικό σφάλμα	0.627167437					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	0.832043302	0.208010826	0.528833472	0.727719811	
Υπόλοιπο	3	1.180016981	0.393338994			
Σύνολο	7	2.012060284				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	19.44963585	28.04587549	0.693493625	0.537870329	-69.80494071	108.7042124
Μεταβλητή X 1	-3.638925176	5.466652844	-0.665658727	0.5532366	-21.03627064	13.75842029
Μεταβλητή X 2	0.157156465	0.278726542	0.563837456	0.612264851	-0.729876622	1.044189551
Μεταβλητή X 3	0.114804187	0.209872575	0.547018527	0.62243027	-0.553104641	0.782713015
Μεταβλητή X 4	0.240513056	0.353081905	0.68118205	0.544625513	-0.883152203	1.364178316

Πίνακας Α.64: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (NOE)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.740421961					
R Τετράγωνο	0.548224681					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.054142412					
Τυπικό σφάλμα	0.442528593					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	0.712918706	0.178229676	0.910117248	0.553365973	
Υπόλοιπο	3	0.587494667	0.195831556			
Σύνολο	7	1.300413373				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-5.699216087	19.02864291	-0.299507228	0.78410477	-66.25690722	54.85847504
Μεταβλητή X 1	1.304436843	3.784145128	0.344711104	0.753062398	-10.73841314	13.34728682
Μεταβλητή X 2	0.335416472	0.48651912	0.689420946	0.54009766	-1.212905956	1.883738899
Μεταβλητή X 3	-0.325121836	0.389111634	-0.835548996	0.464725278	-1.56344988	0.913206209
Μεταβλητή X 4	0.085381297	0.147441274	0.579086806	0.60314793	-0.383843082	0.554605675

Πίνακας Α.65: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R, Q_t, Q_{t-1} (ΔΕΚ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.778035213					
R Τετράγωνο	0.605338793					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.079123849					
Τυπικό σφάλμα	0.362533845					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	4	0.604773059	0.151193265	1.150364125	0.473060727	
Υπόλοιπο	3	0.394292367	0.131430789			
Σύνολο	7	0.999065426				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-21.72186101	13.87205962	-1.56587137	0.215354047	-65.86898732	22.4252653
Μεταβλητή X 1	4.610210722	2.904274599	1.587388026	0.210623587	-4.632495916	13.85291736
Μεταβλητή X 2	-0.288383213	1.032003151	-0.279440245	0.798065083	-3.57268091	2.995914483
Μεταβλητή X 3	-0.231697157	0.189468401	-1.222880202	0.30867784	-0.834670736	0.371276423
Μεταβλητή X 4	-0.586876128	0.409367362	-1.433617289	0.247136535	-1.889666998	0.715914743

Πίνακας Α.66: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1}

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.791785143					
R Τετράγωνο	0.626923713					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.614758182					
Τυπικό σφάλμα	0.780609443					
Μέγεθος δείγματος	96					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	94.20468048	31.40156016	51.53278629	1.23416E-19	
Υπόλοιπο	92	56.06030146	0.609351103			
Σύνολο	95	150.2649819				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	22.82248239	2.872856389	7.944177952	4.70385E-12	17.11674162	28.52822315
Μεταβλητή X 1	-4.324589341	0.560430845	-7.716544124	1.39367E-11	-5.437653373	-3.211525308
Μεταβλητή X 2	-0.032698395	0.064137444	-0.509817556	0.611400141	-0.160080894	0.094684105
Μεταβλητή X 3	-0.11201581	0.084191553	-1.330487516	0.186646202	-0.279227502	0.055195881

Πίνακας Α.67: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (ΑΠΡ-ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.914778764					
R Τετράγωνο	0.836820187					
Τυπικό σφάλμα	0.606275215					
Μέγεθος δείγματος	48					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	82.93885234	27.64628411	75.21373199	2.35921E-17	
Υπόλοιπο	44	16.173064	0.367569636			
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	28.11673179	3.06643266	9.169199166	9.03927E-12	21.93674307	34.29672052
Μεταβλητή X 1	-5.333597908	0.59760523	-8.924951852	1.97466E-11	-6.537992067	-4.129203749
Μεταβλητή X 2	0.046930623	0.06662658	0.704382888	0.484906025	-0.087346421	0.181207666
Μεταβλητή X 3	-0.205427257	0.104341577	-1.968795782	0.055295369	-0.415713881	0.004859367

Πίνακας Α.68: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (ΟΚΤ-ΜΑΡ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.73240799					
R Τετράγωνο	0.536421464					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.499823158					
Τυπικό σφάλμα	0.585750903					
Μέγεθος δείγματος	42					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	15.08663408	5.028878025	14.65700272	1.70003E-06	
Υπόλοιπο	38	13.03795657	0.34310412			
Σύνολο	41	28.12459064				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	18.1650189	4.860674004	3.73713993	0.000610756	8.325098475	28.00493933
Μεταβλητή X 1	-3.47968199	0.944792717	-3.683011022	0.000714279	-5.392314918	-1.567049061
Μεταβλητή X 2	0.22911732	0.149666455	1.530852853	0.1340891	-0.073866589	0.532101229
Μεταβλητή X 3	-0.124399185	0.102112869	-1.218251785	0.230638312	-0.331115889	0.082317518

Πίνακας Α.69: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (IAN-MAP)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.537425022					
R Τετράγωνο	0.288825654					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.182149502					
Τυπικό σφάλμα	0.625374335					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	3.176653072	1.058884357	2.707499744	0.07257388	
Υπόλοιπο	20	7.821861181	0.391093059			
Σύνολο	23	10.99851425				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-11.95388847	5.847301657	-2.044342702	0.054309775	-24.15114032	0.243363389
Μεταβλητή X 1	2.066462735	1.097449605	1.882968225	0.074332566	-0.222775963	4.355701433
Μεταβλητή X 2	2.04787426	0.819670416	2.498411826	0.021305666	0.338072528	3.757675992
Μεταβλητή X 3	-0.527786407	0.222998312	-2.366773108	0.028145767	-0.992952518	-0.062620296

Πίνακας Α.70: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (ΑΠΡ-ΙΟΥΝ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.740933668					
R Τετράγωνο	0.548982701					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.481330106					
Τυπικό σφάλμα	0.500260173					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	6.092384615	2.030794872	8.114732365	0.000989375	
Υπόλοιπο	20	5.005204806	0.25026024			
Σύνολο	23	11.09758942				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	12.86614238	3.680698575	3.495570779	0.002278366	5.188343262	20.5439415
Μεταβλητή X 1	-2.581886918	0.713262872	-3.619825199	0.001707834	-4.069726506	-1.094047329
Μεταβλητή X 2	-0.031491096	0.119399019	-0.263746689	0.794673538	-0.280552968	0.217570777
Μεταβλητή X 3	-0.186631497	0.18789658	-0.993267132	0.332445808	-0.578576711	0.205313718

Πίνακας Α.71: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (ΙΟΥΛ-ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.973687202					
R Τετράγωνο	0.948066768					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.940276783					
Τυπικό σφάλμα	0.307387419					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	34.49814493	11.49938164	121.7032878	5.15429E-13	
Υπόλοιπο	20	1.889740507	0.094487025			
Σύνολο	23	36.38788544				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	40.34435768	2.414966199	16.705972	3.25021E-13	35.30682881	45.38188656
Μεταβλητή X 1	-7.70095815	0.47248196	-16.29894641	5.15415E-13	-8.686537791	-6.715378509
Μεταβλητή X 2	0.118114593	0.050682734	2.330470045	0.030363011	0.012392312	0.223836875
Μεταβλητή X 3	0.131344539	0.097413281	1.348322705	0.1926273	-0.071855911	0.334544988

Πίνακας Α.72: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R και Q_{t-1} (ΟΚΤ-ΔΕΚ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.242777426					
R Τετράγωνο	0.058940879					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.08221799					
Τυπικό σφάλμα	0.527949504					
Μέγεθος δείγματος	24					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	0.349151945	0.116383982	0.417549952	0.742330806	
Υπόλοιπο	20	5.574613576	0.278730679			
Σύνολο	23	5.923765521				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	1.687140543	10.45941734	0.161303492	0.873472682	-20.13081158	23.50509266
Μεταβλητή X 1	-0.22279811	2.038503937	-0.109294913	0.914057766	-4.475040835	4.029444615
Μεταβλητή X 2	0.109723958	0.147187286	0.745471707	0.464658296	-0.197303199	0.416751114
Μεταβλητή X 3	-0.093501466	0.110386	-0.84704098	0.406994415	-0.323762521	0.136759589

Πίνακας Α.73: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R και Q_{t-1} (ΙΑΝ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.970728808					
R Τετράγωνο	0.942314419					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.899050232					
Τυπικό σφάλμα	0.181912959					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	2.162299405	0.720766468	21.78047256	0.006117998	
Υπόλοιπο	4	0.132369298	0.033092325			
Σύνολο	7	2.294668703				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-24.70681865	3.805220623	-6.492874157	0.002901793	-35.2718267	-14.14181059
Μεταβλητή X 1	4.951488921	0.716041204	6.915089378	0.002294638	2.963435708	6.939542133
Μεταβλητή X 2	0.63369739	0.446648166	1.418784267	0.228958997	-0.606399292	1.873794072
Μεταβλητή X 3	-0.922747161	0.139985215	-6.591747265	0.0027434	-1.311409232	-0.53408509

Πίνακας Α.74: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R και Q_{t-1} (ΦΕΒ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.86459211					
R Τετράγωνο	0.747519516					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.558159154					
Τυπικό σφάλμα	0.358243277					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	1.51988529	0.50662843	3.947602898	0.108933518	
Υπόλοιπο	4	0.513352982	0.128338246			
Σύνολο	7	2.033238272				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-16.5647621	5.644695229	-2.934571563	0.042619055	-32.236981	-0.892543203
Μεταβλητή X 1	2.953853499	1.1795172	2.504290314	0.066461225	-0.32101804	6.228725039
Μεταβλητή X 2	2.209941168	3.14069211	0.703647824	0.520453669	-6.510036128	10.92991846
Μεταβλητή X 3	-0.570474557	0.178318766	-3.199184079	0.032926413	-1.065567847	-0.075381267

Πίνακας Α.75: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (MAP)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.797365428					
R Τετράγωνο	0.635791626					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.362635345					
Τυπικό σφάλμα	0.422871425					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	1.248652371	0.416217457	2.327574618	0.216084072	
Υπόλοιπο	4	0.715280969	0.178820242			
Σύνολο	7	1.96393334				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-10.31566275	6.517935295	-1.582658047	0.188665479	-28.41238978	7.781064283
Μεταβλητή X 1	3.782282164	1.701488604	2.222925357	0.090318035	-0.941817328	8.506381655
Μεταβλητή X 2	-13.32908004	6.753421578	-1.973678067	0.119664398	-32.07962316	5.421463074
Μεταβλητή X 3	-1.332537217	0.504314407	-2.642274739	0.057443579	-2.732741383	0.067666949

Πίνακας Α.76: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (ΑΠΡ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.815530594					
R Τετράγωνο	0.665090149					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.413907761					
Τυπικό σφάλμα	0.403981768					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	1.296391325	0.432130442	2.647837513	0.185115296	
Υπόλοιπο	4	0.652805075	0.163201269			
Σύνολο	7	1.9491964				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-10.5075653	8.608439896	-1.22061203	0.289265503	-34.40847561	13.39334502
Μεταβλητή X 1	1.43301064	1.390871483	1.030296945	0.361089948	-2.428675679	5.294696959
Μεταβλητή X 2	3.620558842	3.387033982	1.068946713	0.345310816	-5.783374557	13.02449224
Μεταβλητή X 3	-0.860930081	0.371100527	-2.319937643	0.081142237	-1.891272456	0.169412294

Πίνακας Α.77: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (ΜΑΙ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.736912801					
R Τετράγωνο	0.543040476					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.200320834					
Τυπικό σφάλμα	0.485722363					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	1.121477741	0.373825914	1.584503508	0.325531899	
Υπόλοιπο	4	0.943704856	0.235926214			
Σύνολο	7	2.065182597				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	10.21713706	5.955092157	1.715697557	0.161360644	-6.316883653	26.75115778
Μεταβλητή X 1	-2.240008313	1.108482192	-2.020788723	0.113395805	-5.317654643	0.837638017
Μεταβλητή X 2	0.185889272	0.924672298	0.201032596	0.850481692	-2.381417921	2.753196465
Μεταβλητή X 3	-0.141233359	0.427842419	-0.330106022	0.757884839	-1.329116809	1.046650091

Πίνακας Α.78: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R και Q_{t-1} (ΙΟΥΝ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.961296125					
R Τετράγωνο	0.92409024					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.86715792					
Τυπικό σφάλμα	0.349453102					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	5.946405997	1.982135332	16.23138217	0.010526899	
Υπόλοιπο	4	0.488469882	0.12211747			
Σύνολο	7	6.434875879				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	25.3493465	4.903371346	5.169779059	0.006652992	11.73537693	38.96331607
Μεταβλητή X 1	-4.898982589	0.854740019	-5.731546997	0.004588757	-7.272126246	-2.525838932
Μεταβλητή X 2	0.044357431	0.898518784	0.049367283	0.962993325	-2.450335816	2.539050678
Μεταβλητή X 3	-0.103177453	0.362229175	-0.28484026	0.789905507	-1.108888955	0.90253405

Πίνακας Α.79: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R και Q_{t-1} (ΙΟΥΛ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.992023919					
R Τετράγωνο	0.984111456					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.972195048					
Τυπικό σφάλμα	0.236032821					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	13.80272935	4.600909783	82.58457236	0.000470822	
Υπόλοιπο	4	0.22284597	0.055711492			
Σύνολο	7	14.02557532				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	37.31338767	3.938971196	9.472876499	0.000692833	26.37702772	48.24974762
Μεταβλητή X 1	-6.746238614	0.79489871	-8.48691604	0.001056786	-8.953235819	-4.53924141
Μεταβλητή X 2	-0.358958471	0.281474668	-1.27527807	0.271243504	-1.140459054	0.422542112
Μεταβλητή X 3	-0.314771325	0.470321282	-0.669268726	0.539971571	-1.62059525	0.9910526

Πίνακας Α.80: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης ChI, ST, R και Q_{t-1} (ΑΥΓ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.970716637					
R Τετράγωνο	0.94229079					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.899008883					
Τυπικό σφάλμα	0.332270206					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	7.210786051	2.40359535	21.77100885	0.006122961	
Υπόλοιπο	4	0.441613959	0.11040349			
Σύνολο	7	7.65240001				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	44.31004256	8.00055992	5.538367689	0.00519604	22.09688112	66.52320399
Μεταβλητή X 1	-8.40847843	1.546774179	-5.436138347	0.005557223	-12.70302092	-4.113935936
Μεταβλητή X 2	0.111648757	0.120049887	0.930019679	0.405005582	-0.221663853	0.444961367
Μεταβλητή X 3	-0.041529323	0.284923381	-0.145756106	0.891164076	-0.832605087	0.749546442

Πίνακας Α.81: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.889001881					
R Τετράγωνο	0.790324345					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.633067604					
Τυπικό σφάλμα	0.358762937					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	1.940584176	0.646861392	5.025694542	0.076423051	
Υπόλοιπο	4	0.514843381	0.128710845			
Σύνολο	7	2.455427557				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	53.29324392	14.0658753	3.788832389	0.019288279	14.24003241	92.34645544
Μεταβλητή X 1	-10.26432468	2.750160432	-3.732263966	0.020256914	-17.90000996	-2.628639395
Μεταβλητή X 2	0.228128552	0.089547931	2.547558045	0.063469613	-0.020496878	0.476753981
Μεταβλητή X 3	0.125727557	0.185203743	0.678860779	0.534474161	-0.388481533	0.639936646

Πίνακας Α.82: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (ΟΚΤ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.595845191					
R Τετράγωνο	0.355031491					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.12869489					
Τυπικό σφάλμα	0.569586587					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	0.714344763	0.238114921	0.733951061	0.583797553	
Υπόλοιπο	4	1.297715521	0.32442888			
Σύνολο	7	2.012060284				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	21.48602224	25.24557448	0.851080741	0.442674615	-48.60707464	91.57911912
Μεταβλητή X 1	-4.028151755	4.922518726	-0.818311109	0.459125814	-17.69528308	9.638979574
Μεταβλητή X 2	0.253734211	0.195877517	1.295371794	0.264893683	-0.29011009	0.797578512
Μεταβλητή X 3	0.222715693	0.319300836	0.697510524	0.523900154	-0.663807385	1.109238772

Πίνακας Α.83: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (NOE)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.665650224					
R Τετράγωνο	0.44309022					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.025407885					
Τυπικό σφάλμα	0.425503503					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	0.576200448	0.192066816	1.060830644	0.458671847	
Υπόλοιπο	4	0.724212925	0.181053231			
Σύνολο	7	1.300413373				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	1.740871066	16.16969403	0.107662585	0.91944746	-43.15348976	46.63523189
Μεταβλητή X 1	-0.276509914	3.151067508	-0.087751187	0.934291976	-9.025293993	8.472274164
Μεταβλητή X 2	0.468437694	0.442047155	1.05970073	0.349028585	-0.75888451	1.695759897
Μεταβλητή X 3	0.089717601	0.14168102	0.633236551	0.5609766	-0.303652789	0.48308799

Πίνακας Α.84: Αποτελέσματα λογαριθμικής συσχέτισης Chl, ST, R και Q_{t-1} (ΔΕΚ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.639225001					
R Τετράγωνο	0.408608602					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	-0.034934947					
Τυπικό σφάλμα	0.384330164					
Μέγεθος δείγματος	8					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	3	0.408226727	0.136075576	0.921236715	0.507106373	
Υπόλοιπο	4	0.590838699	0.147709675			
Σύνολο	7	0.999065426				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	-20.57355347	14.67234662	-1.402199253	0.233492759	-61.31060281	20.16349586
Μεταβλητή X 1	4.356438617	3.071016068	1.418565882	0.229018122	-4.170086573	12.88296381
Μεταβλητή X 2	-0.508176576	1.077329362	-0.471700294	0.661719888	-3.499328605	2.482975452
Μεταβλητή X 3	-0.672460821	0.427590222	-1.572675862	0.190898996	-1.85964406	0.514722417

Πίνακας Α.85: Επιλεγισθησα συσχέτιση Chl, ST, και R (ΑΠΡ-ΣΕΠ)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.927905177					
R Τετράγωνο	0.861008018					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.853880224					
Τυπικό σφάλμα	0.574561324					
Μέγεθος δείγματος	42					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	79.75443299	39.8772165	120.7958623	1.94223E-17	
Υπόλοιπο	39	12.8747079	0.330120715			
Σύνολο	41	92.62914089				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	35.85826895	2.373737659	15.10624765	6.89575E-18	31.05693606	40.65960184
Μεταβλητή X 1	-6.877891534	0.448048818	-15.35076371	4.02556E-18	-7.784154919	-5.971628149
Μεταβλητή X 2	0.134907469	0.064946804	2.077199506	0.044416137	0.003540288	0.266274651

Πίνακας Α.86: Επιλεγισθησα συσχέτιση Chl, ST, και R (ΟΚΤ-MAP)

ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ						
Στατιστικά παλινδρόμησης						
Πολλαπλό R	0.790224531					
R Τετράγωνο	0.624454809					
Προσαρμοσμένο R Τετράγωνο	0.601694495					
Τυπικό σφάλμα	0.514915749					
Μέγεθος δείγματος	36					
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ						
	βαθμοί ελευθερίας	SS	MS	F	Σημαντικότητα F	
Παλινδρόμηση	2	14.54873055	7.274365276	27.4361238	9.59238E-08	
Υπόλοιπο	33	8.749561558	0.265138229			
Σύνολο	35	23.29829211				
	Συντελεστές	Τυπικό σφάλμα	t	πιμή-P	Κατώτερο 95%	Υψηλότερο 95%
Τεταγμένη επί την αρχή	26.63943285	3.644959248	7.30856809	2.17886E-08	19.22370162	34.05516408
Μεταβλητή X 1	-5.147644344	0.700520308	-7.348315657	1.94654E-08	-6.572864756	-3.722423932
Μεταβλητή X 2	0.145056047	0.125819061	1.152894054	0.257236782	-0.11092496	0.401037054

Πίνακας Α.87: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. ορίζ. 6 μηνών)

DS		DS1		DS2		DS3		DS4		D1S		D1S2		D1S4	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
1192	2125	15.63	16.27	8.01	30.43	14.85	10.50	6.93	56.42	19.48	18.00	4.89	40.34	10.18	5137
23.81	14.99	26.42	8.61	25.24	15.21	17.74	10.08	2.42	78.82	2.45	42.34	2.19	50.59	9.19	54.57
25.67	12.73	24.10	13.11	2.48	43.04	2193	9.18	26.32	19.83	6.81	3141	6.07	37.65	195	10136
16.40	18.11	23.20	13.72	186	47.38	116	27.43	26.56	10.95	3.89	37.28	2.63	47.93	2.69	86.11
13.88	19.11	26.54	6.68	13.90	21.71	10.29	13.01	3.05	73.78	29.12	9.20	27.33	16.01	5.51	68.75
26.35	10.34	11.58	19.25	7.06	32.42	7.15	15.60	3.68	69.97	25.90	15.55	29.15	9.91	181	110.61
25.25	13.46	22.35	14.20	9.88	27.29	19.93	9.67	25.91	23.34	4.29	36.49	16.78	2107	12.55	43.94
2.54	37.94	19.20	15.37	24.76	16.04	5.34	16.90	8.67	50.55	11.99	23.20	29.21	7.21	12.88	42.86
5.91	30.39	24.05	13.48	21.14	18.67	2.24	20.64	26.51	15.73	2.98	39.71	26.61	16.87	6.18	65.76
19.26	17.29	4.76	28.43	9.64	27.57	4.02	18.33	6.77	57.09	14.91	19.61	5.06	39.78	6.41	64.69
26.48	9.04	3.15	31.25	4.97	36.51	190	22.15	7.37	55.11	20.01	17.85	24.91	18.07	3.02	81.38
12.44	21.00	7.23	24.65	169	49.91	16.53	10.26	26.42	18.33	13.71	21.23	29.20	7.96	9.59	52.45
2.61	37.52	26.52	7.08	11.41	25.20	26.55	3.97	3.49	71.23	21.52	17.40	3.46	44.20	190	107.86
20.08	16.98	1.40	30.69	15.79	20.62	134	26.31	1.72	92.43	2.08	45.36	28.25	14.63	2.90	82.96
10.04	23.74	17.29	15.89	12.68	23.09	20.72	9.51	2.21	80.89	7.83	29.66	20.16	20.11	11.76	45.66
4.69	32.58	12.12	18.77	7.33	32.05	12.08	11.89	7.20	55.70	2.74	40.76	10.31	29.30	13.37	4105
25.51	13.17	2.70	32.32	14.06	21.36	13.20	11.18	2.77	75.01	184	50.39	7.72	34.05	187	108.70
10.29	23.48	2.68	33.23	3.27	40.42	25.20	7.69	4.93	64.48	29.18	8.02	23.98	18.57	5.27	69.77
11.22	22.16	22.74	13.97	19.02	19.59	18.97	9.86	24.51	27.16	4.53	36.02	7.63	34.59	13.74	40.42
6.13	30.05	26.03	10.53	2.70	42.50	4.69	17.55	12.06	40.29	29.08	9.74	2.49	48.64	199	97.81
18.93	17.40	16.15	16.17	11.94	24.14	3.22	18.96	3.09	72.75	26.92	14.61	27.01	16.40	24.23	30.90
22.59	15.82	8.46	22.99	14.34	21.03	5.09	17.22	13.95	35.95	29.15	8.63	21.20	19.78	14.98	37.13
15.02	18.45	7.47	24.28	19.89	19.25	181	22.40	26.54	14.62	10.93	24.83	29.00	11.72	5.78	67.66
18.24	17.61	191	35.98	12.33	23.60	9.17	13.85	13.55	36.57	2.73	41.72	13.12	24.78	2.15	93.02
26.54	7.34	10.98	19.91	6.83	32.77	8.42	14.53	1.88	88.48	26.53	14.97	18.64	20.57	11.45	46.70
3.21	35.42	8.77	22.65	25.68	14.46	24.36	8.25	10.36	45.11	27.33	14.19	19.64	20.31	27.21	27.04
175	43.34	20.49	14.97	26.09	13.11	26.50	4.90	1.92	84.02	2.13	43.94	29.05	11.25	22.24	32.46
2.25	38.98	21.15	14.70	7.78	30.80	7.99	14.69	25.72	23.86	6.39	32.31	14.97	22.19	29.16	15.95
23.50	15.22	26.15	10.14	8.38	29.72	26.39	5.68	26.49	16.64	7.48	30.20	14.70	22.51	1.75	111.98
25.87	12.29	12.56	18.26	23.31	17.36	22.34	9.05	19.33	32.66	9.73	26.68	11.25	27.62	7.71	59.48
15.91	18.24	14.44	16.53	13.14	22.49	2.66	19.71	26.19	21.41	29.20	7.50	7.29	35.06	24.87	30.26
13.07	19.92	6.52	25.82	9.31	28.06	5.99	16.40	10.08	45.81	4.12	36.87	2.06	53.48	8.49	56.68
11.72	21.62	15.30	16.34	10.47	26.21	1.16	26.74	25.47	24.75	6.16	32.76	2.96	45.30	4.47	73.63
7.72	27.63	6.29	26.04	10.74	25.85	11.48	12.21	1.81	89.36	18.96	18.13	5.85	38.03	14.29	38.80
10.63	23.03	2.34	33.91	8.89	28.93	13.46	11.11	2.63	76.06	1.53	59.27	13.40	24.28	12.18	44.48
19.69	17.11	9.30	21.91	10.34	26.78	9.77	13.44	22.02	30.47	2.10	44.46	11.63	27.08	183	109.50
22.91	15.61	3.85	30.00	6.30	33.66	4.81	17.38	12.50	39.53	13.36	21.48	4.73	41.04	26.11	28.82
4.82	32.22	5.99	26.54	5.78	34.81	11.81	11.98	24.15	27.97	7.23	30.61	5.30	39.29	28.88	21.02
2.07	39.76	10.12	20.96	26.49	9.84	4.16	18.09	1.56	98.55	15.49	18.92	11.94	26.50	2.42	89.29
7.29	27.92	23.59	13.48	22.53	17.89	19.31	9.79	13.11	37.82	10.63	25.35	23.41	18.91	18.75	34.39
7.07	28.51	10.65	20.28	3.95	39.01	7.21	15.37	9.94	46.48	10.00	26.12	6.52	36.73	14.11	39.43
26.51	8.41	24.50	12.79	13.40	21.99	3.68	18.51	25.99	22.72	4.76	35.45	13.67	23.93	5.00	70.95
23.23	15.45	25.86	10.93	1.92	46.67	15.28	10.44	16.54	34.18	25.06	15.94	6.77	35.91	1.62	115.69
24.96	13.90	7.80	23.93	26.55	8.03	13.74	10.91	2.05	82.38	14.57	20.01	19.11	20.43	20.28	33.73
4.06	33.65	13.36	17.41	26.44	10.72	18.10	10.01	4.78	65.34	3.74	37.80	5.55	38.72	7.56	60.70
13.34	19.61	18.15	15.66	2.95	41.30	21.27	9.35	7.49	54.53	29.00	10.33	15.23	21.79	3.82	77.36
20.78	16.69	17.90	15.77	25.80	14.05	26.29	6.08	8.12	52.27	8.79	28.15	3.53	43.79	2.34	90.88
10.89	22.60	2.69	32.80	16.26	20.57	10.85	12.61	4.15	67.94	28.56	12.20	28.94	12.12	11.27	47.60
7.97	27.19	6.94	25.07	26.33	11.89	26.48	5.11	5.37	63.52	5.07	35.08	2.92	46.59	13.20	41.94
26.27	10.81	18.63	15.57	1.97	46.05	1.95	21.37	25.34	25.67	12.56	22.48	7.06	35.50	29.15	16.77
12.84	20.34	3.65	30.33	4.52	37.61	14.48	10.54	5.72	61.19	6.58	31.81	9.42	30.64	7.04	61.90
6.38	29.51	16.62	16.10	22.98	17.57	25.77	7.14	10.73	44.40	14.35	20.49	22.93	19.08	28.20	24.66
26.00	11.89	26.23	9.79	6.72	33.22	4.39	17.86	6.02	60.46	26.14	15.28	3.19	44.68	25.59	29.57
12.51	20.63	1.88	36.88	15.30	20.77	1.91	21.67	9.13	48.81	2.21	43.58	12.32	26.12	20.99	33.25
26.56	6.59	2.10	34.73	12.89	22.75	10.54	12.88	7.98	53.18	22.59	17.03	15.53	21.41	2.08	96.63
26.43	9.66	13.60	17.12	4.14	38.51	24.59	8.10	11.75	41.21	11.32	24.51	28.81	12.84	27.77	25.79
8.74	25.59	5.24	27.74	6.03	34.21	25.99	6.77	8.91	49.57	11.90	23.65	25.50	17.74	11.03	48.45
2.44	38.32	11.87	19.04	23.60	17.11	14.05	10.63	5.42	62.50	5.90	33.17	2.03	54.53	28.75	22.00
26.12	11.47	2.40	33.63	24.26	16.49	3.07	19.26	18.63	33.02	3.50	38.18	3.66	43.27	16.00	35.55
8.64	25.89	25.68	11.29	26.54	8.45	5.73	16.76	3.87	69.14	11.53	23.82	6.25	37.12	26.65	28.04
3.94	34.13	26.38	8.98	3.67	39.42	17.42	10.14	21.60	30.84	20.53	17.71	2.26	50.03	2.82	84.20
17.89	17.70	2.41	33.28	3.53	39.78	25.46	7.45	1.90	85.58	29.21	6.15	27.96	15.23	2.75	85.05
17.57	17.83	25.51	11.61	2.44	44.90	24.95	7.88	23.07	29.34	2.97	40.36	2.94	46.01	10.44	50.68
14.59	18.64	2.29	34.24	26.52	9.20	23.02	8.83	21.12	31.36	2.34	42.87	17.94	20.75	28.60	22.77
4.63	33.01	17.57	15.82	26.47	10.33	20.30	9.59	4.32	67.15	23.90	16.52	28.67	13.40	8.81	55.26
8.36	26.18	11.30	19.48	2.13	45.50	23.74	8.54	25.04	26.41	3.30	38.61	9.71	30.18	4.09	75.68
188	42.15	13.13	17.59	25.00	15.57	6.36	16.26	11.02	43.16	13.93	20.83	8.55	33.00	3.54	78.50
191	40.38	4.57	28.95	26.00	13.47	11.18	12.45	20.54	31.73	10.29	25.76	8.00	33.56	8.62	55.98
8.07	26.63	6.70	25.41	26.26	12.31	26.53	4.37	2.37	79.48	21.04	17.56	6.58	36.30	17.24	35.07
5.13	31.83	1.70	37.84	10.90	25.52	2.05	21.11	26.45	17.70	5.67	33.60	2.30	49.48	29.05	18.85
4.26	33.32	21.95	14.35	4.77	37.08	24.06	8.39	26.55	13.01	3.03	39.19	4.15	42.07	4.71	72.39
9.78	24.19	4.34	29.29	2.72	42.06	19.60	9.73	6.16	59.49	1.92	47.48	10.64	28.82	16.71	35.48
2.93	35.99	12.83	17.92	26.39	11.37	18.45	9.95	11.39	42.68	1.76	54.16	12.52	25.58	7.42	61.33
3.49	34.94	9.53	21.63	16.69	20.37	22.63	8.96	8.35	51.50	12.30	22.82	10.81	28.24	5.95	66.85
15.51	18.36	17.02	15.96	5.29	35.79	6.61	15.90								

Πίνακας Α.88: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. ορίζ. 6 μηνών)

D1S1		D1S3		D2S		D2S1		D2S2		D2S3		D2S4		D3S	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
14.18	18.27	5.38	18.56	23.55	11.15	23.55	9.92	3.35	36.63	2.79	17.90	10.25	40.94	3.35	60.77
9.26	23.98	24.66	9.17	11.84	19.38	6.06	24.15	23.85	9.61	7.26	14.01	23.22	23.19	20.69	20.40
13.15	19.36	29.18	4.45	23.90	7.33	12.05	17.08	23.63	12.13	19.99	8.96	23.84	16.53	11.72	33.83
134	49.40	5.85	17.97	10.04	21.56	23.42	10.39	21.98	16.06	6.58	14.62	19.47	30.55	30.34	17.94
2.53	36.81	3.80	20.14	10.31	21.42	5.24	25.35	5.94	31.42	7.96	13.67	10.91	39.38	39.75	9.16
3.55	33.63	28.91	6.17	14.86	17.80	23.01	11.58	18.31	18.75	11.86	10.92	170	76.88	9.43	38.98
28.01	11.84	2.09	24.28	6.48	26.99	1.57	34.45	11.47	22.66	11.06	11.42	23.42	22.03	1.51	102.85
167	44.68	4.21	19.61	1.59	38.69	4.82	25.96	5.14	32.91	17.00	9.73	2.31	70.71	3.26	59.12
19.16	16.06	12.83	12.44	5.90	27.61	2.27	30.80	20.14	17.72	23.89	3.87	13.55	34.33	4.08	53.97
185	42.47	20.02	10.15	20.01	15.76	14.51	15.98	23.83	10.06	12.44	10.61	7.26	50.28	32.16	17.64
189	42.00	28.73	6.63	12.16	19.02	17.44	15.13	4.43	34.26	13.79	10.28	23.12	23.71	39.41	11.51
8.16	25.83	9.16	15.04	3.88	31.05	10.00	19.37	12.51	20.95	2.60	18.00	2.45	69.14	16.37	26.42
3.02	34.39	16.77	10.59	23.72	10.16	19.43	14.28	23.88	9.04	8.54	13.12	10.42	40.48	25.77	19.00
23.92	14.77	11.71	13.17	23.87	7.93	16.71	15.30	17.33	19.20	6.74	14.42	14.13	34.11	32.85	17.19
185	43.82	29.09	5.41	22.29	13.87	21.81	12.82	22.97	14.47	12.06	10.81	2.65	67.83	3.54	57.90
19.81	15.96	25.38	8.94	9.77	21.88	22.48	12.13	17.87	18.95	19.13	9.22	1.80	75.27	21.12	19.91
9.58	23.53	12.13	12.90	2.71	33.50	23.90	4.96	4.63	33.90	6.36	14.76	15.73	33.17	3.67	57.04
29.12	8.21	11.37	13.44	3.55	31.82	17.84	14.94	15.13	20.01	14.94	10.12	2.36	69.94	2.12	88.99
2.15	38.35	26.51	8.49	4.56	29.98	22.05	12.58	6.95	29.50	8.82	12.95	7.56	49.50	13.84	29.91
21.88	15.37	14.47	11.34	23.47	11.46	1.71	33.26	9.31	25.53	1.89	19.30	9.81	42.09	23.67	19.40
7.63	26.41	1.92	26.53	2.14	35.57	2.03	31.44	5.61	32.06	23.03	7.21	11.52	37.73	27.13	18.73
5.48	29.84	15.10	11.03	6.84	26.20	21.29	13.24	10.66	23.64	8.27	13.42	8.08	47.58	1.11	117.97
16.53	16.65	17.36	10.52	12.38	18.74	12.64	16.40	4.29	34.68	12.90	10.42	14.69	33.55	15.21	27.74
6.22	28.62	1.97	24.81	6.55	26.55	1.72	32.50	3.61	36.12	16.51	9.82	23.78	18.12	39.11	12.36
6.48	28.33	10.10	14.31	1.69	38.32	23.67	9.32	22.60	15.23	15.56	9.99	5.73	55.26	2.49	86.90
12.42	20.27	20.33	10.09	8.84	23.33	5.40	25.08	23.89	8.13	23.60	6.22	21.53	27.73	7.55	43.13
13.36	19.08	8.44	15.67	9.35	22.78	2.51	29.60	18.94	18.43	14.27	10.22	12.98	34.58	21.97	19.67
21.02	15.62	3.59	20.30	5.60	28.21	10.56	18.60	13.32	20.58	13.14	10.37	20.81	28.83	12.16	32.86
10.23	22.77	6.33	17.49	3.13	32.72	11.25	17.82	2.22	39.80	21.31	8.53	3.79	62.84	11.33	34.76
4.57	31.50	23.11	9.58	19.20	16.20	14.86	15.89	23.70	11.59	11.24	11.32	12.20	35.88	1.37	110.95
13.76	18.75	13.77	11.85	22.56	13.51	6.26	23.85	7.89	28.18	19.69	9.05	23.80	17.60	10.22	37.22
28.77	10.22	9.80	14.59	2.24	34.94	7.83	21.72	1.68	44.01	15.25	10.05	8.13	46.99	26.37	18.89
7.08	27.19	25.08	9.03	2.36	34.32	7.15	22.60	4.08	35.17	3.79	17.05	4.95	58.12	13.01	31.23
8.70	24.74	22.41	9.70	4.19	30.77	2.31	30.52	5.41	32.34	2.90	17.70	11.87	37.21	37.68	14.49
28.92	9.64	11.03	13.74	21.30	14.92	6.97	22.92	6.31	30.57	20.90	8.62	2.60	68.68	34.35	16.66
22.45	15.23	14.27	11.52	19.58	16.03	17.14	15.18	21.28	16.85	15.80	9.96	10.05	41.57	13.57	30.73
28.55	10.86	3.21	20.67	8.29	24.04	13.14	16.23	11.14	22.95	20.20	8.89	10.67	39.99	14.07	29.40
8.37	25.21	8.18	15.85	14.50	17.93	10.33	19.00	9.64	25.01	2.36	18.53	6.73	51.79	1.80	98.56
11.08	21.67	8.78	15.54	22.75	13.24	5.89	24.48	2.40	38.97	9.63	12.42	23.74	18.82	5.00	50.20
2.11	39.33	4.61	19.18	17.10	17.09	21.51	13.05	19.76	17.96	22.83	7.42	9.40	43.27	10.91	35.27
3.43	34.18	13.39	12.04	23.34	11.95	23.05	11.32	12.46	21.61	16.30	9.86	3.56	63.78	38.70	13.20
27.50	12.44	19.55	10.22	18.47	16.58	23.73	8.92	5.70	31.73	7.48	13.89	4.64	59.45	8.22	41.87
15.33	17.08	15.41	10.99	15.84	17.54	18.66	14.63	23.90	7.16	4.19	16.52	23.71	19.37	22.66	19.56
4.82	31.06	28.55	6.94	14.04	18.06	23.84	7.68	22.77	14.87	19.43	9.15	1.68	78.54	5.54	49.27
15.00	17.45	2.68	21.98	23.79	9.47	10.94	18.21	15.73	19.81	2.22	18.70	4.86	58.78	18.91	22.44
12.81	19.62	21.91	9.82	15.34	17.73	2.27	31.23	10.37	24.00	1.63	20.43	8.99	44.69	6.46	46.30
26.55	13.27	7.05	17.04	23.82	9.11	23.78	8.52	4.03	35.44	23.80	5.32	11.43	38.29	5.88	47.60
2.78	35.78	14.85	11.32	17.83	16.89	2.01	32.08	23.16	14.01	2.50	18.26	3.98	61.99	35.82	15.83
14.57	17.85	7.90	16.06	11.45	19.81	13.74	16.09	2.20	40.61	5.04	15.82	11.10	38.93	2.91	62.95
26.89	13.02	27.35	8.05	6.10	27.31	8.05	21.46	13.78	20.44	1.78	19.63	6.27	53.90	34.93	16.30
10.93	21.96	21.49	9.90	2.46	33.84	9.12	20.17	16.63	19.48	6.06	15.16	17.51	32.00	17.90	23.76
27.20	12.78	2.33	22.49	22.96	12.86	23.90	5.60	1.73	42.83	17.91	9.53	8.30	46.52	3.97	54.64
4.55	31.96	26.82	8.34	5.84	27.91	7.45	22.19	1.72	43.23	12.30	10.75	3.22	65.19	39.82	7.04
9.87	23.16	20.67	10.03	4.74	29.54	19.04	14.50	9.14	26.05	22.33	7.85	23.86	15.73	5.69	48.13
12.15	20.44	2.50	22.22	5.08	28.93	8.89	20.43	22.40	15.58	9.29	12.60	22.31	26.17	20.26	21.17
28.27	11.41	15.73	10.72	1.92	36.58	19.79	14.13	8.28	27.21	23.42	6.67	6.44	52.96	12.53	32.26
11.95	20.83	3.11	20.92	16.74	17.23	20.49	13.75	12.06	21.87	4.06	16.77	9.27	43.73	15.57	27.23
29.03	9.04	22.83	9.62	2.01	35.81	8.29	21.14	11.70	22.34	4.85	16.03	18.94	30.89	14.79	28.24
26.16	13.59	28.38	7.16	3.69	31.51	15.62	15.73	10.92	23.35	4.45	16.46	9.18	44.20	38.24	13.87
17.52	16.46	16.14	10.67	20.94	15.17	3.23	28.32	23.45	13.05	10.72	11.76	3.39	64.46	39.60	10.50
25.67	13.82	6.08	17.73	4.33	30.31	1.50	36.16	3.13	37.25	4.62	16.18	16.51	32.67	6.69	45.35
11.29	21.41	10.38	14.10	3.27	32.27	3.16	28.74	2.07	40.91	7.68	13.72	6.89	50.94	3.69	56.25
2.05	40.58	13.13	12.21	23.20	12.32	21.08	13.41	13.01	20.68	18.17	9.47	21.22	28.22	27.97	18.57
24.35	14.47	27.92	7.64	9.54	22.30	4.62	26.14	2.86	37.73	2.17	18.91	23.65	20.08	6.16	46.93
27.79	12.11	7.67	16.33	8.03	24.34	4.42	26.51	20.64	17.38	6.99	14.21	8.77	45.44	3.78	55.56
21.49	15.48	3.37	20.46	11.24	20.33	15.96	15.53	1.67	45.48	3.61	17.23	5.20	57.52	18.39	23.05
20.49	15.75	12.44	12.71	7.37	25.57	22.63	11.91	21.67	16.43	23.75	5.62	23.58	20.94	33.65	16.91
5.09	30.60	4.87	18.92	10.97	20.50	23.88	6.83	1.70	43.62	22.60	7.64	2.23	71.61	8.28	41.17
4.18	32.40	19.14	10.28	20.65	15.42	6.80	23.27	23.80	10.53	21.79	8.20	23.50	21.56	7.40	43.84
17.14	16.55	2.10	23.96	1.58	39.70	9.40	19.93	3.81	35.67	23.84	4.95	15.27	33.43	24.73	19.20
3.91	32.72	23.92	9.36	21.88	14.54	23.27	10.78	16.34	19.60	10.13	12.01	22.65	25.37	4.45	52.37
11.55	21.06	5.13	18.64	22.06	14.16	6.49	23.50	23.55	12.58	5.84	15.28	23.87	15.15	17.11	25.00
10.57	22.28	21.15	9.94	1.56	39.98	18.25	14.80	8.04	27.73	18.51	9.38	22.84	24.70	4.08	53.07
5.82	29.40	9.41	14.83	7.54	25.25	3.49	28.06	4.85	33.44	11.67	11.06	5.31	56.64	29.41	18.20
24.78	14.30	17.79	10.46	10.48	21.06										

Πίνακας Α.89: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. οριζ. 6 μηνών)

D3S1		D3S2		D3S3		D3S4		D4S		D4S1		D4S2		D4S3		D4S4	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
23.84	17.18	10.38	41.78	27.89	10.54	38.50	25.57	3.39	21.60	9.29	14.05	11.85	15.39	4.75	11.10	1.25	49.16
24.42	17.09	38.78	14.75	4.01	27.52	3.20	124.94	12.13	13.20	2.00	20.91	13.12	11.22	5.08	10.88	10.77	28.11
5.19	43.25	2.30	90.82	39.77	5.30	9.47	79.10	8.40	16.28	12.66	10.72	10.21	17.18	13.25	4.31	11.68	26.18
2.82	55.62	7.86	48.46	10.66	19.45	8.89	81.94	10.85	14.72	151	2149	0.90	3145	12.39	7.23	12.91	21.13
1140	30.37	3.85	64.44	1.81	45.56	3.64	118.67	13.07	10.29	13.26	6.46	11.57	15.79	13.26	4.19	1.65	47.23
29.41	16.16	5.27	56.91	34.36	9.41	3.79	116.10	6.64	17.48	12.58	10.91	11.03	16.44	11.62	7.91	0.93	51.73
31.63	15.69	5.80	55.22	5.21	25.71	39.45	21.32	4.41	20.24	10.44	13.39	4.23	23.25	12.77	6.66	4.75	38.08
8.08	36.42	2.88	72.96	31.86	9.95	39.57	20.21	13.25	7.86	4.65	17.63	8.38	18.41	7.02	9.61	12.56	23.34
15.78	23.65	1.61	38.72	2.25	38.49	31.39	33.33	11.72	13.81	4.13	18.32	3.34	24.88	8.00	9.36	0.72	57.41
3.92	48.55	28.93	20.74	39.79	4.80	21.36	37.35	5.63	18.60	6.77	15.36	11.98	15.19	6.88	9.70	0.66	58.72
26.77	16.74	3.54	65.67	17.23	13.78	39.26	22.66	4.09	20.72	2.88	19.72	13.17	10.61	12.89	6.41	13.25	14.73
2.88	53.20	4.06	61.88	22.98	11.08	9.96	76.36	13.18	9.29	13.14	8.66	4.85	22.26	11.47	8.01	6.91	32.27
19.18	19.92	2.66	80.40	29.72	10.28	30.25	34.09	12.64	12.14	13.21	7.75	6.70	19.69	3.78	11.75	2.61	44.20
20.53	18.35	21.00	22.69	1.96	43.09	15.95	52.65	3.60	21.42	5.89	16.29	12.70	13.52	2.43	12.73	5.55	35.68
2.88	54.98	2.86	74.60	3.88	28.26	33.19	32.18	1.56	24.35	6.31	15.91	9.21	17.91	6.54	9.94	12.98	20.58
3.12	52.47	34.39	18.71	22.37	11.13	4.22	111.33	7.82	16.55	13.23	7.33	11.36	16.06	3.64	11.94	13.26	13.69
3.92	47.26	16.67	28.83	15.99	14.61	19.43	41.96	4.54	20.03	9.53	13.92	10.44	17.02	6.72	9.81	13.01	20.22
27.50	16.59	38.17	15.77	36.03	8.93	8.08	87.01	4.66	19.86	13.11	8.85	13.27	7.91	7.51	9.47	10.30	28.64
28.95	16.25	19.17	25.25	14.18	15.99	39.79	17.15	10.28	15.19	7.61	14.78	12.82	13.04	7.69	9.43	4.29	39.63
25.01	17.00	7.50	49.52	23.65	11.01	14.39	57.30	8.65	16.17	4.42	17.96	1.87	27.17	12.05	7.58	1.09	50.51
38.58	11.90	11.09	39.96	9.84	20.44	7.66	90.12	2.69	22.60	1.36	21.68	3.79	23.90	11.78	7.83	6.62	33.20
7.63	37.58	4.55	59.29	3.42	29.78	16.89	49.29	1.34	24.66	13.25	6.83	7.04	19.10	12.61	6.94	1.78	46.72
7.74	37.11	19.72	24.32	8.07	22.07	13.33	62.09	10.43	15.07	4.84	17.40	13.22	9.80	11.04	8.26	7.18	31.95
4.30	45.54	7.24	50.90	2.92	31.14	20.21	39.73	6.88	17.18	1.79	21.10	8.85	18.12	13.21	4.98	1.38	48.24
14.08	25.95	37.52	16.56	38.95	7.33	17.62	47.21	6.25	17.90	13.03	9.38	7.89	18.67	11.90	7.70	8.93	30.25
34.06	14.83	36.76	17.26	6.76	23.64	3.35	123.34	0.76	28.04	3.82	18.57	4.63	22.63	3.90	11.67	13.14	18.43
5.84	41.52	4.89	58.14	20.79	11.49	39.84	15.30	8.82	16.07	6.94	15.26	9.71	17.56	7.32	9.52	2.79	43.86
39.26	10.64	14.54	33.18	7.16	23.07	37.63	27.49	11.57	13.99	12.78	10.45	1.58	27.78	0.95	14.45	6.17	34.37
18.12	20.94	6.12	54.06	2.58	35.59	16.50	50.31	5.30	19.04	1.13	22.44	9.54	17.71	1.36	13.54	13.21	16.63
15.54	24.14	20.63	23.21	21.49	11.22	25.43	36.07	11.06	14.56	5.69	16.50	2.15	26.53	9.91	8.77	7.97	31.18
15.34	24.59	2.65	85.77	30.83	10.12	15.41	53.77	1.09	25.69	7.43	14.87	12.95	12.48	0.96	14.31	13.07	19.43
13.54	26.80	2.84	77.38	6.02	24.57	34.02	31.63	2.38	23.01	5.18	17.10	9.93	17.45	1.89	13.15	0.86	53.86
11.68	29.68	17.25	28.08	3.70	28.99	12.93	63.47	0.96	26.40	8.78	14.30	5.79	20.82	5.88	10.33	12.66	22.86
35.26	14.45	2.65	84.48	11.72	18.28	7.83	87.96	1.96	23.67	4.22	18.11	2.99	25.11	10.70	8.43	12.27	24.51
9.26	34.39	8.73	46.09	11.30	18.67	8.21	85.70	1.87	23.89	12.07	11.81	11.73	15.57	3.31	12.08	9.23	29.95
26.28	16.79	3.38	67.75	24.41	10.94	2.88	130.38	0.99	25.92	11.63	12.36	13.26	8.43	4.04	11.57	5.94	34.75
6.66	39.81	39.20	13.93	36.56	8.74	7.36	90.95	8.23	16.38	6.46	15.65	5.20	21.85	4.92	11.02	4.96	37.74
29.91	16.06	35.79	17.93	19.03	12.59	4.05	112.57	13.23	8.43	5.42	16.74	5.48	21.34	13.28	3.15	5.78	35.30
39.76	8.02	33.70	19.07	15.60	15.02	4.65	107.90	13.28	6.63	11.21	12.77	11.48	15.97	3.06	12.29	9.89	29.19
38.11	12.46	24.46	21.85	19.47	12.28	18.36	44.52	1.23	25.22	4.98	17.26	1.83	27.48	2.30	12.85	3.32	42.04
33.36	15.08	33.05	19.37	2.76	33.08	11.51	69.22	10.04	15.37	0.74	24.96	4.98	22.00	6.26	10.21	12.12	24.97
21.19	17.57	3.12	70.71	16.39	14.39	38.08	26.59	1.14	25.48	7.98	14.64	6.24	20.23	2.02	13.03	2.15	45.56
7.44	37.99	2.92	71.39	16.85	14.07	5.09	105.02	9.88	15.50	5.86	16.45	13.19	10.41	10.44	8.55	1.21	49.92
19.62	19.37	9.98	43.83	17.65	13.48	38.86	24.48	2.09	23.46	9.12	14.14	2.32	26.41	5.24	10.83	2.92	43.39
30.45	15.90	32.30	19.63	33.30	9.66	35.60	30.14	5.90	18.35	12.17	11.67	9.38	17.79	10.86	8.35	10.99	27.67
9.74	33.05	23.36	22.08	6.49	24.37	12.45	64.88	1.26	24.95	3.21	19.31	0.92	31.07	9.31	8.97	13.22	16.21
6.08	41.01	20.38	23.77	25.62	10.80	23.94	36.71	7.62	16.65	8.16	14.57	0.94	30.06	12.96	6.22	1.36	48.69
39.61	9.27	14.78	32.32	32.76	9.79	4.34	109.97	2.94	22.18	13.16	8.44	12.77	13.28	12.70	6.80	11.99	25.35
5.69	42.14	10.11	42.72	14.69	15.65	36.90	28.63	6.14	18.18	10.10	13.60	7.59	18.81	1.25	13.78	13.05	19.86
25.52	16.91	3.87	63.26	18.03	13.23	5.27	103.95	9.00	15.97	8.58	14.39	1.24	28.61	1.64	13.30	13.11	18.97
32.53	15.36	15.04	31.68	4.60	26.66	10.95	71.44	0.76	28.57	2.40	20.30	12.88	12.82	12.28	7.36	0.64	59.63
4.49	44.96	1.77	113.03	19.96	12.01	11.29	70.25	5.13	19.28	12.29	11.51	6.09	20.39	2.57	12.61	5.07	37.40
39.51	9.80	21.49	22.27	21.95	11.18	14.96	56.11	13.13	9.80	2.73	19.91	13.00	12.17	13.18	5.28	11.82	25.81
9.51	33.68	22.49	22.11	31.38	10.02	11.80	67.87	12.95	11.01	11.08	12.88	12.39	14.36	2.73	12.56	9.53	29.67
39.70	8.64	12.45	37.21	37.76	8.17	28.75	34.67	6.85	17.42	9.77	13.83	0.96	29.70	3.19	12.21	0.54	60.47
12.82	27.89	6.94	51.64	38.61	7.58	18.35	45.38	11.40	14.18	3.55	18.97	13.15	10.92	10.26	8.62	11.51	26.64
10.68	31.56	28.34	20.82	28.57	10.45	39.69	18.65	13.25	7.61	13.24	7.09	10.88	16.67	10.08	8.70	8.31	30.84
5.41	42.62	3.21	69.53	26.63	10.69	9.08	81.06	13.27	6.98	10.95	12.99	3.29	24.65	2.14	12.94	13.23	15.77
7.10	38.61	1.87	108.32	9.07	20.93	26.60	35.60	4.98	19.50	12.50	11.10	13.03	11.92	0.92	14.62	11.21	27.16
6.83	39.28	14.10	33.75	4.90	26.06	13.90	59.50	6.43	17.67	2.10	20.71	13.25	8.77	7.85	9.40	13.26	14.17
10.16	32.54	17.93	27.28	35.47	9.12	20.98	38.24	0.93	26.63	0.86	23.91	4.39	23.01	5.62	10.56	2.53	44.70
4.79	44.21	4.17	60.87	38.19	7.92	3.86	115.04	9.40	15.77	7.76	14.73	2.52	25.90	5.74	10.45	3.45	41.67
39.47	10.18	30.51	20.19	20.37	11.87	6.94	93.53	8.01	16.47	11.92	12.03	5.97	20.64	0.84	14.97	0.92	52.29
12.23	29.01	39.75	10.36	11.98	17.91	22.64	36.95	13.11	10.00	4.51	17.79	12.26	14.69	9.62	8.88	13.27	12.54
18.57	20.40	25.09	21.58	5.41	25.34	34.81	30.93	13.26	7.34	3.67	18.75	2.62	25.72	1.33	13.70	4.56	38.60
16.85	22.62	39.36	13.18	1.95	43.51	6.17	98.40	0.74	28.87	9.96	13.69	2.03	26.71	13.23	4.81	13.28	11.02
23.20	17.29	8.47	47.02	39.60	5.97	10											

Πίνακας Α.90: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. ορίζ. 12 μηνών)

DS		DS1		DS2		DS3		DS4		D1S		D1S2		D1S4		D1S1	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
1168	375.16	2160	12178	32.02	3177	4152	1085	30.36	68.72	15.47	313.01	6.17	714.26	56.17	27.59	35.76	26.21
26.21	53.89	49.45	14.67	50.92	15.88	13.72	182.03	51.35	19.61	56.25	12.76	53.92	20.08	56.49	17.52	54.75	14.45
5121	1196	3.68	684.13	12.92	357.96	25.77	26.69	49.92	33.62	39.04	24.50	16.77	308.87	39.84	47.79	43.98	18.86
5128	10.97	30.95	25.67	33.48	28.31	25.04	36.62	37.14	45.85	54.72	16.65	34.28	37.86	56.36	24.51	33.38	33.68
14.04	280.09	24.58	74.43	39.81	24.89	6.95	429.42	28.69	93.49	44.21	2159	39.07	27.52	56.24	26.65	12.69	510.64
32.60	26.12	30.06	27.41	27.93	41.91	50.55	7.74	30.71	66.75	37.69	26.42	9.06	656.62	40.78	46.57	22.21	189.18
7.86	608.44	34.31	20.39	5125	13.39	46.69	9.77	15.97	399.93	48.38	20.38	15.54	390.02	46.14	44.12	36.69	24.99
38.34	2171	4145	18.28	4158	24.07	44.86	10.20	51.19	25.20	12.95	599.11	55.74	17.24	38.02	54.37	29.74	46.38
25.99	6192	7.75	608.44	51.15	14.33	7.39	386.12	36.59	46.05	5121	19.31	37.48	30.95	20.40	363.97	13.80	405.96
26.52	46.15	26.41	43.63	42.34	23.90	32.14	13.94	34.30	49.23	34.74	33.72	36.89	32.46	50.46	40.99	23.38	164.06
12.46	317.73	12.57	301.15	15.45	226.41	2100	88.58	40.99	43.92	43.38	2175	15.58	373.90	34.17	72.22	54.29	15.01
27.70	4138	46.70	16.47	8.49	626.71	5133	5.69	50.97	28.48	53.48	17.83	56.27	14.50	3181	90.01	56.14	1172
10.55	482.52	48.60	15.68	38.37	25.07	39.13	11.14	27.21	96.88	56.45	10.15	56.19	15.11	53.81	36.78	55.83	12.70
5134	9.90	49.66	14.42	4108	24.40	16.07	18105	25.58	208.23	16.86	280.20	42.76	25.19	47.33	43.28	33.40	3199
44.68	19.84	33.92	20.68	1163	464.21	39.51	1106	23.82	262.11	40.19	22.44	28.39	94.51	19.83	396.59	49.83	17.39
48.67	17.60	9.44	554.55	48.16	20.75	10.37	262.72	48.04	37.77	56.42	10.85	4199	25.37	20.10	375.63	29.17	5123
3157	28.02	32.27	23.44	50.77	16.47	42.22	10.71	50.73	30.29	29.89	44.39	56.09	15.68	29.07	177.82	34.36	29.03
25.09	74.57	43.49	17.73	10.88	550.39	34.85	12.02	14.07	549.16	53.00	18.18	33.24	42.87	28.26	200.27	52.45	16.18
28.54	38.04	38.42	19.03	50.65	16.90	43.09	10.55	15.05	443.91	33.47	36.39	26.63	146.06	16.98	451.64	38.22	22.06
23.51	113.22	35.95	19.36	25.22	89.64	40.45	1102	17.51	315.37	40.61	22.33	35.51	35.17	22.22	289.56	22.22	186.96
42.17	20.74	14.04	246.82	13.68	311.82	25.38	30.24	21.40	287.52	56.17	13.24	30.56	56.68	24.25	257.37	50.16	17.24
13.46	292.50	10.27	511.64	35.38	25.85	50.28	8.00	26.99	99.33	15.51	311.83	55.96	16.28	38.85	51.63	12.78	488.20
25.70	66.20	42.00	18.11	30.91	35.36	50.05	8.25	41.58	43.58	27.71	95.95	3105	53.70	10.18	684.13	50.51	17.06
30.22	30.71	5135	8.86	26.51	55.76	40.08	1103	14.18	500.87	52.64	18.54	35.93	34.34	39.46	48.89	30.00	38.06
36.77	22.06	23.05	87.92	24.06	95.72	35.45	1163	46.45	39.78	20.12	210.44	15.48	427.50	4.30	714.26	35.31	27.38
26.76	4142	28.07	32.54	5129	12.38	4.22	608.44	28.85	80.53	50.72	19.51	36.18	33.31	11.92	656.62	43.50	18.93
28.09	39.73	46.38	16.70	5131	11.94	43.82	10.41	45.44	40.71	4142	22.18	33.36	40.31	55.51	32.02	56.31	10.68
45.75	19.41	45.54	17.01	5133	10.88	37.03	1135	43.50	42.33	17.16	262.11	15.13	442.91	55.32	32.74	55.97	12.32
29.46	32.76	12.18	338.36	47.25	2158	41.91	10.75	34.06	49.96	8.40	656.62	21.11	217.13	46.57	43.72	50.96	16.98
5125	1144	29.00	29.00	40.39	24.47	10.68	254.63	4.78	714.26	55.70	14.92	16.34	345.78	37.48	56.64	30.98	35.65
33.18	25.04	39.73	18.72	3132	34.12	8.88	319.18	26.08	149.84	13.52	473.76	37.96	30.43	17.47	570.33	12.64	534.46
39.53	2146	22.02	119.21	26.81	5153	50.85	7.27	5132	20.85	14.51	411.32	34.03	38.75	36.70	59.95	34.66	27.61
26.19	55.31	1108	371.30	43.61	23.37	3.48	656.62	16.70	371.84	14.60	388.30	43.53	25.01	28.25	222.34	31.69	34.60
12.97	312.30	47.16	16.26	33.16	29.21	5135	5.45	16.87	364.86	51.74	18.95	15.46	428.27	30.69	93.10	35.98	25.22
14.51	270.26	27.92	34.11	5109	14.89	13.42	210.24	14.07	504.89	34.01	34.87	29.21	59.92	47.92	42.87	12.29	536.97
5114	12.60	2151	137.61	37.64	25.17	33.11	13.16	5131	21.72	29.23	46.10	15.04	512.93	33.56	83.31	53.44	15.65
5130	10.54	14.06	240.02	34.52	27.27	5123	6.03	33.02	53.81	33.63	35.40	7.44	681.73	56.44	21.89	6.84	656.62
43.74	20.22	40.85	18.46	25.32	75.24	27.83	19.31	49.03	36.07	38.42	25.06	47.30	23.95	56.47	19.19	38.60	2172
30.72	29.47	5102	1158	48.64	20.33	5.91	574.12	16.97	352.80	28.11	76.60	37.78	30.88	56.42	22.73	55.49	13.46
33.81	23.98	27.14	37.15	14.42	250.68	32.51	13.65	14.42	496.74	56.46	9.71	56.33	13.96	54.22	35.75	2121	194.36
50.64	14.69	15.28	191.88	29.64	38.73	35.02	1165	25.73	19.02	55.89	14.43	28.77	90.98	43.32	45.57	4150	19.34
48.13	17.98	13.28	256.56	44.12	23.09	27.15	22.85	3159	60.85	56.50	7.98	37.03	3150	44.71	44.62	14.23	381.48
13.66	288.88	13.21	270.45	5107	15.45	37.47	1129	16.81	370.22	49.40	20.01	56.41	12.82	25.96	235.59	16.07	253.86
5135	9.29	28.34	31.68	16.27	211.97	12.31	227.09	49.35	35.19	55.45	15.52	46.81	24.06	20.04	392.51	37.98	22.49
12.19	339.26	1183	348.24	46.21	22.11	30.29	16.48	14.77	459.44	28.62	64.31	32.16	44.82	55.66	3133	27.71	54.29
49.16	17.10	50.76	12.50	8.63	608.44	47.45	9.58	30.98	62.97	53.94	17.45	14.95	550.39	54.83	34.40	56.43	9.24
1140	410.96	10.42	505.33	32.40	30.92	24.57	40.14	39.77	44.59	14.90	386.89	18.76	270.30	44.12	45.02	49.37	17.65
42.76	20.53	44.71	17.35	15.73	218.45	30.54	14.96	31.75	59.59	42.87	2190	25.99	159.00	15.48	608.44	12.89	460.95
35.97	22.20	47.63	16.03	36.01	25.74	5122	6.40	5123	24.37	55.21	15.93	54.87	18.98	18.08	539.18	48.53	17.80
34.24	23.43	16.20	180.45	29.40	39.14	7.57	362.81	19.25	295.83	38.41	25.83	32.14	46.48	35.71	64.79	45.09	18.58
33.62	24.65	48.69	15.39	24.66	92.85	45.53	10.12	30.26	69.77	25.13	109.17	56.47	11.15	19.30	441.92	23.11	180.34
14.04	273.52	3.84	656.62	16.93	199.06	49.86	8.41	18.62	297.67	15.19	362.03	12.71	628.41	50.83	40.57	6.07	714.26
38.91	2161	20.73	151.80	50.49	17.36	27.12	23.62	17.04	347.16	56.36	11.73	32.80	44.22	20.64	352.33	55.68	13.07
40.71	2118	5126	9.79	26.93	46.32	50.73	7.50	44.82	41.32	35.22	32.04	25.17	208.44	56.33	25.20	46.29	18.47
49.64	16.52	3132	25.02	50.09	18.34	48.33	9.25	18.25	305.69	45.39	2130	29.09	87.65	18.22	504.28	21.10	200.01
33.18	25.44	33.78	2135	5133	1140	6.00	550.39	25.14	223.16	16.18	280.24	27.96	100.94	34.08	77.79	37.00	23.93
43.28	20.39	50.98	11.92	13.83	277.86	28.21	17.92	5127	23.24	28.99	58.05	19.55	226.73	53.40	37.43	14.06	402.97
27.76	40.72	22.55	110.58	45.23	22.74	49.11	8.92	34.77	47.55	35.38	30.59	30.23	59.00	22.99	277.75	56.41	9.62
6.17	656.62	42.83	17.94	25.48	58.58	10.85	243.36	33.91	50.92	54.32	17.15	15.10	493.37	37.27	58.36	6.18	684.13
13.88	286.70	26.45	43.20	28.18	40.71	13.58	188.34	16.41	375.25	46.73	20.94	49.08	23.37	15.43	652.81	27.36	78.05
2176	181.98	12.37	337.84	48.95	19.95	33.44	12.60	5136	18.24	7.08	684.13	54.35	19.64	49.69	4150	16.75	215.56
14.64	266.54	37.43	19.11	5127	12.87	30.53	15.78	15.82	410.47	44.85	2142	49.73	22.94	38.48	52.51	5138	16.73
32.31	26.80	44.11	17.48	13.74	290.78	17.53	89.26	50.34	32.08	50.02	19.75	29.09	89.02	37.94	55.83	46.59	18.23
28.11	38.82	45.92	16.94	36.55	25.49	9.80	284.65	50.53	31.37	39.23	23.76	40.85	25.74	48.68	42.70	48.16	17.85
1107	419.81	40.08	18.56														

Πίνακας Α.91: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. ορίζ. 12 μηνών)

D1S3		D2S		D2S1		D2S2		D2S3		D2S4		D3S		D3S1	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
28.40	4120	44.89	16.03	7.33	438.20	46.20	10.97	3.46	552.28	8.89	608.44	30.00	360.89	60.45	19.61
12.53	319.34	22.15	50.39	13.76	199.04	8.89	446.04	34.33	1107	23.77	76.39	4107	147.83	33.09	215.28
51.61	9.87	46.06	12.16	32.27	19.18	7.55	550.39	19.23	34.51	13.28	345.66	3109	302.60	30.90	286.98
20.90	205.88	39.81	19.73	44.93	13.85	13.61	214.85	37.49	10.71	32.60	45.51	50.53	43.52	6190	19.41
36.34	14.54	32.05	22.06	8.43	338.51	9.38	416.05	12.79	123.70	26.63	59.19	20.95	678.62	5186	35.48
41.83	11.38	12.54	186.73	7.94	400.74	41.25	22.05	3.35	562.93	22.27	120.23	26.19	584.86	27.57	459.45
30.56	23.51	32.40	21.93	4.37	608.44	45.61	16.65	14.95	9194	23.95	72.27	29.00	405.65	58.13	22.96
55.25	8.21	31.26	22.15	8.03	389.15	34.68	24.74	32.02	11.36	37.17	43.06	43.74	110.15	75.58	14.11
25.36	56.99	27.36	26.86	38.19	17.75	11.65	303.50	2.44	608.44	42.81	37.85	27.48	505.51	70.11	17.40
28.46	36.86	18.04	81.80	45.88	11.66	22.47	53.10	20.06	27.73	19.67	221.00	75.67	16.06	72.97	16.32
11.20	456.25	27.17	27.23	27.50	22.70	24.69	36.59	26.92	14.39	23.83	75.00	52.27	39.07	76.90	10.25
52.86	9.44	40.98	19.29	10.20	250.98	45.30	17.71	4.95	350.06	28.13	53.64	62.91	22.04	43.08	92.48
27.33	44.04	23.58	35.79	45.29	13.31	19.08	90.78	44.09	8.89	44.33	35.08	76.52	14.10	76.98	9.81
48.22	10.52	17.10	115.56	19.22	92.41	45.54	16.95	27.69	13.64	15.84	272.23	48.02	53.55	76.99	9.40
25.10	71.67	32.89	21.89	21.63	51.81	34.19	24.80	4.68	376.01	22.23	149.06	30.65	332.70	72.13	16.61
10.24	482.33	41.36	19.05	15.94	166.79	23.74	42.17	43.02	9.39	46.22	17.59	72.85	18.72	44.83	59.93
44.55	11.10	37.40	20.70	35.01	18.58	26.14	33.57	37.83	10.58	34.74	44.47	44.25	107.08	27.14	460.52
33.23	17.53	8.26	434.94	23.79	34.14	27.67	29.94	32.37	11.29	35.97	43.91	65.41	21.43	73.83	15.76
10.94	468.27	16.51	141.70	17.31	105.21	44.87	18.55	38.93	10.56	27.64	54.71	47.70	57.96	71.25	17.06
46.55	10.79	27.76	25.86	34.27	18.79	27.89	29.37	31.60	11.41	14.98	296.04	68.27	20.79	27.69	445.09
21.21	194.48	37.97	20.49	44.19	14.85	33.44	24.97	29.25	12.27	37.50	42.93	56.87	28.74	67.66	18.14
45.12	11.02	44.26	16.95	6.56	495.78	8.01	523.68	44.39	8.62	13.61	336.13	54.81	33.57	74.15	15.60
34.58	16.34	7.35	529.97	40.47	16.97	29.13	27.67	45.10	8.10	25.36	65.01	36.77	208.25	68.74	17.87
29.67	25.77	40.32	19.66	5.93	564.24	22.04	61.24	25.50	15.60	26.09	62.75	55.89	30.63	47.90	52.26
37.40	13.74	9.72	316.94	28.49	21.21	30.77	25.67	6.69	261.45	14.64	299.83	28.19	464.69	54.98	30.76
39.14	12.30	25.49	30.51	22.62	42.43	6.44	608.44	42.37	9.51	44.13	35.33	73.80	18.38	77.00	8.75
50.78	10.01	43.34	17.75	7.26	442.74	23.84	40.63	22.36	26.36	16.23	255.29	27.00	550.04	18.65	668.31
13.29	296.89	7.42	516.71	20.71	69.56	13.19	223.50	4.74	375.38	6.28	656.62	53.81	35.62	76.17	13.16
33.54	17.15	35.91	21.10	24.85	27.72	14.44	193.12	43.08	9.24	21.38	165.39	48.73	53.46	77.03	7.98
24.07	93.75	12.24	240.96	33.29	18.97	37.09	23.96	41.94	9.71	42.26	38.63	58.69	25.44	37.31	173.39
42.65	11.28	25.75	29.91	43.68	15.25	25.45	35.37	32.88	11.28	45.15	32.34	30.09	357.14	28.84	343.53
36.81	14.12	45.80	13.70	12.58	234.52	46.22	10.60	27.11	14.13	29.17	49.77	57.03	28.10	40.51	116.55
22.55	119.80	8.92	377.48	18.57	104.39	27.45	30.58	23.61	19.69	31.13	46.21	75.32	16.61	69.52	17.61
53.71	9.12	39.04	20.06	31.23	19.29	20.76	75.25	26.36	14.39	33.94	44.86	54.62	34.21	30.37	297.45
20.75	217.91	9.08	355.37	26.69	24.02	25.82	34.24	6.43	279.43	41.61	39.46	34.33	237.61	51.29	36.01
48.60	10.47	21.42	51.16	28.86	20.83	24.56	37.24	39.59	10.41	21.48	149.59	44.33	105.97	57.33	24.88
7.64	608.44	45.13	15.57	11.59	237.97	29.86	26.18	9.58	223.66	39.02	41.93	72.37	19.16	76.65	11.93
55.78	7.57	35.38	21.19	45.99	11.04	8.96	445.48	23.83	17.51	46.21	18.43	76.75	13.04	59.00	21.37
14.98	255.43	43.82	17.40	7.98	400.19	32.71	25.17	37.22	10.71	11.34	525.40	44.73	104.77	25.62	541.11
28.72	35.86	34.73	21.39	18.88	100.50	45.72	16.25	4.56	413.25	10.73	567.89	57.72	27.22	54.42	30.81
53.25	9.28	26.02	28.71	8.04	371.43	46.01	14.50	45.79	7.12	46.05	25.41	20.47	684.13	43.20	82.80
42.21	11.34	29.41	23.46	29.61	19.82	27.17	31.35	10.95	206.15	38.15	42.38	60.04	22.96	25.88	537.84
27.22	46.50	16.64	139.97	38.68	17.62	23.88	39.29	22.61	26.29	46.15	22.83	27.64	497.01	21.73	644.50
45.55	10.93	39.43	19.90	46.17	9.69	46.08	14.05	31.19	11.44	23.18	87.10	66.44	21.28	27.68	450.53
33.02	17.85	42.80	18.13	7.49	409.69	11.41	311.84	28.34	13.07	44.73	33.98	74.45	17.67	49.98	39.01
43.92	11.13	5.35	608.44	45.76	12.30	42.64	21.04	28.72	12.54	36.43	43.53	42.13	129.59	26.89	532.26
50.27	10.13	3.02	656.62	46.09	10.25	41.94	21.55	44.85	8.30	23.68	79.81	46.14	74.32	57.36	23.92
22.85	101.61	9.56	320.33	26.96	23.49	26.85	32.10	29.75	11.58	22.57	92.39	54.18	34.58	19.00	656.62
24.54	77.14	30.58	22.28	10.01	281.19	37.73	23.64	27.62	13.74	46.16	22.02	76.89	12.16	52.64	32.76
22.30	127.83	8.59	407.83	23.89	28.83	28.50	28.60	3.48	537.08	46.21	19.41	56.08	29.80	53.79	31.24
55.54	7.88	7.07	539.78	24.36	28.00	11.96	255.18	17.49	51.98	12.94	381.64	64.48	21.62	66.64	18.41
32.51	18.44	7.13	537.33	23.49	35.68	46.16	13.44	36.04	10.86	29.80	47.93	59.89	23.55	56.40	25.43
49.00	10.39	44.55	16.51	33.66	18.85	40.62	22.41	3.69	494.82	33.24	45.37	48.81	48.92	28.11	413.41
34.77	15.99	22.16	44.90	20.51	70.32	44.20	19.47	20.46	27.62	13.77	305.12	60.50	22.47	73.42	16.00
38.58	12.51	23.85	33.88	20.10	80.33	26.49	32.61	34.43	11.05	28.62	51.18	51.74	43.03	63.61	19.01
34.20	16.64	44.47	16.66	39.44	17.34	35.13	24.56	21.79	26.40	10.65	605.12	51.77	41.63	63.09	19.22
15.48	242.60	25.07	31.30	35.60	18.43	10.38	365.70	24.93	16.18	40.36	40.63	70.64	19.75	75.65	14.02
43.32	11.24	29.57	22.82	25.97	26.27	10.47	359.76	38.65	10.58	22.57	111.39	7.79	714.26	50.97	36.47
21.97	155.85	42.29	18.48	22.74	39.49	17.01	171.89	23.43	21.69	45.53	30.66	76.37	14.71	65.62	18.61
11.51	447.40	21.10	59.14	16.43	137.03	31.96	25.35	35.25	10.97	45.38	31.32	47.58	64.71	70.83	17.14
11.36	448.40	19.96	64.36	8.24	361.76	12.30	249.45	40.92	10.03	45.97	26.60	28.34	449.62	60.85	19.58
54.35	8.77	38.60	20.31	41.34	16.62	7.04	573.51	14.69	113.56	13.63	323.77	76.97	10.67	68.31	18.02
38.15	13.19	41.85	18.77	26.45	24.60	10.21	407.48	15.82	63.77	24.93	69.38	62.29	22.21	59.32	20.86
40.21	11.65	14.83	148.56	6.49	558.61	23.59	43.36	44.72	8.39	12.47	388.12	42.89	122.94	76.40	12.72
32.06	20.02	12.11	249.38	8.91	288.10	28.65	28.00	4.29	414.42	45.63	30.01	26.77	550.39	22.16	608.44
28.95	32.67	26.01	29.29	32.80	19.05	7.53	575.67	27.95	13.34	46.22	16.57	39.81	175.27	58.42	21.84
35.58	15.20	8.02	442.12	7.83	402.04	7.78	529.68	45.63	7.41	39.90	41.09	45.07	88.78	69.14	17.85
40.90	11.48	45.67	14.48	19.32	88.20	29.34	26.79	42.83	9.40	44.96	33.17	55.07	31.97	76.81	11.27
26.39	53.50	29.10	23.72	29.35	20.44	30.23	25.74	25.38	15.86	40.84	40.22	40.78	161.58	18.12	672.60
49.82	10.22	46.14	11.53	15.82	188.89	23.21	45.39	40.03	10.28	5.09	684.13	63.63	21.91	35.59	184.50
52.07	9.68	16.46	147.00	36.75	18.15	18.07	96.41	36.53	10.76	22.56	119.64	27.39	515.80	76.02	13.55
13.64	288.61	16.74	136.67	28.01	22.29	6.43	632.51	39.17	10.45	46.18	21.29	21.00	656.62		

Πίνακας Α.92: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. ορίζ. 12 μηνών)

D3S2		D3S3		D3S4		D4S		D4S1		D4S2		D4S3		D4S4	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
29.60	476.87	22.55	430.15	33.27	552.58	10.45	26.95	1.76	289.46	19.70	22.52	9.70	14.70	9.87	58.69
64.01	25.14	22.16	453.78	53.51	77.98	16.84	20.70	7.40	32.45	8.26	38.53	22.70	9.22	7.35	83.59
6165	25.61	74.87	8.83	77.00	20.83	10.75	26.08	10.70	23.29	2.40	181.94	2.38	7150	8.72	67.83
45.11	138.24	65.49	11.01	66.40	44.46	4.95	66.02	1.69	299.14	12.98	25.60	10.94	13.06	25.47	26.00
7174	22.18	18.87	608.44	55.09	68.63	3.15	117.81	17.93	17.65	15.34	24.25	11.69	12.47	6.95	93.72
72.25	2198	56.58	14.70	68.46	42.82	2.15	353.66	24.99	12.82	8.15	40.17	3.73	36.45	25.10	29.73
33.06	310.28	66.17	10.93	56.60	6109	22.34	18.11	21.85	16.07	2.46	155.03	11.99	12.32	25.58	23.42
59.16	27.63	56.33	15.14	69.54	42.01	5.72	56.26	23.39	15.01	13.95	24.66	25.19	7.19	6.79	98.29
32.77	327.37	38.24	158.37	21.37	684.13	25.65	10.31	24.08	14.30	20.73	21.94	7.19	19.54	10.13	57.06
46.30	112.65	64.12	11.22	54.72	7192	3.25	110.76	2.82	92.31	20.36	22.14	2.44	53.60	12.13	49.88
26.14	608.44	76.75	6.76	24.49	656.62	18.74	20.04	19.63	17.16	6.86	49.12	19.32	10.15	7.57	80.74
69.21	23.39	21.65	474.07	72.16	39.83	8.09	35.17	7.76	31.15	11.08	28.96	20.83	9.82	24.51	32.90
74.92	19.61	74.48	8.99	67.21	43.71	25.33	13.32	11.55	21.39	9.98	31.67	3.94	35.22	8.39	71.25
65.25	24.70	42.20	53.45	75.09	35.04	16.05	20.87	12.39	20.05	2.37	242.29	8.97	15.99	18.08	42.24
68.08	23.82	60.42	11.60	70.80	4102	2.05	387.80	22.91	15.37	12.38	26.49	2.40	62.88	9.45	61.24
54.73	38.13	39.80	97.42	54.88	69.86	23.63	17.00	1.65	311.88	16.61	23.85	9.73	14.39	5.33	150.16
29.99	426.94	22.13	463.40	34.35	506.21	25.57	11.48	2.34	180.89	23.72	19.36	15.88	10.77	17.32	42.62
58.75	29.16	42.41	5104	77.03	18.99	2.36	200.32	10.26	23.83	21.11	2170	8.02	17.08	7.85	75.12
60.40	26.09	30.42	201.12	37.00	318.44	18.46	20.11	1.23	403.93	13.20	25.01	19.54	10.12	25.41	26.90
58.95	28.40	14.84	71180	57.33	60.07	5.55	56.63	24.39	13.95	11.48	28.28	16.95	10.60	5.11	161.52
6107	25.94	76.42	7.50	57.92	55.40	6.89	46.21	13.24	18.91	25.59	12.80	15.04	10.89	6.25	105.64
74.07	20.51	43.93	49.70	72.56	39.24	9.92	28.25	4.17	69.89	2.39	209.95	14.35	10.99	6.12	111.91
53.87	417.3	43.49	50.07	36.23	415.61	2.25	279.02	6.99	36.35	19.38	22.67	25.68	5.38	25.63	21.18
5175	53.29	62.29	11.48	51.97	87.43	19.75	19.55	25.56	10.05	14.76	24.42	15.40	10.84	18.61	41.68
54.51	39.50	39.48	114.90	68.97	42.41	7.04	39.44	15.24	18.45	10.75	29.72	6.92	20.00	3.18	254.83
39.02	256.61	15.09	684.13	57.60	56.99	4.20	79.38	1.48	318.25	18.74	23.01	21.20	9.72	21.08	39.32
39.78	211.20	54.58	17.18	51.37	99.14	21.56	18.63	7.31	33.12	8.11	40.99	16.28	10.71	11.18	52.81
63.46	25.18	69.00	10.56	44.27	227.16	10.16	27.38	7.96	30.14	8.61	36.38	17.86	10.45	2.37	350.25
47.35	95.05	44.66	35.83	46.44	175.82	17.24	20.52	1.91	264.99	21.44	21.51	7.25	18.67	25.54	24.84
58.07	30.60	40.95	74.45	62.53	46.00	3.84	97.20	22.33	15.85	5.10	73.73	17.56	10.49	12.72	47.79
29.47	477.77	66.54	10.92	76.66	28.12	12.73	22.60	18.48	17.50	2.48	138.11	24.78	7.81	25.68	17.43
56.17	34.86	27.93	218.37	76.97	22.36	3.76	99.92	12.29	20.77	25.63	11.84	9.87	13.88	8.83	66.31
2109	656.62	39.29	129.49	35.97	418.83	25.02	14.52	14.74	18.51	24.73	17.57	22.04	9.45	16.34	43.23
66.87	24.22	74.06	9.28	76.50	29.47	13.73	21.51	2.33	183.78	12.65	26.03	24.48	8.23	3.03	284.28
49.20	70.42	51.05	21.60	47.30	154.37	9.31	28.98	13.62	18.77	9.39	32.99	12.99	11.45	23.21	36.44
56.29	33.81	48.02	30.29	76.58	28.81	14.31	21.46	12.94	19.39	3.49	118.16	6.12	23.29	10.83	53.70
49.84	63.97	69.99	10.33	50.97	110.14	24.41	15.96	25.28	11.92	25.13	16.32	6.41	22.90	13.28	45.08
73.64	20.90	21.07	543.10	63.98	45.26	8.46	34.69	10.14	24.32	2.39	186.05	21.53	9.62	7.72	77.97
70.91	22.68	59.45	12.57	76.99	21.56	6.96	43.20	20.95	16.51	24.02	18.94	12.61	11.74	7.04	91.20
20.30	684.13	73.17	9.56	54.08	73.86	23.24	17.37	25.38	11.41	3.96	94.32	5.48	26.57	10.65	56.39
56.03	35.99	76.02	7.97	56.35	62.88	17.72	20.35	1.37	324.14	21.88	21.25	23.56	8.77	23.47	35.70
76.95	12.87	46.27	32.21	64.80	44.85	25.51	12.15	1.18	415.99	23.19	20.05	14.71	10.93	19.30	41.23
66.01	24.46	45.20	35.02	76.80	26.47	7.26	37.77	16.96	17.94	5.88	61.29	23.79	8.65	2.40	321.99
73.33	21.10	48.16	24.83	76.89	24.82	22.64	17.92	21.51	16.36	25.05	16.65	25.60	5.79	22.31	37.80
39.84	180.99	55.87	15.77	54.28	72.73	25.19	14.25	24.76	13.23	16.08	24.06	19.10	10.24	24.32	33.55
76.91	13.46	70.77	10.16	44.48	226.41	22.95	17.64	2.34	178.31	10.27	30.48	5.96	24.52	7.06	86.18
52.26	47.56	52.00	19.77	39.78	278.89	7.68	36.53	25.64	9.47	11.29	28.59	2.86	49.78	5.46	144.37
62.15	25.56	76.61	7.15	35.25	458.11	2.23	279.67	25.52	10.54	13.62	24.73	2.33	94.11	3.20	239.64
39.77	218.30	69.83	10.38	34.01	531.00	2.26	218.39	6.66	38.00	25.49	14.20	9.44	15.02	2.40	310.28
70.36	22.85	26.46	288.95	77.01	19.93	24.85	15.08	7.18	34.31	2.35	257.48	12.04	12.04	5.55	136.31
47.62	80.84	70.62	10.23	32.55	582.84	5.88	53.75	5.76	52.04	24.90	17.11	2.26	95.58	22.69	37.26
45.78	134.07	72.48	9.81	29.67	608.44	12.44	23.05	14.33	18.65	11.88	27.56	22.37	9.34	25.06	30.52
77.01	11.15	20.68	557.35	38.07	294.05	12.89	22.20	2.40	140.00	23.43	19.78	7.71	17.90	15.29	43.93
77.00	11.61	40.30	82.40	76.20	313.3	6.08	51.95	1.27	408.48	6.56	57.10	23.32	8.94	6.84	95.69
74.38	20.19	57.44	13.93	74.08	37.13	4.11	92.27	25.68	8.02	25.64	11.35	2.33	80.00	8.72	69.83
74.70	19.98	74.63	8.92	73.09	38.53	15.40	21.06	2.27	196.30	25.23	15.94	25.10	7.41	4.37	198.71
55.63	37.81	56.06	15.47	63.28	45.61	19.04	19.86	2.47	105.73	11.76	28.05	8.56	16.13	24.86	31.22
75.81	18.36	74.14	9.15	75.43	14.14	20.48	19.22	9.11	26.34	14.43	24.51	11.07	12.90	13.06	45.98
65.63	24.61	64.87	11.18	75.65	33.48	24.25	16.19	1.78	268.25	22.20	20.98	7.67	18.65	2.45	287.85
76.82	14.47	20.93	545.26	76.42	30.13	2.38	167.30	20.60	16.81	4.61	76.15	2.39	69.15	5.30	151.76
76.52	16.20	58.44	13.06	46.42	224.85	2.26	230.92	23.66	14.75	25.57	13.17	9.23	15.24	4.02	212.84
63.03	25.41	21.10	537.82	59.66	49.76	3.37	109.68	10.98	22.11	25.61	12.47	10.26	13.65	8.34	72.38
55.68	36.41	75.81	8.19	55.44	67.12	13.41	21.75	9.57	25.29	10.95	29.27	7.20	19.11	6.74	101.72
35.32	283.38	39.50	98.26	60.02	48.22	25.43	12.73	25.67	8.79	8.60	37.28	11.45	12.67	6.57	104.05
29.02	503.35	23.43	383.61	39.83	253.36	24.94	14.92	2.08	246.91	10.54	30.24	7.99	17.63	21.90	38.38
31.61	343.35	56.82	14.25	58.38	54.46	2.39	161.84	1.76	285.89	3.46	130.28	6.70	20.70	23.76	34.91
72.57	21.66	68.37	10.66	39.79	257.80	20.90	19.07	2.40	137.84	9.71	32.33	24.04	8.47	6.98	92.53
75.21	19.22	38.66	140.01	67.81	43.16	8.56	32.24	17.49	17.84	9.05	35.33	16.66	10.64	12.24	48.56
34.79	298.79	4.46	714.26	53.33	78.65	2.72	122.54	20.17	16.91	7.47	42.72	2.95	43.33	24.78	31.94
48.35	76.71	67.30	10.81	76.85	25.57	3.68	101.71	3.27	91.02	5.45	67.50	25.47	6.50	11.80	50.90
59.40	27.31	75.49	8.57	61.82	46.21	11.52	24.32	6.51	42.64	24.33	18.47	19.86	10.06	7.56	82.59
62.65	25.42	75.12	8.68	76.95	23.24	20.12	19.42	5.97	46.36	3.78	109.97	5.42	27.62	3.05	266.93
72.97	21.45	22.08	472.22	56.60	61.97	21.78	18.51	1.76	270.57	24.58	17.95	25.33	6.87	9.23	

Πίνακας Α.93: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. ορίζ. 24 μηνών)

DS		DS1		DS2		DS3		DS4		D1S		D1S2		D1S4	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
47.52	18.50	50.78	12.58	50.59	17.06	26.01	90.86	49.71	34.28	43.11	2183	5190	2176	39.31	55.11
34.89	23.36	26.99	67.04	48.64	20.26	50.57	7.69	5126	23.60	4187	22.07	55.69	17.17	49.77	4141
26.41	140.68	32.38	23.23	3177	39.56	48.49	9.14	33.56	52.44	45.11	2132	43.43	25.05	56.42	22.58
35.99	22.52	50.32	13.46	37.36	25.32	4154	10.77	48.54	36.83	37.08	27.13	53.47	20.55	4176	46.22
38.54	2183	50.89	12.09	5118	14.17	35.57	1148	32.84	56.86	37.83	25.75	55.90	16.51	49.50	4178
33.92	24.55	36.72	19.26	43.27	23.53	49.09	8.85	50.56	3120	47.77	20.57	55.32	18.07	55.43	32.32
48.97	17.28	37.00	19.21	24.84	419.19	34.72	12.02	46.76	39.43	15.28	699.11	47.82	23.71	48.27	42.56
5134	8.80	12.91	699.11	33.76	29.79	48.02	9.33	50.07	33.33	56.14	13.35	56.05	15.88	28.37	55180
43.15	20.45	34.72	19.91	36.40	25.51	44.99	10.22	49.15	35.62	56.45	10.19	37.90	31.97	55.95	29.51
50.23	15.70	45.96	16.81	5113	14.48	50.80	7.32	42.73	42.81	56.35	11.90	44.49	24.91	39.63	50.00
50.72	14.59	26.46	126.12	27.65	92.94	27.17	3134	47.30	38.72	40.32	22.42	35.85	4131	56.44	2148
29.96	45.06	29.33	32.95	42.85	23.60	32.93	13.82	28.62	114.73	35.09	38.71	43.91	24.97	38.10	59.03
38.92	2167	5115	10.85	4134	24.15	29.44	20.50	42.30	43.07	55.11	16.04	56.17	15.19	54.68	34.81
26.28	27171	49.79	14.24	5105	15.10	42.52	10.66	5133	20.20	5120	19.25	42.38	25.68	45.37	44.45
48.39	17.79	47.51	16.08	3121	41.67	39.52	11.05	5127	23.08	15.22	714.26	48.90	23.23	54.92	34.11
5130	10.51	26.52	116.28	47.70	2113	25.09	126.57	4127	43.70	54.62	16.75	54.69	19.17	37.83	63.18
5114	12.52	5128	9.53	5134	10.60	24.21	212.29	47.02	39.08	55.69	14.94	55.14	18.44	53.48	37.19
50.95	13.64	5135	7.01	38.46	24.98	36.44	1142	40.89	43.93	29.16	202.23	45.23	24.61	55.05	33.61
47.15	18.67	5100	11.67	26.59	95.86	48.33	9.20	47.61	38.42	47.56	20.65	54.04	20.11	46.19	43.82
50.06	15.93	30.33	3109	27.80	76.97	44.76	10.26	27.32	185.58	55.55	15.29	47.49	23.81	56.48	17.83
36.65	22.08	28.81	42.64	34.24	28.40	37.40	1130	43.71	42.20	56.40	11.22	26.17	589.61	56.38	23.96
42.15	20.77	32.64	22.86	22.12	648.60	36.02	1146	48.97	36.04	50.32	19.63	41.69	25.71	29.21	422.48
44.05	20.08	40.39	18.49	26.07	271.69	3104	15.55	34.79	47.53	29.05	336.24	56.45	11.63	56.49	16.70
5135	7.81	49.56	14.49	5134	10.11	50.90	7.14	28.31	142.09	52.86	18.28	34.15	73.28	15.21	699.11
50.31	15.46	42.43	17.99	47.24	2141	44.11	10.34	5130	22.11	29.08	329.13	55.84	16.71	52.15	38.99
44.70	19.94	29.84	32.40	50.26	17.94	23.53	268.31	51.31	21.26	36.49	30.60	44.69	24.77	47.89	42.76
5131	10.16	49.99	13.98	24.13	601.44	25.89	102.38	22.84	606.52	29.49	102.15	55.48	17.75	45.61	44.18
49.49	16.72	43.89	17.55	49.55	19.20	27.05	37.11	5134	19.00	44.14	2158	46.82	24.07	25.54	616.22
46.64	18.96	31.65	24.81	5135	9.19	21.10	402.10	49.83	33.92	47.07	20.80	55.61	17.41	55.80	30.49
33.97	23.87	5134	7.90	49.95	18.54	44.32	10.32	5132	20.71	54.42	16.98	45.96	24.29	49.19	4196
50.57	14.96	5105	11.45	25.19	349.99	42.10	10.69	49.37	35.20	56.48	8.68	56.41	12.68	34.78	82.73
39.24	21.55	40.79	18.39	32.54	32.10	26.55	46.92	5102	27.75	56.46	9.83	55.99	16.14	56.48	18.48
44.97	19.78	50.48	13.19	5132	11.41	33.30	13.52	26.44	214.39	54.95	16.29	47.12	23.95	56.13	27.91
5127	11.17	27.44	53.18	34.18	28.65	22.72	276.45	23.22	562.94	49.54	20.00	56.39	13.21	43.23	45.47
29.93	54.29	36.21	19.32	47.87	20.97	43.76	10.40	44.49	41.53	5173	18.97	56.43	12.24	38.36	56.78
5118	12.24	48.74	15.28	45.14	22.76	19.68	616.22	50.19	32.75	30.92	96.66	27.76	478.12	32.31	258.66
46.83	18.85	46.88	16.40	27.66	87.39	24.36	132.33	50.31	32.27	56.38	11.59	34.85	56.48	40.26	47.55
33.30	25.01	46.25	16.67	46.21	22.24	22.46	331.40	48.74	36.42	56.23	12.86	56.42	12.48	51.74	39.69
32.63	26.08	4113	18.35	5110	14.74	20.71	423.21	33.06	55.25	53.35	17.93	52.57	21.28	48.90	42.06
45.32	19.62	5132	8.75	5100	15.40	5123	6.01	45.22	40.95	50.11	19.75	29.83	258.65	29.18	545.25
50.88	13.94	4179	18.18	35.44	26.17	50.03	8.27	39.04	44.90	56.43	10.55	56.44	11.97	54.51	35.11
45.63	19.44	30.88	26.45	37.73	25.30	22.39	338.97	5109	26.86	56.09	13.60	56.46	11.28	56.25	26.50
44.40	19.99	29.18	36.40	32.42	35.35	21.51	355.79	5130	21.69	44.69	21.44	56.47	10.82	34.15	130.99
5110	12.81	39.58	18.69	50.88	16.04	50.37	7.92	44.14	4187	31.65	72.48	34.77	66.35	29.18	435.08
37.25	21.96	39.25	18.78	22.39	616.22	38.32	11.19	5134	18.55	43.62	21.69	49.88	22.84	56.47	19.95
48.65	17.58	34.87	19.78	46.84	21.69	23.62	266.37	46.05	40.09	28.77	403.43	52.37	21.46	52.51	38.64
45.91	19.31	42.07	18.12	46.59	21.89	49.47	8.64	41.92	43.33	48.48	20.42	55.94	16.33	40.16	47.99
50.46	15.17	45.20	17.11	44.19	23.14	46.92	9.70	29.77	78.85	49.18	20.18	50.78	22.36	44.31	45.02
26.52	132.67	23.82	679.38	46.31	22.01	48.79	8.99	5122	24.63	29.21	132.53	43.01	25.27	56.06	28.63
10.71	699.11	32.12	24.09	45.55	22.49	26.56	46.67	50.63	30.72	49.79	19.87	54.21	19.77	47.75	43.15
30.25	42.47	25.39	206.83	50.39	17.66	29.10	23.44	5133	19.58	46.74	20.90	56.31	14.20	30.64	281.66
32.13	28.35	5123	10.20	48.37	20.61	31.63	14.25	5116	25.91	56.47	9.60	28.72	444.41	54.77	34.52
4147	20.93	38.52	18.98	49.72	18.94	33.75	13.18	26.41	355.97	32.92	58.55	35.82	41.77	55.49	31.99
5135	8.42	47.74	15.92	43.68	23.30	39.23	11.16	22.11	656.62	50.91	19.41	31.03	168.63	51.42	39.85
5136	7.35	38.00	19.00	48.96	20.05	40.27	10.98	40.24	44.30	54.04	17.37	40.39	30.18	44.80	45.01
35.52	22.82	42.81	17.89	33.31	30.32	36.88	11.38	48.42	37.13	56.50	7.79	54.85	18.93	25.50	646.92
50.79	14.23	49.33	14.72	38.73	24.92	15.72	699.11	51.12	26.47	43.90	21.63	56.27	14.50	53.20	37.76
29.44	66.83	26.25	133.61	45.86	22.30	38.60	11.17	50.42	3175	39.27	23.88	36.91	41.09	56.40	23.34
5105	13.10	27.55	52.72	26.29	159.03	46.69	9.77	44.89	41.25	40.01	22.82	37.25	38.52	51.90	39.30
22.51	521.70	48.99	15.08	50.95	15.70	26.99	44.43	29.41	103.76	46.29	21.03	56.23	14.81	56.45	20.98
48.19	17.96	25.35	384.59	5129	12.35	30.34	16.86	8.70	714.26	56.03	13.89	56.45	11.81	33.74	145.08
46.17	19.21	33.80	2147	23.40	608.65	45.19	10.14	50.71	30.22	56.42	10.84	31.26	155.76	55.64	31.35
42.54	20.66	44.38	17.43	50.80	16.38	22.71	331.14	50.86	29.23	50.63	19.51	45.57	24.42	44.04	45.03
49.67	16.50	26.53	111.86	47.53	21.30	40.07	11.00	41.65	43.50	56.49	8.22	56.49	10.49	56.35	24.80
47.85	18.30	50.68	12.76	47.07	21.62	34.23	12.27	5135	17.11	55.25	15.86	34.82	60.47	51.12	40.15
26.56	83.16	34.37	20.63	5125	13.20	42.89	10.57	5100	28.25	54.23	17.17	56.49	9.60	56.29	26.02
5133	9.68	38.90	18.84	48.11	20.81	45.40	10.08	25.82	492.56	56.28	12.49	54.99	18.70	48.66	42.29
5121	11.89	24.18	440.36	42.06	23.96	27.71	29.28	32.12	63.70	40.88	22.27	48.52	23.43	56.34	25.11
30.77	37.62	43.48	17.72	49.09	19.75	41.94	10.75	5136	15.05	42.45	21.98	52.20	21.59	50.85	40.55
29.87	65.32	31.70	24.15	42.39	23.81	34.39	12.07	49.56	34.69	53.82	17.55	32.06	104.03	54.13	35.92
40.46	21.27	45.62	16.94	26.25	214.54	19.73	430.63	32.27	62.14	48.07	20.48	43.17	25.17	55.88	30.03
26.41	232.61	29.02	37.76	28.05	52.53	30.83	15.76	5135	18.11	38.57	24.83	56.40	12.86	40.53	47.23
41.15	21.01	35.10	19.53	5127	12.87	5128	5.66	36.27	46.24	53.60	17.75				

Πίνακας Α.94: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. ορίζ. 24 μηνών)

D1S1		D1S3		D2S		D2S1		D2S2		D2S3		D2S4		D3S	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
45.96	18.41	55.53	7.92	44.97	15.85	2128	407.82	33.87	24.95	28.07	13.36	35.41	44.10	76.84	12.41
49.97	17.23	42.69	11.28	45.79	13.72	44.03	14.97	26.70	32.91	31.31	11.41	28.12	55.42	69.31	20.29
47.25	18.05	27.81	273.95	30.38	22.30	20.93	423.38	37.83	23.55	22.77	55.14	45.84	28.16	75.94	15.64
42.05	19.22	54.44	8.73	29.79	22.45	30.03	22.36	30.63	25.64	38.06	10.51	44.69	33.95	47.15	446.41
44.73	18.68	56.47	5.12	46.21	8.65	30.13	20.08	27.87	29.44	34.36	11.07	46.21	17.43	76.94	11.31
40.73	19.42	55.66	7.73	38.43	20.26	34.98	18.54	24.49	44.56	39.46	10.27	25.82	75.01	71.48	19.37
56.28	10.90	56.47	4.83	40.55	19.41	26.65	29.99	27.68	29.80	35.11	10.97	31.90	46.47	39.48	616.22
56.49	7.02	32.83	30.67	46.20	9.36	35.74	18.39	42.90	20.80	18.10	449.93	32.21	45.83	67.46	20.89
42.29	19.13	38.15	15.04	29.10	23.96	41.35	16.58	35.76	24.26	27.02	14.69	27.54	58.01	68.55	20.56
55.61	13.26	46.28	10.83	33.48	21.64	35.27	18.49	44.65	18.86	41.72	9.69	46.20	18.84	76.87	12.15
36.39	31.30	29.19	46.30	40.01	19.65	38.34	17.69	27.39	31.81	39.68	10.21	12.84	699.11	58.54	30.73
29.20	143.17	40.64	11.50	37.06	20.71	20.50	443.67	26.58	35.65	38.96	10.36	21.65	498.03	65.43	21.41
38.27	22.11	54.67	8.65	46.01	12.45	39.78	17.25	46.13	12.81	45.96	6.63	23.62	181.70	77.03	8.36
52.62	16.08	54.26	8.86	43.44	17.63	33.86	18.83	24.80	39.95	36.93	10.70	46.12	23.71	74.13	17.73
51.97	16.41	46.64	10.77	39.27	19.95	41.16	16.70	41.52	21.84	46.09	6.05	44.40	34.77	76.41	14.44
55.15	13.95	56.17	6.80	39.50	19.86	44.18	14.78	42.23	21.31	22.80	45.41	32.55	45.59	75.38	16.49
53.49	15.51	49.82	10.23	19.26	447.66	46.15	9.37	26.70	34.50	45.22	7.92	45.91	27.32	77.01	9.66
36.55	27.78	55.37	8.05	28.49	24.40	39.47	17.34	45.53	16.90	45.47	7.62	46.21	18.37	69.15	20.38
31.09	64.62	28.40	17.04	45.39	15.03	39.10	17.43	28.76	28.00	44.05	8.80	30.43	49.83	37.74	646.92
45.26	18.56	56.41	5.71	32.11	21.95	43.46	15.40	30.15	25.79	46.16	5.43	45.06	32.71	73.02	18.56
43.27	18.97	41.31	11.43	46.04	12.20	15.43	699.11	24.68	44.06	35.40	10.95	27.36	67.71	70.95	19.68
30.93	78.95	46.94	10.76	45.57	14.51	36.07	18.30	45.95	14.94	43.89	8.87	43.54	36.53	74.67	17.31
34.61	32.40	33.92	24.74	43.09	17.91	38.58	17.63	34.89	24.53	45.85	6.96	41.21	39.80	37.53	656.62
53.12	15.80	27.42	31.76	45.91	13.14	41.56	16.51	23.90	58.19	37.55	10.62	35.74	43.94	72.53	18.82
54.11	15.07	36.31	17.50	43.89	17.26	32.63	19.23	43.54	20.33	26.43	17.44	46.20	19.82	76.99	10.17
46.70	18.20	48.23	10.54	38.63	20.19	30.91	19.62	25.52	39.44	36.33	10.79	42.06	38.81	76.90	11.91
36.80	25.28	55.20	8.19	38.23	20.33	16.97	616.22	45.27	17.65	23.85	28.46	41.82	39.14	73.61	18.15
48.50	17.70	45.16	10.99	42.90	18.07	22.41	128.31	43.20	20.54	41.26	9.83	46.14	22.86	66.70	21.08
54.41	14.79	32.30	30.91	45.07	15.66	24.07	52.29	23.78	64.70	33.88	11.11	42.39	38.50	67.14	20.94
45.44	18.53	56.07	7.14	40.32	19.55	46.17	9.03	45.39	17.32	19.57	214.34	39.88	41.05	76.55	13.96
45.01	18.63	53.91	9.06	33.88	21.56	43.78	15.13	21.97	244.09	23.24	44.91	45.95	26.85	63.60	21.82
33.19	44.52	48.88	10.42	24.66	53.01	40.90	16.78	39.52	22.86	29.78	13.24	30.16	54.54	56.03	42.50
29.39	117.53	34.97	18.40	39.74	19.77	45.16	13.52	44.85	18.47	46.11	5.89	46.04	25.57	66.13	21.29
53.92	15.22	38.86	12.57	23.34	63.54	28.38	24.16	38.91	23.12	40.52	10.01	42.83	37.82	75.50	16.29
55.98	12.40	28.94	99.15	42.30	18.46	38.02	17.81	28.65	28.14	24.68	2.11	31.27	46.59	74.36	17.55
46.37	18.30	55.91	7.39	25.76	38.48	23.50	85.28	31.77	25.35	19.10	444.88	44.53	34.32	76.92	11.53
56.05	12.03	23.69	616.22	36.40	20.91	46.14	9.62	46.19	11.07	44.39	8.59	21.09	564.37	58.93	24.64
56.49	6.66	49.15	10.37	34.56	21.39	46.20	7.96	46.21	10.49	46.01	6.43	23.49	204.49	76.81	12.63
26.73	397.55	51.92	9.72	46.07	11.91	28.43	23.18	45.73	16.13	31.00	11.44	34.02	44.88	75.10	16.90
34.03	36.93	56.38	5.94	37.31	20.62	23.51	77.06	28.53	28.74	22.72	74.11	43.82	36.15	21.05	699.11
42.80	19.07	47.69	10.61	46.12	11.30	34.76	18.63	46.18	11.68	37.82	10.55	46.20	19.35	75.20	16.68
52.41	16.18	47.51	10.65	40.94	19.22	38.83	17.54	23.90	61.66	42.83	9.35	37.46	42.92	70.08	19.98
52.92	15.92	56.25	6.56	36.82	20.78	43.27	15.50	38.58	23.26	16.35	616.22	34.73	44.46	75.79	15.85
56.40	9.71	51.51	9.83	46.20	9.17	45.63	12.55	21.81	330.14	46.14	5.68	38.91	41.89	66.28	21.18
49.19	17.51	29.10	62.52	29.45	22.98	27.01	28.96	39.22	22.98	42.15	9.57	20.56	616.22	76.34	14.66
56.23	11.20	43.48	11.22	37.53	20.56	46.11	10.05	36.64	23.97	41.02	9.90	44.20	35.20	76.66	13.49
52.19	16.31	50.60	10.05	33.05	21.74	33.31	18.92	27.61	30.99	45.66	7.32	37.94	42.57	63.16	21.97
25.35	526.71	53.36	9.23	31.79	22.01	41.85	16.34	24.00	57.39	40.33	10.06	46.22	16.46	62.81	22.02
56.49	8.22	34.93	21.60	35.59	21.11	24.43	39.32	45.79	15.81	45.36	7.76	33.28	45.24	77.02	9.31
48.89	17.62	45.38	10.95	34.96	21.29	36.85	18.10	35.32	24.40	32.04	11.34	30.78	48.02	57.43	33.86
56.11	11.78	55.03	8.33	42.00	18.71	19.00	482.72	29.65	27.12	42.52	9.46	23.42	382.17	50.04	111.94
54.59	14.60	51.03	9.95	44.80	16.11	43.61	15.25	46.18	11.43	24.13	23.41	22.48	408.48	64.64	21.57
30.40	88.41	55.77	7.59	32.38	21.91	40.57	16.91	22.21	126.07	43.07	9.25	21.75	490.61	76.99	10.37
56.32	10.60	56.30	6.36	45.48	14.78	45.88	11.67	43.76	19.96	44.24	8.69	39.52	41.43	53.91	88.52
32.82	47.29	28.82	101.71	41.40	18.99	45.91	11.44	46.22	10.02	43.26	9.18	46.18	20.99	48.78	217.00
47.77	17.96	28.24	264.97	45.66	14.25	34.35	18.70	45.99	14.51	22.45	83.22	45.42	31.10	76.11	15.24
56.42	9.38	53.68	9.12	44.15	16.96	46.21	7.60	33.03	25.04	45.01	8.12	45.18	32.18	68.21	20.70
56.36	10.27	56.34	6.15	5.35	699.11	18.68	487.36	24.46	50.57	29.89	12.93	21.19	529.90	77.03	8.92
15.32	699.11	52.46	9.56	32.71	21.82	45.42	13.03	45.87	15.38	41.48	9.78	40.37	40.60	76.71	13.24
56.46	8.59	40.38	11.72	38.05	20.42	22.80	126.68	32.47	25.19	21.26	111.00	23.09	390.44	76.19	15.03
45.70	18.48	34.50	22.39	39.06	20.03	45.79	11.95	24.01	51.09	38.74	10.39	45.77	28.84	67.70	20.80
53.29	15.69	47.35	10.68	46.21	8.88	33.09	19.15	23.34	82.29	44.89	8.23	44.92	33.17	61.39	22.27
55.43	13.52	43.79	11.19	46.22	8.22	32.03	19.36	45.02	18.13	45.90	6.80	45.98	26.48	76.95	11.07
48.02	17.86	47.95	10.57	42.56	18.31	37.71	17.98	29.67	26.67	35.63	10.88	42.64	38.15	58.47	32.71
53.78	15.33	30.47	37.62	23.99	55.07	23.75	68.15	46.11	13.18	33.25	11.28	46.01	26.03	71.90	19.15
55.88	12.57	53.09	9.42	46.16	10.68	40.07	17.11	12.05	699.11	38.47	10.45	46.10	24.19	60.18	23.07
30.30	108.69	31.13	31.15	44.31	16.76	40.34	17.03	46.05	13.95	38.22	10.49	38.35	42.28	73.97	17.90
43.87	18.86	25.06	316.85	17.86	616.22	44.60	14.36	29.08	27.57	41.96	9.64	40.20	40.91	61.80	22.21
55.30	13.70	44.20	11.10	28.08	25.27	44.78	14.14	41.91	21.56	37.17	10.66	23.86	117.57	73.79	18.07
42.59	19.11	37.62	16.14	30.84	22.21	20.44	476.07	28.03	29.18	46.20	5.02	45.87	27.82	73.45	18.33
39.20	20.92	33.81	28.99	46.10	11.53	23.86	61.20	46.08	13.58	22.06	93.34	29.73	54.87	69.84	20.10
40.39	19.52	49.42	10.31	43.66	17.43	21.76	154.36	46.15	12.36	23.80	36.00	22.10	427.89	68.92	20.46
48.26	17.78	51.68	9.79	19.74	389.75	45.05	13.71	26.1							

Πίνακας Α.95: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. ορίζ. 24 μηνών)

D3S1		D3S2		D3S3		D3S4		D4S		D4S1		D4S2		D4S3		D4S4	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
60.54	22.54	70.79	22.67	48.74	64.46	76.95	23.17	25.68	7.43	22.94	15.32	22.10	20.99	12.31	12.21	18.79	4159
67.78	18.25	67.50	24.00	76.64	6.99	75.62	33.69	10.36	28.91	20.71	16.62	10.44	30.27	15.05	10.95	13.90	44.61
54.07	62.97	76.33	16.88	76.36	7.53	59.13	66.65	12.73	22.49	9.45	29.88	13.23	24.95	16.32	10.81	15.79	43.61
72.21	16.58	74.75	19.81	67.89	10.68	76.96	22.78	15.39	21.04	16.98	17.92	25.00	16.80	24.70	7.95	25.58	23.58
55.25	56.12	20.99	714.26	75.66	8.27	70.74	41.19	24.94	14.90	13.93	18.65	19.06	22.80	11.20	14.19	25.67	17.89
53.87	79.00	49.30	333.88	72.37	9.78	7187	40.23	22.05	18.37	24.46	13.78	21.29	2157	19.83	10.09	25.64	20.49
73.99	15.66	68.10	23.77	62.42	11.39	75.20	34.95	19.13	19.80	25.65	8.45	25.48	14.23	13.13	11.78	20.77	39.72
68.64	18.00	73.69	20.80	76.56	7.17	6145	46.88	22.70	17.80	23.15	15.18	16.07	24.02	3.32	222.75	25.52	24.93
63.30	19.72	76.86	14.06	46.27	179.75	55.99	122.88	25.27	13.60	25.59	9.62	6.88	88.87	25.59	6.23	12.96	47.02
14.64	724.45	70.44	22.80	68.77	10.54	72.12	39.90	18.88	19.90	13.32	18.80	6.18	162.16	8.16	32.17	14.34	44.37
70.93	17.14	59.32	28.02	76.96	5.59	4162	616.22	25.67	8.64	25.45	10.99	13.11	25.31	13.88	11.09	12.15	53.61
74.59	15.14	21.10	699.11	74.33	9.07	75.23	34.66	13.02	22.48	15.50	18.31	23.70	19.39	7.02	40.06	25.12	29.57
76.94	9.81	53.73	72.32	76.04	7.93	65.67	44.48	25.11	14.22	19.85	16.98	15.21	24.27	24.35	8.24	25.67	17.12
76.76	11.30	76.80	14.58	62.27	11.40	7124	40.59	5.46	21.08	5.29	249.02	25.60	12.58	25.61	5.57	21.66	38.58
75.86	13.75	74.26	20.34	63.98	11.20	75.95	32.57	25.52	11.95	10.23	25.76	6.38	134.56	24.54	8.08	19.83	40.67
64.83	18.84	59.24	29.77	70.01	10.32	57.53	75.22	9.42	35.79	24.95	12.82	11.31	30.25	5.69	60.15	5.17	615.44
71.79	16.74	76.97	12.24	43.09	339.42	25.08	699.11	12.53	22.85	25.48	10.74	19.32	22.68	20.73	9.83	8.80	96.99
76.85	10.72	76.90	13.59	70.37	10.27	76.38	30.34	25.43	12.83	10.56	25.17	25.65	10.99	3.96	128.30	9.17	94.23
63.08	20.63	77.01	10.77	53.82	37.65	38.04	683.11	16.73	20.65	6.31	104.39	19.82	22.43	5.09	86.20	9.77	74.67
65.99	18.58	75.98	17.86	69.51	10.44	56.79	118.25	7.95	47.97	11.54	2145	21.78	21.24	22.47	9.31	22.79	36.92
69.83	17.51	74.98	19.55	68.32	10.61	76.05	32.18	12.17	23.63	11.14	21.99	24.70	17.62	25.37	6.88	22.28	37.73
64.00	18.96	50.84	200.73	53.81	41.62	63.82	45.61	25.57	11.40	22.55	15.61	25.57	13.11	4.14	124.45	24.34	33.28
55.80	46.05	76.50	16.25	53.03	47.18	64.71	45.60	15.03	21.14	4.37	489.67	14.22	24.56	22.01	9.45	23.95	34.48
74.35	15.31	58.11	34.05	73.54	9.39	57.14	75.65	25.50	12.19	9.05	30.71	24.04	18.89	18.43	10.33	21.91	38.24
59.08	26.28	43.92	426.24	66.46	10.91	66.39	44.19	14.10	21.40	12.47	20.78	25.67	9.62	2.90	294.67	18.44	41.78
70.58	17.24	75.75	18.33	14.23	730.00	75.01	35.22	11.39	25.22	18.10	17.58	16.68	23.77	4.65	101.25	25.19	29.03
76.57	12.15	68.66	23.56	71.73	9.93	7148	40.48	25.62	10.59	20.09	16.87	25.64	11.75	21.41	9.63	24.61	32.28
53.40	97.48	76.95	12.71	66.75	10.88	77.00	21.02	13.68	21.48	22.27	15.80	18.31	23.16	10.76	15.17	7.28	132.39
71.99	16.68	77.01	11.10	73.33	9.48	68.96	42.47	24.98	14.63	10.43	25.50	16.34	23.89	3.32	218.01	4.47	686.91
74.72	15.04	43.07	434.64	72.23	9.82	68.58	42.69	20.35	19.28	24.33	13.93	7.72	77.10	5.66	63.44	24.89	31.06
75.04	14.79	67.83	23.85	63.47	11.26	73.36	38.29	12.17	24.61	15.28	18.36	6.11	168.93	21.63	9.61	24.49	32.74
70.40	17.36	36.91	683.11	68.54	10.57	39.77	657.59	6.68	81.88	24.77	13.20	14.60	24.46	15.41	10.94	24.72	31.85
76.21	13.08	55.69	51.21	76.84	6.42	69.62	42.11	18.16	20.16	14.21	18.59	13.87	24.67	8.16	24.36	5.40	464.23
76.88	10.45	56.06	46.49	48.27	83.25	65.96	44.35	15.67	20.98	17.22	17.84	9.28	42.04	15.81	10.81	22.53	37.32
69.32	17.69	61.50	25.66	69.80	10.38	52.73	29.76	16.00	20.87	18.68	17.40	21.04	21.76	14.48	11.08	13.28	45.02
73.72	15.74	68.39	23.67	53.27	45.94	72.64	39.21	24.57	15.60	25.05	12.58	18.82	22.91	2.79	298.15	19.49	40.91
57.61	41.37	57.73	36.76	64.49	11.14	76.58	28.93	20.99	18.94	25.35	11.56	20.48	22.07	12.72	11.79	15.48	43.79
76.61	11.99	74.57	19.99	73.92	9.29	60.60	52.91	19.79	19.58	12.55	19.82	20.21	22.23	6.49	43.50	10.56	59.33
44.54	418.89	76.92	13.27	17.28	714.26	69.84	41.78	21.23	18.78	10.21	27.48	5.61	188.17	19.19	10.21	25.66	19.25
75.15	14.62	55.42	64.31	71.22	10.11	75.36	34.34	21.79	18.44	8.53	39.25	25.66	10.42	4.20	108.81	25.60	22.57
71.39	16.90	76.71	15.26	40.39	615.12	74.89	35.51	24.45	15.79	25.52	10.48	25.66	10.66	6.26	44.04	25.28	28.38
76.15	13.24	71.20	22.43	48.19	114.47	76.99	21.38	22.92	17.66	14.45	18.54	11.84	28.64	5.62	63.69	23.52	35.49
76.30	12.90	38.10	616.22	72.53	9.71	76.91	24.34	20.08	19.38	21.78	16.07	25.65	11.24	2.32	322.64	6.29	303.50
70.16	17.44	65.63	24.56	69.10	10.51	76.10	31.85	7.75	52.45	4.95	304.54	25.45	14.51	6.12	46.44	19.14	41.24
76.84	10.92	76.99	11.86	71.47	9.98	39.13	673.17	11.56	24.82	25.65	8.20	25.61	12.27	22.80	9.19	25.50	25.38
67.95	18.13	64.80	24.77	70.69	10.18	52.21	412.44	9.74	34.13	4.16	492.56	25.64	11.50	21.25	9.67	11.48	54.15
75.50	14.25	77.03	9.95	52.34	49.25	73.33	38.55	18.38	20.10	7.58	55.28	10.11	33.68	25.23	7.13	25.56	24.06
76.01	13.48	46.09	349.80	55.40	21.06	64.85	44.91	20.57	19.14	19.59	17.08	23.02	20.18	24.80	7.79	6.61	181.15
52.50	127.43	46.98	349.05	68.16	10.65	76.78	26.76	4.98	382.25	22.07	15.91	12.98	25.50	17.07	10.61	17.70	42.40
38.85	695.24	72.79	21.51	67.69	10.71	70.29	41.55	9.34	37.61	20.31	16.79	23.87	19.15	13.47	11.11	25.44	26.48
55.55	54.71	68.97	23.45	72.01	9.86	63.40	45.82	24.03	16.42	11.83	21.02	16.99	23.71	11.01	14.36	18.05	42.08
71.15	17.06	69.32	23.31	75.25	8.58	72.97	38.76	25.60	10.85	8.48	49.87	25.54	13.63	3.34	182.69	24.96	30.57
54.92	61.41	66.82	24.19	76.95	5.75	76.85	25.60	20.80	19.08	19.32	17.18	25.41	14.81	7.38	38.80	17.38	42.56
76.47	12.55	54.91	65.09	77.03	5.43	77.04	19.93	25.46	12.55	25.64	8.74	7.87	61.46	9.92	15.38	7.04	145.24
69.46	17.64	66.45	24.33	63.39	11.38	74.59	36.39	16.21	20.82	23.57	14.80	12.16	28.07	21.77	9.52	12.55	48.37
53.26	105.87	56.70	46.18	76.20	7.74	76.51	29.39	12.37	23.13	13.11	19.16	25.51	13.89	23.86	8.60	24.16	33.85
74.30	15.45	72.29	21.84	76.93	5.93	18.66	724.45	22.25	18.14	16.78	17.97	9.60	36.69	21.04	9.74	8.49	105.15
47.02	336.14	70.13	22.96	73.72	9.32	67.31	43.68	8.39	46.88	25.63	8.95	8.47	51.38	25.64	5.17	20.45	39.99
77.02	9.00	67.09	24.12	60.64	12.12	76.73	27.46	7.02	71.84	20.51	16.72	7.04	80.67	23.37	8.91	25.63	21.64
9.20	756.15	65.05	24.71	65.75	10.97	21.26	714.26	25.35	13.22	23.72	14.67	13.55	24.75	22.19	9.40	7.03	157.79
75.39	14.36	77.03	8.83	69.66	10.41	54.38	218.21	11.31	26.80	25.12	12.37	11.73	29.30	9.14	22.97	20.11	40.35
73.16	16.14	61.29	25.85	76.49	7.30	76.23	31.14	23.12	17.44	20.96	16.49	15.52	24.17	5.89	57.91	11.61	53.67
66.26	18.47	60.41	28.20	57.75	14.77	55.28	207.69	25.65	9.52	24.63	13.46	23.21	19.97	12.04	12.43	25.67	18.54
68.99	17.75	76.16	17.39	76.89	6.20	65.38	44.87	25.67	8.29	18.96	17.31	14.91	24.37	13.13	11.46	16.62	43.07
74.15	15.56	65.90	24.49	50.68	55.11	68.13	42.97	23.83	16.68	14.80	18.46	12.51	2				

Πίνακας Α.96: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. ορίζ. 36 μηνών)

DS		DS1		DS2		DS3		DS4		D1S		D1S2		D1S4		D1S1	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
48.26	17.92	5135	7.36	40.69	24.60	40.69	24.60	43.42	42.43	54.61	16.73	56.48	9.95	53.44	37.22	55.48	13.40
41.16	2101	26.77	93.16	49.42	19.42	49.42	19.42	4124	43.82	56.49	8.28	56.41	12.64	54.88	34.16	50.55	17.03
42.21	20.71	50.84	12.31	5122	13.68	5122	13.68	48.68	36.63	5149	19.14	56.46	11.34	55.40	32.53	5171	16.52
26.98	142.86	36.91	19.26	5129	12.29	5129	12.29	38.59	45.14	54.44	16.93	32.07	183.77	50.04	4125	5188	16.45
50.75	14.40	48.16	15.65	47.28	2145	47.28	2145	46.69	39.40	52.42	18.62	56.43	12.39	32.63	182.57	56.20	1134
25.22	537.83	5104	11.51	35.31	29.25	35.31	29.25	26.48	352.40	48.83	20.35	47.40	24.10	56.41	23.11	49.53	17.38
50.08	15.91	47.63	15.98	27.14	14178	27.14	14178	44.55	41.48	56.49	7.64	54.83	18.95	36.71	83.24	54.25	14.93
28.63	57.08	28.93	39.46	35.55	26.11	35.55	26.11	26.43	383.52	56.34	11.98	50.84	22.35	53.36	37.54	5126	16.77
39.83	2136	26.44	110.47	25.91	305.09	25.91	305.09	44.90	41.14	56.42	10.92	45.48	24.45	40.24	49.05	47.74	17.96
50.81	14.17	50.88	12.12	25.29	430.52	25.29	430.52	33.14	54.87	30.24	415.68	53.47	20.54	55.04	33.82	48.11	17.84
5135	8.54	5132	8.61	48.11	20.75	48.11	20.75	42.15	43.26	56.48	8.83	52.26	21.55	56.37	24.17	53.76	15.39
50.23	15.67	46.79	16.43	33.96	29.53	33.96	29.53	39.64	44.60	56.46	9.92	54.02	20.01	56.45	2132	44.93	18.65
35.84	22.24	39.81	18.63	26.05	229.99	26.05	229.99	49.67	34.38	54.01	17.37	37.01	61.65	56.47	19.68	55.11	14.02
34.51	24.06	47.97	15.77	40.82	24.35	40.82	24.35	5123	24.37	56.23	12.91	54.69	19.17	39.34	55.51	50.75	16.93
46.67	19.03	5117	10.69	50.68	16.91	50.68	16.91	50.39	31.83	38.31	30.38	56.10	15.61	56.26	26.32	46.48	18.31
42.51	20.61	50.95	11.89	43.57	23.33	43.57	23.33	37.87	45.53	45.32	21.29	46.00	24.37	56.18	27.39	56.04	12.04
5113	12.59	50.27	13.55	5107	14.98	5107	14.98	50.19	32.73	46.14	21.06	55.84	16.73	54.34	35.55	56.29	10.85
50.45	15.18	43.35	17.73	5136	10.02	5136	10.02	42.43	42.97	56.48	9.06	38.91	44.11	37.04	80.58	33.84	43.52
48.41	17.85	4148	18.25	5104	15.30	5104	15.30	4171	43.60	50.64	19.50	56.48	10.40	56.48	18.57	47.96	17.91
38.74	2166	28.31	47.65	32.61	33.56	32.61	33.56	47.35	38.62	55.54	15.37	49.61	22.95	42.94	45.71	56.33	10.53
48.77	17.45	44.92	17.22	47.59	2117	47.59	2117	36.52	46.39	52.07	18.77	56.29	14.28	56.49	15.11	56.48	7.32
26.43	29110	50.10	13.84	47.47	2132	47.47	2132	50.58	30.98	47.69	20.62	37.83	5124	50.62	40.82	46.20	18.42
39.08	2161	50.99	11.71	45.91	22.22	45.91	22.22	42.98	42.67	47.95	20.58	49.98	22.75	42.01	46.37	54.09	15.06
37.34	2193	28.16	55.41	50.72	16.66	50.72	16.66	45.48	40.85	35.93	47.18	56.45	11.75	55.76	30.66	52.49	16.17
29.76	50.49	5131	8.99	4158	24.13	4158	24.13	38.24	45.43	30.94	227.90	55.90	16.51	54.18	35.98	55.88	12.60
28.50	7119	48.31	15.55	26.86	154.92	26.86	154.92	27.86	219.53	44.47	2150	42.26	27.50	35.25	99.07	56.49	6.73
43.97	20.13	49.21	14.84	46.32	22.03	46.32	22.03	46.16	40.10	51.91	18.88	56.49	9.47	27.92	631.17	55.22	18.83
45.22	19.63	43.15	17.79	48.29	20.64	48.29	20.64	32.16	62.16	38.14	33.88	55.42	17.87	53.67	36.83	56.45	8.76
5130	10.60	38.49	19.03	49.91	18.58	49.91	18.58	50.72	30.14	47.65	20.82	33.09	182.03	55.46	32.21	38.17	22.81
47.84	18.22	42.95	17.83	3129	45.69	3129	45.69	5114	26.14	54.30	17.08	51.10	22.26	49.61	4160	49.91	17.26
5133	9.67	47.41	16.10	50.47	17.42	50.47	17.42	50.05	33.23	55.93	14.22	29.20	523.56	29.21	373.85	56.10	11.83
42.84	20.53	26.00	245.85	38.26	25.14	38.26	25.14	45.83	40.47	32.10	12.09	52.71	21.19	55.63	3142	53.91	15.21
5118	12.25	26.88	66.76	28.17	66.96	28.17	66.96	46.42	39.72	35.27	62.04	56.26	14.56	55.70	3102	45.26	18.58
49.74	16.46	5134	7.72	50.25	17.92	50.25	17.92	28.57	164.45	56.03	13.85	51.56	21.92	56.49	15.50	50.17	17.18
48.05	18.07	50.73	12.57	43.22	23.46	43.22	23.46	34.97	48.42	48.97	20.19	49.21	23.13	52.92	38.12	56.43	9.34
31.87	33.15	46.33	16.64	48.81	20.09	48.81	20.09	14.02	699.11	56.44	10.56	39.33	29.58	55.87	30.27	48.28	17.79
29.81	47.56	4104	18.37	28.13	105.32	28.13	105.32	5124	23.96	55.81	14.60	47.45	23.82	56.29	25.84	49.35	17.44
43.54	20.29	5136	6.89	50.93	15.85	50.93	15.85	50.29	32.32	52.24	18.70	49.37	23.05	56.43	22.14	49.06	17.54
5122	11.92	49.93	14.04	5126	12.91	5126	12.91	49.34	35.23	49.37	20.07	55.74	17.04	56.47	19.08	48.49	17.72
33.98	24.79	40.05	18.57	38.82	25.08	38.82	25.08	5132	20.62	24.52	689.06	36.35	61.99	11.81	699.11	56.48	7.50
47.12	18.69	37.73	19.04	33.84	33.37	33.84	33.37	50.79	29.66	56.36	11.79	50.58	22.51	51.86	39.40	56.35	10.28
5101	13.35	5128	9.49	5135	10.74	5135	10.74	5134	18.46	56.49	6.97	55.95	16.30	38.12	6102	46.77	18.18
40.96	2106	28.46	41.98	45.26	22.60	45.26	22.60	5130	21.82	54.79	16.54	56.44	12.07	46.30	43.78	54.58	14.63
47.70	18.35	49.00	15.03	44.66	22.87	44.66	22.87	37.22	45.75	55.22	15.87	33.31	150.22	35.72	85.47	52.96	15.86
47.48	18.44	38.78	18.86	4117	24.25	4117	24.25	24.62	616.22	51.69	18.98	56.37	13.40	52.63	38.46	54.69	14.49
5126	11.34	5126	9.74	5124	13.36	5124	13.36	51.35	16.39	56.29	12.45	46.62	24.12	48.95	42.16	28.60	616.22
31.90	30.45	47.23	16.21	5112	14.68	5112	14.68	40.56	44.17	51.00	19.35	53.75	20.26	44.24	45.13	54.98	14.17
49.95	16.12	4182	18.15	50.87	16.15	50.87	16.15	40.28	44.31	28.52	434.54	29.33	329.54	42.47	45.78	52.64	16.06
23.18	616.22	36.54	19.32	42.44	23.88	42.44	23.88	30.23	69.99	54.15	17.25	56.47	10.80	56.46	20.78	54.44	14.77
41.79	20.86	24.28	518.44	45.52	22.50	45.52	22.50	40.92	43.92	34.75	65.73	34.50	75.05	56.44	2173	39.83	22.37
46.85	18.84	5133	8.30	46.15	22.14	46.15	22.14	50.50	31.38	47.25	20.83	55.17	18.39	37.43	63.17	56.44	9.03
38.25	21.73	37.30	19.17	26.56	189.27	26.56	189.27	4141	43.62	49.65	19.92	52.06	21.66	39.59	54.62	56.49	7.04
32.78	26.13	5114	10.92	50.79	16.43	50.79	16.43	48.48	36.94	52.57	18.47	33.47	77.14	41.08	46.48	49.74	17.35
40.50	2119	46.99	16.33	43.88	23.23	43.88	23.23	33.02	60.37	25.13	616.22	56.49	9.04	56.15	27.76	48.88	17.60
49.21	17.05	44.30	17.41	49.54	19.19	49.54	19.19	32.36	60.61	56.13	13.42	26.30	545.60	29.13	427.55	55.31	13.70
4140	20.95	26.13	117.60	51.15	14.31	51.15	14.31	26.56	253.61	50.10	19.72	46.39	24.16	53.18	37.79	29.03	15146
39.56	2142	31.70	26.38	31.86	34.43	31.86	34.43	5127	23.04	12.59	730.00	56.15	15.31	51.13	40.16	56.41	9.54
47.33	18.53	43.78	17.59	46.61	21.82	46.61	21.82	36.09	46.46	49.14	20.12	42.73	25.29	48.59	42.36	5103	16.86
24.75	608.44	35.94	19.35	50.16	18.13	50.16	18.13	33.35	52.36	56.45	10.23	55.57	17.60	54.63	34.82	54.84	14.33
40.24	21.27	5111	11.11	45.10	22.80	45.10	22.80	5131	21.14	56.48	8.55	35.71	63.15	53.90	36.40	47.52	18.00
43.26	20.43	34.64	20.08	26.54	225.43	26.54	225.43	5129	22.52	56.46	9.71	53.11	20.84	56.06	28.64	35.96	35.81
46.13	19.22	38.28	19.03	42.62	23.68	42.62	23.68	5118	25.50	52.75	18.35	41.32	27.73	45.38	44.28	41.21	19.56
5131	10.37	5107	11.30	29.95	57.50	29.95	57.50	5134	18.87	56.47	9.25	55.63	17.34	56.35	24.65	48.64	17.68
46.41	19.14	39.41	18.70	45.66	22.37	45.66	22.37	26.13	580.06	53.00	18.18	56.33	13.84	29.04	616.22	16.47	699.11
5132	9.95	48.66	15.30	5132	11.88	5132	11.88	5110	26.68	45.05	2145	54.40	19.60	52.34			

Πίνακας Α.97: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. ορίζ. 36 μηνών)

D1S3		D2S		D2S1		D2S2		D2S3		D2S4		D3S		D3S1	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
4156	1141	1174	699.11	20.82	239.82	23.88	69.85	3156	1138	20.44	616.22	55.34	44.89	69.72	17.51
55.82	7.52	42.98	18.03	37.68	17.95	2190	697.79	23.84	34.90	46.22	17.64	59.35	29.86	75.17	14.58
28.49	436.00	32.13	2196	20.52	385.20	45.90	15.19	44.90	8.22	46.21	18.61	75.91	15.62	68.17	18.05
52.16	9.66	35.37	2122	39.50	17.36	33.24	24.99	44.45	8.55	35.96	43.89	77.03	8.93	76.57	12.12
54.84	8.47	33.89	2160	46.20	8.28	30.74	25.93	45.56	7.52	33.96	45.21	75.13	16.77	76.12	13.26
56.14	6.88	45.48	14.76	40.01	17.17	4184	2161	3125	1142	45.92	27.31	76.86	12.15	76.65	11.84
56.29	6.45	28.41	25.46	40.86	16.81	27.97	29.38	38.07	10.54	41.86	39.11	53.55	88.02	73.73	15.75
27.94	445.06	38.93	20.08	38.98	17.51	43.69	20.07	30.13	1160	45.79	28.67	77.02	9.19	75.26	14.46
28.18	444.24	26.97	27.38	43.65	15.27	37.62	23.65	28.12	13.81	41.51	39.47	19.03	724.45	71.32	17.00
45.13	10.99	39.69	19.78	40.46	16.97	22.90	315.36	42.38	9.49	46.18	21.28	75.55	16.22	58.15	32.31
44.43	1109	44.29	16.87	46.18	8.86	4154	2177	33.26	1118	43.83	36.07	48.16	465.71	73.13	16.08
29.17	285.76	44.14	17.00	46.08	10.38	46.20	10.43	42.56	9.44	34.41	44.71	76.64	13.59	76.74	11.39
50.60	10.06	18.91	426.55	44.44	14.48	46.19	1107	24.86	24.81	45.07	32.69	72.33	18.94	60.18	22.28
56.36	6.06	23.89	9104	44.08	14.83	39.25	23.04	13.08	699.11	33.34	45.43	76.53	14.03	74.85	14.91
46.62	10.78	44.57	16.45	42.65	15.91	4137	2195	46.10	5.97	24.62	86.80	75.34	16.51	17.69	720.86
45.98	10.87	22.70	227.37	44.21	14.76	40.41	22.43	2183	63.13	43.30	37.03	3189	703.57	39.51	689.06
51.37	9.86	45.30	15.21	19.50	616.22	46.04	14.04	37.62	10.63	20.46	608.44	76.02	15.43	75.94	13.67
38.44	13.77	31.29	22.12	37.37	17.99	45.00	18.22	46.19	5.06	46.05	25.40	71.12	19.55	72.60	16.38
53.81	9.08	46.10	1157	39.65	17.25	27.61	3161	2115	63.92	44.81	33.56	66.96	2109	73.44	16.03
55.06	8.34	37.48	20.59	41.90	16.30	34.75	24.60	34.67	1103	42.53	38.22	74.69	17.27	76.38	12.68
44.64	1105	23.73	156.25	24.08	63.69	34.45	24.65	44.60	8.46	25.94	64.24	76.93	11.45	76.93	9.94
56.49	3.99	45.92	13.17	30.09	21.21	40.08	22.59	43.76	8.97	18.05	667.14	63.51	22.87	76.27	12.95
43.69	11.17	32.89	2184	24.88	38.65	45.84	15.56	44.05	8.81	45.51	30.85	72.65	18.76	49.58	496.42
56.21	6.70	46.20	9.44	28.01	25.18	31.15	25.63	23.96	30.91	46.19	20.70	72.82	18.65	77.01	8.19
33.69	26.93	26.81	33.34	45.99	1101	40.64	22.35	44.27	8.66	27.90	59.73	73.78	18.07	75.69	13.98
47.45	10.65	41.75	18.81	41.23	16.64	45.94	14.92	40.93	9.91	42.99	37.49	76.73	13.11	58.06	33.09
55.52	7.90	44.70	16.25	45.59	12.62	23.86	71.97	23.83	35.34	32.59	45.78	70.89	19.62	76.48	12.38
28.38	441.38	43.17	17.89	38.44	17.66	32.77	25.10	19.80	231.23	25.68	66.18	65.88	2188	74.27	15.41
56.49	4.59	23.80	97.65	45.66	12.43	34.04	24.79	32.94	11.22	24.48	101.79	57.87	42.18	19.91	714.26
50.29	10.13	38.53	20.22	43.50	15.34	24.46	54.78	26.70	16.38	39.63	41.50	71.65	19.28	76.02	13.42
43.30	11.21	41.43	18.98	46.21	7.89	23.51	166.77	18.20	666.82	45.16	32.27	67.31	2107	75.78	13.84
43.11	11.24	29.66	23.40	46.04	10.64	46.22	9.84	26.13	19.48	24.32	137.54	69.95	20.02	74.45	15.30
51.64	9.79	36.06	21.10	36.28	18.36	37.36	23.75	36.36	10.81	24.24	160.32	73.39	18.31	53.39	215.67
49.81	10.24	31.06	22.22	45.71	12.22	44.54	18.99	45.30	7.83	45.95	26.95	76.47	14.23	72.71	16.33
27.31	483.99	24.48	59.90	42.80	15.80	39.56	22.92	18.52	489.20	45.55	30.40	60.87	25.07	76.92	10.17
55.95	7.29	46.21	8.87	39.82	17.20	25.97	34.70	40.54	10.00	41.06	39.98	76.42	14.41	73.61	15.81
54.26	8.82	35.74	21.11	45.88	11.59	21.63	698.81	19.70	395.89	28.95	50.81	76.89	11.91	68.45	17.95
37.72	14.94	37.70	20.54	43.37	15.44	45.68	16.30	34.24	11.11	30.60	46.42	70.67	19.72	70.82	17.16
53.35	9.25	37.23	20.65	35.36	18.46	23.54	84.95	42.85	9.33	46.06	25.14	39.34	689.06	74.60	15.12
29.09	346.46	43.62	17.54	43.26	15.53	41.00	22.17	36.73	10.73	23.74	232.94	72.20	19.05	54.04	61.93
35.01	25.49	25.70	37.50	44.98	13.82	33.82	24.93	30.00	11.83	36.66	43.68	59.07	31.11	66.53	18.42
47.95	10.57	45.67	14.19	34.11	18.84	46.13	12.95	35.94	10.86	45.61	30.06	76.98	10.43	76.62	11.98
39.22	13.21	31.72	22.04	26.96	31.58	45.52	16.88	40.08	10.12	34.94	44.41	68.27	20.58	70.66	17.21
39.42	1183	44.86	16.03	44.31	14.61	44.68	18.77	24.05	30.58	22.83	430.89	51.47	387.86	76.20	13.13
47.76	10.60	40.03	19.64	37.91	17.82	38.03	23.49	46.16	5.51	43.44	36.77	73.09	18.54	71.93	16.78
42.01	11.35	38.26	20.32	45.84	11.80	31.48	25.51	34.93	11.00	44.97	33.06	74.83	17.10	47.91	573.84
56.43	5.50	32.50	21.89	23.75	81.40	37.05	23.87	38.47	10.44	43.63	36.49	76.67	13.42	56.89	55.90
54.45	8.72	40.47	19.46	44.68	14.20	42.09	21.45	45.65	7.35	46.20	19.37	76.28	14.80	23.92	699.11
47.15	10.69	24.93	42.03	29.04	23.50	27.14	31.88	40.72	9.96	45.84	28.18	63.08	23.62	65.88	18.80
46.37	10.84	34.70	21.40	32.85	19.23	46.17	12.03	19.03	454.45	41.34	39.73	71.82	19.24	62.24	20.07
27.25	690.22	43.80	17.30	43.08	15.65	22.88	394.31	44.75	8.35	23.90	181.22	72.00	19.13	76.79	11.09
29.03	382.12	38.74	20.17	45.96	11.18	38.68	23.24	37.03	10.71	44.34	34.98	32.56	699.11	70.33	17.37
36.00	16.81	33.06	21.76	42.44	16.06	23.45	23.03	35.56	10.89	46.08	24.55	68.82	20.53	73.30	16.04
53.58	9.15	46.12	11.31	31.41	19.30	23.82	77.50	45.03	8.12	45.70	29.36	76.20	15.02	68.74	17.81
38.06	14.94	18.68	545.60	38.17	17.76	25.45	41.38	35.27	10.94	46.14	22.88	75.04	16.92	75.10	14.69
49.08	10.37	36.29	20.95	45.41	13.07	38.94	23.15	23.88	32.44	21.31	558.19	18.08	726.62	71.08	17.07
50.90	10.00	42.10	18.67	34.78	18.61	29.91	26.80	24.98	24.64	40.40	40.68	74.37	17.58	51.38	481.63
54.07	8.95	34.32	21.47	41.49	16.58	28.72	28.60	43.08	9.26	20.51	559.38	75.45	16.38	74.72	15.00
54.67	8.58	25.54	39.52	42.11	16.20	35.73	24.29	37.82	10.55	34.14	44.79	48.71	396.67	76.69	11.65
49.61	10.28	42.69	18.26	45.49	12.83	45.60	16.59	42.15	9.58	44.07	35.67	59.82	27.42	58.73	24.04
29.31	146.16	45.60	14.47	45.77	12.03	46.22	9.28	39.33	10.29	40.78	40.30	74.13	17.76	75.37	14.38
42.89	11.26	27.59	26.39	43.92	14.98	43.32	20.45	41.27	9.85	9.46	699.11	71.34	19.44	77.03	7.50
50.06	10.17	28.53	24.82	42.30	16.13	46.01	14.38	43.40	9.12	46.20	19.98	67.46	20.84	42.69	616.22
35.24	22.49	46.00	12.53	45.18	13.48	24.13	66.90	45.95	6.66	37.08	43.29	48.26	421.67	72.99	16.19
40.20	11.53	42.37	18.44	44.56	14.35	45.39	17.27	22.84	46.49	45.65	29.76	76.83	12.43	63.12	19.25
45.38	10.95	23.26	161.77	40.22	17.06	45.76	15.99	45.85	6.99	35.57	44.30	76.70	13.28	67.67	18.18
15.56	699.11	46.08	11.80	43.77	15.13	35.16	24.46	45.19	7.97	20.26	627.30	76.36	14.58	69.34	17.69
51.91	9.72	39.18	19.98	44.81	14.06	42.62	21.07	38.29	10.49	44.59	34.40	76.95	11.10	72.82	16.27
53.10	9.33	45.04	15.78	8.69	699.11	46.10	13.40	30.50	11.54	38.23	42.37	76.97	10.79	76.98	9.24
52.40	9.58	41.18	19.10	42.94	15.77	32.23	25.33	45.45	7.64	32.68	45.51	41.38	616.22	75.55	14.20
33.31	36.00	26.91	30.14	33.01	19.22	45.98	14.62	41.88	9.65	21.57	474.96	66.38	21.47	73.50	15.92
56.32	6.26	40.67	19.38	35.57	18.46	21.80	698.16	26.94	14.83	40.14	40.92	73.99	17.88	56.24	57.54
35.67	19.42	22.22	327.20	21.52	239.75	31.71	25.36	46.13	5.75</						

Πίνακας Α.98: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης κριτηρίων f_1 και f_2 (χρον. οριζ. 36 μηνών)

D3S2		D3S3		D3S4		D4S		D4S1		D4S2		D4S3		D4S4	
f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2	f1	f2
27.69	703.57	77.01	5.00	76.83	25.89	19.82	19.49	23.05	15.24	7.32	90.36	19.87	10.03	10.13	64.77
73.90	20.63	71.88	9.88	19.20	724.45	25.11	14.25	16.06	18.17	16.04	24.01	6.51	80.62	22.49	37.44
71.94	22.04	65.11	11.07	76.98	2198	25.57	11.48	20.17	16.85	25.36	15.19	2197	9.45	25.46	26.23
76.61	15.84	76.93	5.91	77.01	19.73	25.59	11.10	25.63	8.90	22.17	20.95	7.73	25.45	24.93	30.89
67.64	23.93	73.78	9.30	77.01	20.23	25.61	10.75	24.49	13.72	19.99	22.35	25.49	6.33	25.67	15.83
76.16	17.42	74.10	9.16	77.00	2104	25.48	12.40	13.26	18.90	23.29	19.88	2179	9.51	24.66	32.12
75.13	19.34	58.63	15.37	74.01	37.16	25.67	8.11	11.20	2188	12.81	25.89	16.79	10.63	24.99	30.47
71.18	22.48	72.65	9.68	72.39	39.41	8.71	35.59	21.19	16.40	22.60	20.57	17.78	10.46	13.60	44.80
76.88	13.85	57.05	24.85	77.02	18.89	22.86	17.66	15.39	18.33	16.39	23.88	18.14	10.39	13.10	45.68
76.30	17.07	68.82	10.54	76.97	22.46	24.29	16.09	22.49	15.69	21.19	2167	23.48	8.80	16.24	43.32
76.42	16.66	77.01	4.87	73.54	38.02	14.11	2137	25.55	10.22	12.66	26.48	25.16	7.25	23.79	34.86
73.09	2134	76.49	7.29	76.87	25.24	16.78	20.63	14.22	18.59	25.12	16.36	12.29	12.06	24.29	33.47
76.68	15.46	68.35	10.61	52.33	468.80	20.37	19.23	25.66	7.74	2142	2154	15.21	10.87	2133	39.08
73.84	20.81	77.03	4.33	45.16	656.62	24.56	15.58	2167	16.15	25.67	9.89	23.87	8.58	2150	38.83
76.99	11.71	71.37	10.01	77.00	20.62	25.31	13.42	7.04	90.23	5.61	377.27	15.74	10.78	7.00	307.35
75.87	18.10	76.96	5.64	76.76	27.22	12.07	23.49	7.90	76.19	13.18	25.29	6.22	140.32	8.79	103.10
76.65	15.76	75.09	8.68	75.17	34.79	23.42	17.14	12.24	20.64	16.88	23.72	9.27	17.17	19.97	40.50
67.04	24.26	49.83	300.27	52.18	514.78	7.58	54.44	25.64	8.63	2180	2123	16.42	10.69	25.63	2144
49.73	385.66	19.29	720.86	76.99	2152	25.37	13.16	12.02	20.87	24.09	18.82	12.55	11.74	18.73	4154
76.00	17.80	70.59	10.19	58.69	122.58	25.65	9.37	24.03	14.32	13.24	24.96	22.31	9.33	25.43	26.53
76.58	15.94	46.28	353.22	76.80	26.49	13.79	2146	7.33	78.00	13.87	24.68	14.40	10.97	20.57	39.89
76.94	13.00	75.58	8.34	50.61	557.70	7.80	47.32	25.08	12.48	25.00	16.79	8.47	19.97	18.31	4189
76.84	14.29	61.66	11.60	76.81	26.18	25.50	12.17	25.65	8.21	25.67	9.57	16.62	10.65	25.37	27.47
75.04	19.44	77.03	4.19	68.71	42.76	25.68	7.51	25.57	9.88	6.46	240.63	20.91	9.80	25.42	26.93
76.85	14.12	62.42	11.39	75.41	34.20	25.66	9.15	17.33	17.82	18.82	22.91	21.31	9.69	12.37	48.76
75.23	19.19	69.55	10.40	76.60	28.86	13.05	22.24	25.36	11.50	8.95	49.98	23.04	9.04	15.88	43.63
67.94	23.83	72.27	9.80	68.37	42.86	16.49	20.72	25.18	12.19	25.67	9.09	19.70	10.07	25.65	19.61
76.65	15.62	76.97	5.49	76.70	27.64	19.09	19.80	24.16	14.15	11.26	29.94	18.55	10.32	17.66	42.41
53.26	150.61	74.86	8.79	75.30	34.62	22.70	17.80	17.08	17.88	7.37	86.48	25.64	5.19	25.56	24.11
76.24	17.18	49.63	312.21	76.85	25.54	15.94	20.87	16.25	18.13	19.74	22.47	13.26	11.15	22.67	37.15
59.13	29.32	20.71	699.11	74.57	36.17	24.11	16.31	25.67	7.15	14.55	24.51	16.09	10.74	19.25	4117
71.61	22.29	72.83	9.62	76.91	24.32	25.40	12.93	25.41	11.19	12.42	26.94	11.12	13.42	25.13	29.56
55.87	73.97	61.12	12.59	73.75	37.77	20.10	19.36	22.82	15.41	8.31	53.01	9.02	18.45	23.26	36.06
76.93	13.25	70.47	10.23	76.43	30.05	22.50	17.95	20.39	16.75	19.52	22.60	21.51	9.60	7.27	187.60
74.64	19.92	76.91	6.03	76.33	30.69	24.92	14.79	5.86	270.75	18.63	23.04	13.44	11.09	25.48	25.71
28.68	699.11	75.46	8.42	76.48	29.67	11.79	24.19	6.01	234.24	25.58	12.98	20.14	9.97	25.61	22.44
74.27	20.35	52.01	17.18	52.76	435.17	18.65	19.97	10.70	27.17	5.66	24140	8.34	20.98	25.23	28.88
76.50	16.28	69.91	10.39	75.72	33.32	18.00	20.24	14.60	18.52	24.90	17.12	22.13	9.39	25.55	24.39
74.16	20.39	55.24	25.96	57.58	244.09	24.42	15.84	13.80	18.69	11.20	30.94	17.01	10.59	20.25	40.19
76.75	15.13	72.40	9.74	75.52	33.98	14.42	21.29	25.52	10.46	18.08	23.27	14.79	10.94	25.66	18.18
76.08	17.59	77.04	3.84	73.17	38.60	7.98	41.27	8.00	67.92	25.63	11.91	25.29	6.98	24.00	34.32
75.38	18.99	62.97	11.38	77.03	18.19	25.65	9.59	14.78	18.47	20.99	2180	23.18	8.96	15.13	44.08
75.72	18.44	71.54	9.96	65.63	45.02	11.71	24.39	12.60	19.77	25.66	10.56	25.05	7.44	25.66	18.58
76.91	13.42	76.68	7.00	71.27	40.59	18.87	19.88	11.80	21.38	24.66	17.75	25.60	5.63	16.94	42.86
61.87	25.71	76.42	7.44	76.01	32.18	9.87	33.56	18.84	17.35	23.47	19.69	8.03	21.92	13.59	45.35
49.29	572.23	39.39	689.06	71.99	39.91	15.00	21.19	9.99	34.33	14.79	24.39	19.24	10.18	9.59	96.89
71.41	22.36	76.79	6.59	76.77	26.83	7.92	45.90	24.80	13.15	25.48	14.28	24.94	7.60	25.68	15.30
76.79	14.66	70.25	10.28	61.34	78.87	24.84	15.04	9.32	41.34	25.66	10.27	9.86	14.17	17.29	42.66
76.77	14.89	19.42	706.90	60.46	119.61	25.00	14.58	13.49	18.75	15.71	24.13	21.65	9.55	6.43	461.33
72.74	21.60	53.18	153.50	76.23	31.08	12.32	23.10	10.34	29.44	15.40	24.20	18.83	10.26	7.02	253.14
25.45	730.00	69.22	10.45	46.43	616.22	7.47	60.19	10.62	29.39	9.74	40.40	15.46	10.83	5.91	473.54
70.23	22.93	73.05	9.54	70.38	41.46	21.69	18.51	6.66	120.66	9.95	39.77	23.71	8.67	13.24	45.41
76.69	15.35	76.99	5.35	75.05	35.14	10.35	26.53	10.28	29.94	19.21	22.77	7.62	26.20	5.59	603.54
76.82	14.50	75.32	8.54	39.74	689.06	7.64	50.46	22.18	15.84	25.56	13.36	13.01	11.43	23.41	35.74
63.10	25.38	52.47	154.83	67.50	43.87	17.49	20.40	21.92	15.99	25.43	14.63	10.40	13.94	10.58	57.20
72.29	21.89	71.27	10.04	71.09	40.81	11.03	25.25	13.14	19.08	25.65	10.87	24.30	8.28	15.42	43.83
66.54	24.32	59.40	13.76	18.08	730.00	16.25	20.78	17.86	17.66	13.55	24.78	8.76	18.69	24.85	31.21
72.46	21.82	66.49	10.92	58.61	17.37	7.06	60.58	23.24	15.08	25.64	11.58	24.56	8.04	25.50	25.35
73.02	21.51	67.52	10.81	75.87	32.70	25.66	8.94	25.31	11.72	24.28	18.50	12.07	12.53	25.06	29.99
76.48	16.42	76.24	7.68	76.67	28.09	20.79	19.02	15.13	18.41	25.31	15.47	13.71	11.06	19.68	40.74
74.09	20.52	77.02	4.50	76.62	28.51	17.73	20.31	24.37	13.94	25.53	13.66	18.32	10.37	11.79	53.26
51.78	181.67	65.75	10.99	76.09	31.91	11.17	25.05	6.99	95.78	9.22	43.58	25.63	5.35	8.46	148.16
73.37	21.15	76.17	7.77	69.22	42.35	21.06	18.87	25.62	9.17	12.62	26.81	6.89	31.80	11.41	56.09
69.84	23.15	76.56	7.16	76.53	29.32	21.52	18.64	19.59	17.11	7.22	97.43	24.42	8.17	20.96	39.48
69.57	23.39	75.97	7.99	76.89	24.86	23.68	16.87	23.87	14.59	21.60	21.38	13.09	11.30	12.26	50.31
66.27	25.24	66.58	10.87	69.11	42.63	23.07	17.48	25.65	8.44	20.23	22.24	22.70	9.19	12.72	48.13
73.25	21.24	76.94	5.79	20.62	714.26	25.62	10.43	20.93	16.52	25.60	12.52	20.41	9.90	25.60	22.75
64.90	25.28	45.17	391.62	76.37	30.39	13.15	21.99	25.49	10.75	25.62	12.18	15.04	10.89	6.76	405.16
75.96	17.92	72.09	9.82	74.52	36.43	21.28	18.76	10.82	24.51	22.37	20.80	12.03	13.05	17.94	42.25
75.79	18.23	72.95	9.59	76.55	29.10	13.25	21.69	21.42	16.27	10.00	31.86	17.22	10.55	9.82	76.94
57.98	71.64	76.85	6.35	55.98	285.04	24.67	15.37	25.24	11.97	12.07	27.33	24.68	7.91	6.50	451.46
69.16	23.47	74.62	8.93	63.88	49.53	25.25	13.69	25.59	9.62	18.35	23.16	25.43	6.55	25.17	29.25
76.95	12.79	77.00	5.17	69.99	41.69	25.52	11.95	20.62	16.68	16.62	23.79	25.56	5.96	14.68	44.20
74.83															

Πίνακας Α.95: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (12 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	18.31	141.7	68.4	0	0.015	1.92	25	10.7	44.09	0	1.92	0	1.92
1	2	27.94	178.2	36.6	0	0.011	1.4	42.18	13.08	71.97	0	1.4	0	3.32
1	3	15.69	213	15.1	0	0.025	3.19	70.57	16.2	89.46	0	3.19	0	6.51
1	4	11.9	174.6	7.1	0	0.012	1.53	86.27	17.58	101.11	0	1.53	0	8.05
1	5	18.54	142.7	10.5	0	0.011	1.4	99.58	18.6	120.58	0	1.4	0	9.45
1	6	30.81	151.1	25.5	0	0.012	1.53	119.18	19.92	152.49	0	1.53	0	10.98
1	7	28.8	119.3	57.8	0	0.017	2.17	150.96	21.79	181.1	0	2.17	0	13.15
1	8	18.48	70.5	112.8	0	0.088	11.24	178.93	23.44	196.41	0	11.24	0	24.39
1	9	3.08	39.8	154.1	0	0.166	21.2	185.18	23.83	185.53	0	21.2	0	45.59
1	10	0	19.2	180.8	0	0.321	40.99	164.33	22.56	160.69	0	40.99	0	86.58
1	11	0.87	30.2	166.8	0	0.292	37.29	119.7	19.95	117.84	0	37.29	0	123.87
1	12	0.85	48.2	114.5	0	0.03	3.83	80.55	17.1	80.27	0	3.83	0	127.7

Πίνακας Α.96: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (12 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	7.49	141.7	68.4	0	0.015	1.92	25	10.7	33.27	0	1.92	0	1.92
1	2	6.43	178.2	36.6	0	0.011	1.4	31.36	11.62	39.43	0	1.4	0	3.32
1	3	26.25	213	15.1	0	0.025	3.19	38.03	12.54	66.76	0	3.19	0	6.51
1	4	10.25	174.6	7.1	0	0.012	1.53	63.57	15.51	76.42	0	1.53	0	8.05
1	5	14.97	142.7	10.5	0	0.011	1.4	74.88	16.6	92.05	0	1.4	0	9.45
1	6	22.65	151.1	25.5	0	0.012	1.53	90.64	17.93	115.55	0	1.53	0	10.98
1	7	11.1	119.3	57.8	0	0.017	2.17	114.01	19.59	126.32	0	2.17	0	13.15
1	8	14.32	70.5	112.8	0	0.088	11.24	124.15	20.23	137.61	0	11.24	0	24.39
1	9	5.32	39.8	154.1	0	0.166	21.2	126.38	20.36	129.37	0	21.2	0	45.59
1	10	3.65	19.2	180.8	0	0.321	40.99	108.17	19.2	108.72	0	40.99	0	86.58
1	11	1.82	30.2	166.8	0	0.292	37.29	67.72	15.93	67.37	0	37.29	0	123.87
1	12	0.66	48.2	114.5	0	0.03	3.83	30.08	11.44	29.98	0	3.83	0	127.7

Πίνακας Α.97: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (12 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	2.38	141.7	68.4	0	0.015	1.92	25	10.7	28.16	0	1.92	0	1.92
1	2	12.11	178.2	36.6	0	0.011	1.4	26.25	10.88	39.9	0	1.4	0	3.32
1	3	17.29	213	15.1	0	0.025	3.19	38.49	12.6	58.28	0	3.19	0	6.51
1	4	0	174.6	7.1	0	0.012	1.53	55.09	14.61	57.53	0	1.53	0	8.05
1	5	5.54	142.7	10.5	0	0.011	1.4	56	14.71	63.49	0	1.4	0	9.45
1	6	24.51	151.1	25.5	0	0.012	1.53	62.08	15.36	88.52	0	1.53	0	10.98
1	7	21.07	119.3	57.8	0	0.017	2.17	86.99	17.64	109.14	0	2.17	0	13.15
1	8	13.55	70.5	112.8	0	0.088	11.24	106.97	19.12	119.71	0	11.24	0	24.39
1	9	4.08	39.8	154.1	0	0.166	21.2	108.47	19.23	110.36	0	21.2	0	45.59
1	10	3.9	19.2	180.8	0	0.321	40.99	89.16	17.81	90.18	0	40.99	0	86.58
1	11	1.25	30.2	166.8	0	0.292	37.29	49.19	13.93	48.54	0	37.29	0	123.87
1	12	2.91	48.2	114.5	0	0.03	3.83	11.25	8.47	13.6	0	3.83	0	127.7

Πίνακας Α.98: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (12 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	3.19	141.7	68.4	0	0.015	1.92	25	10.7	28.97	0	1.92	0	1.92
1	2	32.6	178.2	36.6	0	0.011	1.4	27.06	11	61.22	0	1.4	0	3.32
1	3	29.46	213	15.1	0	0.025	3.19	59.81	15.12	92.26	0	3.19	0	6.51
1	4	7.58	174.6	7.1	0	0.012	1.53	89.07	17.81	99.63	0	1.53	0	8.05
1	5	13.46	142.7	10.5	0	0.011	1.4	98.1	18.5	114.01	0	1.4	0	9.45
1	6	30.08	151.1	25.5	0	0.012	1.53	112.6	19.5	145.13	0	1.53	0	10.98
1	7	24.3	119.3	57.8	0	0.017	2.17	143.6	21.37	169.21	0	2.17	0	13.15
1	8	13.23	70.5	112.8	0	0.088	11.24	167.04	22.72	179.31	0	11.24	0	24.39
1	9	2.58	39.8	154.1	0	0.166	21.2	168.07	22.78	168.05	0	21.2	0	45.59
1	10	1.08	19.2	180.8	0	0.321	40.99	146.85	21.56	144.45	0	40.99	0	86.58
1	11	0.41	30.2	166.8	0	0.292	37.29	103.46	18.88	101.29	0	37.29	0	123.87
1	12	0.56	48.2	114.5	0	0.03	3.83	64	15.56	63.53	0	3.83	0	127.7

Πίνακας Α.99: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (12 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	0.9	141.7	68.4	0	0.015	1.92	25	10.7	26.68	0	1.92	0	1.92
1	2	30.62	178.2	36.6	0	0.011	1.4	24.77	10.66	56.9	0	1.4	0	3.32
1	3	12.75	213	15.1	0	0.025	3.19	55.49	14.65	71.14	0	3.19	0	6.51
1	4	16.59	174.6	7.1	0	0.012	1.53	67.95	15.95	87.21	0	1.53	0	8.05
1	5	25.7	142.7	10.5	0	0.011	1.4	85.68	17.53	113.7	0	1.4	0	9.45
1	6	15.7	151.1	25.5	0	0.012	1.53	112.29	19.48	130.44	0	1.53	0	10.98
1	7	23.38	119.3	57.8	0	0.017	2.17	128.91	20.52	153.55	0	2.17	0	13.15
1	8	9.18	70.5	112.8	0	0.088	11.24	151.38	21.82	159.64	0	11.24	0	24.39
1	9	2.74	39.8	154.1	0	0.166	21.2	148.4	21.65	148.66	0	21.2	0	45.59
1	10	0.63	19.2	180.8	0	0.321	40.99	127.47	20.43	124.79	0	40.99	0	86.58
1	11	0.72	30.2	166.8	0	0.292	37.29	83.8	17.38	82.15	0	37.29	0	123.87
1	12	2.63	48.2	114.5	0	0.03	3.83	44.86	13.41	46.6	0	3.83	0	127.7

Πίνακας Α.100: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (24 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	6.88	141.7	68.4	0	0.015	1.78	25	10.7	32.66	0	1.78	0	1.78
1	2	6.8	178.2	36.6	0	0.011	1.31	30.88	11.56	39.32	0	1.31	0	3.09
1	3	11.5	213	15.1	0	0.025	2.97	38.01	12.54	51.99	0	2.97	0	6.06
1	4	21.7	174.6	7.1	0	0.012	1.43	49.02	13.91	73.05	0	1.43	0	7.48
1	5	38.78	142.7	10.5	0	0.011	1.31	71.63	16.3	112.56	0	1.31	0	8.79
1	6	24.53	151.1	25.5	0	0.012	1.43	111.26	19.41	138.22	0	1.43	0	10.22
1	7	14.38	119.3	57.8	0	0.017	2.02	136.8	20.98	152.47	0	2.02	0	12.24
1	8	16.28	70.5	112.8	0	0.088	10.45	150.45	21.76	165.81	0	10.45	0	22.69
1	9	2.12	39.8	154.1	0	0.166	19.72	155.35	22.05	154.95	0	19.72	0	42.41
1	10	1.52	19.2	180.8	0	0.321	38.13	135.23	20.89	133.38	0	38.13	0	80.55
1	11	1.58	30.2	166.8	0	0.292	34.69	95.24	18.28	94.33	0	34.69	0	115.24
1	12	4.52	48.2	114.5	0	0.03	3.56	59.64	15.1	63.15	0	3.56	0	118.8
2	1	2.05	141.7	68.4	0	0.015	1.78	59.59	15.1	62.75	0	1.78	0	1.78
2	2	2.89	178.2	36.6	0	0.011	1.31	60.96	15.24	66.01	0	1.31	0	3.09
2	3	17.73	213	15.1	0	0.025	2.97	64.71	15.63	85.53	0	2.97	0	6.06
2	4	0	174.6	7.1	0	0.012	1.43	82.56	17.27	85.45	0	1.43	0	7.48
2	5	24.05	142.7	10.5	0	0.011	1.31	84.03	17.4	110.38	0	1.31	0	8.79
2	6	20.52	151.1	25.5	0	0.012	1.43	109.07	19.27	132.01	0	1.43	0	10.22
2	7	24.96	119.3	57.8	0	0.017	2.02	130.58	20.62	156.81	0	2.02	0	12.24
2	8	5.92	70.5	112.8	0	0.088	10.45	154.79	22.01	159.78	0	10.45	0	22.69
2	9	3.2	39.8	154.1	0	0.166	19.72	149.33	21.7	150.05	0	19.72	0	42.41
2	10	0.51	19.2	180.8	0	0.321	38.13	130.33	20.6	127.51	0	38.13	0	80.55
2	11	0	30.2	166.8	0	0.292	34.69	89.37	17.83	86.94	0	34.69	0	115.24
2	12	0.55	48.2	114.5	0	0.03	3.56	52.25	14.29	51.85	0	3.56	0	118.8

Πίνακας Α.101: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (24 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	1.6	141.7	68.4	0	0.015	1.78	25	10.7	27.38	0	1.78	0	1.78
1	2	10.36	178.2	36.6	0	0.011	1.31	25.6	10.79	37.49	0	1.31	0	3.09
1	3	40.2	213	15.1	0	0.025	2.97	36.18	12.29	78.81	0	2.97	0	6.06
1	4	17.47	174.6	7.1	0	0.012	1.43	75.84	16.69	96.11	0	1.43	0	7.48
1	5	6.46	142.7	10.5	0	0.011	1.31	94.68	18.24	103.56	0	1.31	0	8.79
1	6	13.51	151.1	25.5	0	0.012	1.43	102.25	18.8	118.12	0	1.43	0	10.22
1	7	18.9	119.3	57.8	0	0.017	2.02	116.69	19.76	136.81	0	2.02	0	12.24
1	8	13.94	70.5	112.8	0	0.088	10.45	134.79	20.86	147.85	0	10.45	0	22.69
1	9	2.01	39.8	154.1	0	0.166	19.72	137.39	21.02	137	0	19.72	0	42.41
1	10	4.66	19.2	180.8	0	0.321	38.13	117.28	19.8	118.74	0	38.13	0	80.55
1	11	1.51	30.2	166.8	0	0.292	34.69	80.61	17.11	79.78	0	34.69	0	115.24
1	12	0.44	48.2	114.5	0	0.03	3.56	45.09	13.44	44.64	0	3.56	0	118.8
2	1	0	141.7	68.4	0	0.015	1.78	41.07	12.93	42.02	0	1.78	0	1.78
2	2	10.53	178.2	36.6	0	0.011	1.31	40.24	12.83	52.59	0	1.31	0	3.09
2	3	36.3	213	15.1	0	0.025	2.97	51.28	14.18	90.39	0	2.97	0	6.06
2	4	22.91	174.6	7.1	0	0.012	1.43	87.42	17.68	113.29	0	1.43	0	7.48
2	5	23.49	142.7	10.5	0	0.011	1.31	111.86	19.45	137.92	0	1.31	0	8.79
2	6	40.5	151.1	25.5	0	0.012	1.43	136.62	20.97	179.75	0	1.43	0	10.22
2	7	29.25	119.3	57.8	0	0.017	2.02	178.32	23.4	209.01	0	2.02	0	12.24
2	8	8.11	70.5	112.8	0	0.088	10.45	206.99	25.36	214.03	0	10.45	0	22.69
2	9	3.08	39.8	154.1	0	0.166	19.72	203.58	25.11	203.79	0	19.72	0	42.41
2	10	1.54	19.2	180.8	0	0.321	38.13	184.07	23.76	181.77	0	38.13	0	80.55
2	11	0.36	30.2	166.8	0	0.292	34.69	143.63	21.38	141.07	0	34.69	0	115.24
2	12	0.51	48.2	114.5	0	0.03	3.56	106.38	19.08	105.63	0	3.56	0	118.8

Πίνακας Α.102: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (24 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	5.15	141.7	68.4	0	0.015	1.78	25	10.7	30.93	0	1.78	0	1.78
1	2	18.55	178.2	36.6	0	0.011	1.31	29.15	11.31	49.3	0	1.31	0	3.09
1	3	39.38	213	15.1	0	0.025	2.97	48	13.79	90.11	0	2.97	0	6.06
1	4	23.17	174.6	7.1	0	0.012	1.43	87.14	17.65	113.26	0	1.43	0	7.48
1	5	10.2	142.7	10.5	0	0.011	1.31	111.84	19.45	124.61	0	1.31	0	8.79
1	6	25.31	151.1	25.5	0	0.012	1.43	123.3	20.18	151.15	0	1.43	0	10.22
1	7	28.9	119.3	57.8	0	0.017	2.02	149.72	21.72	179.96	0	2.02	0	12.24
1	8	18.38	70.5	112.8	0	0.088	10.45	177.94	23.38	195.33	0	10.45	0	22.69
1	9	2.63	39.8	154.1	0	0.166	19.72	184.87	23.82	184.78	0	19.72	0	42.41
1	10	3.56	19.2	180.8	0	0.321	38.13	165.06	22.61	164.97	0	38.13	0	80.55
1	11	1.02	30.2	166.8	0	0.292	34.69	126.83	20.39	125.07	0	34.69	0	115.24
1	12	1.71	48.2	114.5	0	0.03	3.56	90.38	17.91	90.9	0	3.56	0	118.8
2	1	5.22	141.7	68.4	0	0.015	1.78	87.34	17.67	93.85	0	1.78	0	1.78
2	2	9.86	178.2	36.6	0	0.011	1.31	92.07	18.04	104.48	0	1.31	0	3.09
2	3	34.26	213	15.1	0	0.025	2.97	103.18	18.86	141.17	0	2.97	0	6.06
2	4	11.66	174.6	7.1	0	0.012	1.43	138.2	21.06	153.39	0	1.43	0	7.48
2	5	8.02	142.7	10.5	0	0.011	1.31	151.96	21.85	162.87	0	1.31	0	8.79
2	6	39.47	151.1	25.5	0	0.012	1.43	161.56	22.4	203.85	0	1.43	0	10.22
2	7	18.33	119.3	57.8	0	0.017	2.02	202.42	25.02	222.29	0	2.02	0	12.24
2	8	20.78	70.5	112.8	0	0.088	10.45	220.27	26.45	239.93	0	10.45	0	22.69
2	9	3.86	39.8	154.1	0	0.166	19.72	229.48	27.28	230.22	0	19.72	0	42.41
2	10	3.8	19.2	180.8	0	0.321	38.13	210.5	25.64	210.16	0	38.13	0	80.55
2	11	3.04	30.2	166.8	0	0.292	34.69	172.02	23.02	171.92	0	34.69	0	115.24
2	12	0.22	48.2	114.5	0	0.03	3.56	137.23	21.01	136.05	0	3.56	0	118.8

Πίνακας Α.103: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (24 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	0.74	141.7	68.4	0	0.015	1.78	25	10.7	26.52	0	1.78	0	1.78
1	2	4	178.2	36.6	0	0.011	1.31	24.74	10.66	30.25	0	1.31	0	3.09
1	3	8.38	213	15.1	0	0.025	2.97	28.94	11.28	39.56	0	2.97	0	6.06
1	4	24.7	174.6	7.1	0	0.012	1.43	36.59	12.35	63.35	0	1.43	0	7.48
1	5	30.25	142.7	10.5	0	0.011	1.31	61.93	15.34	94.21	0	1.31	0	8.79
1	6	21.35	151.1	25.5	0	0.012	1.43	92.9	18.11	116.52	0	1.43	0	10.22
1	7	36.04	119.3	57.8	0	0.017	2.02	115.1	19.66	152.35	0	2.02	0	12.24
1	8	20.66	70.5	112.8	0	0.088	10.45	150.33	21.76	170.07	0	10.45	0	22.69
1	9	2.12	39.8	154.1	0	0.166	19.72	159.61	22.29	159.19	0	19.72	0	42.41
1	10	2.59	19.2	180.8	0	0.321	38.13	139.47	21.14	138.64	0	38.13	0	80.55
1	11	0.83	30.2	166.8	0	0.292	34.69	100.5	18.67	98.78	0	34.69	0	115.24
1	12	0.79	48.2	114.5	0	0.03	3.56	64.09	15.57	63.85	0	3.56	0	118.8
2	1	0.3	141.7	68.4	0	0.015	1.78	60.29	15.17	61.7	0	1.78	0	1.78
2	2	5.19	178.2	36.6	0	0.011	1.31	59.92	15.13	67.25	0	1.31	0	3.09
2	3	22.93	213	15.1	0	0.025	2.97	65.95	15.75	91.99	0	2.97	0	6.06
2	4	14.5	174.6	7.1	0	0.012	1.43	89.02	17.8	106.5	0	1.43	0	7.48
2	5	11.81	142.7	10.5	0	0.011	1.31	105.08	18.99	119.4	0	1.31	0	8.79
2	6	19.06	151.1	25.5	0	0.012	1.43	118.09	19.85	139.65	0	1.43	0	10.22
2	7	29.36	119.3	57.8	0	0.017	2.02	138.22	21.06	168.88	0	2.02	0	12.24
2	8	12.22	70.5	112.8	0	0.088	10.45	166.86	22.71	178.12	0	10.45	0	22.69
2	9	4.84	39.8	154.1	0	0.166	19.72	167.66	22.76	169.9	0	19.72	0	42.41
2	10	0.99	19.2	180.8	0	0.321	38.13	150.18	21.75	147.65	0	38.13	0	80.55
2	11	3.51	30.2	166.8	0	0.292	34.69	109.52	19.3	110.39	0	34.69	0	115.24
2	12	2.06	48.2	114.5	0	0.03	3.56	75.7	16.68	76.66	0	3.56	0	118.8

Πίνακας Α.104: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (24 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	15.06	141.7	68.4	0	0.015	1.78	25	10.7	40.84	0	1.78	0	1.78
1	2	11.51	178.2	36.6	0	0.011	1.31	39.06	12.67	52.37	0	1.31	0	3.09
1	3	35.58	213	15.1	0	0.025	2.97	51.06	14.15	89.44	0	2.97	0	6.06
1	4	35.87	174.6	7.1	0	0.012	1.43	86.47	17.6	125.29	0	1.43	0	7.48
1	5	18.75	142.7	10.5	0	0.011	1.31	123.86	20.21	145.28	0	1.31	0	8.79
1	6	31.51	151.1	25.5	0	0.012	1.43	143.98	21.4	178.18	0	1.43	0	10.22
1	7	31.09	119.3	57.8	0	0.017	2.02	176.75	23.3	209.27	0	2.02	0	12.24
1	8	14.65	70.5	112.8	0	0.088	10.45	207.25	25.38	220.83	0	10.45	0	22.69
1	9	2.66	39.8	154.1	0	0.166	19.72	210.38	25.63	210.11	0	19.72	0	42.41
1	10	4.68	19.2	180.8	0	0.321	38.13	190.39	24.18	191.16	0	38.13	0	80.55
1	11	1.6	30.2	166.8	0	0.292	34.69	153.02	21.91	151.63	0	34.69	0	115.24
1	12	0.32	48.2	114.5	0	0.03	3.56	116.94	19.78	115.95	0	3.56	0	118.8
2	1	3.48	141.7	68.4	0	0.015	1.78	112.39	19.49	117.29	0	1.78	0	1.78
2	2	5.14	178.2	36.6	0	0.011	1.31	115.51	19.69	123.44	0	1.31	0	3.09
2	3	25.64	213	15.1	0	0.025	2.97	122.13	20.1	151.75	0	2.97	0	6.06
2	4	13.41	174.6	7.1	0	0.012	1.43	148.78	21.67	165.82	0	1.43	0	7.48
2	5	26.48	142.7	10.5	0	0.011	1.31	164.4	22.57	193.86	0	1.31	0	8.79
2	6	10.83	151.1	25.5	0	0.012	1.43	192.55	24.32	206.44	0	1.43	0	10.22
2	7	14.76	119.3	57.8	0	0.017	2.02	205.01	25.21	221.32	0	2.02	0	12.24
2	8	18.44	70.5	112.8	0	0.088	10.45	219.3	26.36	236.63	0	10.45	0	22.69
2	9	4.24	39.8	154.1	0	0.166	19.72	226.17	26.97	227.33	0	19.72	0	42.41
2	10	3.78	19.2	180.8	0	0.321	38.13	207.61	25.41	207.28	0	38.13	0	80.55
2	11	1.71	30.2	166.8	0	0.292	34.69	169.15	22.85	167.74	0	34.69	0	115.24
2	12	0.6	48.2	114.5	0	0.03	3.56	133.05	20.76	132.27	0	3.56	0	118.8

Πίνακας Α.105: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (36 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	10.07	141.7	68.4	0	0.015	1.77	25	10.7	35.85	0	1.77	0	1.77
1	2	18.07	178.2	36.6	0	0.011	1.3	34.08	12.01	53.85	0	1.3	0	3.07
1	3	13.21	213	15.1	0	0.025	2.96	52.55	14.32	68.6	0	2.96	0	6.03
1	4	10.35	174.6	7.1	0	0.012	1.42	65.64	15.72	78.62	0	1.42	0	7.45
1	5	10.57	142.7	10.5	0	0.011	1.3	77.21	16.81	90	0	1.3	0	8.75
1	6	25.73	151.1	25.5	0	0.012	1.42	88.7	17.78	116.66	0	1.42	0	10.17
1	7	14.9	119.3	57.8	0	0.017	2.01	115.24	19.67	131.35	0	2.01	0	12.17
1	8	10.52	70.5	112.8	0	0.088	10.4	129.34	20.54	138.99	0	10.4	0	22.58
1	9	10.58	39.8	154.1	0	0.166	19.62	128.59	20.5	136.83	0	19.62	0	42.2
1	10	4.04	19.2	180.8	0	0.321	37.94	117.21	19.8	118.05	0	37.94	0	80.14
1	11	5.52	30.2	166.8	0	0.292	34.51	80.11	17.07	83.3	0	34.51	0	114.65
1	12	2.29	48.2	114.5	0	0.03	3.55	48.78	13.89	50.15	0	3.55	0	118.2
2	1	4.24	141.7	68.4	0	0.015	1.77	46.6	13.62	51.84	0	1.77	0	1.77
2	2	5.96	178.2	36.6	0	0.011	1.3	50.07	14.04	58.02	0	1.3	0	3.07
2	3	27.25	213	15.1	0	0.025	2.96	56.72	14.79	86.89	0	2.96	0	6.03
2	4	19.4	174.6	7.1	0	0.012	1.42	83.94	17.39	106.25	0	1.42	0	7.45
2	5	39.22	142.7	10.5	0	0.011	1.3	104.83	18.98	146.56	0	1.3	0	8.75
2	6	22.39	151.1	25.5	0	0.012	1.42	145.26	21.47	170.35	0	1.42	0	10.17
2	7	16.74	119.3	57.8	0	0.017	2.01	168.93	22.83	187.07	0	2.01	0	12.17
2	8	13.47	70.5	112.8	0	0.088	10.4	185.07	23.83	197.53	0	10.4	0	22.58
2	9	2.17	39.8	154.1	0	0.166	19.62	187.13	23.96	186.56	0	19.62	0	42.2
2	10	2.2	19.2	180.8	0	0.321	37.94	166.94	22.72	165.47	0	37.94	0	80.14
2	11	2.39	30.2	166.8	0	0.292	34.51	127.52	20.43	127.12	0	34.51	0	114.65
2	12	0.46	48.2	114.5	0	0.03	3.55	92.61	18.08	91.87	0	3.55	0	118.2
3	1	0	141.7	68.4	0	0.015	1.77	88.32	17.75	89.62	0	1.77	0	1.77
3	2	4.76	178.2	36.6	0	0.011	1.3	87.85	17.71	95.12	0	1.3	0	3.07
3	3	11.26	213	15.1	0	0.025	2.96	93.82	18.18	108.67	0	2.96	0	6.03
3	4	0	174.6	7.1	0	0.012	1.42	105.72	19.04	108.91	0	1.42	0	7.45
3	5	9.78	142.7	10.5	0	0.011	1.3	107.49	19.16	119.8	0	1.3	0	8.75
3	6	33.72	151.1	25.5	0	0.012	1.42	118.5	19.88	154.72	0	1.42	0	10.17
3	7	11.5	119.3	57.8	0	0.017	2.01	153.3	21.93	166.15	0	2.01	0	12.17
3	8	14.66	70.5	112.8	0	0.088	10.4	164.14	22.55	177.85	0	10.4	0	22.58
3	9	2.14	39.8	154.1	0	0.166	19.62	167.44	22.75	166.98	0	19.62	0	42.2
3	10	1.21	19.2	180.8	0	0.321	37.94	147.36	21.59	145.08	0	37.94	0	80.14
3	11	0.13	30.2	166.8	0	0.292	34.51	107.14	19.13	104.66	0	34.51	0	114.65
3	12	1.26	48.2	114.5	0	0.03	3.55	70.14	16.16	70.33	0	3.55	0	118.2

Πίνακας Α.106: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (36 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	1.52	141.7	68.4	0	0.015	1.77	25	10.7	27.3	0	1.77	0	1.77
1	2	21.01	178.2	36.6	0	0.011	1.3	25.53	10.78	48.07	0	1.3	0	3.07
1	3	29	213	15.1	0	0.025	2.96	46.77	13.64	78.47	0	2.96	0	6.03
1	4	7.66	174.6	7.1	0	0.012	1.42	75.51	16.66	85.96	0	1.42	0	7.45
1	5	5.87	142.7	10.5	0	0.011	1.3	84.54	17.44	92.72	0	1.3	0	8.75
1	6	28.31	151.1	25.5	0	0.012	1.42	91.42	17.99	121.99	0	1.42	0	10.17
1	7	29.51	119.3	57.8	0	0.017	2.01	120.57	20.01	151.31	0	2.01	0	12.17
1	8	9.96	70.5	112.8	0	0.088	10.4	149.3	21.7	158.34	0	10.4	0	22.58
1	9	2.02	39.8	154.1	0	0.166	19.62	147.94	21.62	147.49	0	19.62	0	42.2
1	10	4.15	19.2	180.8	0	0.321	37.94	127.87	20.45	128.71	0	37.94	0	80.14
1	11	1.62	30.2	166.8	0	0.292	34.51	90.77	17.94	89.94	0	34.51	0	114.65
1	12	0.63	48.2	114.5	0	0.03	3.55	55.43	14.65	55.09	0	3.55	0	118.2
2	1	1.39	141.7	68.4	0	0.015	1.77	51.54	14.21	53.97	0	1.77	0	1.77
2	2	4.22	178.2	36.6	0	0.011	1.3	52.2	14.28	58.44	0	1.3	0	3.07
2	3	6.23	213	15.1	0	0.025	2.96	57.14	14.84	66.31	0	2.96	0	6.03
2	4	32.14	174.6	7.1	0	0.012	1.42	63.35	15.49	98.09	0	1.42	0	7.45
2	5	26.76	142.7	10.5	0	0.011	1.3	96.67	18.39	125.86	0	1.3	0	8.75
2	6	29.95	151.1	25.5	0	0.012	1.42	124.56	20.25	157.05	0	1.42	0	10.17
2	7	27.1	119.3	57.8	0	0.017	2.01	155.63	22.06	184.09	0	2.01	0	12.17
2	8	14.93	70.5	112.8	0	0.088	10.4	182.08	23.64	196.01	0	10.4	0	22.58
2	9	2.26	39.8	154.1	0	0.166	19.62	185.61	23.86	185.14	0	19.62	0	42.2
2	10	3.03	19.2	180.8	0	0.321	37.94	165.52	22.63	164.89	0	37.94	0	80.14
2	11	2.31	30.2	166.8	0	0.292	34.51	126.95	20.4	126.48	0	34.51	0	114.65
2	12	3.15	48.2	114.5	0	0.03	3.55	91.96	18.03	93.92	0	3.55	0	118.2
3	1	10.24	141.7	68.4	0	0.015	1.77	90.37	17.91	101.92	0	1.77	0	1.77
3	2	9	178.2	36.6	0	0.011	1.3	100.15	18.65	111.79	0	1.3	0	3.07
3	3	8.06	213	15.1	0	0.025	2.96	110.49	19.36	122.38	0	2.96	0	6.03
3	4	11.43	174.6	7.1	0	0.012	1.42	119.43	19.94	134.19	0	1.42	0	7.45
3	5	11.26	142.7	10.5	0	0.011	1.3	132.78	20.75	146.78	0	1.3	0	8.75
3	6	33.5	151.1	25.5	0	0.012	1.42	145.48	21.48	181.68	0	1.42	0	10.17
3	7	17.9	119.3	57.8	0	0.017	2.01	180.26	23.52	199.61	0	2.01	0	12.17
3	8	17.54	70.5	112.8	0	0.088	10.4	197.6	24.67	214.09	0	10.4	0	22.58
3	9	4.29	39.8	154.1	0	0.166	19.62	203.69	25.11	205.11	0	19.62	0	42.2
3	10	2.88	19.2	180.8	0	0.321	37.94	185.49	23.86	184.51	0	37.94	0	80.14
3	11	1.19	30.2	166.8	0	0.292	34.51	146.57	21.54	144.82	0	34.51	0	114.65
3	12	1.11	48.2	114.5	0	0.03	3.55	110.3	19.35	110.13	0	3.55	0	118.2

Πίνακας Α.107: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (36 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	12.05	141.7	68.4	0	0.015	1.77	25	10.7	37.83	0	1.77	0	1.77
1	2	12.49	178.2	36.6	0	0.011	1.3	36.06	12.28	50.29	0	1.3	0	3.07
1	3	17.22	213	15.1	0	0.025	2.96	48.99	13.91	68.96	0	2.96	0	6.03
1	4	11.35	174.6	7.1	0	0.012	1.42	66.01	15.76	80	0	1.42	0	7.45
1	5	10.1	142.7	10.5	0	0.011	1.3	78.58	16.93	90.92	0	1.3	0	8.75
1	6	29.85	151.1	25.5	0	0.012	1.42	89.62	17.85	121.71	0	1.42	0	10.17
1	7	35.9	119.3	57.8	0	0.017	2.01	120.29	19.99	157.42	0	2.01	0	12.17
1	8	8.91	70.5	112.8	0	0.088	10.4	155.41	22.05	163.39	0	10.4	0	22.58
1	9	6.35	39.8	154.1	0	0.166	19.62	152.99	21.91	156.83	0	19.62	0	42.2
1	10	4.03	19.2	180.8	0	0.321	37.94	137.21	21	137.85	0	37.94	0	80.14
1	11	1.27	30.2	166.8	0	0.292	34.51	99.9	18.63	98.63	0	34.51	0	114.65
1	12	2.36	48.2	114.5	0	0.03	3.55	64.11	15.57	65.44	0	3.55	0	118.2
2	1	7.55	141.7	68.4	0	0.015	1.77	61.9	15.34	70.57	0	1.77	0	1.77
2	2	9.89	178.2	36.6	0	0.011	1.3	68.8	16.03	80.96	0	1.3	0	3.07
2	3	20.24	213	15.1	0	0.025	2.96	79.66	17.03	103.27	0	2.96	0	6.03
2	4	24.65	174.6	7.1	0	0.012	1.42	100.31	18.66	128.09	0	1.42	0	7.45
2	5	14.25	142.7	10.5	0	0.011	1.3	126.67	20.38	143.61	0	1.3	0	8.75
2	6	34.03	151.1	25.5	0	0.012	1.42	142.31	21.3	179.02	0	1.42	0	10.17
2	7	24.07	119.3	57.8	0	0.017	2.01	177.6	23.36	203.11	0	2.01	0	12.17
2	8	19.08	70.5	112.8	0	0.088	10.4	201.1	24.92	219.12	0	10.4	0	22.58
2	9	2.62	39.8	154.1	0	0.166	19.62	208.72	25.5	208.43	0	19.62	0	42.2
2	10	0.03	19.2	180.8	0	0.321	37.94	188.81	24.07	184.95	0	37.94	0	80.14
2	11	1.9	30.2	166.8	0	0.292	34.51	147	21.57	145.96	0	34.51	0	114.65
2	12	1.14	48.2	114.5	0	0.03	3.55	111.44	19.42	111.3	0	3.55	0	118.2
3	1	6.21	141.7	68.4	0	0.015	1.77	107.75	19.18	115.36	0	1.77	0	1.77
3	2	14.42	178.2	36.6	0	0.011	1.3	113.59	19.56	130.78	0	1.3	0	3.07
3	3	25.74	213	15.1	0	0.025	2.96	129.48	20.55	159.29	0	2.96	0	6.03
3	4	16.37	174.6	7.1	0	0.012	1.42	156.33	22.1	176.41	0	1.42	0	7.45
3	5	28.62	142.7	10.5	0	0.011	1.3	174.99	23.2	206.67	0	1.3	0	8.75
3	6	35.7	151.1	25.5	0	0.012	1.42	205.37	25.24	244.24	0	1.42	0	10.17
3	7	20.05	119.3	57.8	0	0.017	2.01	242.83	28.64	264.64	0	2.01	0	12.17
3	8	11.54	70.5	112.8	0	0.088	10.4	262.63	31.03	272.86	0	10.4	0	22.58
3	9	5.8	39.8	154.1	0	0.166	19.62	262.45	31	264.71	0	19.62	0	42.2
3	10	0.82	19.2	180.8	0	0.321	37.94	245.09	28.89	241.24	0	37.94	0	80.14
3	11	0.05	30.2	166.8	0	0.292	34.51	203.3	25.09	199.92	0	34.51	0	114.65
3	12	0.88	48.2	114.5	0	0.03	3.55	165.41	22.63	164.79	0	3.55	0	118.2

Πίνακας Α.108: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (36 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	18.3	141.7	68.4	0	0.015	1.77	25	10.7	44.09	0	1.77	0	1.77
1	2	27.9	178.2	36.6	0	0.011	1.30	42.32	13.09	72.12	0	1.30	0	3.07
1	3	15.7	213.0	15.1	0	0.025	2.96	70.81	16.22	89.72	0	2.96	0	6.03
1	4	11.9	174.6	7.1	0	0.012	1.42	86.76	17.62	101.61	0	1.42	0	7.45
1	5	18.5	142.7	10.5	0	0.011	1.30	100.19	18.65	121.20	0	1.30	0	8.75
1	6	30.8	151.1	25.5	0	0.012	1.42	119.90	19.97	153.22	0	1.42	0	10.17
1	7	28.8	119.3	57.8	0	0.017	2.01	151.80	21.84	181.94	0	2.01	0	12.17
1	8	18.5	70.5	112.8	0	0.088	10.40	179.93	23.50	197.42	0	10.40	0	22.58
1	9	3.1	39.8	154.1	0	0.166	19.62	187.02	23.95	187.36	0	19.62	0	42.20
1	10	0.0	19.2	180.8	0	0.321	37.94	167.74	22.76	164.06	0	37.94	0	80.14
1	11	0.9	30.2	166.8	0	0.292	34.51	126.12	20.35	124.21	0	34.51	0	114.65
1	12	0.9	48.2	114.5	0	0.03	3.55	89.69	17.86	89.36	0	3.55	0	118.20
2	1	24.6	141.7	68.4	0	0.015	1.77	85.81	17.55	111.72	0	1.77	0	1.77
2	2	36.4	178.2	36.6	0	0.011	1.30	109.95	19.32	149.12	0	1.30	0	3.07
2	3	38.9	213.0	15.1	0	0.025	2.96	147.82	21.61	191.01	0	2.96	0	6.03
2	4	21.0	174.6	7.1	0	0.012	1.42	188.05	24.02	213.09	0	1.42	0	7.45
2	5	43.4	142.7	10.5	0	0.011	1.30	211.67	25.73	258.51	0	1.30	0	8.75
2	6	36.4	151.1	25.5	0	0.012	1.42	257.21	30.33	297.41	0	1.42	9.69	10.17
2	7	30.2	119.3	57.8	0	0.017	2.01	286.30	34.59	318.66	0	2.01	30.35	12.17
2	8	9.0	70.5	112.8	0	0.088	10.40	286.30	34.59	293.87	0	10.40	0	22.58
2	9	2.0	39.8	154.1	0	0.166	19.62	283.47	34.12	281.59	0	19.62	0	42.20
2	10	3.3	19.2	180.8	0	0.321	37.94	261.96	30.94	260.27	0	37.94	0	80.14
2	11	1.0	30.2	166.8	0	0.292	34.51	222.33	26.63	219.68	0	34.51	0	114.65
2	12	0.9	48.2	114.5	0	0.03	3.55	185.16	23.83	184.48	0	3.55	0	118.20
3	1	0.0	141.7	68.4	0	0.015	1.77	180.94	23.56	182.66	0	1.77	0	1.77
3	2	8.5	178.2	36.6	0	0.011	1.30	180.89	23.56	192.68	0	1.30	0	3.07
3	3	12.6	213.0	15.1	0	0.025	2.96	191.38	24.24	208.80	0	2.96	0	6.03
3	4	25.8	174.6	7.1	0	0.012	1.42	205.85	25.28	235.86	0	1.42	0	7.45
3	5	20.5	142.7	10.5	0	0.011	1.30	234.44	27.77	258.59	0	1.30	0	8.75
3	6	23.7	151.1	25.5	0	0.012	1.42	257.29	30.34	284.84	0	1.42	0	10.17
3	7	14.7	119.3	57.8	0	0.017	2.01	283.43	34.11	300.23	0	2.01	11.92	12.17
3	8	11.3	70.5	112.8	0	0.088	10.40	286.30	34.59	296.13	0	10.40	0	22.58
3	9	3.4	39.8	154.1	0	0.166	19.62	285.73	34.49	285.22	0	19.62	0	42.20
3	10	2.4	19.2	180.8	0	0.321	37.94	265.60	31.43	262.90	0	37.94	0	80.14
3	11	0.6	30.2	166.8	0	0.292	34.51	224.96	26.86	221.87	0	34.51	0	114.65
3	12	0.4	48.2	114.5	0	0.03	3.55	187.36	23.98	186.17	0	3.55	0	118.20

Πίνακας Α.109: Προσομοίωση συνθετικών χρονοσειρών (36 μηνών)

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	0	141.7	68.4	0	0.015	1.77	25	10.7	25.78	0	1.77	0	1.77
1	2	1.53	178.2	36.6	0	0.011	1.3	24.01	10.55	27.03	0	1.3	0	3.07
1	3	5.54	213	15.1	0	0.025	2.96	25.73	10.81	33.41	0	2.96	0	6.03
1	4	7.35	174.6	7.1	0	0.012	1.42	30.46	11.5	39.73	0	1.42	0	7.45
1	5	28.13	142.7	10.5	0	0.011	1.3	38.31	12.58	68.11	0	1.3	0	8.75
1	6	9.96	151.1	25.5	0	0.012	1.42	66.81	15.84	78.76	0	1.42	0	10.17
1	7	23.52	119.3	57.8	0	0.017	2.01	77.34	16.82	101.89	0	2.01	0	12.17
1	8	28.02	70.5	112.8	0	0.088	10.4	99.88	18.63	127.12	0	10.4	0	22.58
1	9	2.17	39.8	154.1	0	0.166	19.62	116.71	19.76	116.62	0	19.62	0	42.2
1	10	2.05	19.2	180.8	0	0.321	37.94	97	18.42	96.08	0	37.94	0	80.14
1	11	0.78	30.2	166.8	0	0.292	34.51	58.14	14.94	56.87	0	34.51	0	114.65
1	12	2.4	48.2	114.5	0	0.03	3.55	22.36	10.29	24.08	0	3.55	0	118.2
2	1	2.28	141.7	68.4	0	0.015	1.77	20.53	10.01	23.54	0	1.77	0	1.77
2	2	6.72	178.2	36.6	0	0.011	1.3	21.77	10.2	29.94	0	1.3	0	3.07
2	3	8.26	213	15.1	0	0.025	2.96	28.64	11.23	39.12	0	2.96	0	6.03
2	4	7.34	174.6	7.1	0	0.012	1.42	36.16	12.29	45.56	0	1.42	0	7.45
2	5	3.45	142.7	10.5	0	0.011	1.3	44.14	13.32	49.36	0	1.3	0	8.75
2	6	31.05	151.1	25.5	0	0.012	1.42	48.06	13.8	80.84	0	1.42	0	10.17
2	7	28.22	119.3	57.8	0	0.017	2.01	79.42	17.01	108.69	0	2.01	0	12.17
2	8	20.08	70.5	112.8	0	0.088	10.4	106.68	19.1	125.95	0	10.4	0	22.58
2	9	5.18	39.8	154.1	0	0.166	19.62	115.55	19.69	118.48	0	19.62	0	42.2
2	10	0	19.2	180.8	0	0.321	37.94	98.85	18.55	95.86	0	37.94	0	80.14
2	11	0	30.2	166.8	0	0.292	34.51	57.91	14.92	55.88	0	34.51	0	114.65
2	12	3.89	48.2	114.5	0	0.03	3.55	21.36	10.14	24.58	0	3.55	0	118.2
3	1	6.58	141.7	68.4	0	0.015	1.77	21.03	10.09	28.35	0	1.77	0	1.77
3	2	6.29	178.2	36.6	0	0.011	1.3	26.58	10.93	34.42	0	1.3	0	3.07
3	3	22.82	213	15.1	0	0.025	2.96	33.12	11.87	58.29	0	2.96	0	6.03
3	4	30.27	174.6	7.1	0	0.012	1.42	55.33	14.64	88.05	0	1.42	0	7.45
3	5	31.8	142.7	10.5	0	0.011	1.3	86.64	17.61	120.76	0	1.3	0	8.75
3	6	13.28	151.1	25.5	0	0.012	1.42	119.46	19.94	135.25	0	1.42	0	10.17
3	7	19.88	119.3	57.8	0	0.017	2.01	133.83	20.81	154.99	0	2.01	0	12.17
3	8	15.37	70.5	112.8	0	0.088	10.4	152.98	21.91	167.42	0	10.4	0	22.58
3	9	2.09	39.8	154.1	0	0.166	19.62	157.02	22.14	156.58	0	19.62	0	42.2
3	10	5.26	19.2	180.8	0	0.321	37.94	136.96	20.99	138.83	0	37.94	0	80.14
3	11	3.96	30.2	166.8	0	0.292	34.51	100.89	18.7	102.29	0	34.51	0	114.65
3	12	0.15	48.2	114.5	0	0.03	3.55	67.78	15.93	66.87	0	3.55	0	118.2

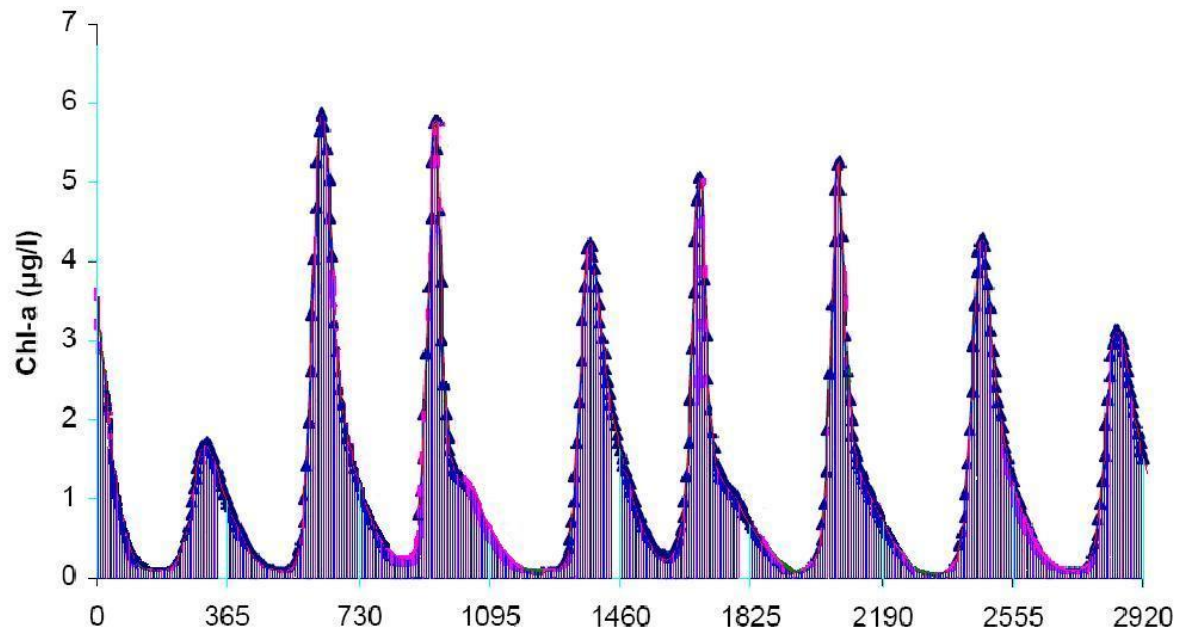
Πίνακας Α.110: Προσομοίωση στην ιστορική χρονοσειρά (ΟΚΤ 77'-ΣΕΠ 80')

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	2.9	141.7	68.4	0	0.015	1.77	25	10.7	28.68	0	1.77	0	1.77
1	2	6	178.2	36.6	0	0.011	1.3	26.91	10.98	34.47	0	1.3	0	3.07
1	3	19.7	213	15.1	0	0.025	2.96	33.17	11.88	55.22	0	2.96	0	6.03
1	4	20.2	174.6	7.1	0	0.012	1.42	52.26	14.29	74.86	0	1.42	0	7.45
1	5	34.1	142.7	10.5	0	0.011	1.3	73.44	16.47	109.71	0	1.3	0	8.75
1	6	15.6	151.1	25.5	0	0.012	1.42	108.41	19.22	126.43	0	1.42	0	10.17
1	7	23.1	119.3	57.8	0	0.017	2.01	125.01	20.28	149.36	0	2.01	0	12.17
1	8	8.5	70.5	112.8	0	0.088	10.4	147.35	21.59	154.93	0	10.4	0	22.58
1	9	3.2	39.8	154.1	0	0.166	19.62	144.53	21.43	145.28	0	19.62	0	42.2
1	10	2.8	19.2	180.8	0	0.321	37.94	125.66	20.32	125.18	0	37.94	0	80.14
1	11	1.5	30.2	166.8	0	0.292	34.51	87.24	17.66	86.32	0	34.51	0	114.65
1	12	3.1	48.2	114.5	0	0.03	3.55	51.81	14.24	53.97	0	3.55	0	118.2
2	1	4.4	141.7	68.4	0	0.015	1.77	50.42	14.08	55.85	0	1.77	0	1.77
2	2	7.3	178.2	36.6	0	0.011	1.3	54.08	14.5	63.43	0	1.3	0	3.07
2	3	27.3	213	15.1	0	0.025	2.96	62.13	15.37	92.47	0	2.96	0	6.03
2	4	32.8	174.6	7.1	0	0.012	1.42	89.52	17.84	125.31	0	1.42	0	7.45
2	5	34.2	142.7	10.5	0	0.011	1.3	123.89	20.21	160.76	0	1.3	0	8.75
2	6	14.8	151.1	25.5	0	0.012	1.42	159.46	22.28	177.06	0	1.42	0	10.17
2	7	27.1	119.3	57.8	0	0.017	2.01	175.64	23.24	204.17	0	2.01	0	12.17
2	8	16.5	70.5	112.8	0	0.088	10.4	202.16	25	217.6	0	10.4	0	22.58
2	9	5.1	39.8	154.1	0	0.166	19.62	207.2	25.38	209.4	0	19.62	0	42.2
2	10	2.3	19.2	180.8	0	0.321	37.94	189.78	24.14	188.18	0	37.94	0	80.14
2	11	2.8	30.2	166.8	0	0.292	34.51	150.23	21.75	150.06	0	34.51	0	114.65
2	12	0	48.2	114.5	0	0.03	3.55	115.55	19.69	114.24	0	3.55	0	118.2
3	1	18.6	141.7	68.4	0	0.015	1.77	110.7	19.37	130.72	0	1.77	0	1.77
3	2	31.6	178.2	36.6	0	0.011	1.3	128.94	20.52	163.45	0	1.3	0	3.07
3	3	26.8	213	15.1	0	0.025	2.96	162.15	22.44	193.39	0	2.96	0	6.03
3	4	28	174.6	7.1	0	0.012	1.42	190.44	24.18	222.49	0	1.42	0	7.45
3	5	13.3	142.7	10.5	0	0.011	1.3	221.07	26.52	237.87	0	1.3	0	8.75
3	6	36.9	151.1	25.5	0	0.012	1.42	236.57	27.98	276.99	0	1.42	0	10.17
3	7	18.7	119.3	57.8	0	0.017	2.01	275.57	32.87	296.29	0	2.01	7.98	12.17
3	8	18.6	70.5	112.8	0	0.088	10.4	286.3	34.59	303.44	0	10.4	6.74	22.58
3	9	6.3	39.8	154.1	0	0.166	19.62	286.3	34.59	288.65	0	19.62	0	42.2
3	10	1.8	19.2	180.8	0	0.321	37.94	269.03	31.91	265.67	0	37.94	0	80.14
3	11	0.8	30.2	166.8	0	0.292	34.51	227.73	27.12	224.82	0	34.51	0	114.65
3	12	3.1	48.2	114.5	0	0.03	3.55	190.31	24.17	191.81	0	3.55	0	118.2

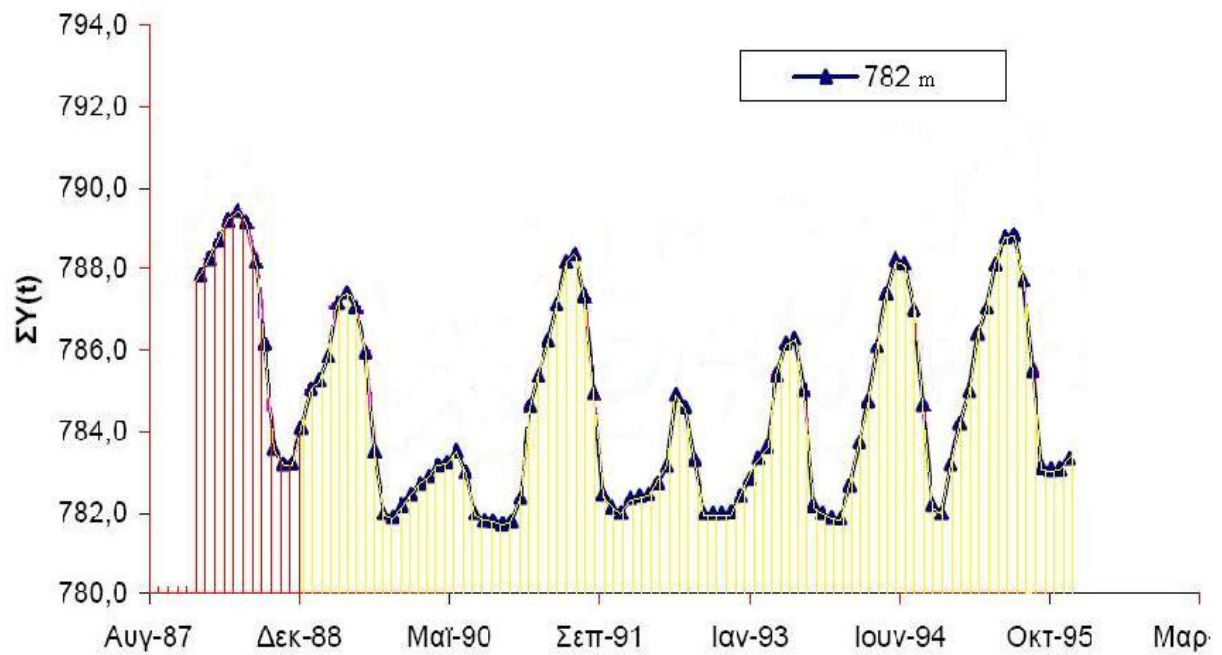
Πίνακας Α.111: Προσομοίωση στην ιστορική χρονοσειρά (ΟΚΤ 86'-ΣΕΠ 89')

i	j	Qij	Pj	Ej	qj	λ	Dj	Sij	Aij	SAij	REij	Rij	SPij	RijSum
1	1	11.2	141.7	68.4	0	0.015	1.77	25	10.7	36.98	0	1.77	0	1.77
1	2	6.7	178.2	36.6	0	0.011	1.3	35.21	12.16	43.63	0	1.3	0	3.07
1	3	5.3	213	15.1	0	0.025	2.96	42.33	13.1	50.22	0	2.96	0	6.03
1	4	37.9	174.6	7.1	0	0.012	1.42	47.27	13.71	87.46	0	1.42	0	7.45
1	5	18.5	142.7	10.5	0	0.011	1.3	86.05	17.56	106.87	0	1.3	0	8.75
1	6	25.4	151.1	25.5	0	0.012	1.42	105.57	19.03	133.36	0	1.42	0	10.17
1	7	19.1	119.3	57.8	0	0.017	2.01	131.94	20.7	152.31	0	2.01	0	12.17
1	8	13.5	70.5	112.8	0	0.088	10.4	150.3	21.76	162.88	0	10.4	0	22.58
1	9	5.1	39.8	154.1	0	0.166	19.62	152.48	21.88	155.08	0	19.62	0	42.2
1	10	3.7	19.2	180.8	0	0.321	37.94	135.46	20.9	135.78	0	37.94	0	80.14
1	11	0.5	30.2	166.8	0	0.292	34.51	97.84	18.48	95.81	0	34.51	0	114.65
1	12	0.5	48.2	114.5	0	0.03	3.55	61.3	15.28	60.79	0	3.55	0	118.2
2	1	3.4	141.7	68.4	0	0.015	1.77	57.24	14.85	61.73	0	1.77	0	1.77
2	2	13.9	178.2	36.6	0	0.011	1.3	59.96	15.14	76	0	1.3	0	3.07
2	3	17.8	213	15.1	0	0.025	2.96	74.7	16.59	95.78	0	2.96	0	6.03
2	4	10.6	174.6	7.1	0	0.012	1.42	92.83	18.1	106.46	0	1.42	0	7.45
2	5	13	142.7	10.5	0	0.011	1.3	105.04	18.99	120.55	0	1.3	0	8.75
2	6	14.6	151.1	25.5	0	0.012	1.42	119.25	19.93	136.35	0	1.42	0	10.17
2	7	9.9	119.3	57.8	0	0.017	2.01	134.94	20.87	146.12	0	2.01	0	12.17
2	8	7.6	70.5	112.8	0	0.088	10.4	144.11	21.4	150.8	0	10.4	0	22.58
2	9	2.4	39.8	154.1	0	0.166	19.62	140.4	21.19	140.38	0	19.62	0	42.2
2	10	1.1	19.2	180.8	0	0.321	37.94	120.76	20.02	118.62	0	37.94	0	80.14
2	11	0.3	30.2	166.8	0	0.292	34.51	80.68	17.12	78.64	0	34.51	0	114.65
2	12	0.4	48.2	114.5	0	0.03	3.55	44.13	13.32	43.65	0	3.55	0	118.2
3	1	2.9	141.7	68.4	0	0.015	1.77	40.1	12.81	43.94	0	1.77	0	1.77
3	2	12.4	178.2	36.6	0	0.011	1.3	42.17	13.07	56.42	0	1.3	0	3.07
3	3	16.4	213	15.1	0	0.025	2.96	55.12	14.61	74.41	0	2.96	0	6.03
3	4	5.4	174.6	7.1	0	0.012	1.42	71.45	16.29	79.58	0	1.42	0	7.45
3	5	13.6	142.7	10.5	0	0.011	1.3	78.16	16.9	94	0	1.3	0	8.75
3	6	31	151.1	25.5	0	0.012	1.42	92.7	18.09	125.97	0	1.42	0	10.17
3	7	9.6	119.3	57.8	0	0.017	2.01	124.55	20.25	135.4	0	2.01	0	12.17
3	8	5.8	70.5	112.8	0	0.088	10.4	133.39	20.78	138.31	0	10.4	0	22.58
3	9	2.8	39.8	154.1	0	0.166	19.62	127.91	20.46	128.37	0	19.62	0	42.2
3	10	2.8	19.2	180.8	0	0.321	37.94	108.75	19.24	108.44	0	37.94	0	80.14
3	11	0.6	30.2	166.8	0	0.292	34.51	70.5	16.19	68.88	0	34.51	0	114.65
3	12	0.5	48.2	114.5	0	0.03	3.55	34.37	12.04	34.07	0	3.55	0	118.2

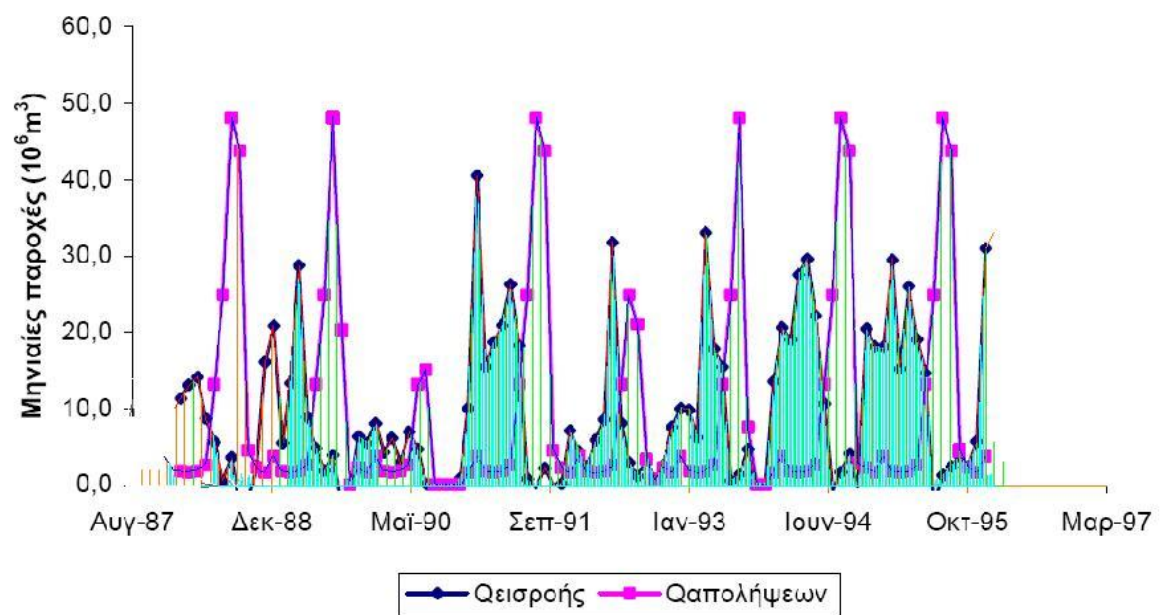
Παράρτημα Β: Σχήματα



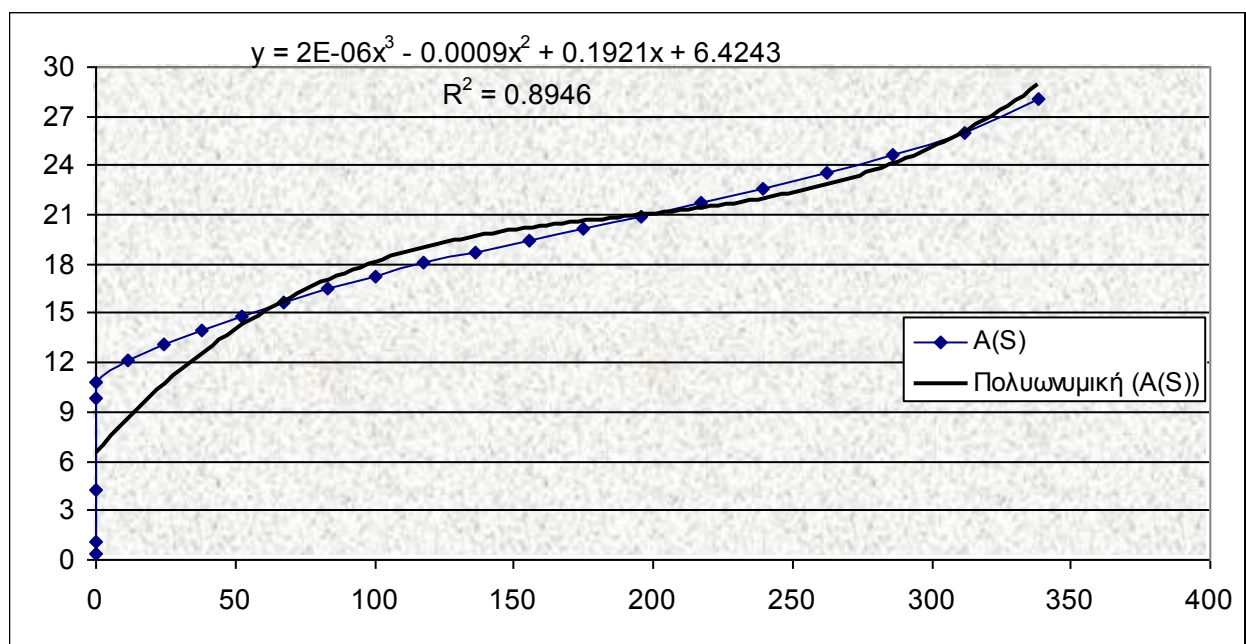
Σχήμα Β.1: Διάγραμμα χλωροφύλλης



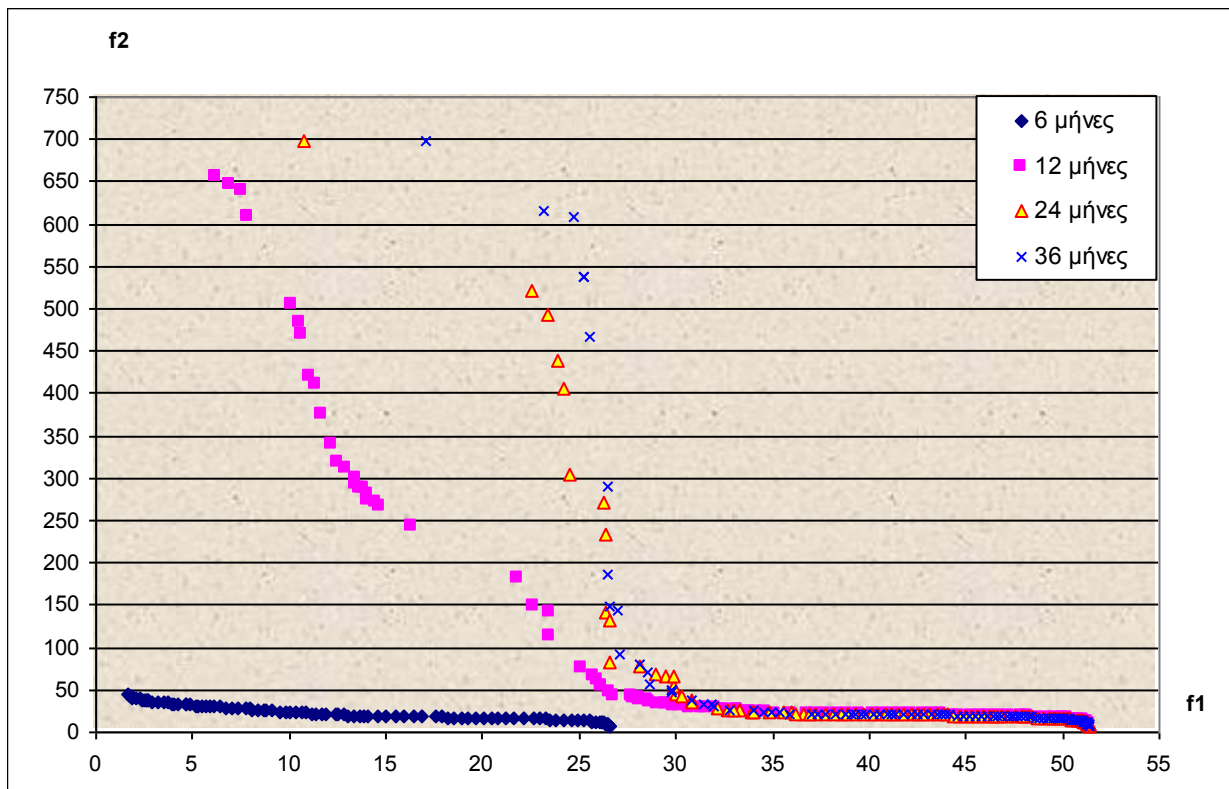
Σχήμα Β.2: Διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης



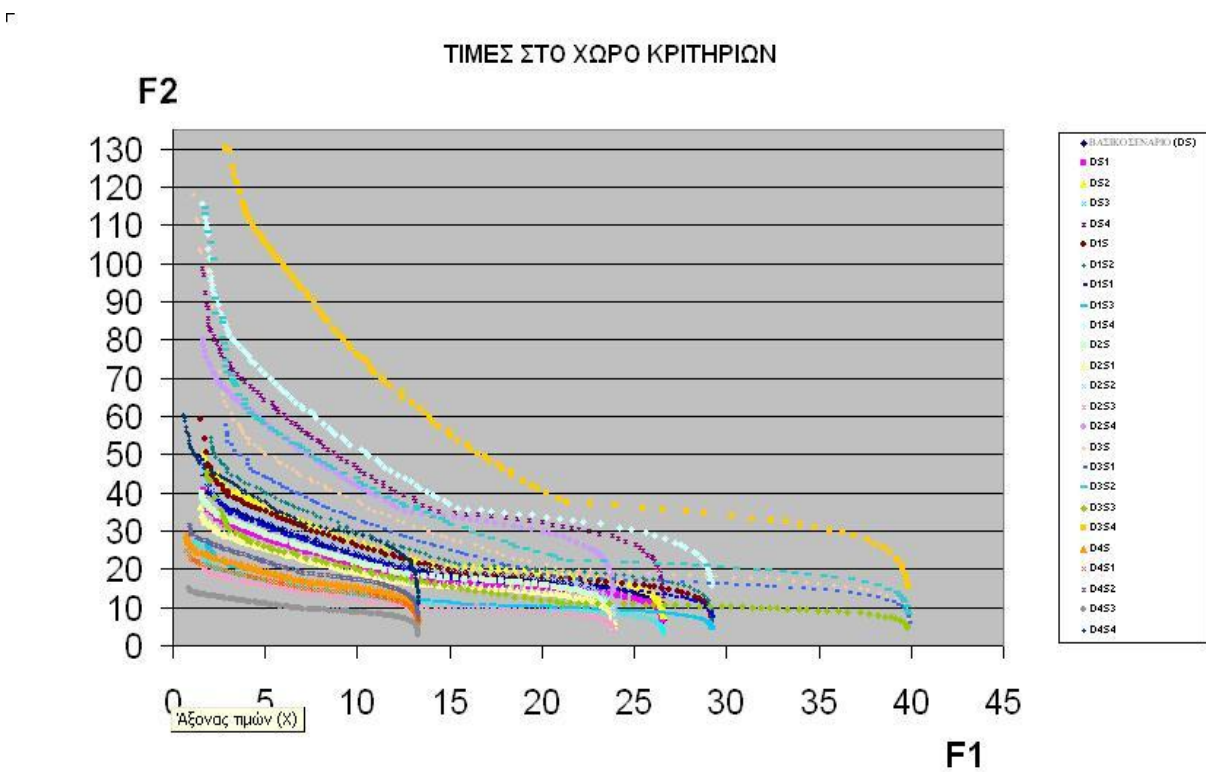
Σχήμα Β.3: Διάγραμμα εισροής απόληψης



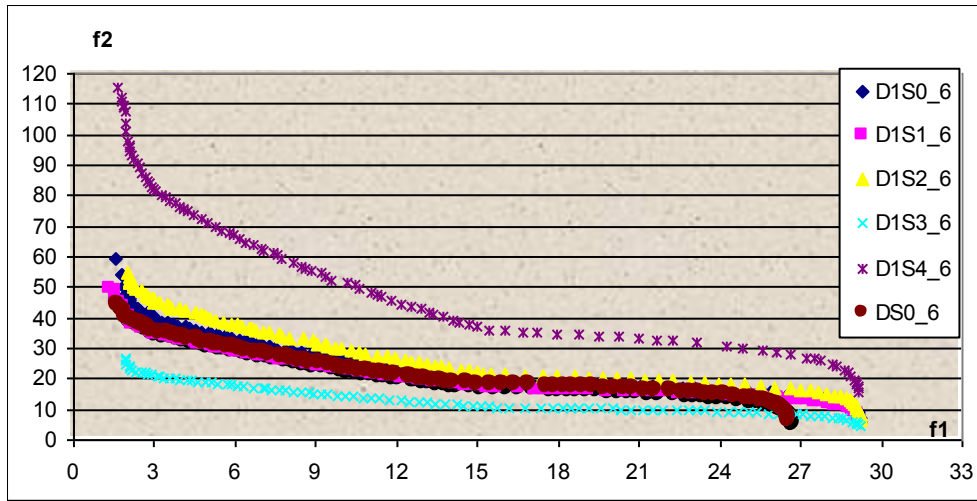
Σχήμα Β.4: Διάγραμμα εμβαδού επιφάνειας και ωφέλιμου αποθέματος



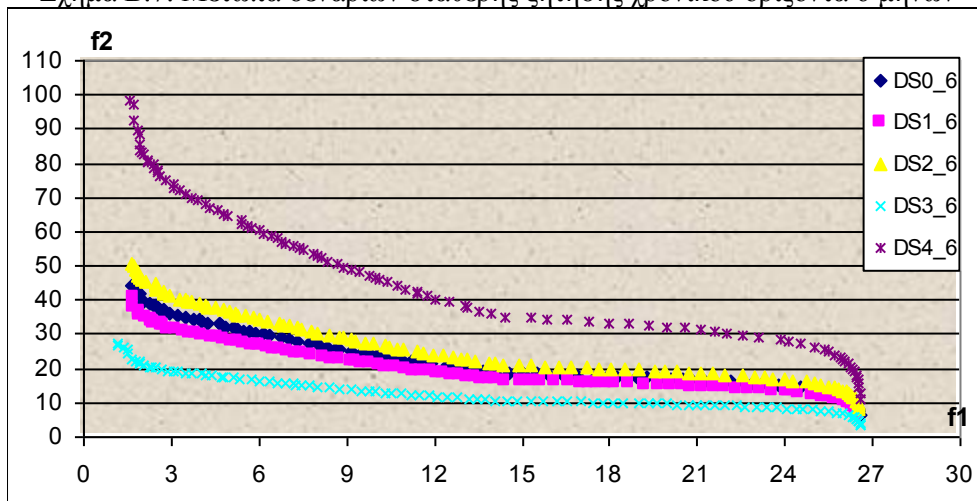
Σχήμα Β.5: Μέτωπα λύσεων βασικού σεναρίου



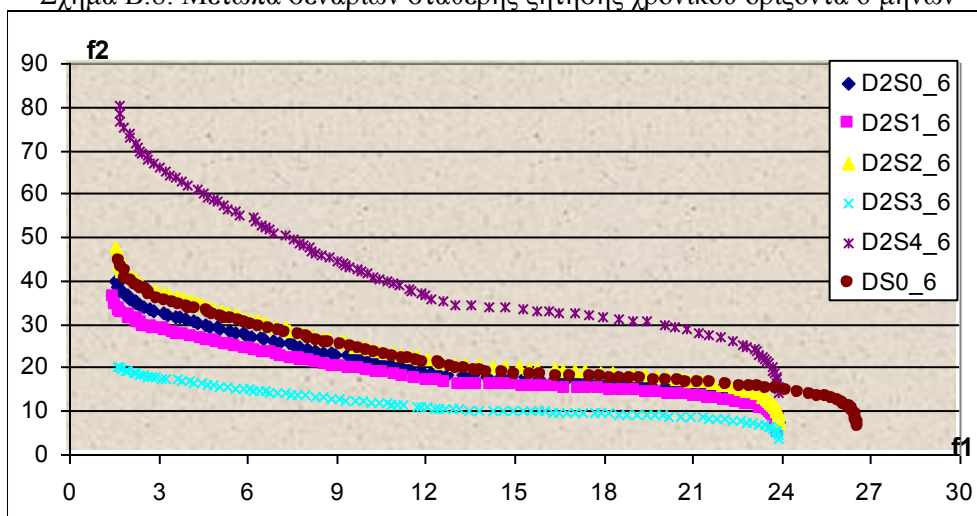
Σχήμα Β.6: Μέτωπα όλων των σεναρίων χρονικού ορίζοντα 6 μηνών



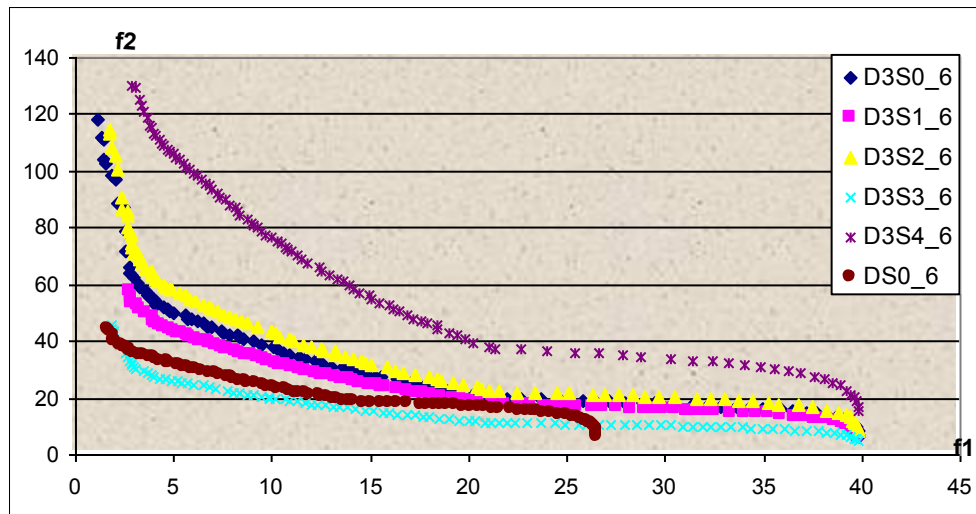
Σχήμα Β.7: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 6 μηνών



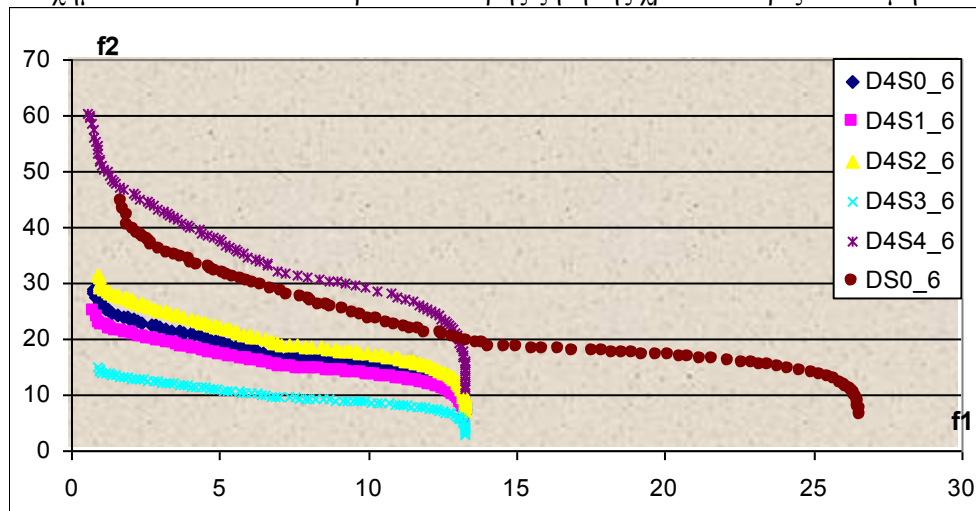
Σχήμα Β.8: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 6 μηνών



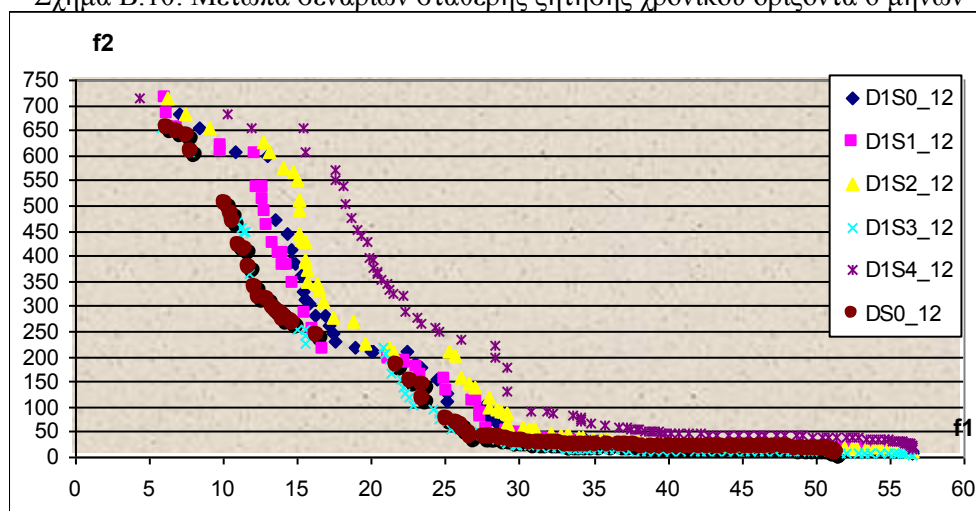
Σχήμα Β.9: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 6 μηνών



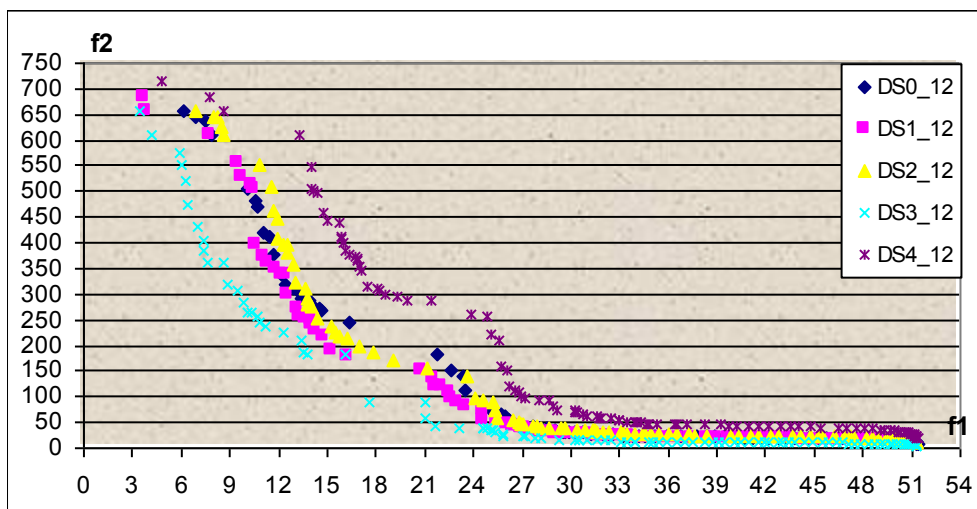
Σχήμα Β.10: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζήτησης χρονικού ορίζοντα 6 μηνών



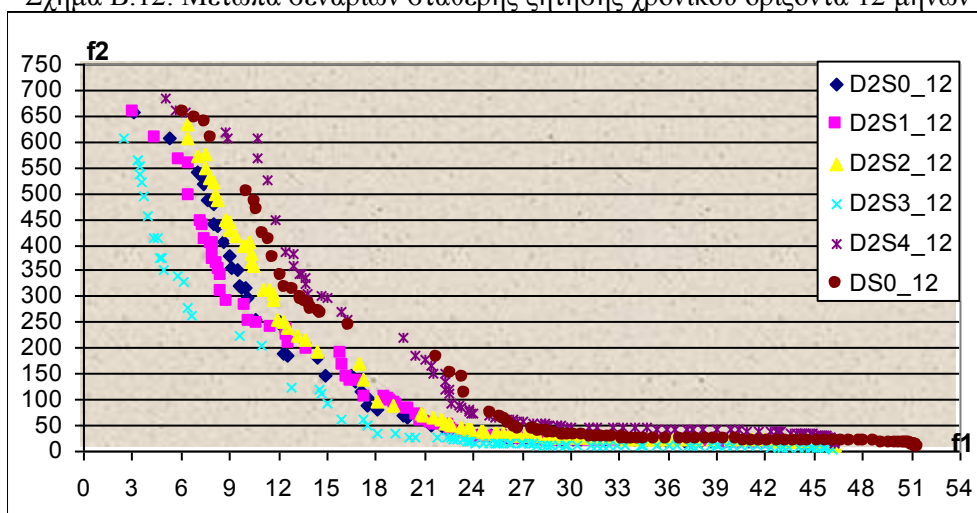
Σχήμα Β.10: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζήτησης χρονικού ορίζοντα 6 μηνών



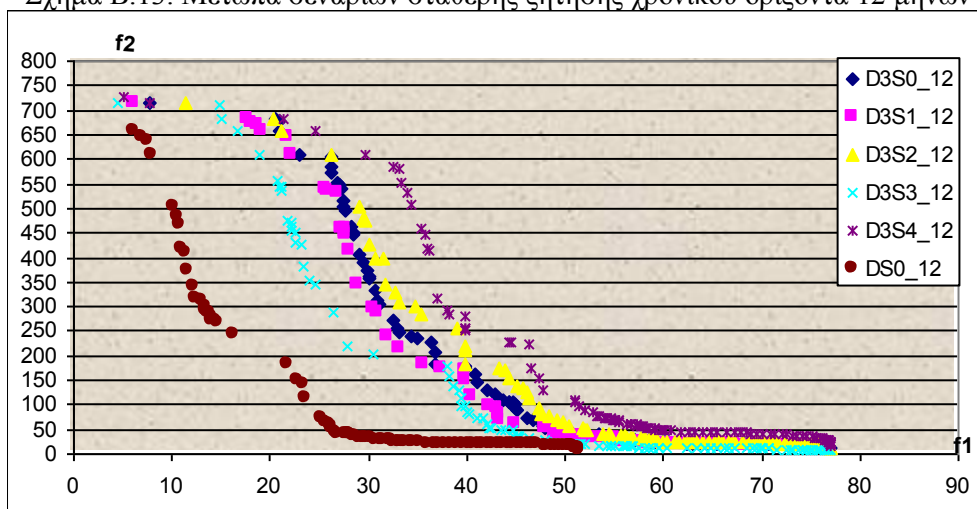
Σχήμα Β.11: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζήτησης χρονικού ορίζοντα 12 μηνών



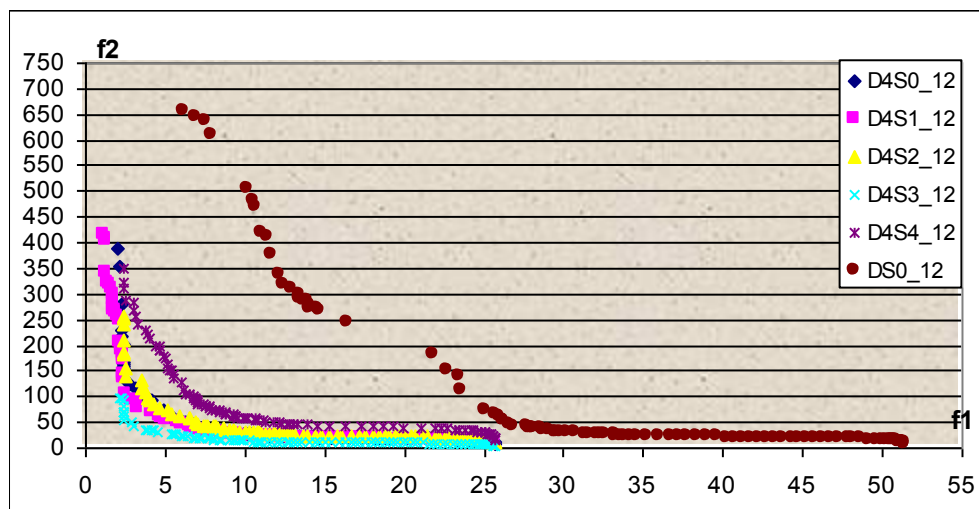
Σχήμα B.12: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 12 μηνών



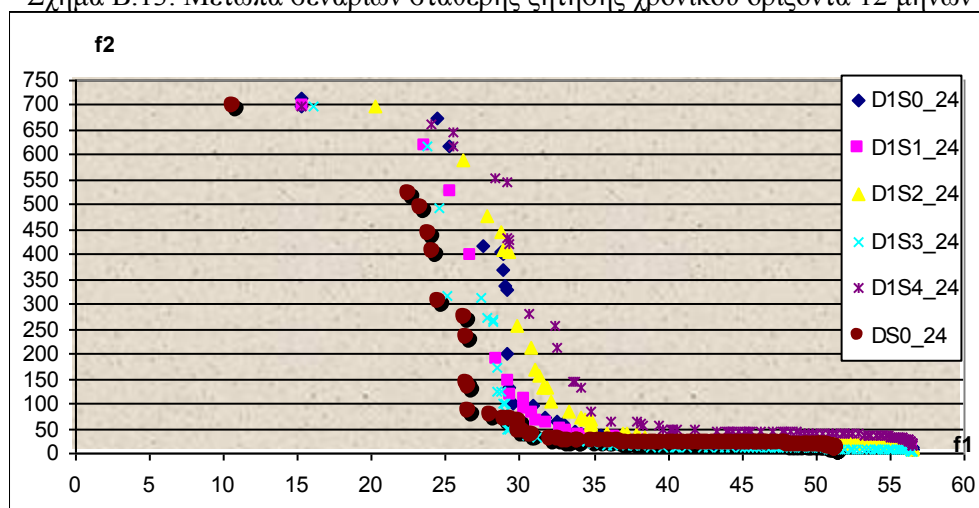
Σχήμα B.13: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 12 μηνών



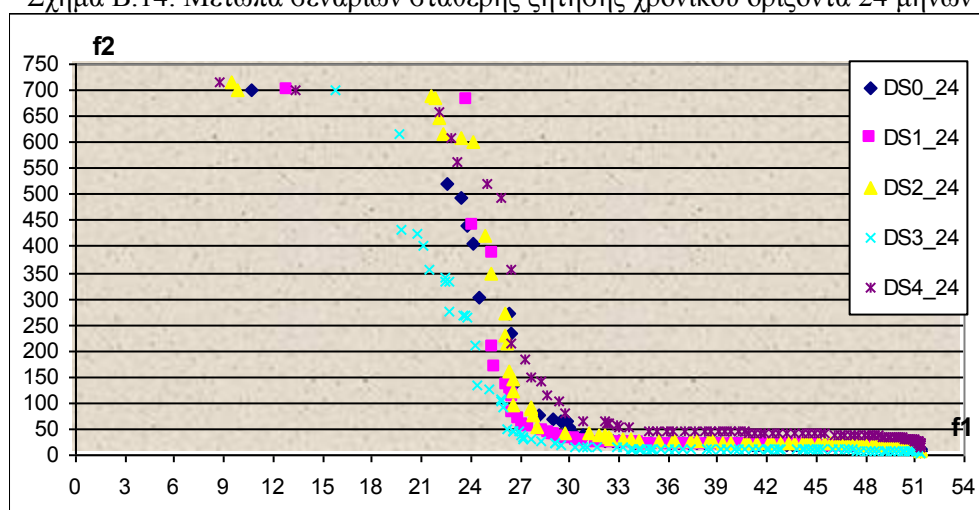
Σχήμα B.13: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 12 μηνών



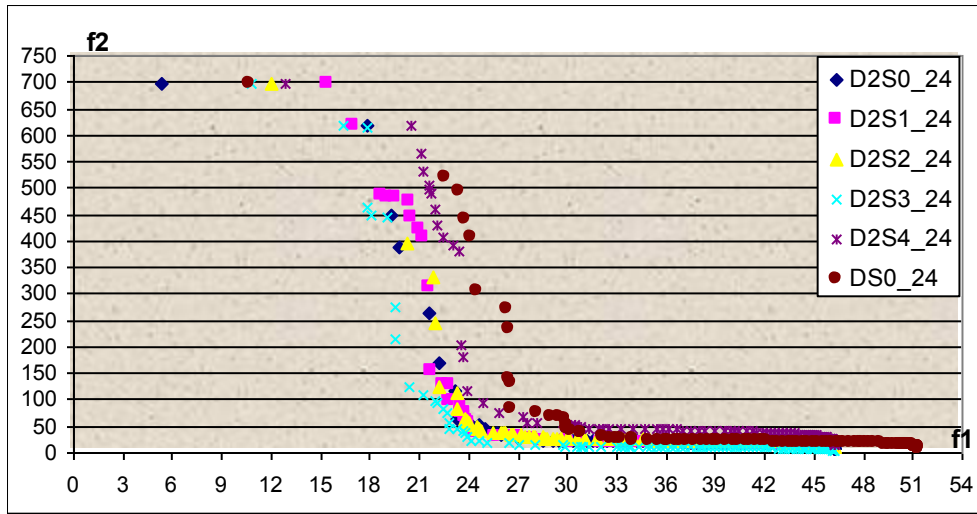
Σχήμα Β.13: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 12 μηνών



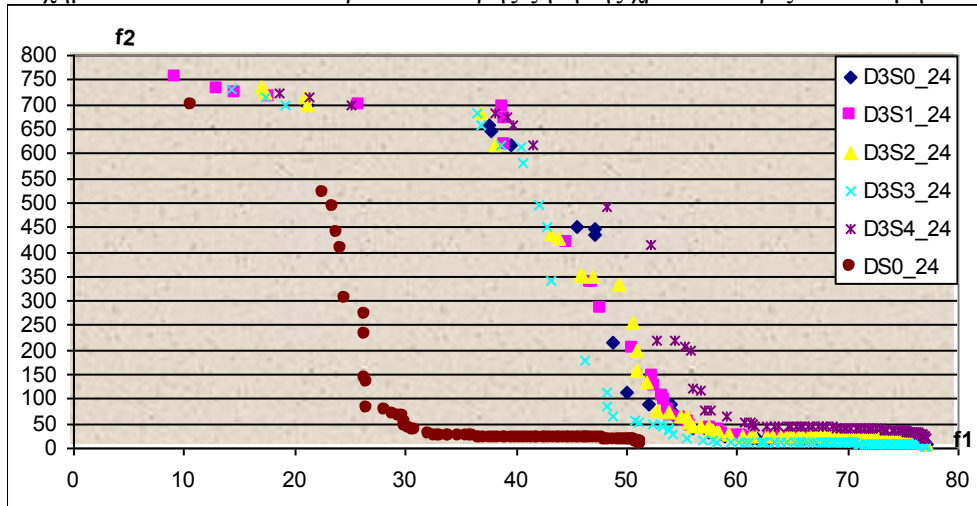
Σχήμα Β.14: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 24 μηνών



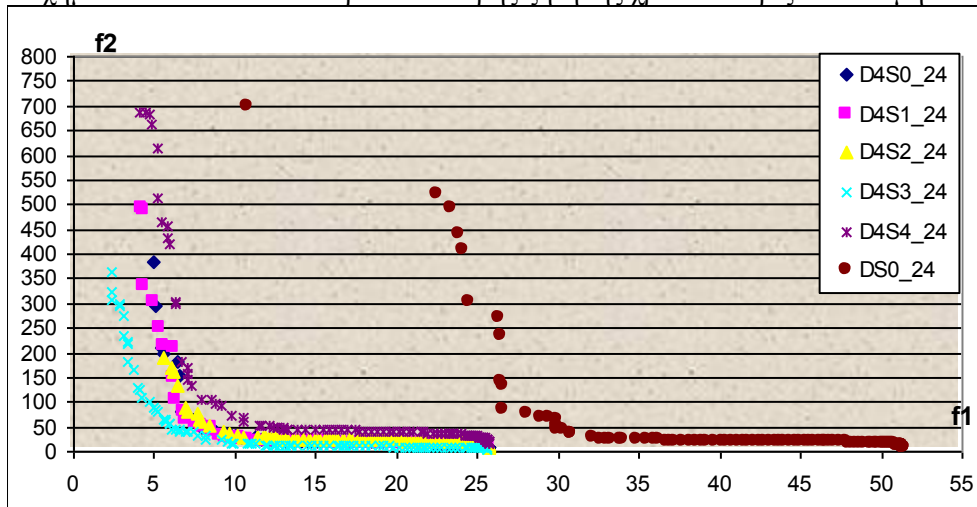
Σχήμα Β.15: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 24 μηνών



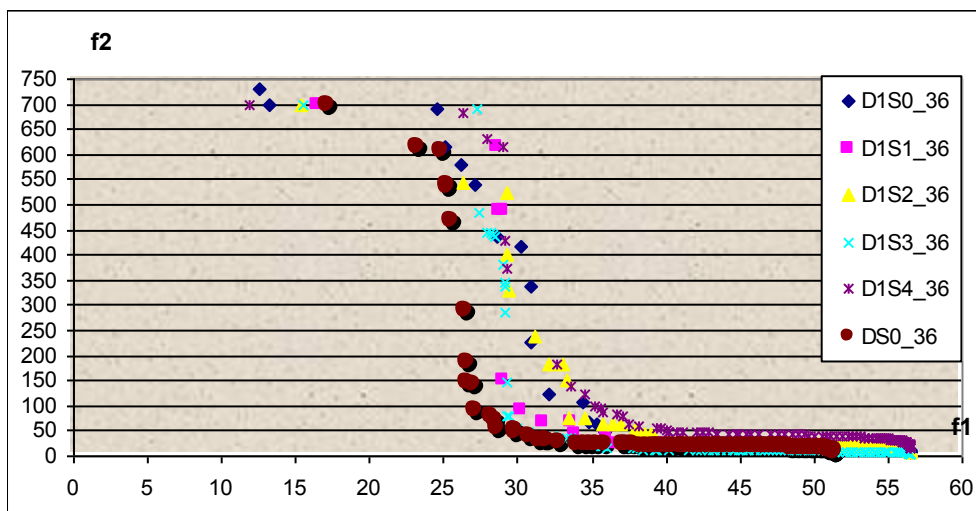
Σχήμα B.15: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 24 μηνών



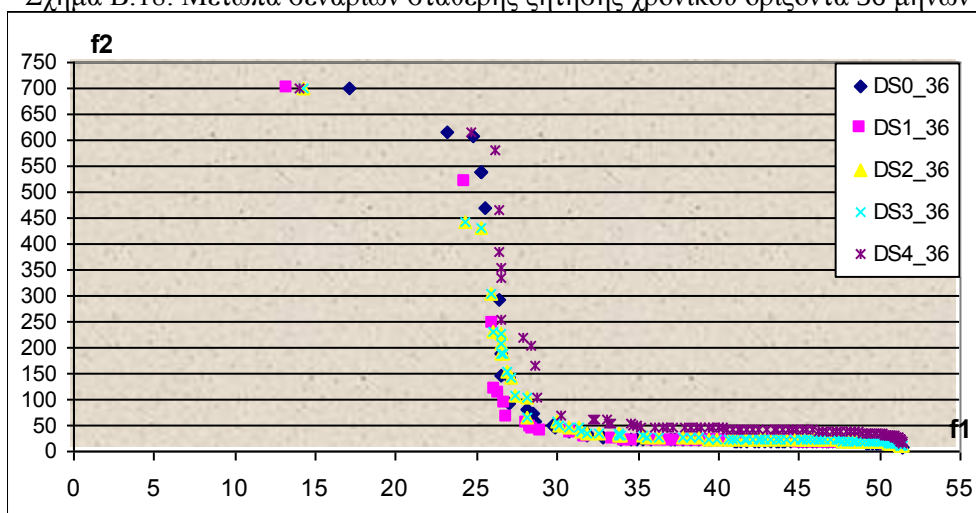
Σχήμα B.18: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 24 μηνών



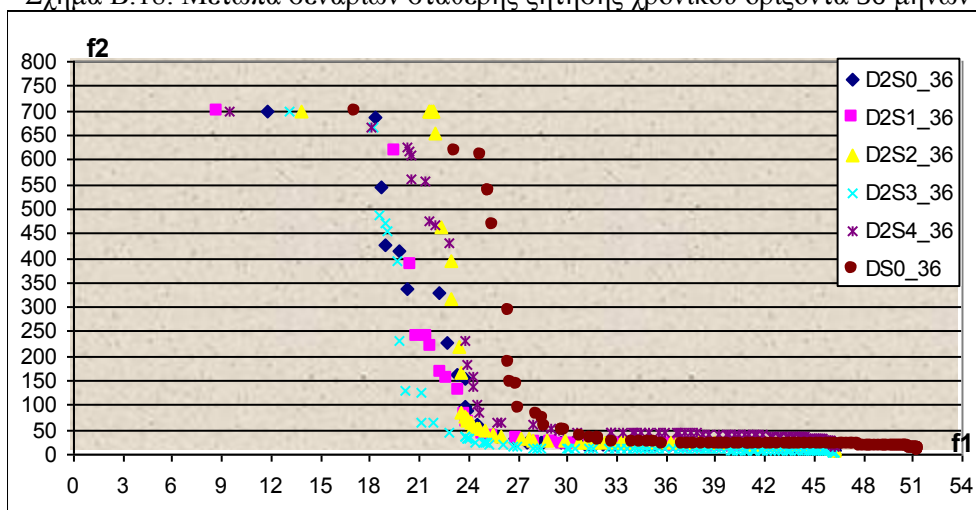
Σχήμα B.18: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 24 μηνών



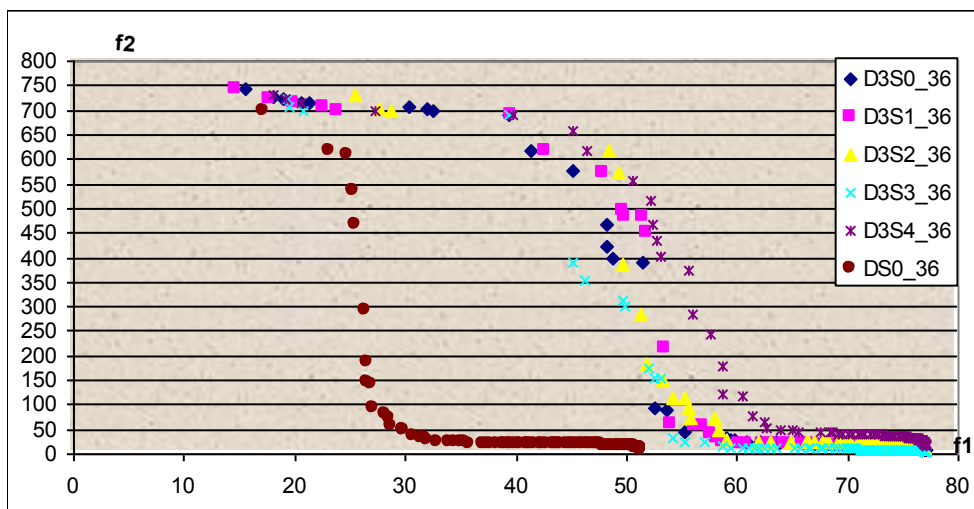
Σχήμα Β.18: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 36 μηνών



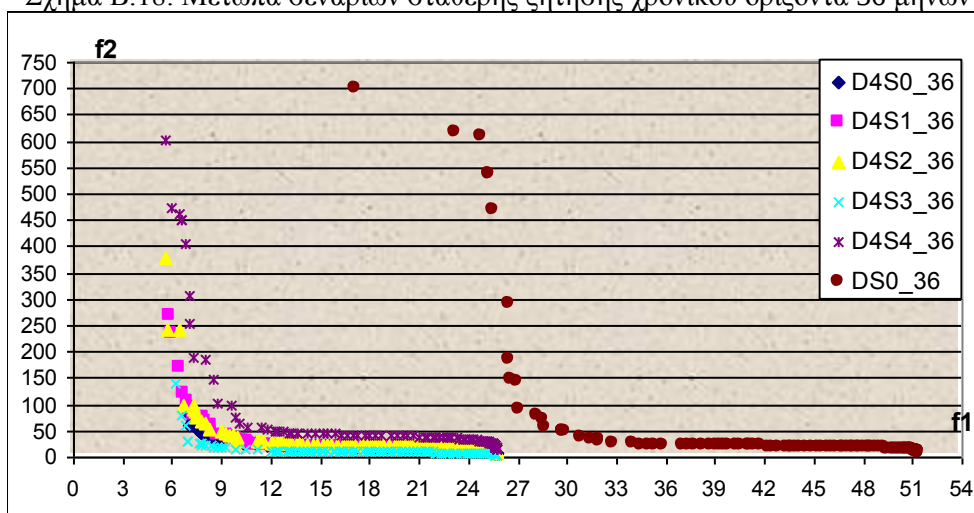
Σχήμα Β.18: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 36 μηνών



Σχήμα Β.18: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 36 μηνών



Σχήμα Β.18: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 36 μηνών



Σχήμα Β.27: Μέτωπα σεναρίων σταθερης ζητησης χρονικού ορίζοντα 36 μηνών