

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ



Διπλωματική εργασία

Πρόβλεψη ζήτησης και προγραμματισμός παραγωγής σε βιομηχανία γεωργικών και ανθοκομικών υποστρωμάτων

ΚΟΖΑΔΙΝΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Εξεταστική Επιτροπή
ΚΟΥΪΚΟΓΛΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, Καθηγητής, επιβλέπων
ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ, Επίκουρος Καθηγητής
ΑΤΣΑΛΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Λέκτορας

ΧΑΝΙΑ
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014

Copyright 2014 υπό Α. Κοζαδίνου

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Βασίλη Κουικόγλου για την άρτια καθοδήγηση και στήριξη που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια, όπως επίσης και τους: Σόλη Καραφωτιά, Βασίλη Ντράνο και Αλέξανδρο Γεωργαντά για την πολύτιμη βοήθειά τους.

Τέλος αυτή η διπλωματική εργασία αφιερώνεται στη μνήμη της Ελευθερίας Κοζαδίνου.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	5
1.1	Αντικείμενο της διπλωματικής	5
1.2	Προβλήματα πρόβλεψης	5
1.2.1	Ορισμοί.....	5
1.2.2	Σφάλματα πρόβλεψης.....	5
1.2.3	Τρεις γενικοί τύποι μεθόδων πρόβλεψης.....	6
1.2.3.1	Ποιοτικές τεχνικές.....	7
1.2.3.2	Ανάλυση χρονοσειρών	8
1.2.3.3	Αιτιολογικά μοντέλα	10
1.2.4	Ιστορική ανασκόπηση της τέχνης της πρόβλεψης.....	12
1.3	Το πρόβλημα προσδιορισμού βέλτιστου μεγέθους παρτίδας παραγωγής	14
1.3.1	Ορισμοί.....	14
1.3.2	Ιστορική ανασκόπηση του προβλήματος μεγέθους παρτίδας παραγωγής (CLSP).....	14
1.3.3	Χαρακτηριστικά των μοντέλων CLSP.....	15
1.3.4	Παραλλαγές του CLSP	17
1.3.5	Αλγόριθμοι επίλυσης του CLSP	18
2	Περιγραφή του Συστήματος Παραγωγής.....	20
2.1	Εισαγωγή.....	20
2.2	Πρώτες ύλες.....	20
2.3	Προϊόντα.....	20
2.4	Αποθήκη	21
2.5	Διαδικασία παραγωγής.....	21
3	Πρόβλεψη Ζήτησης.....	22
3.1	Εισαγωγή.....	22
3.2	Ρεαλιστικές προσδοκίες από την πρόβλεψη.....	23
3.3	Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου πρόβλεψης	23
3.3.1	Χρονικός ορίζοντας πρόβλεψης.....	24
3.3.2	Φύση των προϊόντων	24
3.3.3	Επίπεδο της οικονομικής δραστηριότητας.....	24
3.3.4	Αριθμός πελατών	24
3.3.5	Τύπος διανομής.....	25
3.3.6	Βαθμός στον οποίο μπορεί να επηρεαστεί το μέλλον.....	25
3.3.7	Συχνότητα των προβλέψεων.....	25
3.3.8	Κύκλος ζωής των προϊόντων	25
3.3.8.1	Ανάπτυξη προϊόντων.....	26
3.3.8.2	Δοκιμή και εισαγωγή (λανσάρισμα)	26
3.3.8.3	Στάδιο ραγδαίας ανάπτυξης	27
3.3.8.4	Σταθερή κατάσταση	27
3.4	Επιλογή μεθόδου πρόβλεψης για την ΑΓΡΟΧΟΥΜ Α.Ε.....	28
3.4.1	Εισαγωγή	28
3.4.2	Ανάλυση του συστήματος παραγωγής της ΑΓΡΟΧΟΥΜ Α.Ε	29
3.5	Εκθετική εξομάλυνση.....	31
3.5.1	Εισαγωγή	31
3.5.2	Ιστορική ανασκόπηση της εκθετικής εξομάλυνσης.....	32
3.5.3	Μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης.....	33
3.5.3.1	Μοντέλο N-N.....	34
3.5.3.2	Μοντέλο N-A.....	34
3.5.3.3	Μοντέλο N-M	34
3.5.3.4	Μοντέλο A-N	34
3.5.3.5	Μοντέλο A-A	34
3.5.3.6	Μοντέλο A-M	35

3.5.3.7	Μοντέλο DA-N	35
3.5.3.8	Μοντέλο DA-A	35
3.5.3.9	Μοντέλο DA-M	35
3.5.4	Επιλογή παραμέτρων και αρχικών τιμών	36
3.5.5	Επιλογή μεθόδων	36
3.5.6	Διαδικασία εφαρμογής.....	37
3.5.7	Διαχείριση των δεδομένων	37
3.5.8	Αποτελέσματα και συμπεράσματα	38
4	Προσδιορισμός βέλτιστου μεγέθους παρτίδας παραγωγής	41
4.1	Εισαγωγή.....	41
4.2	Χαρακτηριστικά του μοντέλου και παραδοχές	41
4.3	Μαθηματική μοντελοποίηση.....	42
4.4	Αλγόριθμος επίλυσης του CLSP	43
4.5	Αριθμητικό παράδειγμα.....	48
4.6	Αποτελέσματα και συμπεράσματα	52
5	Σύνοψη.....	55
5.1	Εισαγωγή.....	55
5.2	Βελτίωση της ακρίβειας πρόβλεψης.....	55
5.3	Προγραμματισμός παραγωγής	56
	Βιβλιογραφία	57
	Παράρτημα Α: Πίνακες Πρόβλεψης.....	59
	Παράρτημα Β: Γραφήματα πρόβλεψης	64
	Παράρτημα Γ: Κώδικες Υπολογιστή	66

1 Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διενεργήθηκαν ετήσιες προβλέψεις για τον προσδιορισμό των αναγκών σε πρώτες ύλες καθώς και μηνιαίες προβλέψεις της ζήτησης των προϊόντων. Στη συνέχεια, οι μηνιαίες προβλέψεις χρησιμοποιήθηκαν σαν δεδομένα εισόδου σε πρόγραμμα που αναπτύχθηκε για τον προσδιορισμό του βέλτιστου μεγέθους παρτίδας παραγωγής.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται βασικοί ορισμοί που αφορούν τα δυο προβλήματα καθώς και η ιστορική τους εξέλιξη. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το υπό εξέταση σύστημα παραγωγής. Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία επιλογής μεθόδου πρόβλεψης, αναλύεται η εκθετική εξομάλυνση, η οποία στη συνέχεια εφαρμόζεται στα διαθέσιμα στατιστικά δεδομένα. Στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η μοντελοποίηση και επίλυση του προβλήματος προσδιορισμού βέλτιστου μεγέθους παρτίδας παραγωγής. Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η σύνοψη της εργασίας και παρουσιάζονται πιθανές βελτιώσεις. Τέλος, τα παραρτήματα Α και Β περιέχουν πίνακες και γραφήματα που αφορούν την πρόβλεψη και στο παράρτημα Γ παρουσιάζεται τμήμα του κώδικα που κατασκευάστηκε για την επίλυση των δυο προβλημάτων.

1.2 Προβλήματα πρόβλεψης

1.2.1 Ορισμοί

Ως «πρόβλεψη» χαρακτηρίζεται η διαδικασία κατά την οποία διατυπώνονται ισχυρισμοί για την έκβαση ενός γεγονότος που δεν έχει συμβεί ακόμα. Για παράδειγμα, η εκτίμηση της τιμής μιας μεταβλητής σε συγκεκριμένο μελλοντικό χρόνο.

Η διαδικασία εκτίμησης της ζήτησης ενός προϊόντος στο μέλλον ονομάζεται «πρόβλεψη ζήτησης». Η πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης αποτελεί κλειδί για τον προγραμματισμό σε επιχειρήσεις και οργανισμούς, καθώς η διαδικασία λήψης αποφάσεων στηρίζεται στις παρεχόμενες από την πρόβλεψη πληροφορίες. Για παράδειγμα, αποφάσεις όπως ποσότητα παραγωγής προϊόντων, οργάνωση της παραγωγής, ανάγκες σε ανθρωπίνους και φυσικούς πόρους, ύψος διαφημιστικών δαπανών, είσοδος σε μια νέα αγορά ή η παρουσίαση ενός νέου προϊόντος, είναι αποφάσεις που στηρίζονται κατά κύριο λόγο στην επιτυχημένη πρόβλεψη ζήτησης. Το γεγονός αυτό υπογραμμίζει το πόσο σημαντική είναι η πρόβλεψη για την εύρυθμη και αποτελεσματική λειτουργία μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού.

1.2.2 Σφάλματα πρόβλεψης

Ως σφάλμα πρόβλεψης ορίζεται η διαφορά ανάμεσα στην πραγματική και την προβλεπόμενη τιμή. Συμβολίζεται ως εξής:

$$e_t = X_t - \hat{X}_t$$

όπου e_t είναι το σφάλμα της πρόβλεψης, X_t η πραγματική τιμή της χρονοσειράς και \hat{X}_t η προβλεπόμενη τιμή.

Παρουσιάζονται στη συνέχεια κάποιοι συγκεντρωτικοί δείκτες μέτρησης σφαλμάτων πρόβλεψης σε μια χρονοσειρά.

- Μέση απόλυτη απόκλιση (Mean Absolute Deviation)-MAD

Η μέση απόλυτη απόκλιση ορίζεται ως το άθροισμα των απολύτων τιμών του σφάλματος πρόβλεψης διαιρούμενο με τον αριθμό των περιόδων n στις οποίες έγιναν οι προβλέψεις. Η μαθηματική έκφραση του MAD είναι:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t|$$

Το MAD έχει την ίδια μονάδα μέτρησης με εκείνη των τιμών της χρονοσειράς. Επίσης, το MAD βασίζεται στην υπόθεση ότι το κόστος που δημιουργείται από το σφάλμα της πρόβλεψης σχετίζεται γραμμικά με το μέγεθος του σφάλματος.

- Μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Mean Squared Error)-MSE

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα ορίζεται ως το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων διαιρούμενο με τον αριθμό των χρονικών περιόδων n στις οποίες έγιναν προβλέψεις. Η μαθηματική έκφραση του MSE είναι:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$$

Η μονάδα μέτρησης του MSE εκφράζεται στη μονάδα μέτρησης των τιμών της χρονοσειράς υψωμένη όμως στο τετράγωνο, με αποτέλεσμα να μην έχει φυσική ερμηνεία.

- Μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (Mean Absolute Percentage Error)-MAPE

Το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα ορίζεται ως το άθροισμα των απολύτων τιμών των σφαλμάτων της πρόβλεψης προς τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές της χρονοσειράς, διαιρούμενο με τον αριθμό των χρονικών περιόδων n στις οποίες έγιναν οι προβλέψεις. Η μαθηματική έκφραση του MAPE είναι:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{X_t}$$

Το MAPE παρέχει πληροφορία με την μορφή ποσοστού οπότε είναι απαλλαγμένο από μονάδες μέτρησης.

- Μέσο ποσοστιαίο σφάλμα (Mean Percentage Error)-MPE

Το μέσο ποσοστιαίο σφάλμα ορίζεται ως το άθροισμα των τιμών των σφαλμάτων της πρόβλεψης προς τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές της χρονοσειράς, διαιρούμενο με τον αριθμό των χρονικών περιόδων n στις οποίες έγιναν οι προβλέψεις. Η μαθηματική έκφραση του MPE είναι:

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{X_t}$$

Το MPE παρέχει πληροφορίες με την μορφή ποσοστού οπότε είναι απαλλαγμένο από μονάδες μέτρησης. Το MPE είναι δείκτης του αν η μέθοδος πρόβλεψης μεροληπτεί συστηματικά.

1.2.3 Τρεις γενικοί τύποι μεθόδων πρόβλεψης

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες μεθόδων πρόβλεψης, ποιοτικές τεχνικές, ανάλυση χρονοσειρών και αιτιολογικά μοντέλα.

- Η πρώτη χρησιμοποιεί ποιοτικά δεδομένα (ανθρώπινη κρίση) και πληροφορίες για ειδικά γεγονότα που επηρεάζουν την υπό πρόβλεψη ποσότητα (π.χ. αργίες, αν πρόκειται για πρόβλεψη καταναλωτικής συμπεριφοράς) και πιθανόν ιστορικά δεδομένα.
- Η δεύτερη κατηγορία εστιάζει αποκλειστικά σε μοτίβα ή μορφές (patterns) και στις αλλαγές τους, όποτε και στηρίζεται αποκλειστικά σε ιστορικά δεδομένα.
- Η τρίτη κατηγορία χρησιμοποιεί ακριβείς και καλά καθορισμένες πληροφορίες για τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων του συστήματος και συχνά λαμβάνει υπόψη την εμφάνιση ειδικών γεγονότων που σχετίζονται με το υπό εξέταση μέγεθος. Η ανάλυση χρονοσειρών και εν γένει τα αιτιολογικά μοντέλα διαμορφώνονται με βάση στατιστικές παρατηρήσεις που περιλαμβάνουν ιστορικά δεδομένα [1].

1.2.3.1 Ποιοτικές τεχνικές

Οι ποιοτικές τεχνικές συνήθως χρησιμοποιούνται όταν τα ιστορικά δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα, για παράδειγμα όταν ένα προϊόν εμφανίζεται για πρώτη φορά. Χρησιμοποιούν την ανθρώπινη κρίση και συστήματα αξιολόγησης ποιοτικών πληροφοριών για να εκτιμήσουν το μέλλον.

Ο σκοπός των ποιοτικών τεχνικών είναι να συγκεντρώσουν όλες τις πληροφορίες και τις κρίσεις που σχετίζονται με τους παράγοντες που πρέπει να εκτιμηθούν, με έναν τρόπο λογικό, αμερόληπτο και συστηματικό. Τέτοιες τεχνικές συνήθως χρησιμοποιούνται σε νέους τεχνολογικούς τομείς, όπου η ανάπτυξη ενός προϊόντος απαιτεί πλήθος καινοτομιών. Επιπλέον, η ζήτηση είναι δύσκολο να εκτιμηθεί και η αποδοχή της αγοράς και τα ποσοστά διείσδυσης σε αυτή είναι εξαιρετικά αβέβαια.

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των πιο διαδεδομένων ποιοτικών μεθόδων.

1. Η μέθοδος των Δελφών (Delphi Method)

Μία ομάδα ειδικών απαντά σε μια σειρά από ερωτηματολόγια, όπου οι απαντήσεις του ενός ειδικού χρησιμοποιούνται για να παραγάγουν το ερωτηματολόγιο του επόμενου. Με αυτή τη τεχνική όλες οι πληροφορίες περνούν σταδιακά σε όλους τους ειδικούς και επίσης εξαλείφεται το φαινόμενο «συμπεριφοράς αγέλης» καθώς η όλη διαδικασία γίνεται ανώνυμα.

Η τεχνική αυτή συνήθως χρησιμοποιείται για μακροπρόθεσμη πρόβλεψη και για την πρόβλεψη πωλήσεων νέων προϊόντων. Η ακρίβεια της θεωρείται από καλή έως πολύ καλή, όπως καλή θεωρείται και η δυνατότητα αναγνώρισης των σημείων καμψής. Για την εφαρμογή της μεθόδου χρειάζεται ένας συντονιστής που διανέμει τα ερωτηματολόγια και κατόπιν τα επεξεργάζεται και ενοποιεί τις απαντήσεις.

2. Έρευνα αγοράς (Market research)

Η συστηματική και συνειδητή διαδικασία για την εξέλιξη και δοκιμή των υποθέσεων που αφορούν τις πραγματικές αγορές. Η έρευνα αγοράς χρησιμοποιείται κυρίως για προβλέψεις που αφορούν νέα προϊόντα και παρουσιάζουν εξαιρετική ακρίβεια για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις. Για την εφαρμογή της μεθόδου χρειάζεται μια σημαντική συλλογή δεδομένων που αφορούν την αγορά, όπως δεδομένα από ερωτηματολόγια, έρευνες και ανάλυση χρονοσειρών για τις μεταβλητές της αγοράς.

3. Συναινετική ομάδα ειδικών (Panel consensus)

Η τεχνική αυτή βασίζεται στην παραδοχή ότι πολλοί άνθρωποι μπορούν να πετύχουν καλύτερη πρόβλεψη από έναν. Δεν υπάρχει μυστικότητα όπως στην μέθοδο των Δελφών, αντιθέτως παροτρύνεται η επικοινωνία. Οι προβλέψεις πολλές φορές

επηρεάζονται από κοινωνικούς παράγοντες και μπορεί να μην αντικατοπτρίζουν πραγματική συναίνεση. Η μέθοδος συνήθως εφαρμόζεται για μακροπρόθεσμες προβλέψεις άλλα παρατηρείται ότι οι επιδόσεις της δεν είναι ικανοποιητικές.

4. Ενορατική πρόβλεψη (Visionary forecast)

Πρόκειται για πρόβλεψη που χρησιμοποιεί την προσωπική διορατικότητα, κρίση, δημιουργικότητα και ίσως και κάποια δεδομένα για την κατασκευή διαφόρων σεναρίων για το μέλλον. Γενικά οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται θεωρούνται μη επιστημονικές ή ψευδοεπιστημονικές. Δεν έχει συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα εφαρμογής, ενώ η ακρίβεια της πρόβλεψης είναι ανεπαρκής.

5. Ιστορική αναλογία

Αυτή η τεχνική βασίζεται στην συγκριτική ανάλυση μεταξύ της εισόδου ενός νέου προϊόντος στην αγορά σε σχέση με την πορεία ενός παρόμοιου. Η πρόβλεψη βασίζεται στις ομοιότητες που μπορεί να έχουν τα δυο προϊόντα. Εφαρμόζεται συνήθως για μακροπρόθεσμη πρόβλεψη και έχει αρκετά καλή ακρίβεια. Βέβαια, για την καλή εφαρμογή αυτής της μεθόδου απαιτούνται ιστορικά δεδομένα αρκετών ετών για ένα ή παραπάνω παρόμοια προϊόντα.

1.2.3.2 Ανάλυση χρονοσειρών

Αυτές οι στατιστικές τεχνικές χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα για ένα προϊόν και όταν οι σχέσεις και οι τάσεις είναι ξεκάθαρες και σχετικά σταθερές.

Μια από τις βασικές αρχές της στατιστικής πρόβλεψης είναι ότι χρησιμοποιεί τα παλιά δεδομένα. Χρονοσειρά είναι ένα σύνολο ακατέργαστων, χρονολογικά διατεταγμένων δεδομένων. Για παράδειγμα μπορεί να είναι οι πωλήσεις ενός προϊόντος ανά μήνα για κάποια χρόνια. Στην περίπτωση της πρόβλεψης της ζήτησης ή πωλήσεων, τα δεδομένα αυτά δίνουν την αύξηση ή μείωση του ρυθμού πωλήσεων με την πάροδο του χρόνου. Βάσει τέτοιων παρατηρήσεων είναι δυνατό να αναπτυχθούν μαθηματικά μοντέλα που προβάλλουν αυτές τις αλλαγές στον μέλλον.

Συνήθως είναι δύσκολο να πραγματοποιηθούν προβολές από ακατέργαστα δεδομένα, καθώς οι ρυθμοί και οι τάσεις δεν είναι ξεκάθαρες. Στα δεδομένα συνήθως περιλαμβάνονται οι εποχικές διακυμάνσεις καθώς και πιθανές παραμορφώσεις από τα αποτελέσματα της εκστρατείας μάρκετινγκ. Τα ακατέργαστα δεδομένα πρέπει πρώτα να υποστούν επεξεργασία (φιλτράρισμα), κάτι που κάνει η ανάλυση χρονοσειρών.

Η ανάλυση χρονοσειρών επιτρέπει να αναγνωριστούν και να εξηγηθούν τα ακόλουθα:

- Συστηματικές μεταβολές στα δεδομένα λόγω εποχικότητας
- Κυκλικά μοτίβα που επαναλαμβάνονται κάθε δυο ή τρία χρόνια
- Τάσεις στα δεδομένα
- Ρυθμοί ανάπτυξης αυτών των τάσεων

Όταν η ανάλυση έχει ολοκληρωθεί είναι δυνατή η προβολή (των πωλήσεων για παράδειγμα) στο μέλλον.

Το μέλλον όπως το παρελθόν

Είναι προφανές από αυτή την περιγραφή ότι όλες οι στατιστικές τεχνικές βασίζονται στην παραδοχή ότι τα υπάρχοντα μοτίβα θα συνεχίσουν να υφίστανται και στο μέλλον. Η παραδοχή αυτή είναι πιθανότερο να είναι σωστή βραχυπρόθεσμα παρά μακροπρόθεσμα.

Για τον λόγο αυτό, οι ανωτέρω τεχνικές παρέχουν ακριβείς προβλέψεις μικρού χρονικού ορίζοντα.

Για τον ίδιο λόγο, αυτές οι τεχνικές δεν μπορούν να προβλέψουν το πότε ο ρυθμός μιας τάσης θα αλλάξει δραματικά, για παράδειγμα πότε μια περίοδος αργής ανάπτυξης στις πωλήσεις θα αλλάξει ξαφνικά σε μια περίοδο ταχείας πτώσης των πωλήσεων.

Τα σημεία μεγάλων και απότομων αλλαγών ονομάζονται «σημεία καμπής» (turning points). Αυτά τα σημεία έχουν μεγάλη αξία για τον μάνατζερ και θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές μέθοδοι από τις στατιστικές για να προβλεφθεί το πότε θα συμβούν.

Ακολουθούν επιγραμματικά πέντε μέθοδοι ανάλυσης χρονοσειρών.

1. Κινητός μέσος όρος (moving average)

Είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος από έναν αριθμό διαδοχικών σημείων της χρονοσειράς. Ο αριθμός των δεδομένων επιλέγεται έτσι ώστε να εξαλείφεται η επιρροή της εποχικότητας.

Χρησιμοποιείται συνήθως για βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη στον έλεγχο αποθεμάτων, αλλά δεν παρέχει πάντα ικανοποιητική ακρίβεια. Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτούνται δυο χρόνια ιστορικών δεδομένων στην περίπτωση που υπάρχει εποχικότητα.

2. Εκθετική εξομάλυνση (Exponential smoothing)

Η τεχνική αυτή είναι παρόμοια με τον κινητό μέσο όρο, με την διαφορά ότι τα πιο πρόσφατα δεδομένα έχουν μεγαλύτερο βάρος. Αναλυτικότερα, κάθε νέα πρόβλεψη είναι ίση με την προηγούμενη συν ένα ποσοστό του σφάλματος πρόβλεψης. Υπάρχουν πολλές παραλλαγές της εκθετικής εξομάλυνσης. Κάποιες από αυτές λαμβάνουν υπόψη τους και την εποχικότητα.

Συνήθως χρησιμοποιείται για βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες προβλέψεις στους τομείς της οργάνωσης παραγωγής καθώς και στον έλεγχο αποθεμάτων. Όπως και στον κινητό μέσο όρο απαιτούνται ιστορικά δεδομένα δυο ετών κατ' ελάχιστο.

3. Μοντέλα Box-Jenkins ή αυτοταλανούμενα μοντέλα κινητών μέσων όρων (ARMA)

Η εκθετική εξομάλυνση είναι μια ειδική περίπτωση της τεχνικής των Box και Jenkins. Ένα μαθηματικό μοντέλο προσαρμόζεται στην χρονοσειρά με τρόπο βέλτιστο, υπό την έννοια ότι αναθέτει μικρότερα σφάλματα στο παρελθόν σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα. Ο τύπος του μοντέλου πρέπει να αναγνωριστεί και να εκτιμηθούν οι παράμετροί του. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή σε βραχυπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη στους τομείς της οργάνωσης παραγωγής, στον έλεγχο αποθεμάτων και στην πρόβλεψη ταμειακών ροών. Όπως και στις προηγούμενες μεθόδους, έτσι και εδώ χρειάζονται δεδομένα τουλάχιστον δυο ετών. Φυσικά όσο περισσότερα δεδομένα υπάρχουν, τόσο ευκολότερη είναι η αναγνώριση του τύπου του μοντέλου.

4. Μέθοδος X-11

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε από τον Julius Shiskin του USA Census Bureau. Η τεχνική αυτή αποσυνθέτει την χρονοσειρά σε εποχικούς παράγοντες, κυκλικές τάσεις και ασυνήθιστα στοιχεία. Εφαρμόζεται για βραχυπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη με πάρα πολύ καλή ακρίβεια και καλή δυνατότητα αναγνώρισης των

σημείων καμπής. Χρησιμοποιείται συνήθως για πρόβλεψη πωλήσεων. Για την εφαρμογή των μεθόδων απαιτούνται δεδομένα τουλάχιστον τριών ετών.

5. Προβολές τάσεων (Trend projections)

Σε αυτή τη τεχνική προσαρμόζεται μια γραμμή τάσης σε μια μαθηματική συνάρτηση, ύστερα προβάλλεται η συνάρτηση στο μέλλον. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές αυτής της μεθόδου: μέθοδος της χαρακτηριστικής κλίσης, πολυώνυμα, λογάριθμοι και άλλες. Οι τεχνικές αυτές εφαρμόζονται σε όλο το χρονικό φάσμα και παράγουν προβλέψεις πολύ καλής ακριβείας. Χρησιμοποιούνται κυρίως για προβλέψεις που σχετίζονται με νέα προϊόντα. Για την αποτελεσματική εφαρμογή αυτών των μεθόδων χρειάζονται ιστορικά δεδομένα τουλάχιστον πέντε ετών.

1.2.3.3 Αιτιολογικά μοντέλα

Όταν υπάρχουν διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα και έχει γίνει επαρκής ανάλυση ώστε να έχουν διευκρινιστεί πλήρως οι σχέσεις ανάμεσα στον παράγοντα που θα προβλεφθεί και άλλους παράγοντες (σχετικές εταιρίες, οικονομικές δυνάμεις, κοινωνικοί παράγοντες), τότε συνήθως κατασκευάζεται ένα αιτιολογικό μοντέλο.

Τα αιτιολογικά μοντέλα είναι τα πιο περίπλοκα εργαλεία πρόβλεψης. Εκφράζουν μαθηματικά τις σχετικές αιτιολογικές σχέσεις και μπορεί να περιλαμβάνουν εκτιμήσεις που αφορούν τα σειριακά στοιχεία (pipeline elements) και έρευνες αγοράς. Μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν απ' ευθείας και τα αποτελέσματα της ανάλυσης χρονοσειρών.

Τα αιτιολογικά μοντέλα λαμβάνουν υπόψη οτιδήποτε είναι γνωστό για τη δυναμική του συστήματος ροής και χρησιμοποιούν τις προβλέψεις σχετικών γεγονότων, όπως οι κινήσεις των ανταγωνιστών, απεργίες, διαφημιστικές καμπάνιες και άλλα. Αν υπάρχουν δεδομένα, το μοντέλο περιλαμβάνει παράγοντες για κάθε σημείο του διαγράμματος ροής, και τα συνδέει με εξισώσεις ώστε να περιγράψει την συνολική ροή του προϊόντος.

Εαν ορισμένα είδη δεδομένων λείπουν, τότε ίσως χρειαστεί να ληφθούν υπόψη κάποιες παραδοχές όσον αφορά κάποιες από τις σχέσεις. Εν συνεχεία, πραγματοποιείται εποπτεία του μοντέλου για να εξακριβωθεί αν οι παραδοχές ήταν σωστές. Γενικά τα αιτιολογικά μοντέλα ανανεώνονται συνεχώς, καθώς ολοένα και περισσότερες πληροφορίες για το σύστημα γίνονται διαθέσιμες.

Ακολουθούν εν συντομία κάποια από τα αιτιολογικά μοντέλα.

1. Μοντέλα παλινδρόμησης.

Αυτό το μοντέλο σχετίζει τις πωλήσεις με άλλες οικονομικές, ανταγωνιστικές ή εσωτερικές μεταβλητές και συνθέτει μια συνάρτηση χρησιμοποιώντας την τεχνική των ελαχίστων τετραγώνων. Οι σχέσεις αναλύονται στατιστικά και πρέπει επιλεγτούν για δόκιμη με ορθολογικό τρόπο.

Η μέθοδος εφαρμόζεται με πολύ καλά αποτελέσματα για βραχυπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη. Χρησιμοποιείται κυρίως για πρόβλεψη πωλήσεων ανά κατηγορία προϊόντος. Για την σωστή εφαρμογή της, χρειάζονται δεδομένα πέντε με επτά ετών, επίσης είναι μαθηματικά αναγκαίο να υπάρχουν δυο επιπλέον παρατηρήσεις από **ό,τι** ανεξάρτητες μεταβλητές.

2. Οικονομετρικά μοντέλα.

Ένα οικονομετρικό μοντέλο είναι ένα σύστημα από ανεξάρτητες εξισώσεις παλινδρόμησης που περιγράφει κάποιον τομέα, τις πωλήσεις ή τις δραστηριότητες που παράγουν κέρδος. Συνήθως, οι παράμετροι των εξισώσεων παλινδρόμησης

εκτιμούνται ταυτόχρονα. Εξαιτίας του συστήματος εξισώσεων τα οικονομετρικά μοντέλα μπορούν να προβλέψουν με καλύτερη ακρίβεια τα σημεία καμψής από **ό,τι** τα μοντέλα παλινδρόμησης.

Τα οικονομετρικά μοντέλα μπορούν να εφαρμοστούν για όλους τους χρονικούς ορίζοντες πρόβλεψης, παρουσιάζοντας εξαιρετική ακρίβεια για μεσοπρόθεσμες προβλέψεις. Χρησιμοποιούνται συνήθως για πρόβλεψη πωλήσεων ανά κατηγορία προϊόντος. Για την σωστή λειτουργία του μοντέλου χρειάζονται τα ίδια περίπου δεδομένα με τα μοντέλα παλινδρόμησης.

3. Έρευνες πρόθεσης αγοράς.

Οι έρευνες αυτές που αναφέρονται στο ευρύ κοινό έχουν σκοπό να:

- i. Προσδιορίσουν τις προθέσεις για την αγορά ενός συγκεκριμένου προϊόντος
- ii. Εξάγουν ένα δείκτη που μετρά το γενικό αίσθημα για το παρόν και το μέλλον και να εκτιμήσουν πώς αυτό το αίσθημα επηρεάζει τις αγοραστικές συνήθειες.

Αυτή η προσέγγιση είναι πιο χρήσιμη για εντοπισμό και προειδοποίηση παρά για πρόβλεψη. Το βασικό πρόβλημα που έχει αυτή η μέθοδος είναι ότι μπορεί να δώσει λάθος εντύπωση για τα σημεία καμψής.

Η μέθοδος εφαρμόζεται για βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες προβλέψεις με μέτριες επιδόσεις ως προς την ακρίβεια. Χρησιμοποιείται κυρίως για πρόβλεψη πωλήσεων ανά κατηγορία προϊόντος. Συνήθως, απαιτούνται δεδομένα αρκετών ετών για να μπορούν να συσχετιστούν αυτοί οι δείκτες με τις πωλήσεις της επιχείρησης.

4. Μοντέλο εισόδου-εξόδου.

Μια μέθοδος ανάλυσης που ενδιαφέρεται για την διακλαδικότητα των διατμηματικών ροών των προϊόντων ή υπηρεσιών σε μια οικονομία ή σε μια επιχείρηση και στην αγορά της. Το μοντέλο αυτό δείχνει ότι πρέπει να υπάρχει μια ροή εισόδων ώστε να υπάρχουν συγκεκριμένες έξοδοι. Αυτά τα μοντέλα απαιτούν σημαντική προσπάθεια και χρήματα για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σωστά, καθώς χρειάζεται να αποκτηθούν πληροφορίες που δεν είναι συνήθως διαθέσιμες, ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος σε μια συγκεκριμένη επιχείρηση.

Το μοντέλο εισόδου-εξόδου δεν μπορεί να εφαρμοστεί για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις, όμως εφαρμόζεται για μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες προβλέψεις με πολύ καλή ακρίβεια. Συνήθως χρησιμοποιείται για πρόβλεψη πωλήσεων επιχειρήσεων ή για πρόβλεψη πωλήσεων ολόκληρων βιομηχανικών κλάδων.

Για την σωστή εφαρμογή της μεθόδου χρειάζονται ιστορικά δεδομένα δέκα έως δεκαπέντε ετών, καθώς και αρκετές πληροφορίες για την ροή του προϊόντος ή της υπηρεσίας μέσα σε μια επιχείρηση ή οικονομία.

5. Οικονομικό μοντέλο εισόδου-εξόδου.

Είναι ένας συνδυασμός οικονομετρικού μοντέλου και μοντέλου εισόδου-εξόδου. Το μοντέλο εισόδου-εξόδου παρέχει τις μακροπρόθεσμες τάσεις για το οικονομετρικό μοντέλο και προσδίδει σταθερότητα.

Το μοντέλο αυτό δεν μπορεί εφαρμοστεί για βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη. Εφαρμόζεται ωστόσο με πολύ καλά αποτελέσματα σε μέσο-μακροπρόθεσμες προβλέψεις. Χρησιμοποιείται για πρόβλεψη πωλήσεων ολόκληρων βιομηχανικών κλάδων. Για την αποδοτική εφαρμογή του μοντέλου απαιτούνται ιστορικά δεδομένα τριών ετών.

6. Δείκτης διάχυσης (Diffusion Index).

Ο δείκτης διάχυσης είναι μια μέθοδος που μετρά την κοινή τάση μιας ομάδας χρονοσειρών. Αν οι περισσότερες χρονοσειρές έχουν ανοδική τάση τότε ο δείκτης διάχυσης παίρνει τιμές μεγαλύτερες από πενήντα. Μπορεί να εφαρμοστεί για όλους τους χρονικούς ορίζοντες πρόβλεψης άλλα με μειωμένη ακρίβεια. Ο δείκτης διάχυσης χρησιμοποιείται συνήθως για πρόβλεψη πωλήσεων ανά κατηγορία προϊόντος. Για την σωστή εφαρμογή της μεθόδου απαιτούνται ιστορικά δεδομένα πέντε έως δέκα ετών.

7. Προγνωστικός δείκτης (Leading indicator).

Η χρονοσειρά μιας οικονομικής δραστηριότητας της οποίας η κίνηση σε μια δεδομένη κατεύθυνση προηγείται της κίνησης μιας άλλης χρονοσειράς στην ίδια κατεύθυνση, ονομάζεται προγνωστικός δείκτης.

Ο προγνωστικός δείκτης βρίσκει εφαρμογή για όλους τους χρονικούς ορίζοντες πρόβλεψης με κακή προς μέτρια ακρίβεια. Χρησιμοποιείται κυρίως για πρόβλεψη πωλήσεων ανά κατηγορία προϊόντος. Για την σωστή εφαρμογή της μεθόδου απαιτούνται ιστορικά δεδομένα τουλάχιστον δέκα ετών.

8. Ανάλυση κύκλου ζωής προϊόντος.

Η μέθοδος αυτή αναφέρεται στην ανάλυση και πρόβλεψη της ανάπτυξης νέων προϊόντων βασιζόμενη στις σιγμοειδείς καμπύλες. Οι φάσεις αποδοχής του προϊόντος από τις διάφορες ομάδες όπως οι καινοτόμοι, αυτοί που προσαρμόζονται νωρίς, η πρώιμη πλειοψηφία, η ύστερη πλειοψηφία και αυτοί που καθυστερούν να προσαρμοστούν, είναι βασικές για την ανάλυση.

Εφαρμόζεται για όλους τους χρονικούς ορίζοντες πρόβλεψης με μέτρια ακρίβεια. Για την σωστή εφαρμογή της μεθόδου απαιτούνται δεδομένα ενός έτους για το υπό εξέταση προϊόν ή για παρόμοιο προϊόν. Είναι πιθανό να χρειάζεται να διεξαχθεί και έρευνα αγοράς.

1.2.4 Ιστορική ανασκόπηση της τέχνης της πρόβλεψης

Κατά το τέλος της δεκαετίας του 1930 τεθήκαν οι επιστημονικές βάσεις του κλάδου που σήμερα ονομάζεται «πρόβλεψη». Η διαδικασία εκτίμησης ελαχίστων τετραγώνων που προτάθηκε από τους Gauss και Legendre, η δουλειά του Schuster πάνω στην κρυμμένη περιοδικότητα, η ανάπτυξη των μοντέλων αυτοπαλινδρόμησης από τον Yale και κινητού μέσου όρου από τον Slutsky, η αποσύνθεση χρονοσειρών του Macauley και η εφαρμογή τεχνικών παλινδρόμησης σε πραγματικά δεδομένα από τους Galton, Pearson και Snedecor ήταν η βάση για όλες τις μετέπειτα δουλειές.

Ο δεύτερος παγκόσμιος πόλεμος και η νέα γένια επιστημόνων έθεσαν τη βάση για την πρόβλεψη καθώς και τα μέσα για την ενσωμάτωση των διαφόρων εξελίξεων που προϋπήρχαν σε ένα στερεό θεωρητικό πλαίσιο. Κατά το 1950 το έδαφος είχε προετοιμαστεί για μια ραγδαία αύξηση της χρήσης της πρόβλεψης, τόσο θεωρητικά όσο και πρακτικά. Ανάμεσα στο 1950 και το 1970 αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της ποσοτικής πρόβλεψης:

1. Μεγάλα και περίπλοκα οικονομετρικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν από τους οικονομολόγους για να εξηγήσουν μακροοικονομικά φαινόμενα, να απαντήσουν σε ερωτήσεις της μορφής «τι θα γινόταν αν» και να προβλέψουν.
2. Μέθοδοι φιλτραρίσματος χρησιμοποιήθηκαν από τους μηχανικούς στην προσπάθεια τους να φιλτράρουν τον θόρυβο και να βρουν το κρυμμένο μοτίβο(pattern).

3. Τα μοντέλα ARMA χρησιμοποιήθηκαν από τους στατιστικούς για να μοντελοποιήσουν την διαδικασία παραγωγής μιας ευρείας κατηγορίας χρονοσειρών και προβλέψεων.
4. Τεχνικές αποσύνθεσης χρησιμοποιήθηκαν από κυβερνητικούς οικονομολόγους και στατιστικούς για να ξεχωρίσουν της συνιστώσες των μακροοικονομικών χρονοσειρών με σκοπό να βρουν την εποχικότητα και τις τάσεις.
5. Μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης χρησιμοποιήθηκαν από επιχειρησιακούς ερευνητές για την πρόβλεψη της ζήτησης στην οργάνωση παραγωγής καθώς και για τον έλεγχο των αποθεμάτων.

Επιπρόσθετα μελετήθηκε η ανθρώπινη κριτική ικανότητα, που συνήθως χρειάζεται να συμπληρώσει τις ποσοτικές μεθόδους, προκειμένου να κατανοηθεί το πώς προβλέπουν οι άνθρωποι. Το έργο των επιστημόνων διοίκησης και ψυχολόγων είχε άμεση σχέση με αυτούς που διενεργούν τις προβλέψεις.

Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1960 και 1970 το επιστημονικό πεδίο της πρόβλεψης ξεκινά να γίνεται διάσημο. Αυτό οφείλεται μερικώς στην εμφάνιση εμπορικών οικονομετρικών υπηρεσιών (DRI, Wharton Associates, Chase), μερικώς λόγω της δουλειάς του Kalman και μερικώς από την επιρροή της μεθοδολογίας των Box και Jenkins.

Μια ξεχωριστή ανακάλυψη εκείνη την περίοδο, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, έδωσε την ικανότητα στους ερευνητές άλλα και στους επαγγελματίες να έχουν στην διάθεση τους την υπολογιστική ισχύ που χρειάζονταν για να εφαρμόσουν την θεωρητική γνώση που είχαν. Έτσι οι τεχνικές πρόβλεψης βρήκαν εφαρμογή σε πολλούς κλάδους μεταξύ των οποίων, η διακυβέρνηση, τα οικονομικά, οι επιχειρήσεις και ο στρατός και η ακαδημαϊκή κοινότητα.

Η δημοτικότητα των τεχνικών πρόβλεψης δημιούργησε ζήτηση και κατέληξε σε εμπορική επιτυχία, καθώς επιχειρήσεις και κυβερνητικοί οργανισμοί ξεκίνησαν να τις χρησιμοποιούν. Ταυτόχρονα ξεκίνησαν και οι παράλογες απαιτήσεις όσον αφορά τις δυνατότητες των προβλέψεων. Θεωρήθηκε ότι οι στατιστικές μέθοδοι και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές μπορούσαν να προβλέπουν πάντα με μεγάλη ακρίβεια και να εκμηδενίσουν την αβεβαιότητα του μέλλοντος. Αυτό προφανώς δεν συνέβη, καθώς τα προτερήματα της πρόβλεψης δεν περιλαμβάνουν την προφητεία.

Η δεκαετία του 1980 υπήρξε μια περίοδος εκμάθησης. Τις αρχικές επιτυχημένες προβλέψεις ακολούθησαν μεγάλα λάθη και η ανικανότητα πρόβλεψης αλλαγών στην οικονομική δραστηριότητα (οι υφέσεις του 1973/1975 και 1980/1981) ή/και τις συνέπειες που είχαν στα έσοδα και στα έξοδα των επιχειρήσεων. Τα παράπονα των χρηστών των τεχνικών πρόβλεψης άρχισαν να πληθαίνουν, κάτι το οποίο προκάλεσε απογοήτευση στους ερευνητές του πεδίου. Έγινε προφανές ότι χρειαζόταν μεγαλύτερη κατανόηση των προτερημάτων καθώς και των περιορισμών της πρόβλεψης. Σαν αποτέλεσμα όλων αυτών, ήρθε στο προσκήνιο των ερευνητικών δραστηριοτήτων η αξιολόγηση της απόδοσης της πρόβλεψης.

Κατά τη δεκαετία του 1970 είχαν γίνει πολλές προβλέψεις σε τομείς όπως: ο πληθυσμός, οι μεταφορές, η ενέργεια, οι τιμές των υλικών, η οικονομία και οι επιχειρήσεις. Συνεπώς, ήταν φυσικό να μελετηθούν όλες αυτές οι προβλέψεις και να εκτιμηθεί η ακρίβειά τους. Επιπρόσθετα, μελετήθηκε εξονυχιστικά η σχετική απόδοση των διαφόρων μεθόδων ως προς την ακρίβειά τους στην πρόβλεψη. Τέλος οι έρευνες ικανοποίησης χρηστών σε επιχειρήσεις και κυβερνητικούς οργανισμούς έδωσαν μια πιο ξεκάθαρη εικόνα για τις διάφορες τεχνικές πρόβλεψης.

Η αξιολόγηση παλαιών προβλέψεων, οι εμπειρικές μελέτες και οι έρευνες ικανοποίησης των χρηστών των τεχνικών πρόβλεψης προσέδωσαν στο πεδίο πληροφορίες εφάμιλλες εργαστηριακού πειραματισμού. Οι θεωρίες και οι μέθοδοι μπόρεσαν να εκτιμηθούν αντικειμενικά, έγινε γνωστή η αποδοχή της κάθε μεθόδου από τους χρήστες και

τέλος αποκτήθηκε ρεαλιστική στάση απέναντι στο μέγεθος του σφάλματος των προβλέψεων.

Παρόλο που τα αποτελέσματα των μελετών και των ερευνών, καθώς και οι επιπτώσεις τους είναι ακόμα υπό συζήτηση, υπάρχουν δυο παρατηρήσεις που δεν χωρούν αμφισβήτηση: Πρώτον, τα συμπεράσματα των διαφόρων εμπειρικών μελετών είναι συνήθως αντιφατικά. Δεύτερον, πολλές θεωρητικές προβλέψεις δεν επιβεβαιώνονται στην πράξη. Για παράδειγμα το θεωρητικό αξίωμα ότι η ακρίβεια πρέπει να βελτιώνεται καθώς αυξάνει το μέγεθος του δείγματος, δεν φαίνεται να επιβεβαιώνεται στην πράξη. Τόσο από θεωρητικής όσο και από πρακτικής άποψης είναι σημαντικό να μπορούν να κατανοηθούν οι λόγοι για τους οποίους υπάρχει αυτή η απόκλιση ανάμεσα στις θεωρητικές προβλέψεις και την πραγματικότητα [2].

1.3 Το πρόβλημα προσδιορισμού βέλτιστου μεγέθους παρτίδας παραγωγής

1.3.1 Ορισμοί

Με τον όρο «προγραμματισμός παραγωγής» περιγράφεται η διαδικασία κατά την οποία πραγματοποιείται η βέλτιστη χρήση των διαθέσιμων πόρων (πρώτες ύλες, ανθρώπινο δυναμικό, μηχανές, διαθέσιμος χώρος της αποθήκης...) με σκοπό την επίτευξη των στόχων της παραγωγικής διαδικασίας (ικανοποίηση της ζήτησης, μείωση του κόστους παραγωγής).

Ο προγραμματισμός παραγωγής περιλαμβάνει τρία χρονικά διαστήματα κατά τα οποία πρέπει να ληφθούν αποφάσεις: μακροπρόθεσμα, μεσοπρόθεσμα, βραχυπρόθεσμα. Ο μακροπρόθεσμος προγραμματισμός αναφέρεται στις στρατηγικές αποφάσεις που αφορούν τα προϊόντα, τον εξοπλισμό, τις διαδικασίες παραγωγής, την τοποθεσία και την χωροταξία των εγκαταστάσεων. Ο μεσοπρόθεσμος προγραμματισμός συνήθως περιλαμβάνει τις αποφάσεις που αφορούν τις παραγγελίες πρώτων υλών καθώς και τον προσδιορισμό του μεγέθους παρτίδας παραγωγής. Σε αυτό το στάδιο επίσης πραγματοποιείται η βελτιστοποίηση των κριτήριων απόδοσης του εργοστάσιου, όπως η ελαχιστοποίηση των εξόδων, η αύξηση της παραγωγικότητας και η ικανοποίηση της ζήτησης. Ο βραχυπρόθεσμος προγραμματισμός αναφέρεται στις αποφάσεις που σχετίζονται με τον καθημερινό προγραμματισμό διαδικασιών.

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας η μελέτη θα επικεντρωθεί στον μεσοπρόθεσμο προγραμματισμό παραγωγής και ειδικότερα με το πρόβλημα προσδιορισμού μεγέθους παρτίδας παραγωγής [3].

Το πρόβλημα προσδιορισμού μεγέθους παρτίδας παραγωγής (lot sizing problem) σχετίζεται με την ποσότητα και τον χρονικό προγραμματισμό της παραγωγής με σκοπό την κάλυψη της αναμενόμενης ζήτησης καθώς και των αποθεμάτων ασφαλείας, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τα κόστη προετοιμασίας, παραγωγής και αποθήκευσης. Το προαναφερθέν πρόβλημα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα και δυσκολότερα προβλήματα στον τομέα της οργάνωσης παραγωγής, γεγονός που έχει προκαλέσει την εκτενή μελέτη καθώς και την παρουσίαση ενός μεγάλου αριθμού διαφορετικών τρόπων μοντελοποίησης και λύσης. Η λήψη σωστών αποφάσεων, όσον αφορά το μέγεθος της παρτίδας παραγωγής, έχει άμεσο αντίκτυπο στην απόδοση και στην παραγωγικότητα της επιχείρησης, κάτι το οποίο είναι πολύ σημαντικό για τον ολόένα και αυξανόμενο ανταγωνισμό της αγοράς [3] [4].

1.3.2 Ιστορική ανασκόπηση του προβλήματος μεγέθους παρτίδας παραγωγής (CLSP)

Η έρευνα που σχετίζεται με το πρόβλημα του μεγέθους παρτίδας παραγωγής ξεκίνησε

με το κλασικό μοντέλο της «οικονομικής ποσότητας παραγγελίας» (economic order quantity-EOQ) από τους Andler, Erlenkotter και Harris. Οι παραδοχές του EOQ είναι: μονοεπίπεδη παραγωγική διαδικασία χωρίς περιορισμούς χωρητικότητας, κάτι το οποίο μετατρέπει το πρόβλημα σε πρόβλημα ενός αντικείμενου. Η ζήτηση θεωρείται σταθερή, δηλαδή είναι συνεχής και με σταθερό ρυθμό. Το EOQ είναι μοντέλο συνεχούς χρόνου με άπειρο ορίζοντα προγραμματισμού και η βέλτιστη λύση του είναι εύκολο να βρεθεί. Οι παραδοχές του EOQ το κατέστησαν να έχει περιορισμένη πρακτική εφαρμογή, έχοντας ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη επιπλέον μοντέλων. Το πρώτο πρόβλημα που θα αναλυθεί είναι το πρόβλημα οικονομικής παρτίδας παραγωγής (Economic Lot Scheduling Problem – ELSP) που αποτέλεσε μελέτη των Elmaghraby και Rogers. Στο ELSP υπάρχουν περιορισμοί χωρητικότητας, επειδή οι διάφοροι πόροι (ανθρώπινο δυναμικό, μηχανές, πρώτες ύλες, διαθέσιμος αποθηκευτικός χώρος, διαθέσιμος χρόνος παραγωγής), συνήθως μοιράζονται ανάμεσα στα διάφορα προϊόντα. Το ELSP είναι μονοεπίπεδο πρόβλημα πολλαπλών προϊόντων. Παρόλα αυτά το ELSP θεωρεί την ζήτηση στατική. Είναι επίσης ένα μοντέλο συνεχούς χρόνου και ο ορίζοντας προγραμματισμού είναι άπειρος όπως και στο EOQ. Για να λυθεί βέλτιστα το ELSP, η πολυπλοκότητα είναι NP-hard σύμφωνα με τον Hsu, όποτε οι περισσότερες λύσεις δίνονται από ευρετικούς αλγορίθμους των οποίων μερικές προσεγγίσεις είναι των Dobson, Gallego και Joneja, Zipkin.

Το επόμενο βήμα έγινε από τους Wagner και Whitin όπου πέρασαν από τις παραδοχές στατικής ζήτησης του EOQ σε μοντέλο που θεωρεί την ζήτηση δυναμικά μεταβαλλόμενη. Το λεγόμενο πρόβλημα Wagner-Whitin (WW) θεωρεί πεπερασμένο ορίζοντα προγραμματισμού, που είναι χωρισμένος σε διακριτές περιόδους. Η ζήτηση δίνεται ανά περίοδο και μπορεί να μεταβάλλεται με τον χρόνο. Παρόλα αυτά το μοντέλο WW δεν λαμβάνει υπόψη περιορισμούς χωρητικότητας, κάτι οποίο σημαίνει ότι το μονοεπίπεδο WW είναι πρόβλημα ενός αντικείμενου. Το WW μπορεί να μοντελοποιηθεί σαν πρόβλημα συντομότερου μονοπατιού (shortest path problem), γεγονός που οδηγεί στην εύρεση βέλτιστης λύσης σε πολυωνυμικό χρόνο. Ακριβείς τρόποι επίλυσης παρουσιάστηκαν από τους Aggarwal και Park, Federgruen, Wagelmans [5].

Η εξέλιξη του μοντέλου WW ονομάζεται πρόβλημα μεγέθους παρτίδας παραγωγής υπό περιορισμούς χωρητικότητας (Capacitated Lot Sizing Problem-CLSP). Οι περιορισμοί, περιορίζουν την ποσότητα παραγωγής σε κάθε περίοδο. Στο μοντέλο CLSP λαμβάνονται υπόψη σταθερά κόστη προετοιμασίας των μηχανών, γραμμικά μεταβαλλόμενα κόστη παραγωγής καθώς και κόστη που αναφέρονται στην αποθήκευση προϊόντων και εξαρτώνται από την ποσότητα και τον χρόνο αποθήκευσης [3].

1.3.3 Χαρακτηριστικά των μοντέλων CLSP

Η πολυπλοκότητα των προβλημάτων μεγέθους παρτίδας παραγωγής εξαρτάται από τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη κατά την μοντελοποίηση. Τα ακόλουθα χαρακτηριστικά επηρεάζουν την κατάταξη, τη μοντελοποίηση και την πολυπλοκότητα των αποφάσεων.

1. Χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού
2. Αριθμός επιπέδων του συστήματος
3. Αριθμός προϊόντων
4. Περιορισμοί χωρητικότητας/πόρων
5. Αλλοίωση των εμπορευμάτων
6. Ζήτηση
7. Δομή της προετοιμασίας των μηχανών
8. Έλλειψη αποθεμάτων

1) Χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού

Ο χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού είναι το διάστημα στο οποίο εφαρμόζεται το κύριο πλάνο παραγωγής. Ο χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού μπορεί να είναι πεπερασμένος ή άπειρος. Ο πεπερασμένος χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού συνήθως συνοδεύεται από δυναμική ζήτηση, ενώ ο άπειρος από σταθερή ζήτηση. Επιπρόσθετα το σύστημα μπορεί να παρατηρείται συνεχώς ή σε διακριτά χρονικά σημεία, κάτι το οποίο το κατατάσσει ως σύστημα συνεχούς ή διακριτού τύπου. Όσον αφορά την ορολογία, τα προβλήματα μεγέθους παρτίδας παραγωγής εμπίπτουν στις εξής κατηγορίες: Προβλήματα μεγάλου κάδου, προβλήματα μικρού κάδου. Τα προβλήματα μεγάλου κάδου είναι εκείνα στα οποία το χρονικό διάστημα είναι αρκετά μεγάλο ώστε να μπορούν να παραχθούν πολλά προϊόντα, ενώ στα προβλήματα μικρού κάδου το χρονικό διάστημα είναι τόσο μικρό ώστε μόνο ένα προϊόν μπορεί να παραχθεί κάθε φορά.

2) Αριθμός επιπέδων του συστήματος

Τα συστήματα παραγωγής μπορούν να χαρακτηριστούν είτε ως μονοεπίπεδα είτε ως πολυεπίπεδα. Στα μονοεπίπεδα συστήματα το τελικό προϊόν είναι συνήθως απλό. Οι πρώτες ύλες μετά από συγκεκριμένες διαδικασίες επεξεργασίας μετατρέπονται σε τελικό προϊόν. Συγκεκριμένα, το τελικό προϊόν παράγεται απευθείας από τις πρώτες ύλες χωρίς ενδιάμεσες αποσυναρμολογήσεις. Στα πολυεπίπεδα συστήματα υπάρχει μια σχέση ανάμεσα στα στοιχεία της μορφής «γονέας – τέκνο». Οι πρώτες ύλες περνούν από διαφορετικές βαθμίδες επεξεργασίας έως ότου μετατραπούν σε τελικά προϊόντα. Η έξοδος μιας βαθμίδας επεξεργασίας (επίπεδο) αποτελεί την είσοδο για μια άλλη. Τα πολυεπίπεδα προβλήματα είναι πιο δύσκολα ως προς την **επίλυσή** τους σε σχέση με τα μονοεπίπεδα.

3) Αριθμός προϊόντων

Ο αριθμός των τελικών προϊόντων σε ένα σύστημα παραγωγής είναι ένα επιπλέον σημαντικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει την μοντελοποίηση και την πολυπλοκότητα του προγραμματισμού παραγωγής. Υπάρχουν δυο βασικοί τύποι συστημάτων παραγωγής όσον αφορά τον αριθμό των προϊόντων, τα συστήματα που έχουν μόνο ένα προϊόν και τα συστήματα που πολλαπλά προϊόντα πρέπει να κατασκευαστούν.

4) Περιορισμοί χωρητικότητας/πόρων

Οι πόροι σε ένα σύστημα παραγωγής περιλαμβάνουν: το ανθρώπινο δυναμικό, τον εξοπλισμό, τις μηχανές, τον αποθηκευτικό χώρο, τα κεφάλαια κ.ά. Οι περιορισμοί χωρητικότητας/πόρων είναι πολύ σημαντικοί καθώς επηρεάζουν καθοριστικά την πολυπλοκότητα του συστήματος.

5) Αλλοίωση των προϊόντων

Στην περίπτωση κατά την οποία καθίσταται δυνατή η πιθανή αλλοίωση των προϊόντων δημιουργείται η ανάγκη για επιπλέον περιορισμούς στον χρόνο αποθήκευσης. Γεγονός το οποίο οδηγεί στην αύξηση της πολυπλοκότητας του συστήματος.

6) Ζήτηση

Η ζήτηση αποτελεί την βασική είσοδο του μοντέλου του προβλήματος. Η ζήτηση μπορεί να χαρακτηριστεί ως: στατική, δυναμική, αιτιοκρατική, πιθανολογική, ανεξάρτητη και εξαρτημένη. Όταν η τιμή της ζήτησης δεν μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο, τότε χαρακτηρίζεται ως στατική, ενώ στην αντίθετη περίπτωση ως δυναμική. Αν η τιμή της ζήτησης είναι γνωστή (στατική ή δυναμική) τότε χαρακτηρίζεται αιτιοκρατική. Εάν η τιμή δεν είναι γνωστή και επιπλέον εξαρτάται από τυχαία γεγονότα, χαρακτηρίζεται ως πιθανολογική. Όταν η ζήτηση των προϊόντων καθορίζεται απευθείας από παραγγελίες

πελατών είτε από προβλέψεις, χαρακτηρίζεται ως ανεξάρτητη ζήτηση. Αυτό το είδος ζήτησης συνήθως το συναντάμε στα μονοεπίπεδα συστήματα παραγωγής. Στα πολυεπίπεδα συστήματα παραγωγής, η ζήτηση στο ένα επίπεδο εξαρτάται από την ζήτηση στο επίπεδο-γονέα, όποτε αυτό το είδος ζήτησης χαρακτηρίζεται ως εξαρτημένη ζήτηση. Προβλήματα με δυναμική και εξαρτημένη ζήτηση είναι πολύ πιο πολύπλοκα από **δ,τι** με στατική και ανεξάρτητη ζήτηση. Επίσης προβλήματα με πιθανολογική ζήτηση είναι πιο δύσκολα στη επίλυση από **δ,τι** προβλήματα με αιτιοκρατική ζήτηση.

7) Δομή της προετοιμασίας των μηχανών

Η δομή προετοιμασίας των μηχανών είναι ένα ακόμα χαρακτηριστικό που επηρεάζει την πολυπλοκότητα του προβλήματος. Το κόστος και ο χρόνος προετοιμασίας συνήθως μοντελοποιούνται εισάγοντας μεταβλητές τύπου «μηδέν – ένα» . Συνήθως η αλλαγή παραγωγής από ένα προϊόν σε ένα άλλο προκαλεί κόστος και επιπλέον χρόνο για την προετοιμασία των μηχανών. Υπάρχουν δυο τύποι δομών προετοιμασίας: απλή και σύνθετη. Αν το κόστος και ο χρόνος προετοιμασίας σε μια περίοδο είναι ανεξάρτητα από αποφάσεις σε προηγούμενες περιόδους, τότε ονομάζεται «απλή δομή προετοιμασίας», ενώ αν εξαρτώνται από αποφάσεις σε προηγούμενες περιόδους τότε ονομάζεται «σύνθετη δομή προετοιμασίας» . Δύο είδη σύνθετης δομής προετοιμασίας περιγράφονται ακολούθως. Το πρώτο είδος σχετίζεται με την ύπαρξη της δυνατότητας συνέχισης της παραγωγής από την μια περίοδο στην επόμενη χωρίς να χρειάζεται επανάληψη στις ρυθμίσεις των μηχανημάτων (setup carry-over). Το δεύτερο είδος σύνθετης δομής προετοιμασίας αναφέρεται στην περίπτωση όπου το κόστος και ο χρόνος προετοιμασίας εξαρτώνται από την αλληλουχία παραγωγής των προϊόντων αλλά και των διαδικασιών παραγωγής.

8) Έλλειψη αποθεμάτων

Η έλλειψη αποθεμάτων είναι άλλο ένα χαρακτηριστικό που επηρεάζει την μοντελοποίηση και την πολυπλοκότητα του προβλήματος. Αν επιτρέπεται η έλλειψη αποθεμάτων σημαίνει ότι η ζήτηση της τρέχουσας περιόδου μπορεί να ικανοποιηθεί στο μέλλον ή να μην ικανοποιηθεί καθόλου. Σε αυτές τις περιπτώσεις συνήθως εισάγεται στην αντικειμενική συνάρτηση ένας όρος κόστους ανικανοποίητης ζήτησης [3].

1.3.4 Παραλλαγές του CLSP

Θεωρούμε ένα σύστημα που παράγει πολλά προϊόντα και όταν αλλάζει παραγωγή από το ένα προϊόν στο άλλο έχει μη μηδενικούς χρόνους ή/και κόστος προετοιμασίας. Η ανάγκη προετοιμασίας αποκλείει τη δυνατότητα συνεχών αλλαγών. Έτσι, το σύστημα παράγει για κάποια ώρα μία παρτίδα κάποιου προϊόντος, το αποθηκεύει, μετά ξεκινά άλλο προϊόν, κοκ. Οι παραγόμενες παρτίδες εξαντλούνται βαθμιαία από τη ζήτηση.

Συνεπώς το πρόβλημα είναι να προσδιοριστεί κάθε πότε πρέπει να παράγεται κάποιο προϊόν και σε πόσο μεγάλες ποσότητες κάθε φορά. Μεγάλες ποσότητες συνεπάγονται μεγάλο κόστος αποθέματος, αλλά εγγύηση ότι δεν υπάρχει έλλειμμα. Μικρές ποσότητες συνεπάγονται ελλείψεις ή, εναλλακτικά, ανάγκη συχνή παραγωγή μικρών παρτίδων ενός προϊόντος συνεπάγεται πολλές προετοιμασίες.

Αυτό είναι το λεγόμενο «πρόβλημα μεγέθους και προγραμματισμού παρτίδων παραγωγής» (lot sizing and scheduling problem). Συχνά η παραγωγή γίνεται κυκλικά ή σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο πρόγραμμα το οποίο επαναλαμβάνεται. Τότε το πρόβλημα είναι ο προσδιορισμός των μεγεθών παρτίδων παραγωγής κάθε προϊόντος (lot sizing problem, LSP).

Μια από τις παραλλαγές του LSP είναι το *διακριτό πρόβλημα μεγέθους παρτίδας παραγωγής* (Discrete Lot Sizing Problem-DLSP) στο οποίο οι μακρό-περίοδοι του CLSP

υποδιαιρούνται σε μικρό- περιόδους. Η βασική παραδοχή του DLSP είναι η επονομαζόμενη «όλα ή τίποτα» στρατηγική παραγωγής, κάτι που σημαίνει ότι μόνο ένα αντικείμενο μπορεί να παραχθεί ανά περίοδο και θα χρησιμοποιηθεί όλη η διαθέσιμη χωρητικότητα. Από αυτή την οπτική το DLSP μπορεί να χαρακτηριστεί ως πρόβλημα μικρού κάδου. Πιθανές μοντελοποιήσεις και τρόποι επίλυσης του DLSP μπορούν να βρεθούν στις δημοσιεύσεις των Jordan-Drex1 και Bruggemann-Jahnke.

Το πρόβλημα μεγέθους παρτίδας παραγωγής με συνεχή προετοιμασία (Continuous Setup Lot sizing Problem-CSLP) είναι ένα βήμα προς μια πιο ρεαλιστική προσέγγιση από το DLSP. Η παραδοχή «όλα ή τίποτα» που είναι περιοριστική δεν υπάρχει στο CSLP, αλλά παρόλα αυτά μόνο ένα αντικείμενο μπορεί να κατασκευαστεί ανά περίοδο. Περισσότερες πληροφορίες μπορούν να βρεθούν στην δημοσίευση των Drex1 και Kimms.

Η βασική ιδέα του αναλογικού προβλήματος μεγέθους παρτίδας παραγωγής (Proportional Lot sizing and Scheduling Problem-PLSP) είναι να χρησιμοποιηθεί η εναπομένονσα χωρητικότητα μιας περιόδου για την παραγωγή ενός δευτέρου αντικείμενου. Η παραδοχή του PLSP είναι ότι η προετοιμασία της μηχανής μπορεί να γίνει μόνο μια φορά σε κάθε περίοδο, οπότε το πολύ δυο προϊόντα μπορούν να παραχθούν σε κάθε περίοδο. Η δημοσίευση των Drex1 και Haase παρέχει περισσότερες λεπτομέρειες.

Το γενικό πρόβλημα μεγέθους παρτίδας παραγωγής (General Lot sizing and Scheduling Problem-GLSP) ενσωματώνει τον προσδιορισμό του μεγέθους παρτίδας παραγωγής αλλά και την σειρά με την οποία θα παραχθούν πολλαπλά προϊόντα σε μια μηχανή περιορισμένης χωρητικότητας [3].

1.3.5 Αλγόριθμοι επίλυσης του CLSP

Οι Florian et al και Brian-Yanasse απέδειξαν ότι το CLSP για ένα προϊόν είναι NP-hard. Αντίστοιχα οι Chen-Thizy απέδειξαν ότι το CLSP για πολλαπλά προϊόντα είναι αυστηρώς NP-hard. Οι Mayes et al έδειξαν ότι ακόμα και η εύρεση εφικτής λύσης για το CLSP με χρόνους προετοιμασίας, είναι NP-hard. Βάσει των παραπάνω μελετών είναι προφανές ότι δεν μπορεί να αναπτυχθεί αλγόριθμος που να επιλύει βέλτιστα το πρόβλημα. Επομένως, όλη η έρευνα έχει εστιαστεί στο να αναπτυχθούν ευρετικοί αλγόριθμοι προκειμένου να λυθεί αποτελεσματικά το πρόβλημα. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι μέθοδοι επίλυσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι η «ακριβείς μέθοδοι», η δεύτερη κατηγορία ονομάζεται «ευρετικοί αλγόριθμοι κοινής λογικής» ή «εξειδικευμένοι ευρετικοί αλγόριθμοι» και στην τρίτη κατηγορία ανήκουν οι ευρετικοί αλγόριθμοι που βασίζονται σε μαθηματικό προγραμματισμό.

Ακριβείς μέθοδοι (exact methods)

Από την στιγμή που το CLSP είναι NP-hard, περισσότεροι από τους πρακτικούς αλγορίθμους είναι ευρετικοί. Ωστόσο, εκτός από την απλή διατύπωση του προβλήματος ως πρόβλημα μεικτού ακέραιου προγραμματισμού, και την επίλυση του με χρήση της μεθόδου κλάδου και φράγματος, υπάρχουν άλλες δυο ακριβείς προσεγγίσεις. Η πρώτη είναι των Barany et al και Leung et al, οι οποίοι χρησιμοποιούν μια τεχνική παραγωγής τομών (ανισότητες). Η δεύτερη προσέγγιση είναι των Erpen και Martin που χρησιμοποιούν μια τεχνική μεταβλητού επαναπροσδιορισμού, ώστε να αναπαραστήσουν το κλασσικό CLSP σε γράφο. Αυτές οι μέθοδοι χρειάζονται σημαντική υπολογιστική ισχύ ώστε να βρουν βέλτιστη λύση κι έτσι έχουν πρακτική εφαρμογή μόνο σε μικρά προβλήματα.

Ευρετικοί αλγόριθμοι κοινής λογικής

Η δομή των αλγορίθμων κοινής λογικής συνήθως περιλαμβάνει τρία βήματα:
Βήμα 1: Προσδιορισμός μεγέθους παρτίδας

Βήμα 2: Έλεγχος εφικτότητας

Βήμα 3: Βελτίωση της λύσης

Το βήμα προσδιορισμού μεγέθους παρτίδας ουσιαστικά περιλαμβάνει την μετατροπή του δεδομένου πίνακα ζήτησης σε πίνακα παραγωγής.

Το δεύτερο βήμα του ευρετικού αλγορίθμου είναι ο έλεγχος εφικτότητας. Σε αυτό το βήμα εξασφαλίζεται ότι η ζήτηση ικανοποιείται για κάθε προϊόν και σε κάθε περίοδο. Υπάρχει όμως η πιθανότητα σε κάποιες περιόδους η συνολική ζήτηση να υπερβαίνει τη διαθέσιμη χωρητικότητα του συστήματος. Επομένως σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να δημιουργηθεί απόθεμα σε προηγούμενες περιόδους που έχουν περίσσειμα χωρητικότητας. Υπάρχουν δυο βασικοί μηχανισμοί έλεγχου εφικτότητας που μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτό το βήμα:

- 1) Μηχανισμός ανάδρασης (feedback mechanism)
- 2) Μηχανισμός προνόησης (Look-ahead mechanism)

Στον μηχανισμό ανάδρασης, οποτεδήποτε η ζήτηση ξεπερνά τη διαθέσιμη χωρητικότητα της περιόδου, η ανικανοποίητη ζήτηση μεταφέρεται σε προηγούμενες περιόδους με εναπομείνουσα χωρητικότητα, λαμβάνοντας υπόψη τα κόστη προετοιμασίας και αποθήκευσης. Στον μηχανισμό προνόησης υπολογίζεται *a priori* για κάθε περίοδο το ελάχιστο απόθεμα, ώστε να αποφευχθούν παραβιάσεις του περιορισμού χωρητικότητας σε μεταγενέστερη περίοδο.

Στο τρίτο βήμα, αυτό της βελτίωσης της λύσης, εφαρμόζεται ένα σύνολο από κανόνες με σκοπό την βελτιστοποίηση της λύσης που προέκυψε από τα δυο προηγούμενα βήματα.

Ευρετικοί αλγόριθμοι βασισμένοι σε μαθηματικό προγραμματισμό

Οι αλγόριθμοι αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούν μεθοδολογίες μαθηματικού προγραμματισμού για τον εντοπισμό της βέλτιστης λύσης. Σε σύγκριση με τους αλγορίθμους κοινής λογικής, στους οποίους είναι πολύ δύσκολο να γίνουν μετατροπές λόγω της φύσης του αλγορίθμου που απαιτεί πλήρη προσαρμογή στα τυχόν νέα δεδομένα, οι αλγόριθμοι αυτής της κατηγορίας είναι πιο γενικοί και επιτρέπουν μετατροπές για διάφορα προβλήματα. Επιπλέον προτερήματα των αλγορίθμων μαθηματικού προγραμματισμού είναι ότι συνήθως δίνουν ποιοτικότερες λύσεις, ότι υπάρχουν πολλά εμπορικά λογισμικά και ότι μπορούν να δώσουν ένα κάτω όριο για την βέλτιστη λύση γεγονός που επιτρέπει την καλύτερη αξιολόγηση της λύσης. Ως μειονεκτήματα θα μπορούσαν να σημειωθούν οι αυξημένες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ καθώς και η πολυπλοκότητα εφαρμογής τους [3].

2 Περιγραφή του Συστήματος Παραγωγής

2.1 Εισαγωγή

Η Αγροφλόρα Α.Ε είναι μια βιομηχανία φυτοχωμάτων και εδαφοβελτιωτικών που δραστηριοποιείται στον χώρο τα τελευταία δέκα χρόνια. Στο εργοστάσιο της παράγεται μια μεγάλη γκάμα εξειδικευμένων προϊόντων τα οποία διατίθενται τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό. Τα προϊόντα αυτής της κατηγορίας έχουν το χαρακτηριστικό ότι έχουν μεγάλο όγκο και βάρος ανά τεμάχιο και σχετικά μικρό περιθώριο κέρδους. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο ποσοστό του συνολικού κόστους τελικού προϊόντος να αποτελείται από το κόστος μεταφοράς και παραγωγής. Η εταιρεία εκμεταλλευόμενη την στρατηγική θέση της Ελλάδας, όσον αφορά τις μεταφορές, έχει καταφέρει να εισχωρήσει στις αγορές της ευρύτερης Ανατολικής Μεσόγειου και να κατορθώσει να αντισταθμίσει την πτώση των πωλήσεων της εγχώριας αγοράς, κατά την διάρκεια της οικονομικής κρίσης. Βασικός στόχος της εταιρείας είναι να επικεντρώσει τις εργασίες της όσο το δυνατόν περισσότερο σε εξαγωγικές δραστηριότητες, γεγονός το οποίο μετατρέπει την βελτιστοποίηση της παραγωγής σε επιτακτική ανάγκη, καθώς η πτώση του κόστους παραγωγής θα οδηγήσει σε ανταγωνιστικότερες τιμές ή/και μεγαλύτερο περιθώριο κέρδους. Στην συνέχεια ακολουθεί ένα γενικό περίγραμμα του συστήματος παραγωγής και συγκεκριμένα μια αναφορά στους εξής τομείς: πρώτες ύλες, προϊόντα, αποθήκη, διαδικασία παραγωγής.

2.2 Πρώτες ύλες

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των προϊόντων είναι: τύρφη, λίπασμα, ανθρακικό ασβέστιο, περλίτης, κοκοφοίνικας και ζεόλιθος. Κάθε μια από τις πρώτες ύλες προσδίδει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στο τελικό προϊόν. Οι περισσότερες πρώτες ύλες εισάγονται από το εξωτερικό και οι συμφωνίες για την προμήθειά τους πραγματοποιούνται ως εξής: Η τιμή ανά κυβικό (ή ανά κιλό ανάλογα την πρώτη ύλη) καθορίζεται από το ύψος της ετήσιας παραγγελίας. Επιπροσθέτως, η παράδοση δεν πραγματοποιείται αμέσως, αλλά ανά ένα ή δυο μήνες, ανάλογα με τις ανάγκες του εργοστασίου. Συνεπώς, η σωστή πρόβλεψη της ετήσιας κατανάλωσης πρώτων υλών επηρεάζει τα συνολικά έξοδα της εταιρείας που σχετίζονται με την προμήθεια πρώτων υλών ενώ η σωστή μηνιαία πρόβλεψη επηρεάζει τις ταμειακές ροές της εταιρείας.

2.3 Προϊόντα

Τα προϊόντα που παράγονται μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- 1) Κατηγοριοποίηση ως προς το περιεχόμενο (συνταγή). Τα παραγόμενα προϊόντα είναι αποτέλεσμα ανάμιξης των πρώτων υλών. Ανάλογα με το ποσοστό της κάθε πρώτης ύλης σε μια συνταγή διαμορφώνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος καθώς και η τιμή του.
- 2) Κατηγοριοποίηση ως προς το μέγεθος της συσκευασίας, το εργοστάσιο παρασκευάζει συσκευασίες των 10, 20, 40 και 70 λίτρων.

2.4 Αποθήκη

Οι πρώτες ύλες καθώς και τα έτοιμα προϊόντα αποθηκεύονται στον εξωτερικό χώρο της μονάδας κάτω από στέγαστρα. Τα προϊόντα μπορούν να παραμένουν αποθηκευμένα για τουλάχιστον δυο χρόνια, καθώς η μόνη αλλοίωση που μπορεί να προκληθεί σε αυτά έχει να κάνει με την συσκευασία και αυτό μόνο σε περίπτωση που είναι σε απευθείας έκθεση στον ήλιο (παρατηρείται αλλοίωση στα χρώματα της συσκευασίας) .

2.5 Διαδικασία παραγωγής

Εξωτερικά του κύριου κτηρίου βρίσκονται οι κάδοι πρώτων υλών. Ο χειριστής του φορτωτή μεταφέρει τις πρώτες ύλες από την αποθήκη στους κάδους πρώτων υλών και φροντίζει να είναι πάντα γεμάτοι. Οι κάδοι των πρώτων υλών συνδέονται μέσω αγωγών με τον κάδο ανάδευσης στο εσωτερικό του κτηρίου, η αναλογία των πρώτων υλών που καταλήγουν στον κάδο ανάδευσης καθορίζεται από τον υπεύθυνο του μηχανήματος και είναι μια απλή ρύθμιση μέσω H/Y . Κατόπιν οι αναμεμιγμένες πρώτες ύλες προωθούνται στην μηχανή συσκευασίας, όπου είναι πιθανό να έχει προηγηθεί ρύθμιση του μηχανήματος ώστε να αλλαχτεί το μέγεθος της παραγόμενης συσκευασίας. Μια διαδικασία χρονοβόρα και δύσκολη, καθώς οποιαδήποτε λάθος ρύθμιση μπορεί να προκαλέσει βλάβη στη μηχανή, σύμφωνα με τους τεχνικούς των μηχανημάτων. Τέλος, το συσκευασμένο προϊόν οδηγείται είτε στην αποθήκη είτε στον παλετοποιητή.

3 Πρόβλεψη Ζήτησης

3.1 Εισαγωγή

Μια επιτυχημένη πρόβλεψη ξεκινά με την συνεργασία του μάνατζερ και εκείνου που διενεργεί την πρόβλεψη. Πρέπει από κοινού να αναζητήσουν απαντήσεις στις εξής ερωτήσεις:

1. Ποιος είναι ο σκοπός της πρόβλεψης; Πώς θα χρησιμοποιηθεί;

Η απάντηση στο ανωτέρω ερώτημα καθορίζει την ακρίβεια που χρειάζεται να έχει η μέθοδος πρόβλεψης, όποτε επηρεάζει καθοριστικά την επιλογή. Η απόφαση για την είσοδο σε μια καινούρια αγορά χρειάζεται μια χονδρική εκτίμηση για το μέγεθος της αγοράς. Ενώ αν η πρόβλεψη γίνεται για λόγους σχετικούς με τον προϋπολογισμό της **εταιρείας**, τότε απαιτείται μεγάλη ακρίβεια. Η κατάλληλη μέθοδος διαφέρει ανάλογα με την περίπτωση.

Αν ο σκοπός της πρόβλεψης είναι να λειτουργήσει σαν μέτρο σύγκρισης για τις επιδόσεις των στρατηγικών της **εταιρείας**, η μέθοδος δεν θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη ειδικές ενέργειες, όπως διαφημίσεις ή άλλες τεχνικές μάρκετινγκ, καθώς τέτοιες ενέργειες επηρεάζουν τα ιστορικά μοτίβα και τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών και αποτελούν κομμάτι της προς αξιολόγηση επίδοσης.

Προβλέψεις οι όποιες απλά σκιαγραφούν το πώς θα είναι το μέλλον, θεωρώντας ότι η **εταιρεία** δεν θα κάνει αλλαγές στην τακτική και στην στρατηγική της, συνήθως δεν χρησιμεύουν στον σχεδιασμό. Από την άλλη, αν ο σκοπός είναι η πρόβλεψη της επίδρασης μιας στρατηγικής μάρκετινγκ πάνω στις πωλήσεις, τότε η μέθοδος θα πρέπει να είναι αρκετά περίτεχνη ώστε να λαμβάνει υπόψη ειδικές ενέργειες και γεγονότα που σχετίζονται με την στρατηγική.

Οι μέθοδοι διαφοροποιούνται ως προς το κόστος, το πεδίο εφαρμογής και την **ακρίβειά** τους. Ο μάνατζερ πρέπει να καθορίσει σαφώς το πόσο μεγάλο σφάλμα ανέχεται στην πρόβλεψη. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να αποφασίσει το πόσο θα ποικίλλουν οι αποφάσεις του ανάλογα με το εύρος της ακρίβειας της πρόβλεψης. Αυτό επιτρέπει, σε αυτόν που εφαρμόζει την πρόβλεψη, να επιλέξει ανάμεσα στο κόστος και την ακρίβεια της πρόβλεψης.

Για παράδειγμα, στον έλεγχο παραγωγής και αποθεμάτων η αυξημένη ακρίβεια θα έχει σαν αποτέλεσμα η **εταιρεία** να διατηρεί μικρότερο απόθεμα ασφάλειας. Επομένως, σε μια τέτοια περίπτωση πρέπει να συγκριθεί το επιπλέον κόστος της περίπλοκης μεθόδου πρόβλεψης με το πιθανό κέρδος από το μικρότερο απόθεμα.

Όταν ο μάνατζερ έχει καθορίσει τον σκοπό της πρόβλεψης, αυτός που διενεργεί την πρόβλεψη θα πρέπει να συμβουλευτεί τον μάνατζερ για το πόσο συχνά θα ήταν χρήσιμο να παράγεται η πρόβλεψη. Από την οπτική γωνιά της στρατηγικής θα πρέπει να συζητηθεί αν η απόφαση που είναι να ληφθεί **βάσει** της πρόβλεψης, μπορεί να αλλάξει σε μεταγενέστερο χρόνο σε περίπτωση που η πρόβλεψη ήταν άστοχη. Αν μπορεί να αλλάξει, τότε θα πρέπει να συζητηθεί η χρησιμότητα της εγκατάστασης ενός συστήματος παρακολούθησης των σφαλμάτων πρόβλεψης.

2. Ποια είναι η δυναμική και οι συνιστώσες του υπό εξέταση συστήματος;

Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα αποσαφηνίζει τις σχέσεις ανάμεσα στις αλληλεπιδρόμενες μεταβλητές. Γενικά θα πρέπει να μελετηθεί το διάγραμμα ροής που απεικονίζει τις σχετικές θέσεις των διαφόρων στοιχείων του συστήματος διανομής, του συστήματος πωλήσεων και του συστήματος παραγωγής. Το διάγραμμα ροής

πρέπει να περιέχει τα σημεία εκείνα που απαιτείται ή κρατείται απόθεμα (pipeline elements), καθώς ασκούν σημαντική επιρροή πάνω σε όλο το σύστημα ροής, οπότε είναι σημαντικά και για την πρόβλεψη. Το διάγραμμα ροής πρέπει επίσης να περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την διαθεσιμότητα ή όχι δεδομένων σε κάθε σημείο. Όπου δεν υπάρχουν δεδομένα πρέπει να υπάρχουν επαρκείς εκτιμήσεις τους, καθώς διαφορετικές μέθοδοι πρόβλεψης χρειάζονται διαφορετικά δεδομένα. Εκεί που τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα ή είναι πολύ δαπανηρό να αποκτηθούν, το εύρος των επιλογών μειώνεται. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό του διαγράμματος ροής είναι να παρέχει την πληροφορία για το ποια σημεία του συστήματος ελέγχονται από την **εταιρεία**. Στα σημεία στα όποια η **εταιρεία** έχει τον απόλυτο έλεγχο (για παράδειγμα, ποσότητα παραγωγής) η διαχείριση τείνει να συντονιστεί με τις διάφορες σχέσεις αίτιου-αποτελέσματος, όποτε και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι πρόβλεψης που λαμβάνουν υπόψη τους αιτιολογικούς παράγοντες.

Το διάγραμμα ροής έχει ιδιαίτερη αξία για εκείνον που θα εφαρμόσει μεθόδους αιτιολογικής πρόβλεψης, καθώς του επιτρέπει να κάνει υποθέσεις για τις πιθανές διακυμάνσεις στα επίπεδα πωλήσεων που προκαλούνται από τα αποθέματα. Επιπλέον, θα μπορεί να προσδιορίσει τους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στην μέθοδο, ώστε η ακρίβεια της πρόβλεψης να είναι μέσα στα αποδεκτά όρια.

Μόλις αυτοί οι παράγοντες, και οι σχέσεις που τους διέπουν, έχουν αποσαφηνιστεί, αυτός που διενεργεί την πρόβλεψη είναι σε θέση να κατασκευάσει ένα αιτιολογικό μοντέλο του συστήματος που να περικλείει τόσο τα γεγονότα όσο και την λογική της κατάστασης που συστήματος.

3. Πόσο σημαντικό είναι το παρελθόν για την εκτίμηση του μέλλοντος;

Σημαντικές αλλαγές στο σύστημα, νέα προϊόντα, νέες ανταγωνιστικές στρατηγικές, ελαττώνουν την ομοιότητα μεταξύ του παρελθόντος και του μέλλοντος. Βραχυπρόθεσμα οι πρόσφατες αλλαγές μπορεί να μην έχουν επιπτώσεις στα ήδη υπάρχοντα μοτίβα, αλλά μακροπρόθεσμα είναι σίγουρο ότι η **επίδραση** τους θα γίνει αισθητή [1].

3.2 Ρεαλιστικές προσδοκίες από την πρόβλεψη

Η χρησιμότητα της πρόβλεψης μπορεί να βελτιωθεί αν ο μάνατζερ υιοθετήσει μια πιο ρεαλιστική στάση απέναντι της. Η τέχνη της πρόβλεψης δεν θα πρέπει να εκλαμβάνεται ως υποκατάστατο της προφητείας, άλλα ως ο καλύτερος τρόπος για να εντοπιστούν και να προεκταθούν στο μέλλον καθιερωμένα μοτίβα ή σχέσεις με σκοπό την πρόβλεψη. Εάν υιοθετηθεί μια τέτοια στάση τότε τα σφάλματα στην πρόβλεψη πρέπει να θεωρηθούν αναπόφευκτα και οι αίτιες που τα προκάλεσαν πρέπει να ερευνηθούν. Η αποδοχή και η κατανόηση του μεγέθους και της φύσης των σφαλμάτων πρόβλεψης διευκολύνει την εκμάθηση και μειώνει τις πιθανότητες να επαναληφτούν τα ίδια σφάλματα στο μέλλον.

Εάν η πρόβλεψη δεν θεωρείται ολοκληρωμένη, υπάρχουν διάφορες συναφείς εργασίες που μπορούν να πραγματοποιηθούν ώστε να βελτιωθεί η συνολική ακρίβεια. Εργασίες όπως η απάντηση σε ερωτήσεις της μορφής «τι θα γινόταν αν», παρατήρηση μη τυχαίων αλλαγών και καλύτερη κατανόηση του παρόντος [2].

3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου πρόβλεψης

Στη συνέχεια θα μελετηθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια των

προβλέψεων, την σημασία τους, καθώς και τα σχετικά πλεονεκτήματα που έχει η χρήση ανθρώπινης κρίσης για πρόβλεψη αντί για τις ποσοτικές μεθόδους. Αυτοί οι παράγοντες είναι καθοριστικοί για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου πρόβλεψης σε επιχειρήσεις και οργανισμούς [2].

3.3.1 Χρονικός ορίζοντας πρόβλεψης

Ο αργός χρόνος απόκρισης των επιχειρήσεων όσον αφορά την τάση της οικονομίας κάνει ευκολότερες τις βραχυπρόθεσμες προβλέψεις. Όταν συμβαίνουν απότομες αλλαγές χρειάζεται χρόνος μέχρι να φάνουν τα **αποτελέσματά** τους. Για παράδειγμα μετά το πετρελαϊκό εμπάργκο του 1973 χρειάστηκαν μήνες μέχρι να εισέλθει η οικονομία στην απότομη πτώση της ύφεσης του 1973/1975, όπως και στην περίπτωση της κρίσης των ενυπόθηκων δάνειων στις ΗΠΑ την περίοδο 2007/2008, όπου χρειάστηκαν κάποιοι μήνες μέχρι την μετάβαση στην φάση της μεγάλης ύφεσης (Great Recession). Όσο ο χρονικός ορίζοντας πρόβλεψης μεγαλώνει, τόσο μεγαλώνουν και οι συνέπειες που έχουν οι συστηματικές μεταβολές στο μέλλον. Οι ποσοτικές μέθοδοι δεν είναι σε θέση να προβλέψουν τέτοιες αλλαγές, οπότε η ανάγκη για πρόβλεψη βασισμένη στην ανθρώπινη κρίση μεγαλώνει όσο μεγαλώνει ο χρονικός ορίζοντας.

3.3.2 Φύση των προϊόντων

Η φύση των προϊόντων για τα οποία πρέπει να προβλεφθεί η ζήτηση παίζει καθοριστικό ρόλο. Για παράδειγμα, τα προϊόντα μόδας ή τέχνης (μουσική βιομηχανία, κινηματογράφος) παρουσιάζουν πολύ μεγάλη διακύμανση της ζήτησης και είναι δύσκολο για τις ποσοτικές μεθόδους να παραγάγουν ακριβή πρόβλεψη. Αυτή είναι άλλη μια κατηγορία όπου υπερτερεί η ανθρώπινη κρίση.

3.3.3 Επίπεδο της οικονομικής δραστηριότητας

Κάποιες βιομηχανίες και επιχειρήσεις επηρεάζονται σημαντικά από τις κυκλικές διακυμάνσεις της οικονομίας (ή άλλους περιβαλλοντολογικούς παράγοντες). Η πρόβλεψη κυκλικών αλλαγών είναι δύσκολη διαδικασία, καθώς το μήκος και το πλάτος των κύκλων συνήθως διαφέρει σημαντικά. Αυτό καθιστά δύσκολη την πρόβλεψη κυκλικών αλλαγών αυστηρά και μόνο με ποσοτικές μεθόδους. Εταιρίες σε βιομηχανικούς κλάδους που δεν επηρεάζονται από κυκλικές μεταβολές (βιομηχανία τροφίμων, τράπεζες, φαρμακοβιομηχανία) μπορούν να στηριχτούν περισσότερο στις ποσοτικές μεθόδους, από ό,τι αυτές που επηρεάζονται (αυτοκινητοβιομηχανία, βιομηχανία μετάλλων, αγροτικός εξοπλισμός), όπου απαιτείται και κριτική πρόβλεψη, με σκοπό να προσδιορίσουν οι κυκλικές αλλαγές. Από την στιγμή που η πρόβλεψη κυκλικών αλλαγών είναι δύσκολη διαδικασία [Makridakis(1982)] η αμέσως καλύτερη εναλλακτική, είναι η στενή παρακολούθηση του παρόντος και η ανάπτυξη στρατηγικών για την αντιμετώπιση των κυκλικών αλλαγών και των επιπτώσεών τους στην οργάνωση.

3.3.4 Αριθμός πελατών

Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των πελατών τόσο καταλληλότερη είναι η χρήση ποσοτικών μεθόδων. Από στατιστική σκοπιά, ο νόμος των μεγάλων αριθμών εξασφαλίζει μικρότερη απόκλιση από το μέσο μοτίβο, γεγονός που οδηγεί σε πιο αποτελεσματική πρόβλεψη. Όταν οι πωλήσεις εξαρτώνται από λίγους πελάτες, η διακύμανση των προβλέψεων

μπορεί να διαφέρει σημαντικά, καθώς η επιρροή ενός ή λίγων πελατών μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τις πωλήσεις. Συνεπώς είναι σημαντικό να γνωρίζει η **εταιρεία** τις προθέσεις των μεγάλων πελατών, μέσω προσωπικών επαφών και εσωτερικής πληροφόρησης. Είναι προφανές ότι οι ποσοτικές μέθοδοι δεν μπορούν να το πετύχουν αυτό, με μόνη εναλλακτική λύση να μένει η κριτική πρόβλεψη.

3.3.5 Τύπος διανομής

Οι πωλήσεις απευθείας στον τελικό καταναλωτή απαιτούν μόνο ένα επίπεδο αποθεμάτων. Αυτό επιτρέπει την ευκολότερη αναγνώριση των αλλαγών στην τελική ζήτηση. Αν ανάμεσα στον κατασκευαστή και στον έμπορο λιανικής υπάρχουν αποθέματα μεγαλύτερου επιπέδου, γίνεται δυσκολότερη η πρόβλεψη, καθώς δεν είναι εύκολο να εντοπιστούν οι αλλαγές στα αποθέματα στο κάθε επίπεδο. Τα αποθέματα λειτουργούν σαν ρυθμιστές, απορροφούν τις αλλαγές της τελικής ζήτησης, κάτι το οποίο δεν μπορεί να είναι γνωστό στον κατασκευαστή πάρα μόνο όταν τα αποθέματα εξαντληθούν ή φτάσουν σε ένα θεμιτό επίπεδο. Σαν αποτέλεσμα, για την αναγνώριση των αλλαγών στην τελική ζήτηση χρειάζεται προσωπική κρίση, κάτι το οποίο δεν μπορούν να πράξουν οι ποσοτικές μέθοδοι.

3.3.6 Βαθμός στον οποίο μπορεί να επηρεαστεί το μέλλον

Όσο περισσότεροι άνθρωποι μπορούν να επηρεάσουν το μέλλον, τόσο πιο δύσκολο είναι για τις ποσοτικές μεθόδους να το προβλέψουν σωστά. Η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορεί να αλλάξει τα καθιερωμένα μοτίβα και τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών και να καταστήσει τις ποσοτικές προβλέψεις άστοχες. Αντιθέτως, σε συνθήκες τέλει ανταγωνισμού, οι ποσοτικές μέθοδοι επιτυγχάνουν προβλέψεις μεγάλης ακριβείας, καθώς δεν υπάρχει ένα παίχτης που να παίζει καθοριστικό ρόλο στις αλλαγές και στην πορεία των γεγονότων

3.3.7 Συχνότητα των προβλέψεων

Όσο πιο συχνές είναι οι προβλέψεις, τόσο πιο μεγάλη είναι η ανάγκη για χρήση ποσοτικών μεθόδων. Εξαιτίας του νόμου των μεγάλων αριθμών, τα μέσα σφάλματα θα είναι κοντά στα αναμενόμενα και η διακύμανση θα είναι μικρή. Επιπρόσθετα, οι άνθρωποι πλήττουν εύκολα με την ρουτίνα και τις επαναλαμβανόμενες εργασίες. Η οκνηρία μειώνει το κίνητρο και φέρνει ασυνέπεια και περιττά λάθη, δεδομένου ότι οι εμπλεκόμενοι δεν μπορούν να επικεντρωθούν στην κουραστική και μονότονη εργασία για μεγάλο χρονικό διάστημα. Απ' την άλλη πλευρά, οι ποσοτικές μέθοδοι και οι υπολογιστές μπορούν να εκτελούν επαναλαμβανόμενες λειτουργίες εξαιρετικά καλά σε τακτική βάση [Makridakis(1986)].

3.3.8 Κύκλος ζωής των προϊόντων

Σε κάθε στάδιο της ζωής του προϊόντος, από την σύλληψη της ιδέας μέχρι την σταθερή κατάσταση, οι αποφάσεις που πρέπει να πάρει η διοίκηση διαφέρουν αρκετά και χρειάζονται διαφορετικές πληροφορίες. Αντίστοιχα διαφέρουν και οι τεχνικές πρόβλεψης που πρέπει να χρησιμοποιηθούν στο κάθε στάδιο.

Ακολουθεί μια σύντομη ανάλυση για το ποια μέθοδο πρόβλεψης πρέπει να χρησιμοποιηθεί ανάλογα με το στάδιο της ζωής του προϊόντος [1].

3.3.8.1 Ανάπτυξη προϊόντων

Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης ενός προϊόντος ο μάνατζερ χρειάζεται απαντήσεις στις εξής ερωτήσεις:

- Ποιες είναι οι εναλλακτικές δυνατότητες ανάπτυξης του προϊόντος X;
- Πώς έχουν πορευτεί προϊόντα παρόμοια με το X;
- Πρέπει να γίνει είσοδος σε αυτή την αγορά; Και αν ναι, σε ποια τμήματα της;
- Πώς πρέπει διατεθούν οι πόροι και ο χρόνος στην έρευνα και ανάπτυξη;
- Ποια θα είναι η θέση του προϊόντος στην αγορά σε πέντε ή δέκα χρόνια από σήμερα;

Οι προβλέψεις που μπορούν να βοηθήσουν στο να απαντηθούν αυτά τα ερωτήματα πρέπει να είναι μακροπρόθεσμες. Τεχνικές, όπως η έρευνα αγοράς και η ιστορική αναλογία, χρησιμοποιούνται σε αυτό το στάδιο. Υπάρχουν όμως και άλλες τεχνικές ανάλογα με την κατάσταση της αγοράς.

➤ Καλά καθορισμένη αγορά

Παρόλο που δεν γίνεται να υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για ένα προϊόν που ακόμα δεν υπάρχει, υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες για την πιθανή του απόδοση, δεδομένου ότι η αγορά στην οποία θα πουληθεί είναι γνωστή και καλά καθορισμένη.

Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να αποκτηθούν με τρεις τρόπους. Πρώτον, μπορεί να συγκροτηθεί πάνελ ειδικών με σκοπό την σύγκριση του υπό εξέταση προϊόντος με κάποιο υπάρχον ανταγωνιστικό προϊόν, βαθμολογώντας το σε ποσοτικές κλίμακες με βάση κάποιους παράγοντες. Για να είναι επιτυχημένη αυτή η προσέγγιση, οι ειδικοί που θα κάνουν την σύγκριση θα πρέπει να προέρχονται από διαφορετικούς κλάδους (μάρκετινγκ, έρευνα και ανάπτυξη, παραγωγή, νομικά και άλλα). Δεύτερον, μπορούν να κατασκευαστούν μοντέλα διάσπασης (decomposition) της αγοράς, διαχωρίζοντας διαφορετικά τμήματα μιας πολύπλοκης αγοράς για εξατομικευμένη έρευνα. Για παράδειγμα, η προβολή των σιγμοειδών καμπύλων για τα επίπεδα εισοδήματος ανά γεωγραφική περιοχή. Τρίτον, μπορεί το υπό εξέταση προϊόν να συγκριθεί με ένα παλαιότερο με το οποίο έχει κοινά χαρακτηριστικά, χρησιμοποιώντας τις τεχνικές ιστορικής αναλογίας. Για παράδειγμα, αυτό εφαρμόστηκε στην περίπτωση της έγχρωμης και ασπρόμαυρης τηλεόρασης.

➤ Μη καλά καθορισμένη αγορά

Πολλές φορές, η αγορά για την οποία προορίζεται το προϊόν δεν είναι καλά καθορισμένη και υπάρχει μικρή διαθεσιμότητα δεδομένων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, συνήθως χρησιμοποιείται η τεχνική των Δελφών και τα μοντέλα εισόδου-εξόδου.

3.3.8.2 Δοκιμή και εισαγωγή (λανσάρισμα)

Προτού ένα προϊόν εισέρθει στο στάδιο ταχείας διείσδυσης, πρέπει να δοκιμαστεί η δυναμική της αγοράς και να γίνει η παρουσίαση του προϊόντος στην αγορά. Σε αυτό το στάδιο η διοίκηση πρέπει να απαντήσει στις εξής ερωτήσεις:

- Ποιο είναι το πλάνο για το μάρκετινγκ; Σε ποιες αγορές πρέπει να εισαχθεί το προϊόν και με τι ποσότητες;
- Πόση παραγωγική χωρητικότητα θα χρειαστεί στα πρώιμα στάδια του προϊόντος;
- Καθώς η ζήτηση θα αυξάνεται, πόσο μπορεί να αυξηθεί η παραγωγική χωρητικότητα;
- Πώς πρέπει να διανεμηθούν οι πόροι που προορίζονται για την έρευνα και την ανάπτυξη;

Οι προβλέψεις πωλήσεων σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να προμηθεύουν την εταιρεία με τις εξής πληροφορίες:

- Η ημερομηνία που θα ξεκινήσει η ραγδαία ανάπτυξη
- Ο ρυθμός διείσδυσης στην αγορά κατά την διάρκεια της ραγδαίας ανάπτυξης
- Το ανώτατο επίπεδο διείσδυσης κατά την διάρκεια της σταθερής κατάστασης

➤ Χρησιμοποιώντας τα πρώιμα δεδομένα

Είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί η ημερομηνία εισαγωγής ενός προϊόντος στην περίοδο ραγδαίας ανάπτυξης. Το **μόνο** που μπορεί να κάνει μια **εταιρεία** είναι να χρησιμοποιήσει στατιστικές μεθόδους παρακολούθησης, για να ελέγχει το κατά πόσο είναι επιτυχημένη η εισαγωγή του προϊόντος στην αγορά και σε συνδυασμό με έρευνες αγοράς να καθορίσει αν έχει υπάρξει κάποια σημαντική αύξηση στις πωλήσεις. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να ληφθεί η μέγιστη προσοχή στην ανάλυση των **πρώιμων** δεδομένων που συλλέγονται, όταν το προϊόν έχει παρουσιαστεί στην αγορά. Για παράδειγμα, είναι σημαντικό να ξεχωριστούν οι πωλήσεις που αναφέρονται στους καινοτόμους και στους μιμητές.

➤ Προβλέποντας την ραγδαία ανάπτυξη

Η πρόβλεψη της ημερομηνίας κατά την οποία ένα προϊόν θα εισέρθει στο στάδιο της ραγδαίας ανάπτυξης, είναι μια συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως: η ύπαρξη ή όχι συστήματος διανομής, η αποδοχή ή/και η **εξοικείωση** των πελατών με το προϊόν, οι ανάγκες που καλύπτονται από το προϊόν και διάφορα σημαντικά γεγονότα που δεν ελέγχονται από την **εταιρεία**. Σε αυτές τις περιπτώσεις συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος των Δελφών, ή γενικά μέθοδοι που είναι καλές στην αναγνώριση σημείων καμπής.

3.3.8.3 Στάδιο ραγδαίας ανάπτυξης

Όταν ένα προϊόν μπει σε αυτό το στάδιο, οι σημαντικότερες αποφάσεις σχετίζονται με την επέκταση των εγκαταστάσεων. Οι αποφάσεις αυτές περιλαμβάνουν τα μεγαλύτερα έξοδα στον κύκλο ζωής του προϊόντος, **οπότε** απαιτείται ανάλογη προσπάθεια για επιτυχημένη πρόβλεψη.

Η πρόβλεψη σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να παρέχει τις εξής πληροφορίες:

- Επιβεβαίωση της προηγούμενης πρόβλεψης για την ραγδαία ανάπτυξη
- Ημερομηνία που οι πωλήσεις θα μπουν στο στάδιο σταθερής κατάστασης

➤ Προβλέποντας τον ρυθμό ανάπτυξης **(ΣΒΗΣΕ ΤΗΝ ΤΕΛΕΙΑ!)**

Μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες προβλέψεις του ρυθμού ανάπτυξης, καθώς και η επίτευξη της σταθερής κατάστασης, χρειάζονται συνήθως έρευνες αγοράς (συγκεκριμένα έρευνες πρόθεσης αγοράς) και συγκρίσεις προϊόντων. **Βέβαια** σε αυτό το σημείο είναι πιθανό να υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα δεδομένα ώστε να εφαρμοστούν κάποιες από τις στατιστικές ίσως και αιτιολογικές μεθόδους (αν και οι τελευταίες θα περιλαμβάνουν παραδοχές που θα πρέπει να επιβεβαιωθούν αργότερα).

3.3.8.4 Σταθερή κατάσταση

Οι αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν σε αυτό το στάδιο διαφέρουν αρκετά σε σχέση με τα προηγούμενα. Ο προγραμματισμός που σχετίζεται με την επέκταση των εγκαταστάσεων έχει έρθει σε πέρας και οι τάσεις και οι ρυθμοί ανάπτυξης έχουν σταθεροποιηθεί. Είναι πιθανό ότι θα υπάρξουν μεταβολές στην ζήτηση, **λόγω** των συνεχώς μεταβαλλόμενων οικονομικών συνθηκών, της εμφάνισης νέων και ανταγωνιστικών προϊόντων και άλλα. **Συνεπώς**, ο μάνατζερ θα πρέπει να επικεντρώσει τις προσπάθειες πρόβλεψης **στους** εξής

τομείς:

- Βραχυπρόθεσμος και μακροπρόθεσμος προγραμματισμός παραγωγής
- Της θέσπισης μέτρων σύγκρισης για τον έλεγχο της αποδοτικότητας των στρατηγικών μάρκετινγκ
- Της υποβοήθησης του προγραμματισμού κερδών

Ο μάνατζερ επίσης θα χρειαστεί και κάποιο σύστημα εντοπισμού και προειδοποίησης, **ώστε** να μπορέσει να αναγνωρίσει εγκαίρως την περίπτωση που έχουμε απότομη πτώση στις πωλήσεις.

➤ Τα κατάλληλα εργαλεία

Στον προγραμματισμό παραγωγής και στην θέσπιση στρατηγικών μάρκετινγκ για βραχύ και μέσο χρονικό ορίζοντα, αυτό που ενδιαφέρει **αρχικά** τον μάνατζερ είναι να έχει στην διάθεση του **ακριβείς** εκτιμήσεις για την τωρινή κατάσταση των πωλήσεων, καθώς και για τον ρυθμό μεταβολής τους.

Κατόπιν, αυτός που θα εφαρμόσει την πρόβλεψη σε αυτό το στάδιο καλείται συνεισφέρει τα εξής:

- Εκτιμήσεις των τάσεων και της εποχικότητας που επηρεάζουν τις πωλήσεις. Η εποχικότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο για τον γενικό προγραμματισμό παραγωγής όσο και για τον έλεγχο των αποθεμάτων. Και οι δυο αυτές πληροφορίες μπορούν να δοθούν από την ανάλυση χρονοσειρών.
- Η συσχέτιση των μελλοντικών πωλήσεων με παράγοντες που μπορούν να **προβλεφθούν** εύκολα ή/και παράγοντες που προηγούνται των πωλήσεων. Για την απόκτηση τέτοιων πληροφοριών χρειάζονται αιτιολογικά μοντέλα.

ίσωσε την παράγραφο

Γενικά, σε αυτό το στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, θα υπάρχουν επαρκή ιστορικά δεδομένα και γνώση αρκετών σχέσεων, είτε εμπειρικά είτε από έρευνες αγοράς, ώστε να εφαρμοστούν τα δυο αυτά σημαντικά εργαλεία.

3.4 Επιλογή μεθόδου πρόβλεψης για την ΑΓΡΟΧΟΥΜ Α.Ε

3.4.1 Εισαγωγή

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου πρόβλεψης είναι μια δύσκολη και πολύπλοκη διαδικασία. Απαιτεί σωστή ανάλυση του προς πρόβλεψη συστήματος, εμπειρία και μηχανισμούς αξιολόγησης των αποτελεσμάτων, ώστε να μπορεί να τροποποιηθεί στο μέλλον.

Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες μέθοδοι πρόβλεψης **καθώς επίσης** και πολλές αντιφάσεις ως προς το ποια μέθοδος είναι καταλληλότερη ή ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος εφαρμογής των τεχνικών **πρόβλεψης**. Πάρα το γεγονός ότι τα διάφορα ευρήματα είναι υπό συζήτηση, μπορούν να εξαχθούν πέντε γενικά συμπεράσματα [2]:

1. Αντιφατικά αποτελέσματα:

Διαφορετικές εμπειρικές μελέτες έχουν εξάγει διαφορετικά συμπεράσματα ως προς τις επιδόσεις των διαφόρων μεθόδων. Καμία μελέτη δεν έδειξε ξεκάθαρη υπεροχή για κάποια από τις μεθόδους. Επιπρόσθετα, δεν υπάρχει κάποια μέθοδος που να έχει με συνέπεια καλύτερες **επιδόσεις** από τις υπόλοιπες με την πάροδο του χρόνου. Αυτό ισχύει τόσο για τις ποιοτικές όσο και για τις ποσοτικές προβλέψεις.

2. Πρόβλεψη βάσει της ανθρώπινης κρίσης (Judgmental forecasting):
Οι άνθρωποι κατέχουν εξειδικευμένη γνώση και πληροφορίες που δεν είναι διαθέσιμες στις ποσοτικές μεθόδους. **Εντούτοις**, οι εμπειρικές μελέτες έχουν δείξει ότι οι προβλέψεις των ανθρώπων δεν είναι πιο ακριβείς από τις προβλέψεις ποσοτικών μοντέλων. Οι άνθρωποι τείνουν να είναι υπερβολικά αισιόδοξοι και να υποτιμούν την αβεβαιότητα του μέλλοντος.
3. Οικονομετρικές μέθοδοι:
Οι εμπειρικές μελέτες έχουν **δείξει** ότι οι προβλέψεις των **οικονομετρικών** μοντέλων δεν είναι κατά ανάγκη πιο ακριβείς από αυτές που παράγονται από μοντέλα ανάλυσης χρονοσειρών. Παρόλα αυτά, ο σκοπός των οικονομετρικών μοντέλων δεν είναι αυστηρά και **μόνο** η πρόβλεψη. Αντ' αυτού, προσπαθούν να εξηγήσουν οικονομικά φαινόμενα και να δώσουν εξηγήσεις όσον αφορά τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Από αυτή τη σκοπιά, τα οικονομετρικά μοντέλα προσφέρουν εξειδικευμένη πληροφορία που δεν είναι διαθέσιμη στα μοντέλα χρονοσειρών. Τέτοιου είδους πληροφορίες μπορούν να συνεισφέρουν στην βελτίωση της ακριβείας πρόβλεψης έμμεσα. **Βέβαια**, όσον αφορά την πρόβλεψη και **μόνο** αυτή, οι εμπειρικές μελέτες δεν δείχνουν κάποια ξεκάθαρη **διαφορά** στην ακρίβεια των προβλέψεων ανάμεσα στα οικονομετρικά μοντέλα και στα μοντέλα ανάλυσης χρονοσειρών.
4. Πολύπλοκες μέθοδοι:
Η εμπειρική έρευνα υποδεικνύει ότι μεγάλα, πολυσύνθετα ή πολύπλοκα στατιστικά μοντέλα δεν παράγουν κατ' ανάγκη πιο ακριβείς προβλέψεις από **ό,τι** τα μικρότερα και σχετικά πιο απλά μοντέλα. Αυτό ισχύει τόσο για τα οικονομετρικά μοντέλα όσο και για τα μοντέλα ανάλυσης χρονοσειρών.
5. Προσαρμοστικές Μέθοδοι:
Οι προσαρμοστικές μέθοδοι δεν είναι πιο ακριβείς από τις μη προσαρμοστικές. Αυτό ισχύει για μικρούς, μεσαίους και μεγάλους χρονικούς ορίζοντες πρόβλεψης.
6. Μέθοδος ελάχιστου τετραγώνου:
Έχει βρεθεί ότι οι μέθοδοι που δίνουν το ίδιο βάρος σε όλα τα δεδομένα (συνήθως ελάχιστα τετράγωνα) είναι λιγότερο ακριβείς, **σε σχέση με** τα σταθμισμένα ελάχιστα τετράγωνα, που δίνουν περισσότερο βάρος στα πιο πρόσφατα δεδομένα.

Είχε βάλει πάραυτα= ευθύς αμέσως

3.4.2 Ανάλυση του συστήματος

Καλύτερα να έβαζες «ανά έτος» ;

ΚΟΥΜ Α.Ε

Η αγορά στην οποία δραστηριοποιείται η Αγροχούμ Α.Ε (αγορά αγροτικών εφοδίων), παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις **από έτος σε έτος**, γεγονός που οφείλεται στην άμεση εξάρτηση από την αγροτική παραγωγή και τις αντίστοιχες επικρατούσες συνθήκες, όπως, τιμές των αγροτικών προϊόντων, ευρωπαϊκές ή κρατικές επιδοτήσεις συγκεκριμένων καλλιεργειών, ασθένειες των φυτών και κλιματολογικές συνθήκες [6].

Η αγορά των αγροτικών εφοδίων είναι μια καλά καθορισμένη αγορά. Οι γεωγραφικές περιοχές στις οποίες αναμένεται να υπάρχει ζήτηση είναι **γνωστές** και δεν αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, καθώς οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις παραμένουν σταθερές. Παρόλο που γίνεται εκτεταμένη έρευνα για νέες τεχνολογίες στον κλάδο, η κρατική νομοθεσία **επιβάλλει** εξαντλητικές **δοκιμές** στα προϊόντα πριν την εμπορική κυκλοφορία τους, για **λόγους δημόσιας** υγείας. Συνεπώς δεν αναμένονται ραγδαίες τεχνολογικές αλλαγές, **οι οποίες** μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την αγορά, όπως συμβαίνει σε άλλους κλάδους [7].

Σκοπός και χρήση της πρόβλεψης

Οι μάνατζερ της Αγροχούμ Α.Ε ενδιαφέρονται για μηνιαίες προβλέψεις σε βάθος ενός έτους, των πωλήσεων των προϊόντων τους, με σκοπό να χρησιμοποιηθούν για την οργάνωση της παραγωγής και των αποθεμάτων. Η μηνιαία πρόβλεψη των πωλήσεων των προϊόντων καθορίζει επίσης και τις μηνιαίες ανάγκες σε πρώτες ύλες. Η ακρίβεια αυτών των προβλέψεων μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στις ταμειακές ροές της επιχείρησης, καθώς οι ανάγκες σε ρευστότητα καλύπτονται από βραχυπρόθεσμα δάνεια. Η τιμή ανά κιλό ή ανά κυβικό κάθε πρώτης ύλης καθορίζεται, μετά από συνεννόηση με τους προμηθευτές, βάσει του ύψους της ετήσιας παραγγελίας. Επομένως η εταιρεία ενδιαφέρεται επίσης να έχει ακριβείς ετήσιες προβλέψεις για τις ανάγκες σε πρώτες ύλες. Η τιμή της κάθε πρώτης ύλης αυξάνεται για κάθε παραγγελία πέρα από την προσυμφωνηθείσα ποσότητα. Κατά συνέπεια, είναι σημαντικό να μην υπάρχει συστηματική υποεκτίμηση στις προβλέψεις.

Εδώ χρειάζεται άνω τελεία

Αριθμός πελατών

Το πελατολόγιο της Αγροχούμ Α.Ε είναι ποικιλόμορφο, περιλαμβάνει βασικούς μεγάλους πελάτες, των οποίων οι προθέσεις και επιδόσεις διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόβλεψη. Ωστόσο, το μεγαλύτερο ποσοστό των πωλήσεων αναφέρεται σε πολλούς μικρότερους πελάτες, που είναι πολύ δύσκολο να μελετηθούν οι προθέσεις του καθενός ξεχωριστά, λόγω του μεγάλου αριθμού τους.

Διανομή

Αντίστοιχα, η διανομή των προϊόντων είναι μεικτή, λιανική και χονδρική. Τόσο οι μεγάλοι πελάτες της εταιρείας, όσο και οι μικρότεροι αναφέρονται και στους δυο τύπους διανομής. Για παράδειγμα, στους μεγάλους πελάτες περιλαμβάνονται αλυσίδες super market (πολλαπλοί τελικοί καταναλωτές-απόθεμα μεγαλύτερου επίπεδου) και μεγαλοεργολάβοι (απευθείας κατανάλωση του προϊόντος-απόθεμα πρώτου επίπεδου). Ομοίως, στους μικρότερους πελάτες συμπεριλαμβάνονται φυτώρια (πολλαπλοί τελικοί καταναλωτές-απόθεμα μεγαλύτερου επίπεδου) και μικροεργολάβοι, αρχιτέκτονες κήπων και γεωπόνοι (απευθείας κατανάλωση του προϊόντος-απόθεμα πρώτου επίπεδου).

Κύκλος ζωής προϊόντων

Τα προϊόντα της Αγροχούμ Α.Ε βρίσκονται στο τελευταίο στάδιο του κύκλου ζωής, αυτό της σταθερής κατάστασης, καθώς κυκλοφορούν στην αγορά για πάνω από επτά χρονιά.

Δεδομένα

Η εταιρεία διαθέτει αναλυτικά ιστορικά δεδομένα για τα έτη 2010–2013. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα του 2013 θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση του μοντέλου, υπάρχουν διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα τριών ετών, 2010–2012, για την κατασκευή του μοντέλου.

Επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή μεθόδου πρόβλεψης:

Επιπλέον από τα παραπάνω πρέπει να ληφθούν υπόψη και κάποιες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρεί μια μέθοδος πρόβλεψης που θα χρησιμοποιηθεί στην οργάνωση παραγωγής και στον έλεγχο αποθεμάτων.

- Δεν θα πρέπει να χρειάζεται να αποθηκευτούν πολλά ιστορικά δεδομένα για το κάθε προϊόν, εάν αυτό είναι δυνατό.
- Θα πρέπει να χρειάζεται την λιγότερη δυνατή υπολογιστική ισχύ.
- Η μέθοδος θα πρέπει να μπορεί να αναγνωρίσει την εποχικότητα και να την συμπεριλάβει στην πρόβλεψη. Επίσης είναι θεμιτό να υπολογίζει την στατιστική σημαντικότητα της εποχικότητας και να μην την λαμβάνει υπόψη όταν δεν χρειάζεται.

Ισιώσε την παράγραφο

- Θα πρέπει να είναι σε θέση να ταιριάζει επαρκώς μια καμπύλη στα πιο πρόσφατα δεδομένα και να μπορεί να προσαρμόζεται γρήγορα στις αλλαγές των τάσεων και της εποχικότητας.
- Θα πρέπει να μπορεί να εφαρμοστεί σε δεδομένα με διαφορετικά χαρακτηριστικά.
- Τέλος, η μέθοδος θα πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτη, ώστε όταν εξετάζονται εκατοντάδες ή και περισσότερα προϊόντα, να μπορεί να κάνει την καλύτερη συνολική δουλειά, παρόλο που μπορεί να μην έχει την καλύτερη ακρίβεια για ένα μεμονωμένο προϊόν σε σχέση με κάποια άλλη μέθοδο.

ισίωσε την παράγραφο

Η επιλογή του μοντέλου

Σύμφωνα με το κεφάλαιο (3.3), την παραπάνω ανάλυση αλλά και τη βιβλιογραφία [1] [2] [8], η βέλτιστη επιλογή είναι ένα μεικτό μοντέλο (ποιοτικό, ποσοτικό και οικονομετρικό). Ωστόσο, στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, θα αναπτυχθεί και θα μελετηθεί η επιλογή και εφαρμογή μόνο ποσοτικών/στατιστικών μεθόδων.

Μια από τις τεχνικές, που πληρεί τις παραπάνω προϋποθέσεις, είναι η εκθετική εξομάλυνση, όπου στα πιο πρόσφατα δεδομένα δίνεται περισσότερο βάρος και δεν απαιτείται η αποθήκευση πολλών δεδομένων. Επιπρόσθετα, τα διαθέσιμα δεδομένα επαρκούν τόσο για την κατασκευή όσο και για την αξιολόγηση του μοντέλου. Υπάρχουν επίσης εκδοχές της εκθετικής εξομάλυνσης, όπου λαμβάνεται υπόψη η εποχικότητα. Γεγονός το οποίο μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια της πρόβλεψης, αν η εποχικότητα της χρονοσειράς είναι στατιστικά σημαντική.

Υπάρχουν πολλές παραλλαγές της εκθετικής εξομάλυνσης. Ωστόσο, όλες έχουν το κοινό χαρακτηριστικό ότι η νέα πρόβλεψη ισούται με την παλιά πρόβλεψη συν ένα ποσοστό του σφάλματος της.

Κάποια από τα μοντέλα της εκθετικής εξομάλυνσης θεωρούνται μια ειδική περίπτωση της τεχνικής των Box και Jenkins [1] [2] [9]. Η τεχνική των Box και Jenkins παρουσιάζει επίσης τα χαρακτηριστικά εκείνα που θα την έκαναν χρήσιμη για πρόβλεψη στον τομέα της οργάνωσης παραγωγής και του έλεγχου αποθεμάτων, με κάποιες όμως σημαντικές διαφορές. Σε αντίθεση με την εκθετική εξομάλυνση η τεχνική των Box και Jenkins έχει την ικανότητα να ενσωματώνει ειδικές πληροφορίες, όπως αλλαγές στις τιμές και στα οικονομικά δεδομένα. Από την άλλη όμως, η επιλογή του τύπου της τεχνικής δεν μπορεί να γίνει με αυτοματοποιημένο τρόπο, αλλά πρέπει να γίνει από άνθρωπο, κάτι το οποίο την κάνει ασύμφορη για μεγάλο αριθμό προβλέψεων.

Συνοψίζοντας, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η τεχνική της εκθετικής εξομάλυνσης, κυρίως λόγω της δυνατότητας που παρέχει στην αυτοματοποιημένη επιλογή των παραμέτρων και των μεθόδων και στην εύκολη εφαρμογή της. Ειδικότερα, αν ληφθεί υπόψη ότι στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, διενεργήθηκε πρόβλεψη για πενήντα δυο χρονοσειρές. Επιπρόσθετα, υπάρχουν αναφορές στην βιβλιογραφία όπου η εκθετική εξομάλυνση παρουσιάζει αντίστοιχη ακρίβεια με τις μεθόδους Box-Jenkins, αν όχι και καλύτερη [2] [9] [10].

3.5 Εκθετική εξομάλυνση

3.5.1 Εισαγωγή

Στις μεθόδους εκθετικής εξομάλυνσης η δημιουργία των προβλέψεων προέρχεται από την εξομάλυνση της διαχρονικής εξέλιξης των τιμών της παρατηρούμενης μεταβλητής, με σκοπό την αναγνώριση του τρόπου συμπεριφοράς της. Η βασική ιδέα όλων των μεθόδων εκθετικής εξομάλυνσης είναι ότι η πρόβλεψη ισούται με την τελευταία παρατήρηση συν ένα

ποσοστό του σφάλματος πρόβλεψης.

Κάποια από τα μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης περιλαμβάνουν όρους που αναφέρονται σε εποχικούς παράγοντες. Οι εποχικοί παράγοντες αντιπροσωπεύουν σχετικά σταθερές αναταράξεις στις τιμές της **χρονοσειράς**, ως προς τη χρονική στιγμή εμφάνισής τους και ως προς το μέγεθός τους. Συνήθεις λόγοι που μια χρονοσειρά εμφανίζει εποχικούς παράγοντες, είναι οι επιρροές από συστηματικές και ημερολογιακά συσχετιζόμενες μεταβολές όπως:

- Φυσικές συνθήκες: Καιρικές μεταβολές που είναι αντιπροσωπευτικές της κάθε εποχής
- Επιχειρηματικές και διοικητικές διαδικασίες: Εκκίνηση και λήξη του σχολικού έτους, τουριστικές σεζόν
- Κοινωνική και πολιτισμική δραστηριότητα: Θρησκευτικές και εθνικές εορτές, αθλητικές **διοργανώσεις**, μεγάλα μουσικά φεστιβάλ

ισώσε την παράγραφο

Οι εποχικοί παράγοντες μπορούν να χαρακτηριστούν ως προσθετικοί ή πολλαπλασιαστικοί, ανάλογα με τον τρόπο που επηρεάζουν τα δεδομένα.

Επιπλέον, υπάρχουν μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης **τα οποία** περιλαμβάνουν όρους που αναφέρονται στην τάση. Ως τάση χαρακτηρίζεται η μακροχρόνια εξέλιξη της **χρονοσειράς**, η οποία μπορεί να είναι σταθερά ανοδική ή σταθερά καθοδική. Οι λόγοι που μια χρονοσειρά εμφανίζει μια συγκεκριμένη τάση είναι συνήθως τα αποτελέσματα των επιρροών από παράγοντες όπως: η πληθυσμιακή αύξηση/μείωση, ο πληθωρισμός/αποπληθωρισμός και οι γενικότερες οικονομικές συνθήκες.

Η τάση μπορεί να χαρακτηριστεί ως προς το είδος της ως: γραμμική, εκθετική, λογαριθμική ή πολυωνυμική. Ως προς την επιρροή της στα δεδομένα, μπορεί να χαρακτηριστεί ως αποσβεννυμένη. **Δηλαδή**, με την πάροδο του χρόνου επηρεάζει όλο και λιγότερο τα δεδομένα, και ως προσθετική ή πολλαπλασιαστική. Στην παρούσα εργασία εξετάζονται μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης με γραμμική ή αποσβεννυμένη γραμμική προσθετική τάση.

3.5.2 Ιστορική ανασκόπηση της εκθετικής εξομάλυνσης

Η εκθετική εξομάλυνση προήρθε από την δουλειά του Robert G. Brown ως αναλυτή επιχειρησιακής **έρευνας** για το πολεμικό ναυτικό των ΗΠΑ, κατά την διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου. Το 1944 ο Brown μετατέθηκε στην μονάδα ανθυποβρυχιακού πολέμου, **όπου** του ανατέθηκε η ανάπτυξη ενός συστήματος τακτικού-τεχνικού **ελέγχου** πυρός. Ο Brown ανέπτυξε ένα μοντέλο παρακολούθησης πληροφοριών που σχετιζόταν με τις τοποθεσίες των υποβρυχίων. Με την χρήση ενός μηχανικού υπολογιστή, μπορούσε να εκτιμηθεί η ταχύτητα του στόχου και η μελλοντική του θέση, με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ακρίβεια στις ρίψεις βομβών βυθού από τα αντιτορπιλικά. Ουσιαστικά, το **μοντέλο** του Brown ήταν ένα μοντέλο απλής εκθετικής εξομάλυνσης για **συνεχή** δεδομένα.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1950, ο Brown επέκτεινε τα μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης για χρήση με διακριτά δεδομένα. Οι τεχνικές του Brown αρχικά **εφαρμόστηκαν** από το πολεμικό ναυτικό των ΗΠΑ για την πρόβλεψη της ζήτησης ανταλλακτικών. Ο Brown παρουσίασε την έρευνα του πάνω στην εκθετική εξομάλυνση το 1956, σε ένα συνέδριο της Operations Research Society of America. Η παρουσίαση αυτή ήταν η βάση για το πρώτο του βιβλίο, **“Statistical Forecasting for Inventory Control”**. Στο δεύτερο βιβλίο του, **“Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series”**, ο Brown ανέπτυξε **τη** μεθοδολογία της γενικής εκθετικής εξομάλυνσης. Σε διάφορα από τα επόμενα βιβλία του σύνδεσε την εκθετική εξομάλυνση με την διοίκηση αποθεμάτων και με τον προγραμματισμό παραγωγής.

Κατά την δεκαετία του 1950, ο Charles C. Holt με την βοήθεια του Logistics Branch of

the Office of Naval Research (ONR), δούλευε ανεξάρτητα από τον Brown για την ανάπτυξη μεθόδων παρόμοιων με την εκθετική εξομάλυνση, με την **διαφορά** ότι περιλάμβανε προσθετικές τάσεις και εποχικότητα. Η αρχική μελέτη του Holt υπήρχε καταχωρημένη στα αρχεία του ONR και δεν είχε δημοσιευτεί, **παρά μόνο** μετά από σχεδόν πενήντα **χρόνια**. Εντούτοις, οι ιδέες του Holt έγιναν διάσημες το 1960. Σε ένα άρθρο-ορόσημο ο Peter Winters δοκίμασε τις μεθόδους του Holt σε εμπειρικά δεδομένα. Στη συνέχεια, η μεθοδολογία αυτή έγινε γνωστή ως το σύστημα πρόβλεψης Holt-Winters.

Άλλο ένα σημαντικό άρθρο ήταν του Muth, καθώς ήταν από τα πρώτα που εξέταζε **τις** ιδιότητες των προβλέψεων που παράχθηκαν με την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης. Οι μέθοδοι του Holt συμπεριλήφθησαν επίσης στο κλασσικό πλέον βιβλίο των Holt, Modigliani, Muth και Simon, *planning production, inventories and workforce* [10].

3.5.3 Μέθοδοι εκθετικής εξομάλυνσης

Ακολουθούν οι συμβολισμοί των διαφόρων μεγεθών των μοντέλων, καθώς και οι εξισώσεις τους. Η ταξινόμηση των μεθόδων έγινε σύμφωνα με την εξής δημοσίευση [11]. Κάθε μέθοδος χαρακτηρίζεται από ένα ή δυο γράμματα για την τάση, και ένα γράμμα για την εποχικότητα [9].

Τάση:

N= χωρίς τάση

A= προσθετική τάση

DA= αποσβεννυμένη προσθετική τάση

Εποχικότητα:

N= χωρίς εποχικότητα

A= προσθετική εποχικότητα

M= πολλαπλασιαστική εποχικότητα

Συμβολισμοί:

t = περίοδος

α = παράμετρος εξομάλυνσης για το επίπεδο της χρονοσειράς

γ = παράμετρος εξομάλυνσης για την τάση

δ = παράμετρος εξομάλυνσης για τον εποχικό παράγοντα

ϕ = παράμετρος τροποποίησης της τάσης

S_t =εξομαλυμένο επίπεδο της χρονοσειρές

T_t = εξομαλυμένη τάση

I_t = εξομαλυμένος εποχικός παράγοντας

X_t = η τιμή της χρονοσειράς την περίοδο t

p = αριθμός περιόδων του εποχικού κύκλου

$\hat{X}_t(m)$ = πρόβλεψη για m περιόδους μπροστά από το αρχικό t

3.5.3.1 Μοντέλο N-N

$$S_t = \alpha X_t + (1-\alpha) S_{t-1}$$

$$\hat{X}_t(m) = S_t$$

3.5.3.2 Μοντέλο N-A

$$S_t = \alpha (X_t - I_{t-p}) + (1-\alpha) S_{t-1}$$

$$I_t = \delta (X_t - S_t) + (1-\delta) I_{t-p}$$

$$\hat{X}_t(m) = S_t + I_{t-p+m}$$

3.5.3.3 Μοντέλο N-M

$$S_t = \alpha (X_t / I_{t-p}) + (1-\alpha) S_{t-1}$$

$$I_t = \delta (X_t / S_t) + (1-\delta) I_{t-p}$$

$$\hat{X}_t(m) = S_t I_{t-p+m}$$

3.5.3.4 Μοντέλο A-N

$$S_t = \alpha X_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma) T_{t-1}$$

$$\hat{X}_t(m) = S_t + m T_t$$

3.5.3.5 Μοντέλο A-A

$$S_t = \alpha (X_t - I_{t-p}) + (1-\alpha) (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma) T_{t-1}$$

$$I_t = \delta (X_t - S_t) + (1-\delta) I_{t-p}$$

$$\hat{X}_t(m) = S_t + m T_t + I_{t-p+m}$$

3.5.3.6 Μοντέλο A-M

$$S_t = \alpha (X_t / I_{t-p}) + (1-\alpha) (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma) T_{t-1}$$

$$I_t = \delta (X_t / S_t) + (1-\delta) I_{t-p}$$

$$\hat{X}_t(m) = (S_t + m T_t) I_{t-p+m}$$

3.5.3.7 Μοντέλο DA-N

$$S_t = \alpha X_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + \phi T_{t-1})$$

$$T_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma)\phi T_{t-1}$$

$$\hat{X}_t(m) = S_t + \sum_{i=1}^m \phi^i T_t$$

3.5.3.8 Μοντέλο DA-A

$$S_t = \alpha (X_t - I_{t-p}) + (1-\alpha) (S_{t-1} + \phi T_{t-1})$$

$$T_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma)\phi T_{t-1}$$

$$I_t = \delta (X_t - S_t) + (1-\delta) I_{t-p}$$

$$\hat{X}_t(m) = S_t + \sum_{i=1}^m \phi^i T_t + I_{t-p+m}$$

3.5.3.9 Μοντέλο DA-M

$$S_t = \alpha (X_t / I_{t-p}) + (1-\alpha) (S_{t-1} + \phi T_{t-1})$$

$$T_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma)\phi T_{t-1}$$

$$I_t = \delta (X_t / S_t) + (1-\delta) I_{t-p}$$

$$\hat{X}_t(m) = (S_t + \sum_{i=1}^m \phi^i T_t) I_{t-p+m}$$

3.5.4 Επιλογή παραμέτρων και αρχικών τιμών

Έχουν γίνει πολλές μελέτες όσον αφορά τις τιμές των παραμέτρων, όσο και των αρχικών τιμών για το επίπεδο, την κλίση και την εποχικότητα. Συνήθως, χρησιμοποιούνται εμπειρικά όρια για τις παραμέτρους, η μέση τιμή της χρονοσειράς για το επίπεδο και διάσπαση χρονοσειρών για την κλίση και την εποχικότητα [9] [10]. Σε αυτή τη διπλωματική εργασία, ακολουθείται η προσέγγιση του Rasmus Rasmussen [12]. Η βάση αυτής της προσέγγισης είναι ότι τόσο οι παράμετροι όσο και οι αρχικές τιμές επιλέγονται μετά από διαδικασία βελτιστοποίησης. Το κριτήριο είναι το εξής: οι τιμές των παραμέτρων και των αρχικών τιμών πρέπει να ελαχιστοποιούν το MSE της πρόβλεψης και των πραγματικών δεδομένων. Μια διαδικασία που μπορεί να γίνει εύκολα τόσο με τον Solver του Excel, όσο και με τις συναρτήσεις μη-γραμμικής βελτιστοποίησης της Matlab.

Τα όρια που χρησιμοποιήθηκαν για τις παραμέτρους και της αρχικές τιμές είναι τα εξής:

- $0 \leq \alpha, \gamma, \delta \leq 1$, [12]
- $0 \leq \phi \leq 2$, για $\phi > 1$ η τάση γίνεται εκθετική [10]
- $S_{int} \geq 0$, [10]
- $I_{int} \geq 0$, για πολλαπλασιαστική εποχικότητα [10]
- I_{int}, T_{int} , ελεύθερου προσήμου για προσθετική εποχικότητα και τάση [10]

Οι αρχικές τιμές που απαιτούνται για τον εποχικό παράγοντα είναι όσες και ο αριθμός περιόδων του εποχικού κύκλου, p . Στην προκειμένη περίπτωση, ο εποχικός κύκλος θεωρείται δωδεκάμηνος ($p=12$).

3.5.5 Επιλογή μεθόδων

Στην βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις στον τρόπο με τον οποίο θα επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης, μερικές από αυτές είναι [10] [13] [14]:

- Κριτήριο επαλήθευσης προβλέψεων
- Κριτήρια πληροφοριών
- Κριτήρια βασισμένα στα χαρακτηριστικά των χρονοσειρών-ανάλυση διακύμανσης
- Οπτικοί κανόνες (μη αυτόματο κριτήριο επιλογής)
- Έμπειρα συστήματα βασισμένα σε κανόνες που προκύπτουν από τα χαρακτηριστικά των χρονοσειρών και από την γνώση του τομέα.

Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε μια παραλλαγή του κριτηρίου επαλήθευσης προβλέψεων. Σε αυτό το κριτήριο, η χρονοσειρά χωρίζεται σε δυο τμήματα: το πρώτο χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των παραμέτρων εξομάλυνσης και το δεύτερο για την επαλήθευση και αξιολόγηση των προβλέψεων. Σαν κριτήριο για την επαλήθευση των προβλέψεων συνήθως χρησιμοποιείται το MAPE, όπου επιλέγεται η μέθοδος με το μικρότερο MAPE [14]. Το MAPE είναι ένας πολύ καλός δείκτης της ποιότητας πρόβλεψης, καθώς ενδείκνυται για την σύγκριση διαφορετικών μεθόδων, αλλά ενδέχεται να δίνει εσφαλμένες πληροφορίες σε περίπτωση που η χρονοσειρά περιέχει μεγάλο εύρος τιμών ή/και μηδενικά. Αντί του MAPE μπορούν να χρησιμοποιηθούν το MAD και το MSE, το καθένα με τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Το MAD, ενώ παρέχει χρήσιμες πρακτικές πληροφορίες, καθώς έχει την ίδια μονάδα μέτρησης με την χρονοσειρά, αλλά δεν θεωρείται

στατιστικά αξιόπιστο. Στον αντίποδα, το MSE είναι στατιστικά αξιόπιστο, αλλά υπάρχει δυσκολία στην πρακτική ερμηνεία του. Συνυπολογίζοντας τα παραπάνω, κατασκευάστηκε ένα σύστημα βαθμολόγησης των μεθόδων, βάσει του οποίου κάθε μέθοδος βαθμολογείται ανάλογα με την κατάταξη της επίδοσής της, σε κάθε ένα από τα τρία κριτήρια (εννέα για την καλύτερη επίδοση, ένα για την χειρότερη). Κατόπιν, επιλέγεται η μέθοδος με την μεγαλύτερη βαθμολογία. Σε περίπτωση ισοβαθμίας επιλέγεται η μέθοδος με την καλύτερη επίδοση στο MSE.

3.5.6 Διαδικασία εφαρμογής

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής: Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του 2010 για πρόβλεψη του 2011. Βάσει του MSE της πρόβλεψης του 2011 και των πραγματικών δεδομένων, επιλέχθηκαν οι παράμετροι εξομάλυνσης και οι αρχικές τιμές που ελαχιστοποιούν το MSE για όλα τα εξεταζόμενα μοντέλα. Κατόπιν, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του 2010 και 2011, και οι παράμετροι και αρχικές τιμές που βρέθηκαν παραπάνω για την πρόβλεψη του 2012, με όλες τις διαθέσιμες μεθόδους. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε το κριτήριο επιλογής μεθόδου που αναλύθηκε παραπάνω και έγινε η τελική επιλογή μεθόδου. Τέλος, οι παράμετροι και οι αρχικές τιμές βελτιστοποιήθηκαν ξανά με χρήση όλων των διαθέσιμων δεδομένων (2010-2012) και διενεργήθηκε η πρόβλεψη του 2013. Με τα πρόσφατα αποκτηθέντα δεδομένα του 2013 θα αξιολογηθεί η ποιότητα των προβλέψεων (βλέπε παρακάτω).

Το μετακίνησα στην επόμενη σειρά για πιο ωραία εμφάνιση

3.5.7 Διαχείριση των δεδομένων

Τα διαθέσιμα μηνιαία δεδομένα αναφέρονται σε πενήντα δύο διαφορετικούς κωδικούς προϊόντων. Υπάρχει μια υπόθεση στην βιβλιογραφία ότι η επιθυμητή ακρίβεια μπορεί να επιτευχθεί ομαδοποιώντας τα προϊόντα, μια κίνηση η οποία μειώνει την σχετική τυχαιότητα στα δεδομένα [1]. Για τον έλεγχο της υπόθεσης αυτής διενεργήθηκε ομαδοποίηση των προϊόντων ως εξής:

- Κατασκευάστηκαν τέσσερις συγκεντρωτικές μηνιαίες χρονοσειρές που αντιπροσωπεύουν την ζήτηση της κάθε συσκευασίας
- Κατασκευάστηκαν τέσσερις συγκεντρωτικές μηνιαίες χρονοσειρές που αντιπροσωπεύουν την ζήτηση της κάθε παραγόμενης συνταγής
- Κατασκευάστηκαν επτά συγκεντρωτικές μηνιαίες χρονοσειρές που αντιπροσωπεύουν την ζήτηση της κάθε πρώτης ύλης
- Κατασκευάστηκαν δεκαεπτά συγκεντρωτικές μηνιαίες χρονοσειρές που αντιπροσωπεύουν την ζήτηση της κάθε κλάσης προϊόντος (ίδια συνταγή για διαφορετικά μεγέθη συσκευασίας). Εδώ πρέπει να επισημανθεί, ότι κάποιες από τις κλάσεις των προϊόντων είναι ίδιες, και ως προς τη χρησιμοποιούμενη συνταγή, αλλά και ως προς τις συσκευασίες. Καταχωρούνται, όμως, με διαφορετικούς κωδικούς, καθώς προορίζονται για διαφορετικούς πελάτες. Λαμβάνοντας υπόψη την διαφορά στη φύση των πελατών αποφασίστηκε να μην ομαδοποιηθούν περαιτέρω.

ίσωσε την παράγραφο

Ετήσιες προβλέψεις πρώτων υλών

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η εταιρεία ενδιαφέρεται και για ετήσιες προβλέψεις που αφορούν τις πρώτες ύλες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους:

1. Μηνιαίες προβλέψεις για τα πενήντα δύο προϊόντα. Άθροιση των μηνιαίων προβλέψεων στο έτος και κατόπιν μετατροπή τους στις τέσσερις διαθέσιμες

συνταγές. Τέλος, σύμφωνα με τα ποσοστά κάθε πρώτης ύλης στις συνταγές, μετατροπή τους στις επτά διαφορετικές πρώτες ύλες.

2. Μηνιαίες προβλέψεις για τις δεκαεπτά κλάσεις προϊόντων. Άθροιση των μηνιαίων προβλέψεων στο έτος και κατόπιν μετατροπή τους στις τέσσερις διαθέσιμες συνταγές και στη συνέχεια σε πρώτες ύλες.
3. Μηνιαίες προβλέψεις για τις τέσσερις συνταγές, άθροιση τους στο έτος και μετατροπή τους σε πρώτες ύλες.
4. Μηνιαίες προβλέψεις για τις επτά πρώτες ύλες και άθροιση τους στο έτος.
5. Οι χρονοσειρές μπορούν να αθροιστούν πρώτα στο έτος και κατόπιν να διενεργηθεί η πρόβλεψη σε ετήσια βάση. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να εφαρμοστεί στις τέσσερις παραπάνω περιπτώσεις.

Οι παραπάνω τρόποι θα συγκριθούν ως προς την ακρίβεια πρόβλεψης που παρέχουν.

Προβλέψεις ως προς τις συσκευασίες

Όπως θα εξηγηθεί στο κεφάλαιο (4.2) υπάρχει ανάγκη για μηνιαίες προβλέψεις για το κάθε μέγεθος συσκευασίας. Η επιθυμητή πρόβλεψη μπορεί να αποκτηθεί με δυο τρόπους:

1. Μηνιαίες προβλέψεις για τα πενήντα δύο προϊόντα και μετατροπής τους ανά συσκευασία
2. Απευθείας μηνιαίες προβλέψεις της ζήτησης των τεσσάρων διαφορετικών μεγεθών συσκευασίας

Συνοψίζοντας, διενεργήθηκε πρόβλεψη για ογδόντα τέσσερις μηνιαίες χρονοσειρές (τριάντα έξι στοιχεία στην κάθε μια) και για ογδόντα τέσσερις ετήσιες χρονοσειρές (τρία στοιχεία η κάθε μια).

3.5.8 Αποτελέσματα και συμπεράσματα

Μέθοδοι - Τάση

Στις πενήντα δυο από τις ογδόντα τέσσερις μηνιαίες προβλέψεις επιλέχτηκε το μοντέλο DA- για την τάση, σε τριάντα δύο το μοντέλο N- και σε καμία το μοντέλο A-. Σε τριάντα πέντε από τις ογδόντα τέσσερις ετήσιες προβλέψεις επιλέχτηκε το μοντέλο το DA-, σε είκοσι εννέα το μοντέλο N- και σε είκοσι το μοντέλο A- [Πίνακας 1, Παράρτημα Α]. Είναι ξεκάθαρη η υπεροχή του μοντέλου αποσβεννυμένης προσθετικής τάσης, ειδικότερα στις μηνιαίες προβλέψεις. Στις περιπτώσεις όπου επιλέχτηκε το DA- πέτυχε τις καλύτερες επιδόσεις και στα τρία κριτήρια, MAD, MSE και MAPE. Το αποτέλεσμα αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το μοντέλο DA- μπορεί να μετατραπεί στο A- και στο N- αναλόγως με ποιες τιμές θα πάρει η παράμετρος «φ». Για $\phi=0$ το μοντέλο DA- μετατρέπεται σε N- (χωρίς τάση), για $\phi=1$ μετατρέπεται σε A- (γραμμική τάση) και για $\phi>1$ εφαρμόζεται εκθετική τάση. Τιμές πολύ κοντά στο μηδέν ή στο ένα (για παράδειγμα $\phi=0,017$, $\phi=0,987$) μπορούν έστω και οριακά να συνεισφέρουν σε καλύτερες προβλέψεις από ό,τι τα αντίστοιχα μοντέλα. Στις περιπτώσεις όπου δεν επιλέχτηκε το DA- ήταν συνήθως οριακά δεύτερο σε επιδόσεις ως προς το MAD και το MSE και παρέμενε καλύτερο ως προς το MAPE. Θεωρητικά θα μπορούσε να εφαρμοστεί μονό το μοντέλο DA- καθώς οι περιπτώσεις στις οποίες δεν επιλέχτηκε μπορεί να σχετίζονται με το γεγονός ότι η επιπλέον πολυπλοκότητα του DA- δυσκολεύει την επιλογή παραμέτρων κατά την διάρκεια της βελτιστοποίησης, ειδικότερα αν ληφθεί υπόψη ότι τόσο ο solver του Excel όσο και η συνάρτηση “fmincon” της Matlab δίνουν υποβέλτιστες λύσεις [Πίνακας 1, Πίνακας 2, Παράρτημα Α: Πίνακες Πρόβλεψης].

προβλέψεων θεωρείται μη ικανοποιητική, καθώς τόσο το μέγεθος όσο και το εύρος του σφάλματος, καθιστούν πολύ δύσκολη την οργάνωση της παραγωγής, βάσει αυτών των πληροφοριών.

Συνοψίζοντας, η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης έτυχε πολύ καλά αποτελέσματα στις ετήσιες προβλέψεις, ενώ οι μηνιαίες προβλέψεις ήταν μη ικανοποιητικές. Οι ανεπαρκείς επιδόσεις της εκθετικής εξομάλυνσης στις μηνιαίες προβλέψεις μπορεί να οφείλονται μερικώς σε δομική αδυναμία της μεθόδου για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις και μερικώς στις ασταθείς οικονομικές συνθήκες. Σύμφωνα με τους μανάτζερ της ΑΓΡΟΧΟΥΜ Α.Ε., κατά την διάρκεια του 2013, ένας αριθμός πελατών κήρυξε πτώχευση. Παράλληλα η εταιρεία συμμετείχε σε διάφορες εκθέσεις στο εξωτερικό με αποτέλεσμα την ανεύρεση νέων πελατών. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγεί τις χαμηλές μηνιαίες επιδόσεις των προβλέψεων, καθώς και τις πετυχημένες ετήσιες προβλέψεις, αφού με τις ενέργειες του τμήματος πωλήσεων η εταιρεία κατάφερε να κάνει τις «αναμενόμενες» πωλήσεις. Πιθανοί τρόποι βελτίωσης θα εξεταστούν στο κεφάλαιο (Σύνοψη και πιθανές βελτίωσης).

Τέλος, η υπόθεση ότι η ομαδοποίηση των χρονοσειρών μπορεί να αποφέρει προβλέψεις καλύτερης ακριβείας δείχνει να μην επιβεβαιώνεται για τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν. Η υπόθεση αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι η ομαδοποίηση μπορεί να μειώσει την σχετική τυχαιότητα στα δεδομένα. Στην πράξη όμως παρατηρήθηκε ότι οι προς ομαδοποίηση χρονοσειρές έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, και ως προς την τάση και ως προς την εποχικότητα. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγεί σε απώλεια πληροφορίας κατά την διάρκεια της ομαδοποίησης, με αποτέλεσμα τη μειωμένη ακρίβεια στις προβλέψεις.

4 Προσδιορισμός βέλτιστου μεγέθους παρτίδας παραγωγής

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτή την ενότητα θα ακολουθήσει ανάλυση σχετικά με την μοντελοποίηση του προβλήματος που αναφέρεται στην παραγωγική μονάδα της ΑΓΡΟΧΟΥΜ Α.Ε. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να περιγράψει ένα απλό, αλλά και συγχρόνως ρεαλιστικό μοντέλο, καθιστώντας το εύκολο στην εφαρμογή. Παράλληλα, οι παραδοχές που έχουν ληφθεί υπόψη στον σχεδιασμό του μοντέλου δεν θα πρέπει προκαλούν βλάβη της γενικότητας.

Για αρχή ορίζονται τα ακόλουθα μεγέθη:

n :	αριθμός προϊόντων
i :	δείκτης προϊόντων ($i=1,2,\dots,n$)
T :	αριθμός περιόδων
t :	δείκτης περιόδων ($t=1,2,\dots,T$)
$C(i,t)$:	μοναδιαίο κόστος παραγωγής του προϊόντος i την περίοδο t
$X(i,t)$:	ποσότητα παραγωγής του προϊόντος i την περίοδο t
$h(i,t)$:	μοναδιαίο κόστος αποθήκευσης του προϊόντος i την περίοδο t
$oC(i,t)$:	μοναδιαίο κόστος παραγωγής του προϊόντος i την περίοδο t (υπερωρία)
$oX(i,t)$:	ποσότητα παραγωγής του προϊόντος i την περίοδο t (υπερωρία)
$Y(i,t)$:	πίνακας που δείχνει αν παράγεται το προϊόν i την περίοδο t .
$a(i)$:	χρόνος παραγωγής του προϊόντος i
$sa(i)$:	χρόνος προετοιμασίας του προϊόντος i
$R(t)$:	διαθέσιμος χρόνος παραγωγής την περίοδο t
$E(t)$:	διαθέσιμος χρόνος παραγωγής την περίοδο t (υπερωρία)

4.2 Χαρακτηριστικά του μοντέλου και παραδοχές

- Ο χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού είναι πεπερασμένος και αποτελείται από T περιόδους ($T=12$ μήνες)
- Το σύστημα παραγωγής θεωρείται μονοεπίπεδο
- Υπάρχουν πολλαπλά προϊόντα που πρέπει να παραχθούν από μια μηχανή
- Ο διαθέσιμος χρόνος παραγωγής της μηχανής είναι περιορισμένος (περιορισμός χωρητικότητας)
- Τα αποθέματα πρώτων υλών θεωρούνται άπειρα (ή καλά οργανωμένες οι παραγγελίες τους)
- Ο χρόνος που πρέπει να περάσει ώστε να αλλοιωθούν τα προϊόντα είναι μεγαλύτερος από τον χρονικό ορίζοντα σχεδιασμού, οπότε δεν προκύπτουν περιορισμοί στον χρόνο αποθήκευσης των προϊόντων
- Δεν επιτρέπεται η έλλειψη αποθεμάτων
- Χωρίς βλάβη της γενικότητας, το αρχικό και το τελικό απόθεμα θεωρείται μηδέν
- Ο αποθηκευτικός χώρος του εργοστάσιου είναι εξωτερικός και η χωρητικότητα του θεωρείται σημαντικά μεγαλύτερη από την παραγωγική δυνατότητα του εργοστάσιου στον χρονικό ορίζοντα σχεδιασμού. Συνεπώς η αποθήκη θεωρείται άπειρη
- Το κόστος αποθήκευσης μεταβάλλεται γραμμικά και πληρώνεται την περίοδο κατά την οποία χρησιμοποιείται το απόθεμα, με σκοπό την κάλυψη της ζήτησης. Από τη

στιγμή που ο αποθηκευτικός χώρος θεωρείται άπειρος και τα προϊόντα δεν αλλοιώνονται, το **μόνο** κόστος που σχετίζεται με την αποθήκευση προϊόντων είναι το κόστος ευκαιρίας κεφαλαίου. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην έκφραση του κόστους αποθήκευσης ως ένα ποσοστό του κόστους παραγωγής των προϊόντων

- Η ζήτηση θεωρείται δυναμική και αιτιοκρατική και ικανοποιείται στην αρχή της περιόδου
- Δεν καθίσταται δυνατή η συνέχιση της παραγωγή από την μια περίοδο στην άλλη χωρίς **την** επαναρύθμιση των μηχανών (δεν θεωρείται setup carry-over), καθώς πραγματοποιούνται μηνιαίες εργασίες συντήρησης των μηχανών.
- Όπως αναφέρθηκε και στην περιγραφή του συστήματος παραγωγής, τα προϊόντα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανά συσκευασία και ανά συνταγή. Αντιστοίχως, η μηχανή απαιτεί ρύθμιση σχετικά με την συνταγή προς παραγωγή, καθώς και το μέγεθος της **συσκευασίας**. Ο χρόνος προετοιμασίας της μηχανής για το μέγεθος της συσκευασίας προκύπτει κατά προσέγγιση μια ώρα και είναι ανεξάρτητος από την προηγούμενη ρύθμιση, ενώ ο αντίστοιχος χρόνος για την συνταγή, είναι κάτω του ενός λεπτού (μια απλή επιλογή στον υπολογιστή που ελέγχει τη μηχανή). Συνεπώς, αν ληφθεί υπόψη ο χρόνος προετοιμασίας της μηχανής για τον τύπο της συνταγής που θα παραχθεί, προστίθεται περιττή πολυπλοκότητα στο πρόβλημα, καθώς θα πρέπει να θεωρηθεί ότι οι χρόνοι και τα κόστη προετοιμασίας εξαρτώνται από την αλληλουχία των προϊόντων (πχ αν παρασκευάζεται συσκευασία 10 lit και γίνει αλλαγή από την συνταγή 1 στη συνταγή 2 ο χρόνος προετοιμασίας θα είναι διαφορετικός από **ό,τι** όταν γίνει αλλαγή από συσκευασία 10 lit σε συσκευασία 40 lit και διαφορετικός αν αλλάξει και η συνταγή κτλ). Γεγονός που δεν θα συνεισφέρει **στη** βελτίωση της λύσης, **λόγω** της μεγάλης διαφοράς στους χρόνους προετοιμασίας των δυο περιπτώσεων. Ως αποτέλεσμα των ανωτέρω, είναι δυνατό να ελαττωθεί ο αριθμός των προϊόντων που θα εξεταστούν στον αριθμό των διαφορετικών συσκευασιών, δηλαδή αντί για πενήντα **δύο** προϊόντα, θα μελετηθούν τέσσερα. Ως εκ τούτου, η συνταγή (η **αναλογία** των πρώτων υλών στην συσκευασία) δεν επηρεάζει ιδιαίτερα τον χρόνο προετοιμασίας. **Ωστόσο** επηρεάζει αρκετά το μοναδιαίο κόστος παραγωγής, καθώς οι πρώτες ύλες έχουν διαφορετικά κόστη. Συνεπώς, για να είναι ρεαλιστικό το μοντέλο θεωρείται ότι το μοναδιαίο κόστος παραγωγής μεταβάλλεται από περίοδο σε περίοδο και διαμορφώνεται ανάλογα με το ποσοστό της ζήτησης της κάθε συνταγής ανά συσκευασία. Για παράδειγμα, στην περίοδο 1 (t=1) στις συσκευασίες των 20 lit (i=2) το 70% της ζήτησης αναφέρεται στην συνταγή 1 και το 30% στην συνταγή 2. **Επομένως** το μοναδιαίο κόστος παραγωγής διαμορφώνεται ως εξής:

$$C(2,1)=0.7*(\text{μοναδιαίο κόστος παραγωγής της συνταγής 1}) + 0.3*(\text{μοναδιαίο κόστος παραγωγής της συνταγής 2})+(\text{μοναδιαίο κόστος παραγωγής συσκευασίας των 20 lit}).$$
- Το κόστος παραγωγής κατά την διάρκεια της υπερωρίας θεωρείται διπλάσιο του κόστους παραγωγής της κανονικής περιόδου λειτουργίας του εργοστασίου.

4.3 Μαθηματική μοντελοποίηση

Το πρόβλημα μοντελοποιήθηκε σαν πρόβλημα μεικτού ακέραιου προγραμματισμού.

Minimize

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T [C(i,t) * X(i,t) + h(i,t) * I(i,t) + oC(i,t) * oX(i,t) + Sc(i) * Y(i,t)]$$

Subject to:

1. $\sum_{i=1}^n [a(i) * X(i) + Sa(i) * Y(i)] \leq R(t) \quad \forall t$
2. $\sum_{i=1}^n a(i) * oX(i) \leq E(t) \quad \forall t$
3. $X(i,t) + oX(i,t) + I(i,t-1) - I(i,t) = d(i,t) \quad \forall i,t$
4. $X, I, oX \geq 0$
5. $Y(i,t) = \begin{cases} 0, & X(i,t)=0 \\ 1, & X(i,t)>0 \end{cases}$

όπου

1. Περιορισμός διαθέσιμου χρόνου παραγωγής
2. Περιορισμός διαθέσιμου χρόνου παραγωγής (υπερωρία)
3. Περιορισμός ικανοποίησης της ζήτησης
4. Περιορισμοί μη αρνητικότητας
5. Δυναδική μεταβλητή

Η αντικειμενική συνάρτηση z εκφράζει το συνολικό κόστος της παραγωγικής διαδικασίας για όλα τα προϊόντα και όλες τις περιόδους **κι** έχει σαν μονάδα μέτρησης το ευρώ. Ο πρώτος **όρος** της συνάρτησης αναφέρεται στο κόστος παραγωγής, ο δεύτερος στο κόστος αποθήκευσης, ο τρίτος στο κόστος παραγωγής κατά την διάρκεια υπερωρίας και ο τέταρτος **όρος** αναφέρεται στο κόστος προετοιμασίας.

4.4 Αλγόριθμος επίλυσης του CLSP

Το CLSP έχει μελετηθεί εκτενώς και στην βιβλιογραφία υπάρχει μια μεγάλη γκάμα αλγορίθμων επίλυσης. Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, **αναπτύχθηκε** ένας ευρετικός αλγόριθμος, της κατηγορίας των αλγορίθμων κοινής λογικής (εξειδικευμένοι αλγόριθμοι). Οι αλγόριθμοι αυτής της κατηγορίας αποτελούν μια ισορροπημένη επιλογή όσον αφορά την ταχύτητα εκτέλεσης, την ευκολία εφαρμογής και την ποιότητα των παραγόμενων λύσεων, έχοντας ως βασικό μειονέκτημα την περιορισμένη εφαρμογή τους σε διαφορετικού είδους συστήματα παραγωγής από το εξεταζόμενο.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στους ευρετικούς αλγορίθμους κοινής λογικής συνήθως υπάρχουν τρία βήματα:

1. «Προσδιορισμός μεγέθους παρτίδας», **όπου** ο αλγόριθμος **ξεκινά** με μια αρχική λύση η οποία συνήθως παραβιάζει τους περιορισμούς χωρητικότητας.
2. «Έλεγχος εφικτότητας», **όπου** με διάφορες τεχνικές πραγματοποιούνται ενέργειες με σκοπό η αρχική λύση να γίνει εφικτή.
3. «Βελτίωση της λύσης», **όπου** εφαρμόζονται διάφορα κριτήρια για την βελτίωση της λύσης.

Ισούσε την παράγραφο

Σε αυτή την προσέγγιση τα πρώτα δυο βήματα θα συμπτυχθούν σε ένα. Ο αλγόριθμος γράφεται:

Βήμα 1: Προσδιορισμός εφικτής λύσης

Το υπό εξέταση πρόβλημα, είναι ένα πρόβλημα μεικτού ακέραιου προγραμματισμού. Αν αφαιρεθεί ο όρος $Sc(i) * Y(i,t)$ από την αντικειμενική συνάρτηση, **όρος** που αναφέρεται στο κόστος προετοιμασίας και περιλαμβάνει την ακέραια μεταβλητή $Y(i,t)$, τότε το πρόβλημα μετατρέπεται σε πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού. Για τα γραμμικά προβλήματα υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι για γρήγορη και ποιοτική επίλυση.

Λύση του γραμμικού προβλήματος

Αρχικά ενημερώνεται ο περιορισμός διαθέσιμου χρόνου, καθώς θεωρείται ότι σε κάθε περίοδο γίνεται προετοιμασία των μηχανών για όλα τα προϊόντα, **οπότε**:

$$R(t) = R(t) - \sum_{i=1}^n S a(i) \quad \forall t$$

Για την επίλυση του γραμμικού προβλήματος χρησιμοποιήθηκε το CVX, ένα πακέτο για επίλυση κυρτών (convex) προβλημάτων που **αναπτύχθηκε** στο πανεπιστήμιο του Stanford από τους Michael Grant και Stephen Boyd. Το CVX λειτουργεί ως επιπρόσθετη βιβλιοθήκη στην Matlab, **μετατρέποντάς** την ουσιαστικά σε **γλώσσα** προγραμματισμού για μοντελοποίηση και βελτιστοποίηση κυρτών προβλημάτων. Οι προδιαγραφές του μοντέλου κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας κοινές **λειτουργίες** και συναρτήσεις της Matlab, και η σύνταξη θυμίζει σε μεγάλο βαθμό την μαθηματική έκφραση του προβλήματος. Ο συνδυασμός αυτός προσφέρει μεγάλη ευκολία τόσο στη διαμόρφωση των προβλημάτων όσο και στην διαχείριση των αποτελεσμάτων [15]. Ο κώδικας για το προς επίλυση γραμμικό πρόβλημα για παράδειγμα είναι:

```
cvx_begin    %%

variables X(n,T) oX(n,T) I(n,T)
minimize sum(sum(C.*X + oC.*oX + h.*I))
subject to

for t=1:T
    a*X(:,t) <= R
end

for t=1:T
    a*oX(:,t) <= E
end

for i=1:n
    X(i,1) + oX(i,1) - I(i,1) == d(i,1)
    for t=2:T
        X(i,t) + I(i,t-1) + oX(i,t) - I(i,t) == d(i,t)
    end
end

X >= 0
oX >= 0
I >= 0

cvx_end    %%
```

Βήμα 2: Βελτίωση της εφικτής λύσης

Μετά την απόκτηση της αρχικής λύσης, **το** επόμενο στάδιο είναι αυτό της βελτίωσης της λύσης ως προς το χρόνο που καταναλώνεται για προετοιμασία των μηχανών και ως προς το κόστος προετοιμασίας. Η βασική ιδέα στην οποία στηρίζεται η διαδικασία της βελτίωσης είναι η σύγκριση του κόστους προετοιμασίας με το κόστος αποθήκευσης μιας παρτίδας $X(i,t)$ σε προηγούμενη περίοδο $(t-1, t-2, \dots, 1)$. Όσο το κόστος προετοιμασίας είναι μεγαλύτερο, **συμφέρει** να μεταφέρουμε την παρτίδα σε προηγούμενη περίοδο.

Ακολουθούν αναλυτικά τα βήματα της βελτίωσης της λύσης.

Βήμα 2.1 - Υποψήφια για μεταφορά $X(i,t)$

Στον πίνακα X που έχει προκύψει από την αρχική λύση αναζητούνται τα $X(i,t)$ για τα οποία ισχύει το:

(Κριτήριο Μεταφοράς)

$$[X(i,t) * C(i,t) + Sc(i)] \geq [X(i,t) * (h(i,t-k) * k + C(i,t-k))], k \in (0,t-1) \quad \forall t > 1$$

όπου k είναι ο αριθμός των περιόδων που θα μεταφερθεί προς τα πίσω η παρτίδα.

Σημείωση 1: Οι περίοδοι στις οποίες έχει γίνει χρήση του διαθέσιμου χρόνου υπερωρίας δεν ελέγχονται καθώς θεωρείται ότι για να επιλεγθεί η χρήση υπερωρίας κατά την διάρκεια της αρχικής λύσης ήταν και η μοναδική επιλογή για να μην παραβιαστεί ο περιορισμός ικανοποίησης της ζήτησης. **Επομένως**, δεν υπάρχει περιθώριο για μεταφορά της παρτίδας σε προηγούμενες περιόδους.

Σημείωση 2: Αν το $X(i,t-k)$ είναι μηδέν τότε αποκλείεται η μεταφορά, γιατί έχει αποφευχθεί ήδη μια μεταφορά ($X(i,t-k)=0$) και αν γίνει η επιπλέον **απλώς** θα προστεθεί αποθηκευτικό κόστος.

Αν ισχύει το κριτήριο μεταφοράς τότε εξετάζεται αν η περίοδος στην οποία θα γίνει η μεταφορά έχει διαθέσιμο χρόνο παραγωγής. Έτσι προκύπτουν δυο περιπτώσεις:

1. Αν υπάρχει διαθέσιμος χρόνος τότε σημειώνεται το $X(i,t)$ στη λίστα με τα υποψήφια προς μεταφορά X, **όπου** επίσης σημειώνεται σε ποια περίοδο θα μεταφερθεί αλλά και **πόσο** θα μειωθεί η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης.
 - GM: κατά **πόσο** θα μειωθεί η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης
 $GM = Sc(i) - [X(i,t) * (C(i,t) - C(i,t-k) - h(i,t-k) * k)]$
2. Αν δεν υπάρχει διαθέσιμος χρόνος παραγωγής στη t-k περίοδο τότε υπολογίζεται για **πόσο** δεν χωράει να μεταφερθεί η παρτίδα.
 - sumCAP(t-k): πόσος χρόνος είναι ακόμα διαθέσιμος για παραγωγή την περίοδο t-k,

$$sumCAP(t-k) = R(t-k) - \sum_{i=1}^n [a(i) * X(i,t-k) + Sa(i) * Y(i,t-k)]$$
 - Delta _ Capacity : χρόνος που υπολείπεται ώστε να χωρέσει η παρτίδα,
 $Delta_Capacity = |a(i) * X(i,t) - sumCAP(t-k)|$

Κατόπιν ελέγχεται για όλα τα i αν το $X(t-k)$ μπορεί να μεταφερθεί κατά Delta_Capacity στην περίοδο t-k-1 και να συνεχίζει να συμφέρει η μεταφορά.

- $GM - [Delta_Capacity / a(i)] * h(i,t-k-1) > 0$

Αν συμφέρει **η μεταφορά** σημειώνεται στη λίστα, **Επιπλέον** σημειώνεται και το ποιο θα μεταφερθεί ώστε να χωρέσει. Αν συμφέρει να γίνει η μεταφορά για περισσότερα από ένα i τότε επιλέγεται αυτό που δίνει το μεγαλύτερο κέρδος. Από εδώ και στο εξής η μεταφορά μιας ολόκληρης παρτίδας θα αναφέρεται ως «άμεση μεταφορά» ενώ η μερική μεταφορά κάποιων παρτίδας ώστε να χωρέσει μια άλλη θα αναφέρεται ως «έμμεση μεταφορά».

Αν έχουν **ελεγχθεί** όλα τα t, για όλα τα i και για όλα τα k και η λίστα με τις υποψήφιες προς μεταφορά παρτίδες είναι κενή, **τότε** ο αλγόριθμος περατώνεται.

Βήμα 2.2 - «Ανταγωνισμοί»

Από το ανωτέρω βήμα έχει προκύψει μια λίστα με τις υποψήφιες παρτίδες προς

μεταφορά. Είναι σύνηθες να μην είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν όλες οι μεταφορές, είτε γιατί μια μεταφορά καθιστά κάποια άλλη ασύμφορη, είτε γιατί την ακυρώνει τελείως, είτε γιατί δεν υπάρχει διαθέσιμος χρόνος παραγωγής σε μια περίοδο για να μεταφερθούν δυο ή περισσότερες παρτίδες. Οπότε, οι διάφορες υποψήφιες προς μεταφορά παρτίδες ανταγωνίζονται μεταξύ τους και γίνεται επιτακτική ανάγκη να κατασκευαστεί ένα κριτήριο επιλογής. Παρακάτω, παρατίθεται η προσέγγιση που προτείνεται από την παρούσα εργασία σχετικά με το πρόβλημα της επιλογής.

Παρατηρείται ότι υπάρχουν δυο είδη ανταγωνισμών, οι «ανταγωνισμοί γειτνίασης» και οι «ανταγωνισμοί διαθέσιμου χρόνου»:

«Ανταγωνισμοί γειτνίασης»

Οι ανταγωνισμοί γειτνίασης μπορούν να εμφανιστούν **εάν** για ένα i (προϊόν) υπάρχουν υποψήφιες προς μεταφορά παρτίδες σε διαφορετικά t (περιόδους) και υπάρχουν τρεις κατηγορίες ανταγωνισμών γειτνίασης. Στη πρώτη κατηγορία υπάρχει ένα υπό εξέταση $X(i,t)$ και ένα $X(i,t+m)$, $m>0$, το οποίο έχει σαν προορισμό μεταφοράς το t (θα μεταφερθεί m περιόδους πίσω). Αν επιλεχτεί για μεταφορά το $X(i,t)$ (δηλαδή $X(i,t)=0$) τότε δεν έχει καμία χρησιμότητα να μεταφερθεί το $X(i,t+m)$, γιατί θα πληρωθεί αποθηκευτικό κόστος για δυο παρτίδες γλιτώνοντας **μόνο** μια προετοιμασία. **Συνεπακολούθως**, αν επιλεχτεί το $X(i,t)$ απευθείας αποκλείεται η επιλογή του $X(i,t+m)$. Για την ποσοτικοποίηση της απώλειας επιλογής θα αφαιρεθεί από το $GM(i,t)$ το $GM(i,t+m)$.

- $GMN(i,t)$: GM μετά από ανταγωνισμούς γειτνίασης
 $GM(i,t) = GM(i,t) - GM(\text{ανταγωνιστών με προορισμό το } t)$

Ακολούθως θα εξεταστεί η δεύτερη κατηγορία. Έστω ότι το $X(i,t)$ έχει σαν προορισμό μεταφοράς το $t-n$ ($n>0$) και έστω ότι και το $X(i,t-n)$ είναι επίσης υποψήφιο προς μεταφορά. Αν μεταφερθεί το $X(i,t)$ το νέο $X(i,t-n)$ θα γίνει: $X'(i,t-n) = X(i,t-n) + X(i,t)$ και το $X(i,t)=0$. Μετά την μεταφορά το νέο $X(i,t-n)$ με την επιπλέον ποσότητα παραγωγής που του προστέθηκε μπορεί να μην είναι πλέον υποψήφιο για μεταφορά ή και να είναι μπορεί να έχει μειωμένο κέρδος. **Κατά συνέπεια**, όπως και παραπάνω θα αφαιρεθεί από το $GM(i,t)$ το $GM(i,t-n)$, ολόκληρο ή το κατά ποσό μειώνεται το κέρδος του.

- $GMN(i,t) = GMN(i,t) -$
 $- GM(\text{ολικό ή μερικό, ανταγωνιστών που είναι προορισμοί του } X(i,t))$

Στην τρίτη κατηγορία εντάσσεται η περίπτωση **κατά την οποία** μια παρτίδα μπορεί να έχει δυο ή και περισσότερους προορισμούς **για** παράδειγμα μια περίοδο και δυο περιόδους πίσω) **όπου** αφαιρείται από το GM της υπό εξέταση παρτίδας **το** GM των εναλλακτικών μετακινήσεων.

«Ανταγωνισμοί διαθέσιμου χρόνου»

Κατά την μεταφορά παρτίδων επηρεάζονται οι διαθέσιμοι χρόνοι παραγωγής της περιόδου προορισμού (άμεση μεταφορά) αλλά ίσως και της περιόδου μεταφοράς μέρους της παραγωγής ώστε να **χωράει** η υπό εξέταση παρτίδα (έμμεση μεταφορά) (βλέπε 2.1.2).

Αν σε κάποια περίοδο το σύνολο της μεταφερόμενης παραγωγής ξεπερνά τον διαθέσιμο χρόνο παραγωγής, **θα** πρέπει να εφαρμοστεί κάποιο κριτήριο επιλογής. Η βασική ιδέα είναι παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στους ανταγωνισμούς γειτνίασης, με την **διαφορά** ότι χρησιμοποιείται ένα τέχνασμα για να προσδοθεί μια επιχορήγηση στην επιλογή που δίνει το μεγαλύτερο GM .

Τα βήματα που πραγματοποιήθηκαν ακολουθούν ως εξής: για κάθε περίοδο που παραβιάζεται ο διαθέσιμος χρόνος παραγωγής, φτιάχνεται μια λίστα CAP_Rivals με τα z

στοιχεία που παραβιάζουν την χωρητικότητα, σημειώνεται το GM του καθενός καθώς και από πού προέρχονται. Στη συνέχεια αφαιρείται από το κάθε στοιχείο το GM του καλύτερου ανταγωνιστή.

$$CAP_Rivals(b)=CAP_Rivals(b)-\max(CAP_Rivals(j)) \quad \forall j \neq b \quad b \in Z$$

Κατόπιν αυξάνουμε όλα τα στοιχεία της λίστας κατά $|\min(CAP_Rivals)|$
 $CAP_Rivals(b)=CAP_Rivals(b)+ |\min(CAP_Rivals(j))| \quad \forall j \in Z$

Τέλος αφαιρείται πάλι από το κάθε ένα το GM του καλύτερου ανταγωνιστή. Ενημερώνεται το GMN για τα εξεταζόμενα στοιχεία.

$$GMN=GMN-(GM-CAP_Rivals)$$

Σημείωση: το πόσο καλή θα είναι η επιλογή του παραπάνω κριτηρίου εξαρτάται από το σύστημα παραγωγής. Αν τα προϊόντα που παράγονται είναι στενά συσχετισμένα μεταξύ τους (όπως στο υπό εξέταση σύστημα παραγωγής όπου υπάρχει συσκευασία της πρώτης ύλης σε διαφορετικά μεγέθη), σημαίνει ότι η επιλογή που μειώνει περισσότερο την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης καταναλώνει συνήθως και τον λιγότερο χρόνο παραγωγής, τότε το κριτήριο επιλεγεί σωστά.

Βήμα 2.3 – «Επιλογή βέλτιστης μετακίνησης»

Η λίστα με τις υποψήφιες προς μεταφορά παρτίδες είναι πλέον έτοιμη, και περιλαμβάνει το αναμενόμενο κέρδος από την κάθε μετακίνηση το οποίο είναι μειωμένο λόγω των διαφόρων ανταγωνισμών. Η τιμή αυτή είναι η βαθμολογία της κάθε μετακίνησης. Επιλέγεται να μεταφερθεί η παρτίδα που προσδίδει το μεγαλύτερο κέρδος στην τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης και κατόπιν ενημερώνονται οι διαθέσιμοι χρόνοι παραγωγής, η λίστα διαγράφεται και γίνεται επιστροφή στο βήμα 2.1 .

Τα βήματα του αλγορίθμου συνοπτικά:

Βήμα 1: Προσδιορισμός εφικτής λύσης

- Το πρόβλημα μετατρέπεται σε πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού και λύνεται για να αποκτηθεί μια αρχική εφικτή λύση

Βήμα 2: Βελτίωση της εφικτής λύσης

Βήμα 2.1 - Υποψήφια για μεταφορά $X(i,t)$

- Αναζητούνται στον πίνακα X της αρχικής λύσης, τα $X(i,t)$ για τα οποία ισχύει το κριτήριο μεταφοράς
- Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμες προς μεταφορά παρτίδες, ο αλγόριθμος περατώνεται

Βήμα 2.2 - «Ανταγωνισμοί»

- «Ανταγωνισμοί γειτνίασης», εξετάζονται όλες οι υποψήφιες προς μεταφορά παρτίδες για το αν έχουν ανταγωνισμούς γειτνίασης και τροποποιείται αναλόγως το αναμενόμενο κέρδος τους
- «Ανταγωνισμοί διαθέσιμου χρόνου», εξετάζονται όλες οι υποψήφιες προς μεταφορά παρτίδες για το αν έχουν ανταγωνισμούς διαθέσιμου χρόνου και τροποποιείται αναλόγως το αναμενόμενο κέρδος τους

Βήμα 2.3 – «Επιλογή βέλτιστης μετακίνησης»

- Επιλέγεται η καλύτερη μεταφορά και ο αλγόριθμος επιστρέφει στο βήμα 2.1

4.5 Αριθμητικό παράδειγμα

Θα παρουσιαστεί αναλυτικά η λύση ενός μικρού προβλήματος τριών προϊόντων και τεσσάρων περιόδων. Επιπλέον χαρακτηριστικά του παραδείγματος είναι ότι τα κόστη προετοιμασίας, παραγωγής και αποθήκευσης εξαρτώνται **μόνο** από τα προϊόντα και όχι από την περίοδο, το $a(i)=1$ για όλα τα i , καθώς και ότι ο χρόνος προετοιμασίας **θεωρείται** αμελητέος [16].

Δεδομένα του προβλήματος:

dit	i \ t	1	2	3	4	Sc	C	hi
	1	100	150	200	50	70	6	0,6
	2	80	40	40	40	90	10	1
	3	150	180	180	180	200	83	0,83
	R	450	400	450	300			
	sumCap	120	30	30	30			

1^η Επανάληψη

Βήμα 1: Προσδιορισμός εφικτής λύσης

Η μετατροπή του προβλήματος σε γραμμικό και η **επίλυσή** του σε αυτό το παράδειγμα δίνει $X(i,t)=d(i,t)$.

Βήμα 2: Βελτίωση της εφικτής λύσης

Βήμα 2.1 - Υποψήφια για μεταφορά $X(i,t)$

Γίνεται αναζήτηση του πίνακα X για πιθανές μεταφορές, αρχικά για X που μπορούν να μεταφερθούν μια περίοδο πίσω.

$$k=1$$

GM	i \ t	1	2	3	4
	1		-20	-50	40
	2		50	50	50
	3		50,6	50,6	50,6

Επτά από τις εννέα παρτίδες μπορούν να μειώσουν την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης αν μεταφερθούν. **Σε αυτό το σημείο**, ελέγχεται αν υπάρχει διαθέσιμος χρόνος παραγωγής για αυτές τις μεταφορές.

CAP	i \ t	1	2	3	4
	1				50
	2		40	40	40
	3		180	180	180

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται οι ανάγκες σε χρόνο παραγωγής για την κάθε παρτίδα. Συγκρίνοντας με τον πίνακα sumCAP γίνεται η παρατήρηση ότι μόλις μια παρτίδα μπορεί να μεταφερθεί άμεσα στην περίοδο προορισμού της ($X(2,2)$), ενώ τρεις παρτίδες μπορούν να μεταφερθούν **μόνο** αν δημιουργηθεί διαθέσιμος χρόνος παραγωγής, μεταφέροντας ποσοστό της παραγωγής σε προηγούμενη περίοδο ($X(1,4)$, $X(2,3)$, $X(2,4)$).

Τέλος για τρεις παρτίδες κρίνεται ασύμφορη ή/και αδύνατη η μεταφορά τους (X(3,2), X(3,3), X(3,4)).

Για τις τρεις παρτίδες που πρέπει να γίνει έμμεση μεταφορά παραγωγής έχουμε τον εξής πίνακα:

transfer			
i,t	i,t	dest	delta_cap
1,4	1,3	1,2	20
2,4	1,3	1,2	10
2,3	1,2	1,1	10

όπου η πρώτη στήλη δείχνει την υπό εξέταση παρτίδα, η δεύτερη στήλη δείχνει από ποια παρτίδα θα μεταφερθεί ποσοστό ώστε να δημιουργηθεί διαθέσιμος χρόνος (επιλέγεται αυτή που θα μειώσει λιγότερο το κέρδος της μεταφοράς), η τρίτη στήλη δείχνει τον προορισμό της έμμεσης μεταφοράς και η τετάρτη το **πόσο** θα μεταφερθεί για να χωρέσει η υπό εξέταση παρτίδα.

Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται και για k=2 και k=3.

k=2

GM	i \ t	1	2	3	4
	1			-170	10
	2			10	10
	3			-98,8	-98,8

CAP	i \ t	1	2	3	4
	1				50
	2		40		40
	3				

transfer			
I,t	I,t	dest	delta_cap
2,4	1,2	1,1	10

k=3

GM	i \ t	1	2	3	4
	1				-20
	2				-30
	3				-248,2

Αφού **εξετάστηκαν** όλα τα X(i,t) για όλα τα k, η λίστα με τις υποψήφιες προς μεταφορά παρτίδες θα μοιάζει με την ακόλουθη:

cFc	i	t	dest(t)	cap_trans(i)	cap_dest(t)	delta_cap	trans_cost	GM
1	1	4	3	1	2	20	12	28
2	2	2	1	0	0	0	0	50
3	2	3	2	1	1	10	6	44
4	2	4	3	1	2	10	6	44
5	2	3	1	0	0	0	0	10
6	2	4	2	1	1	10	6	4

Η δεύτερη και τρίτη στήλη αναφέρονται στις υποψήφιες προς μεταφορά παρτίδες, στην τέταρτη στήλη αναφέρεται ο προορισμός τους, στη πέμπτη και έκτη στήλη σημειώνονται τα X που θα μεταφερθούν, ώστε να χωρέσουν οι υποψήφιες παρτίδες, στην εβδόμη στήλη σημειώνεται ο χρόνος που πρέπει να μεταφερθεί και στην όγδοη το κόστος της έμμεσης μεταφοράς. Τέλος, η ενάτη στήλη αναφέρεται στο κέρδος που θα έχουμε από την μεταφορά των παρτίδων.

Βήμα 2.2 - «Ανταγωνισμοί»

Σε αυτό το βήμα προκύπτει ο εντοπισμός των ανταγωνισμών. Αρχικά πραγματοποιείται αναζήτηση ανταγωνισμών γειτνίασης.

«Ανταγωνισμοί γειτνίασης»

i,t	competitors	GM(comp)	GMN
2,2	2,3 2,4(k=2)	44 4	2
2,3	2,2 2,4 2,3(k=2)	40 44 10	-50
2,4	2,3 2,4(k=2) 2,3(k=2)	34 4 10	-4
2,3(k=2)	2,3 2,4	44 44	-78
2,4(k=2)	2,4 2,2	44 40	-80

Στον παραπάνω πίνακα στην πρώτη στήλη υπάρχουν οι υπό εξέταση παρτίδες, στην δεύτερη στήλη οι ανταγωνιστές, στην τρίτη στήλη το κέρδος που θα απολεσθεί, αν επιλεγθεί η συγκεκριμένη παρτίδα έναντι των ανταγωνιστών, και στην τελευταία στήλη το τελικό κέρδος κάθε επιλογής. Για το X(2,2) και οι δυο ανταγωνιστές του είναι της πρώτης κατηγορίας, για το X(2,3) ο ανταγωνισμός του με το X(2,2) ανήκει στην δεύτερη κατηγορία και αν πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί, είναι προφανές ότι μετά την μεταφορά το X(2,2) παραμένει υποψήφιο για μεταφορά όποτε αφαιρείται από το X(2,3) μόνο το ποσοστό που θα χάσει το X(2,2). Τέλος, ο ανταγωνισμός του με το X(2,3) για k=2 ανήκει στην τρίτη κατηγορία. Αντίστοιχα υπολογίζονται και για τις υπόλοιπες παρτίδες.

«Ανταγωνισμοί διαθέσιμου χρόνου»

t	i,t	GM	max_comp	d_gm_max	min	gmc	max_comp	gmc	iGMC
2	2,3	44	44	0	-34	34	34	0	-44
	2,4(k=2)	10	44	-34	-34	0	34	-34	-44
	1,4(trans)	28	44	-16	-34	18	34	-16	-44
	2,4(trans)	44	44	0	-34	34	34	0	-44
3	1,4	28	44	-16	-16	0	32	-32	-60
	2,4	44	28	16		32	0	32	-12

Σε αυτό το σημείο θα αναζητηθούν οι ανταγωνισμοί διαθέσιμου χρόνου. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, σε δυο περιόδους δεν χωρούν να γίνουν όλες οι μετακινήσεις. Τα αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν στον ανωτέρω πίνακα. Στην πρώτη στήλη υπάρχει η υπό εξέταση περίοδος, στην δεύτερη στήλη οι παρτίδες που μεταφέρουν χρόνο παραγωγής στην περίοδο (όπου trans δηλώνει έμμεση μεταφορά), στην τρίτη στήλη το κέρδος από την μεταφορά κάθε παρτίδας, στην τετάρτη στήλη το κέρδος από την μεταφορά του καλύτερου ανταγωνιστή, στην πέμπτη στήλη η διαφορά των δυο προηγούμενων, στην έκτη η ελάχιστη διαφορά, στην εβδόμη στήλη προστίθεται το απόλυτο της ελαχίστης διαφοράς στο d_gm_max, στην ογδόη στήλη υπάρχει το τροποποιημένο κέρδος από την μεταφορά του καλύτερου ανταγωνιστή, στην ενάτη στήλη η τελική τιμή του GM της κάθε υποψήφιας παρτίδας μετά από τους ανταγωνισμούς διαθέσιμου χρόνου και στην τελευταία η διαφορά του από την αρχικό GM .

Βήμα 2.3 – «Επιλογή βέλτιστης μετακίνησης»

Αφού υπολογίσθηκαν και οι επιπτώσεις των ανταγωνισμών, η λίστα με τις υποψήφιες προς μεταφορά παρτίδες θα είναι ως εξής:

cFc	i	t	dest(t)	cap_trans(i)	cap_dest(t)	delta_cap	trans_cost	GM	GM(final)
1	1	4	3	1	2	20	12	28	-76
2	2	2	1	0	0	0	0	50	2
3	2	3	2	1	1	10	6	44	-94
4	2	4	3	1	2	10	6	44	-60
5	2	3	1	0	0	0	0	10	-78
6	2	4	2	1	1	10	6	4	-124

Επιλέγεται να μεταφερθεί το X(2,2) καθώς έχει το μεγαλύτερο τελικό GM. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί πως η τιμή του τελικού GM δεν είναι το κέρδος που θα προκύψει στην αντικειμενική συνάρτηση, αλλά η «βαθμολογία» της συγκεκριμένης μεταφοράς. Αφού μεταφερθεί η παρτίδα, ενημερώνονται οι διαθέσιμοι χρόνοι παραγωγής και ο αλγόριθμος επιστρέφει στο βήμα 2.1 .

X(i,t)	i \ t	1	2	3	4
	1	100	150	200	50
	2	120	0	40	40
	3	150	180	180	180
	R	450	400	450	300
	sumCap	80	70	30	30

Μετά από δυο ακόμα επαναλήψεις, στις οποίες εκτελούνται τα ίδια βήματα, ο αλγόριθμος περατώνεται δίνοντας την βέλτιστη λύση. Ακολουθεί ο τελικός πίνακας X και η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης του αλγορίθμου που αναπτύχθηκε, καθώς και η αντίστοιχη υποβέλτιστη λύση με χρήση αλγορίθμου του τύπου Wagner – Whitin .

FINAL						WW					
X(i,t)	i \ t	1	2	3	4	X(i,t)	i \ t	1	2	3	4
	1	100	210	190	0		1	100	150	250	0
	2	120	0	80	0		2	160	0	0	40
	3	150	180	180	180		3	150	180	180	180
	R	450	400	450	300		R	450	400	450	300
	sumCap	80	10	0	120		sumCap	40	70	20	80
z	63606					z	63610				

4.6 Αποτελέσματα και συμπεράσματα

Ακολουθούν τα δεδομένα και η επίλυση του προβλήματος προσδιορισμού βέλτιστης παρτίδας παραγωγής για την παραγωγική μονάδα της ΑΓΡΟΦΛΟΡΑ Α.Ε.

d(i,t)													
i \ t		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		860	890	20413	21404	17974	12463	7598	3212	6398	8129	6230	5452
2		5602	207	69740	61407	57732	21833	22981	4028	20049	14952	12969	15477
3		765	423	25994	23951	19032	6613	7240	2516	4878	4833	4703	6459
4		1765	97	9873	9235	8497	2610	3416	646	1218	1581	2698	1669

C(i,t)													
i \ t		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		1,472	1,472	1,474	1,477	1,475	1,474	1,475	1,474	1,478	1,484	1,478	1,478
2		2,053	1,925	1,994	1,985	2,027	1,972	2,011	1,947	2,031	2,038	2,033	2,031
3		2,698	2,712	2,74	2,747	2,705	2,693	2,702	2,704	2,7	2,699	2,72	2,755
4		4,117	4,07	4,108	4,117	4,126	4,114	4,14	4,104	4,101	4,137	4,109	4,116

h(i,t)													
i \ t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	
2	0,103	0,096	0,1	0,099	0,101	0,099	0,101	0,097	0,102	0,102	0,102	0,102	
3	0,135	0,136	0,137	0,137	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,136	0,138	
4	0,206	0,203	0,205	0,206	0,206	0,206	0,207	0,205	0,205	0,207	0,205	0,206	

oC(i,t)													
i \ t		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		2,943	2,943	2,947	2,954	2,951	2,949	2,949	2,949	2,955	2,968	2,956	2,955
2		4,106	3,85	3,988	3,971	4,054	3,944	4,022	3,893	4,062	4,076	4,065	4,062
3		5,396	5,423	5,481	5,494	5,411	5,387	5,403	5,408	5,399	5,397	5,44	5,509
4		8,234	8,139	8,215	8,234	8,251	8,227	8,279	8,208	8,201	8,275	8,217	8,232

a(i)		n	4
1	0,00214	T	12
2	0,0024	Sc(i)	500
3	0,00246	Sa(i)	1
4	0,00333	R(t)	144
		E(t)	72

Ακολουθεί ο πίνακας X που παράγεται από τον αλγόριθμο, καθώς και η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης.

Xopt													
i \ t	t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		860	0	0	0	0	12463	10810	0	6398	8129	11682	0
2		5602	59072	44965	42362	26969	21833	22981	24078	0	14952	12969	15477
3		48133	0	0	3000	19032	6613	9756	0	4878	4833	4703	6459
4		1862	0	9873	9235	8497	2610	4061	0	2799	0	4366	0

oXopt													
i \ t	t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		0	890	20413	21404	17974	0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	3037	13929	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Yopt													
i \ t	t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	
2		1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	
3		1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	
4		1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0

Iopt													
i \ t	t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		0	0	0	0	0	0	3212	0	0	0	5452	0
2		0	58865	34091	16835	0	0	0	20049	0	0	0	0
3		47368	46945	20951	0	0	0	2516	0	0	0	0	0
4		97	0	0	0	0	0	646	0	1581	0	1669	0

Zopt= 1412974

Με την εφαρμογή του αλγορίθμου εξοικονομήθηκαν οκτώ ώρες από τους χρόνους προετοιμασίας, ή 3,8% των ετησίων ωρών λειτουργίας του εργοστάσιου, ή αλλιώς μια εργάσιμη μέρα. Η εξοικονόμηση αυτή θεωρείται μικρή, γεγονός που επισημαίνεται από το ότι η εφικτή λύση βελτιώθηκε κατά 0,27% από το βήμα 2 του αλγορίθμου. Λόγω της έλλειψης εναλλακτικού αλγορίθμου ως μέτρο σύγκρισης και λαμβάνοντας υπόψη ότι αντίστοιχη λύση του προβλήματος από άνθρωπο θα είχε υποδεέστερα αποτελέσματα, η παραγόμενη λύση θεωρείται ικανοποιητική.

Αν το προτεινόμενο πλάνο παραγωγής χρησιμοποιηθεί με τα πραγματικά δεδομένα, καθίσταται μη εφικτό. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι η παραδοχή του μηδενικού αρχικού

αποθέματος δεν υφίσταται στην πράξη (στην **προκειμένη** περίπτωση υπήρχε έλλειψη στατιστικών δεδομένων) και κυρίως στα χαμηλής ακριβείας δεδομένα εισόδου του αλγορίθμου (βλέπε κεφάλαιο 3.5.8). Στο κεφάλαιο (5.3) θα εξεταστούν πιθανοί τρόποι βελτίωσης του αποτελέσματος.

5 Σύνοψη

5.1 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας διενεργήθηκαν ετήσιες προβλέψεις με σκοπό τον προσδιορισμό των αναγκών σε πρώτες ύλες. Επιπρόσθετα, διενεργήθηκαν μηνιαίες προβλέψεις της ζήτησης των προϊόντων, με σκοπό την χρήση τους σε συνδυασμό με κάποιο μοντέλο οργάνωσης παραγωγής. Η μέθοδος που εφαρμόστηκε για τις προβλέψεις ήταν η εκθετική εξομάλυνση, όπου παρουσίασε πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα στις ετήσιες προβλέψεις, αλλά μη ικανοποιητικά αποτελέσματα στις μηνιαίες προβλέψεις. Ο προσδιορισμός του πλάνου παραγωγής μοντελοποιήθηκε ως πρόβλημα βέλτιστης παρτίδας παραγωγής. Το πρόβλημα επιλύθηκε με ανάπτυξη ευρετικού αλγορίθμου και τα αποτελέσματα του είναι δύσκολο να αξιολογηθούν ως προς την πρακτική εφαρμογή τους κυρίως λόγω των ανεπαρκών δεδομένων εισόδου του μοντέλου. Ακολουθώντας θα παρουσιαστούν πιθανές ενέργειες που μπορούν να βελτιώσουν το αποτέλεσμα της μελέτης.

5.2 Βελτίωση της ακρίβειας πρόβλεψης

Στον τομέα της πρόβλεψης οι ενέργειες πρέπει να επικεντρωθούν στην βελτίωση των μηνιαίων προβλέψεων. Παρακάτω, παραθέτονται προσεγγίσεις που πιθανώς να βελτιώσουν την ακρίβεια της πρόβλεψης.

Βελτίωση του υπάρχοντος συστήματος πρόβλεψης

Στο πλαίσιο της βελτίωσης του ήδη υπάρχοντος συστήματος πρόβλεψης θα μπορούσαν να εξεταστούν επιπλέον μοντέλα εκθετικής εξομάλυνσης, που λαμβάνουν υπόψη πολλαπλασιαστική τάση, καθώς και διαφορετικά είδη τάσης, όπως για παράδειγμα πολυωνυμική τάση. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να εξεταστεί αν η αλλαγή του κριτηρίου επιλογής μεθόδων εκθετικής εξομάλυνσης μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια των προβλέψεων. Για παράδειγμα, υπάρχουν αναφορές στην βιβλιογραφία ότι η επιλογή μεθόδων είναι αποτελεσματικότερη όταν γίνεται με χρήση πληροφοριακών κριτηρίων, όπως το κριτήριο του Akaike [14].

Επιλογή διαφορετικής μεθόδου πρόβλεψης

Για την βελτίωση της ακριβείας των μηνιαίων προβλέψεων συνίσταται και η δόκιμη διαφορετικών μεθόδων πρόβλεψης. Θα πρέπει να εξεταστούν μέθοδοι όπως, η κλάση μοντέλων πρόβλεψης ARMA (ARIMA, ARIMAX, SARIMA και άλλα) [17], καθώς και η πρόβλεψη με χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων [18].

Συνδυασμός μεθόδων πρόβλεψης

Όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία, ο συνδυασμός διαφορετικών μεθόδων πρόβλεψης μπορεί να επιφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια πρόβλεψης. Οι εξειδικευμένες πληροφορίες που μπορούν να παρέχουν οι ποιοτικές μέθοδοι, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να αποκτηθούν είτε από έρευνες για τις προθέσεις των μεγάλων πελατών της εταιρείας, είτε από διατμηματικές συνδιασκέψεις (τμήμα μάρκετινγκ, τμήμα πωλήσεων), με σκοπό τον προσδιορισμό των αποτελεσμάτων των στρατηγικών αποφάσεων της εταιρείας στους διαφόρους τομείς. Τέλος, θα πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο για απόκτηση μακροοικονομικών πληροφοριών μέσω κλαδικών μελετών, καθώς και η χρήση οικονομετρικών μοντέλων πρόβλεψης.

5.3 Προγραμματισμός παραγωγής

Όπως αποδείχτηκε από τα αποτελέσματα της μελέτης στο πρόβλημα της οργάνωσης παραγωγής, εκτός από την επιλογή του τρόπου μοντελοποίησης του προβλήματος, είναι καθοριστικής σημασίας η ποιότητα των δεδομένων εισόδου. Εκτός από την πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί και στις υπόλοιπες παραμέτρους, όπως οι τιμές που θα πάρουν τα διάφορα εμπλεκόμενα στην παραγωγή κόστη. Ως προς το τεχνικό σκέλος, θα μπορούσε να δοκιμαστεί η μοντελοποίηση του προβλήματος ως «στοχαστικό πρόβλημα προσδιορισμού βέλτιστης παρτίδας παραγωγής», καθώς μια τέτοια μοντελοποίηση θα λάμβανε υπόψη την αβεβαιότητα του μέλλοντος [19]. Ως προς τον τρόπο επίλυσης του CLSP, υπάρχουν πολλές διαθέσιμες προσεγγίσεις που πιθανώς να δίνουν καλύτερα αποτελέσματα. Για παράδειγμα έχουν προταθεί μέθοδοι για λύση προβλημάτων μεικτού ακέραιου προγραμματισμού με χρήση μεθευρετικών αλγορίθμων [20]. Τέλος, θα μπορούσε να ακολουθηθεί η προσέγγιση της προσομοίωσης διακριτών γεγονότων, ένας επιστημονικός τομέας ο οποίος προσελκύει μεγάλο αριθμό ερευνητών [21].

Βιβλιογραφία

- [1] Satinder K. Mullic, Donald D. Smith John C. Chambers, "How to choose the right forecasting Technique," *Harvard Business Review*, pp. 45-69, July-August 1971.
- [2] Syros Makridakis, "The art and Science of Forecasting: An Assement and Future Directions," *International Journal of Forecasting*, no. 2, pp. 15-39, 1986.
- [3] S.M.T Fatemi Ghomi, J.M. Wilson B Karimi, "The Capacitated Lot Sizing Problem: a review of models and Algorithms," *The International Journal of Management Science*, no. 31, pp. 365-378, 2003.
- [4] P.S. Eisenhut, "A Dynamic Lot Sizing Algorithm with Capacity Constraints," *A I I E Transactions*, vol. 2, no. 7, pp. 170-176, 1975.
- [5] A. Kimms, A. Drexl, "Lot sizing and scheduling-Survey and Extensions," *European Journal of Operational Research*, no. 99, pp. 221-235, 1997.
- [6] ICAP, Η κατάσταση και οι προοπτικές των ΜΜΕ στην Ελλάδα: Κλαδική και δοκτιακή διάσταση των ΜΜΕ: Μεταποίηση-Αγροτικά εφόδια, 2011.
- [7] Van Dijk Management Consultants, Study on option to fully harmonize the EU legislation on fertilising materials including technical feasibility, enviromental, economic and social impacts, 2012, European Comission, Directorate- General for Enterprize and Industry.
- [8] Paul Saffo, "Six rules for Effective Forecasting," *harvard Business Review*, pp. 1-9, July-August 2007.
- [9] Everette S. Gardner Jr., "Exponential Smoothing : The State of the art," *Journal of Forecasting*, no. 4, pp. 1-28, 1985.
- [10] Everette S. Gardner Jr., "Exponential Smoothing: The state of the art - Part II," *International Journal of Forecasting*, no. 22, pp. 637-666, 2006.
- [11] J. W. Taylor, "Exponential Smoothing with damped multiplicative trend," *International Journal of Forecasting*, no. 19, pp. 715-725, 2003.
- [12] Rasmus Rasmussen, "On time series data and optimal parameters," *The International Journal of Management Science*, no. 32, pp. 111-120, 2004.
- [13] Joshua M. Kurk, Leonard J. Tashman, "The use of protocols to select exponential Smoothing Procedures: a reconsideration of forecasting competitions," *International Journal of Forecasting*, no. 12, pp. 235-253, 1996.
- [14] Baki Billah et al., "Exponential Smoothing model selection for forecasting," *International Journal of Forecasting*, no. 22, pp. 239-247, 2006.
- [15] Stephen Boyd, Michael Grant. (2013, September) CVX: Matlab software for disciplined convex programming, version 2.0 beta. [Online]. <http://cvxr.com/cvx>
- [16] H. Vanderveken, M.R. Lambrecht, "Heuristic Procedures for the single operation, multi-item loading problem," *A I I E Transactions*, vol. 4, no. 11, pp. 319-326, 1979.
- [17] Michele Hibon, Spyros Makridakis, "ARMA Models and the Box-Jenkins Methodology," *Journal of Forecasting*, no. 16, pp. 147-165, 1997.
- [18] Mehdi Bijari, Mehdi Khashei, "An artificial neural network (p,d,q) model for timesiries forecasting," *Expert Systems with applications*, no. 37, pp. 479-489, 2010.
- [19] Charles R. Sox et al., "A review of the stochastic lot scheduling problem," *International Journal of Production Economics*, no. 62, pp. 181-200, 1999.
- [20] Jose A. Egea, Julio R. Banga, Martin Schluter, "Extended ant colony optimization for

- non-convex integer nonlinear programming," *Computers & Operations Research*, no. 36, pp. 2217-2229, 2009.
- [21] Jeffry S. Smith, Ashkan Negahban, "Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis," *Journal of Manufacturing Systems*, no. 33, pp. 241-261, 2014.

Παράρτημα Α: Πίνακες Πρόβλεψης

Πίνακας 1. Μηνιαίες προβλέψεις

time series name	method	MSE	MAD	MAPE
aggregate_Lt_10	'DA-A'	12190725	2737,77	0,4934
aggregate_Lt_20	'N-A'	192398647	10114	1,1955
aggregate_Lt_40	'DA-A'	25472560	4418,49	1,27128
aggregate_Lt_70	'DA-A'	3230545,8	1461,01	0,79322
aggregate_BELLEFIORI	'DA-A'	84126,558	222,574	0,99597
aggregate_BELLISSIMO	'DA-A'	19101,743	126,385	22,0689
aggregate_CAPRIFLOR	'DA-A'	354,939	13,8569	2,22383
aggregate_FLORIDA	'DA-A'	1102,6338	23,8931	0,83786
aggregate_FOREVER_GREEN	'DA-A'	733,89582	21,1872	13,2636
aggregate_GRAND_TROPICAL	'N-M'	297,09898	12,4667	1
aggregate_GREEN_GARDEN	'DA-A'	30,34552	4,17181	0,70498
aggregate_MAXIFIORI	'N-A'	3197,8903	44,6399	1,13712
aggregate_SUPER_MAX	'DA-A'	28660,074	121,693	0,85307
aggregate_UNIVERSAL	'N-M'	3238,4451	39,8047	2,25716
aggregate_FYTOGAIA	'DA-A'	10990,292	69,1608	0,8457
aggregate_FLOR_BLUM	'N-A'	1654,4376	33,0039	1,39216
aggregate_FLOR_GRUNPF	'DA-A'	5266,5621	59,6524	3,53079
aggregate_FLOR_RHODO	'DA-A'	866,23484	26,4407	5,15336
aggregate_FLOR GERAN	'N-A'	13604,883	97,0902	1,14039
aggregate_MAX_BLUM	'DA-A'	96,753959	9,19719	8,21929
aggregate_MAX_RHODO	'DA-A'	6,997455	0,85627	0,84563
aggregate_Syntagi_No1	'DA-A'	2687505,4	1515,97	5,48367
aggregate_Syntagi_No3	'DA-A'	10990,292	69,1608	0,8457
aggregate_Syntagi_No4	'N-A'	9555,9299	78,8007	1,34002
aggregate_Syntagi_No5	'N-A'	9423,0611	71,4719	0,94151
aggregate_ksanthia	'DA-A'	287893,23	416,032	0,89291
aggregate_maurh	'DA-A'	375,04635	14,3102	1,07387
aggregate_coco	'DA-A'	330321,75	451,973	0,77064
aggregate_lipasma	'DA-A'	748808,53	614,715	0,67077
aggregate_anthaggregate_asvestio	'DA-A'	332802,4	409,809	0,67077
aggregate_perliths	'DA-A'	230,71224	13,0373	1,47915
aggregate_zeolithos	'DA-A'	2157463,9	1063,7	0,93866
10_bellefiori'	'DA-A'	2636114,8	1112,5	252,17
20_bellefiori'	'DA-A'	5020776	1573,04	77,6387
40_bellefiori'	'DA-A'	1966983	985,75	114,275
70_bellefiori'	'N-A'	263251,49	342,159	56,7456
10_bellissimo'	'DA-A'	3911104,7	1730,15	905,304
20_bellissimo'	'DA-A'	2949203,3	1212,96	72,3929
40_bellissimo'	'N-A'	390357,01	434,018	42,7983
70_bellissimo'	'N-A'	62289,008	179,422	30,9463
20_capriflor'	'N-A'	1616314,8	611	27,7496
40_capriflor'	'N-A'	27173,65	97,7952	18,5567
70_capriflor'	'DA-A'	11765,857	75,4792	16,926
10_flor_blum'	'N-A'	559542,52	591,579	73,0365
20_flor_blum'	'DA-M'	624539,94	571,988	39,388
40_flor_blum'	'DA-A'	95487,902	237,334	1,16725
70_flor_blum'	'N-A'	118353,18	270,302	28,9935
20_flor_geran'	'DA-A'	13234675	2963,99	1,09502
40_flor_geran'	'DA-A'	2935827,1	1449,63	1,52131
20_flor_grunpf'	'N-A'	6950464,4	1905,58	1,8233
40_flor_grunpf'	'N-A'	144913,71	292,078	13,673
20_flor_rhodo'	'DA-A'	2165645,8	1322,08	234,474
10_florida'	'DA-A'	59282,664	210,827	24,7046
20_florida'	'N-A'	525249,91	532,999	1,05903

time series name	method	MSE	MAD	MAPE
40_florida'	'DA-A'	47765,125	135,603	69,5665
70_florida'	'DA-A'	34531,23	127,702	0,78923
10_forever_green'	'DA-A'	167861,74	269,636	7,938
20_forever_green'	'N-A'	277834,75	324,999	117,7
10_fytogaia'	'N-A'	1385903,9	947,687	0,79331
20_fytogaia'	'N-A'	5153146,8	1443	0,84715
40_fytogaia'	'DA-A'	626386,17	545,353	1,45497
70_fytogaia'	'DA-A'	29764,263	126,633	0,8143
20_grand_tropical'	'DA-A'	34089,248	123,755	46,4222
40_grand_tropical'	'DA-A'	33280,972	118,75	31,7738
70_grand_tropical'	'N-M'	9210,208	51,2083	3,28489
10_green_garden'	'N-A'	78603,407	193,153	33,659
20_green_garden'	'N-A'	33766,15	115,842	13,4418
40_green_garden'	'N-A'	2947,1934	38,8329	6,83701
10_max_blum'	'DA-A'	27519,492	60,3448	59,3448
20_max_blum'	'DA-A'	1360,0216	19,7441	20,0774
40_max_blum'	'N-M'	2187,0723	13,592	0,90796
40_max_rhodo'	'DA-A'	15574,066	108,637	101,104
10_maxifiori'	'DA-A'	315707,48	369,004	26,4812
20_maxifiori'	'DA-A'	4206291,4	1495,62	36,4022
40_maxifiori'	'N-A'	281974,56	406,305	82,5575
70_maxifiori'	'N-A'	147058,04	282,497	53,6645
10_super_max'	'DA-A'	3526268,9	1100,38	13,4784
20_super_max'	'N-A'	3593478,1	1460,64	187,514
40_super_max'	'N-A'	1403658,6	939,827	0,93977
70_super_max'	'DA-A'	753077,26	698,787	0,74043
10_universal'	'DA-A'	1961089,1	916,58	24,017
20_universal'	'N-A'	1138769,8	862,525	57,6223
40_universal'	'DA-A'	254886,73	410,074	69,7863
70_universal'	'N-A'	91130,549	165,061	0,69063

Πίνακας 2. Ετήσιες προβλέψεις

timeseries name	method	MSE	MAD	MAPE
tot_BELLEFIORI_m3_s	A-N	119,282	14228,202	0,044339
tot_BELLISSIMO	DA-N	34,4738	1188,4445	0,045627
tot_CAPRIFLOR	DA-N	17,1925	295,58304	0,089957
tot_FLORIDA	N-N	71,4059	5098,7995	0,176354
tot_FLOR_BLUM	A-N	58,25	3393,0638	0,049025
tot_FLOR GERAN	N-N	318,189	101244,04	0,149739
tot_FLOR GRUNPF	A-N	20,6289	425,55113	0,028523
tot_FLOR RHODO	DA-N	26,6665	711,10208	0,040332
tot_FOREVER_GREEN	N-N	42,6022	1814,948	0,392792
tot_FYTOGAIA	A-N	414,191	171554,28	0,38429
tot_GRAND_TROPICAL	N-N	22,956	526,97941	0,153449
tot_GREEN_GARDEN	DA-N	4,91251	24,13272	0,04277
tot_MAXIFIORI	DA-N	106,286	11296,62	0,074763
tot_MAX_BLUM	A-N	6,48	41,990398	1
tot_MAX_RHODO	N-N	8,06338	65,018095	0,268779
tot_SUPER_MAX	A-N	292,723	85686,702	0,134722
tot_UNIVERSAL	N-N	349,949	122463,97	0,368728
tot_R_Lt_10	N-N	3669,14	13462587	0,040825
tot_R_Lt_20	A-N	21697,6	470787912	0,071069
tot_R_Lt_40	DA-N	8702,61	75735368	0,08034
tot_R_Lt_70	DA-N	5776,14	33363752	0,124454
tot_Syntagi_No1	DA-N	1258,74	1584433,5	0,140513
tot_Syntagi_No3	N-N	658,486	433603,66	0,610948
tot_Syntagi_No4	DA-N	283,591	80423,984	0,110235
tot_Syntagi_No5	DA-N	297,862	88721,955	0,137807

timeseries name	method	MSE	MAD	MAPE
tot_anthr_asvestio_s	DA-N	1176,79	1384834,8	0,079674
tot_coco_s	DA-N	422,543	178542,29	0,055202
tot_ksanthia_s	DA-N	691,511	478187,29	0,109424
tot_lipasma_s	DA-N	1765,19	3115891	0,079674
tot_maurh_s	DA-N	58,1466	3381,0283	0,122827
tot_perliths_s	DA-N	4,59148	21,081665	0,014231
tot_zeolithos_s	DA-N	4467,92	19962286	0,137807
'tot10_bellefiori'	N-N	704,939	496939,02	0,043408
'tot20_bellefiori'	DA-N	8118,99	65918032	0,177023
'tot40_bellefiori'	DA-N	5624,68	31637055	0,222539
'tot70_bellefiori'	A-N	1027,25	1055241,1	0,119936
'tot10_bellissimo'	N-N	220,471	48607,612	0,025397
'tot20_bellissimo'	A-N	168,864	28515,009	0,013877
'tot40_bellissimo'	N-N	755,91	571400,39	0,119967
'tot70_bellissimo'	N-N	1235,09	1525459,5	0,498827
'tot20_capriflor'	DA-N	1715,61	2943309,7	0,392767
'tot40_capriflor'	DA-N	0,94419	0,8915004	0,00084
'tot70_capriflor'	N-N	261,72	68497,166	0,311571
'tot10_flor_blum'	DA-N	1400,64	1961794,6	0,111171
'tot20_flor_blum'	N-N	3317,46	11005523	0,241656
'tot40_flor_blum'	N-N	251,038	63020,235	0,053152
'tot70_flor_blum'	N-N	256,426	65754,089	0,029981
'tot20_flor_geran'	DA-N	8734,7	76294914	0,137234
'tot40_flor_geran'	A-N	329,232	108393,71	0,015457
'tot20_flor_grunpf'	DA-N	12479	155725693	0,451942
'tot40_flor_grunpf'	DA-N	2549,82	6501595,2	0,59645
'tot20_flor_rhodo'	A-N	638,93	408232,04	0,019327
'tot10_florida'	N-N	2228,5	4966195,3	0,663243
'tot20_florida'	N-N	3159,01	9979333,5	0,493904
'tot40_florida'	A-N	1125	1265625	1
'tot70_florida'	DA-N	1395,98	1948765,6	0,492584
'tot10_forever_green'	N-N	3287,78	10809486	0,979088
'tot20_forever_green'	A-N	55,6017	3091,5515	0,014851
'tot10_fytogaia'	A-N	595,795	354971,13	0,035464
'tot20_fytogaia'	A-N	4572,18	20904863	0,191561
'tot40_fytogaia'	N-N	6513,88	42430633	0,87729
'tot70_fytogaia'	N-N	1571,64	2470040,3	0,812215
'tot20_grand_tropical'	A-N	936	876096	1
'tot40_grand_tropical'	N-N	429,581	184539,99	0,190925
'tot70_grand_tropical'	DA-N	135,922	18474,886	0,232744
'tot10_green_garden'	N-N	526,166	276850,16	0,208962
'tot20_green_garden'	DA-N	453,835	205966,49	0,153116
'tot40_green_garden'	N-N	0,26433	0,0698705	0,000348
'tot10_max_blum'	A-N	3,4E-07	1,176E-13	#ΔIAIP./0!
'tot20_max_blum'	A-N	6,3E-07	3,927E-13	#ΔIAIP./0!
'tot40_max_blum'	N-N	67,0936	4501,5451	0,414158
'tot40_max_rhodo'	N-N	201,584	40636,309	0,268779
'tot10_maxifiori'	A-N	1070,71	1146426,9	0,27045
'tot20_maxifiori'	DA-N	5495,87	30204591	0,215931
'tot40_maxifiori'	N-N	860,004	739606,64	0,061649
'tot70_maxifiori'	DA-N	359,885	129517,11	0,079974
'tot10_super_max'	DA-N	6999,64	48994896	0,54345
'tot20_super_max'	DA-N	10919,2	119229224	0,432068
'tot40_super_max'	DA-N	6449,42	41594993	0,413424
'tot70_super_max'	DA-N	7274,62	52920127	0,556802
'tot10_universal'	DA-N	360,888	130240,43	0,026854
'tot20_universal'	A-N	6979,65	48715576	0,430206
'tot40_universal'	N-N	2081,63	4333175,4	0,301685
'tot70_universal'	N-N	1864,78	3477410,4	0,609406

Πίνακας 3. Σύγκριση προβλέψεων πρώτων υλών

Name/error	2013	direct-annual	direct-monthly	recipe-annual	recipe-monthly	product class-annual	product class-monthly	products aggregate-annual	products aggregate-monthly
tot_anthr_asvestio_s	14770,06	15946,85	15947,07308	15951,77046	32400,85628	14617,72841	12108,52956	15818,29219	14676,09652
MAD		1176,79004	1177,013081	1181,710463	17630,79628	152,3315946	2661,530442	1048,232193	93,96347899
MSE		1384834,81	1385359,792	1396439,618	310844977,6	23204,9147	7083744,294	1098790,729	8829,135384
MAPE		0,07967402	-0,07968912	0,080007154	1,193684811	0,010313539	0,180197673	0,07097007	0,006361753
MPE		-0,079674	-0,07968912	-0,08000715	-1,193684811	0,010313539	0,180197673	-0,07097007	0,006361753
tot_coco_s	7654,483	8077,02514	2370,851139	8080,716261	16266,20119	7474,768922	6120,037825	8061,605759	7425,409713
MAD		422,542644	5283,631361	426,2337606	8611,718688	179,7135776	1534,444675	407,1232585	229,0727873
MSE		178542,286	27916760,36	181675,2187	74161698,76	32296,96996	2354520,46	165749,3476	52474,34189
MAPE		0,05520199	0,690266306	0,055684203	1,125055637	0,023478214	0,200463542	0,053187561	0,02992662
MPE			0,690266306	-0,0556842	-1,125055637	0,023478214	0,200463542	-0,053187561	0,02992662
tot_ksanthia_s	6319,537	7011,04758	1753,254898	7012,030059	14792,96578	6339,284105	5289,039632	6908,067739	6471,845514
MAD		691,510875	4566,281802	692,4933587	8473,429083	19,74740516	1030,497068	588,5310395	152,3088141
MSE		478187,291	20850929,5	479547,0518	71799000,42	389,9600104	1061924,207	346368,7844	23197,97486
MAPE		0,1094243	0,722565913	0,109579767	1,340830742	0,003124818	0,163065287	0,093128827	0,024101263
MPE		-0,1094243	0,722565913	-0,10957977	-1,340830742	-0,003124818	0,163065287	-0,093128827	-0,024101263
tot_lipasma_s	22155,09	23920,2786	23920,63928	18297,66907	48601,28443	16402,14776	18162,79434	18100,44279	22014,14478
MAD		1765,18865	1765,549281	3857,420928	26446,19443	5752,942238	3992,295663	4054,647209	140,9452185
MSE		3115890,95	3117164,263	14879696,22	699401199,6	33096344,4	15938424,66	16440163,99	19865,55461
MAPE		0,07967418	0,079690459	0,174109919	1,193684811	0,259666841	0,180197673	0,183011994	0,006361753
MPE		-0,0796742	-0,079690459	0,174109919	-1,193684811	0,259666841	0,180197673	0,183011994	0,006361753
tot_maurh_s	473,404	531,55061	531,5485765	531,5493535	520,5739726	502,6730687	472,7633863	516,9616511	473,6706892
MAD		58,1466104	58,1445765	58,14535352	47,16997261	29,26906873	0,640613741	43,55765107	0,266689169
MSE		3381,0283	3380,791776	3380,882136	2225,006316	856,6783846	0,410385965	1897,268966	0,071123113
MAPE		0,12282661	0,122822318	0,122823959	0,099639996	0,06182683	0,001353207	0,09200947	0,000563344
MPE		-0,1228266	-0,122822318	-0,12282396	-0,099639996	-0,06182683	0,001353207	-0,09200947	-0,000563344
tot_perliths_s	322,6368	327,228277	387,6531991	327,4747902	821,1153404	301,0023091	226,6887146	331,6570434	305,1706051
MAD		4,5914774	65,01639906	4,83799016	498,4785404	21,63449088	95,94808545	9,020243439	17,46619495
MSE		21,0816648	4227,132146	23,40614879	248480,8553	468,0511956	9206,035101	81,3647917	305,0679659
MAPE		0,0142311	0,201515757	0,014995159	1,545014519	0,067055249	0,297387296	0,027957888	0,05413578
MPE		-0,0142311	-0,201515757	-0,01499516	-1,545014519	0,067055249	0,297387296	-0,027957888	0,05413578
tot_zeolithos_s	32421,6	36889,5174	36890,39375	36889,53462	36462,31016	36976,27966	26284,76463	35078,34116	30689,63607
MAD		4467,91739	4468,793749	4467,934621	4040,710157	4554,679657	6136,835374	2656,741159	1731,963934
MSE		19962285,8	19970117,57	19962439,78	16327338,57	20745106,78	37660748,41	7058273,585	2999699,07
MAPE		0,13780681	0,137833844	0,137807345	0,12463019	0,140482877	0,189282311	0,081943555	0,053420064
MPE		-0,1378068	-0,137833844	-0,13780735	-0,12463019	-0,140482877	0,189282311	-0,081943555	0,053420064

Πίνακας 4. Σύγκριση προβλέψεων συσκευασίας 10 λίτρων

period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	sum	method	mse	mad	mape
(2013) Lt_10	1680	7280	12878	20439	14000	7000	9520	560	5600	5038	5040	840	89875				
F_Lt_10_aggr	0	0	18696,5344	18761,45	15426,99	10371,79	4638,0671	484,2256	2423,893	5226,997	2672,134	1747,72	80449,806	DA-A	12190725	2737,77	0,4934
D	1680	7280	-5818,5344	1677,546	-1426,99	-3371,79	4881,9329	75,77443	3176,107	-188,997	2367,866	-907,72	9425,194				
AD	1680	7280	5818,53436	1677,546	1426,987	3371,79	4881,9329	75,77443	3176,107	188,9973	2367,866	907,724	9425,194				
SE	2822400	52998400	33855342,1	2814162	2036292	11368967	23833269	5741,764	10087654	35719,99	5606789	823962	88834282				
PE	1	1	-0,4518197	0,082076	-0,10193	-0,48168	0,5128081	0,135311	0,567162	-0,03751	0,469815	-1,0806	0,10487				
APE	1	1	0,45181972	0,082076	0,101928	0,481684	0,5128081	0,135311	0,567162	0,037514	0,469815	1,08062	0,10487				
F_Lt_10	860,4591	889,59742	20413,2311	21403,59	17974,33	12463,33	7598,0641	3211,816	6398,041	8129,369	6230,097	5452,05	111023,96	-	15705749	3284,39	1,2069
D	819,5409	6390,4026	-7535,2311	-964,586	-3974,33	-5463,33	1921,9359	-2651,82	-798,041	-3091,37	-1190,1	-4612	-21148,96				
AD	819,5409	6390,4026	7535,23108	964,5856	3974,326	5463,332	1921,9359	2651,816	798,041	3091,369	1190,097	4612,05	21148,965				
SE	671647,3	40837245	56779707,5	930425,3	15795269	29847994	3693837,5	7032127	636869,4	9556560	1416331	2,1E+07	447278712				
PE	0,487822	0,8778026	-0,5851243	-0,04719	-0,28388	-0,78048	0,201884	-4,73539	-0,14251	-0,61361	-0,23613	-5,4905	-0,235315				
APE	0,487822	0,8778026	0,58512433	0,047193	0,28388	0,780476	0,201884	4,735385	0,142507	0,61361	0,23613	5,49053	0,2353153				

Πίνακας 5. Σύγκριση προβλέψεων συσκευασίας 20 λίτρων

period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	sum	method	mse	mad	mape
(2013)_Lt_20	10632	20436	37752	70344	55692	18096	35568	2808	27300	17316	7800	1560	305304				
F_Lt_20_aggr	7322,72	0	74560,4365	63332,81	62226,82	24181,53	24809,376	6554,006	21211,67	17780,28	14197,58	15287,9	331465,08	N-A	192398647	10114	1,1955
D	3309,28	20436	-36808,437	7011,19	-6534,82	-6085,53	10758,624	-3746,01	6088,334	-464,28	-6397,58	-13728	-26161,08				
AD	3309,28	20436	36808,4365	7011,19	6534,815	6085,525	10758,624	3746,006	6088,334	464,2796	6397,582	13727,9	26161,079				
SE	10951332	417630096	1354860999	49156782	42703812	37033616	115747980	14032557	37067806	215555,6	40929056	1,9E+08	684402043				
PE	0,311257	1	-0,9750063	0,09967	-0,11734	-0,33629	0,3024804	-1,33405	0,223016	-0,02681	-0,8202	-8,7999	-0,085689				
APE	0,311257	1	0,97500627	0,09967	0,117338	0,336291	0,3024804	1,334048	0,223016	0,026812	0,820203	8,79991	0,0856886				
F_Lt_20	5602,418	206,58288	69740,0272	61406,52	57732,49	21833,33	22980,901	4028,172	20049,44	14951,74	12969,17	15477	306977,75	-	166187980	9539,21	1,1212
D	5029,582	20229,417	-31988,027	8937,478	-2040,49	-3737,33	12587,099	-1220,17	7250,557	2364,261	-5169,17	-13917	-1673,75				
AD	5029,582	20229,417	31988,0272	8937,478	2040,493	3737,326	12587,099	1220,172	7250,557	2364,261	5169,172	13917	1673,7501				
SE	25296699	409229317	1023233881	79878516	4163610	13967609	158435060	1488819	52570571	5589728	26720338	1,9E+08	2801439,5				
PE	0,473061	0,9898912	-0,8473201	0,127054	-0,03664	-0,20653	0,3538883	-0,43453	0,265588	0,136536	-0,66271	-8,9211	-0,005482				
APE	0,473061	0,9898912	0,84732007	0,127054	0,036639	0,206528	0,3538883	0,434534	0,265588	0,136536	0,662714	8,92112	0,0054822				

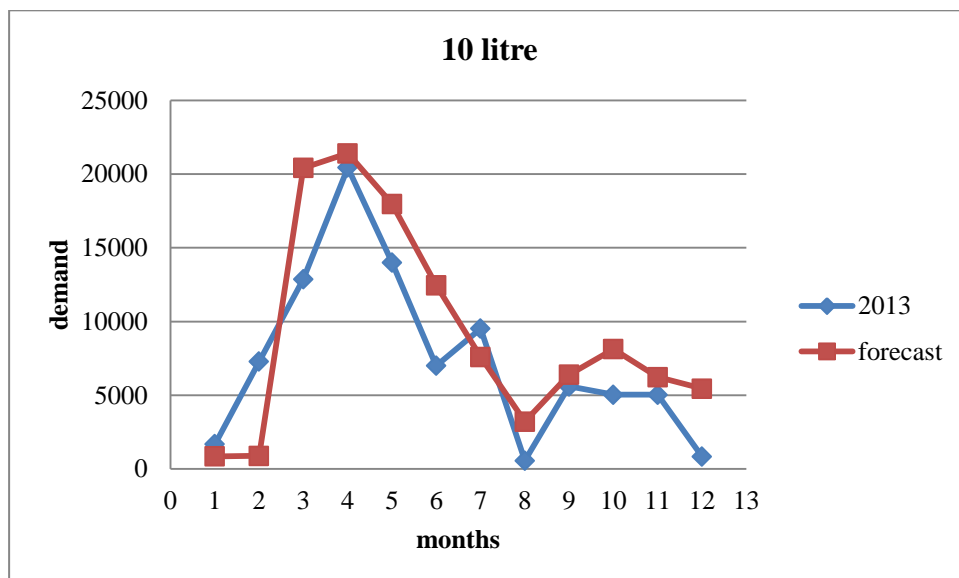
Πίνακας 6. Σύγκριση προβλέψεων συσκευασίας 40 λίτρων

period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	sum	method	mse	mad	mape
(2013)_Lt_40	3462	6975	17399	25201	19575	5775	11175	1575	6000	5935	3900	1350	108322				
F_Lt_40_aggr	0	0	23355,0696	20137,46	18945,23	5839,944	12958,527	10161,46	10417,48	10621,89	9908,895	6737,35	129083,3	DA-A	25472560	4418,49	1,2713
D	3462	6975	-5956,0696	5063,541	629,7714	-64,9445	-1783,527	-8586,46	-4417,48	-4686,89	-6008,9	-5387,3	-20761,3				
AD	3462	6975	5956,06961	5063,541	629,7714	64,9445	1783,5267	8586,456	4417,475	4686,893	6008,895	5387,35	20761,298				
SE	11985444	48650625	35474765,2	25639444	396612	4217,788	3180967,3	73727229	19514086	21966964	36106823	2,9E+07	431031498				
PE	1	1	-0,3423225	0,200926	0,032172	-0,01125	-0,1596	-5,45172	-0,73625	-0,7897	-1,54074	-3,9906	-0,191663				
APE	1	1	0,34232252	0,200926	0,032172	0,011246	0,1595997	5,451718	0,736246	0,789704	1,540742	3,99063	0,1916628				
F_Lt_40	764,7278	423,21248	25993,9312	23950,86	19031,89	6613,246	7239,821	2515,891	4878,12	4832,532	4702,874	6458,97	107406,07	-	14352137	2790,65	0,6456
D	2697,272	6551,7875	-8594,9312	1250,142	543,1099	-838,246	3935,179	-940,891	1121,88	1102,468	-802,874	-5109	915,9269				
AD	2697,272	6551,7875	8594,93118	1250,142	543,1099	838,2461	3935,179	940,8912	1121,88	1102,468	802,8741	5108,97	915,9269				
SE	7275277	42925920	73872841,9	1562854	294968,4	702656,5	15485634	885276,2	1258614	1215436	644606,9	2,6E+07	838922,09				
PE	0,779108	0,9393244	-0,49399	0,049607	0,027745	-0,14515	0,3521413	-0,59739	0,18698	0,185757	-0,20587	-3,7844	0,0084556				
APE	0,779108	0,9393244	0,49398995	0,049607	0,027745	0,145151	0,3521413	0,597391	0,18698	0,185757	0,205865	3,78442	0,0084556				

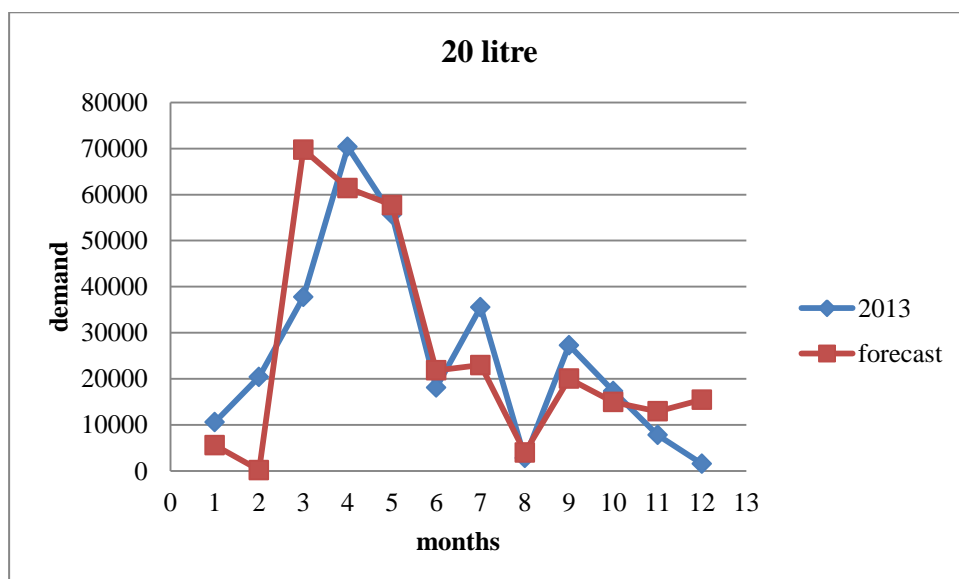
Πίνακας 7. Σύγκριση προβλέψεων συσκευασίας 70 λίτρων

period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	sum	method	mse	mad	mape
(2013)_Lt_70	1038	2430	6705	11174	8504	2565	5625	360	2475	3601	1305	630	46412				
F_Lt_70_aggr	2195,549	0	11234,4857	10206,87	9162,285	3494,282	4350,4352	1081,547	1958,149	2238,849	2955,164	1965,09	50842,706	DA-A	3230545,8	1461,01	0,7932
D	-1157,55	2430	-4529,4857	967,1304	-658,285	-929,282	1274,5648	-721,547	516,8508	1362,151	-1650,16	-1335,1	-4430,706				
AD	1157,549	2430	4529,48568	967,1304	658,2852	929,2817	1274,5648	721,547	516,8508	1362,151	1650,164	1335,09	4430,7063				
SE	1339919	5904900	20516240,6	935341,1	433339,4	863564,4	1624515,5	520630,1	267134,7	1855455	2723042	1782468	19631159				
PE	-1,11517	1	-0,6755385	0,086552	-0,07741	-0,36229	0,2265893	-2,0043	0,208829	0,37827	-1,26449	-2,1192	-0,095465				
APE	1,115172	1	0,67553851	0,086552	0,077409	0,362293	0,2265893	2,004297	0,208829	0,37827	1,264494	2,11919	0,0954647				
F_Lt_70	1764,977	97,476814	9873,04047	9235,176	8497,17	2609,765	3415,7367	645,5331	1218,34	1580,976	2697,503	1668,61	43304,304	-	2783881,1	1368,38	0,6079
D	-726,977	2332,5232	-3168,0405	1938,824	6,830183	-44,7651	2209,2633	-285,533	1256,66	2020,024	-1392,5	-1038,6	3107,6956				
AD	726,9774	2332,5232	3168,04047	1938,824	6,830183	44,76511	2209,2633	285,5331	1256,66	2020,024	1392,503	1038,61	3107,6956				
SE	528496,1	5440664,4	10036480,4	3759040	46,6514	2003,915	4880844,5	81529,12	1579194	4080497	1939065	1078711	9657771,7				
PE	-0,70036	0,9598861	-0,4724893	0,173512	0,000803	-0,01745	0,3927579	-0,79315	0,507741	0,560962	-1,06705	-1,6486	0,0669589				
APE	0,700364	0,9598861	0,47248926	0,173512	0,000803	0,017452	0,3927579	0,793147	0,507741	0,560962	1,067052	1,64859	0,0669589				

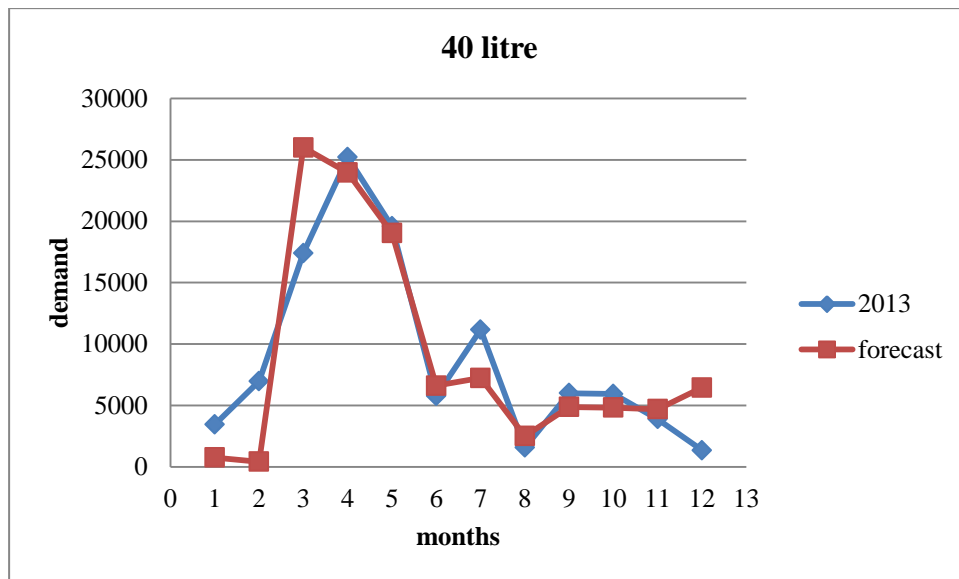
Παράρτημα Β: Γραφήματα πρόβλεψης



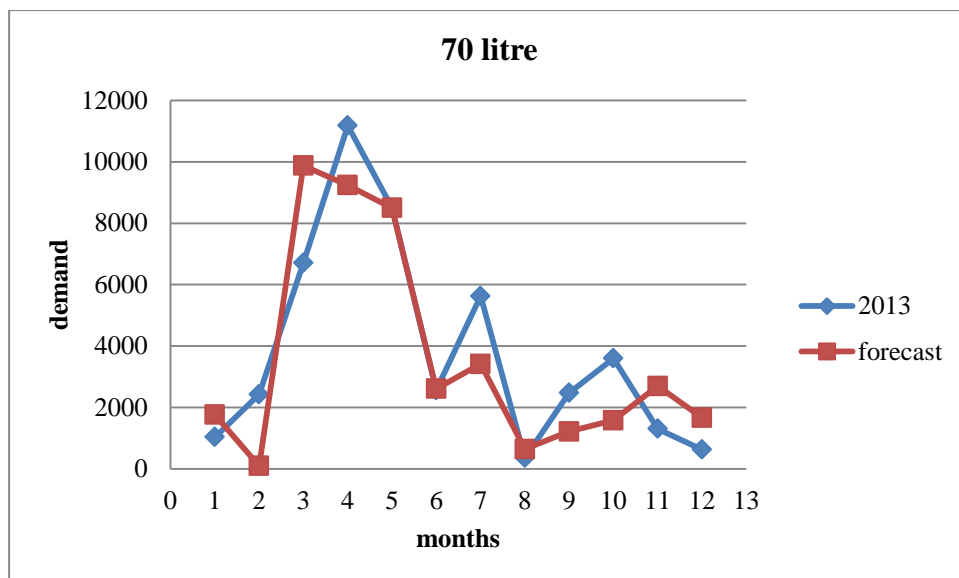
Σχήμα 1. Πρόβλεψη και πραγματικές τιμές για την συσκευασία των δέκα λίτρων



Σχήμα 2. Πρόβλεψη και πραγματικές τιμές για την συσκευασία των είκοσι λίτρων



Σχήμα 3. Πρόβλεψη και πραγματικές τιμές για την συσκευασία των σαράντα λίτρων



Σχήμα 4. Πρόβλεψη και πραγματικές τιμές για την συσκευασία των εβδομήντα λίτρων

Παράρτημα Γ: Κώδικες Υπολογιστή

Ακολουθώς παρατίθενται κώδικες MATLAB για την πρόβλεψη ζήτησης και τον ευρετικό αλγόριθμο προσδιορισμού μεγέθους παρτίδων παραγωγής. Οι συναρτήσεις seasonsm, winters και damwinters του κώδικα πρόβλεψης είναι μια τροποποίηση της υλοποίησης του Νικολάου Κουρετζέ [<http://nikolaos.kourentzes.com>].

Κώδικας μοντέλων πρόβλεψης

```
%% FoReCaSt_prwtes_ules_2013_competition

clear all
clc
%FORECAST prwtes ules ana mina gia to 2013
%arxeia:data_(onoma proiontos)_s
%functions:best_forecast_competition
ksanthia_f=zeros(1,12); %m3
maurh_f=zeros(1,12); %m3
coco_f=zeros(1,12); %m3
compost_f=zeros(1,12); %m3
lipasma_f=zeros(1,12); %Kg/m3
anthr_asvestio_f=zeros(1,12); %Kg/m3
perliths_f=zeros(1,12); %lt/m3
zeolithos_f=zeros(1,12); %Kg/m3
%,method,MSE,MAD,MAPE,SCORE,

%% proionta suntagis Nol,BELLEFIORI,BELLISSIMO,CAPRIFLOR,FLORIDA,FOREVER GREEN,GRAND TROPICAL
%,GREEN GARDEN,MAX BLUM,MAX RHODO,MAXIFIORI,SUPER MAX,UNIVERSAL
%% SYNTAGI Nol-----Bellefiori 60-40
%gia tis 4 siskevasies ftiaxnoume athristika gia kathe mina kai ta
%metatreponme se m3

%ksanthia_f m3 47%
%coco_f m3 50%
%lipasma_f Kg/m3 1.5
%anthr_asvestio_f Kg/m3 1
%perliths_f lt/m3 3%
data_BELLEFIORI_corr
data_BELLISSIMO_corr
data_CAPRIFLOR_corr
data_FLOR_BLUM_corr
data_FLOR GERAN_corr
data_FLOR GRUNPF_corr
data_FLOR RHODO_corr
data_FLORIDA_corr
data_FOREVER_GREEN_corr
data_FYTOGAIA_corr
data_GRAND_TROPICAL_corr
data_GREEN_GARDEN_corr
data_MAX BLUM_corr
data_MAX RHODO_corr
data_MAXIFIORI_corr
data_SUPER_MAX_corr
data_UNIVERSAL_corr
%%
%name,method,MSE,MAD,MAPE,SCORE,scoreboard
method=cell(52,7); %keli me ta apotelesmata tou diagonismou
method{1,1}='10bf';
method{2,1}='20bf';
method{3,1}='40bf';
method{4,1}='70bf';

method{5,1}='10b1';
method{6,1}='20b1';
method{7,1}='40b1';
method{8,1}='70b1';

method{9,1}='20cf';
method{10,1}='40cf';
method{11,1}='70cf';

method{12,1}='10fb';
method{13,1}='20fb';
method{14,1}='40fb';
method{15,1}='70fb';

method{16,1}='20fg';
method{17,1}='40fg';

method{18,1}='20fgr';
method{19,1}='40fgr';

method{20,1}='20fr';

method{21,1}='10f';
method{22,1}='20f';
method{23,1}='40f';
method{24,1}='70f';

method{25,1}='10fog';
method{26,1}='20fog';
```

```

method{27,1}='10fy';
method{28,1}='20fy';
method{29,1}='40fy';
method{30,1}='70fy';

method{31,1}='20gt';
method{32,1}='40gt';
method{33,1}='70gt';

method{34,1}='10gg';
method{35,1}='20gg';
method{36,1}='40gg';

method{37,1}='10mb';
method{38,1}='20mb';
method{39,1}='40mb';

method{40,1}='40mr';

method{41,1}='10m';
method{42,1}='20m';
method{43,1}='40m';
method{44,1}='70m';

method{45,1}='10sm';
method{46,1}='20sm';
method{47,1}='40sm';
method{48,1}='70sm';

method{49,1}='10u';
method{50,1}='20u';
method{51,1}='40u';
method{52,1}='70u';

%%
[f_BELLEFIORI_10LT_pYpM,method{1,2},method{1,3},method{1,4},method{1,5},method{1,6},method{1,7}]=best_forecast_competition(s_
BELLEFIORI_10LT_pYpM);
[f_BELLEFIORI_20LT_pYpM,method{2,2},method{2,3},method{2,4},method{2,5},method{2,6},method{2,7}]=best_forecast_competition(s_
BELLEFIORI_20LT_pYpM);
[f_BELLEFIORI_40LT_pYpM,method{3,2},method{3,3},method{3,4},method{3,5},method{3,6},method{3,7}]=best_forecast_competition(s_
BELLEFIORI_40LT_pYpM);
[f_BELLEFIORI_70LT_pYpM,method{4,2},method{4,3},method{4,4},method{4,5},method{4,6},method{4,7}]=best_forecast_competition(s_
BELLEFIORI_70LT_pYpM);

[f_BELLISSIMO_10LT_pYpM,method{5,2},method{5,3},method{5,4},method{5,5},method{5,6},method{5,7}]=best_forecast_competition(s_
BELLISSIMO_10LT_pYpM);
[f_BELLISSIMO_20LT_pYpM,method{6,2},method{6,3},method{6,4},method{6,5},method{6,6},method{6,7}]=best_forecast_competition(s_
BELLISSIMO_20LT_pYpM);
[f_BELLISSIMO_40LT_pYpM,method{7,2},method{7,3},method{7,4},method{7,5},method{7,6},method{7,7}]=best_forecast_competition(s_
BELLISSIMO_40LT_pYpM);
[f_BELLISSIMO_70LT_pYpM,method{8,2},method{8,3},method{8,4},method{8,5},method{8,6},method{8,7}]=best_forecast_competition(s_
BELLISSIMO_70LT_pYpM);

[f_CAPRIFLOR_20LT_pYpM,method{9,2},method{9,3},method{9,4},method{9,5},method{9,6},method{9,7}]=best_forecast_competition(s_C
APRIFLOR_20LT_pYpM);
[f_CAPRIFLOR_40LT_pYpM,method{10,2},method{10,3},method{10,4},method{10,5},method{10,6},method{10,7}]=best_forecast_competiti
on(s_CAPRIFLOR_40LT_pYpM);
[f_CAPRIFLOR_70LT_pYpM,method{11,2},method{11,3},method{11,4},method{11,5},method{11,6},method{11,7}]=best_forecast_competiti
on(s_CAPRIFLOR_70LT_pYpM);

[f_FLOR_BLUM_10LT_pYpM,method{12,2},method{12,3},method{12,4},method{12,5},method{12,6},method{12,7}]=best_forecast_competiti
on(s_FLOR_BLUM_10LT_pYpM);
[f_FLOR_BLUM_20LT_pYpM,method{13,2},method{13,3},method{13,4},method{13,5},method{13,6},method{13,7}]=best_forecast_competiti
on(s_FLOR_BLUM_20LT_pYpM);
[f_FLOR_BLUM_40LT_pYpM,method{14,2},method{14,3},method{14,4},method{14,5},method{14,6},method{14,7}]=best_forecast_competiti
on(s_FLOR_BLUM_40LT_pYpM);
[f_FLOR_BLUM_70LT_pYpM,method{15,2},method{15,3},method{15,4},method{15,5},method{15,6},method{15,7}]=best_forecast_competiti
on(s_FLOR_BLUM_70LT_pYpM);

[f_FLOR_GERAN_20LT_pYpM,method{16,2},method{16,3},method{16,4},method{16,5},method{16,6},method{16,7}]=best_forecast_competit
ion(s_FLOR_GERAN_20LT_pYpM);
[f_FLOR_GERAN_40LT_pYpM,method{17,2},method{17,3},method{17,4},method{17,5},method{17,6},method{17,7}]=best_forecast_competit
ion(s_FLOR_GERAN_40LT_pYpM);

[f_FLOR_GRUNPF_20LT_pYpM,method{18,2},method{18,3},method{18,4},method{18,5},method{18,6},method{18,7}]=best_forecast_competi
tion(s_FLOR_GRUNPF_20LT_pYpM);
[f_FLOR_GRUNPF_40LT_pYpM,method{19,2},method{19,3},method{19,4},method{19,5},method{19,6},method{19,7}]=best_forecast_competi
tion(s_FLOR_GRUNPF_40LT_pYpM);

[f_FLOR_RHODO_20LT_pYpM,method{20,2},method{20,3},method{20,4},method{20,5},method{20,6},method{20,7}]=best_forecast_competit
ion(s_FLOR_RHODO_20LT_pYpM);

[f_FLORIDA_10LT_pYpM,method{21,2},method{21,3},method{21,4},method{21,5},method{21,6},method{21,7}]=best_forecast_competition
(s_FLORIDA_10LT_pYpM);
[f_FLORIDA_20LT_pYpM,method{22,2},method{22,3},method{22,4},method{22,5},method{22,6},method{22,7}]=best_forecast_competition
(s_FLORIDA_20LT_pYpM);
[f_FLORIDA_40LT_pYpM,method{23,2},method{23,3},method{23,4},method{23,5},method{23,6},method{23,7}]=best_forecast_competition
(s_FLORIDA_40LT_pYpM);
[f_FLORIDA_70LT_pYpM,method{24,2},method{24,3},method{24,4},method{24,5},method{24,6},method{24,7}]=best_forecast_competition
(s_FLORIDA_70LT_pYpM);

[f_FOREVER_GREEN_10LT_pYpM,method{25,2},method{25,3},method{25,4},method{25,5},method{25,6},method{25,7}]=best_forecast_compe
tition(s_FOREVER_GREEN_10LT_pYpM);

```

```

[f_FOREVER_GREEN_20LT_pYpM,method{26,2},method{26,3},method{26,4},method{26,5},method{26,6},method{26,7}]=best_forecast_competition(s_FOREVER_GREEN_20LT_pYpM);

[f_FYTOGAIA_10LT_pYpM,method{27,2},method{27,3},method{27,4},method{27,5},method{27,6},method{27,7}]=best_forecast_competition(s_FYTOGAIA_10LT_pYpM);
[f_FYTOGAIA_20LT_pYpM,method{28,2},method{28,3},method{28,4},method{28,5},method{28,6},method{28,7}]=best_forecast_competition(s_FYTOGAIA_20LT_pYpM);
[f_FYTOGAIA_40LT_pYpM,method{29,2},method{29,3},method{29,4},method{29,5},method{29,6},method{29,7}]=best_forecast_competition(s_FYTOGAIA_40LT_pYpM);
[f_FYTOGAIA_70LT_pYpM,method{30,2},method{30,3},method{30,4},method{30,5},method{30,6},method{30,7}]=best_forecast_competition(s_FYTOGAIA_70LT_pYpM);

[f_GRAND_TROPICAL_20LT_pYpM,method{31,2},method{31,3},method{31,4},method{31,5},method{31,6},method{31,7}]=best_forecast_competition(s_GRAND_TROPICAL_20LT_pYpM);
[f_GRAND_TROPICAL_40LT_pYpM,method{32,2},method{32,3},method{32,4},method{32,5},method{32,6},method{32,7}]=best_forecast_competition(s_GRAND_TROPICAL_40LT_pYpM);
[f_GRAND_TROPICAL_70LT_pYpM,method{33,2},method{33,3},method{33,4},method{33,5},method{33,6},method{33,7}]=best_forecast_competition(s_GRAND_TROPICAL_70LT_pYpM);

[f_GREEN_GARDEN_10LT_pYpM,method{34,2},method{34,3},method{34,4},method{34,5},method{34,6},method{34,7}]=best_forecast_competition(s_GREEN_GARDEN_10LT_pYpM);
[f_GREEN_GARDEN_20LT_pYpM,method{35,2},method{35,3},method{35,4},method{35,5},method{35,6},method{35,7}]=best_forecast_competition(s_GREEN_GARDEN_20LT_pYpM);
[f_GREEN_GARDEN_40LT_pYpM,method{36,2},method{36,3},method{36,4},method{36,5},method{36,6},method{36,7}]=best_forecast_competition(s_GREEN_GARDEN_40LT_pYpM);

[f_MAX_BLUM_10LT_pYpM,method{37,2},method{37,3},method{37,4},method{37,5},method{37,6},method{37,7}]=best_forecast_competition(s_MAX_BLUM_10LT_pYpM);
[f_MAX_BLUM_20LT_pYpM,method{38,2},method{38,3},method{38,4},method{38,5},method{38,6},method{38,7}]=best_forecast_competition(s_MAX_BLUM_20LT_pYpM);
[f_MAX_BLUM_40LT_pYpM,method{39,2},method{39,3},method{39,4},method{39,5},method{39,6},method{39,7}]=best_forecast_competition(s_MAX_BLUM_40LT_pYpM);

[f_MAX_RHODO_40LT_pYpM,method{40,2},method{40,3},method{40,4},method{40,5},method{40,6},method{40,7}]=best_forecast_competition(s_MAX_RHODO_40LT_pYpM);

[f_MAXIFIORI_10LT_pYpM,method{41,2},method{41,3},method{41,4},method{41,5},method{41,6},method{41,7}]=best_forecast_competition(s_MAXIFIORI_10LT_pYpM);
[f_MAXIFIORI_20LT_pYpM,method{42,2},method{42,3},method{42,4},method{42,5},method{42,6},method{42,7}]=best_forecast_competition(s_MAXIFIORI_20LT_pYpM);
[f_MAXIFIORI_40LT_pYpM,method{43,2},method{43,3},method{43,4},method{43,5},method{43,6},method{43,7}]=best_forecast_competition(s_MAXIFIORI_40LT_pYpM);
[f_MAXIFIORI_70LT_pYpM,method{44,2},method{44,3},method{44,4},method{44,5},method{44,6},method{44,7}]=best_forecast_competition(s_MAXIFIORI_70LT_pYpM);

[f_SUPER_MAX_10LT_pYpM,method{45,2},method{45,3},method{45,4},method{45,5},method{45,6},method{45,7}]=best_forecast_competition(s_SUPER_MAX_10LT_pYpM);
[f_SUPER_MAX_20LT_pYpM,method{46,2},method{46,3},method{46,4},method{46,5},method{46,6},method{46,7}]=best_forecast_competition(s_SUPER_MAX_20LT_pYpM);
[f_SUPER_MAX_40LT_pYpM,method{47,2},method{47,3},method{47,4},method{47,5},method{47,6},method{47,7}]=best_forecast_competition(s_SUPER_MAX_40LT_pYpM);
[f_SUPER_MAX_70LT_pYpM,method{48,2},method{48,3},method{48,4},method{48,5},method{48,6},method{48,7}]=best_forecast_competition(s_SUPER_MAX_70LT_pYpM);

[f_UNIVERSAL_10LT_pYpM,method{49,2},method{49,3},method{49,4},method{49,5},method{49,6},method{49,7}]=best_forecast_competition(s_UNIVERSAL_10LT_pYpM);
[f_UNIVERSAL_20LT_pYpM,method{50,2},method{50,3},method{50,4},method{50,5},method{50,6},method{50,7}]=best_forecast_competition(s_UNIVERSAL_20LT_pYpM);
[f_UNIVERSAL_40LT_pYpM,method{51,2},method{51,3},method{51,4},method{51,5},method{51,6},method{51,7}]=best_forecast_competition(s_UNIVERSAL_40LT_pYpM);
[f_UNIVERSAL_70LT_pYpM,method{52,2},method{52,3},method{52,4},method{52,5},method{52,6},method{52,7}]=best_forecast_competition(s_UNIVERSAL_70LT_pYpM);

%%
BELLEFIORI_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12

BELLEFIORI_tot_m3_f(i)=((f_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i))*10*0.001)+((f_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i))*40*0.001)+((f_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i))*70*0.001);
end

BELLISSIMO_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12

BELLISSIMO_tot_m3_f(i)=((f_BELLISSIMO_10LT_pYpM(i))*10*0.001)+((f_BELLISSIMO_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_BELLISSIMO_40LT_pYpM(i))*40*0.001)+((f_BELLISSIMO_70LT_pYpM(i))*70*0.001);
end

CAPRIFLOR_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12

CAPRIFLOR_tot_m3_f(i)=((f_CAPRIFLOR_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_CAPRIFLOR_40LT_pYpM(i))*40*0.001)+((f_CAPRIFLOR_70LT_pYpM(i))*70*0.001);
end

FLORIDA_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12

```

```

FLORIDA_tot_m3_f(i)=((f_FLORIDA_10LT_pYpM(i))*10*0.001)+((f_FLORIDA_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_FLORIDA_40LT_pYpM(i))*40*0.001)+((f_FLORIDA_70LT_pYpM(i))*70*0.001);
end

FOREVER_GREEN_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    FOREVER_GREEN_tot_m3_f(i)=((f_FOREVER_GREEN_10LT_pYpM(i))*10*0.001)+((f_FOREVER_GREEN_20LT_pYpM(i))*20*0.001);
end

GRAND_TROPICAL_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    GRAND_TROPICAL_tot_m3_f(i)=((f_GRAND_TROPICAL_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_GRAND_TROPICAL_40LT_pYpM(i))*40*0.001)+((f_GRAND_TROPICAL_70LT_pYpM(i))*70*0.001);
end

GREEN_GARDEN_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    GREEN_GARDEN_tot_m3_f(i)=((f_GREEN_GARDEN_10LT_pYpM(i))*10*0.001)+((f_GREEN_GARDEN_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_GREEN_GARDEN_40LT_pYpM(i))*40*0.001);
end

MAXIFIORI_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    MAXIFIORI_tot_m3_f(i)=((f_MAXIFIORI_10LT_pYpM(i))*10*0.001)+((f_MAXIFIORI_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_MAXIFIORI_40LT_pYpM(i))*40*0.001)+((f_MAXIFIORI_70LT_pYpM(i))*70*0.001);
end

SUPER_MAX_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    SUPER_MAX_tot_m3_f(i)=((f_SUPER_MAX_10LT_pYpM(i))*10*0.001)+((f_SUPER_MAX_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_SUPER_MAX_40LT_pYpM(i))*40*0.001)+((f_SUPER_MAX_70LT_pYpM(i))*70*0.001);
end

UNIVERSAL_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    UNIVERSAL_tot_m3_f(i)=((f_UNIVERSAL_10LT_pYpM(i))*10*0.001)+((f_UNIVERSAL_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_UNIVERSAL_40LT_pYpM(i))*40*0.001)+((f_UNIVERSAL_70LT_pYpM(i))*70*0.001);
end

% tha vroume to oliko gia tin suntagi 1 gia kathe mina
Syntagi_No1=zeros(1,12); %m3 tou migmatos 1

for i=1:1:12
    Syntagi_No1(i)=BELLEFIORI_tot_m3_f(i)+BELLISSIMO_tot_m3_f(i)+CAPRIFLOR_tot_m3_f(i)+FLORIDA_tot_m3_f(i)+FOREVER_GREEN_tot_m3_f(i)+GRAND_TROPICAL_tot_m3_f(i)+GREEN_GARDEN_tot_m3_f(i)+MAXIFIORI_tot_m3_f(i)+SUPER_MAX_tot_m3_f(i)+UNIVERSAL_tot_m3_f(i);
end

%% SYNTAGI No3-----FYTOGAIA
FYTOGAIA_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    FYTOGAIA_tot_m3_f(i)=((f_FYTOGAIA_10LT_pYpM(i))*10*0.001)+((f_FYTOGAIA_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_FYTOGAIA_40LT_pYpM(i))*40*0.001)+((f_FYTOGAIA_70LT_pYpM(i))*70*0.001);
end

%% SYNTAGI No4-----FLORABELLA GRUN (FLOR_BLUM,FLOR_GRUNPF,FLOR_RHODO)
FLOR_BLUM_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    FLOR_BLUM_tot_m3_f(i)=((f_FLOR_BLUM_10LT_pYpM(i))*10*0.001)+((f_FLOR_BLUM_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_FLOR_BLUM_40LT_pYpM(i))*40*0.001)+((f_FLOR_BLUM_70LT_pYpM(i))*70*0.001);
end

FLOR_GRUNPF_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    FLOR_GRUNPF_tot_m3_f(i)=((f_FLOR_GRUNPF_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_FLOR_GRUNPF_40LT_pYpM(i))*40*0.001);
end

FLOR_RHODO_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    FLOR_RHODO_tot_m3_f(i)=((f_FLOR_RHODO_20LT_pYpM(i))*20*0.001);
end

```

```

Syntagi_No4=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    Syntagi_No4(i)=FLOR_BLUM_tot_m3_f(i)+FLOR_GRUNPF_tot_m3_f(i)+FLOR_RHODO_tot_m3_f(i);
end

%% SYNTAGI No5----- FLORABELLA GERAN (FLOR_GERAN,MAX_BLUM,MAX_RHODO)
FLOR_GERAN_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    FLOR_GERAN_tot_m3_f(i)=((f_FLOR_GERAN_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_FLOR_GERAN_40LT_pYpM(i))*40*0.001);
end

MAX_BLUM_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    MAX_BLUM_tot_m3_f(i)=((f_MAX_BLUM_10LT_pYpM(i))*10*0.001)+((f_MAX_BLUM_20LT_pYpM(i))*20*0.001)+((f_MAX_BLUM_40LT_pYpM(i))*40*0.001);
end

MAX_RHODO_tot_m3_f=zeros(1,12);

for i=1:1:12
    MAX_RHODO_tot_m3_f(i)=((f_MAX_RHODO_40LT_pYpM(i))*40*0.001);
end

Syntagi_No5=zeros(1,12);
for i=1:1:12
    Syntagi_No5(i)=FLOR_GERAN_tot_m3_f(i)+MAX_BLUM_tot_m3_f(i)+ MAX_RHODO_tot_m3_f(i);
end

%% ypologismos tis kathe prwtis ylhs
ksanthia_f_tot=0;
for i=1:1:12
    ksanthia_f(i)=(Syntagi_No1(i)*0.47)+(FYTOGAIA_tot_m3_f(i)*0.2)+(Syntagi_No4(i)*0.4)+(Syntagi_No5(i)*0.4);
    ksanthia_f_tot=ksanthia_f_tot+ksanthia_f(i);
end

maurh_f_tot=0;
for i=1:1:12
    maurh_f(i)=(Syntagi_No4(i)*0.1)+(Syntagi_No5(i)*0.1);
    maurh_f_tot=maurh_f_tot+maurh_f(i);
end

coco_f_tot=0;
for i=1:1:12
    coco_f(i)=(Syntagi_No1(i)*0.5)+(FYTOGAIA_tot_m3_f(i)*0.75)+(Syntagi_No4(i)*0.5)+(Syntagi_No5(i)*0.5);
    coco_f_tot=coco_f_tot+coco_f(i);
end

lipasma_f_tot=0;
for i=1:1:12
    lipasma_f(i)=(Syntagi_No1(i)*1.5)+(FYTOGAIA_tot_m3_f(i)*1.5)+(Syntagi_No4(i)*1.5)+(Syntagi_No5(i)*1.5);
    lipasma_f_tot=lipasma_f_tot+lipasma_f(i);
end

anthr_asvestio_f_tot=0;
for i=1:1:12
    anthr_asvestio_f(i)=(Syntagi_No1(i)*1)+(FYTOGAIA_tot_m3_f(i)*1)+(Syntagi_No4(i)*1)+(Syntagi_No5(i)*1);
    anthr_asvestio_f_tot=anthr_asvestio_f_tot+anthr_asvestio_f(i);
end

perliths_f_tot=0;
for i=1:1:12
    perliths_f(i)=(Syntagi_No1(i)*0.03)+(FYTOGAIA_tot_m3_f(i)*0.05);
    perliths_f_tot=perliths_f_tot+perliths_f(i);
end

zeolithos_f_tot=0;
for i=1:1:12
    zeolithos_f(i)=(Syntagi_No5(i)*15);
    zeolithos_f_tot=zeolithos_f_tot+zeolithos_f(i);
end

```

```

%% data_BELLEFIORI_corr arxeio gia tin eisagwgh dedomenwn apo excel 1/52
%clear all
clc
%%

%%-----B E L L E F I O R I-----2010-2011-2012
%% BELLEFIORI 10LT 2010-2011-2012-2013

BELLEFIORI_10LT_2010=xlsread('C:\PALIO_PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 10LT 2010(MEI).xls');
BELLEFIORI_10LT_2010_SIZE=size(BELLEFIORI_10LT_2010);
BELLEFIORI_10LT_2011=xlsread('C:\PALIO_PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 10LT 2011(MEI).xls');
BELLEFIORI_10LT_2011_SIZE=size(BELLEFIORI_10LT_2011);
BELLEFIORI_10LT_2012=xlsread('C:\PALIO_PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 10LT 2012(MEI).xls');
BELLEFIORI_10LT_2012_SIZE=size(BELLEFIORI_10LT_2012);
BELLEFIORI_10LT_2013=xlsread('C:\PALIO_PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 10LT 2013(MEI).xls');
BELLEFIORI_10LT_2013_SIZE=size(BELLEFIORI_10LT_2013);

CELL={BELLEFIORI_10LT_2010_SIZE BELLEFIORI_10LT_2010; %domi pou exei mesa ton data pinaka kai tis diastasis tou
      BELLEFIORI_10LT_2011_SIZE BELLEFIORI_10LT_2011;
      BELLEFIORI_10LT_2012_SIZE BELLEFIORI_10LT_2012;
      BELLEFIORI_10LT_2013_SIZE BELLEFIORI_10LT_2013;
      };
sizecell=size(CELL,1);
s_BELLEFIORI_10LT_pYpM=zeros(sizecell,12); %s=sales _ (product name) _ per Year per Month

% Pwlhseis ana xrono kai ana mina (kai ana proion)

for i=1:1:sizecell
    dim=CELL(i,1);
    datamatrix=CELL(i,2);
    datamatrix(isnan(datamatrix))=0; %replace nan's with 0's

    for j=1:1:dim(1,1) %prosthetoume tis polisis
        tou kathe mina

            if datamatrix(j,4)==1
                %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
                % i alagi pou xriazete gia na mporei na metrisei kai ta deltia apostolis kai ta timologia polisis

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,1)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,1)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,1)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,1)+datamatrix(j,10);

                end
                %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
            elseif datamatrix(j,4)==2

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,2)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,2)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,2)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,2)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==3

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,3)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,3)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,3)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,3)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==4
                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,4)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,4)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,4)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,4)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==5
                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,5)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,5)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,5)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,5)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==6
                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,6)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,6)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,6)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,6)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==7
                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,7)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,7)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,7)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,7)+datamatrix(j,10);

                end

            end
        end
    end
end
end

```



```

elseif datamatrix(j,4)==8
    if datamatrix(j,13)>0
        s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,8)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,8)+datamatrix(j,10);

    elseif datamatrix(j,14)>0
        s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,8)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,8)+datamatrix(j,10);

    end

elseif datamatrix(j,4)==9
    if datamatrix(j,13)>0
        s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,9)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,9)+datamatrix(j,10);

    elseif datamatrix(j,14)>0
        s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,9)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,9)+datamatrix(j,10);

    end

elseif datamatrix(j,4)==10
    if datamatrix(j,13)>0
        s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,10)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,10)+datamatrix(j,10);

    elseif datamatrix(j,14)>0
        s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,10)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,10)+datamatrix(j,10);

    end

elseif datamatrix(j,4)==11
    if datamatrix(j,13)>0
        s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,11)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,11)+datamatrix(j,10);

    elseif datamatrix(j,14)>0
        s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,11)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,11)+datamatrix(j,10);

    end

elseif datamatrix(j,4)==12
    if datamatrix(j,13)>0
        s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,12)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,12)+datamatrix(j,10);

    elseif datamatrix(j,14)>0
        s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,12)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,12)+datamatrix(j,10);

    end
end
elseif datamatrix(j,5)==2011
end
end

%% BELLEFIORI 20LT 2010-2011-2012

BELLEFIORI_20LT_2010=xlsread('C:\PALIO PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 20LT 2010(MEI).xls');
BELLEFIORI_20LT_2010_SIZE=size(BELLEFIORI_20LT_2010);
BELLEFIORI_20LT_2011=xlsread('C:\PALIO PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 20LT 2011(MEI).xls');
BELLEFIORI_20LT_2011_SIZE=size(BELLEFIORI_20LT_2011);
BELLEFIORI_20LT_2012=xlsread('C:\PALIO PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 20LT 2012(MEI).xls');
BELLEFIORI_20LT_2012_SIZE=size(BELLEFIORI_20LT_2012);
BELLEFIORI_20LT_2013=xlsread('C:\PALIO PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 20LT 2013(MEI).xls');
BELLEFIORI_20LT_2013_SIZE=size(BELLEFIORI_20LT_2013);

CELL={BELLEFIORI_20LT_2010_SIZE BELLEFIORI_20LT_2010; %domi pou exei mesa ton data pinaka kai tis diastasis tou
    BELLEFIORI_20LT_2011_SIZE BELLEFIORI_20LT_2011;
    BELLEFIORI_20LT_2012_SIZE BELLEFIORI_20LT_2012;
    BELLEFIORI_20LT_2013_SIZE BELLEFIORI_20LT_2013;
};
sizecell=size(CELL,1);
s_BELLEFIORI_20LT_pYpM=zeros(sizecell,12); %s=sales _ (product name) _ per Year per Month

% Pwlhseis ana xrono kai ana mina (kai ana proion)

for i=1:sizecell
    dim=CELL(i,1);
    datamatrix=CELL(i,2);
    datamatrix(isnan(datamatrix))=0; %replace nan's with 0's

    for j=1:dim(1,1) %prosthetoyme tis polisis
        tou kathe mina
            %if datamatrix(j,5)==2010
            if datamatrix(j,4)==1
                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,1)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,1)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,1)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,1)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==2
                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,2)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,2)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,2)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,2)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==3

```

```

        if datamatrix(j,13)>0
            s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,3)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,3)+datamatrix(j,10);
        elseif datamatrix(j,14)>0
            s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,3)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,3)+datamatrix(j,10);
        end

        elseif datamatrix(j,4)==4
            if datamatrix(j,13)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,4)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,4)+datamatrix(j,10);
            elseif datamatrix(j,14)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,4)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,4)+datamatrix(j,10);
            end

        elseif datamatrix(j,4)==5
            if datamatrix(j,13)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,5)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,5)+datamatrix(j,10);
            elseif datamatrix(j,14)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,5)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,5)+datamatrix(j,10);
            end

        elseif datamatrix(j,4)==6
            if datamatrix(j,13)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,6)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,6)+datamatrix(j,10);
            elseif datamatrix(j,14)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,6)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,6)+datamatrix(j,10);
            end

        elseif datamatrix(j,4)==7
            if datamatrix(j,13)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,7)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,7)+datamatrix(j,10);
            elseif datamatrix(j,14)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,7)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,7)+datamatrix(j,10);
            end

        elseif datamatrix(j,4)==8
            if datamatrix(j,13)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,8)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,8)+datamatrix(j,10);
            elseif datamatrix(j,14)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,8)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,8)+datamatrix(j,10);
            end

        elseif datamatrix(j,4)==9
            if datamatrix(j,13)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,9)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,9)+datamatrix(j,10);
            elseif datamatrix(j,14)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,9)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,9)+datamatrix(j,10);
            end

        elseif datamatrix(j,4)==10
            if datamatrix(j,13)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,10)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,10)+datamatrix(j,10);
            elseif datamatrix(j,14)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,10)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,10)+datamatrix(j,10);
            end

        elseif datamatrix(j,4)==11
            if datamatrix(j,13)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,11)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,11)+datamatrix(j,10);
            elseif datamatrix(j,14)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,11)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,11)+datamatrix(j,10);
            end

        elseif datamatrix(j,4)==12
            if datamatrix(j,13)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,12)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,12)+datamatrix(j,10);
            elseif datamatrix(j,14)>0
                s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,12)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,12)+datamatrix(j,10);
            end
        end
    end
end

end
end
%% BELLEFIORI 40LT 2010-2011

BELLEFIORI_40LT_2010=xlsread('C:\PALIO PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 40LT 2010(MEI).xls');
BELLEFIORI_40LT_2010_SIZE=size(BELLEFIORI_40LT_2010);
BELLEFIORI_40LT_2011=xlsread('C:\PALIO PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 40LT 2011(MEI).xls');
BELLEFIORI_40LT_2011_SIZE=size(BELLEFIORI_40LT_2011);
BELLEFIORI_40LT_2012=xlsread('C:\PALIO PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 40LT 2012(MEI).xls');
BELLEFIORI_40LT_2012_SIZE=size(BELLEFIORI_40LT_2012);
BELLEFIORI_40LT_2013=xlsread('C:\PALIO PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 40LT 2013(MEI).xls');
BELLEFIORI_40LT_2013_SIZE=size(BELLEFIORI_40LT_2013);

```

```

CELL={BELLEFIORI_40LT_2010_SIZE BELLEFIORI_40LT_2010; %domi pou exei mesa ton data pinaka kai tis diastasis tou
      BELLEFIORI_40LT_2011_SIZE BELLEFIORI_40LT_2011;
      BELLEFIORI_40LT_2012_SIZE BELLEFIORI_40LT_2012;
      BELLEFIORI_40LT_2013_SIZE BELLEFIORI_40LT_2013;
      };
sizecell=size(CELL,1);
s_BELLEFIORI_40LT_pYpM=zeros(sizecell,12); %s=sales _ (product name) _ per Year per Month

% Pwlhseis ana xrono kai ana mina (kai ana proion)

for i=1:1:sizecell
    dim=CELL(i,1);
    datamatrix=CELL(i,2);
    datamatrix(isnan(datamatrix))==0; %replace nan's with 0's

    for j=1:1:dim(1,1) %prosthetoyme tis polisis
        tou kathe mina
            %if datamatrix(j,5)==2010
            if datamatrix(j,4)==1

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,1)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,1)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,1)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,1)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==2

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,2)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,2)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,2)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,2)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==3

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,3)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,3)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,3)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,3)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==4

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,4)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,4)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,4)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,4)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==5

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,5)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,5)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,5)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,5)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==6

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,6)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,6)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,6)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,6)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==7

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,7)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,7)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,7)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,7)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==8

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,8)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,8)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,8)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,8)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==9

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,9)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,9)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,9)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,9)+datamatrix(j,10);

                end

            end
        end
    end
end

```

```

elseif datamatrix(j,4)==10
    if datamatrix(j,13)>0
        s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,10)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,10)+datamatrix(j,10);

    elseif datamatrix(j,14)>0
        s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,10)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,10)+datamatrix(j,10);

    end

elseif datamatrix(j,4)==11
    if datamatrix(j,13)>0
        s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,11)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,11)+datamatrix(j,10);

    elseif datamatrix(j,14)>0
        s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,11)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,11)+datamatrix(j,10);

    end

elseif datamatrix(j,4)==12
    if datamatrix(j,13)>0
        s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,12)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,12)+datamatrix(j,10);

    elseif datamatrix(j,14)>0
        s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,12)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,12)+datamatrix(j,10);

    end

end

end
end
%% BELLEFIORI 70LT 2010-2011

BELLEFIORI_70LT_2010=xlsread('C:\PALIO_PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 70LT 2010(MEI).xls');
BELLEFIORI_70LT_2010_SIZE=size(BELLEFIORI_70LT_2010);
BELLEFIORI_70LT_2011=xlsread('C:\PALIO_PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 70LT 2011(MEI).xls');
BELLEFIORI_70LT_2011_SIZE=size(BELLEFIORI_70LT_2011);
BELLEFIORI_70LT_2012=xlsread('C:\PALIO_PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 70LT 2012(MEI).xls');
BELLEFIORI_70LT_2012_SIZE=size(BELLEFIORI_70LT_2012);
BELLEFIORI_70LT_2013=xlsread('C:\PALIO_PC\TUC\THESIS\Data Agroflora_MATLAB VER\BELLEFIORI 70LT 2013(MEI).xls');
BELLEFIORI_70LT_2013_SIZE=size(BELLEFIORI_70LT_2013);

CELL={BELLEFIORI_70LT_2010_SIZE BELLEFIORI_70LT_2010; %domi pou exei mesa ton data pinaka kai tis diastasis tou
    BELLEFIORI_70LT_2011_SIZE BELLEFIORI_70LT_2011;
    BELLEFIORI_70LT_2012_SIZE BELLEFIORI_70LT_2012;
    BELLEFIORI_70LT_2013_SIZE BELLEFIORI_70LT_2013;
};
sizecell=size(CELL,1);
s_BELLEFIORI_70LT_pYpM=zeros(sizecell,12); %s=sales _ (product name) _ per Year per Month

% Pwlhseis ana xrono kai ana mina (kai ana proion)

for i=1:1:sizecell
    dim=CELL{i,1};
    datamatrix=CELL{i,2};
    datamatrix(isnan(datamatrix))=0; %replace nan's with 0's

    for j=1:1:dim(1,1) %prosthetoyme tis polisis
        tou kathe mina
            %if datamatrix(j,5)==2010
            if datamatrix(j,4)==1

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,1)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,1)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,1)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,1)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==2

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,2)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,2)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,2)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,2)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==3

                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,3)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,3)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,3)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,3)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==4
                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,4)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,4)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,4)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,4)+datamatrix(j,10);

                end

            elseif datamatrix(j,4)==5
                if datamatrix(j,13)>0

```

```

        s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,5)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,5)+datamatrix(j,10);
    elseif datamatrix(j,14)>0
        s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,5)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,5)+datamatrix(j,10);
    end

    elseif datamatrix(j,4)==6
        if datamatrix(j,13)>0
            s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,6)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,6)+datamatrix(j,10);

            elseif datamatrix(j,14)>0
                s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,6)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,6)+datamatrix(j,10);
            end

        elseif datamatrix(j,4)==7
            if datamatrix(j,13)>0
                s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,7)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,7)+datamatrix(j,10);

                elseif datamatrix(j,14)>0
                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,7)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,7)+datamatrix(j,10);
                end

            elseif datamatrix(j,4)==8
                if datamatrix(j,13)>0
                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,8)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,8)+datamatrix(j,10);

                    elseif datamatrix(j,14)>0
                        s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,8)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,8)+datamatrix(j,10);
                    end

                elseif datamatrix(j,4)==9
                    if datamatrix(j,13)>0
                        s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,9)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,9)+datamatrix(j,10);

                        elseif datamatrix(j,14)>0
                            s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,9)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,9)+datamatrix(j,10);
                        end

                    elseif datamatrix(j,4)==10
                        if datamatrix(j,13)>0
                            s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,10)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,10)+datamatrix(j,10);

                            elseif datamatrix(j,14)>0
                                s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,10)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,10)+datamatrix(j,10);
                            end

                        elseif datamatrix(j,4)==11
                            if datamatrix(j,13)>0
                                s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,11)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,11)+datamatrix(j,10);

                                elseif datamatrix(j,14)>0
                                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,11)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,11)+datamatrix(j,10);
                                end

                            elseif datamatrix(j,4)==12
                                if datamatrix(j,13)>0
                                    s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,12)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,12)+datamatrix(j,10);

                                    elseif datamatrix(j,14)>0
                                        s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,12)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,12)+datamatrix(j,10);
                                    end

                                end
                            end
                        end
                    end
                end
            end
        end
    end
end

```

```

function
[best_forecast,method,MSE,MAD,MAPE,SCORE,scoreboard]=best_forecast_competit
ion(data)
%functions:forecast_seasonal_3y,forecast_TREND_3y,forecast_DAMPTREND_3y
%me kritirio ta mse,mad,mape epilegoume gia kathe proion tin kaliteri provlepsis
y13=data(4,:);

score=zeros(3); %vathmologia
scoreboard=zeros(3,3);

[FS_2013,FS_type]=forecast_seasonal_3y(data); %kaloume tis sunartisi tw n provlepsewn
[FT_2013,FT_type]=forecast_TREND_3y(data);
[FD_2013,FD_type]=forecast_DAMPTREND_3y(data);

mseFS=mse(FS_2013,y13); %kaloume tin sunartisi pou upologizei to mse apo tin pragmatikotita
mseFT=mse(FT_2013,y13);
mseFD=mse(FD_2013,y13);

bf=zeros(3);
bf(1)=mseFS; %ftiaxnoume ena pinaka me ta mse tis kathe methodou
bf(2)=mseFT;
bf(3)=mseFD;

[Y,I]=min(bf); % upologizoume to min

if I==1
    score(1)=score(1)+1;
    scoreboard(1,1)=1;
elseif I==2
    score(2)=score(2)+1;
    scoreboard(2,1)=1;
else
    score(3)=score(3)+1;
    scoreboard(3,1)=1;
end

madFS=mad(FS_2013,y13); %kaloume tin sunartisi pou upologizei to mad apo tin pragmatikotita
madFT=mad(FT_2013,y13);
madFD=mad(FD_2013,y13);

bf=zeros(3);
bf(1)=madFS; %ftiaxnoume ena pinaka me ta mad tis kathe methodou
bf(2)=madFT;
bf(3)=madFD;

[Y,I]=min(bf);

if I==1
    score(1)=score(1)+1;
    scoreboard(1,2)=1;
elseif I==2
    score(2)=score(2)+1;
    scoreboard(2,2)=1;
else
    score(3)=score(3)+1;
    scoreboard(3,2)=1;
end

mapeFS=mape(FS_2013,y13); %kaloume tin sunartisi pou upologizei to mape apo tin pragmatikotita
mapeFT=mape(FT_2013,y13);
mapeFD=mape(FD_2013,y13);

bf=zeros(3);
bf(1)=mapeFS; %ftiaxnoume ena pinaka me ta mad tis kathe methodou
bf(2)=mapeFT;
bf(3)=mapeFD;

[Y,I]=min(bf);

if I==1
    score(1)=score(1)+1;
    scoreboard(1,3)=1;
elseif I==2
    score(2)=score(2)+1;
    scoreboard(2,3)=1;
else
    score(3)=score(3)+1;
    scoreboard(3,3)=1;
end

[Y,Im]=max(score);

addit='additive';
fs_copm = strcmp(addit,FS_type);
ft_copm = strcmp(addit,FT_type);
fd_copm = strcmp(addit,FD_type);

if Im==1
    best_forecast=FS_2013;
    if fs_copm==1
        method='N-A';
    else
        method='N-M';
    end
    %method='seasonal';
    MSE=mseFS;
    MAD=madFS;
    MAPE=mapeFS;
    SCORE=score(1);
elseif Im==2

```

```

best_forecast=FT_2013;
if ft_copm==1
    method='A-A';
else
    method='A-M';
end
%method='trend';
MSE=mseFT;
MAD=madFT;
MAPE=mapeFT;
SCORE=score(2);
else
    best_forecast=FD_2013;
    if fd_copm==1
        method='DA-A';
    else
        method='DA-M';
    end
    %method='damp trend';
    MSE=mseFD;
    MAD=madFD;
    MAPE=mapeFD;
    SCORE=score(3);
end

```

```

function [FS_2013,type12]=forecast_seasonal_3y(data)
%forecast N-A , N-M
%functions:seasonal_index,mseopt_corr,seasonsm
%pernoume ton pinaka 'product name'_pYpM
y10=data(1,:);
y11=data(2,:);
y12=data(3,:);
y10=y10';
y11=y11';
y12=y12';

%% prwta xrisimopoioume to y10 gia na upologisoume to fs11 kai to op11
h=12;
s=12;
sst=seasonal_index(y10,s);
x0=zeros(1,15); %ta metaferame apo to mseopt edw oste na min ginonte initialize oi parametroi kathe fora pou trexei to mseopt
alla na pernei ta proigoumena san starting values
x0(1)=0;
x0(2)=0;
x0(3)=mean(y10); %starting value for level
x0(4:end)=sst;

[op11,type11,mse11]=mseopt_corr(y10,y11,h,s,x0);
a=op11;
fs_1y_11=seasonsm(a,y11,h,s,type11);

y10_11=zeros(1,24);
for i=1:1:12
    y10_11(i)=y10(i);
    y10_11(i+12)=y11(i);
end

sst=seasonal_index(y10_11,s);
sst=sst(13:24);
x0=zeros(1,15);
x0(1)=op11(1);
x0(2)=op11(2);
x0(3)=mean(y10_11); %starting value for level
x0(4:end)=sst;
[op12,type12,mse12]=mseopt_corr(y10_11,y12,h,s,x0);

%fs_3y

a=op12;

fs_2y=seasonsm(a,y10_11,h,s,type12);

fs_1y=seasonsm(a,y11,h,s,type12);

p_FS_2013=seasonsm(a,y12,h,s,type12);
mse=mse12;

FS_2013=zeros(1,12);
for i=1:1:12
    FS_2013(i)=p_FS_2013(i+12);
end

for i=1:1:12
    if FS_2013(i)<0
        FS_2013(i)=0;
    end
end
end

```



```

function [FT_2013,type12]=forecast_TREND_3y(data)
%forecast A-A , A-M
%functions:seasonal_index,mseoptTREND_corr,winters
%pernouve ton pinaka 'product name'_pYpM
y10=data(1,:);
y11=data(2,:);
y12=data(3,:);
y10=y10';
y11=y11';
y12=y12';

%% prwta xrisimopoioume to y10 gia na upologisoume to ft11 kai to op11
h=12;
s=12;
sst=seasonal_index(y10,s);
x0=zeros(1,17);
x0(1)=0;
x0(2)=0;
x0(3)=0; %starting value for level
x0(4)=mean(y10);
%
ydet = detrend(y10); %trend
TRENDy=y10-ydet;
%
x0(5)=TRENDy(end);
x0(6:end)=sst;

[op11,type11,mse11]=mseoptTREND_corr(y10,y11,h,s,x0);
a=op11;
ft_1y_11=winters(a,y10,h,s,type11);
%%
y10_11=zeros(1,24);
for i=1:1:12
    y10_11(i)=y10(i);
    y10_11(i+12)=y11(i);
end

sst=seasonal_index(y11,s);
%sst=sst(13:24);
x0=zeros(1,17);
x0(1)=op11(1);
x0(2)=op11(2);
x0(3)=op11(3);
x0(4)=mean(y11);
%
ydet = detrend(y11); %trend
TRENDy=y11-ydet;
%
x0(5)=TRENDy(end);
x0(6:end)=sst;
[op12,type12,mse12]=mseoptTREND_corr(y11,y12,h,s,x0);

a=op12;

ft_2y=winters(a,y10_11,h,s,type12);

ft_1y=winters(a,y11,h,s,type12);

p_FT_2013=winters(a,y12,h,s,type12);
mse=mse12;
FT_2013=zeros(1,12);
for i=1:1:12
    FT_2013(i)=p_FT_2013(i+12);
end

for i=1:1:12
    if FT_2013(i)<0
        FT_2013(i)=0;
    end
end

```

```

function [FD_2013,type12]=forecast_DAMPTREND_3y(data)
%forecast DA-A , DA-M
%functions:seasonal_index,mseoptDAMPTREND_corr,damwinters
%pernoume ton pinaka 'product name'_pYpM
y10=data(1,:);
y11=data(2,:);
y12=data(3,:);
y10=y10';
y11=y11';
y12=y12';

%% prwta xrisimopoioume to y10 gia na upologisoume to fdt11 kai to opl1
h=12;
s=12;
sst=seasonal_index(y10,s);
x0=zeros(1,18);
x0(1)=0;
x0(2)=0;
x0(3)=0; %starting value for level
x0(4)=1;
x0(5)=y10(end);
%
ydet = detrend(y10); %trend
TRENDy=y10-ydet;
%
x0(6)=TRENDy(end);
x0(7:end)=sst;

[op11,type11,mse11]=mseoptDAMPTREND_corr(y10,y11,h,s,x0);
a=op11;
fdt_1y_11=damwinters(a,y10,h,s,type11);
%%
y10_11=zeros(1,24);
for i=1:1:12
    y10_11(i)=y10(i);
    y10_11(i+12)=y11(i);
end

sst=seasonal_index(y11,s);
%sst=sst(13:24);
x0=zeros(1,18);
x0(1)=op11(1);
x0(2)=op11(2);
x0(3)=op11(3);
x0(4)=op11(4);
x0(5)=y11(end);
%
ydet = detrend(y11); %trend
TRENDy=y11-ydet;
%
x0(6)=TRENDy(end);
x0(7:end)=sst;
[op12,type12,mse12]=mseoptDAMPTREND_corr(y11,y12,h,s,x0);

%fdt_3y

a=op12;

fdt_2y=damwinters(a,y10_11,h,s,type12);

fdt_1y=damwinters(a,y11,h,s,type12);

p_FD_2013=damwinters(a,y12,h,s,type12);
mse=mse12;

FD_2013=zeros(1,12);
for i=1:1:12
    FD_2013(i)=p_FD_2013(i+12);
end

for i=1:1:12
    if FD_2013(i)<0
        FD_2013(i)=0;
    end
end
end

```

```

function [opt,type,mse]=mseopt_corr(y1,y2,h,s,x0)
%% mse parameter optimization function fmincon N-A,N-M
%functions:fmincon(matlab),mse_seasonsm
% a=parametroi twn montelwn
% y1=h arxikes time series
% y2=times series gia optimization tou mse

%% optimization
L=length(x0);
compare=zeros(2,2);
op=zeros(2,L);
options=optimoptions(@fmincon,'MaxFunEvals',400000,'MaxIter',100000,'Algorithm','interior-point');
A=zeros(1,L);
A(1)=1;
A(2)=1;

b=[2];
Aeq=[];
beq=[];
lb=zeros(1,L);

ub = [];
nonlcon=[];
type='additive';
[op1,mse1] = fmincon(@(a)mse_seasonsm(a,y1,y2,h,s,type), x0,A,b,Aeq, beq,lb,ub,nonlcon,options);

compare(1,1)='a';
compare(1,2)=mse1;
op(1,:)=op1;
% multiplicative type
type='multiplicative';
[op2,mse2] = fmincon(@(a)mse_seasonsm(a,y1,y2,h,s,type), x0,A,b,Aeq, beq,lb,ub,nonlcon,options);
compare(2,1)='m';
compare(2,2)=mse2;
op(2,:)=op2;
[C,I] = min(compare);

if compare(I,1)=='a'
    type='additive';
    opt=op1;
    mse=mse1;
else
    type='multiplicative';
    opt=op2;
    mse=mse2;
end

```

```

function [op,type,mse]=mseoptTREND_corr(y1,y2,h,s,x0)
%% mse parameter optimization function fmincon A-A,A-M
%functions:fmincon(matlab),mse_winters
% a=parametroi twn montelwn
% y1=h arxikes time series
% y2=times series gia optimization tou mse
%% optimization
compare=zeros(2,2);
optimal_parameters=zeros(2,17);
options=optimoptions(@fmincon,'MaxFunEvals',4000000,'MaxIter',1000000,'Algorithm','interior-point','InitBarrierParam',1e10);
%options gia tin sunartisi veltistopoiisis fmincon xreistike na valoume to option 'InitBarrierParam',1e10 giati alliws den
evriske lusi

A=[1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
b=[2];
Aeq=[];
beq=[];
lb=zeros(1,17);
ub = [];
nonlcon=[];
type='additive';
[op1,mse1] = fmincon(@(a)mse_winters(a,y1,y2,h,s,type), x0,A,b,Aeq, beq,lb,ub,nonlcon,options);

compare(1,1)='a';
compare(1,2)=mse1;
optimal_parameters(1,:)=op1;
% multiplicative type
type='multiplicative';
[op2,mse2] = fmincon(@(a)mse_winters(a,y1,y2,h,s,type), x0,A,b,Aeq, beq,lb,ub,nonlcon,options);
compare(2,1)='m';
compare(2,2)=mse2;
optimal_parameters(2,:)=op2;
[C,I] = min(compare);
%% forecast
if compare(I,1)=='a'
    type='additive';
    op=op1(1,:);
    mse=mse1;
else
    type='multiplicative';
    op=op2(1,:);
    mse=mse2;
end

```

```

function [op,type,mse]=mseoptDAMPTREND_corr(y1,y2,h,s,x0)
%% mse parameter optimization function fmincon DA-A,DA-M
%functions:fmincon(matlab),mse_damwinters
%   a=parametroi twm montelwn
%   y1=h arxikes time series
%   y2=times series gia optimization tou mse

%% optimization
compare=zeros(2,2);
optimal_parameters=zeros(2,18);
options=optimoptions(@fmincon,'MaxFunEvals',4000000,'MaxIter',1000000,'Algorithm','interior-point','InitBarrierParam',1e10);
%options gia tin sunartisi veltistopoiisis fmincon xreistike na valoume to option 'InitBarrierParam',1e10 giati alliws den
evriske lusi

A=[1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
b=[2];
Aeq=[];
beq=[];
lb=zeros(1,18);
ub = [];
nonlcon=[];
type='additive';
[op1,mse1] = fmincon(@(a)mse_damwinters(a,y1,y2,h,s,type), x0,A,b,Aeq, beq,lb,ub,nonlcon,options);

compare(1,1)='a';
compare(1,2)=mse1;
optimal_parameters(1,:)=op1;
% multiplicative type
type='multiplicative';
[op2,mse2] = fmincon(@(a)mse_damwinters(a,y1,y2,h,s,type), x0,A,b,Aeq, beq,lb,ub,nonlcon,options);
compare(2,1)='m';
compare(2,2)=mse2;
optimal_parameters(2,:)=op2;
[C,I] = min(compare);
%% forecast
if compare(I,1)=='a'
    type='additive';
    op=op1(1,:);
    mse=mse1;
else
    type='multiplicative';
    op=op2(1,:);
    mse=mse2;
end
end

```

```

function mse=mse_seasonsm(a,y1,y2,h,s,type)
%% sunartisi pou kaloume gia veltistopoihsi,N-A,N-M
%functions:seasonsm
f=seasonsm(a,y1,h,s,type);
%
l=length(f);
%
se=zeros(1,12);
mse=0;
for i=1:1:12
    %se(i)=(y2(i)-f(i))^2;
    se(i)=(y2(i)-f(i+(1-12)))^2;
    mse=mse+se(i);
end
mse=mse/12;

```

```

function mse=mse_winters(a,y1,y2,h,s,type)
%% sunartisi pou kaloume gia veltistopoihsi,A-N,A-M
%functions:winters
f=winters(a,y1,h,s,type);
%
l=length(f);
%
se=zeros(1,12);
mse=0;
for i=1:1:12
    %se(i)=(y2(i)-f(i))^2;
    se(i)=(y2(i)-f(i+(1-12)))^2;
    mse=mse+se(i);
end
mse=mse/12;

```

```

function mse=mse_damwinters(a,y1,y2,h,s,type)
%% sunartisi pou kaloume gia veltistopoihsi,DA-A,DA-M
%functions:damwinters
f=damwinters(a,y1,h,s,type);
%
l=length(f);
se=zeros(1,12);
mse=0;
for i=1:1:12
    %se(i)=(y2(i)-f(i))^2;
    se(i)=(y2(i)-f(i+(1-12)))^2;
    mse=mse+se(i);
end
mse=mse/12;

```

```

function f=seasonsm(a,y,h,s,type)
% N-A,N-M
% Inputs:
%     a = vector of smoothing parameters a(1)=a, a(2)=g, a(3)=initial
%         level (optional), a(4:s+4) = initial season (optional)
%     y = time series
%     h = horizon (default = 0)
%     s = length of season (default = 12)
%     type = [ 'multiplicative' ] | [ 'additive' ]
% Argument check
if length(a)<2
    error('Not enough smoothing parameters specified')
end
if nargin<3
    h=0;
end
if nargin<4
    s = 12;
end
if nargin<5
    type = 'multiplicative';
end

% Initialisation
l=length(y);
f=nan(l+h,1);
level=nan(l+s,1);
season=nan(l+s,1);
if length(a)>2
    level(1:s)=a(3);
    season(1:s)=a(4:end);
else
    if s>1
        error('Seasonal length longer than the time series!')
    end
    % naive initialisation
    level(1:min(s,l)) = mean(y(1:min(s,l)));
    if strcmp(type,'multiplicative')
        % Multiplicative seasonality
        season(1:min(s,l))= y(1:min(s,l))./level(1:min(s,l));
    else
        % Additive seasonality
        season(1:min(s,l))= y(1:min(s,l))-level(1:min(s,l));
    end
end
g=a(2);
a=a(1);
% start smoothing
for i=1:l
    if strcmp(type,'multiplicative')
        % Multiplicative seasonality
        level(i+s)=a*y(i)/season(i)+(1-a)*level(i+s-1);
        season(i+s)=g*y(i)/level(i+s)+(1-g)*season(i);
        f(i) = level(i+s-1)*season(i+1-1); % calculate forecast of the previous period
    else
        % Additive seasonality
        level(i+s)=a*(y(i)-season(i))+(1-a)*level(i+s-1);
        season(i+s)=g*(y(i)-level(i+s))+(1-g)*season(i);
        f(i) = level(i+s-1)+season(i+1-1); % calculate forecast of the previous period
    end
end
% create forecasts
if h>0
    k = 1; % seasonality counter
    for i=l+1:l+h
        if strcmp(type,'multiplicative')
            % Multiplicative seasonality
            f(i) = level(end)*season(end-s+k);
        else
            % Additive seasonality
            f(i) = level(end)+season(end-s+k);
        end
        % advance seasonal counter
        if k==s
            k=1;
        else
            k = k + 1;
        end
    end
end
end

```

```

function f=winters(a,y,h,s,type)
% A-A,A-M
% Inputs:
% a = vector of smoothing parameters a(1)=a, a(2)=b, a(3)=g,
% a(4)=initial level (optional), a(5) = initial trend (optional),
% a(6:s)=initial season (optional)
% y = time series
% h = horizon (default = 0)
% s = length of season (default = 12)
% type = [ 'multiplicative' ] | 'additive'
% Argument check
if length(a)<3
    error('Not enough smoothing parameters specified')
end
if nargin<3
    h=0;
end
if nargin<4
    s = 12;
end
if nargin<5
    type = 'multiplicative';
end

% Initialisation
l=length(y);
f=nan(l+h,1);
level=nan(l+s,1);
trend=nan(l+s,1);
season=nan(l+s,1);
if length(a)>3
    level(1:s)=a(4);
    trend(1:s)=a(5);
    season(1:s)=a(6:end);
else
    if s>1
        error('Seasonal length longer than the time series!')
    end
    % naive initialisation
    level(1:min(s,l)) = mean(y(1:min(s,l)));
    switch type
        case 'multiplicative'
            % Multiplicative seasonality
            season(1:min(s,l))= y(1:min(s,l))./level(1:min(s,l));
            trend(1:min(s,l)) = mean(y(2:s)./season(2:s)-y(1:s-1)./season(1:s-1));
        case 'additive'
            % Additive seasonality
            season(1:min(s,l))= y(1:min(s,l))-level(1:min(s,l));
            trend(1:min(s,l)) = mean((y(2:s)-season(2:s))-(y(1:s-1)-season(1:s-1)));
    end
end
g=a(3);
b=a(2);
a=a(1);
% start smoothing
for i=1:l
    switch type
        case 'multiplicative'
            % Multiplicative seasonality
            level(i+s)=a*y(i)/season(i)+(1-a)*(level(i+s-1)+trend(i+s-1));
            trend(i+s)=b*(level(i+s)-level(i+s-1))+(1-b)*trend(i+s-1);
            season(i+s)=g*y(i)/level(i+s)+(1-g)*season(i);
            f(i) = (level(i+s-1)+trend(i+s-1))*season(i+1-1); % calculate forecast of the previous period
        case 'additive'
            % Additive seasonality
            level(i+s)=a*(y(i)-season(i))+(1-a)*(level(i+s-1)+trend(i+s-1));
            trend(i+s)=b*(level(i+s)-level(i+s-1))+(1-b)*trend(i+s-1);
            season(i+s)=g*(y(i)-level(i+s))+(1-g)*season(i);
            f(i) = level(i+s-1)+trend(i+s-1)+season(i+1-1); % calculate forecast of the previous period
    end
end
% create forecasts
if h>0
    k = 1; % seasonality counter
    for i=l+1:l+h
        switch type
            case 'multiplicative'
                % Multiplicative seasonality
                f(i) = (level(end)+(i-1)*trend(end))*season(end-s+k);
            case 'additive'
                % Additive seasonality
                f(i) = level(end)+(i-1)*trend(end)+season(end-s+k);
        end
        % advance seasonal counter
        if k==s
            k=1;
        else
            k = k + 1;
        end
    end
end
end

```

```

%% arxeio gia tin omadopoihsh tw'n xronoseirwn
clear all
clc
load('prwtes_ules_provlepsis_workspace_2')

%% ana siskevasia,mineo kai etisio gia oles tis xronoseires
R_Lt_10=zeros(4,12);
R_Lt_20=zeros(4,12);
R_Lt_40=zeros(4,12);
R_Lt_70=zeros(4,12);

tot_R_Lt_10=zeros(1,4);
tot_R_Lt_20=zeros(1,4);
tot_R_Lt_40=zeros(1,4);
tot_R_Lt_70=zeros(1,4);

for i=1:1:4
    for j=1:1:12

R_Lt_10(i,j)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,j)+s_BELLISSIMO_10LT_pYpM(i,j)+s_FLORIDA_10LT_pYpM(i,j)+s_FLOR_BLUM_10LT_pYpM(i,j)+s_FO
REVER_GREEN_10LT_pYpM(i,j)+s_FYTOGAIA_10LT_pYpM(i,j)+s_GREEN_GARDEN_10LT_pYpM(i,j)+s_MAX_BLUM_10LT_pYpM(i,j)+s_SUPER_MAX_10LT
_pYpM(i,j)+s_UNIVERSAL_10LT_pYpM(i,j);

R_Lt_20(i,j)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,j)+s_BELLISSIMO_20LT_pYpM(i,j)+s_CAPRIFLOR_20LT_pYpM(i,j)+s_FLORIDA_20LT_pYpM(i,j)+s_FL
OR_BLUM_20LT_pYpM(i,j)+s_FLOR GERAN_20LT_pYpM(i,j)+s_FLOR GRUNPF_20LT_pYpM(i,j)+s_FLOR RHODO_20LT_pYpM(i,j)+s_FOREVER_GREEN_2
0LT_pYpM(i,j)+s_FYTOGAIA_20LT_pYpM(i,j)+s_GRAND_TROPICAL_20LT_pYpM(i,j)+s_GREEN_GARDEN_20LT_pYpM(i,j)+s_MAXIFIORI_20LT_pYpM(i
,j)+s_MAX_BLUM_20LT_pYpM(i,j)+s_SUPER_MAX_20LT_pYpM(i,j)+s_UNIVERSAL_20LT_pYpM(i,j);

R_Lt_40(i,j)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,j)+s_BELLISSIMO_40LT_pYpM(i,j)+s_CAPRIFLOR_40LT_pYpM(i,j)+s_FLORIDA_40LT_pYpM(i,j)+s_FL
ORIDA_40LT_pYpM(i,j)+s_FLOR GERAN_40LT_pYpM(i,j)+s_FLOR GRUNPF_40LT_pYpM(i,j)+s_FYTOGAIA_40LT_pYpM(i,j)+s_GRAND_TROPICAL_40LT
_pYpM(i,j)+s_GREEN_GARDEN_40LT_pYpM(i,j)+s_MAXIFIORI_40LT_pYpM(i,j)+s_MAX_BLUM_40LT_pYpM(i,j)+s_MAX_RHODO_40LT_pYpM(i,j)+s_SU
PER_MAX_40LT_pYpM(i,j)+s_UNIVERSAL_40LT_pYpM(i,j);

R_Lt_70(i,j)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,j)+s_BELLISSIMO_70LT_pYpM(i,j)+s_CAPRIFLOR_70LT_pYpM(i,j)+s_FLORIDA_70LT_pYpM(i,j)+s_FL
OR BLUM_70LT_pYpM(i,j)+s_FYTOGAIA_70LT_pYpM(i,j)+s_GRAND_TROPICAL_70LT_pYpM(i,j)+s_MAXIFIORI_70LT_pYpM(i,j)+s_SUPER_MAX_70LT
_pYpM(i,j)+s_UNIVERSAL_70LT_pYpM(i,j);
        end
        tot_R_Lt_10(1,i)=sum(R_Lt_10(i,:));
        tot_R_Lt_20(1,i)=sum(R_Lt_20(i,:));
        tot_R_Lt_40(1,i)=sum(R_Lt_40(i,:));
        tot_R_Lt_70(1,i)=sum(R_Lt_70(i,:));

    end

end

%% ana klasi proiontos, ana suntagi kai ana prwth ulh, minieo kai etisio

R_BELLEFIORI_m3_s=zeros(4,12);
R_BELLISSIMO_m3_s=zeros(4,12);
R_CAPRIFLOR_m3_s=zeros(4,12);
R_FLORIDA_m3_s=zeros(4,12);
R_FOREVER_GREEN_m3_s=zeros(4,12);
R_GRAND_TROPICAL_m3_s=zeros(4,12);
R_GREEN_GARDEN_m3_s=zeros(4,12);
R_MAXIFIORI_m3_s=zeros(4,12);
R_SUPER_MAX_m3_s=zeros(4,12);
R_UNIVERSAL_m3_s=zeros(4,12);
R_FYTOGAIA_m3_s=zeros(4,12);
R_FLOR_BLUM_m3_s=zeros(4,12);
R_FLOR GRUNPF_m3_s=zeros(4,12);
R_FLOR RHODO_m3_s=zeros(4,12);
R_FLOR GERAN_m3_s=zeros(4,12);
R_MAX_BLUM_m3_s=zeros(4,12);
R_MAX_RHODO_m3_s=zeros(4,12);

R_Syntagi_No1=zeros(4,12);
R_Syntagi_No3=zeros(4,12);
R_Syntagi_No4=zeros(4,12);
R_Syntagi_No5=zeros(4,12);

R_ksanthia_s=zeros(4,12);
R_maurh_s=zeros(4,12);
R_coco_s=zeros(4,12);
R_lipasma_s=zeros(4,12);
R_anthr_asvestio_s=zeros(4,12);
R_perliths_s=zeros(4,12);
R_zeolithos_s=zeros(4,12);

tot_BELLEFIORI_m3_s=zeros(1,4);
tot_BELLISSIMO_m3_s=zeros(1,4);
tot_CAPRIFLOR_m3_s=zeros(1,4);
tot_FLORIDA_m3_s=zeros(1,4);
tot_FOREVER_GREEN_m3_s=zeros(1,4);
tot_GRAND_TROPICAL_m3_s=zeros(1,4);
tot_GREEN_GARDEN_m3_s=zeros(1,4);
tot_MAXIFIORI_m3_s=zeros(1,4);
tot_SUPER_MAX_m3_s=zeros(1,4);
tot_UNIVERSAL_m3_s=zeros(1,4);
tot_FYTOGAIA_m3_s=zeros(1,4);
tot_FLOR_BLUM_m3_s=zeros(1,4);
tot_FLOR GRUNPF_m3_s=zeros(1,4);
tot_FLOR RHODO_m3_s=zeros(1,4);
tot_FLOR GERAN_m3_s=zeros(1,4);
tot_MAX_BLUM_m3_s=zeros(1,4);
tot_MAX_RHODO_m3_s=zeros(1,4);

tot_Syntagi_No1=zeros(1,4);
tot_Syntagi_No3=zeros(1,4);
tot_Syntagi_No4=zeros(1,4);
tot_Syntagi_No5=zeros(1,4);

```

```

tot_ksanthia_s=zeros(1,4);
tot_maurh_s=zeros(1,4);
tot_coco_s=zeros(1,4);
tot_lipasma_s=zeros(1,4);
tot_anthr_asvestio_s=zeros(1,4);
tot_perlihs_s=zeros(1,4);
tot_zeolithos_s=zeros(1,4);

for i=1:1:4
%
for j=1:1:12

R_BELLEFIORI_m3_s(i,j)=((s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i,j))*10*0.001)+((s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001)+((s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i,j))*70*0.001);
%
R_BELLISSIMO_m3_s(i,j)=((s_BELLISSIMO_10LT_pYpM(i,j))*10*0.001)+((s_BELLISSIMO_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_BELLISSIMO_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001)+((s_BELLISSIMO_70LT_pYpM(i,j))*70*0.001);
%
R_CAPRIFLOR_m3_s(i,j)=((s_CAPRIFLOR_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_CAPRIFLOR_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001)+((s_CAPRIFLOR_70LT_pYpM(i,j))*70*0.001);
%
R_FLORIDA_m3_s(i,j)=((s_FLORIDA_10LT_pYpM(i,j))*10*0.001)+((s_FLORIDA_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_FLORIDA_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001)+((s_FLORIDA_70LT_pYpM(i,j))*70*0.001);
%
R_FOREVER_GREEN_m3_s(i,j)=((s_FOREVER_GREEN_10LT_pYpM(i,j))*10*0.001)+((s_FOREVER_GREEN_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001);
%
R_GRAND_TROPICAL_m3_s(i,j)=((s_GRAND_TROPICAL_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_GRAND_TROPICAL_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001)+((s_GRAND_TROPICAL_70LT_pYpM(i,j))*70*0.001);
%
R_GREEN_GARDEN_m3_s(i,j)=((s_GREEN_GARDEN_10LT_pYpM(i,j))*10*0.001)+((s_GREEN_GARDEN_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_GREEN_GARDEN_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001);
%
R_MAXIFIORI_m3_s(i,j)=((s_MAXIFIORI_10LT_pYpM(i,j))*10*0.001)+((s_MAXIFIORI_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_MAXIFIORI_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001)+((s_MAXIFIORI_70LT_pYpM(i,j))*70*0.001);
%
R_SUPER_MAX_m3_s(i,j)=((s_SUPER_MAX_10LT_pYpM(i,j))*10*0.001)+((s_SUPER_MAX_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_SUPER_MAX_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001)+((s_SUPER_MAX_70LT_pYpM(i,j))*70*0.001);
%
R_UNIVERSAL_m3_s(i,j)=((s_UNIVERSAL_10LT_pYpM(i,j))*10*0.001)+((s_UNIVERSAL_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_UNIVERSAL_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001)+((s_UNIVERSAL_70LT_pYpM(i,j))*70*0.001);
%
R_FYTOGAIA_m3_s(i,j)=((s_FYTOGAIA_10LT_pYpM(i,j))*10*0.001)+((s_FYTOGAIA_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_FYTOGAIA_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001)+((s_FYTOGAIA_70LT_pYpM(i,j))*70*0.001);
%
R_FLOR_BLUM_m3_s(i,j)=((s_FLOR_BLUM_10LT_pYpM(i,j))*10*0.001)+((s_FLOR_BLUM_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_FLOR_BLUM_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001)+((s_FLOR_BLUM_70LT_pYpM(i,j))*70*0.001);
%
R_FLOR_GRUNPF_m3_s(i,j)=((s_FLOR_GRUNPF_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_FLOR_GRUNPF_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001);
%
R_FLOR_RHODO_m3_s(i,j)=((s_FLOR_RHODO_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001);
%
R_FLOR_GERAN_m3_s(i,j)=((s_FLOR_GERAN_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_FLOR_GERAN_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001);
%
R_MAX_BLUM_m3_s(i,j)=((s_MAX_BLUM_10LT_pYpM(i,j))*10*0.001)+((s_MAX_BLUM_20LT_pYpM(i,j))*20*0.001)+((s_MAX_BLUM_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001);
%
R_MAX_RHODO_m3_s(i,j)=((s_MAX_RHODO_40LT_pYpM(i,j))*40*0.001);
%
%syntages

R_Syntagi_No1(i,j)=R_BELLEFIORI_m3_s(i,j)+R_BELLISSIMO_m3_s(i,j)+R_CAPRIFLOR_m3_s(i,j)+R_FLORIDA_m3_s(i,j)+R_FOREVER_GREEN_m3_s(i,j)+R_GRAND_TROPICAL_m3_s(i,j)+R_GREEN_GARDEN_m3_s(i,j)+R_MAXIFIORI_m3_s(i,j)+R_SUPER_MAX_m3_s(i,j)+R_UNIVERSAL_m3_s(i,j);
%
R_Syntagi_No3(i,j)=R_FYTOGAIA_m3_s(i,j);
%
R_Syntagi_No4(i,j)=R_FLOR_BLUM_m3_s(i,j)+R_FLOR_GRUNPF_m3_s(i,j)+R_FLOR_RHODO_m3_s(i,j);
%
R_Syntagi_No5(i,j)=R_FLOR_GERAN_m3_s(i,j)+R_MAX_BLUM_m3_s(i,j)+R_MAX_RHODO_m3_s(i,j);
%prwtes ules

R_ksanthia_s(i,j)=(R_Syntagi_No1(i,j)*0.47)+(R_Syntagi_No3(i,j)*0.2)+(R_Syntagi_No4(i,j)*0.4)+(R_Syntagi_No5(i,j)*0.4);
%
R_maurh_s(i,j)=(R_Syntagi_No4(i,j)*0.1)+(R_Syntagi_No5(i,j)*0.1);
%
R_coco_s(i,j)=(R_Syntagi_No1(i,j)*0.5)+(R_Syntagi_No3(i,j)*0.75)+(R_Syntagi_No4(i,j)*0.5)+(R_Syntagi_No5(i,j)*0.5);
%
R_lipasma_s(i,j)=(R_Syntagi_No1(i,j)*1.5)+(R_Syntagi_No3(i,j)*1.5)+(R_Syntagi_No4(i,j)*1.5)+(R_Syntagi_No5(i,j)*1.5);
%
R_anthr_asvestio_s(i,j)=(R_Syntagi_No1(i,j)*1)+(R_Syntagi_No3(i,j)*1)+(R_Syntagi_No4(i,j)*1)+(R_Syntagi_No5(i,j)*1);
%
R_perlihs_s(i,j)=(R_Syntagi_No1(i,j)*0.03)+(R_Syntagi_No3(i,j)*0.05);
%
R_zeolithos_s(i,j)=(R_Syntagi_No5(i,j)*15);
end

```



```

tot_BELLEFIORI_m3_s(1,i)=sum(R_BELLEFIORI_m3_s(i,:));
tot_BELLISSIMO_m3_s(1,i)=sum(R_BELLISSIMO_m3_s(i,:));
tot_CAPRIFLOR_m3_s(1,i)=sum(R_CAPRIFLOR_m3_s(i,:));
tot_FLORIDA_m3_s(1,i)=sum(R_FLORIDA_m3_s(i,:));
tot_FOREVER_GREEN_m3_s(1,i)=sum(R_FOREVER_GREEN_m3_s(i,:));
tot_GRAND_TROPICAL_m3_s(1,i)=sum(R_GRAND_TROPICAL_m3_s(i,:));
tot_GREEN_GARDEN_m3_s(1,i)=sum(R_GREEN_GARDEN_m3_s(i,:));
tot_MAXIFIORI_m3_s(1,i)=sum(R_MAXIFIORI_m3_s(i,:));
tot_SUPER_MAX_m3_s(1,i)=sum(R_SUPER_MAX_m3_s(i,:));
tot_UNIVERSAL_m3_s(1,i)=sum(R_UNIVERSAL_m3_s(i,:));
tot_FYTOGAIA_m3_s(1,i)=sum(R_FYTOGAIA_m3_s(i,:));
tot_FLOR_BLUM_m3_s(1,i)=sum(R_FLOR_BLUM_m3_s(i,:));
tot_FLOR_GRUNPF_m3_s(1,i)=sum(R_FLOR_GRUNPF_m3_s(i,:));
tot_FLOR_RHODO_m3_s(1,i)=sum(R_FLOR_RHODO_m3_s(i,:));
tot_FLOR_GERAN_m3_s(1,i)=sum(R_FLOR_GERAN_m3_s(i,:));
tot_MAX_BLUM_m3_s(1,i)=sum(R_MAX_BLUM_m3_s(i,:));
tot_MAX_RHODO_m3_s(1,i)=sum(R_MAX_RHODO_m3_s(i,:));

tot_Syntagi_No1(1,i)=sum(R_Syntagi_No1(i,:));
tot_Syntagi_No3(1,i)=sum(R_Syntagi_No3(i,:));
tot_Syntagi_No4(1,i)=sum(R_Syntagi_No4(i,:));
tot_Syntagi_No5(1,i)=sum(R_Syntagi_No5(i,:));

tot_ksanthia_s(1,i)=sum(R_ksanthia_s(i,:));
tot_maurh_s(1,i)=sum(R_maurh_s(i,:));
tot_coco_s(1,i)=sum(R_coco_s(i,:));
tot_lipasma_s(1,i)=sum(R_lipasma_s(i,:));
tot_anthr_asvestio_s(1,i)=sum(R_anthr_asvestio_s(i,:));
tot_perliiths_s(1,i)=sum(R_perliiths_s(i,:));
tot_zeolithos_s(1,i)=sum(R_zeolithos_s(i,:));

end
%% etsia 52 proionta
%% ****
aggr__annual=cell(52,2); %keli me ta apotelesmata tou diagonismou
aggr__annual{1,1}='tot10_bellefiori';
aggr__annual{2,1}='tot20_bellefiori';
aggr__annual{3,1}='tot40_bellefiori';
aggr__annual{4,1}='tot70_bellefiori';
tot10_bellefiori=sum(s_BELLEFIORI_10LT_pYpM');
tot20_bellefiori=sum(s_BELLEFIORI_20LT_pYpM');
tot40_bellefiori=sum(s_BELLEFIORI_40LT_pYpM');
tot70_bellefiori=sum(s_BELLEFIORI_70LT_pYpM');
aggr__annual{1,2}=tot10_bellefiori;
aggr__annual{2,2}=tot20_bellefiori;
aggr__annual{3,2}=tot40_bellefiori;
aggr__annual{4,2}=tot70_bellefiori;
%% ****
aggr__annual{5,1}='tot10_bellissimo';
aggr__annual{6,1}='tot20_bellissimo';
aggr__annual{7,1}='tot40_bellissimo';
aggr__annual{8,1}='tot70_bellissimo';
tot10_bellissimo=sum(s_BELLISSIMO_10LT_pYpM');
tot20_bellissimo=sum(s_BELLISSIMO_20LT_pYpM');
tot40_bellissimo=sum(s_BELLISSIMO_40LT_pYpM');
tot70_bellissimo=sum(s_BELLISSIMO_70LT_pYpM');
aggr__annual{5,2}=tot10_bellissimo;
aggr__annual{6,2}=tot20_bellissimo;
aggr__annual{7,2}=tot40_bellissimo;
aggr__annual{8,2}=tot70_bellissimo;
%% ****
aggr__annual{9,1}='tot20_capriflor';
aggr__annual{10,1}='tot40_capriflor';
aggr__annual{11,1}='tot70_capriflor';
tot20_capriflor=sum(s_CAPRIFLOR_20LT_pYpM');
tot40_capriflor=sum(s_CAPRIFLOR_40LT_pYpM');
tot70_capriflor=sum(s_CAPRIFLOR_70LT_pYpM');
aggr__annual{9,2}=tot20_capriflor;
aggr__annual{10,2}=tot40_capriflor;
aggr__annual{11,2}=tot70_capriflor;

%% ****
aggr__annual{12,1}='tot10_flor_blum';
aggr__annual{13,1}='tot20_flor_blum';
aggr__annual{14,1}='tot40_flor_blum';
aggr__annual{15,1}='tot70_flor_blum';
tot10_flor_blum=sum(s_FLOR_BLUM_10LT_pYpM');
tot20_flor_blum=sum(s_FLOR_BLUM_20LT_pYpM');
tot40_flor_blum=sum(s_FLOR_BLUM_40LT_pYpM');
tot70_flor_blum=sum(s_FLOR_BLUM_70LT_pYpM');
aggr__annual{12,2}=tot10_flor_blum;
aggr__annual{13,2}=tot20_flor_blum;
aggr__annual{14,2}=tot40_flor_blum;
aggr__annual{15,2}=tot70_flor_blum;

%% ****
aggr__annual{16,1}='tot20_flor_geran';
aggr__annual{17,1}='tot40_flor_geran';
tot20_flor_geran=sum(s_FLOR_GERAN_20LT_pYpM');
tot40_flor_geran=sum(s_FLOR_GERAN_40LT_pYpM');
aggr__annual{16,2}=tot20_flor_geran;
aggr__annual{17,2}=tot40_flor_geran;

%% ****
aggr__annual{18,1}='tot20_flor_grunpf';
aggr__annual{19,1}='tot40_flor_grunpf';
tot20_flor_grunpf=sum(s_FLOR_GRUNPF_20LT_pYpM');
tot40_flor_grunpf=sum(s_FLOR_GRUNPF_40LT_pYpM');
aggr__annual{18,2}=tot20_flor_grunpf;
aggr__annual{19,2}=tot40_flor_grunpf;

```

```

%% %%
aggr__annual(20,1)='tot20_flor_rhodo';
tot20_flor_rhodo=sum(s_FLOR_RHODO_20LT_pYpM');
aggr__annual(20,2)=tot20_flor_rhodo;
%% %%
aggr__annual(21,1)='tot10_florida';
aggr__annual(22,1)='tot20_florida';
aggr__annual(23,1)='tot40_florida';
aggr__annual(24,1)='tot70_florida';
tot10_florida=sum(s_FLORIDA_10LT_pYpM');
tot20_florida=sum(s_FLORIDA_20LT_pYpM');
tot40_florida=sum(s_FLORIDA_40LT_pYpM');
tot70_florida=sum(s_FLORIDA_70LT_pYpM');
aggr__annual(21,2)=tot10_florida;
aggr__annual(22,2)=tot20_florida;
aggr__annual(23,2)=tot40_florida;
aggr__annual(24,2)=tot70_florida;

%% %%
aggr__annual(25,1)='tot10_forever_green';
aggr__annual(26,1)='tot20_forever_green';
tot10_forever_green=sum(s_FOREVER_GREEN_10LT_pYpM');
tot20_forever_green=sum(s_FOREVER_GREEN_20LT_pYpM');
aggr__annual(25,2)=tot10_forever_green;
aggr__annual(26,2)=tot20_forever_green;

%% %%
aggr__annual(27,1)='tot10_fytogaia';
aggr__annual(28,1)='tot20_fytogaia';
aggr__annual(29,1)='tot40_fytogaia';
aggr__annual(30,1)='tot70_fytogaia';
tot10_fytogaia=sum(s_FYTOGAIA_10LT_pYpM');
tot20_fytogaia=sum(s_FYTOGAIA_20LT_pYpM');
tot40_fytogaia=sum(s_FYTOGAIA_40LT_pYpM');
tot70_fytogaia=sum(s_FYTOGAIA_70LT_pYpM');
aggr__annual(27,2)=tot10_fytogaia;
aggr__annual(28,2)=tot20_fytogaia;
aggr__annual(29,2)=tot40_fytogaia;
aggr__annual(30,2)=tot70_fytogaia;

%% %%
aggr__annual(31,1)='tot20_grand_tropical';
aggr__annual(32,1)='tot40_grand_tropical';
aggr__annual(33,1)='tot70_grand_tropical';
tot20_grand_tropical=sum(s_GRAND_TROPICAL_20LT_pYpM');
tot40_grand_tropical=sum(s_GRAND_TROPICAL_40LT_pYpM');
tot70_grand_tropical=sum(s_GRAND_TROPICAL_70LT_pYpM');
aggr__annual(31,2)=tot20_grand_tropical;
aggr__annual(32,2)=tot40_grand_tropical;
aggr__annual(33,2)=tot70_grand_tropical;

%% %%
aggr__annual(34,1)='tot10_green_garden';
aggr__annual(35,1)='tot20_green_garden';
aggr__annual(36,1)='tot40_green_garden';
tot10_green_garden=sum(s_GREEN_GARDEN_10LT_pYpM');
tot20_green_garden=sum(s_GREEN_GARDEN_20LT_pYpM');
tot40_green_garden=sum(s_GREEN_GARDEN_40LT_pYpM');
aggr__annual(34,2)=tot10_green_garden;
aggr__annual(35,2)=tot20_green_garden;
aggr__annual(36,2)=tot40_green_garden;
%% %%
aggr__annual(37,1)='tot10_max_blum';
aggr__annual(38,1)='tot20_max_blum';
aggr__annual(39,1)='tot40_max_blum';
tot10_max_blum=sum(s_MAX_BLUM_10LT_pYpM');
tot20_max_blum=sum(s_MAX_BLUM_20LT_pYpM');
tot40_max_blum=sum(s_MAX_BLUM_40LT_pYpM');
aggr__annual(37,2)=tot10_max_blum;
aggr__annual(38,2)=tot20_max_blum;
aggr__annual(39,2)=tot40_max_blum;

%% %%
aggr__annual(40,1)='tot40_max_rhodo';
tot40_max_rhodo=sum(s_MAX_RHODO_40LT_pYpM');
aggr__annual(40,2)=tot40_max_rhodo;
%% %%
aggr__annual(41,1)='tot10_maxifiori';
aggr__annual(42,1)='tot20_maxifiori';
aggr__annual(43,1)='tot40_maxifiori';
aggr__annual(44,1)='tot70_maxifiori';
tot10_maxifiori=sum(s_MAXIFIORI_10LT_pYpM');
tot20_maxifiori=sum(s_MAXIFIORI_20LT_pYpM');
tot40_maxifiori=sum(s_MAXIFIORI_40LT_pYpM');
tot70_maxifiori=sum(s_MAXIFIORI_70LT_pYpM');
aggr__annual(41,2)=tot10_maxifiori;
aggr__annual(42,2)=tot20_maxifiori;
aggr__annual(43,2)=tot40_maxifiori;
aggr__annual(44,2)=tot70_maxifiori;

%% %%
aggr__annual(45,1)='tot10_super_max';
aggr__annual(46,1)='tot20_super_max';
aggr__annual(47,1)='tot40_super_max';
aggr__annual(48,1)='tot70_super_max';
tot10_super_max=sum(s_SUPER_MAX_10LT_pYpM');
tot20_super_max=sum(s_SUPER_MAX_20LT_pYpM');
tot40_super_max=sum(s_SUPER_MAX_40LT_pYpM');
tot70_super_max=sum(s_SUPER_MAX_70LT_pYpM');
aggr__annual(45,2)=tot10_super_max;
aggr__annual(46,2)=tot20_super_max;
aggr__annual(47,2)=tot40_super_max;

```

```

aggr__annual{48,2}=tot70_super_max;

%% ###
aggr__annual{49,1}='tot10_universal';
aggr__annual{50,1}='tot20_universal';
aggr__annual{51,1}='tot40_universal';
aggr__annual{52,1}='tot70_universal';
tot10_universal=sum(s_UNIVERSAL_10LT_pYpM');
tot20_universal=sum(s_UNIVERSAL_20LT_pYpM');
tot40_universal=sum(s_UNIVERSAL_40LT_pYpM');
tot70_universal=sum(s_UNIVERSAL_70LT_pYpM');
aggr__annual{49,2}=tot10_universal;
aggr__annual{50,2}=tot20_universal;
aggr__annual{51,2}=tot40_universal;
aggr__annual{52,2}=tot70_universal;

clearvars -except R_* tot* aggr_*

```

```

%% arxeio gia tin metatropi twn klasewn proiontwn kai syntagwn se prwtes
ules
clear all
clc

load('workspace_aggregate_forecasts')
%% upologismos suntagwn apo klasi proiontwn

class_Syntagi_No1=zeros(1,12); %m3 tou migmatos 1
class_Syntagi_No3=F_FYTOGAIA_m3_f;
class_Syntagi_No4=zeros(1,12);
class_Syntagi_No5=zeros(1,12);
for i=1:1:12

class_Syntagi_No1(i)=F_BELLEFIORI_m3_f(i)+F_BELLISSIMO_m3_f(i)+F_CAPRIFLOR_m3_f(i)+F_FLORIDA_m3_f(i)+F_FOREVER_GREEN_m3_f(i)+
F_GRAND_TROPICAL_m3_f(i)+F_GREEN_GARDEN_m3_f(i)+F_MAXIFIORI_m3_f(i)+F_SUPER_MAX_m3_f(i)+F_UNIVERSAL_m3_f(i);
class_Syntagi_No4(i)=F_FLOR_BLUM_m3_f(i)+F_FLOR_GRUNPF_m3_f(i)+F_FLOR_RHODO_m3_f(i);
class_Syntagi_No5(i)=F_FLOR_GERAN_m3_f(i)+F_MAX_BLUM_m3_f(i)+ F_MAX_RHODO_m3_f(i);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% ypologismos tis kathe prwtis ylhs->apo syntages->apo klasis proiontwn
class_ksanthia_f=zeros(1,12);
class_maurh_f=zeros(1,12);
class_coco_f=zeros(1,12);
class_lipasma_f=zeros(1,12);
class_anthr_asvestio_f=zeros(1,12);
class_perliiths_f=zeros(1,12);
class_zeolithos_f=zeros(1,12);

class_ksanthia_f_tot=0;
class_maurh_f_tot=0;
class_coco_f_tot=0;
class_lipasma_f_tot=0;
class_anthr_asvestio_f_tot=0;
class_perliiths_f_tot=0;
class_zeolithos_f_tot=0;

for i=1:1:12

class_ksanthia_f(i)=(class_Syntagi_No1(i)*0.47)+(class_Syntagi_No3(i)*0.2)+(class_Syntagi_No4(i)*0.4)+(class_Syntagi_No5(i)*0
.4);
class_ksanthia_f_tot=class_ksanthia_f_tot+class_ksanthia_f(i);

class_maurh_f(i)=(class_Syntagi_No4(i)*0.1)+(class_Syntagi_No5(i)*0.1);
class_maurh_f_tot=class_maurh_f_tot+class_maurh_f(i);

class_coco_f(i)=(class_Syntagi_No1(i)*0.5)+(class_Syntagi_No3(i)*0.75)+(class_Syntagi_No4(i)*0.5)+(class_Syntagi_No5(i)*0.5);
class_coco_f_tot=class_coco_f_tot+class_coco_f(i);

class_lipasma_f(i)=(class_Syntagi_No1(i)*1.5)+(class_Syntagi_No3(i)*1.5)+(class_Syntagi_No4(i)*1.5)+(class_Syntagi_No5(i)*1.5
);
class_lipasma_f_tot=class_lipasma_f_tot+class_lipasma_f(i);

class_anthr_asvestio_f(i)=(class_Syntagi_No1(i)*1)+(class_Syntagi_No3(i)*1)+(class_Syntagi_No4(i)*1)+(class_Syntagi_No5(i)*1)
;
class_anthr_asvestio_f_tot=class_anthr_asvestio_f_tot+class_anthr_asvestio_f(i);

class_perliiths_f(i)=(class_Syntagi_No1(i)*0.03)+(class_Syntagi_No3(i)*0.05);
class_perliiths_f_tot=class_perliiths_f_tot+class_perliiths_f(i);

class_zeolithos_f(i)=(class_Syntagi_No5(i)*15);
class_zeolithos_f_tot=class_zeolithos_f_tot+class_zeolithos_f(i);
end

%% ypologismos tis kathe prwtis ylhs->apo syntages
recipe_ksanthia_f=zeros(1,12);
recipe_maurh_f=zeros(1,12);
recipe_coco_f=zeros(1,12);
recipe_lipasma_f=zeros(1,12);
recipe_anthr_asvestio_f=zeros(1,12);
recipe_perliiths_f=zeros(1,12);
recipe_zeolithos_f=zeros(1,12);

recipe_ksanthia_f_tot=0;
recipe_maurh_f_tot=0;
recipe_coco_f_tot=0;

```

```

recipe_lipasma_f_tot=0;
recipe_anthr_asvestio_f_tot=0;
recipe_perliths_f_tot=0;
recipe_zeolithos_f_tot=0;

for i=1:1:12
    recipe_ksanthia_f(i)=(F_Syntagi_No1(i)*0.47)+(F_Syntagi_No3(i)*0.2)+(F_Syntagi_No4(i)*0.4)+(F_Syntagi_No5(i)*0.4);
    recipe_ksanthia_f_tot=recipe_ksanthia_f_tot+recipe_ksanthia_f(i);

    recipe_maurh_f(i)=(F_Syntagi_No4(i)*0.1)+(F_Syntagi_No5(i)*0.1);
    recipe_maurh_f_tot=recipe_maurh_f_tot+recipe_maurh_f(i);

    recipe_coco_f(i)=(F_Syntagi_No1(i)*0.5)+(F_Syntagi_No3(i)*0.75)+(F_Syntagi_No4(i)*0.5)+(F_Syntagi_No5(i)*0.5);
    recipe_coco_f_tot=recipe_coco_f_tot+recipe_coco_f(i);

    recipe_lipasma_f(i)=(F_Syntagi_No1(i)*1.5)+(F_Syntagi_No3(i)*1.5)+(F_Syntagi_No4(i)*1.5)+(F_Syntagi_No5(i)*1.5);
    recipe_lipasma_f_tot=recipe_lipasma_f_tot+recipe_lipasma_f(i);

    recipe_anthr_asvestio_f(i)=(F_Syntagi_No1(i)*1)+(F_Syntagi_No3(i)*1)+(F_Syntagi_No4(i)*1)+(F_Syntagi_No5(i)*1);
    recipe_anthr_asvestio_f_tot=recipe_anthr_asvestio_f_tot+recipe_anthr_asvestio_f(i);

    recipe_perliths_f(i)=(F_Syntagi_No1(i)*0.03)+(F_Syntagi_No3(i)*0.05);
    recipe_perliths_f_tot=recipe_perliths_f_tot+recipe_perliths_f(i);

    recipe_zeolithos_f(i)=(F_Syntagi_No5(i)*15);
    recipe_zeolithos_f_tot=recipe_zeolithos_f_tot+recipe_zeolithos_f(i);
end

clearvars -except class_* recipe_*

```

```

%% arxeio gia metropi ths zhthshs twn proiontwn se zhthsh ana syskevasia

%tha ta xorisoume ana suskevasia ,10lt,20lt,40lt,70lt
load('prwtes_ules_provlepsi_workspace')
Lt_10=zeros(1,12);
Lt_20=zeros(1,12);
Lt_40=zeros(1,12);
Lt_70=zeros(1,12);
for i=1:1:12

Lt_10(i)=f_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i)+f_BELLISSIMO_10LT_pYpM(i)+f_FLORIDA_10LT_pYpM(i)+f_FLOR_BLUM_10LT_pYpM(i)+f_FOREVER_GREEN_10LT_pYpM(i)+f_FYTOGAIA_10LT_pYpM(i)+f_GREEN_GARDEN_10LT_pYpM(i)+f_MAX_BLUM_10LT_pYpM(i)+f_SUPER_MAX_10LT_pYpM(i)+f_UNIVERSAL_10LT_pYpM(i);

Lt_20(i)=f_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i)+f_BELLISSIMO_20LT_pYpM(i)+f_CAPRIFLOR_20LT_pYpM(i)+f_FLORIDA_20LT_pYpM(i)+f_FLOR_BLUM_20LT_pYpM(i)+f_FLOR GERAN_20LT_pYpM(i)+f_FLOR GRUNPF_20LT_pYpM(i)+f_FLOR RHODO_20LT_pYpM(i)+f_FOREVER_GREEN_20LT_pYpM(i)+f_FYTOGAIA_20LT_pYpM(i)+f_GRAND TROPICAL_20LT_pYpM(i)+f_GREEN_GARDEN_20LT_pYpM(i)+f_MAXIFIORI_20LT_pYpM(i)+f_MAX_BLUM_20LT_pYpM(i)+f_SUPER_MAX_20LT_pYpM(i)+f_UNIVERSAL_20LT_pYpM(i);

Lt_40(i)=f_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i)+f_BELLISSIMO_40LT_pYpM(i)+f_CAPRIFLOR_40LT_pYpM(i)+f_FLORIDA_40LT_pYpM(i)+f_FLORIDA_40LT_pYpM(i)+f_FLOR GERAN_40LT_pYpM(i)+f_FLOR GRUNPF_40LT_pYpM(i)+f_FYTOGAIA_40LT_pYpM(i)+f_GRAND TROPICAL_40LT_pYpM(i)+f_GREEN_GARDEN_40LT_pYpM(i)+f_MAXIFIORI_40LT_pYpM(i)+f_MAX_BLUM_40LT_pYpM(i)+f_MAX_RHODO_40LT_pYpM(i)+f_SUPER_MAX_40LT_pYpM(i)+f_UNIVERSAL_40LT_pYpM(i);

Lt_70(i)=f_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i)+f_BELLISSIMO_70LT_pYpM(i)+f_CAPRIFLOR_70LT_pYpM(i)+f_FLORIDA_70LT_pYpM(i)+f_FLOR_BLUM_70LT_pYpM(i)+f_FYTOGAIA_70LT_pYpM(i)+f_GRAND TROPICAL_70LT_pYpM(i)+f_MAXIFIORI_70LT_pYpM(i)+f_SUPER_MAX_70LT_pYpM(i)+f_UNIVERSAL_70LT_pYpM(i);
end
r_Lt_10=zeros(1,12);
r_Lt_20=zeros(1,12);
r_Lt_40=zeros(1,12);
r_Lt_70=zeros(1,12);
for i=1:1:12

r_Lt_10(i)=s_BELLEFIORI_10LT_pYpM(4,i)+s_BELLISSIMO_10LT_pYpM(4,i)+s_FLORIDA_10LT_pYpM(4,i)+s_FLOR_BLUM_10LT_pYpM(4,i)+s_FOREVER_GREEN_10LT_pYpM(4,i)+s_FYTOGAIA_10LT_pYpM(4,i)+s_GREEN_GARDEN_10LT_pYpM(4,i)+s_MAX_BLUM_10LT_pYpM(4,i)+s_SUPER_MAX_10LT_pYpM(4,i)+s_UNIVERSAL_10LT_pYpM(4,i);

r_Lt_20(i)=s_BELLEFIORI_20LT_pYpM(4,i)+s_BELLISSIMO_20LT_pYpM(4,i)+s_CAPRIFLOR_20LT_pYpM(4,i)+s_FLORIDA_20LT_pYpM(4,i)+s_FLOR_BLUM_20LT_pYpM(4,i)+s_FLOR GERAN_20LT_pYpM(4,i)+s_FLOR GRUNPF_20LT_pYpM(4,i)+s_FLOR RHODO_20LT_pYpM(4,i)+s_FOREVER_GREEN_20LT_pYpM(4,i)+s_FYTOGAIA_20LT_pYpM(4,i)+s_GRAND TROPICAL_20LT_pYpM(4,i)+s_GREEN_GARDEN_20LT_pYpM(4,i)+s_MAXIFIORI_20LT_pYpM(4,i)+s_MAX_BLUM_20LT_pYpM(4,i)+s_SUPER_MAX_20LT_pYpM(4,i)+s_UNIVERSAL_20LT_pYpM(4,i);

r_Lt_40(i)=s_BELLEFIORI_40LT_pYpM(4,i)+s_BELLISSIMO_40LT_pYpM(4,i)+s_CAPRIFLOR_40LT_pYpM(4,i)+s_FLORIDA_40LT_pYpM(4,i)+s_FLORIDA_40LT_pYpM(4,i)+s_FLOR GERAN_40LT_pYpM(4,i)+s_FLOR GRUNPF_40LT_pYpM(4,i)+s_FYTOGAIA_40LT_pYpM(4,i)+s_GRAND TROPICAL_40LT_pYpM(4,i)+s_GREEN_GARDEN_40LT_pYpM(4,i)+s_MAXIFIORI_40LT_pYpM(4,i)+s_MAX_BLUM_40LT_pYpM(4,i)+s_MAX_RHODO_40LT_pYpM(4,i)+s_SUPER_MAX_40LT_pYpM(4,i)+s_UNIVERSAL_40LT_pYpM(4,i);

r_Lt_70(i)=s_BELLEFIORI_70LT_pYpM(4,i)+s_BELLISSIMO_70LT_pYpM(4,i)+s_CAPRIFLOR_70LT_pYpM(4,i)+s_FLORIDA_70LT_pYpM(4,i)+s_FLOR_BLUM_70LT_pYpM(4,i)+s_FYTOGAIA_70LT_pYpM(4,i)+s_GRAND TROPICAL_70LT_pYpM(4,i)+s_MAXIFIORI_70LT_pYpM(4,i)+s_SUPER_MAX_70LT_pYpM(4,i)+s_UNIVERSAL_70LT_pYpM(4,i);
end

tot_lt10=sum(Lt_10);
%tha ta xorisoume ana syntagi kai ana suskevasia oste na vgaloume ena
%monadioo kostos os pososto twn suntagwn se kathe suskevasia (px sta
%70litra exoume 30% bellefiori6040 30% florabella grun 25% florabella geran
%15% fytogaia)epi tou sunolou tou etous(einai arketa proxiro alliws
%pigenoume gia sequence dependent xronous allagis)

% 10 litra
mix_bellefiori_60_40_Lt10=zeros(1,12);
mix_fytogaia_Lt10=zeros(1,12);
mix_florabella_grun_Lt10=zeros(1,12);
mix_florabella_geran_Lt10=zeros(1,12);

perc_mix_bellefiori_60_40_Lt10=zeros(1,12);
perc_mix_fytogaia_Lt10=zeros(1,12);
perc_mix_florabella_grun_Lt10=zeros(1,12);
perc_mix_florabella_geran_Lt10=zeros(1,12);

for i=1:1:12

mix_bellefiori_60_40_Lt10(i)=f_BELLEFIORI_10LT_pYpM(i)+f_BELLISSIMO_10LT_pYpM(i)+f_FLORIDA_10LT_pYpM(i)+f_FOREVER_GREEN_10LT_pYpM(i)+f_GREEN_GARDEN_10LT_pYpM(i)+f_SUPER_MAX_10LT_pYpM(i)+f_UNIVERSAL_10LT_pYpM(i);
mix_fytogaia_Lt10(i)=f_FYTOGAIA_10LT_pYpM(i);
mix_florabella_grun_Lt10(i)=f_FLOR_BLUM_10LT_pYpM(i);
mix_florabella_geran_Lt10(i)=f_MAX_BLUM_10LT_pYpM(i);

perc_mix_bellefiori_60_40_Lt10(i)=(mix_bellefiori_60_40_Lt10(i))/Lt_10(i);
perc_mix_fytogaia_Lt10(i)=(mix_fytogaia_Lt10(i))/Lt_10(i);
perc_mix_florabella_grun_Lt10(i)=(mix_florabella_grun_Lt10(i))/Lt_10(i);
perc_mix_florabella_geran_Lt10(i)=(mix_florabella_geran_Lt10(i))/Lt_10(i);
end

mix_bellefiori_60_40_Lt10_TOT=sum(mix_bellefiori_60_40_Lt10);
mix_fytogaia_Lt10_TOT=sum(mix_fytogaia_Lt10);
mix_florabella_grun_Lt10_TOT=sum(mix_florabella_grun_Lt10);
mix_florabella_geran_Lt10_TOT=sum(mix_florabella_geran_Lt10);

tot_10=mix_bellefiori_60_40_Lt10_TOT+mix_fytogaia_Lt10_TOT+mix_florabella_grun_Lt10_TOT+mix_florabella_geran_Lt10_TOT;

cost_perc_mix_bellefiori_60_40_Lt10_TOT=(mix_bellefiori_60_40_Lt10_TOT)/tot_10;
cost_perc_mix_fytogaia_Lt10_TOT=(mix_fytogaia_Lt10_TOT)/tot_10;
cost_perc_mix_florabella_grun_Lt10_TOT=(mix_florabella_grun_Lt10_TOT)/tot_10;
cost_perc_mix_florabella_geran_Lt10_TOT=(mix_florabella_geran_Lt10_TOT)/tot_10;

% 20 litra
mix_bellefiori_60_40_Lt20=zeros(1,12);
mix_fytogaia_Lt20=zeros(1,12);

```

```

mix_florabella_grun_Lt20=zeros(1,12);
mix_florabella_geran_Lt20=zeros(1,12);

perc_mix_bellefiori_60_40_Lt20=zeros(1,12);
perc_mix_fytogaia_Lt20=zeros(1,12);
perc_mix_florabella_grun_Lt20=zeros(1,12);
perc_mix_florabella_geran_Lt20=zeros(1,12);
for i=1:1:12

mix_bellefiori_60_40_Lt20(i)=f_BELLEFIORI_20LT_pYpM(i)+f_BELLISSIMO_20LT_pYpM(i)+f_CAPRIFLOR_20LT_pYpM(i)+f_FLORIDA_20LT_pYpM(i)+f_FOREVER_GREEN_20LT_pYpM(i)+f_GRAND_TROPICAL_20LT_pYpM(i)+f_GREEN_GARDEN_20LT_pYpM(i)+f_MAXIFIORI_20LT_pYpM(i)+f_SUPER_MAX_20LT_pYpM(i)+f_UNIVERSAL_20LT_pYpM(i);
mix_fytogaia_Lt20(i)=f_FYTOGAIA_20LT_pYpM(i);
mix_florabella_grun_Lt20(i)=f_FLOR_BLUM_20LT_pYpM(i)+f_FLOR_GRUNPF_20LT_pYpM(i)+f_FLOR_RHODO_20LT_pYpM(i);
mix_florabella_geran_Lt20(i)=f_FLOR_GERAN_20LT_pYpM(i)+f_MAX_BLUM_20LT_pYpM(i);

perc_mix_bellefiori_60_40_Lt20(i)=(mix_bellefiori_60_40_Lt20(i))/Lt_20(i);
perc_mix_fytogaia_Lt20(i)=(mix_fytogaia_Lt20(i))/Lt_20(i);
perc_mix_florabella_grun_Lt20(i)=(mix_florabella_grun_Lt20(i))/Lt_20(i);
perc_mix_florabella_geran_Lt20(i)=(mix_florabella_geran_Lt20(i))/Lt_20(i);

end

mix_bellefiori_60_40_Lt20_TOT=sum(mix_bellefiori_60_40_Lt20);
mix_fytogaia_Lt20_TOT=sum(mix_fytogaia_Lt20);
mix_florabella_grun_Lt20_TOT=sum(mix_florabella_grun_Lt20);
mix_florabella_geran_Lt20_TOT=sum(mix_florabella_geran_Lt20);

tot_20=mix_bellefiori_60_40_Lt20_TOT+mix_fytogaia_Lt20_TOT+mix_florabella_grun_Lt20_TOT+mix_florabella_geran_Lt20_TOT;

cost_perc_mix_bellefiori_60_40_Lt20_TOT=(mix_bellefiori_60_40_Lt20_TOT)/tot_20;
cost_perc_mix_fytogaia_Lt20_TOT=(mix_fytogaia_Lt20_TOT)/tot_20;
cost_perc_mix_florabella_grun_Lt20_TOT=(mix_florabella_grun_Lt20_TOT)/tot_20;
cost_perc_mix_florabella_geran_Lt20_TOT=(mix_florabella_geran_Lt20_TOT)/tot_20;

% 40 litra
mix_bellefiori_60_40_Lt40=zeros(1,12);
mix_fytogaia_Lt40=zeros(1,12);
mix_florabella_grun_Lt40=zeros(1,12);
mix_florabella_geran_Lt40=zeros(1,12);

perc_mix_bellefiori_60_40_Lt40=zeros(1,12);
perc_mix_fytogaia_Lt40=zeros(1,12);
perc_mix_florabella_grun_Lt40=zeros(1,12);
perc_mix_florabella_geran_Lt40=zeros(1,12);

for i=1:1:12

mix_bellefiori_60_40_Lt40(i)=f_BELLEFIORI_40LT_pYpM(i)+f_BELLISSIMO_40LT_pYpM(i)+f_CAPRIFLOR_40LT_pYpM(i)+f_FLORIDA_40LT_pYpM(i)+f_FLORIDA_40LT_pYpM(i)+f_GRAND_TROPICAL_40LT_pYpM(i)+f_GREEN_GARDEN_40LT_pYpM(i)+f_MAXIFIORI_40LT_pYpM(i)+f_SUPER_MAX_40LT_pYpM(i)+f_UNIVERSAL_40LT_pYpM(i);
mix_fytogaia_Lt40(i)=f_FYTOGAIA_40LT_pYpM(i);
mix_florabella_grun_Lt40(i)=f_FLOR_GRUNPF_40LT_pYpM(i);
mix_florabella_geran_Lt40(i)=f_FLOR_GERAN_40LT_pYpM(i)+f_MAX_BLUM_40LT_pYpM(i)+f_MAX_RHODO_40LT_pYpM(i);

perc_mix_bellefiori_60_40_Lt40(i)=(mix_bellefiori_60_40_Lt40(i))/Lt_40(i);
perc_mix_fytogaia_Lt40(i)=(mix_fytogaia_Lt40(i))/Lt_40(i);
perc_mix_florabella_grun_Lt40(i)=(mix_florabella_grun_Lt40(i))/Lt_40(i);
perc_mix_florabella_geran_Lt40(i)=(mix_florabella_geran_Lt40(i))/Lt_40(i);

end

mix_bellefiori_60_40_Lt40_TOT=sum(mix_bellefiori_60_40_Lt40);
mix_fytogaia_Lt40_TOT=sum(mix_fytogaia_Lt40);
mix_florabella_grun_Lt40_TOT=sum(mix_florabella_grun_Lt40);
mix_florabella_geran_Lt40_TOT=sum(mix_florabella_geran_Lt40);

tot_40=mix_bellefiori_60_40_Lt40_TOT+mix_fytogaia_Lt40_TOT+mix_florabella_grun_Lt40_TOT+mix_florabella_geran_Lt40_TOT;

cost_perc_mix_bellefiori_60_40_Lt40_TOT=(mix_bellefiori_60_40_Lt40_TOT)/tot_40;
cost_perc_mix_fytogaia_Lt40_TOT=(mix_fytogaia_Lt40_TOT)/tot_40;
cost_perc_mix_florabella_grun_Lt40_TOT=(mix_florabella_grun_Lt40_TOT)/tot_40;
cost_perc_mix_florabella_geran_Lt40_TOT=(mix_florabella_geran_Lt40_TOT)/tot_40;

% 70 litra
mix_bellefiori_60_40_Lt70=zeros(1,12);
mix_fytogaia_Lt70=zeros(1,12);
mix_florabella_grun_Lt70=zeros(1,12);
mix_florabella_geran_Lt70=zeros(1,12);

perc_mix_bellefiori_60_40_Lt70=zeros(1,12);
perc_mix_fytogaia_Lt70=zeros(1,12);
perc_mix_florabella_grun_Lt70=zeros(1,12);
perc_mix_florabella_geran_Lt70=zeros(1,12);

for i=1:1:12

mix_bellefiori_60_40_Lt70(i)=f_BELLEFIORI_70LT_pYpM(i)+f_BELLISSIMO_70LT_pYpM(i)+f_CAPRIFLOR_70LT_pYpM(i)+f_FLORIDA_70LT_pYpM(i)+f_GRAND_TROPICAL_70LT_pYpM(i)+f_MAXIFIORI_70LT_pYpM(i)+f_SUPER_MAX_70LT_pYpM(i)+f_UNIVERSAL_70LT_pYpM(i);
mix_fytogaia_Lt70(i)=f_FYTOGAIA_70LT_pYpM(i);
mix_florabella_grun_Lt70(i)=f_FLOR_BLUM_70LT_pYpM(i);
mix_florabella_geran_Lt70(i)=0;

perc_mix_bellefiori_60_40_Lt70(i)=(mix_bellefiori_60_40_Lt70(i))/Lt_70(i);
perc_mix_fytogaia_Lt70(i)=(mix_fytogaia_Lt70(i))/Lt_70(i);
perc_mix_florabella_grun_Lt70(i)=(mix_florabella_grun_Lt70(i))/Lt_70(i);
perc_mix_florabella_geran_Lt70(i)=(mix_florabella_geran_Lt70(i))/Lt_70(i);

end

mix_bellefiori_60_40_Lt70_TOT=sum(mix_bellefiori_60_40_Lt70);
mix_fytogaia_Lt70_TOT=sum(mix_fytogaia_Lt70);
mix_florabella_grun_Lt70_TOT=sum(mix_florabella_grun_Lt70);
mix_florabella_geran_Lt70_TOT=sum(mix_florabella_geran_Lt70);

```

```
tot_70=mix_bellefiori_60_40_Lt70_TOT+mix_fytogaia_Lt70_TOT+mix_florabella_grun_Lt70_TOT+mix_florabella_geran_Lt70_TOT;

cost_perc_mix_bellefiori_60_40_Lt70_TOT=(mix_bellefiori_60_40_Lt70_TOT)/tot_70;
cost_perc_mix_fytogaia_Lt70_TOT=(mix_fytogaia_Lt70_TOT)/tot_70;
cost_perc_mix_florabella_grun_Lt70_TOT=(mix_florabella_grun_Lt70_TOT)/tot_70;
cost_perc_mix_florabella_geran_Lt70_TOT=(mix_florabella_geran_Lt70_TOT)/tot_70;

clearvars -except s_* f_* cost_* perc* Lt_* tot* r_Lt*
```

Ευρετικός αλγόριθμος προσδιορισμού μεγέθους παρτίδας

```
%% Epilush CLSP
%files:parameters_clsp_koz
%functions: OPT_clsp_noSetup_cvx , R_update , capacity_consumption ,
%brute_force10 , candidates_for_change
clear all;
clc;

parameters_clsp_koz

r=R-n; %arxika den lamvanei upopsin ta setup times
%gia na kratisoume athikto ton arxiko pinaka
R=r;

% % %

[z,Y,X,oX,I]=OPT_clsp_noSetup_cvx(a,C,oC,d,h,UPB,Sc,Sa,T,n,R,E);
Zs=zeros(1,2);
Zs(1)=z; %apothikeuse

temp1Y=n-sum(Y); %glitosame kapoio setup?
R=R+temp1Y; %enimerwse to R
omega=-1;

[Y,X,oX,I,temp1Y,temp2Y,Zs,R]=R_update(a,C,oC,d,h,UPB,Sc,Sa,T,n,R,E,omega,temp1Y,Zs,r); %elenkse an h allagi sto R
epireazei ti lysi,dystixos einai akrivo upologistika :(

[Xopt,Yopt,Iopt,Zopt]=ATH_algorithm_FINAL(n,T,a,X,R,oX,E,Sc,h,C,I,Y,oC);
```

```
%% proetimasia parametron gia clsp
%files:ana_suskevasia_ana_suntagi
ana_suskevasia_ana_suntagi
n=4;
%% time horizon
T=12; %xronikos orizontas,se mines
ergasimes_meres=18; %ana mina
wres_ana_mera=8;
overtime_ana_mera=4; %yperwries

R=wres_ana_mera*ergasimes_meres; %maximum wres ana mina,144
E=overtime_ana_mera*ergasimes_meres; %maximum yperwries ana mina
%% setup
Sc=500;
Sc=[Sc Sc Sc Sc]; %kostos tou setup,stathero gia kathe "i" kai gia kathe "t"
Sa=1; %xrono pou xriazete gia kathe setup,se wres

%% production & inventory

pm=2/3; %pososto miosis tis paragwghs
P=[5600 4992 4875 3600]; %ruthmos paragwghs ana mera,epi pososto miosis se periptosi pou theloume na allaksoume tin paragwgh
gia na einai pio realistikiki
for i=1:1:4
    P(i)=P(i)*pm;
end
a=zeros(1,4);
for i=1:1:4
    a(i)=wres_ana_mera/P(i); %xronos pou appetite gia tin paragwgh kathe proiontos
end

% cost/mix ana suskevasia se euro, CB=Bellefiori 60/40,CFGR=florabella Grun,CFGE=florabella Geran,CF=fytogaia

CB=[0.94 1.33 2.08 3.26];
CF=[0.92 1.29 2.00 3.12];
CFGR=[0.99 1.47 2.20 3.44];
CFGE=[1.02 1.52 2.31 3.62];

kostos_paragwghs_ana_imera=2973; %se euro
kostos_paragwghs_ana_saki=[0.531 0.595 0.610 0.826];

C=zeros(4,12); %kostos ana monada proiontos

C(1,:)=(CB(1)*perc_mix_bellefiori_60_40_Lt10)+(CF(1)*perc_mix_fytogaia_Lt10)+(CFGR(1)*perc_mix_florabella_grun_Lt10)+(CFGE(1)*perc_mix_florabella_geran_Lt10))+kostos_paragwghs_ana_saki(1); %c10month
C(2,:)=(CB(2)*perc_mix_bellefiori_60_40_Lt20)+(CF(2)*perc_mix_fytogaia_Lt20)+(CFGR(2)*perc_mix_florabella_grun_Lt20)+(CFGE(2)*perc_mix_florabella_geran_Lt20))+kostos_paragwghs_ana_saki(2); %c20month
C(3,:)=(CB(3)*perc_mix_bellefiori_60_40_Lt40)+(CF(3)*perc_mix_fytogaia_Lt40)+(CFGR(3)*perc_mix_florabella_grun_Lt40)+(CFGE(3)*perc_mix_florabella_geran_Lt40))+kostos_paragwghs_ana_saki(3); %c40month
C(4,:)=(CB(4)*perc_mix_bellefiori_60_40_Lt70)+(CF(4)*perc_mix_fytogaia_Lt70)+(CFGR(4)*perc_mix_florabella_grun_Lt70)+(CFGE(4)*perc_mix_florabella_geran_Lt70))+kostos_paragwghs_ana_saki(4); %c70month

oC=2*C; %kostos ana monada proiontos se overtime

h=0.05*C; %kostos apothikeusis ana monada proiontos h=iC epilegoume mikro pososto kathos theoroume oti to mono eksodo
apothikeusis einai to kostos eukairias kefaleou

%% demand
d(1,:)=Lt_10;
d(2,:)=Lt_20;
```



```

d(3,:)=Lt_40;
d(4,:)=Lt_70;

%% upper Bound
UPB=zeros(4,12);

for i=1:1:4
    %UPB(i,12)=UPB(i,12)+d(i,12);
    for t=12:-1:1
        for l=t:1:12
            UPB(i,t)=UPB(i,t)+d(i,l);
        end
    end
end

E=[E E E E E E E E E E E E];
R=[R R R R R R R R R R R R];
%clearvars s_* f_* tot*
clearvars -except T R E Sc Sa a C oC h d UPB n Lt_*

```

```

function [z,Y,X,oX,I]=OPT_clsp_noSetup_cvx(a,C,oC,d,h,UPB,Sc,Sa,T,n,R,E)
%lush tou grammikoy problimatos

```

```

cvx_begin %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    variables X(n,T) oX(n,T) I(n,T) %dilonoume tis metavlites apofasis
    minimize sum(sum(C.*X + oC.*oX + h.*I)) %grafoume tin antikimeniki se mathimatiki morfi :)
    subject to

    for t=1:T %grafoume tous periorismous se sxedon mathimatiki morfi :)
        a*X(:,t)<=R(t)
    end

    for t=1:T
        a*oX(:,t)<=E
    end

    for i=1:n
        X(i,1) +oX(i,1) - I(i,1) == d(i,1)
        for t=2:T
            X(i,t) + I(i,t-1) +oX(i,t) - I(i,t) == d(i,t)
        end
    end

    X<=UPB %periorismos panw oriou,tha xrisimopoiithe kai gia dokimes tou Y(i,t)=0 ----> X(i,t)=0
    X>=0
    oX>=0
    I>=0

    %

    %

cvx_end %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

opt_val=cvx_optval;
tempX=X+oX; %syndiasmos tou X kai oX
Y=tempX>0.01; %opou to tempX einai thetiko to Y pernei timi 1
setupcost=0;
if length(Sc)>1
    for i=1:1:n
        for t=1:1:T
            if Y(i,t)==1
                setupcost=setupcost+Sc(i);
            end
        end
    end
    z=opt_val+setupcost;
else
    z=opt_val + sum(sum(Y))*Sc; %prosthetoume to kostos apo ta setups
end

```

```

function
[Y,X,oX,I,temp1Y,temp2Y,Zs,R]=R_update(a,C,oC,d,h,UPB,Sc,Sa,T,n,R,E,omega,t
emplY,Zs,r)

while omega<0
    [z,Y,X,oX,I]=OPT_clsp_noSetup_cvx(a,C,oC,d,h,UPB,Sc,Sa,T,n,R,E);
    Zs(2)=z;
    temp2Y=4-sum(Y);
    R=r+temp2Y;

    if temp1Y==temp2Y;
        Zs(1)=Zs(2);
        omega=1;
    else
        temp1Y=temp2Y;
    end
end

```

```

        Zs(1)=Zs(2);
        omega=omega+0.5;
    end
end

```

```

function
[Xopt,Yopt,Iopt,Zopt]=ATH_algorithm_FINAL(n,T,a,X,R,oX,E,Sc,h,C,I,Y,oC)

```

```

[CAP,sumCAP,oCAP,osumCAP]=capacity_consumption(n,T,a,X,R,oX,E);
Banned_1=zeros(n,T);
Banned_2=zeros(n,T);
[tempcFc,tempcFc_2,cFc,terminator]=candidates_for_change003(Sc,h,X,oX,n,T,CAP,sumCAP,C,a,Banned_1,Banned_2);
Xopt=X;
Iopt=I;
Yopt=Y;
while terminator==0
    [GM,Amesa_metaferomena,Emesa_metaferomena]=Gain_Matrix(cFc,n,T,CAP,sumCAP);

    [Xopt,Yopt,Iopt,Banned_1]=selection_ban(GM,cFc,Banned_1,Xopt,Yopt,Iopt,a,Banned_2);

    [CAP,sumCAP,oCAP,osumCAP]=capacity_consumption(n,T,a,Xopt,R,oX,E);

    [tempcFc_1,tempcFc_2,cFc,terminator]=candidates_for_change003(Sc,h,Xopt,oX,n,T,CAP,sumCAP,C,a,Banned_1,Banned_2);
end

Zopt=clsp_koz_objective(n,T,Sc,Yopt,C,Xopt,h,Iopt,oC,oX);

```

```

function [CAP,sumCAP,oCAP,osumCAP]=capacity_consumption(n,T,a,X,R,oX,E)

```

```

CAP=zeros(n,T);
for i=1:1:n
    CAP(i,:)=a(i)*X(i,:);
end

sumCAP=zeros(1,T);
for t=1:1:T
    sumCAP(t)=R(t)-sum(CAP(:,t));
end

oCAP=zeros(n,T);
for i=1:1:n
    oCAP(i,:)=a(i)*oX(i,:);
end

osumCAP=zeros(1,T);
for t=1:1:T
    osumCAP(t)=E(t)-sum(oCAP(:,t));
end

```

```

function
[tempcFc_1,tempcFc_2,cFc,terminator]=candidates_for_change003(Sc,h,X,oX,n,T,CAP,sumCAP,C,a,Banned_1,Banned_2)

oX(abs(oX)<1e-3)=0;
tempX=X+oX;
tempX(abs(tempX)<1e-3)=0;
tempcFc_1=zeros(n,T);
tempcFc_2=zeros(n,T);
cFc=0;
%tha vroume prwta posa mporoun na metaferthoun 1 mina pishw
for i=1:1:n
    for t=2:1:T
        % ksekiname apo ton deutero mina giati o prwtos den mporei na paei pishw...
        if tempX(i,t)>0 && Banned_1(i,t)==0 && (X(i,t)*C(i,t)+Sc(i))>=(X(i,t)*(h(i,t-1)+C(i,t-1))) && oX(i,t)==0
            tempcFc_1(i,t)=1;
        end
    end
end

%cFc=zeros(sum_tempcfc,2);
k=1;
for i=1:1:n
    for t=1:1:t
        if tempcFc_1(i,t)==1 && CAP(i,t)<=sumCAP(t-1)
            cFc(k,1)=i; % pinakas 2 stilwn,stin prwti to 'i' kai stin deuteri to 't' pou vriskete to keli
            cFc(k,2)=t;
            cFc(k,3)=t-1;
            cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-1)-C(i,t)+h(i,t-1)); %GM
            k=k+1;
        elseif tempcFc_1(i,t)==1 && CAP(i,t)>sumCAP(t-1) %i periptosi pou den xoraei

            delta_CAP=CAP(i,t)-sumCAP(t-1); %gia poso den xoraei
            if t>2 && sumCAP(t-2)>delta_CAP %an to xoraei to t-2,se auti ti fasi toulaxiston den tha
                elenksoume an xoraei kai sumferei na paei parapishw
                bbestt=zeros(n,1);
                for w=1:1:n
                    bbestt(w)=(delta_CAP/a(w))*(C(w,t-2)-C(w,t-1)+h(w,t-2)); %ftiaxnoume pinaka me tis pithanes allages
                end
                [minMetafor,Index_Metafor]=min(bbestt); %kai dialegoume tin kaliteri
            end
        end
    end
end

```

```

omikrontest=0;
omikron=666;
while omikron==666

    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if tempcFc_2(Index_Metafor,t-2)==1 %an auto pou pame na metaferoume einai
candidate gia 2 mines
        nCAP=CAP(Index_Metafor,t-2)+delta_CAP; %to kainourgio tou cap
        nX=X(Index_Metafor,t-2)+nCAP/a(Index_Metafor); %to kainourgio X
        if (nX*C(Index_Metafor,t-2)+Sc(Index_Metafor)) >= (nX*(h(Index_Metafor,t-3)+h(Index_Metafor,t-
4)+C(Index_Metafor,t-3))) %elegxoume an to t-2 sunexizei na einai candidate meta tin metafora
            if Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-1)-C(i,t)+h(i,t-1))-minMetafor>0 && X(Index_Metafor,t-2)~=0 % an sumferei
                % tha prepei an epilexthei na enimerothei to piragmaneno me
                % to kainourgio tou GM
                cFc(k,1)=i;
                cFc(k,2)=t;
                cFc(k,3)=t-1; %pou paei
                cFc(k,4)=Index_Metafor; %poio tha metakinithe i gia na xoresei
                cFc(k,5)=t-2; %pou tha to paei
                cFc(k,6)=0; %an antagonizete to "t" to "t-2" 0=oxi 1=nai
                cFc(k,7)=1; %an antagonizete to "t-2" to "t"
                cFc(k,8)=delta_CAP; %poso tha metakinithe i
                cFc(k,9)=minMetafor; %me ti kostos
                cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-1)-C(i,t)+h(i,t-1))-minMetafor; %GM
                k=k+1;

                bbestt(Index_Metafor)=inf; %vgazoume auto i apo ta pithana gia metafora

                [minMetafor,Index_Metafor]=min(bbestt); %psaxnoume to epomeno i pou mporei na min einai
candidate
            else
                omikron=667;
            end

        else %periptosi opou pleon to t-2 den einai candidate
            if Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-1)-C(i,t)+h(i,t-1))-minMetafor>0 && X(Index_Metafor,t-2)~=0
                % tha prepei an epilexthei na enimerothei to piragmaneno me
                % to kainourgio tou GM
                cFc(k,1)=i;
                cFc(k,2)=t;
                cFc(k,3)=t-1; %pou paei
                cFc(k,4)=Index_Metafor; %poio tha metakinithe i gia na xoresei
                cFc(k,5)=t-2; %pou tha to paei
                cFc(k,6)=1; %an antagonizete to "t" to "t-2" 0=oxi 1=nai
                cFc(k,7)=1; %an antagonizete to "t-2" to "t"
                cFc(k,8)=delta_CAP; %poso tha metakinithe i
                cFc(k,9)=minMetafor; %me ti kostos
                cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-1)-C(i,t)+h(i,t-1))-minMetafor; %GM
                k=k+1;

                bbestt(Index_Metafor)=inf; %vgazoume auto i apo ta pithana gia metafora

                [minMetafor,Index_Metafor]=min(bbestt); %psaxnoume to epomeno i pou mporei na min einai
candidate
            else
                omikron=667;
            end

        end
        omikron=667;
    end
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

    if tempcFc_1(Index_Metafor,t-2)==1 %an auto pou pame na metaferoume einai
candidate gia 1 mina
        nCAP=CAP(Index_Metafor,t-2)+delta_CAP; %to kainourgio tou cap
        nX=X(Index_Metafor,t-2)+nCAP/a(Index_Metafor); %to kainourgio X
        if (nX*C(Index_Metafor,t-2)+Sc(Index_Metafor)) >= (nX*(h(Index_Metafor,t-3)+C(Index_Metafor,t-3)))
%elegxoume an to t-2 sunexizei na einai candidate meta tin metafora
            if Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-1)-C(i,t)+h(i,t-1))-minMetafor>0 && X(Index_Metafor,t-2)~=0
                % tha prepei an epilexthei na enimerothei to piragmaneno me
                % to kainourgio tou GM
                cFc(k,1)=i;
                cFc(k,2)=t;
                cFc(k,3)=t-1; %pou paei
                cFc(k,4)=Index_Metafor; %poio tha metakinithe i gia na xoresei
                cFc(k,5)=t-2; %pou tha to paei
                cFc(k,6)=0; %an antagonizete to "t" to "t-2" 0=oxi 1=nai
                cFc(k,7)=1; %an antagonizete to "t-2" to "t"
                cFc(k,8)=delta_CAP; %poso tha metakinithe i
                cFc(k,9)=minMetafor; %me ti kostos
                cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-1)-C(i,t)+h(i,t-1))-minMetafor; %GM
                k=k+1;

                bbestt(Index_Metafor)=inf; %vgazoume auto i apo ta pithana gia metafora

                [minMetafor,Index_Metafor]=min(bbestt); %psaxnoume to epomeno i pou mporei na min einai
candidate
            else
                omikron=667;
            end

        else %periptosi opou pleon to t-2 den einai candidate
            if Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-1)-C(i,t)+h(i,t-1))-minMetafor>0 && X(Index_Metafor,t-2)~=0
                % tha prepei an epilexthei na enimerothei to piragmaneno me
                % to kainourgio tou GM
                cFc(k,1)=i;
                cFc(k,2)=t;
                cFc(k,3)=t-1; %pou paei
                cFc(k,4)=Index_Metafor; %poio tha metakinithe i gia na xoresei
                cFc(k,5)=t-2; %pou tha to paei
                cFc(k,6)=1; %an antagonizete to "t" to "t-2" 0=oxi 1=nai
                cFc(k,7)=1; %an antagonizete to "t-2" to "t"
            end
        end
    end
end

```

```

cFc(k,8)=delta_CAP; %poso tha metakinithe
cFc(k,9)=minMetafor; %me ti kostos
cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-1)-C(i,t)+h(i,t-1))-minMetafor; %GM
k=k+1;

bbestt(Index_Metafor)=inf; %vgazoume auto i apo ta pithana gia metafora

[minMetafor,Index_Metafor]=min(bbestt); %psaxnoume to epomeno i pou mporei na min einai
candidate
else
    omikron=667;
end
end

else % an to t-2 den einai candidate sunexizoume
kanonika kai vgainoume apo to while
    if Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-1)-C(i,t)+h(i,t-1))-minMetafor>0 && X(Index_Metafor,t-2)~=0
        cFc(k,1)=i;
        cFc(k,2)=t;
        cFc(k,3)=t-1; %pou paei
        cFc(k,4)=Index_Metafor; %poio tha metakinithe gia na xoresei
        cFc(k,5)=t-2; %pou tha to paei
        cFc(k,6)=0; %an antagonizete to "t" to "t-2" 0=oxi 1=nai
        cFc(k,7)=0; %an antagonizete to "t-2" to "t"
        cFc(k,8)=delta_CAP; %poso tha metakinithe
        cFc(k,9)=minMetafor; %me ti kostos
        cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-1)-C(i,t)+h(i,t-1))-minMetafor; %GM
        k=k+1;

        end
        omikron=667;
    end

    for b=1:1:n % elenxos gia to an exoun elesthe oi ola ta i kai exoun svistei
        if bbestt(b)==inf
            omikrontest=omikrontest+1;
        end
        if omikrontest==n
            omikron=667;
        end
    end
end
end

end

end

end

%% allages ana 2 mines

for i=1:1:n
    for t=3:1:T % ksekiname apo ton trito mina giati o deuterios den mporei na paei pishw...

        if tempX(i,t)>0 && Banned_2(i,t)==0 && (X(i,t)*C(i,t)+Sc(i))>=(X(i,t)*(h(i,t-1)+h(i,t-2)+C(i,t-2))) && oX(i,t)==0
            tempcFc_2(i,t)=1;
        end
    end
end

for i=1:1:n
    for t=1:1:T
        if tempcFc_2(i,t)==1 && CAP(i,t)<=sumCAP(t-2)
            cFc(k,1)=i;
            cFc(k,2)=t;
            cFc(k,3)=t-2;
            cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-2)-C(i,t)+h(i,t-1)+h(i,t-2)); %GM
            k=k+1;
        elseif tempcFc_2(i,t)==1 && CAP(i,t)>sumCAP(t-2)
            delta_CAP=CAP(i,t)-sumCAP(t-2); %gia poso den xoraiei
            if t>3 && sumCAP(t-3)>delta_CAP %an to xoraiei to t-3,se auti ti fasi toulaxiston den tha
            elenksoume an xoraiei kai sumferei na paei parapiw
                bbestt=zeros(n,1);
                for w=1:1:n
                    bbestt(w)=delta_CAP*(C(w,t-3)-C(w,t-2)+h(w,t-3)); %ftiaxnoume pinaka me tis pithanes allages
                end
                [minMetafor,Index_Metafor]=min(bbestt); %kai dialegoume tin kaliteri
                omikrontest=0;
                omikron=666;
                while omikron==666
                    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
                    if tempcFc_2(Index_Metafor,t-3)==1 %an auto pou pame na metaferoume einai
                        candidate gia 2 mines pishw
                            nCAP=CAP(Index_Metafor,t-3)+delta_CAP; %to kainourgio tou cap
                            nX=X(Index_Metafor,t-3)+nCAP/a(Index_Metafor); %to kainourgio X
                            if (nX*(C(Index_Metafor,t-3)+Sc(Index_Metafor))>=(nX*(h(Index_Metafor,t-4)+h(Index_Metafor,t-3)+h(Index_Metafor,t-4)+C(Index_Metafor,t-4))) %elegxoume an to t-3 sunexizei na einai candidate meta tin metafora
                                if Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-2)-C(i,t)+h(i,t-1)+h(i,t-2))-minMetafor>0 && X(Index_Metafor,t-3)~=0
                                    % tha prepei an epilesthe na enimerothei to piragmaneno me
                                    % to kainourgio tou GM
                                    cFc(k,1)=i;
                                    cFc(k,2)=t;
                                end
                            end
                        end
                    end
                end
            end
        end
    end
end

```

```

        cFc(k,3)=t-2; %pou paei
        cFc(k,4)=Index_Metafor; %poio tha metakinithi gia na xoresei
        cFc(k,5)=t-3; %pou tha to paei
        cFc(k,6)=0; %an antagonizete to "t" to "t-3" 0=oxi 1=nai
        cFc(k,7)=1; %an antagonizete to "t-3" to "t"
        cFc(k,8)=delta_CAP; %poso tha metakinithi
        cFc(k,9)=minMetafor; %me ti kostos
        cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-2)-C(i,t)+h(i,t-1)+h(i,t-2))-minMetafor; %GM
        k=k+1;

        bbestt(Index_Metafor)=inf; %vgazoume auto i apo ta pithana gia metafora

        [minMetafor,Index_Metafor]=min(bbestt); %psaxnoume to epomeno i pou mporei na min einai
candidate
    else
        omikron=667;
    end

    else %periptosi opou pleon to t-3 den einai candidate
        if Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-2)-C(i,t)+h(i,t-1)+h(i,t-2))-minMetafor>0 && X(Index_Metafor,t-3)~=0
            % tha prepei an epilexthei na enimerothei to piragmaneno me
            % to kainourgio tou GM
            cFc(k,1)=i;
            cFc(k,2)=t;
            cFc(k,3)=t-2; %pou paei
            cFc(k,4)=Index_Metafor; %poio tha metakinithi gia na xoresei
            cFc(k,5)=t-3; %pou tha to paei
            cFc(k,6)=1; %an antagonizete to "t" to "t-3" 0=oxi 1=nai
            cFc(k,7)=1; %an antagonizete to "t-3" to "t"
            cFc(k,8)=delta_CAP; %poso tha metakinithi
            cFc(k,9)=minMetafor; %me ti kostos
            cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-2)-C(i,t)+h(i,t-1)+h(i,t-2))-minMetafor; %GM
            k=k+1;

            bbestt(Index_Metafor)=inf; %vgazoume auto i apo ta pithana gia metafora

            [minMetafor,Index_Metafor]=min(bbestt); %psaxnoume to epomeno i pou mporei na min einai
candidate
        else
            omikron=667;
        end

        end

        omikron=667;
    end
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if tempcFc_1(Index_Metafor,t-3)==1 %an auto pou pame na metaferoume einai
candidate
        nCAP=CAP(Index_Metafor,t-3)+delta_CAP; %to kainourgio tou cap
        nX=X(Index_Metafor,t-3)+nCAP/a(Index_Metafor); %to kainourgio X
        if (nX*(Index_Metafor,t-3)+Sc(Index_Metafor))>=(nX*(h(Index_Metafor,t-4)+h(Index_Metafor,t-
3)+C(Index_Metafor,t-4))) %elegxoume an to t-3 sunexizei na einai candidate meta tin metafora
            if Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-2)-C(i,t)+h(i,t-1)+h(i,t-2))-minMetafor>0 && X(Index_Metafor,t-3)~=0
                % tha prepei an epilexthei na enimerothei to piragmaneno me
                % to kainourgio tou GM
                cFc(k,1)=i;
                cFc(k,2)=t;
                cFc(k,3)=t-2; %pou paei
                cFc(k,4)=Index_Metafor; %poio tha metakinithi gia na xoresei
                cFc(k,5)=t-3; %pou tha to paei
                cFc(k,6)=0; %an antagonizete to "t" to "t-3" 0=oxi 1=nai
                cFc(k,7)=1; %an antagonizete to "t-3" to "t"
                cFc(k,8)=delta_CAP; %poso tha metakinithi
                cFc(k,9)=minMetafor; %me ti kostos
                cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-2)-C(i,t)+h(i,t-1)+h(i,t-2))-minMetafor; %GM
                k=k+1;

                bbestt(Index_Metafor)=inf; %vgazoume auto i apo ta pithana gia metafora

                [minMetafor,Index_Metafor]=min(bbestt); %psaxnoume to epomeno i pou mporei na min einai
candidate
            else
                omikron=667;
            end

            else %periptosi opou pleon to t-3 den einai candidate
                if Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-2)-C(i,t)+h(i,t-1)+h(i,t-2))-minMetafor>0 && X(Index_Metafor,t-3)~=0
                    % tha prepei an epilexthei na enimerothei to piragmaneno me
                    % to kainourgio tou GM
                    cFc(k,1)=i;
                    cFc(k,2)=t;
                    cFc(k,3)=t-2; %pou paei
                    cFc(k,4)=Index_Metafor; %poio tha metakinithi gia na xoresei
                    cFc(k,5)=t-3; %pou tha to paei
                    cFc(k,6)=1; %an antagonizete to "t" to "t-3" 0=oxi 1=nai
                    cFc(k,7)=1; %an antagonizete to "t-3" to "t"
                    cFc(k,8)=delta_CAP; %poso tha metakinithi
                    cFc(k,9)=minMetafor; %me ti kostos
                    cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-2)-C(i,t)+h(i,t-1)+h(i,t-2))-minMetafor; %GM
                    k=k+1;

                    bbestt(Index_Metafor)=inf; %vgazoume auto i apo ta pithana gia metafora

                    [minMetafor,Index_Metafor]=min(bbestt); %psaxnoume to epomeno i pou mporei na min einai
candidate
                else
                    omikron=667;
                end

                end

                omikron=667;
            end
        end
    end

```

```

else % an to t-3 den einai candidate sunexizoume
kanonika kai vgainoume apo to while
    if Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-2)-C(i,t)+h(i,t-1)+h(i,t-2))-minMetafor>0 && X(Index_Metafor,t-3)~=0
        cFc(k,1)=i;
        cFc(k,2)=t;
        cFc(k,3)=t-2; %pou paei
        cFc(k,4)=Index_Metafor; %poio tha metakinitheai gia na xoresei
        cFc(k,5)=t-3; %pou tha to paei
        cFc(k,6)=0; %an antagonizete to "t" to "t-3" 0=oxi 1=nai
        cFc(k,7)=0; %an antagonizete to "t-3" to "t"
        cFc(k,8)=delta_CAP; %poso tha metakinitheai
        cFc(k,9)=minMetafor; %me ti kostos
        cFc(k,10)=Sc(i)-X(i,t)*(C(i,t-2)-C(i,t)+h(i,t-1)+h(i,t-2))-minMetafor; %GM
        k=k+1;

    end
    omikron=667;
end

for b=1:1:n % elenxos gia to an exoun elelthei ola ta i kai exoun svistei
    if bbestt(b)==inf
        omikrontest=omikrontest+1;
    end
    if omikrontest==n
        omikron=667;
    end
end
end
end

end
end

%%
terminate=0;
terminator=0;
for i=1:1:n
    for t=1:1:T
        if tempcFc_1(i,t)==0 && tempcFc_2(i,t)==0
            terminate=terminate+1;
        end
    end
end
end
if terminate==(n*T) || cFc(1,1)==0
    terminator=1;
end
end

```

```

function
[GM,Amesa_metaferomena,Emesa_metaferomena]=Gain_Matrix(cFc,n,T,CAP,sumCAP)

% antagonismo "geitniasis"

Size_cFc=size(cFc);
GM=zeros(Size_cFc(1,1),1);

for g=1:1:Size_cFc(1,1)
    if cFc(g,2)-cFc(g,3)==1 %elexgoume an metaferete 1 h 2 mines pish(edw enas minas pish)
        GM(g,1)=cFc(g,10);
        temp=cFc(g,1);
        cFc(g,1)=0;

        for w=1:1:Size_cFc(1,1)
            if cFc(w,1)==temp && cFc(w,2)==cFc(g,2) %elenxoume an uparxei to idio cfc gia 1 h 2 mines pish
                GM(g,1)=GM(g,1)-cFc(w,10);
            end

            if temp==cFc(w,1) && cFc(g,2)-1==cFc(w,2) %an uparxei t-1 pou antagonizante
                GM(g,1)=GM(g,1)-cFc(w,10);
            end

            if temp==cFc(w,1) && cFc(w,2)-cFc(w,3)==1 && cFc(g,2)+1==cFc(w,2) %elenxoume an uparxei t+1 pou metaferete 1 mina
                GM(g,1)=GM(g,1)-cFc(w,10);
            end

            if temp==cFc(w,1) && cFc(w,2)-cFc(w,3)==2 && cFc(g,2)+2==cFc(w,2) %elenxoume an uparxei t+2 pou metaferete 2
                GM(g,1)=GM(g,1)-cFc(w,10);
            end

            if cFc(w,4)==temp && cFc(w,5)==cFc(g,2) %elenxoume an uparxei metafora apo sponta
                GM(g,1)=GM(g,1)-cFc(w,10);
            end

            end
            cFc(g,1)=temp;

        else % metafores 2 mines pish

            GM(g,1)=cFc(g,10);
            temp=cFc(g,1);
            cFc(g,1)=0;

            for w=1:1:Size_cFc(1,1)
                if cFc(w,1)==temp && cFc(w,2)==cFc(g,2) %elenxoume an uparxei to idio cfc gia 1 h 2 mines pish
                    GM(g,1)=GM(g,1)-cFc(w,10);
                end

                if temp==cFc(w,1) && cFc(g,2)-2==cFc(w,2) %an uparxei t-2 pou antagonizante
                    GM(g,1)=GM(g,1)-cFc(w,10);
                end

                if temp==cFc(w,1) && cFc(w,2)-cFc(w,3)==1 && cFc(g,2)+1==cFc(w,2) %elenxoume an uparxei t+1 pou metaferete 1 mina
                    GM(g,1)=GM(g,1)-cFc(w,10);
                end

                if temp==cFc(w,1) && cFc(w,2)-cFc(w,3)==2 && cFc(g,2)+2==cFc(w,2) %elenxoume an uparxei t+2 pou metaferete 2
                    GM(g,1)=GM(g,1)-cFc(w,10);
                end

                if cFc(w,4)==temp && cFc(w,5)==cFc(g,2) %elenxoume an uparxei metafora apo sponta
                    GM(g,1)=GM(g,1)-cFc(w,10);
                end

                end
                cFc(g,1)=temp;

            end

        end

    end

% antagonismo "diathesimou xronou"
%iGMC=zeros(sizeA+sizeE,T);
Amesa_metaferomena=zeros(2*n,T);
Emesa_metaferomena=zeros(2*n,T);
for t=1:1:T %elenxoume gia kathe t kai kathe i
    lamda=1;
    ypsilon=1;
    TEMP_CAP=0;
    for i=1:1:n

        for g=1:1:Size_cFc(1,1) %psaxnoume ton cFc pinaka

            if cFc(g,1)==i && cFc(g,3)==t %g,1=i kai g,3=ekei pou metaferete
                TEMP_CAP=TEMP_CAP+CAP(cFc(g,1),cFc(g,2)); %cap tou g,1=i kai g,2=t tou metaferomenou
                Amesa_metaferomena(lamda,t)=g; %simionoume ta amesa metaferomena se ena pinaka
                lamda=lamda+1;
            end

        end

    end

end

```

```

        if cFc(g,4)==i && cFc(g,5)==t      %elenxoume tis metafores apo sponta
            TEMP_CAP=TEMP_CAP+cFc(g,8);      %kai prosthetoume to deltacap
            Emesa_metaferomena(ypsilon,t)=g;      %simionoume ta emesa metaferomena se ena pinaka
            ypsilon=ypsilon+1;
        end

    end

end

if TEMP_CAP>sumCAP(t)      %an paraviazete to sumCAP...
    ind=find(Amesa_metaferomena(:,t));
    sizeA=size(ind);
    ind=find(Emesa_metaferomena(:,t));
    sizeE=size(ind);
    CAP_Rivals=zeros(sizeA+sizeE,1); %dianisma me ta gm twn antagwnistwn

    for j=1:1:sizeA(1,1)
        if Amesa_metaferomena(j,t)>0
            CAP_Rivals(j)=cFc(Amesa_metaferomena(j,t),10);
        end
    end

    for j=1:1:sizeE(1,1)
        if Emesa_metaferomena(j,t)
            CAP_Rivals(j+sizeA(1,1))=cFc(Emesa_metaferomena(j,t),10);
        end
    end

    %twra tha ftiaksoume to senario opou uparxei provlima me to capacity,h idea
    %einai na valoume ena penalty sta stoixeia pou antagonizonte
    GMC=zeros(sizeA+sizeE,1);

    for b=1:1:sizeA+sizeE

        tempgm=CAP_Rivals(b);      %apo kathe stixio aferoume to kalitero antagonistiko stixio
        CAP_Rivals(b)=0;
        maxGain=max(CAP_Rivals);
        GMC(b)=tempgm-maxGain;
        CAP_Rivals(b)=tempgm;

    end

    maxLoss=min(GMC);      %vriskoume to xeirotero sto kathe t

    for b=1:1:sizeA+sizeE
        GMC(b)=GMC(b)+abs(maxLoss);      % to xeirotero GMC tha einai arnitiko opote to kanoume 0 kai auksanoume tin
posotita tw n upolipwn me to maxLoss
    end

    for b=1:1:sizeA+sizeE      %telos aferoume apo to kathe GMC(i) ton kalitero antagonisti tou
        tempgmc=GMC(b);
        GMC(b)=0;
        maxGain=max(GMC);
        iGMC(b,t)=tempgmc-maxGain; %telikos pinakas tw n cap rivals
        GMC(b)=tempgmc;

    end

    %edw kanoume to iGMC na einai h diafora apo to arxiko(tha to valw
    %apoluto oste na to aferoume.to kanoume auto giati mporei ena
    %candidate na mionete apo tis ameses kai tis emeses metafores
    for j=1:1:sizeA(1,1)
        if Amesa_metaferomena(j,t)>0
            iGMC(j,t)=abs(iGMC(j,t)-cFc(Amesa_metaferomena(j,t),10));
        end
    end

    for j=1:1:sizeE(1,1)
        if Emesa_metaferomena(j,t)>0
            iGMC(j+sizeA(1,1),t)=abs(iGMC(j+sizeA(1,1),t)-cFc(Emesa_metaferomena(j,t),10));
        end
    end

    %~~~~~
else      %an den paraviazete to sumcap tote svise tin antistixi stili sta amesa kai emesa
metaferomena
    Amesa_metaferomena(:,t)=0;
    Emesa_metaferomena(:,t)=0;
end

end

%aferoume tous amesous kai emesous antagwnismous opou uparxoun
for t=1:1:T
    ind=find(Amesa_metaferomena(:,t));
    sizeA=size(ind);
    ind=find(Emesa_metaferomena(:,t));
    sizeE=size(ind);
    for j=1:1:sizeA(1,1)
        if Amesa_metaferomena(j,t)>0
            GM(Amesa_metaferomena(j,t))=GM(Amesa_metaferomena(j,t))-iGMC(j,t);
        end
    end

    for j=1:1:sizeE(1,1)
        if Emesa_metaferomena(j,t)>0
            GM(Emesa_metaferomena(j,t))=GM(Emesa_metaferomena(j,t))-iGMC(j+sizeA(1,1),t);
        end
    end

end

end
end

```



```

function
[Xopt,Yopt,Iopt,Banned_1]=selection_ban(GM,cFc,Banned_1,Xopt,Yopt,Iopt,a,Banned_2)

%twrea tha ftiaksoume tin epilogi,tha epilegei to to max(GM) kai tha
%simionei tis allages:sto CAP,sumCAP,X,Y,I,apokliomena

[maxGM,IGM]=max(GM);

Size_GM=size(GM);

%Banned_2=zeros(n,T);
%apoklioume ta gitonika kai osa exoun 1 kai 2 mines

for j=1:1:Size_GM
    if cFc(IGM,1)==cFc(j,1) && cFc(IGM,2)==cFc(j,2) %apoklioume ta idia me diaforetiko mina
        Banned_1(cFc(j,1),cFc(j,2))=1;
    end

    if cFc(j,2)-cFc(j,3)==1 && cFc(IGM,1)==cFc(j,1) && cFc(IGM,2)==cFc(j,3) %apo ta "deksia" metafores ,an to "i" einai idio
    kai o proorismos tou j einai idios me to "t" tou maxGM
        Banned_1(cFc(j,1),cFc(j,2))=1;
    end

    if cFc(j,2)-cFc(j,3)==2 && cFc(IGM,1)==cFc(j,1) && cFc(IGM,2)==cFc(j,3) %apo ta "deksia" metafores ,an to "i" einai idio
    kai o proorismos tou j einai idios me to "t" tou maxGM
        Banned_2(cFc(j,1),cFc(j,2))=1;
    end

end

%enimerwsi tou CAP,sumCAP
if cFc(IGM,2)-cFc(IGM,3)==1 %enimerosi tou I
    Xopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2)-1)=Xopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2)-1)+Xopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2));
    Iopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2)-1)=Iopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2)-1)+Xopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2));
elseif cFc(IGM,2)-cFc(IGM,3)==2
    Xopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2)-2)=Xopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2)-2)+Xopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2));
    Iopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2)-2)=Iopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2)-2)+Xopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2));
end
Xopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2))=0;
Yopt(cFc(IGM,1),cFc(IGM,2))=0;
if cFc(IGM,8)>0 %enimerwsi an exei ginei emesi metafora
    Xopt(cFc(IGM,4),cFc(IGM,5))=Xopt(cFc(IGM,4),cFc(IGM,5))+(cFc(IGM,8)/a(cFc(IGM,4)));
    Iopt(cFc(IGM,4),cFc(IGM,5))=Xopt(cFc(IGM,4),cFc(IGM,5))+(cFc(IGM,8)/a(cFc(IGM,4)));
end
end

```

```

%% antikimeniki sunartisi gia clsp-koz

```

```

function z=clsp_koz_objective(n,T,Sc,Y,C,X,h,I,oC,oX)

```

```

z=0;
for i=1:1:n
    for t=1:1:T
        if length(Sc)>1
            z=z+Sc(i)*Y(i,t)+C(i,t)*X(i,t)+h(i,t)*I(i,t)+oC(i,t)*oX(i,t);
        else
            z=z+Sc*Y(i,t)+C(i,t)*X(i,t)+h(i,t)*I(i,t)+oC(i,t)*oX(i,t);
        end
    end
end
end

```