



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ**

**ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Master in Business Administration)
«ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΜΕ 4 ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ»**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μέθοδοι πρόβλεψης οικονομικών μεγεθών στις
μεταφορές**

Τουφεξής Ευθύμης

Επιβλέπων Καθηγητής: κ. Σπυριδάκος Αθανάσιος

Ακαδημαϊκό Έτος 2016-2017

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	3
2. Ο κλάδος των μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	6
2.1 Η έννοια της εφοδιαστικής αλυσίδας.....	6
2.2 Η έννοια των Logistics.....	8
2.3 Ευρωπαϊκή Ένωση και μεταφορές.....	11
2.4 Προκλήσεις για την Ευρωπαϊκή Ένωση.....	13
2.5 Η στρατηγική θέση της Ελλάδας σε συνδυασμό με τον κλάδο των μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας (logistic).....	15
2.6 Προκλήσεις για την Ελλάδα.....	17
3. Μέθοδοι και τεχνικές πρόβλεψης.....	20
3.1. Ποσοτικές μέθοδοι.....	20
Προβολικές μέθοδοι.....	20
Οικονομετρικές μέθοδοι.....	25
3.2. Ποιοτικές μέθοδοι.....	40
3.2.1. Personal insight.....	40
3.2.2. Panel consensus.....	40
3.2.3. Ιστορική αναλογία.....	40
3.2.4. Μέθοδος Delphi.....	41
4. Μελέτη περίπτωσης.....	42
4.1. Υπολογισμός προβολικών μεθόδων.....	43
4.2. Οικονομετρικές μέθοδοι.....	48
5. Συγκριτική ανάλυση των μεθόδων.....	54
6. Συμπεράσματα - Προοπτικές.....	57
Βιβλιογραφία.....	58

1. Εισαγωγή

Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας και τα Logistics δεν είναι καινούργιες έννοιες, από αρχαιοτάτων χρόνων οι στρατηγοί μεριμνούσαν για τον εφοδιασμό του στρατεύματος με τρόφιμα και πολεμοφόδια καθώς και για την μεταφορά του στο πεδίο της μάχης. Δεν είναι τυχαίο πως, για την μάχη της Αιγύπτου στον Β' παγκόσμιο πόλεμο, ο στρατάρχης Ρόμμελ είχε δηλώσει πως ο πόλεμος δεν κρίθηκε στα πεδία των μαχών, αλλά στο πεδίο ανεφοδιασμού λόγω της εξάντλησης των αποθεμάτων καυσίμων.

Τα logistics είναι «μέρος της διαδικασίας της αλυσίδας εφοδιασμού που σχεδιάζουν, υλοποιούν και ελέγχουν την αποδοτική, αποτελεσματική ροή και αποθήκευση αγαθών, υπηρεσιών και σχετικών πληροφοριών μεταξύ του σημείου προέλευσης και του σημείου κατανάλωσης προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των πελατών». Οι Johnson και Wood (Tilanus, 1997) χρησιμοποιούν πέντε «σημαντικούς όρους κλειδιά» για να ερμηνεύσουν τον όρο. Αυτοί είναι: logistics, εισερχόμενα logistics, διαχείριση υλικών, φυσική διανομή και διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού. Τα logistics περιγράφουν όλη την διαδικασία των υλικών και των προϊόντων που κινούνται μέσα και έξω από την επιχείρηση. Τα εισερχόμενα logistics καλύπτουν τα υλικά που παραλαμβάνονται από τους προμηθευτές. Η διαχείριση υλικών περιγράφει την διακίνηση υλικών και εξαρτημάτων στο εσωτερικό της επιχείρησης. Η φυσική διανομή αναφέρεται στην μεταφορά των τελικών αγαθών προς τα έξω και τέλος, η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού είναι κάπως μεγαλύτερη έννοια από τα logistics και συνδέει την υλικοτεχνική υποστήριξη πιο άμεσα με το συνολικό δίκτυο επικοινωνιών του χρήστη και με το προσωπικό της επιχείρησης.

Η σωστή λειτουργία των μεταφορών καθορίζει την αποτελεσματικότητα των κινούμενων προϊόντων. Η πρόοδος στις τεχνικές και στις αρχές διαχείρισης της, βελτιώνει το κινούμενο φορτίο, την ταχύτητα παράδοσης, την ποιότητα της υπηρεσίας, το κόστος λειτουργίας, τη χρήση εγκαταστάσεων και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Λόγω της τάσης εθνικοποίησης και παγκοσμιοποίησης τις τελευταίες δεκαετίες, η σημασία της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει αυξηθεί σε διάφορους τομείς. Για τις βιομηχανίες, η υλικοτεχνική υποστήριξη συμβάλλει στη βελτιστοποίηση των υφιστάμενων διαδικασιών παραγωγής και διανομής με βάση τους ίδιους πόρους

μέσω των τεχνικών διαχείρισης για την προώθηση της αποδοτικότητας και της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων. Το βασικό στοιχείο μιας εφοδιαστικής αλυσίδας είναι το σύστημα μεταφοράς, το οποίο συνδέει τις ξεχωριστές δραστηριότητες. Η μεταφορά καταλαμβάνει το ένα τρίτο του ποσού στο κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας και είναι απαραίτητη σε όλες τις διαδικασίες παραγωγής, από την κατασκευή μέχρι την παράδοση στους τελικούς καταναλωτές και τις επιστροφές. Μόνο ένας καλός συντονισμός μεταξύ κάθε “κρίκου” θα αποφέρει στις επιχειρήσεις τα μέγιστα οφέλη.

Ωστόσο, στα δίκτυα μεταφοράς της Ευρώπης γενικότερα και της Ελλάδας ειδικότερα, υπάρχουν ακόμα αρκετές αδυναμίες και ζητήματα τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν για να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις νέες προκλήσεις που αναδύονται εν όψει του συνεχώς μεταβαλλόμενου οικονομικού περιβάλλοντος. Οι αποτελεσματικές, επομένως, μεταφορές είναι ένα ζήτημα που δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί από ένα κράτος μεμονωμένα αλλά απαιτεί διεθνή συνεργασία.

Αν δεν είναι καλός ο συντονισμός της αλυσίδας δημιουργούνται πολλά προβλήματα όπως άωφελη δέσμευση κεφαλαίων λόγω της αύξησης των αποθεμάτων και των αναγκών αποθήκευσης και συντήρησης αυτών. Ειδικά στις περιπτώσεις προϊόντων με περιορισμένη διάρκεια ζωής η υπεραποθεματοποίηση ενδέχεται να οδηγήσει σε απαξίωση προϊόντων και μεγάλη απώλεια κεφαλαίων. Τα παραπάνω δεν περιορίζονται σε βιομηχανικές μονάδες ή εταιρείες που εμπορεύονται υλικά αγαθά αλλά ισχύουν και στις περιπτώσεις παροχής υπηρεσιών.

Η εφοδιαστική αλυσίδα και η οργάνωση αυτής αφορά επίσης τον σχεδιασμό της παραγωγικής ικανότητας (capacity planning). Τόσο στην παροχή υπηρεσιών όσο και στην παραγωγή αγαθών η μη έγκαιρη και έγκυρη εξυπηρέτηση οδηγεί σε δυσαρεστημένους πελάτες και στην απώλεια φήμης και αξιοπιστίας. Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την δημιουργία συγκριτικού πλεονεκτήματος έναντι του ανταγωνισμού ενώ η απώλεια αυτών είναι εξαιρετικά δύσκολο και χρονοβόρο να αναστραφεί.

Στο σύγχρονο ανταγωνιστικό οικονομικό περιβάλλον η διατήρηση μιας επιχείρησης στην αγορά απαιτεί να μπορεί να διαθέσει το σωστό προϊόν, στην σωστή

τιμή, στην σωστή ποσότητα, στο σωστό μέρος και στην σωστή στιγμή. Ο δρόμος για να το πετύχει αυτό είναι η βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

2. Ο κλάδος των μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας και τα Logistics δεν είναι καινούργιες έννοιες. Σε όλη την ιστορία της ανθρωπότητας, πόλεμοι κερδήθηκαν εξαιτίας των δυνατοτήτων που παρείχαν τα Logistics ή χάθηκαν λόγω του ότι αυτά δεν υπήρχαν. Ωστόσο, ενώ οι στρατηγοί και οι στρατάρχες είχαν από πολύ παλιά αντιληφθεί τη σημασία των Logistics, είναι γεγονός ότι μόνο στο πρόσφατο παρελθόν οι επιχειρήσεις εντόπισαν τη σημαντική επιρροή τους στην απόκτηση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος (Christopher,2005: 3) [1].

Η καθυστέρηση αυτή οφειλόταν, κατά ένα μέρος, στο ότι δεν είχαν γίνει κατανοητά πολλά από τα οφέλη τα οποία παρέχουν τα ολοκληρωμένα συστήματα Logistics και έτσι χρειάστηκε να περάσει σχεδόν ένας αιώνας για να γίνουν ευρύτερα αποδεκτές οι βασικές αρχές της διαχείρισης των Logistics (Christopher,2005: 3) [1].

2.1 Η έννοια της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η Εφοδιαστική Αλυσίδα είναι μια έννοια ευρύτερη από τα Logistics (Christopher, 2005: 4) [1] και περιλαμβάνει όλες εκείνες τις ολοκληρωμένες δραστηριότητες που φέρνουν το προϊόν στην αγορά και δημιουργούν ικανοποιημένους πελάτες (Zigiaris, 2000) [2].

Η Εφοδιαστική Αλυσίδα ενσωματώνει διαδικασίες κατασκευών, αγοράς, μεταφοράς και φυσικής διανομής σε ένα ενιαίο πρόγραμμα. Η επιτυχής διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, στη συνέχεια, συντονίζει και ενσωματώνει όλες αυτές τις δραστηριότητες σε μία απρόσκοπτη διαδικασία. Αγκαλιάζει και συνδέει όλους τους εταίρους στην αλυσίδα. Εκτός από τα τμήματα εντός του οργανισμού, στους εν λόγω εταίρους περιλαμβάνονται προμηθευτές, μεταφορείς, τρίτες εταιρείες, και φορείς παροχής πληροφοριακών συστημάτων και βεβαίως τελικοί πελάτες (Zigiaris, 2000) [2].

Πρόκειται ουσιαστικά για ένα πλάνο προσανατολισμού και προγραμματισμού που προσπαθεί να δημιουργήσει ένα ενιαίο σχέδιο για τη ροή των προϊόντων και πληροφοριών μέσω μιας επιχείρησης. Η Διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας

βασίζεται σε αυτό το πλαίσιο και προσπαθεί να πετύχει σύνδεση και συντονισμό ανάμεσα στους προμηθευτές και στους πελάτες. Ένας από τους στόχους της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι, να ελαττωθούν ή να εξαλειφθούν τα αποθέματα που υπάρχουν μεταξύ των επιχειρήσεων σε μια αλυσίδα μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών που αφορούν τη ζήτηση και τα τρέχοντα επίπεδα αποθεμάτων (Christopher, 2005: 4) [1].

Με άλλα λόγια, η εφοδιαστική αλυσίδα περιλαμβάνει όλες εκείνες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τη μετακίνηση αγαθών από το στάδιο των πρώτων υλών μέχρι τον τελικό χρήστη (Zigiaris, 2000) [2].

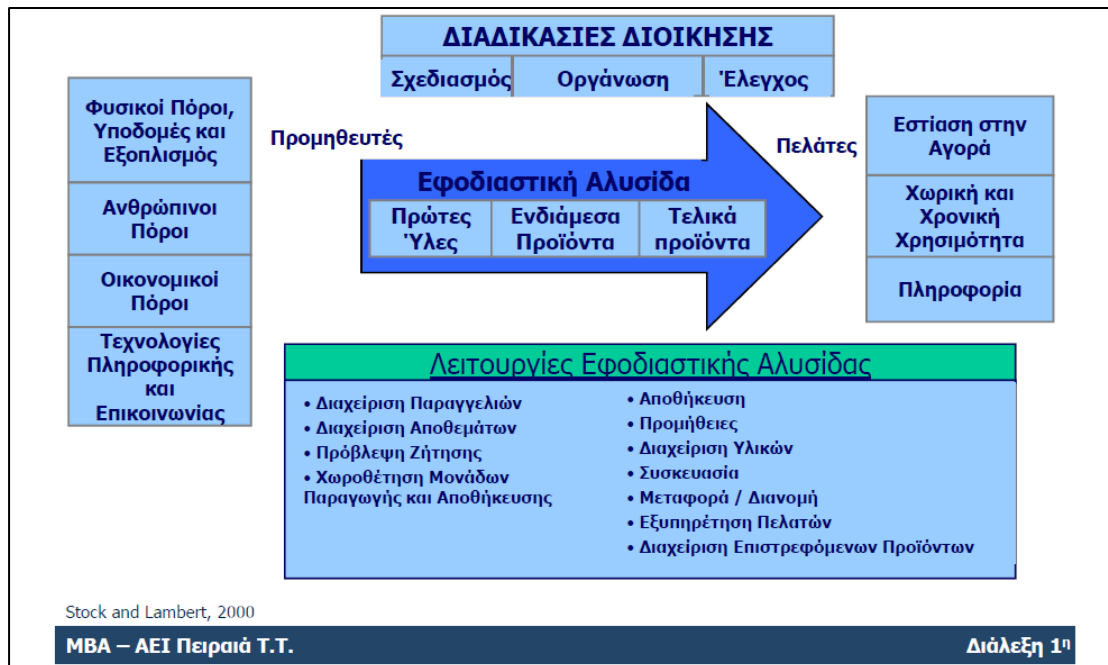
Οι προμηθευτές είναι τα μέλη της αλυσίδας εφοδιασμού που προμηθεύουν πρώτες ύλες ή εξαρτήματα στους κατασκευαστές ή τους κεντρικούς οργανισμούς για τη δημιουργία αξίας. Οι κατασκευαστές ή οι κεντρικοί οργανισμοί είναι τα μέλη της αλυσίδας εφοδιασμού που παράγουν τις βασικές αξίες ή τα προϊόντα για τους τελικούς πελάτες. Οι διανομείς εξασφαλίζουν την παράδοση προϊόντων από τις κεντρικές οργανώσεις στους πελάτες. Οι τελικοί πελάτες είναι οι τελικοί χρήστες ή οι δικαιούχοι αξίας που δημιουργούν οι κεντρικοί οργανισμοί (Ugochukwu, Engstrom & Langstrand, 2012) [3].

Το Council of Supply Chain Management Professionals ορίζει την διοίκηση εφοδιαστικής αλυσίδας ως το σχεδιασμό και την διαχείριση όλων των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την προμήθεια, τον μετασχηματισμό και όλες τις διαδικασίες εφοδιαστικής διαχείρισης. Περιλαμβάνει επίσης τον συντονισμό και την συνεργασία με συνεργάτες στην εφοδιαστική αλυσίδα, όπως οι προμηθευτές, ενδιάμεσοι, πάροχοι υπηρεσιών προς τρίτους και πελάτες. Στην ουσία η διοίκηση εφοδιαστικής αλυσίδας ολοκληρώνει τη διαχείριση προσφοράς και ζήτησης στο εσωτερικό και μεταξύ εταιρειών [4].

Η Εφοδιαστική Αλυσίδα στοχεύει στο να παρέχει τη μεγαλύτερη εξυπηρέτηση στους πελάτες με το μικρότερο δυνατό κόστος. Λαμβάνοντας υπόψη, ότι ο στόχος της επιχείρησης είναι η μεγιστοποίηση των κερδών, θα πρέπει να μεγιστοποιήσει τα οφέλη και να ελαχιστοποιήσει το κόστος κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πρέπει να σταθμίσει τα οφέλη σε σχέση με το κόστος της κάθε απόφασης που λαμβάνει κατά

μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού της. (Chima & Hills, 2007) [5]. Στο Σχήμα 1.2 παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά μιας ολοκληρωμένης εφοδιαστικής αλυσίδας.

Σχήμα 1.2: Βασικά χαρακτηριστικά της εφοδιαστικής αλυσίδας



Προκειμένου να έχουν εφαρμογή τα παραπάνω, μέσα στο σύγχρονο και συνεχώς μεταβαλλόμενο παγκόσμιο οικονομικό περιβάλλον, θα πρέπει οι επιχειρήσεις να διαθέτουν ευελξία και ελαστικότητα για να προσαρμόζονται άμεσα στα νέα δεδομένα (Στειακάκης και Δριτσάκης, 2005) [6].

2.2 Η έννοια των Logistics

Η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί το βασικότερο πεδίο εφαρμογής των logistics, τα οποία αποτελούν το βασικότερο ζητούμενο για την επιτυχία των διαδικασιών της

εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα Logistics απαντούν στο πώς πρέπει να οργανωθούν οι διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως για παράδειγμα πώς πρέπει να γίνεται η διακίνηση των προϊόντων, με ποια συχνότητα, με ποια μέσα μεταφοράς, κ.λ.π. Τα Logistics είναι μια υπηρεσία που είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά και την αποθήκευση των υλικών στη πορεία τους μεταξύ του προμηθευτή και του καταναλωτή (Waters, 2003) [7].

Σύμφωνα με το Council Supply Chain Management Professionals, ως Logistics ορίζεται η διαδικασία που περιλαμβάνει τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και τον έλεγχο της αποδοτικής και αποτελεσματικής μεταφοράς και αποθήκευσης προϊόντων (και υπηρεσιών), καθώς και την διαχείριση πληροφοριών που σχετίζονται με την διακίνηση προϊόντων από τους τόπους παραγωγής στους τόπους κατανάλωσης, με στόχο την ικανοποίηση των απαιτήσεων των πελατών. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει εισερχόμενες και εξερχόμενες, εσωτερικές και εξωτερικές ροές. Η διαχείριση Logistics είναι μια λειτουργία που συντονίζει και βελτιστοποιεί όλες τις δραστηριότητες logistics, ενώ επίσης συνδέει τις δραστηριότητες των logistics με άλλες λειτουργίες της επιχείρησης όπως του μάρκετινγκ, των πωλήσεων και της πληροφορικής.

http://cscmp.org/imis0/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921) [4].

Επιπλέον ο Christopher (2005) [1], ορίζει ότι «τα Logistics είναι η διαδικασία της στρατηγικής διαχείρισης των προμηθειών, της κυκλοφορίας, της αποθήκευσης των υλικών, των εξαρτημάτων και των τελικών αποθεμάτων (καθώς και της σχετικής ροής των πληροφοριών) μέσω της οργάνωσης και των διαύλων εμπορίας κατά τέτοιο τρόπο ώστε η τρέχουσα και μελλοντική κερδοφορία να μεγιστοποιούνται μέσα από την οικονομικά αποδοτική εκπλήρωση των παραγγελιών».

Ένας, ακόμα, ορισμός που προτείνεται στην ελληνική βιβλιογραφία είναι ότι: «τα Logistics είναι η επιστήμη (ή η λειτουργία στην επιχείρηση) που ασχολείται με το σχεδιασμό, τον έλεγχο και την εκτέλεση της ροής των προϊόντων που ξεκινά από τους προμηθευτές, περνά από την παραγωγή και την επιχείρηση και καταλήγει στους τελικούς καταναλωτές» (Σιφνιώτης, 1997: 22) [8].

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 2.1) απεικονίζεται μία συνοπτική περιγραφή του αντικειμένου των logistics.

Πίνακας 2.1: Το Αντικείμενο των Logistics

<u>Σχεδιασμός</u>	<u>Έλεγχος</u>	<u>Εκτέλεση</u>
Στρατηγική	Έλεγχος Εφαρμογής	Αγορές
Χρονικός ορίζοντας	Έλεγχος Αποτελεσμάτων	Μεταφορές
Μονάδα Διακίνησης	Παραγωγικότητα	Αποθήκευση
Συσκευασία	Κόστος/Κέρδη	Αποθέματα
Κανάλια Διανομής	Εξυπηρέτηση Πελατών	Διανομές
Αρ. Φορτηγών Διανομής	Ποιοτικός Έλεγχος	
Κανάλια Μεταφοράς	Ποσοτικός Έλεγχος	
Αρ. Κέντρων Διανομής	Διαρκής Απογραφή	
Τοποθεσία Κέντρων Διανομής	Λόγοι Αστοχίας	
Τεχνολογία	Αξιολόγηση Ανταγωνισμού	
Ανακύκλωση	Αξιολόγηση Εξοπλισμού	
	Έλεγχος Αποθεμάτων	
	Αξιολόγηση Προσωπικού	

Πηγή: Σιφινιώτης, 1997.

Τα Logistics δεν είναι σημαντικά μόνο για τις βιομηχανίες, αλλά αποτελούν σημαντικό μέρος των διαδικασιών όλων των επιχειρήσεων.

Η συντονισμένη διοίκηση της ροής των αγαθών από το σημείο παραγωγής στο σημείο κατανάλωσης σε μακροοικονομικό (κοινωνία) και μικροοικονομικό (επιχείρηση) επίπεδο, απαιτεί επιτυχημένο σχεδιασμό, εφαρμογής και έλεγχο μιας σειράς ενεργειών Logistics.

Στον ιδιαίτερο ανταγωνιστικό κόσμο του σήμερα, μια ποιοτική υπηρεσία διαχείρισης Logistics κρατά την εταιρία μπροστά από τους ανταγωνιστές της και της δίνει το συγκριτικό πλεονέκτημα που χρειάζεται για να παραμείνει μπροστά. Είναι σημαντικό να κατανοούνται οι απαιτήσεις των πελατών και στη συνέχεια να γίνονται οι ανάλογες ενέργειες. Η διαδικασία του σχεδιασμού, της εκτέλεσης και της επεξεργασίας διαφέρει ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις (Ganesh, et.al., 2011) [9].

Η οποιαδήποτε μετακίνηση ανθρώπων και η μεταφορά εμπορευμάτων από ένα μέρος σε κάποιο άλλο καλείται μεταφορά και τις περισσότερες φορές πραγματοποιείται έναντι κάποιας αμοιβής. Οι μεταφορές χωρίζονται σε χερσαίες, θαλάσσιες και εναέριες. Τις χερσαίες μεταφορές αποτελούν τα οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα. Κύριο μέσο θαλάσσιας μεταφοράς αποτελεί το πλοίο, το οποίο εξυπηρετεί τη μεταφορά μεγάλων φορτίων όταν πρόκειται για εμπόρευμα και πλήθους κόσμου όταν πρόκειται για ανθρώπους, κάνοντας εφικτή τη μεταφορά σε μακρινές χώρες. Για το λόγο αυτό υπερτερούν σε σχέση με τα χερσαία. Οι εναέριες μεταφορές είναι ένα σχετικά νέο μέσο μεταφοράς, το οποίο όμως αυξάνεται ταχέως, με ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 3,8% στην Ευρώπη και οι μετρήσεις δείχνουν πως το 2030 θα φτάσει 10,8% (Θεοδοροπούλου και Κασώλη, 2014) [10].

2.3 Ευρωπαϊκή Ένωση και μεταφορές

Ο τομέας των μεταφορών κατέχει εξέχουσα θέση στις πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), καθώς είναι ένας κλάδος που είναι απαραίτητος για την οικονομία της Ευρώπης. Εάν οι χώρες της Ευρώπης δεν συνδέονται με καλά και σωστά οργανωμένα μεταφορικά μέσα, η Ευρώπη δεν θα είναι σε θέση να αναπτυχθεί, να βελτιωθεί και εν τελεί να έχει μια καλή οικονομική κατάσταση (Θεοδοροπούλου και Κασώλη, 2014) [10].

Η κοινή πολιτική μεταφορών της ΕΕ θεσπίστηκε με τη Συνθήκη της Ρώμης το 1958. Η ΕΕ συμβάλλει στον τομέα αυτό, εισάγοντας θεσμούς, τους οποίους νομοθετεί. Οι κανόνες-νόμοι αφορούν 1) τις μεταφορές που αφορούν στο σύνολο των εθνών 2) τις προϋποθέσεις βάσει των οποίων γίνονται δεκτοί οι μεταφορείς σε χώρες που δεν είναι εγκατεστημένοι και 3) στα μέτρα για τη διόρθωση και την παροχή μεγαλύτερης ασφάλειας των μεταφορών (Χατζησταύρου και Αβράμη, 2013) [11].

Η κοινή αυτή πολιτική μεταφορών σχετίζεται άμεσα με τη λειτουργία της ενωμένης ευρωπαϊκής οικονομίας, την ελεύθερη διακίνηση των ατόμων και των προϊόντων και τη μείωση των δυσκολιών στα σύνορα μεταξύ των κρατών μελών. Στηρίζεται στην αρχή της «βιώσιμης κινητικότητας» και εξαιτίας αυτού αποβλέπει στη

προστασία μιας οικονομικά προσεγγίσιμης και παραγωγικής κυκλοφορίας εμπορευμάτων και επιβατών, στη καλυτέρευση και διεύρυνση των δικτύων της Ένωσης και στην μείωση των αρνητικών επιπτώσεων. Δηλαδή των ατυχημάτων, της ρύπανσης του περιβάλλοντος, του θορύβου και της κυκλοφοριακής συμφόρησης (Χατζησταύρου και Αβράμη, 2013) [11].

Το σύνολο των δραστηριοτήτων και των πρακτικών που αφορούν στις μεταφορές, από Λευκή Βίβλο του 2001 (που αναθεωρήθηκε το 2006) έως τη Λευκή Βίβλο του 2011 «Προς μία Ενιαία Ευρωπαϊκή Περιοχή Μεταφορών» κατευθύνεται προς μία καλή σχέση, συνεπή ανάπτυξη και συμφωνία μεταξύ των μελών και των διαφορετικών τρόπων μεταφοράς, με το πλέον επιδιωκόμενο αποτέλεσμα (Θεοδοροπούλου και Κασώλη, 2014) [10].

Στη Λευκή Βίβλο του 2011 τίθενται οι στόχοι για το όραμα «ενός συστήματος μεταφορών που θα έχει διάρκεια και θα είναι ανταγωνιστικό». Οι στόχοι είναι:

- Η αύξηση των μεταφορών και η παράλληλη μείωση των εκπομπών κατά 60%
- Ένα παραγωγικό κεντρικό δίκτυο για τις πολυτροπικές μετακινήσεις και μεταφορές μεταξύ οικισμών
- Ίσα δικαιώματα και χωρίς διακρίσεις μετακινήσεις μεγάλων αποστάσεων
- Καθαρές αστικές μεταφορές και καθημερινές μετακινήσεις προς και από τον τόπο εργασίας

(Λευκή Βίβλος, 2011) [12].

Η πραγματοποίηση των παραπάνω στόχων προϋποθέτει αφενός ένα πλαίσιο το οποίο θα φέρει το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα για όλους όσους χρησιμοποιούν τις μεταφορές και αφετέρου τη δημιουργία απαραίτητων υποδομών και την εξάπλωση των νέων τεχνολογιών χωρίς καθυστερήσεις.

Στη βάση αυτών των προσπαθειών εισάγεται ο όρος «*Ευρωπαϊκή Περιοχή Μεταφορών*» (European Transport Area), και περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο θα

πραγματοποιηθεί μια ολοκληρωμένη και ουσιαστική ενοποίηση του συστήματος των Μεταφορών της ΕΕ η οποία θα εξυπηρετεί τις μετακινήσεις των πολιτών και των εμπορευμάτων, θα ελαχιστοποιεί το κόστος και θα ενδυναμώνει τη βιωσιμότητα των μεταφορών εντός της ευρωζώνης (Λευκή Βίβλος, 2011) [12].

Τα παραπάνω εντάσσουν στο πλαίσιο τους τη δημιουργία:

- *Ενιαίου Ευρωπαϊκού ουρανού (Single European Sky)*
- *Ενιαίου Σιδηροδρομικού χώρου (Single European railway Area), και*
- *Ενιαίου θαλάσσιου χώρου, ή της λεγόμενης «μπλε ζώνης» (blue belt) για τις θαλάσσιες μεταφορές (δηλαδή πλήρης συνεργασία, συνδεσιμότητα, και ανταλλαγή δεδομένων λειτουργίας μεταξύ Ευρωπαϊκών λιμένων)*

(Θεοδωροπούλου και Κασώλη, 2014) [10].

2.4 Προκλήσεις για την Ευρωπαϊκή Ένωση

Οι μεταφορές, όπως σχολιάστηκε παραπάνω, αποτελούν έναν θεμελιώδη τομέα για την οικονομία, καθώς περιλαμβάνουν ένα πολύπλοκο δίκτυο ιδιωτικών και δημόσιων επιχειρήσεων που μεταφέρουν αγαθά και υπηρεσίες σε πολίτες τόσο εντός, όσο και εκτός χώρας. Την ίδια σημαντική θέση κατέχουν και για τις επιχειρήσεις της Ευρώπης και τους εμπορικούς της εταίρους. Οι μεταφορές παρέχουν, επίσης, κινητικότητα για τους ευρωπαίους πολίτες, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στην ελεύθερη κυκλοφορία των προσώπων στην εσωτερική αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι αποδοτικές υπηρεσίες και υποδομές μεταφορών είναι ζωτικής σημασίας για την αξιοποίηση των οικονομικών πλεονεκτημάτων όλων των περιφερειών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και την υποστήριξη της εσωτερικής αγοράς και ανάπτυξης, επιτρέποντας έτσι την οικονομική και κοινωνική συνοχή. Έχουν επίσης σημασία για την ανταγωνιστικότητα του εμπορίου, καθώς η διαθεσιμότητα, η τιμή και η ποιότητα των μεταφορικών υπηρεσιών έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις διαδικασίες παραγωγής και την επιλογή των εμπορικών εταίρων. Λόγω ενός τόσο κεντρικού ρόλου, εξ'ορισμού, οι

μεταφορές συνδέονται επίσης με διάφορους άλλους τομείς πολιτικής όπως, για παράδειγμα, τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές πολιτικές.

Οι κυριότερες προκλήσεις για τον τομέα των μεταφορών στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η δημιουργία ενός ενιαίου ευρωπαϊκού χώρου μεταφορών που θα λειτουργεί αποτελεσματικά, θα συνδέει την Ευρώπη με σύγχρονα και ασφαλή δίκτυα υποδομών και θα μετατοπίζεται προς τη κινητικότητα χαμηλών εκπομπών, η οποία συνεπάγεται επίσης τη μείωση άλλων αρνητικών εξωτερικών επιπτώσεων των μεταφορών. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων θα συμβάλει στην επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης στην Ευρωπαϊκή κοινότητα (European Commission, European Semester Thematic Factsheet Transport) [13].

Πρωταρχικό μέλημα για την αντιμετώπιση των προκλήσεων αποτελεί η αντιμετώπιση των κενών στην εσωτερική αγορά, ενέργεια η οποία θα έχει σημαντικές θετικές επιπτώσεις στις υπηρεσίες μεταφορών της Ευρώπης. Συγκεκριμένα, για τις σιδηροδρομικές μεταφορές απαιτείται κυρίως ολοκλήρωση του ανοίγματος της αγοράς, καθιέρωση της αρχής του ανταγωνισμού για τις δημόσιες συμβάσεις υπηρεσιών, εξασφάλιση της πρόσβασης χωρίς διακρίσεις στην υποδομή, μείωση των τεχνικών και κανονιστικών φραγμών για την είσοδο στην αγορά, ενιαίου συστήματος σηματοδότησης, εναρμονισμένα τεχνικά πρότυπα σε όλη την Ευρώπη και δίκαιες συνθήκες εργασίας. Όσον αφορά τις οδικές μεταφορές, απαιτείται και εδώ ολοκλήρωση του ανοίγματος της αγοράς, βελτίωση των συνθηκών κοινωνικής εργασίας, καλύτερη εφαρμογή των υφιστάμενων κανόνων, καθορισμό κοινών προτύπων οχημάτων, αντιμετώπιση των τιμολογίων και των τεχνολογιών χρέωσης των οδικών μεταφορών, μεγαλύτερες προσπάθειες για την οδική ασφάλεια, την αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και τα θέματα για τα δικαιώματα των επιβατών (EPRS, 2014) [14].

Σε σχέση με τις αεροπορικές μεταφορές, είναι γεγονός ότι η επιτυχής απελευθέρωση τους ωφέλησε τους καταναλωτές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ωστόσο η δράση πρέπει τώρα να επικεντρωθεί στη διατήρηση ενός ισχυρού κοινωνικού προγράμματος και στη δημιουργία θέσεων εργασίας υψηλής ποιότητας, στην προστασία των δικαιωμάτων των επιβατών και στην καλύτερη αξιοποίηση των καινοτομιών και ψηφιακών τεχνολογιών. Τέλος, σε ότι αφορά τις θαλάσσιες μεταφορές, η αντιμετώπιση

των προκλήσεων θα ωφελήσει τις ναυτιλιακές εταιρείες, θα βοηθήσει την ελευθέρωση και τη διαφάνεια των λιμενικών υπηρεσιών, την εξάλειψη των διοικητικών και τελωνειακών δαπανών, τη σύνδεση των μη ευρωπαϊκών λιμένων με τις θαλάσσιες αρτηρίες (European Commission, European Semester Thematic Factsheet Transport) [13].

Όσον αφορά την υποδομή των μεταφορών, απαιτείται βελτίωση της ποιότητας και της ικανότητας να αντιμετωπιστεί η αναμενόμενη αύξηση της κινητικότητας των επιβατών και των εμπορευμάτων. Δεδομένου του ενδεχόμενου περιορισμού των δημόσιων πόρων, θα είναι απαραίτητη μια αυξημένη επένδυση του ιδιωτικού τομέα σε στρατηγικές υποδομές μεταφορών. Οι επενδυτικές ανάγκες είναι τεράστιες, ενώ τα επίπεδα επενδύσεων στην υποδομή είναι ιστορικά χαμηλά από το 2008 (OECD (2011) [15].

Επιπλέον, η εστίαση στην ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών και στοιχείων υποδομής θα πρέπει να αυξηθεί σε όλα τα κράτη μέλη. Με τον τρόπο αυτό θα βελτιωθεί η παροχή υπηρεσιών μεταφοράς και η προσωπική κινητικότητα με βάση τη ζήτηση. Τέλος, οι πολιτικές που αποσκοπούν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στην εσωτερική του εξωτερικού κόστους των μεταφορών, θα βοηθούσαν στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων και των εξωτερικών παραγόντων (CE Delft, 2008) [16].

2.5 Η στρατηγική θέση της Ελλάδας σε συνδυασμό με τον κλάδο των μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας (logistic)

Η Ελλάδα είναι το σταυροδρόμι τεσσάρων μεγάλων περιοχών (Δυτικά συνορεύει με τα ανεπτυγμένα κράτη-μέλη της ΕΕ, Βόρεια με τα νέα κράτη-μέλη της ΕΕ, ανατολικά με την Τουρκία που αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς και νότια με τις αραβικές χώρες), όπου ο συνδυασμός των γεωγραφικών και πολιτικών παραγόντων που

χαρακτηρίζουν τις περιοχές αυτές καθιστούν καίρια τη θέση της (Θεοδοροπούλου και Κασώλη, 2014) [10].

Το οδικό και θαλάσσιο δίκτυο της Ελλάδας αποτελούν τους κύριους τύπους μεταφοράς. Το οδικό έχει έκταση 38,451 χλμ. εκ των οποίων τα 700 χλμ. είναι αυτοκινητόδρομοι και τα 9,210 χλμ. βασικοί δρόμοι. Το δίκτυο της θάλασσας συγκροτούν τα 210 λιμάνια με 430 πλοία. Το σιδηροδρομικό δίκτυο είναι ανεπτυγμένο κυρίως στην ανατολική χώρα (2,500 χλμ. σιδηροδρομικού δικτύου) και είναι μικρού συνολικού μήκους.

Τέλος, η μεταφορά από αέρα πραγματοποιείται από 40 αστικά αεροδρόμια και παρουσιάζει εξίσου μεγάλο ενδιαφέρον εξαιτίας του γεγονότος ότι υπάρχουν πολλές περιοχές με βουνά όπου η πρόσβαση με άλλα μέσα καθίστατο εξαιρετικά δύσκολη, αλλά και εξαιτίας των πολλών νησιών στις ελληνικές θάλασσες (100 βασικά νησιά στο Αιγαίο και 20 στο Ιόνιο Πέλαγος). Οι αεροπορικές μεταφορές συμβάλλουν αποτελεσματικά και βαθμιαία στην καλύτερευση των τόπων που έχουν πρόσβαρη, ωστόσο ο τομέας έχει ακόμα σημαντικά περιθώρια βελτίωσης, τόσο στη χώρα μας, όσο και παγκόσμια (Θεοδοροπούλου και Κασώλη, 2014) [10].

Η ελληνική ναυτιλία αποτελεί ένα υπολογίσιμο μέλος στο παγκόσμιο εμπόριο, συνεισφέροντας κατά πολύ στη μεταφορά πρώτων υλών, ενώ παράλληλα μετέχει ενεργά στη δημιουργία διεθνούς ναυτιλιακής πολιτικής. *Παράλληλα με την ποντοπόρο ναυτιλία, η Ελλάδα διαθέτει έναν από τους μεγαλύτερους ακτοπλοϊκούς στόλους που συμβάλλει τα μέγιστα στην εδαφική και κοινωνική συνοχή της χώρας. Ο αριθμός των ναυτιλιακών εταιρειών που βρίσκονται εγκατεστημένες στην Ελλάδα ανέρχεται στις 1.300, ενώ το ναυτιλιακό πλέγμα παρέχει απασχόληση, άμεσα ή έμμεσα, σε 200.000 άτομα* (Θεοδοροπούλου και Κασώλη, 2014) [10].

Επιπλέον, τα ελληνικά λιμάνια είναι υπεύθυνα για το 85% των εξωτερικών εμπορευματικών συναλλαγών της Ελλάδας και η κίνηση των ατόμων που ταξιδεύουν μέσω αυτών φτάνει στο 22% του συνόλου των επιβατών θαλάσσιων μεταφορών σε όλη την Ε.Ε. *Μεταξύ των ελληνικών λιμανιών ξεχωρίζει το λιμάνι του Πειραιά που είναι το μεγαλύτερο επιβατικό λιμάνι της Ευρώπης, και ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Μεσογείου. Η γεωγραφική του θέση είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή κυρίως όσον αφορά τις*

διεθνείς θαλάσσιες εμπορικές οδούς μεταξύ Δυτικής Ευρώπης και Βόρειας Αφρικής αφ' ενός και Μαύρης Θάλασσας, Βαλκανίων, Μέσης Ανατολής, Ανατολικής Αφρικής και Αραβικών Χωρών αφ' ετέρου. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι να μεταφέρει το μεγαλύτερο ποσοστό εμπορευμάτων και επιβατών τόσο από και προς το εξωτερικό, όσο και από τις εθνικές μεταφορές. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά αλλά και πολλά άλλα του εξασφαλίζουν οικονομίες κλίμακας και οικονομίες συγκέντρωσης (Οργανισμός Λιμένος Πειραιώς, 2014) [17].

Ωστόσο, ελλείψεις δεν παύουν να υπάρχουν. Οι σημαντικότερες εντοπίζονται στα εσωτερικά και εξωτερικά έργα, στους σταθμούς που μεταφέρουν επιβάτες, στην προσέγγιση του λιμένα και στην έλλειψη αναγκαίων υποδομών (Θεοδωροπούλου και Κασώλη, 2014) [10].

Με βάση όλα τα παραπάνω, η εικόνα της ελληνικής αγοράς των logistics βρίσκεται σε καλύτερη θέση έναντι των άλλων ευρωπαϊκών χωρών, καθώς θα μπορούσε να αποτελέσει σημείο διασταύρωσης υποδοχής εμπορευμάτων. Παρόλα αυτά, όμως, από την ελληνική αγορά απουσιάζουν οι σύγχρονες υποδομές, οι απλές διαδικασίες που είναι απαραίτητες για τη βελτίωση και την εν γένει επίλυση ζητημάτων, το εθνικό marketing για τις συγκεκριμένες υπηρεσίες και τέλος η ανταγωνιστικότητα εξαιτίας του μη εκσυγχρονισμένου στόλου της. Όλες αυτές οι ελλείψεις έχουν σαν αποτέλεσμα η εφοδιαστική αλυσίδα να μην έχει τη δυναμική που θα μπορούσε να έχει στον Ελλαδικό χώρο. Αντίθετα σε χώρες όπως η Ολλανδία ή η Γερμανία, έχουν καταφέρει να μεταμορφώσουν την αγορά της εφοδιαστικής αλυσίδας σε μία αξιόλογη πηγή εσόδων, παρά το γεγονός ότι η γεωγραφική κατανομή τους δεν είναι το ίδιο πλεονεκτική. Μολαταύτα, ο κλάδος συνεισέφερε στο ΑΕΠ της Ελλάδας περίπου το 11% το 2013

2.6 Προκλήσεις για την Ελλάδα

Η θέση της Ελλάδας στον παγκόσμιο χάρτη και οι ανάγκες που δημιουργεί η εγχώρια αγορά καθορίζουν τον σημαντικό ρόλο των μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας στην οικονομία της. Ένα ρόλο που έχει αυξημένη βαρύτητα αφού, μέσα από την βελτίωση του Εθνικού Συστήματος Μεταφορών, μπορεί να αναδείξει την Ελλάδα

σε βασική πύλη και σημείο όπου συναντώνται οι μεταφορές της Ανατολικής Μεσογείου, επαρκώς συνδεδεμένης με τα άλλα κράτη μέλη και κυρίως τον κεντρικό αναπτυξιακό πυρήνα της Ε.Ε. (Γενική Γραμματεία έρευνας και τεχνολογίας, Εθνική Στρατηγική Έρευνας και Καινοτομίας για την Έξυπνη Εξειδίκευση 2014-2020) [18].

Επομένως, η βελτίωση των βασικών μέσων μεταφοράς, αλλά και των επικουρικών δικτύων που θα ενώνουν τις βασικές ζώνες ανάπτυξης με την υπόλοιπη χώρα και η βαθμιαία μεταβολή των διευρωπαϊκών δικτύων που καθιστούν δυνατή την επικοινωνία των πρωτεύουσών της Ευρώπης με το κύριο δίκτυο της χώρας, συνθέτουν τα βασικά στοιχεία ανάπτυξης του τομέα των μεταφορών.

Βασικοί συντελεστές για το επιθυμητό αποτέλεσμα του τομέα είναι η δυνατότητα καθετοποίησης των υπηρεσιών που προσφέρονται από τις εταιρείες του τομέα, η ανέλιξη σχέσεων συνεργασίας και η ενδυνάμωση της έρευνας για την κατάλληλη σύνδεση ή την σταδιακή βελτίωση των νέων τεχνολογιών που θα προσθέσουν επιπλέον αξία σε εμπορεύματα και υπηρεσίες, παρέχοντας τη δυνατότητα ταυτόχρονα χρήσης βέλτιστων πρακτικών προς το περιβάλλον (Γενική Γραμματεία έρευνας και τεχνολογίας, Εθνική Στρατηγική Έρευνας και Καινοτομίας για την Έξυπνη Εξειδίκευση 2014-2020) [18].

Με βάση τα ανωτέρω, η στρατηγική ανάπτυξης του κλάδου εστιάζει τη προσοχή της σε έξι θεμελιακούς άξονες – προκλήσεις:

1. Στην ενδυνάμωση των εμπορικών μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας με στόχο την αύξηση της επιπλέον αξίας και της ανταγωνιστικότητας
2. Στην ανάπτυξη έξυπνων υποδομών και μεταφορικών συστημάτων
3. Στην αειφορία και τη δυνατότητα επιβίωσης στις μεταφορές
4. Στη βελτίωση της διατροφικότητας και στην αποφυγή εξαρτήσεων, είτε πρόκειται για μεταφορές επιβατών είτε προϊόντων, εντός των πόλεων.
5. Στη βελτίωση της προσέγγισης του Ελληνικού χώρου και της εδαφικής σύνδεσης του.

6. Στην εξειδίκευση και επιμόρφωση του ανθρώπινου δυναμικού

Η αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων θα βοηθήσουν την Ελλάδα να παραμείνει το σταυροδρόμι των τεσσάρων μεγάλων περιοχών και θα ενισχύσουν την βιωσιμότητα και την ευημερία της, τόσο σε βραχυχρόνιο επίπεδο, που τόσο το έχει ανάγκη λόγω των δυσμενών οικονομικών συνθηκών, όσο και σε μακροχρόνιο καθώς θα αποτελεί πόλο έλξης για τη μεταφορά περισσότερων ανθρώπων και εμπορευμάτων (Γενική Γραμματεία έρευνας και τεχνολογίας, Εθνική Στρατηγική Έρευνας και Καινοτομίας για την Έξυπνη Εξειδίκευση 2014-2020) [18].

3. Μέθοδοι και τεχνικές πρόβλεψης

Όλα τα επιχειρηματικά σχέδια πραγματοποιούνται σε κάποια μελλοντική χρονική στιγμή, συνεπώς δεν πρέπει να στηρίζονται στις τρέχουσες συνθήκες αλλά στις συνθήκες που θα επικρατούν όταν αυτά υλοποιηθούν. Φυσικά δεν είναι εφικτό να γνωρίζει κανείς τι θα συμβεί στο μέλλον με σιγουριά, για αυτό και οι αποφάσεις στηρίζονται στις εκτιμήσεις για τις συνθήκες που θα επικρατούν στο μέλλον. Όσο ακριβέστερες είναι οι εκτιμήσεις για το μέλλον τόσο πιο ρεαλιστικές είναι οι υποθέσεις πάνω στις οποίες βασίζονται οι αποφάσεις και αυξάνεται η πιθανότητα επίτευξης των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Φυσικά η απαιτούμενη ακρίβεια εξαρτάται κάθε φορά από την ανάγκη που καλύπτεται. Συνήθως οι λειτουργικές αποφάσεις χρειάζονται υψηλότερη ακρίβεια και επαναλαμβανόμενες προβλέψεις για σύντομα χρονικά διαστήματα ενώ όσο κινούμαστε προς στρατηγικές αποφάσεις απαιτούνται μεμονωμένες εκτιμήσεις μέτριας ακρίβειας για μεγάλο χρονικό ορίζοντα. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνικές πρόβλεψης με διάφορα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα η κάθε μία. Δεν υπάρχει κάποια μέθοδος που να υπερέχει καθολικά έναντι των υπολοίπων, η επιλογή της καλύτερης μεθόδου εξαρτάται κάθε φορά από πολλούς παράγοντες όπως τον χρονικό ορίζοντα για τον οποίο γίνεται η πρόβλεψη, τα διαθέσιμα παρελθοντικά στοιχεία και την μεταβλητότητα του προβλεπόμενου μεγέθους. Μια βασική κατηγοριοποίηση των μεθόδων είναι σε ποσοτικές και ποιοτικές.

3.1. Ποσοτικές μέθοδοι

Οι ποσοτικές μέθοδοι στηρίζονται στην επεξεργασία παρελθοντικών στοιχείων για την εξαγωγή συμπερασμάτων για το μέλλον. Οι δύο βασικές προσεγγίσεις σε αυτή την κατηγορία είναι οι προβολικές και οι οικονομετρικές (ή αιτιατές) μέθοδοι. Στις μεν πρώτες αναζητούνται μοτίβα στις παρελθοντικές τιμές τα οποία προβάλλονται στο μέλλον, στις μεν δεύτερες αναζητούνται εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν την μεταβλητή που επιθυμούμε να προβλέψουμε και με την βοήθειά τους εκτιμάται η μελλοντική πορεία της υπό εξέταση μεταβλητής.

Προβολικές μέθοδοι

3.1.1. Απλός Μέσος

Αποτελεί την πιο απλή μέθοδο πρόβλεψης. Όπως υποδηλώνει και το όνομα της μεθόδου, η εκτίμηση της μελλοντικής τιμής του μεγέθους το οποίο θέλουμε να προβλέψουμε προκύπτει ως ο απλός αριθμητικός μέσος των παρελθουσών τιμών του:

$$\hat{y} = \frac{\sum y_i}{n},$$

όπου y_i οι παρελθούσες τιμές του μεγέθους και \hat{y} η πρόβλεψη για τη στιγμή $n+1$.

Στην εκτίμηση συμμετέχουν εξίσου το σύνολο των διαθέσιμων τιμών, με αποτέλεσμα οι παλιότερες τιμές να «αλλοιώνουν» την πληροφορία που φέρουν οι νεότερες τιμές και να αργεί να «ακολουθήσει» τις αλλαγές στο μοτίβο. Όσο περνάει ο καιρός και καθίστανται διαθέσιμες όλο και περισσότερες τιμές η υστέρηση αυτή θα γίνεται εντονότερη. Αν η μεταβλητή είναι αρκετά σταθερή η μέθοδος θα δώσει ικανοποιητικές προβλέψεις αλλά στην πράξη κάτι τέτοιο συμβαίνει σπάνια, για αυτό και η χρήση της μεθόδου είναι περιορισμένη.

3.1.2. Κινητός Μέσος

Η μέθοδος του κινητού μέσου αποτελεί την «εξέλιξη» του απλού μέσου και αντιμετωπίζει το βασικό του μειονέκτημα. Η εκτίμηση της μελλοντικής τιμής προκύπτει ως ο αριθμητικός μέσος των πρόσφατων μόνο παρατηρήσεων:

$$\hat{y}_{t+1} = \frac{\sum_{i=t-n}^t y_i}{n},$$

όπου y_i η τιμή του μεγέθους τις χρονικές στιγμές $t, t-1, \dots, t-n$ και \hat{y}_{t+1} η πρόβλεψη για τη στιγμή $t+1$.

Αγνοώντας τις πολύ παλιότερες παρατηρήσεις αυξάνεται η επίδραση των νεότερων πληροφοριών, έτσι οι εκτιμήσεις προσαρμόζονται γρηγορότερα σε αλλαγές του μοτίβου συγκριτικά με τον μέθοδο του απλού μέσου. Οι προβλέψεις που προκύπτουν από τη μέθοδο του κινητού μέσου είναι εν γένει καλύτερες από ότι του απλού μέσου, δεν σημαίνει όμως πως είναι και ικανοποιητικές. Για σχετικά σταθερές μεταβλητές ο κινητός μέσος δίνει ικανοποιητικές εκτιμήσεις, όταν όμως παρουσιάζεται έντονη μεταβλητότητα, δεν προσαρμόζεται αρκετά γρήγορα με αποτέλεσμα να δίνει εκτιμήσεις με μεγάλα σφάλματα.

Ένα βασικό ζήτημα για την εφαρμογή του κινητού μέσου είναι ο προσδιορισμός των «πρόσφατων» παρατηρήσεων, δηλαδή του χρονικού ορίζοντα εντός του οποίου οι παρατηρήσεις λαμβάνονται υπόψιν στον υπολογισμό του μέσου όρου. Αν επιλεγεί μικρός χρονικός ορίζοντας αυξάνεται η ταχύτητα με την οποία προσαρμόζεται στα

δεδομένα όμως αυτό σημαίνει ότι θα επηρεάζεται εντονότερα και από τυχαίες επιδράσεις. Αντίθετα αν επιλεγεί μεγάλος χρονικός ορίζοντας θα περιοριστεί ο επηρεασμός των τυχαίων επιδράσεων αλλά θα υπάρχει αργή προσαρμογή στις πραγματικές αλλαγές του μοτίβου. Δεν υπάρχει κάποιος αντικειμενικά σωστός τρόπος υπολογισμού ενός «δανικού» χρονικού ορίζοντα, συνήθως επιλέγονται ορισμένες πιθανές τιμές και επιλέγεται αυτή που δίνει τις καλύτερες εκτιμήσεις.

3.1.3. Εκθετική εξομάλυνση

Τόσο η μέθοδος του απλού μέσου όσο και η μέθοδος του κινητού μέσου δίνουν την ίδια βαρύτητα σε όλες τις παρατηρήσεις που χρησιμοποιούν. Μια πιο ρεαλιστική προσέγγιση είναι να δίνεται βαρύτητα σε κάθε παρατήρηση ανάλογα με την παλαιότητα της. Όσο πιο πρόσφατη είναι μια παρατήρηση τόσο πιο αντιπροσωπευτική θεωρείται οπότε και της δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα. Αυτό επιτυγχάνει η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης:

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha * y_t + (1 - \alpha) * \hat{y}_t ,$$

όπου y_t η παρατήρηση για την χρονική στιγμή t και \hat{y}_t, \hat{y}_{t+1} οι προβλέψεις για τις χρονικές στιγμές t και $t+1$ αντίστοιχα. Το α αποτελεί μια παράμετρο που ονομάζεται σταθερά εξομάλυνσης.

Η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης είναι αναδρομική, δηλαδή η κάθε εκτίμηση προκύπτει συναρτήσει της προηγούμενης. Αυτό αποτελεί πρόβλημα όταν χρησιμοποιείται για πρώτη φορά αφού δεν υπάρχει προηγούμενη πρόβλεψη. Στην πράξη αυτό αντιμετωπίζεται είτε χρησιμοποιώντας την τελευταία διαθέσιμη παρατήρηση ($\hat{y}_0 = y_0$) είτε χρησιμοποιώντας μια πρόβλεψη που προέκυψε από άλλη μεθοδολογία (π.χ. μέθοδος Delphi).

Κάνοντας κανείς λίγη άλγεβρα με την αναδρομική σχέση μπορεί εύκολα να επιβεβαιώσει ότι η βαρύτητα των παρατηρήσεων είναι φθίνουσα ως προς την παλαιότητα των παρατηρήσεων (όσο πιο παλιά η παρατήρηση τόσο μικρότερη η βαρύτητά της) και μάλιστα με εκθετικό ρυθμό – απ' όπου προέκυψε και το όνομα της μεθόδου.

$$\begin{aligned} \hat{y}_{t+1} &= \alpha * y_t + (1-a) * \hat{y}_t = \alpha * y_t + (1-a)(\alpha * y_{t-1} + (1-a) * \hat{y}_{t-1}) \Rightarrow \\ \hat{y}_{t+1} &= \alpha * y_t + \alpha * (1-a) * y_{t-1} + (1-a)^2 * \hat{y}_{t-1} \Rightarrow \\ \hat{y}_{t+1} &= \alpha * y_t + \alpha * (1-a) * y_{t-1} + \alpha * (1-a)^2 * y_{t-2} + (1-a)^3 * \hat{y}_{t-2} \Rightarrow \\ \hat{y}_{t+1} &= \alpha * y_t + \alpha * (1-a) * y_{t-1} + \alpha * (1-a)^2 * y_{t-2} + \alpha * (1-a)^3 * y_{t-3} + (1-a)^4 * \hat{y}_{t-3} \Rightarrow \\ &\dots \end{aligned}$$

Η εκθετική εξομάλυνση είναι αρκετά «ευέλικτη» μέθοδος και μπορεί να δώσει ικανοποιητικές εκτιμήσεις ακόμα και για μεταβλητές που είναι σχετικά ευμετάβλητες. Και εδώ υπάρχει το ζήτημα της επιλογής τιμής για την σταθερά εξομάλυνσης α . Όσο μεγαλύτερη τιμή δοθεί στο α τόσο μεγαλύτερη βαρύτητα δίνεται στην τελευταία πραγματική τιμή και άρα αυξάνεται η απόκριση των προβλέψεων σε αλλαγές στα δεδομένα. Ταυτόχρονα όμως δεν ξέρουμε αν προσαρμόζεται σε πραγματική αλλαγή του μοτίβου που ακολουθούν τα δεδομένα ή σε τυχαίο «θόρυβο». Όπως και στην περίπτωση του κινητού μέσου, η επιλογή για την σταθερά εξομάλυνσης γίνεται δοκιμάζοντας τιμές μέχρι να επιτευχθούν ικανοποιητικές εκτιμήσεις.

3.1.4. Εποχικότητα και τάση στις προβολικές μεθόδους

Συνήθως τα οικονομικά μεγέθη αυξάνονται ή μειώνονται με το χρόνο, παρουσιάζουν δηλαδή «χρονική τάση». Οι μεθοδολογίες που έχουμε περιγράψει μέχρι τώρα προϋποθέτουν ότι το οικονομικό μέγεθος που θέλουμε να προβλέψουμε είναι σχετικά σταθερό ως προς τον χρόνο. Συνεπώς υπό την παρουσία τάσης δεν μπορούμε να έχουμε ικανοποιητικές προβλέψεις και χρειάζεται να γίνουν προσαρμογές. Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλα σφάλματα την πρόβλεψη είναι οι κανονικές και περίπου προβλέψιμες διακυμάνσεις των οικονομικών μεγεθών που οφείλονται στις εποχές του έτους. Π.χ. η αύξηση ζήτησης των οικοδομικών υλικών την άνοιξη κυρίως λόγω καλύτερων καιρικών συνθηκών.

Για να επιτευχθούν καλύτερες προβλέψεις θα πρέπει να αφαιρεθούν από τα δεδομένα οι επιδράσεις της εποχικότητας και της χρονικής τάσης ώστε να προσδιορίσουμε την βασική-πρωτογενή τιμή του προβλεπόμενου μεγέθους. Ένας απλός τρόπος για να ελαττώσουμε την επίδραση της τάσης είναι να αφαιρέσουμε από κάθε τιμή την προηγούμενη. Για παράδειγμα από τις πωλήσεις του Μαρτίου αφαιρούμε τις πωλήσεις του Φεβρουαρίου, και από τις πωλήσεις του Φεβρουαρίου αφαιρούμε τις πωλήσεις του Ιανουαρίου. Προκύπτουν έτσι από τρεις μήνες δύο τιμές απαλλαγμένες από την έντονη επίδραση της χρονικής τάσης. Δεν είμαστε σίγουροι αν θα εξαλειφθεί τελείως η χρονική τάση αλλά τουλάχιστον μειώνεται η επίδραση της.

Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλα σφάλματα την πρόβλεψη είναι οι κανονικές και περίπου αναμενόμενες διακυμάνσεις των οικονομικών μεγεθών σε συγκεκριμένες περιόδους του έτους. Π.χ. η αύξηση ζήτησης των οικοδομικών υλικών την άνοιξη κυρίως λόγω καλύτερων καιρικών συνθηκών. Η εποχικότητα είναι ένα συστηματικό περιοδικό μοτίβο που αποτελείται από έναν κύκλο και τις εποχές του. Αν εξετάζουμε παραδείγματος χάρη την μεταβολή του ΑΕΠ μιας χώρας, το έτος αντιστοιχεί σε έναν κύκλο και τα τρίμηνα στις εποχές (το ΑΕΠ των χωρών

δημοσιεύεται και εξετάζεται σε τριμηνιαία βάση). Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, το ΑΕΠ παρουσιάζει συνήθως, στην πρώτη εποχή (δηλαδή στο πρώτο τρίμηνο) την χαμηλότερη τιμή του κύκλου (δηλαδή του έτους).

Για να αφαιρέσουμε την επίδραση της εποχικότητας εκτιμούμε τις πραγματικές τιμές της μεταβλητής που εξετάζουμε και τις συγκρίνουμε με τις επηρεαζόμενες από την εποχικότητα τιμές. Για να εκτιμήσουμε την εξομαλυμένη τιμή που αντιστοιχεί σε μια παρατήρηση λαμβάνουμε τον μέσο όρο τόσων εποχών όσες το πλήθος των εποχών σε ένα κύκλο με κέντρο την παρατήρηση αναφοράς. Το παραπάνω είναι άμεσα εφαρμόσιμο όταν το πλήθος των εποχών στον κύκλο είναι περιττό. Στην αντίθετη περίπτωση η διαδικασία περιπλέκεται, για αυτό θα παρουσιαστεί μέσω παραδείγματος. Ας υποθέσουμε ότι ο κύκλος αντιστοιχεί σε ένα ημερολογιακό έτος και οι εποχές είναι τα τέσσερα τρίμηνα αυτού. Η εξομαλυμένη τιμή του δεύτερου τριμήνου προκύπτει βάση της ακόλουθης διαδικασίας:

1. Λαμβάνεται ο μέσος όρος των δύο προηγούμενων τριμήνων, αυτού και του επόμενου.
2. Λαμβάνεται ο μέσος όρος του προηγούμενου τριμήνου, αυτού και των δύο επόμενων.
3. Η εξομαλυμένη τιμή προκύπτει ως ο μέσος όρος των παραπάνω υπολογισμένων τιμών.

Τα απαλλαγμένα από την εποχικότητα δεδομένα, αφού εξεταστούν για την ύπαρξη χρονικής τάσης και τυχών πρόσθετων ενεργειών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις προβλέψεις.

Οι προβλέψεις που προκύπτουν με βάση τα απαλλαγμένα από την εποχικότητα δεδομένα είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα είναι ανακριβείς, αφού στον σχηματισμό τους δεν έχει ληφθεί υπόψιν ένας σημαντικός παράγοντας. Για την αναπροσαρμογή των προβλέψεων σχηματίζουμε εποχικούς δείκτες οι οποίοι εκτιμούν την επίδραση είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω της κάθε εποχής στην αναμενόμενη τιμή. Παίρνοντας τον λόγο της εποχιακής τιμής προς την μη εποχιακή τιμή σχηματίζουμε τον εποχικό δείκτη. Το κάνουμε αυτό για κάθε εποχή, για όλους τους κύκλους για τους οποίους έχουμε διαθέσιμα δεδομένα. Παίρνοντας την μέση τιμή των εποχικών δεικτών της κάθε εποχής σχηματίζουμε τον τελικό εποχικό δείκτη. Αφού κάνουμε μία πρόβλεψη (με οποιαδήποτε από τις προαναφερθείσες μεθόδους), πολλαπλασιάζουμε με τον τελικό εποχικό δείκτη για να αναπροσαρμόσουμε την πρόβλεψη ώστε να συμπεριλάβουμε τις επιδράσεις της εποχικότητας.

Οικονομετρικές μέθοδοι

3.1.5. Γραμμική παλινδρόμηση

Χρησιμοποιείται όταν υποθέτουμε ότι το μέγεθος που θέλουμε να προβλέψουμε περιγράφεται από άλλες μεταβλητές, για παράδειγμα οι πωλήσεις ενός προϊόντος εξαρτώνται από την τιμή και την διαφημιστική δαπάνη για το προϊόν την συγκεκριμένη περίοδο. Προσδιορίζοντας τη σχέση μεταξύ των πωλήσεων και των δύο αυτών μεταβλητών η κατασκευάστρια εταιρία είναι σε θέση να εκτιμήσει την επίδραση που θα έχει στις πωλήσεις μια μελλοντική αύξηση τιμής. Σκοπός της μεθόδου γραμμικής παλινδρόμησης, η ιδανική περίπτωση, είναι να προσδιορίσει την ακόλουθη μαθηματική μορφή:

$$y_t = b_0 + b_1x_{t1} + b_2x_{t2} + \dots + b_nx_{tm} \quad (I)$$

Όπου y_t , η τιμή του οικονομικού μεγέθους που θέλουμε να προβλέψουμε (στη μαθηματική ορολογία εξαρτημένη μεταβλητή) τη στιγμή t , $x_{ti}, i = 1, \dots, n$ είναι οι τιμές των n μεταβλητών οι οποίες θεωρούμε ότι προσδιορίζουν επαρκώς την εξαρτημένη μεταβλητή (στην μαθηματική ορολογία ονομάζονται ανεξάρτητες μεταβλητές) τη χρονική στιγμή t και $\beta_i, i = 1, \dots, n$ είναι παράμετροι προς προσδιορισμό και ονομάζονται συντελεστές της παλινδρόμησης.

Στην πράξη φυσικά αυτό δεν μπορεί να επιτευχθεί απόλυτα. Πάντα θα υπάρχουν παρατηρήσεις (ενδεχομένως και όλες) που θα αποκλίνουν από την σχέση αυτή. Σκοπός της γραμμικής παλινδρόμησης είναι να υπολογιστούν εκείνες οι τιμές των συντελεστών που θα περιγράφουν όσο το δυνατόν καλύτερα τη σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να υπολογιστούν οι τιμές των συντελεστών της παλινδρόμησης με ποιο διαδεδομένη την «Συνήθη Μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων» (Ordinary Least Square - OLS).

Η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων

Όπως αναφέρθηκε, στην πράξη θα υπάρχουν παρατηρήσεις που θα αποκλίνουν – περισσότερο ή λιγότερο – από τη σχέση (I). Αν συμβολίσουμε την διαφορά αυτή των παρατηρήσεων από την θεωρητική τιμή της σχέσης (I) με ε_t , τότε το υπόδειγμα που περιγράφει πλήρως τη μεταβλητή y_t είναι το:

$$y_t = b_0 + b_1x_{t1} + b_2x_{t2} + \dots + b_nx_{tm} + \varepsilon_t \quad (II)$$

Αν οι μεταβλητές x_{ti} που έχουμε επιλέξει περιγράφουν πράγματι επαρκώς τη μεταβλητή y_t οι αποκλίσεις ε_t θα οφείλονται σε τυχαίους παράγοντες. Συνεπώς θα παίρνουν τότε θετικές και τότε αρνητικές τιμές αλλά κατά μέσο όρο θα είναι μηδενικές. Επίσης η απόκλιση της κάθε παρατήρησης από το μέσο όρο θα είναι ανεξάρτητη από των υπολοίπων ή από άλλες μεταβλητές. Με τη βοήθεια των μαθηματικών τα παραπάνω διατυπώνονται ως εξής:

1. ε_t είναι τυχαία μεταβλητή για όλα τα t
2. $E(\varepsilon_t) = 0$ για κάθε t
3. $V(\varepsilon_t) = \sigma^2$ για κάθε t
4. $Cov(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0$ για κάθε $i \neq j$

Υποθέτουμε πως έχουμε ένα δείγμα T παρατηρήσεων για την εξαρτημένη και τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Τότε από τη σχέση (II) μπορούν να προκύψουν T τιμές \hat{y}_t για την ανεξάρτητη μεταβλητή και T αποκλίσεις $\hat{\varepsilon}_t$ (αν υποθέσουμε πως έχουμε προσδιορίσει τις τιμές των συντελεστών β_i). Η μέθοδος Ελαχίστων τετραγώνων, όπως δηλώνει το όνομά της, έγκειται στην επιλογή των συντελεστών β_i έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών $\hat{\varepsilon}_t$, δηλαδή στην επιλογή των συντελεστών που ελαχιστοποιούν την παράσταση:

$$\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2 = \sum_{t=1}^T (y_t - b_0 - b_1 x_{t1} - b_2 x_{t2} - \dots - b_n x_{tn})^2 \quad (\text{III})$$

Δεδομένου ότι τόσο τα y_t όσο και τα $x_{ti}, i = 1, \dots, n$ είναι γνωστά για όλα τα $t = 1, \dots, T$, η παραπάνω σχέση (III) είναι συνάρτηση των β_i μόνο και θα τις συμβολίσουμε $E(b_0, b_1, \dots, b_n)$.

Από τον απειροστικό λογισμό γνωρίζουμε ότι σε σημεία ακρότατων, άρα και στο σημείο ελαχίστου που ψάχνουμε, όλες οι μερικές παράγωγοι θα πρέπει να είναι μηδέν. Παραγωγίζοντας την $E(b_0, b_1, \dots, b_n)$ ως προς τα β_i έχουμε:

$$\frac{\partial E(b_0, b_1, \dots, b_n)}{\partial b_0} = -2 \sum_{t=1}^T (y_t - b_0 - b_1 x_{t1} - b_2 x_{t2} - \dots - b_n x_{tn})$$

$$\frac{\partial E(b_0, b_1, \dots, b_n)}{\partial b_i} = -2 \sum_{t=1}^T (y_t - b_0 - b_1 x_{t1} - b_2 x_{t2} - \dots - b_n x_{tn}) x_{ti} \quad i = 1, \dots, n$$

Απαιτώντας όλες οι μερικές παράγωγοι να είναι ίσες με το μηδέν οδηγούμαστε στο ακόλουθο σύστημα εξισώσεων:

$$\left. \begin{aligned}
\sum_{t=1}^T y_t &= T * b_0 + b_1 * \sum_{t=1}^T x_{t1} + b_2 * \sum_{t=1}^T x_{t2} + \dots + b_n * \sum_{t=1}^T x_m \\
\sum_{t=1}^T y_t * x_{t1} &= b_0 * \sum_{t=1}^T x_{t1} + b_1 * \sum_{t=1}^T x_{t1}^2 + b_2 * \sum_{t=1}^T x_{t2} * x_{t1} + \dots + b_n * \sum_{t=1}^T x_m * x_{t1} \\
&\vdots \\
\sum_{t=1}^T y_t * x_{ti} &= b_0 * \sum_{t=1}^T x_m + b_1 * \sum_{t=1}^T x_{t1} * x_m + b_2 * \sum_{t=1}^T x_{t2} * x_m + \dots + b_n * \sum_{t=1}^T x_m^2
\end{aligned} \right\} (IV)$$

Το (IV) αποτελεί ένα σύστημα n+1 εξισώσεων με n+1 αγνώστους, συνεπώς είτε θα έχει μοναδική λύση ή θα είναι αδύνατο ή αόριστο.

Ισχυρισμός 1:

Αν τουλάχιστον μία από τις μεταβλητές, έστω η x_{ij} , μπορεί να γραφεί ως γραμμικός συνδυασμός των υπολοίπων (δηλαδή υπάρχουν $\lambda_i, i = 1, \dots, n, i \neq j$, όχι όλα μηδέν

ώστε $x_{ij} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \lambda_i * x_{ij}$) τότε το σύστημα (III) δεν έχει μοναδική λύση.

Λόγω του παραπάνω ισχυρισμού η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων εφαρμόζεται μόνο όταν καμία μεταβλητή δεν μπορεί να γραφεί ως γραμμικός συνδυασμός των υπολοίπων, όταν δηλαδή οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι γραμμικά ανεξάρτητες μεταξύ τους. Αυτός όμως δεν είναι ουσιαστικός περιορισμός αφού αν μία μεταβλητή προκύπτει ως γραμμικός συνδυασμός των υπολοίπων τότε μπορούμε να την αφαιρέσουμε από το υπόδειγμα χωρίς να επηρεαστεί η ερμηνευτική ικανότητα του μοντέλου.

Ισχυρισμός 2:

Αν το σύστημα (III) έχει λύση τότε αυτή θα είναι σημείο ολικού ελαχίστου της

$$E(b_0, b_1, \dots, b_n)$$

Οι αποδείξεις των ισχυρισμών 1 και 2 προϋποθέτουν χρήση απειροστικού λογισμού και γραμμικής άλγεβρας που ξεφεύγουν από τα πλαίσια της παρούσας εργασίας, για αυτό και παραλείπονται.

Συνοψίζοντας, η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων έχει τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

1. ε_t είναι τυχαία μεταβλητή για όλα τα t
2. $E(\varepsilon_t) = 0$ για κάθε t
3. $V(\varepsilon_t) = \sigma^2$ για κάθε t
4. $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$ για κάθε $i \neq j$
5. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι γραμμικά ανεξάρτητες μεταξύ τους

Έλεγχος υποθέσεων

Αν και οι συνθήκες (1)-(5) που αναφέρονται παραπάνω αποτελούν προϋποθέσεις για την εφαρμογή της μεθόδου στην πράξη ελέγχονται μόνο 3^η, 4^η και 5^η υπόθεση και μόνο η τελευταία μπορεί να ελεγχθεί εκ των προτέρων. Αν παραβιάζεται η υπόθεση της γραμμικής ανεξαρτησίας μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών δεν είναι εφικτό να υπολογιστούν οι τιμές των συντελεστών β_i , συνεπώς αν εκτιμήσουμε τους συντελεστές β_i έχουμε εξασφαλίσει τη γραμμική ανεξαρτησία των μεταβλητών και προχωράμε στον έλεγχο της 3^{ης} και 4^{ης} υπόθεσης.

Ο έλεγχος της υπόθεσης πως η διασπορά των σφαλμάτων είναι σταθερή, δηλαδή ότι $V(\varepsilon_t) = \sigma^2$ για κάθε t , γίνεται με εξέταση της γραφικής παράστασης των σφαλμάτων $\hat{\varepsilon}_t$ επί των εκτιμημένων \hat{y}_t . Αν τα σφάλματα κατανέμονται τυχαία πάνω και κάτω από την ευθεία που αντιστοιχεί σε μηδενικά σφάλματα (δηλαδή γύρω από τον άξονα των \hat{y}_t) δεχόμαστε ότι ισχύει η υπόθεση και λέμε πως τα σφάλματα είναι ομοσκεδαστικά. Στην αντίθετη περίπτωση λέμε πως τα σφάλματα είναι ετεροσκεδαστικά. Αν τα σφάλματα $\hat{\varepsilon}_t$ είναι ετεροσκεδαστικά σημαίνει πως περιέχουν πληροφορίες για την ανεξάρτητη μεταβλητή y_t που δεν περιγράφεται από το υπόδειγμα.

Όταν ικανοποιείται η 4η υπόθεση λέμε πως τα σφάλματα είναι ασυσχέτιστα μεταξύ τους ενώ στην αντίθετη περίπτωση λέμε πως παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση. Η εξέταση των σφαλμάτων για αυτοσυσχέτιση γίνεται μέσα από την εξέταση των ακόλουθων γραφημάτων

- Γράφημα των σφαλμάτων $\hat{\varepsilon}_t$ ως προς το χρόνο
Σημεία που κατανέμονται τυχαία γύρω από το μηδέν υποδηλώνουν ανεξαρτησία των υπολοίπων
- Κορελόγραμμα των σφαλμάτων
Αν το κορελόγραμμα των σφαλμάτων φθίνει γρήγορα στο μηδέν αποτελεί ένδειξη ανεξαρτησίας των υπολοίπων. Εξετάζοντας και το γράφημα των σφαλμάτων $\hat{\varepsilon}_t$ έναντι των προηγούμενων τιμών τους $\hat{\varepsilon}_{t-1}$, $\hat{\varepsilon}_{t-2}$ μπορούμε να το επιβεβαιώσουμε

(το πόσες προηγούμενες τιμές χρειάζεται να εξετάσουμε εξαρτάται από την εικόνα του κορρολογράμματος)

- Γράφημα των σφαλμάτων $\hat{\varepsilon}_t$ έναντι των μεταβλητών $x_{ti}, i = 1, \dots, n$
Σημεία που κατανομούνται τυχαία γύρω από το μηδέν υποδηλώνουν ανεξαρτησία των υπολοίπων

Αν κάποιος από τα παραπάνω διαγράμματα δεν είναι ικανοποιητικό πρέπει να απορρίψουμε την υπόθεση ότι τα σφάλματα είναι ασυσχέτιστα. Αυτό σημαίνει πως το υπόδειγμα δεν περιγράφει επαρκώς την μεταβλητή y_t και πρέπει να γίνουν διορθωτικές ενέργειες (π.χ. μετασχηματισμός κάποιας μεταβλητής ή προσθήκη νέας μεταβλητής).

Έλεγχος καλής προσαρμογής του μοντέλου

Οι προϋποθέσεις που έχουν τεθεί για την εφαρμογή της γραμμικής παλινδρόμησης φαίνονται αρκετά περιοριστικές ενώ ο έλεγχός τους μπορεί να αποδειχθεί αρκετά χρονοβόρος (ειδικά σε περιπτώσεις με πολλές ανεξάρτητες μεταβλητές x_{ti}). Ένα βασικό αντιστάθμισμα που προσφέρεται είναι πως μπορούμε εύκολα και γρήγορα να αξιολογήσουμε πόσο καλά ερμηνεύει την συμπεριφορά της εξαρτημένης μεταβλητής το υπόδειγμά μας.

Από τη συνολική μεταβλητότητα της y_t (SST), ένα μέρος της μόνο ερμηνεύεται από μοντέλο (SSR) ενώ το υπόλοιπο «εξηγείται» από τα σφάλματα (SSE). Η συνολική μεταβλητότητα της ανεξάρτητης μεταβλητής y_t από τη μέση τιμή της, SST, μετριέται ως το άθροισμα των τετραγωνικών αποκλίσεων από το μέσο, δηλαδή

$SST = \sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2$. Αντίστοιχα η συνολική μεταβλητότητα που ερμηνεύεται από το

υπόδειγμα εκφράζεται ως $SSR = \sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2$ ενώ η μεταβλητότητα που ερμηνεύεται

από τα σφάλματα είναι $SSE = \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2$. Είναι προφανές ότι το ποσοστό της

μεταβλητότητας της y_t που εξηγείται από το υπόδειγμα προκύπτει από τον λόγο:

$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST}$. Την ποσότητα R^2 καλούμε συντελεστή προσδιορισμού και παίρνει

τιμές από 0 έως 1 (συνήθως μετριέται σε ποσοστιαία κλίμακα 0%-100%). Το 100% αποτελεί την «ιδανική» τιμή αφού σημαίνει πως το υπόδειγμα ερμηνεύει πλήρως την εξαρτημένη μεταβλητή y_t ενώ το 0% πρακτικά δείχνει πως οι ανεξάρτητες μεταβλητές του υποδείγματος δεν περιγράφουν την εξαρτημένη. Φυσικά τόσο το 0% όσο και το 100% είναι ακραίες τιμές που σπάνια συναντιούνται στην πράξη.

Το πρόβλημα με τον συντελεστή προσδιορισμού είναι πως όσο προστίθενται ανεξάρτητες μεταβλητές στο υπόδειγμα η τιμή του αυξάνεται είτε αυτές βελτιώνουν

ουσιαστικά το μοντέλο είτε όχι. Για να ξεπεράσουμε το πρόβλημα αυτό σε υποδείγματα με περισσότερες από μία εξεξηγηματικές μεταβλητές χρησιμοποιούμε τον

προσαρμοσμένο συντελεστή προσδιορισμού:
$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{MSE}{MST} = 1 - \frac{\frac{SSE}{T-n-1}}{\frac{SST}{T-1}}$$

Η ποσότητα $MSE = \frac{SSE}{T-n-1}$ ονομάζεται μέσο τετραγωνικό άθροισμα των σφαλμάτων και η ποσότητα $MST = \frac{SST}{T-1}$ ονομάζεται μέσο τετραγωνικό συνολικό άθροισμα.

Κανονικότητα των σφαλμάτων

Αν και ο (προσαρμοσμένος) συντελεστής προσδιορισμού αποτελεί ένα εύχρηστο εργαλείο για την αξιολόγηση και σύγκριση μοντέλων δύσκολα κανείς θα δεχόταν ότι μπορεί να δικαιολογήσει τον παραπάνω κόπο που απαιτεί η γραμμική παλινδρόμηση σε σχέση με απλούστερες μεθόδους όπως αυτή της εκθετικής εξομάλυνσης. Η πραγματική αξία της γραμμικής παλινδρόμησης με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων αποκαλύπτεται αν προσθέσουμε μία ακόμα υπόθεση στις προηγούμενες πέντε:

6. $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ για όλα τα t

Πλέον δεν θεωρούμε απλά ότι τα σφάλματα είναι τυχαία αλλά υποθέτουμε ότι ξέρουμε και ποια κατανομή ακολουθούν. Κατά κανόνα επιλέγεται η κανονική κατανομή (οι λόγοι για την επιλογή της είναι πέραν του πλαισίου της παρούσας εργασίας) αλλά δεν είναι απίθανο σε ορισμένες εφαρμογές να επιλεγεί κάποια άλλη γνωστή κατανομή (σε αυτές τις περιπτώσεις δεν χρησιμοποιείται η μέθοδος OLS αλλά η μέθοδος μέγιστης πιθανοφάνειας – MLE).

Η υπόθεση αυτή προσθέτει στο «οπλοστάσιο» τη μαθηματική θεωρία πιθανοτήτων και στατιστικής. Από τη σχέση (II) συνεπάγεται ότι και εξαρτημένη μεταβλητή y_t ακολουθεί επίσης κανονική κατανομή (όχι απαραίτητα την τυποποιημένη) ενώ από την επίλυση του συστήματος (IV) καταλήγουμε στο ίδιο συμπέρασμα για τις εκτιμήσεις $\hat{\beta}_i$ των συντελεστών $\beta_i, i = 0, \dots, n$. Αν και δεν θα ασχοληθούμε με τις αναλυτικές αποδείξεις, παρακάτω θα παρουσιάσουμε πως αξιοποιούμε τα μαθηματικά εργαλεία που μας προσφέρει η υπόθεση για την κανονική κατανομή των σφαλμάτων.

Στατιστική σημαντικότητα των συντελεστών

Αποδεικνύεται ότι η διαφορά της εκτιμώμενης τιμής των συντελεστών της παλινδρόμησης από την πραγματική, διαιρεμένη με το εκτιμώμενο τυπικό σφάλμα τους ακολουθεί την κατανομή Student με $T-n-1$ βαθμούς ελευθερίας, δηλαδή $\frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{se(\hat{\beta}_i)} \sim t_{T-n-1}$. Η παραπάνω σχέση μας επιτρέπει να πραγματοποιήσουμε στατιστικούς ελέγχους υποθέσεων για τις πραγματικές τιμές των συντελεστών της παλινδρόμησης. Ο στατιστικός έλεγχος που μας ενδιαφέρει κατά κύριο λόγο, είναι να ελέγξουμε την περίπτωση οι συντελεστές κάποιων μεταβλητών να είναι μηδέν. Αυτό γίνεται υπολογίζοντας την αντίστοιχη πιθανότητα για κάθε συντελεστή. Όταν η πιθανότητα ο συντελεστής β_i να είναι μηδενικός είναι μεγαλύτερη από ένα προκαθορισμένο όριο (στην μαθηματική ορολογία καλείται επίπεδο σημαντικότητας), δεχόμαστε ως αληθή την υπόθεση ότι ο συντελεστής είναι μηδενικός και άρα η αντίστοιχη ανεξάρτητη μεταβλητή δεν έχει ουσιαστική επίδραση στην διαμόρφωση της εξαρτημένης μεταβλητής. Σε αυτήν την περίπτωση λέμε ότι η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι στατιστικά μη σημαντική. Δεν υπάρχει ένα αντικειμενικά σωστό επίπεδο σημαντικότητας, αλλά στην πράξη έχει επικρατήσει να χρησιμοποιούνται τα επίπεδα 5% , 3% και 1%. Όσο μικρότερο το επίπεδο σημαντικότητας που επιλέγεται, τόσο πιο αυστηρός θεωρείται ο έλεγχος. Ένας ακόμη στατιστικός έλεγχος που χρησιμοποιείται ευρέως είναι ο έλεγχος της υπόθεσης ότι όλοι οι συντελεστές παλινδρόμησης $\beta_i, i = 1, \dots, n$ είναι μηδενικοί. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με την βοήθεια της κατανομής F όπως παραπάνω και εξετάζει την συνολική επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών στην διαμόρφωση της εξαρτημένης μεταβλητής. Η μη απόρριψη της αρχικής υπόθεσης (όλοι οι συντελεστές να είναι ταυτόχρονα μηδέν), θέτει υπό αμφισβήτηση την συνολική αξία του μοντέλου.

Οι έλεγχοι που περιγράφηκαν ήδη, αποτελούν ένα εύχρηστο εργαλείο για την αντικειμενική αξιολόγηση της συνεισφοράς των μεταβλητών που περιλαμβάνονται στο μοντέλο. Οι παραπάνω υπολογισμοί είναι αυτοματοποιημένοι σε όλα τα γνωστά στατιστικά πακέτα (minitab, spss, enviews) αλλά η σημαντικότητα ή μη των μεταβλητών κρίνεται κάθε φορά από τον αναλυτή.

Στατιστικός έλεγχος υποθέσεων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω από τις υποθέσεις 1-5 , στην πράξη μπορούν να ελεγχθούν οι υποθέσεις 3 , 4 και 5. Εκτός των προαναφερθέντων τρόπων ελέγχου, η υπόθεση της κανονικότητας των σφαλμάτων μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε επιπλέον και στατιστικούς ελέγχους.

Ο έλεγχος για την ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας των σφαλμάτων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους ανάλογα τα διαθέσιμα στοιχεία (ενδεικτικά αναφέρονται τα

κριτήρια Barlett, Goldfield-Quandt, Breusch-Pagan – Godfrey, White). Ο έλεγχος με το κριτήριο White είναι γενικός υπό την έννοια ότι δεν έχει προϋποθέσεις και βασίζεται στην βοηθητική παλινδρόμηση των τετραγώνων των σφαλμάτων με όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές, τα τετράγωνα τους και τα γινόμενα τους. Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 που προκύπτει από την βοηθητική παλινδρόμηση πολλαπλασιασμένος με το μέγεθος του δείγματος T , ακολουθεί την κατανομή $X_{\alpha,p}^2$ όπου α το επίπεδο σημαντικότητας και $p = \frac{(n+1)*(n+2)}{2} - 1$ οι βαθμοί ελευθερίας. Κατά τα γνωστά ελέγχουμε την υπόθεση όλοι οι συντελεστές της βοηθητικής παλινδρόμησης να είναι μηδενικοί, απόρριψη της υπόθεσης αυτής, υποδηλώνει ύπαρξη ετεροσκεδαστικότητας στα σφάλματα (ενδέχεται οι παλαιότερες εκδόσεις στατιστικών πακέτων να μην περιλαμβάνουν τον έλεγχο αυτό).

Ο πιο διαδεδομένος στατιστικός έλεγχος για την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης των σφαλμάτων $\hat{\epsilon}_t$ με την προηγούμενη τιμή τους $\hat{\epsilon}_{t-1}$ είναι το κριτήριο Durbin – Watson. Το κριτήριο έγκειται στην εξέταση της τιμής που παίρνει η στατιστική συνάρτηση

$$d = \frac{\sum_{t=2}^T (\hat{\epsilon}_t - \hat{\epsilon}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T \hat{\epsilon}_t^2}. \text{ Εάν η τιμή της συνάρτησης είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή}$$

d_L , δεχόμαστε ότι υπάρχει θετική αυτοσυσχέτιση. Εάν η τιμή της συνάρτησης είναι από d_U έως $4 - d_U$ δεχόμαστε ότι δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση ενώ αν η τιμή είναι πάνω από $4 - d_L$, δεχόμαστε ότι υπάρχει αρνητική αυτοσυσχέτιση. Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις ($d_L \leq d \leq d_U$ ή $4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$) ο συγκεκριμένος έλεγχος δεν μπορεί να μας βοηθήσει να συμπεράνουμε την ύπαρξη ή μη αυτοσυσχέτισης. Οι τιμές d_L και d_U βρίσκονται από στατιστικούς πίνακες της στατιστικής d . Για την περίπτωση ελέγχου αυτοσυσχέτισης των σφαλμάτων με παρελθούσες τιμές πέραν της αμέσως προηγούμενης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο έλεγχος Breusch – Godfrey. Ο έλεγχος στηρίζεται στην βοηθητική παλινδρόμηση των σφαλμάτων με τις ανεξάρτητες μεταβλητές και τις παρελθούσες τιμές που υποθέτουμε ότι παρουσιάζεται η αυτοσυσχέτιση. Δηλαδή εκτιμάται η παλινδρόμηση:

$$\hat{\epsilon}_t = c_0 + c_1 x_{t1} + c_2 x_{t2} + \dots + c_n x_{tm} + \rho_1 \hat{\epsilon}_{t-1} + \dots + \rho_m \hat{\epsilon}_{t-m}$$

Όπως και κατά τον έλεγχο White έτσι και εδώ ελέγχεται η υπόθεση ότι όλοι οι συντελεστές $\rho_i, i = 1, \dots, m$ της βοηθητικής παλινδρόμησης είναι μηδενικοί με την στατιστική συνάρτηση $(T - m)R^2$, η οποία ακολουθεί την κατανομή $X_{\alpha,m}^2$. Απόρριψη της υπόθεσης υποδηλώνει ύπαρξη αυτοσυσχέτισης μεταξύ των σφαλμάτων.

Ένα βασικό εμπόδιο για την χρήση του ελέγχου Breusch – Godfrey είναι ότι πρέπει να ξέρουμε εκ των προτέρων την ακριβή χρονική απόσταση m , στην οποία παρουσιάζεται η αυτοσυσχέτιση. Το εμπόδιο αυτό στην πράξη αντιμετωπίζεται δοκιμάζοντας διαφορετικές χρονικές αποστάσεις.

Ο έλεγχος για την κανονικότητα των σφαλμάτων μπορεί να γίνει τόσο γραφικά όσο και στατιστικά. Ο γραφικός έλεγχος στηρίζεται στην εποπτική εξέταση του γραφήματος κανονικότητας των σφαλμάτων (normal probability plot ή QQ plot) το οποίο μας επιτρέπει επίσης να εντοπίσουμε ακραίες τιμές που πιθανώς να αλλοιώνουν την συνολική εικόνα. Ο στατιστικός έλεγχος μπορεί να γίνει τόσο μέσο του ελέγχου Shapiro-Wilk όσο και του ελέγχου Kolmogorov-Smirnov. Και στις δύο περιπτώσεις ελέγχεται η υπόθεση πως τα σφάλματα $\hat{\epsilon}_t$ προέρχονται από την κανονική κατανομή. Συνεπώς εδώ το επιθυμητό είναι να ξεπερνιέται το επίπεδο σημαντικότητας ώστε να μην απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας των σφαλμάτων.

Προβλέψεις και Διαστήματα εμπιστοσύνης

Έχοντας υπολογίσει τις τιμές των συντελεστών β_i , της εξίσωσης (1) και αντικαθιστώντας τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών x_i για την χρονική στιγμή που μας ενδιαφέρει, προκύπτει η πρόβλεψη για την αντίστοιχη χρονική περίοδο. Η εξίσωση (1) αποτελεί μία εξιδανίκευση και όπως έχει αναφερθεί στην πραγματικότητα θα υπάρχουν αποκλίσεις από αυτήν. Συνεπώς υπεισέρχεται αβεβαιότητα στις προβλέψεις που προκύπτουν.

Από την υπόθεση πως τα σφάλματα ακολουθούν κανονική κατανομή και σε συνδυασμό με την σχέση (2) προκύπτει ότι οι προβλέψεις ακολουθούν επίσης κανονική κατανομή (όχι απαραίτητα με τις ίδιες τιμές παραμέτρων). Συνεπώς μπορούμε να αξιοποιήσουμε την μαθηματική θεωρία των πιθανοτήτων της στατιστικής για να ποσοτικοποιήσουμε αυτή την αβεβαιότητα στις προβλέψεις. Η κανονική κατανομή των προβλέψεων μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε ένα εύρος τιμών γύρω από την προβλεπόμενη τιμή του οικονομικού μεγέθους και την πιθανότητα η πραγματική τιμή να βρεθεί αργότερα μέσα σε αυτό. Για το προαναφερθέν εύρος τιμών έχει καθιερωθεί να χρησιμοποιείται η έκφραση διάστημα εμπιστοσύνης, αλλά στην πράξη εννοείται πάντα και μία πιθανότητα αυτού.

Δεν υπάρχει τρόπος να υπολογιστούν ταυτόχρονα και το διάστημα εμπιστοσύνης και η πιθανότητα αυτού. Εν γένει μπορούμε είτε να επιλέξουμε το διάστημα εμπιστοσύνης και να υπολογίσουμε την πιθανότητα η πραγματική τιμή να βρεθεί σε αυτό, είτε αν καθορίσουμε την πιθανότητα του διαστήματος να υπολογίσουμε το εύρος τιμών του. Η συνήθης πρακτική είναι να ακολουθείται η δεύτερη προσέγγιση. Όσο μεγαλύτερη πιθανότητα επιλέγεται για το διάστημα εμπιστοσύνης τόσο μεγαλύτερο εύρος θα έχει.

3.1.6. Γενίκευση της γραμμικής παλινδρόμησης

Έστω ότι θέλουμε να προβλέψουμε την κατανάλωση ειδών διατροφής σε μία χώρα. Είναι προφανές ότι η συνολική κατανάλωση εξαρτάται από τον συνολικό πληθυσμό της χώρας. Συνεπώς αναμένεται να χρησιμοποιηθεί ως ανεξάρτητη μεταβλητή στο μοντέλο. Οι απογραφές πληθυσμού γίνονται κατά προσέγγιση κάθε δέκα χρόνια, συνεπώς δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για τον πληθυσμό της χώρας σε ετήσια βάση. Για βραχυχρόνια διαστήματα ο ρυθμός μεταβολής του πληθυσμού είναι σχετικά σταθερός. Για αυτό τον λόγο είναι λογικό να χρησιμοποιήσουμε τον χρόνο ως μεταβλητή αντί για τον πληθυσμό. Ξέρουμε ότι ο πληθυσμός μεταβάλλεται εκθετικά ως προς τον χρόνο κατ'επέκταση αναμένεται το μοντέλο να είναι της μορφής

$y_t = b_0 + b_1 t^2 + \varepsilon_t$. Φαινομενικά για ένα τέτοιο μοντέλο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η γραμμική παλινδρόμηση. Στην πραγματικότητα αυτό δεν ισχύει καθώς η γραμμικότητα αναφέρεται στους συντελεστές και όχι στις μεταβλητές. Η χρήση των δυνάμεων στις μεταβλητές δεν παραβιάζει καμία από τις έξι υποθέσεις που έχουμε αναφέρει μέχρι τώρα. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς καμία επιπλέον προσαρμογή και για μοντέλα της μορφής:

$$y_t = b_0 + b_1 x_{t1}^{m_1} + b_2 x_{t1}^{m_2} + \dots + b_n x_{t1}^{m_n} + \varepsilon_t \text{ (V)}$$

Όπου y_t , η τιμή του οικονομικού μεγέθους που θέλουμε να προβλέψουμε τη στιγμή t , $x_{ti}, i = 1, \dots, n$ είναι οι τιμές των n μεταβλητών οι οποίες θεωρούμε ότι προσδιορίζουν επαρκώς την εξαρτημένη μεταβλητή (στην μαθηματική ορολογία ονομάζονται ανεξάρτητες μεταβλητές) τη χρονική στιγμή t , $m_i, i = 1, \dots, n$ είναι οι (εκ των προτέρων γνωστοί) εκθέτες των ανεξάρτητων μεταβλητών και $\beta_i, i = 1, \dots, n$ είναι παράμετροι προς προσδιορισμό και ονομάζονται συντελεστές της παλινδρόμησης.

Αξίζει να σημειωθεί πως μια «σιωπηρή» παραδοχή που γίνεται υιοθετώντας ένα γραμμικό μοντέλο είναι πως μια μοναδιαία μεταβολή της ανεξάρτητης μεταβλητής, κρατώντας τις υπόλοιπες σταθερές, επιδρά με τον ίδιο τρόπο στην εξαρτημένη μεταβλητή, ανεξαρτήτως του επιπέδου τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής. Κάτι τέτοιο όμως δεν είναι ρεαλιστική παραδοχή για όλες τις εφαρμογές. Ας υποθέσουμε πως θέλουμε να φτιάξουμε ένα μοντέλο για να προβλέψουμε το ωφέλιμο φορτίο που διακινεί μια μεταφορική εταιρεία. Ένα απλό και εύχρηστο μοντέλο θα περιλάμβανε το αντίτιμο που ζητά η εταιρία ανά κυβικό μέτρο και το πόσο γρήγορα μπορεί να μεταφέρει εμπορεύματα:

$$Load_t = b_0 + b_1 * Price_t + b_2 * Speed_t + \varepsilon_t$$

Φαινομενικά το παραπάνω μοντέλο είναι επαρκές στην πραγματικότητα όμως έχει παραληφθεί ένας καθοριστικός παράγοντας. Όσο ταχύτερη η μεταφορά τόσο μεγαλύτερη τιμή είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι πελάτες και όσο μικρότερη η τιμή τόσο μικρότερη απαίτηση υπάρχει για ταχύτητα. Υπάρχει δηλαδή αλληλεπίδραση μεταξύ ταχύτητας και τιμής. Όταν εκτιμάται ότι υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών εισάγονται στο μοντέλο «τεχνητές» μεταβλητές που προκύπτουν ως το γινόμενο των μεταβλητών που παρουσιάζουν αλληλεπίδραση. Στο παράδειγμά μας:

$$Load_t = b_0 + b_1 * Price_t + b_2 * Speed_t + b_3 * (Price_t * Speed_t) + \varepsilon_t$$

Για τον υπολογισμό του συντελεστή b_3 , ο όρος αλληλεπίδρασης ($Price_t * Speed_t$) αντιμετωπίζεται σαν οποιαδήποτε άλλη ανεξάρτητη μεταβλητή. Τα παραπάνω γενικεύονται για πολλές μεταβλητές.

3.1.7. Αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα (AR)

Μέχρι τώρα στις αιτιατές προσεγγίσεις που παρουσιάστηκαν θεωρούσαμε πως έχουμε εντοπίσει ορισμένες μη στοχαστικές μεταβλητές (δηλαδή οι τιμές τους είναι γνωστές και δεν χρειάζονται πρόβλεψη) οι οποίες περιγράφουν επαρκώς την μεταβλητή που θέλουμε να προβλέψουμε. Σε αρκετές περιπτώσεις το οικονομικό μέγεθος που θέλουμε να προβλέψουμε περιγράφεται από την προηγούμενη εξέλιξή του. Σε αυτές τις περιπτώσεις επιδιώκουμε να εκτιμήσουμε ένα υπόδειγμα της μορφής:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 * y_{t-1} + \dots + \beta_p * y_{t-p} + \varepsilon_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i * y_{t-i} + \varepsilon_t$$

όπου $y_t, y_{t-i}, i=1, \dots, p$ είναι οι τιμές της μεταβλητής που θέλουμε να προβλέψουμε στις αντίστοιχες χρονικές στιγμές, $\beta_i, i=1, \dots, p$ παράμετροι προς προσδιορισμό και ε_t είναι τυχαία σφάλματα με τις ακόλουθες υποθέσεις:

1. ε_t είναι τυχαία μεταβλητή για όλα τα t
2. $E(\varepsilon_t) = 0$ για κάθε t
3. $V(\varepsilon_t) = \sigma^2$ για κάθε t
4. $Cov(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0$ για κάθε $i \neq j$

Η βασική διαφορά του παραπάνω υποδείγματος από το υπόδειγμα της γραμμικής παλινδρόμησης είναι στις ανεξάρτητες μεταβλητές. Στην γραμμική παλινδρόμηση είχαμε υποθέσει πως οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι ντετερμινιστικές, γνωρίζουμε επ' ακριβώς τι τιμές θα πάρουν χωρίς να χρειάζεται να τις προβλέψουμε. Εδώ προφανώς κάτι τέτοιο δεν ισχύει, στη θέση των ανεξάρτητων μεταβλητών έχουμε

χρονικές υστερήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής και άρα είναι και αυτές στοχαστικές. Αν το διαθέσιμο δείγμα παρατηρήσεων, T , είναι αρκετά μεγάλο, τότε μπορούμε και πάλι να εφαρμόσουμε την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων για να εκτιμήσουμε το υπόδειγμα. Αν και δεν υπάρχει σαφής προσδιορισμός του τι θα πει «αρκετά μεγάλο», σαν εμπειρικός κανόνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί $T > 30$.

Ακόμα και αν το δείγμα είναι αρκετά μεγάλο η χρήση της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων δεν αξιολογεί τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου υποδείγματος. Η δομή που έχει το μοντέλο υποδεικνύει πως η y_t θα συσχετίζεται, είτε θετικά είτε αρνητικά, με τις $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}$. Συνεπώς αναμένεται ότι οι αντίστοιχοι δειγματικοί συντελεστές συσχέτισης, $\hat{\rho}_i$, θα είναι μη μηδενικοί. Ο δειγματικός συντελεστής συσχέτισης δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\rho_i = \frac{\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y}) * (y_{t-i} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2}, \text{ όπου } \bar{y} = \frac{\sum_{t=1}^T y_t}{T}$$

Αντικαθιστώντας στο σύστημα εξισώσεων Yule-Walker (βλέπε παρακάτω) τους δειγματικούς συντελεστές συσχέτισης μπορούμε να εκτιμήσουμε τους συντελεστές $\beta_i, i=1, \dots, p$

$$\left. \begin{aligned} \rho_1 &= \beta_1 + \beta_1 * \rho_2 + \beta_2 * \rho_3 + \dots + \beta_p * \rho_{p-1} \\ \rho_2 &= \beta_1 * \rho_1 + \beta_2 + \beta_3 * \rho_1 + \dots + \beta_p * \rho_{p-2} \\ \rho_3 &= \beta_1 * \rho_2 + \beta_2 * \rho_1 + \beta_3 + \dots + \beta_p * \rho_{p-3} \\ &\vdots \\ \rho_p &= \beta_1 * \rho_{p-1} + \beta_2 * \rho_{p-2} + \beta_3 * \rho_{p-3} + \dots + \beta_p \end{aligned} \right\} \text{Εξισώσεις Yule-Walker}$$

Η εκτίμηση για τον σταθερό όρο β_0 δίνεται από τη σχέση $\hat{\beta}_0 = \bar{y} * (1 - \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 - \dots - \hat{\beta}_p)$. Το σύστημα Yule-Walker αποτελείται από p εξισώσεις και p αγνώστους συνεπώς η λύση του θα είναι μοναδική και κατ' επέκταση μοναδική θα είναι και η εκτίμηση $\hat{\beta}_0$ του σταθερού όρου.

Προσδιορισμός της τάξεως p

Ο προσδιορισμός της τάξης p ενός αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος γίνεται τόσο με την βοήθεια της γραφικής παράστασης του κορελαγράμματος όσο και με τη χρήση στατιστικών ελέγχων. Γραφικά η τάξη του υποδείγματος προκύπτει εντοπίζοντας τις μεγαλύτερες κατά μέτρο τιμές. Δεν διαλέγουμε απαραίτητα τις περισσότερες από τις αποκλίνουσες αριθμητικά τιμές αλλά τις πιο σημαντικές.

Ο στατιστικός προσδιορισμός της τάξης του υποδείγματος γίνεται με την βοήθεια του ελέγχου Ljung-box. Ο έλεγχος Ljung-box εξετάζει την μηδενική υπόθεση πως δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση μέχρι μιας προκαθορισμένης τάξης. Η χρήση του ελέγχου αυτού προϋποθέτει τον εκ των προτέρων προσδιορισμό της χρονικής απόστασης που θα ελεγχθεί και κατ' επέκταση στη περίπτωση των αυτοπαλίνδρομων μοντέλων την τάξη του υποδείγματος. Παρατηρούμε ότι βρισκόμαστε σε ένα φαύλο κύκλο αφού για τον προσδιορισμό της τάξης του υποδείγματος χρειάζεται να έχουμε προσδιορίσει την τάξη του υποδείγματος. Για να σπάσουμε αυτόν τον κύκλο συνδυάζουμε τις πληροφορίες που μας δίνει το κορελόγραμμα. Με βάση τη μεγαλύτερη τάξη του μοντέλου που υποδεικνύεται από το κορελόγραμμα, διενεργούμε τον έλεγχο Ljung-box. Η απόρριψη της υπόθεσης του ελέγχου επιβεβαιώνει την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης και το ανώτατο όριο της τάξης του υποδείγματος. Μη απόρριψη υποδεικνύει την ανάγκη δοκιμής μεγαλύτερων τάξεων. Δεδομένου ότι δεν έχουμε κάποια συγκεκριμένη πληροφορία για το ποια μπορεί να είναι η τάξη, δοκιμάζονται μεγαλύτερες τιμές βάση της φύσης του προβλήματος. Συνήθως γίνονται μία δύο δοκιμές με πολύ μεγαλύτερες τιμές από τις εκτιμώμενες (βάση της φύσης του προβλήματος), ελπίζοντας ότι θα βρεθεί ένα ανώτατο όριο. Αν αυτό δεν επιτευχθεί, συμπεραίνεται ότι πρέπει να χρησιμοποιηθεί άλλη προσέγγιση.

3.1.8. Εποχικότητα και τάση στις αιτιατές μεθόδους

Τάση

Συνήθως τα οικονομικά μεγέθη αυξάνονται ή μειώνονται με το χρόνο, παρουσιάζουν δηλαδή «χρονική τάση». Για να επιτευχθούν καλύτερες προβλέψεις θα πρέπει όπως είπαμε και παραπάνω να αφαιρεθούν οι επιδράσεις της χρονικής τάσης και της εποχικότητας από τα δεδομένα ενώ αν δεν ληφθεί υπόψιν η επίδραση της τάσης στο μοντέλο είναι πολύ πιθανό να οδηγήσει σε συστηματικά αυξανόμενα σφάλματα με αποτέλεσμα να παραβιάζεται η υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας των σφαλμάτων. Η λύση που προτάθηκε σε προηγούμενη ενότητα (3.1.4) μπορεί να χρησιμοποιηθεί και εδώ αλλά για τις αιτιατές μεθόδους είναι πιο απλό και πιο αποτελεσματικό να χρησιμοποιηθεί ο χρόνος ως ανεξάρτητη μεταβλητή στο μοντέλο. Για παράδειγμα αντί του υποδείγματος $y_t = b_0 + b_1 x_t$ μπορεί να υπολογιστεί το $y_t = b_0 + b_1 x_t + b_2 t$. Στο παραπάνω μοντέλο με τάση έπεται ότι το οικονομικό μέγεθος μεταβάλλεται (αυξάνεται

ή μειώνεται) κατά σταθερό ποσό (b_2) κάθε χρονική στιγμή, σε αυτές τις περιπτώσεις λέμε πως παρουσιάζεται «γραμμική τάση». Η γραμμική τάση αποτελεί την πιο συνηθισμένη μορφή αλλά δεν είναι η μοναδική.

Εποχικότητα

Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλα σφάλματα την πρόβλεψη είναι οι κανονικές και περίπου αναμενόμενες διακυμάνσεις των οικονομικών μεγεθών σε συγκεκριμένες περιόδους του έτους. Η εποχικότητα είναι ένα συστηματικό περιοδικό μοτίβο που αποτελείται από έναν κύκλο και τις εποχές του.

Για τα αιτιατά μοντέλα ισχύει η λύση που προτάθηκε στο κεφάλαιο 3.1.4. Ωστόσο η λύση αυτή είναι προσεγγιστική καθώς τα αιτιατά μοντέλα μπορούν να ενσωματώσουν στην δομή τους την εποχικότητα, προσφέροντας έτσι μεγαλύτερη ακρίβεια. Η ενσωμάτωση της εποχικότητας στο μοντέλο επιτυγχάνεται με την βοήθεια εποχικών μεταβλητών.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας ως εποχική μεταβλητή ορίζεται η μεταβλητή η οποία λαμβάνει την τιμή 1 για μία συγκεκριμένη εποχή του κύκλου και 0 για όλες τις άλλες. Για παράδειγμα για έναν ετήσιο κύκλο με δωδεκάμηνη εποχικότητα, μπορούμε να σχηματίσουμε δώδεκα εποχικές μεταβλητές. Η πρώτη θα λαμβάνει την τιμή 1 για τον Ιανουάριο (την πρώτη εποχή) και 0 για όλους τους άλλους μήνες. Η δεύτερη θα λαμβάνει τιμή 1 για τον Φεβρουάριο (την δεύτερη εποχή) και 0 για όλους τους άλλους μήνες, και ούτω καθεξής.

Από τον ορισμό τους προκύπτει ότι αν σε ένα κύκλο n εποχών σχηματίσουμε και αθροίσουμε όλες τις n εποχικές μεταβλητές, το άθροισμα τους θα είναι πάντα μονάδα. Συνεπώς εάν ξέρω τις $n-1$ εποχικές μεταβλητές μπορώ να υπολογίσω την n -οστή. Από τα παραπάνω και σε συνδυασμό με τον ισχυρισμό 1 της ενότητας 3.1.5, προκύπτει ότι δεν μπορούμε να εισάγουμε όλες τις μεταβλητές αλλά πρέπει να αφήσουμε μία από αυτές εκτός του μοντέλου.

Συνήθως στο μοντέλο εντάσσονται όλες οι εποχικές μεταβλητές εκτός της πρώτης. Η εκτίμηση του μοντέλου γίνεται κατά τα γνωστά αντιμετωπίζοντας τις εποχικές μεταβλητές ως ανεξάρτητες. Ο συντελεστής της παλινδρόμησης της εκάστοτε εποχικής μεταβλητής εκφράζει την επίδραση της αντίστοιχης εποχής σε σχέση με την πρώτη εποχή. Θετικό (αρνητικό) πρόσημο του συντελεστή υποδηλώνει, πως στην αντίστοιχη εποχή αναμένεται αύξηση (μείωση) του οικονομικού μεγέθους σε σύγκριση με την πρώτη εποχή (γενικότερα σε σύγκριση με την εποχή για την οποία δεν συμπεριελήφθη εποχική μεταβλητή). Αν αναμένεται ότι η επίδραση των εποχών εξαρτάται από τυχόν άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές που έχουν ενταχθεί στο μοντέλο θα

πρέπει να χρησιμοποιηθούν όροι αλληλεπίδρασης μεταξύ των εποχικών μεταβλητών και των λοιπών ανεξάρτητων μεταβλητών (βλέπε ενότητα 3.1.6.).

3.1.9. Αξιολόγηση προβλεπτικής ικανότητας μοντέλου

Ο έλεγχος καλής προσαρμογής που αναφέρθηκε στην ενότητα 3.1.5. δείχνει πόσο καλά περιγράφει η γραμμική παλινδρόμηση τα διαθέσιμα δεδομένα. Αν και διαισθητικά θα το περιμέναμε, ένα μοντέλο με καλή προσαρμογή δεν σημαίνει απαραίτητα ότι θα μπορεί να προβλέψει με ικανοποιητική ακρίβεια τις μελλοντικές τιμές. Το πόσο ικανοποιητικές προβλέψεις δίνει ένα μοντέλο, είτε προβολικό είτε αιτιατό, κρίνεται εκ του αποτελέσματος.

Η συνήθης πρακτική είναι να χωρίζονται τα διαθέσιμα δεδομένα σε δυο σύνολα. Το πρώτο και μεγαλύτερο κομμάτι χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του μοντέλου (π.χ. τον υπολογισμό των συντελεστών, στην περίπτωση της γραμμικής παλινδρόμησης) και ονομάζεται *training sample*. Έχοντας υπολογίσει το μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί, κάνουμε προβλέψεις για τις χρονικές περιόδους που αντιστοιχούν στο δεύτερο σύνολο, το οποίο ονομάζεται *testing sample*. Συγκρίνοντας τις προβλέψεις με τις πραγματικές τιμές του *testing sample* μπορούμε να αξιολογήσουμε την προβλεπτική ικανότητα των μοντέλων. Τα βασικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι το μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE), το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MPAE) και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE). Το μέσο απόλυτο σφάλμα ορίζεται ως

$$MAE = \frac{\sum |\text{πρόβλεψη} - \text{πραγματική τιμή}|}{\text{Αριθμός προβλέψεων}}$$

και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα ορίζεται ως

$$MSE = \frac{\sum |\text{πρόβλεψη} - \text{πραγματική τιμή}|^2}{\text{Αριθμός προβλέψεων}}$$

, το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (MPAE) ορίζεται ως

$$MPAE = \frac{\sum \frac{|\text{πρόβλεψη} - \text{πραγματική τιμή}|}{\text{πραγματική τιμή}}}{\text{Αριθμός προβλέψεων}}$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι το μέσο τετραγωνικό σφάλμα πρακτικά αποτελεί το ίδιο κριτήριο που χρησιμοποιούμε για να υπολογίσουμε τους συντελεστές στην μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης. Η διαφορά έγκειται στο ότι στη μεν γραμμική παλινδρόμηση τα σφάλματα υπολογίζονται εκ των προτέρων προκειμένου να περιγραφούν τα δεδομένα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Αυτό όμως δεν σημαίνει απαραίτητα ότι οι προβλέψεις του μοντέλου θα είναι ακριβείς. Στην περίπτωση της αξιολόγησης ο υπολογισμός των σφαλμάτων γίνεται εκ των υστέρων και χρησιμοποιείται ως μέτρο της προβλεπτικής ικανότητας του μοντέλου.

Διευκρινίζεται ότι ο συντελεστής προσδιορισμού που αναφέρθηκε στην ενότητα 3.1.5 αποτελεί ένα δείκτη του πόσο καλά περιγράφονται τα δεδομένα του *training sample* από

την γραμμική παλινδρόμηση και επίσης δεν σχετίζεται άμεσα με την προβλεπτική ικανότητα του υποδείγματος.

3.2. Ποιοτικές μέθοδοι

Οι ποιοτικές μέθοδοι είναι κατά κανόνα υποκειμενικές εκτιμήσεις ειδικών. Οι μέθοδοι αυτές είναι αρκετά ευέλικτες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν υπό οποιοσδήποτε συνθήκες. Σε αντίθεση με τις ποσοτικές μεθόδους δεν προϋποθέτουν την ύπαρξη ιστορικών στοιχείων, στερούνται όμως την αξιοπιστία των ποσοτικών μεθόδων. Παρακάτω θα σχολιαστούν πέντε ευρέως χρησιμοποιούμενες ποιοτικές μέθοδοι.

3.2.1. Personal insight

Αποτελεί την πιο απλή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο, έγκειται στην εκτίμηση ενός ειδικού στο αντικείμενο ενδιαφέροντος βάση της προσωπικής του κρίσης. Στηρίζεται αποκλειστικά στην κρίση ενός ατόμου άρα και στις προσωπικές του απόψεις, διάθεση, προκαταλήψεις και αμεροληψίες. Συνεπώς δεν μπορεί να επιτευχθεί συνέπεια ενώ υπάρχουν παραδείγματα περιπτώσεων όπου οι ειδικοί έχουν κάνει πολύ λανθασμένες εκτιμήσεις. Το βασικό μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι η έλλειψη αξιοπιστίας. Σε αποφάσεις όπου το σφάλμα έχει μικρό αντίκτυπο η αξιοπιστία δεν έχει μεγάλη σημασία, στις υπόλοιπες είναι προτιμότερες οι άλλες μέθοδοι.

3.2.2. Panel consensus

Αποτελεί τη «φυσική εξέλιξη» της προηγούμενης μεθόδου. Η μέθοδος αυτή έγκειται στην δημιουργία ενός panel ειδικών. Μια πρόβλεψη που προέκυψε ομόφωνα από μια ομάδα ειδικών είναι πολύ λιγότερο πιθανό να επηρεαστεί από τις προσωπικές απόψεις ενός ατόμου συνεπώς αναμένεται να προκύπτουν καλύτερες προβλέψεις από την προηγούμενη μέθοδο. Βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου (όπως σε κάθε ομαδική εργασία) είναι πως κάποιος μπορεί να μην εκφράζει τους προβληματισμούς του προκειμένου να γίνει αρεστός ενώ είναι σύνηθες οι δυναμικοί χαρακτήρες να «επιβάλουν» της απόψεις τους.

3.2.3. Ιστορική αναλογία

Η ιστορική αναλογία στηρίζεται στην ζήτηση παρεμφερών αγαθών για πρόβλεψη για να ένα καινούργιο παρεμφερές αγαθό. Για παράδειγμα ένα κράτος μπορεί να εκτιμήσει το πότε, που και πόσα εμβόλια θα χρειαστεί για μια επιδημία από τις ανάγκες που προέκυψαν σε προηγούμενες επιδημίες.

3.2.4. Μέθοδος Delphi

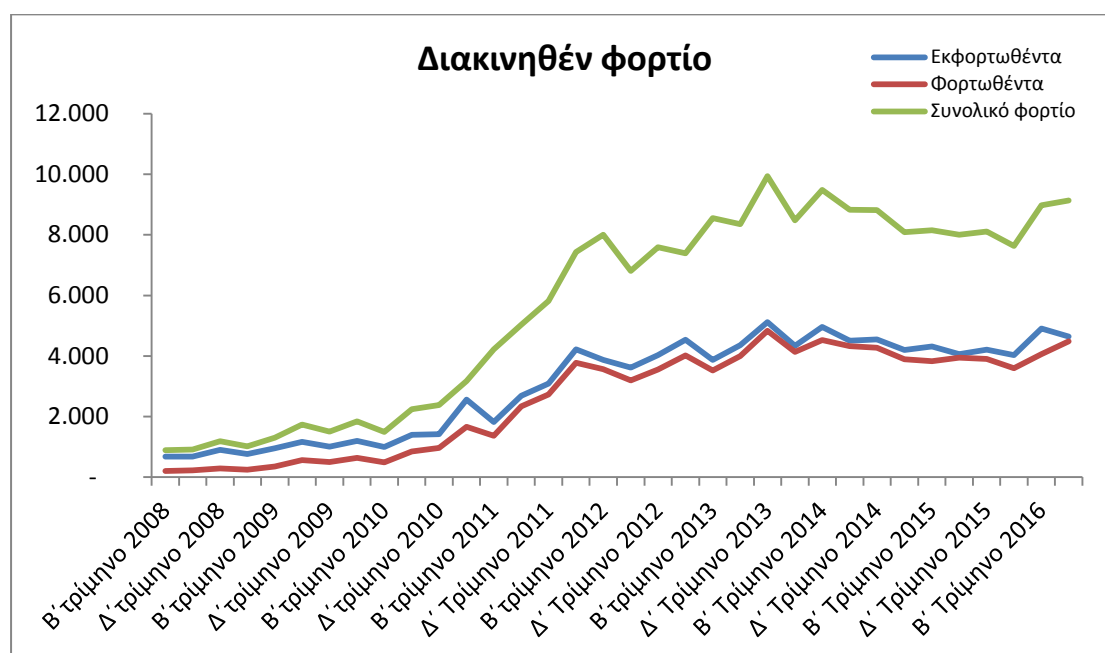
Η μέθοδος Delphi αποτελεί την πιο τυπική από τις ποιοτικές μεθόδους. Σε μια ομάδα ειδικών δίνεται να απαντήσουν ένα ερωτηματολόγιο. Οι απαντήσεις τους συλλέγονται ανώνυμα και αναλύονται. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποστέλλονται στην ίδια ομάδα ειδικών και τους ζητείται να ξανά-απαντήσουν στο ίδιο ερωτηματολόγιο. Γνωρίζοντας τα αποτελέσματα, ορισμένοι θα πειστούν από τους συναδέλφους τους και θα προσαρμόσουν τις απαντήσεις τους. Το δεύτερο σύνολο απαντήσεων αναλύεται και τα αποτελέσματα ξαναστέλνονται στους ειδικούς όπου τους ζητείται να ξανά-απαντήσουν το ερωτηματολόγιο. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται αρκετές φορές μέχρις ότου να συγκλίνουν τα συμπεράσματα που προκύπτουν. Συνήθως αυτό επιτυγχάνεται μετά από τρεις έως έξι επαναλήψεις.

Η μέθοδος Delphi θεωρείται αρκετά αξιόπιστη σε σχέση με τις άλλες ποιοτικές μεθόδους ενώ αποφεύγει τα προβλήματα που προκύπτουν στην μέθοδο Panel consensus. Η υλοποίησή της όμως απαιτεί αρκετό χρόνο και προϋποθέτει την εύρεση ειδικών που θα αφιερώσουν τον αντίστοιχο χρόνο. Μια ακόμα δυσκολία της μεθόδου είναι ο σχεδιασμός του κατάλληλου ερωτηματολογίου.

4. Μελέτη περίπτωσης

Συλλέχθηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ (<http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SMA06/->) στοιχεία για τα εμπορεύματα που διακινήθηκαν από το λιμάνι του Πειραιά από το 2008 μέχρι το τρίτο τρίμηνο του 2016 (μέχρι την συγγραφή της παρούσης δεν είχαν δημοσιευθεί πιο πρόσφατα στοιχεία). Τα διαθέσιμα στοιχεία αφορούν σε τόνους που φορτώθηκαν και εκφορτώθηκαν από το λιμάνι του Πειραιά και διατίθενται σε τριμηνιαία συχνότητα.

Αθροίζοντας τις χρονοσειρές των φορτωθέντων και εκφορτωθέντων εμπορευμάτων εξάχθηκε η χρονοσειρά του συνολικού διακινηθέντος φορτίου. Παρακάτω παρουσιάζεται η χρονοσειρά του συνολικού διακινηθέντος φορτίου από το σύνολο των λιμανιών της Ελλάδας



Όπως είναι αναμενόμενο η εμπορική δραστηριότητα του λιμανιού παρουσιάζει έντονη χρονική τάση η οποία συμβαδίζει με τις πολιτικό-οικονομικές εξελίξεις της χώρας. Τον Νοέμβριο του 2008, με την υποστήριξη Ελληνικής και Κινέζικης κυβέρνησης, υπογράφηκε σύμβαση παραχώρησης και δημιουργίας νέας προβλήτας μεταξύ του ΟΛΠ (Οργανισμός Λιμένος Πειραιώς) και της Cosco με ισχύ από την 1^η Οκτωβρίου 2009. Αντίστοιχα η ήπια θετική τάση του 2008 εντείνεται το 2009 ενώ από το Β' τρίμηνο του 2010 αρχίζουν να φαίνονται τα αποτελέσματα από την υλοποίηση της συμφωνίας και η εμπορική δραστηριότητα του λιμανιού εκτινάσσεται με ιδιαίτερα υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης. Από το τρίτο τρίμηνο του 2012 φαίνεται μια επιβράδυνση αλλά η ύπαρξη θετικής τάσης είναι αδιαμφισβήτητη για το σύνολο της περιόδου 2008-

2013. Το 2014 επικρατούσε πολιτική αβεβαιότητα στην Ελλάδα λόγω της αναμενόμενης αδυναμίας εκλογής Προέδρου της Δημοκρατίας και προκήρυξης εκλογών, ενώ προς το τέλος του έτους ήταν ξεκάθαρο πως θα υπήρχε κυβερνητική αλλαγή. Η διαφαινόμενη νέα κυβέρνηση όχι μόνο είχε δηλώσει την αντίθεσή της με την συμφωνία εκχώρησης, γεγονός που δημιουργούσε αμφιβολίες για την τήρηση αυτής, αλλά επικρατούσε και ανησυχία για την παραμονή της χώρας στην Ευρωζώνη και την Ευρωπαϊκή Ένωση γενικότερα. Η εμπορική δραστηριότητα του λιμανιού παρουσιάζει τάσεις σταθεροποίησης στη αρχή του 2014 ενώ από το δεύτερο τρίμηνο του 2014 υπάρχει μία ήπια αλλά σαφής αρνητική τάση. Η αρνητική τάση φαίνεται να ξαναγίνεται θετική το 2016 όπου εξασφαλίστηκε αφ' ενός η παραμονή της χώρας στην Ευρωζώνη και αφ' ετέρου η συνεργασία της Ελληνικής κυβέρνησης με την επέκταση της αρχικής συμφωνίας για το λιμάνι του Πειραιά.

4.1. Υπολογισμός προβολικών μεθόδων

Προτού προβούμε σε υπολογισμό προβλέψεων θα προχωρήσουμε σε απαλοιφή των επιδράσεων της εποχικότητας όπως εξηγήθηκε στην ενότητα 3.1.4. Θα υπολογίσουμε προβλέψεις τόσο με τα αρχικά δεδομένα όσο και μετά την αφαίρεση της εποχικότητας από αυτά ώστε να τα συγκρίνουμε.

Προσδιορισμός εποχικών συντελεστών

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) παρουσιάζεται ενδεικτικά ο τρόπος υπολογισμού του προσωρινού εποχικού συντελεστή για τις πρώτες επτά παρατηρήσεις:

Πίνακας 1: Υπολογισμός εποχικού συντελεστή Α' τριμήνου

Τρίμηνο	Πραγμ. Τιμή	Βήμα 1	Βήμα 2	Εξομαλ. Τιμή	Προσωρινός εποχικός συντελεστής
Β	887	-	-	-	-
Γ	908	-	-	-	-
Δ	1183	=AVERAGE(B34:B37)	1102	1050	1,127
Α	1013	1102	1308	1205	0,840
Β	1305	1308	=AVERAGE(B35:B38)	1348	0,968
Γ	1732	1388	1594	=AVERAGE(C39:D39)	1,162
Δ	1500	1594	1641	1617	=B40/E40

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίστηκαν οι προσωρινοί εποχικοί συντελεστές για τις υπόλοιπες παρατηρήσεις. Λαμβάνοντας το μέσο όρο όλων των προσωρινών συντελεστών ενός τριμήνου προκύπτει ο τελικός εποχικός συντελεστής αυτού. Η

παραπάνω διαδικασία εφαρμόστηκε χωριστά για την περίοδο πριν το Β' τρίμηνο του 2014 και την περίοδο μετά έτσι ώστε να ληφθούν υπόψιν οι επιδράσεις από τις πολιτικό-οικονομικές εξελίξεις που επηρεάζουν τα δεδομένα μας. Οι τιμές τους παρουσιάζονται παρακάτω. Πολλαπλασιάζοντας κάθε παρατήρηση με τον αντίστοιχο εποχικό δείκτη προκύπτει η απαλλαγμένη από εποχικές επιδράσεις χρονοσειρά των διακινηθέντων φορτίων.

	Εποχικοί συντελεστές			
	Α' τρίμηνο	Β' τρίμηνο	Γ' τρίμηνο	Δ' τρίμηνο
1 ^η περίοδος	0,9819	0,9852	1,0127	0,9823
2 ^η περίοδος	0,9478	1,0230	0,9968	1,0211

Οι διαφορές των συντελεστών μεταξύ των δύο περιόδων επιβεβαιώνουν την αρχική υπόθεση. Στην πρώτη περίοδο όλοι οι συντελεστές είναι κοντά στην μονάδα υποδηλώνοντας ότι οι επιδράσεις της εποχικότητας είναι μικρές. Οι συντελεστές της δεύτερης περιόδου υποδηλώνουν μια αισθητή καθίζηση του διακινούμενου φορτίου στο πρώτο τρίμηνο κάθε έτους ενώ για τα υπόλοιπα οι συντελεστές είναι κοντά στην μονάδα.

Απλός μέσος όρος

Οι προβλέψεις της μεθόδου του απλού μέσου προκύπτουν ως ο αριθμητικός μέσος των διαθέσιμων παρατηρήσεων, για αυτό και αποτελεί την απλούστερη μέθοδο από όλες. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι προβλέψεις που προκύπτουν για τα τρία πρώτα τρίμηνα του 2016 καθώς και το μέσο απόλυτο (ποσοστιαίο) σφάλμα. Συγκρίνοντας τα σφάλματα των μοντέλων γίνεται εμφανές ποσό σημαντική είναι η επίδραση της χρονικής τάσης. Τα υποδείγματα που δεν λαμβάνουν υπόψιν τις επιδράσεις της τάσης έχουν σφάλματα της τάξεως των εκατομμυρίων τόνων ($\approx 3,1$ εκ.) ενώ αυτά που λαμβάνουν υπόψιν τις επιδράσεις της χρονικής τάσης έχουν σφάλματα της τάξεως των χιλιάδων τόνων (≈ 600 χιλ.)

Τα αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2) :

Πίνακας 2: Προβλέψεις με την μέθοδο Απλού Μέσου Όρου

	A' τριμ. 2016	B' τριμ. 2016	Γ' τριμ. 2016	MAE	MAPE
Πραγματικές τιμές	7.630	8.976	9.133	-	-
Καμία προσαρμογή	5.380	5.450	5.557	3.117	36,0%
Προσαρμογή εποχικότητας	5.127	5.608	5.543	3.154	36,5%
Προσαρμογή τάσης	8.355	7.847	9.229	650	7,7%
Προσαρμογή εποχικότητας & τάσης	7.754	8.095	8.289	617	6,9%

* Ποσά σε χιλ. τόνους

Κινητός μέσος όρος

Όπως έχει αναφερθεί βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή του κινητού μέσου και σημαντικός παράγοντας για την προβλεπτική ικανότητα της μεθόδου είναι ο χρονικός ορίζοντας που θα χρησιμοποιηθεί. Στην παρούσα θα δοκιμαστούν πέντε διαφορετικοί χρονικοί ορίζοντες φτάνοντας μέχρι και τα τρία χρόνια.

Ο μέσος όρος των παρατηρήσεων του Α' Β', Γ' και Δ' τριμήνου του 2015 αποτελεί την πρόβλεψη για το Α' τρίμηνο του 2016 σύμφωνα με την μέθοδο του κινητού μέσου με χρονικό ορίζοντα ενός έτους. Αντίστοιχα έχουν γίνει οι υπολογισμοί και για τις υπόλοιπες προβλέψεις.

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 3) παρουσιάζεται το μέσο απόλυτο σφάλμα των προβλέψεων για τα τρία πρώτα τρίμηνα του 2016 για όλους τους χρονικούς ορίζοντες που δοκιμάστηκαν.

Πίνακας 3: ΜΑΕ για τη μέθοδο Κινητού Μέσου

A/A	Χρονικός ορίζοντας	Καμία προσαρμογή	Προσαρμογή εποχικότητας	Προσαρμογή τάσης	Προσαρμογή εποχικότητας & τάσης
1	2 τρίμηνα	787	767	757	793
2	3 τρίμηνα	804	740	727	843
3	4 τρίμηνα	804	723	606	783
4	6 τρίμηνα	840	678	644	889
5	8 τρίμηνα	753	602	643	887
6	10 τρίμηνα	657	472	694	747
7	12 τρίμηνα	635	802	654	684

*Ποσά σε χιλ. τόνους

Από τον Πίνακα 3 προκύπτει πως τα επικρατέστερα υποδείγματα είναι το τρίτο (χρονικός ορίζοντας τεσσάρων τριμήνων με προσαρμογή χρονικής τάσης) και το έκτο (χρονικός ορίζοντας δέκα τριμήνων και εποχική προσαρμογή). Το τρίτο υπόδειγμα παρουσιάζει μεγαλύτερο ΜΑΕ αλλά είναι πιο απλό στον υπολογισμό του ενώ το έκτο δίνει πιο αξιόπιστες προβλέψεις αλλά προϋποθέτει την εποχική προσαρμογή των δεδομένων η οποία είναι πιο πολύπλοκη διαδικασία από την αφαίρεση της χρονικής τάσης. Καλούμαστε δηλαδή να διαλέξουμε ανάμεσα σε απλότητα και ακρίβεια. Στην προκειμένη περίπτωση κρίνεται πως η επιπλέον πολυπλοκότητα που εισάγει η εποχική προσαρμογή των δεδομένων δικαιολογείται αφού το αναμενόμενο σφάλμα βελτιώνεται κατά 133 χιλ. τόνους (22% μείωση). Οι αναλυτικές προβλέψεις για αυτό το μοντέλο, παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 4) και είναι αυτές που θα χρησιμοποιηθούν στη σύγκριση της μεθόδου του Κινητού Μέσου με τις υπόλοιπες.

Διευκρινίζεται πως η εξισορρόπηση ανάμεσα σε πολυπλοκότητα και ακρίβεια προβλέψεων είναι ο λόγος που προτιμήθηκε το τρίτο από το πέμπτο υπόδειγμα. Κρίθηκε πως η βελτίωση του αναμενόμενου σφάλματος δεν ήταν αρκετή για να δικαιολογήσει την αύξηση της πολυπλοκότητας.

Πίνακας 4: Προβλέψεις με την μέθοδο Κινητού Μέσου

Περίοδος	Πραγματικές τιμές	Πρόβλεψη	Απόλυτο σφάλμα	Απόλυτο σφάλμα (%)
A' τριμ. 2016	7.630	8.185	555	7,3%
B' τριμ. 2016	8.976	8.743	233	2,6%
Γ' τριμ. 2016	9.133	8.504	629	6,9%

Σχόλια: Ποσά σε χιλ. τόνους. Χρονικός ορίζοντας 10 τριμήνων. Με προσαρμογή εποχικότητας

Εκθετική εξομάλυνση

Όπως έχει αναφερθεί βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της Εκθετικής εξομάλυνσης και σημαντικός παράγοντας για την προβλεπτική ικανότητα της μεθόδου είναι ο προσδιορισμός της σταθεράς εξομάλυνσης, α , που θα χρησιμοποιηθεί. Για την σταθερά εξομάλυνσης δοκιμάστηκαν οι τιμές 0.1, 0.15 και 0.2 για εποχιακά διορθωμένες και μη παρατηρήσεις. Στον Πίνακα 5 απεικονίζεται το μέσο απόλυτο σφάλμα για τις προβλέψεις του Α', Β' και Γ' τριμήνου του 2016 για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 5: MAE για τη μέθοδο Εκθετικής εξομάλυνσης

σταθερά εξομάλυνσης	Καμία προσαρμογή	Προσαρμογή εποχικότητας	Προσαρμογή τάσης	Προσαρμογή εποχικότητας & τάσης
0,1	687	758	1.119	749
0,15	699	757	1.078	756
0,2	709	756	1.038	763

*Ποσά σε χιλ. τόνους

Αξιοσημείωτο είναι πως ανεξαρτήτως της τιμής για την σταθερά εξομάλυνσης το βέλτιστο μέσο απόλυτο σφάλμα επιτυγχάνεται εφαρμόζοντας την μέθοδο στα πραγματικά δεδομένα, αγνοώντας τις επιδράσεις εποχικότητας και χρονικής τάσης. Ενώ για όλες τις περιπτώσεις που λήφθηκαν υπόψιν οι επιδράσεις της εποχικότητας, το MAE κυμαίνεται σε παρεμφερή επίπεδα υποδεικνύοντας πως σε εξομαλυμένα δεδομένα η επιλογή της σταθεράς εξομάλυνσης, α , έχει μικρή επίδραση στην προσαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα. Για τους σκοπούς της σύγκρισης της εκθετικής εξομάλυνσης με τις υπόλοιπες μεθόδους επιλέχθηκε το υπόδειγμα με τιμή $\alpha=0.1$ χωρίς καμία προσαρμογή για εποχικότητα ή τάση καθώς αυτό επιτυγχάνει το ελάχιστο MAE. Τα αποτελέσματα του παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6: Προβλέψεις με την μέθοδο Εκθετικής εξομάλυνσης ($\alpha=0.1$)

Περίοδος	Πραγματικές τιμές	Πρόβλεψη	Απόλυτο σφάλμα	Απόλυτο σφάλμα (%)
Α' τριμ. 2016	7.630	8.105	475	6,2%
Β' τριμ. 2016	8.976	7.677	1.299	14,5%
Γ' τριμ. 2016	9.133	8.846	287	3,1%

*Ποσά σε χιλ. τόνους

4.2. Οικονομετρικές μέθοδοι

Ακολουθώντας την παράγραφο 3.1.10 θα χωρίσουμε τα δεδομένα σε δείγμα εκπαίδευσης και testing sample. Ως σύνολο εκπαίδευσης χρησιμοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις από Β' τρίμηνο του 2008 έως και το Δ' τρίμηνο του 2015, ενώ για το testing sample χρησιμοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις από το Α' έως το Γ' τρίμηνο του 2016.

Όπως αναφέρθηκε, στα δεδομένα είναι εμφανές ότι υπάρχουν έντονες επιδράσεις χρονικής τάσης. Από το δεύτερο τρίμηνο του 2008 μέχρι το τέλος του 2013 η τάση είναι έντονα θετική ενώ από το 2013 μέχρι το τέλος του 2015 η τάση γίνεται αρνητική με ηπιότερες συγκριτικά επιδράσεις.

Αν μοντελοποιήσουμε την χρονική τάση στα υποδείγματα όπως προτάθηκε στην ενότητα 3.1.9 είναι λογικό η αλλαγή στην «συμπεριφορά» της τάσης να οδηγήσει σε αστοχία τα μοντέλα, είτε στην εκτίμηση του υποδείγματος είτε στη ακρίβεια των προβλέψεων. Για να ξεπεράσουμε αυτό το πρόβλημα, σχηματίστηκε μια καινούργια μεταβλητή («ψευδομεταβλητή») για να μοντελοποιήσει την αλλαγή αυτή. Η μεταβλητή αυτή συμβολίζεται στους πίνακες με «ΣΑ» (Σημείο Αλλαγής) και λαμβάνει την τιμή μηδέν από Β' τρίμηνο του 2008 μέχρι το Α' τρίμηνο του 2014 και την τιμή ένα από το Β' τρίμηνο του 2014 και μετά. Διευκρινίζεται ότι για τις προβλέψεις θεωρήθηκε πως η μεταβλητή αυτή έχει τιμή ένα.

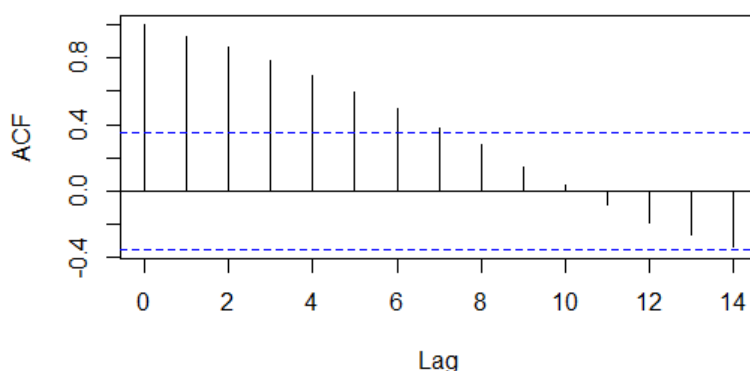
Για να μοντελοποιήσουμε την εποχικότητα σχηματίστηκαν τέσσερις μεταβλητές, μία για κάθε τρίμηνο του έτους, όπως περιγράφεται στην ενότητα 3.1.9. Συγκεκριμένα σχηματίστηκαν οι μεταβλητές q_1 , q_2 , q_3 , q_4 ως εξής:

- Η q_1 λαμβάνει την τιμή 1 στο Α' τρίμηνο κάθε έτους και 0 αλλού
- Η q_2 λαμβάνει την τιμή 1 στο Β' τρίμηνο κάθε έτους και 0 αλλού
- Η q_3 λαμβάνει την τιμή 1 στο Γ' τρίμηνο κάθε έτους και 0 αλλού
- Η q_4 λαμβάνει την τιμή 1 στο Δ' τρίμηνο κάθε έτους και 0 αλλού

Όλα τα μοντέλα που παρουσιάζονται έχουν εκτιμηθεί εκ νέου με την προσθήκη τριών εποχικών μεταβλητών. Σε όλες τις περιπτώσεις προέκυψε πως είναι στατιστικά μη σημαντικές, υποδεικνύοντας πως δεν υπάρχουν ουσιαστικές εποχικές επιδράσεις (τουλάχιστον σε σύγκριση με τους υπόλοιπους παράγοντες).

Αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα

Για να εξετάσουμε αν ο διακινούμενος όγκος από το λιμάνι του Πειραιά περιγράφεται επαρκώς από την προηγούμενη εξέλιξή του θα χρησιμοποιηθεί το κορελόγραμμα καθώς και ο στατιστικός έλεγχος Ljung-Box. Η μπλε διακεκομμένη γραμμή του διαγράμματος υποδηλώνει τα όρια εκτός των οποίων η αυτοσυσχέτιση θεωρείται στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Συμπεραίνουμε λοιπόν ισχυρή συσχέτιση του διακινούμενου όγκου σε κάθε τρίμηνο με τα προηγούμενα, η ένταση της οποίας φθίνει καθώς μεγαλώνει ο χρονικός ορίζοντας. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα του ελέγχου Ljung-Box (Πίνακας 7). Τα παραπάνω δικαιολογούν τη χρήση αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος.

Πίνακας 7: Αποτελέσματα ελέγχου Ljung- Box.

	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4	Lag 5	Lag 6	Lag 7
Ljung-box	29,422	56,005	78,260	96,694	110,42	120,60	126,77
P-value	<0,5%	<0,5%	<0,5%	<0,5%	<0,5%	<0,5%	<0,5%

Το κορελόγραμμα υποδηλώνει αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα μέχρι και έκτης τάξης. Κατά το σχηματισμό οικονομετρικών μοντέλων η βασική επιδίωξη είναι να επιτευχθεί η βέλτιστη δυνατή προβλεπτική ικανότητα με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό

μεταβλητών. Για το σκοπό αυτό ξεκινάμε από ένα υπόδειγμα πρώτης τάξης και προσθέτουμε αυτοπαλίνδρομους όρους μέχρι να καταλήξουμε σε ένα μοντέλο με ικανοποιητικές προβλέψεις που να ικανοποιεί τις υποθέσεις της ενότητας 3.1.7. Με αυτή τη διαδικασία δοκιμής-λάθους εκτιμήθηκαν πέντε υποδείγματα τα οποία παρουσιάζονται με τη σειρά στον πίνακα 8. Το έκτο μοντέλο που παρουσιάζεται στον πίνακα αφορά ένα μοντέλο που επιλέχθηκε με την μεθοδολογία της κατά βήματα παλινδρόμησης (stepwise regression). Η μεθοδολογία αυτή αφορά έναν αυτοματοποιημένο τρόπο επιλογής μοντέλου μέσα από ένα σύνολο μεταβλητών. Η περιγραφή και ανάλυση της μεθόδου είναι εκτός των πλαισίων της παρούσας εργασίας, για περισσότερες πληροφορίες οι αναγνώστες παραπέμπονται στο βιβλίο [1].

Για τον Πίνακα 8 διευκρινίζεται ότι ένα μοντέλο έχει χαρακτηριστεί ως επιλέξιμο αν ικανοποιεί τα ακόλουθα κριτήρια:

- Όλοι οι συντελεστές των μεταβλητών πλην του σταθερού όρου είναι στατιστικά σημαντικοί
- Δεν απορρίπτεται η υπόθεση της κανονικότητας των σφαλμάτων από τον έλεγχο Jarque-Bera
- Τουλάχιστον ένας από τους ελέγχους white ή Breusch-Pagan-Godfrey επιβεβαιώνει την ομοσκεδαστικότητα των σφαλμάτων
- Ο έλεγχος Breusch-Godfrey για αυτοσυσχέτιση μέχρι και 12^{ης} τάξης ή το κορελόγραμμα απορρίπτουν την ύπαρξη αυτοσυσχέτισης των σφαλμάτων

Τα παραπάνω κριτήρια ελέγχθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας 10% εκτός από το κορελόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Πίνακας 8: Αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα

A/A	Εξίσωση υποδείγματος	$\overline{R^2}$	Επιλέξιμο	MAE
1 ^ο	$y_t = c + \text{τάση} + \text{τάση} * \Sigma A + y_{t-1}$	95,3%	Όχι	591
2 ^ο	$y_t = c + \text{τάση} + \text{τάση} * \Sigma A + y_{t-1} + y_{t-2}$	95,5%	Όχι	680
3 ^ο	$y_t = c + \text{τάση} + \text{τάση} * \Sigma A + y_{t-1} + y_{t-2} + y_{t-3}$	95,8%	Ναι	540
4 ^ο	$y_t = c + \text{τάση} + \text{τάση} * \Sigma A + y_{t-1} + y_{t-2} + y_{t-3} + y_{t-4}$	95,0%	Όχι	528
5 ^ο	$y_t = c + \text{τάση} + \text{τάση} * \Sigma A + y_{t-1} + y_{t-2} + y_{t-4}$	94,8%	Όχι	566
6 ^ο	$y_t = c + \text{τάση} + \text{τάση} * \Sigma A + y_{t-1} + y_{t-2} + y_{t-5}$	94,8%	Ναι	371

Με $\overline{R^2}$ συμβολίζεται ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού. MAE είναι το Μέσο Απόλυτο Σφάλμα σε χιλιάδες τόνους

Από το πίνακα 8 προκύπτει ότι για όλα τα μοντέλα ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού ($\overline{R^2}$) κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα από 94.8% μέχρι 95.8%, ακόμα και για τα μοντέλα όπου παραβιάζονται οι υποθέσεις των σφαλμάτων.

Για τους σκοπούς της σύγκρισης με τις υπόλοιπες μεθόδους πρόβλεψης θα αξιοποιηθεί το έκτο μοντέλο με εξίσωση:

$$y_t = c + \text{τάση} + \text{τάση} * \Sigma A + y_{t-1} + y_{t-2} + y_{t-5}$$

Επιλέγεται το μοντέλο αυτό αφ' ενός διότι έχει το ελάχιστο ΜΑΕ και αφ' ετέρου διότι ικανοποιούνται όλες οι υποθέσεις των σφαλμάτων, μπορούμε δηλαδή να θεωρήσουμε τα αποτελέσματα του αξιόπιστα και όχι τυχαία. Δεν λήφθηκαν υπόψιν στην επιλογή του βέλτιστου μοντέλου ο αριθμός των μεταβλητών καθώς τα μόνα μοντέλα που ικανοποιούσαν τις υποθέσεις των σφαλμάτων έχουν τον ίδιο αριθμό μεταβλητών. Αξίζει επίσης να σημειωθεί πως το βέλτιστο μοντέλο παρουσιάζει από τις χαμηλότερες τιμές του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού ($\overline{R^2} = 94.8\%$).

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται αναλυτικά οι προβλέψεις που προκύπτουν από το επιλεγμένο υπόδειγμα.

Πίνακας 9: Προβλέψεις αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος

Περίοδος	Προβλεπόμενες τιμές	95% Διάστημα εμπιστοσύνης	Πραγματικές τιμές	Σφάλμα πρόβλεψης	Εντός Δ.Ε.
Α' τριμ. 2016	8.511	± 1.583	7.630	881	Ναι
Β' τριμ. 2016	8.788	± 1.759	8.976	188	Ναι
Γ' τριμ. 2016	9.176	± 1.851	9.133	43	Ναι

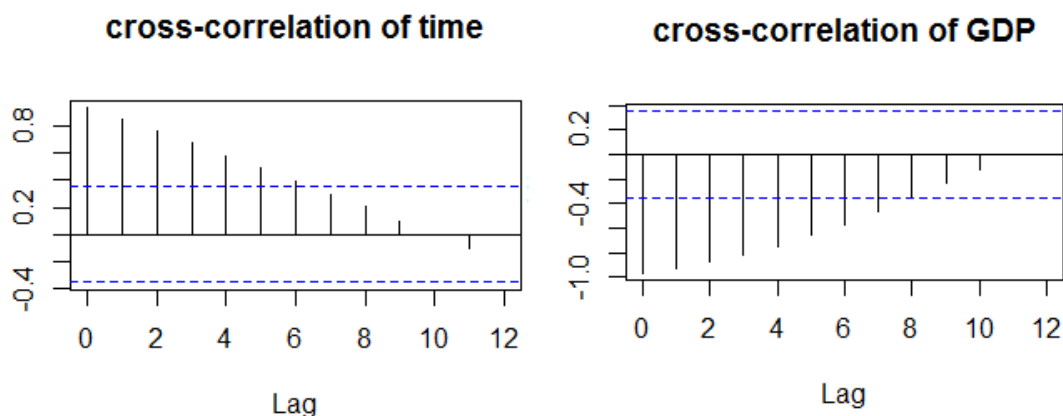
*Ποσά σε χιλιάδες τόνους

Γραμμική Παλινδρόμηση

Προϋπόθεση για να εφαρμόσουμε την γραμμική παλινδρόμηση είναι το οικονομικό μέγεθος που θέλουμε να προβλέψουμε (τόνοι που θα φορτοεκφορτωθούν από το λιμάνι του Πειραιά) να σχετίζεται επαρκώς με κάποιο άλλο μέγεθος ή μεταβλητή για την οποία δεν χρειάζεται να προβλέψουμε τις τιμές της. Για παρόμοια προβλήματα, στην βιβλιογραφία συχνά χρησιμοποιείτε ο χρόνος ([2] , [3]) και το παράδειγμα αυτό θα υιοθετήσουμε και εδώ. Θα υποθέσουμε δηλαδή πως οι επιδράσεις της χρονικής τάσης περιγράφουν επαρκώς το διακινούμενο φορτίο.

Είναι συνηθισμένο επίσης να αναζητούνται ερμηνευτικές μεταβλητές ανάμεσα στα οικονομικούς δείκτες της ενδοχώρας του λιμανιού. Είτε πρόκειται για εισαγωγές

είτε για εξαγωγές είναι λογικό να υποθέσει κανείς πως η έντονη οικονομική δραστηριότητα θα οδηγεί σε αυξημένη εμπορική δραστηριότητα. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας θα διερευνήσουμε κατά πόσο το ΑΕΠ της Ελλάδας μπορεί να ερμηνεύσει τις διακυμάνσεις στην εμπορική δραστηριότητα του λιμανιού του Πειραιά.



Το διάγραμμα συσχέτισης μεταξύ διακινηθέντος φορτίου και ΑΕΠ καθώς και μεταξύ διακινηθέντος φορτίου και χρόνου, υποδεικνύουν ισχυρή συσχέτιση και στις δύο περιπτώσεις τεκμηριώνοντας την επιλογή τους ως ερμηνευτικές μεταβλητές. Στο Πίνακα 10 παρουσιάζονται συνοπτικά τα μοντέλα που δοκιμάστηκαν και οι βασικοί δείκτες αυτών.

Πίνακας 10: Συνοπτική παρουσίαση μοντέλων και δείκτες αυτών.

A/A	Μοντέλο	$\overline{R^2}$	Επιλέξιμο	ΜΑΕ
1ο	$y_t = c + \text{τάση}$	86,0%	Όχι	2429
2ο	$y_t = c + \text{τάση} + \Sigma A + \Sigma A * \text{τάση}$	94,1%	Όχι	1232
3ο	$y_t = c + \text{τάση} + \Sigma A + \Sigma A * \text{τάση} + \text{τάση}^2 + (\text{τάση}^2) * \Sigma A$	94,2%	Όχι	422
4ο	$y_t = c + \text{τάση} + \text{τάση}^2 + \text{τάση}^3$	96,4%	Όχι	3174
5ο	$y_t = c + AEP_{t-1}$	95,2%	Ναι	640
6ο	$y_t = c + AEP_{t-1} + AEP_{t-2}$	96,2%	Όχι	724
7ο	$y_t = c + AEP_{t-2}$	96,4%	Ναι	744
8ο	$y_t = c + AEP_{t-1} + AEP_{t-3}$	96,0%	Ναι	535

Στον Πίνακα 10 φαίνεται πως η απλή γραμμική τάση δίνει μακράν το χειρότερο μοντέλο, όπως περιμέναμε. Ο συντελεστής προσδιορισμού είναι ο μικρότερος όλων αλλά δεν παύει να είναι ιδιαίτερα υψηλός. Παρατηρούμε ότι εν γένει τα μοντέλα με

ερμηνευτική μεταβλητή το ΑΕΠ παρουσιάζουν μικρότερο ΜΑΕ από τα μοντέλα χρονικής τάσης, με το όγδοο μοντέλο να παρουσιάζει το μικρότερο ΜΑΕ όλων. Αξιοσημείωτο είναι πως όλα τα μοντέλα με μόνη ερμηνευτική μεταβλητή τη χρονική τάση παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση των υπολοίπων γεγονόσ που υποδεικνύει πως οι επιδράσεις χρονικής τάσης δεν είναι ο μόνος παράγοντας που επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή. Για τους σκοπούς της σύγκρισης των μεθόδων θα μπορούσαν να επιλεγθούν τόσο το όγδοο όσο και το πέμπτο μοντέλο. Το πέμπτο μοντέλο παρουσιάζει ελαφρώς μεγαλύτερο σφάλμα άλλα έχει μια λιγότερη μεταβλητή. Κατά την προσωπική κρίση του συγγραφέα, η ωφέλεια αυτή δεν αντισταθμίζει τη διαφορά των 95 χιλ. τόνων στο αναμενόμενο σφάλμα για αυτό και στην σύγκριση των μεθόδων θα ληφθεί υπόψιν το όγδοο μοντέλο.

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται αναλυτικά οι προβλέψεις που προκύπτουν από το επιλεγμένο υπόδειγμα.

Πίνακας 11: Προβλέψεις γραμμικού υποδείγματος

Περίοδος	Προβλεπόμενες τιμές	95% Διάστημα εμπιστοσύνης	Πραγματικές τιμές	Σφάλμα πρόβλεψης	Εντός Δ.Ε.
Α' τριμ. 2016	8.544		7.630	914	Ναι
Β' τριμ. 2016	8.830		8.976	146	Ναι
Γ' τριμ. 2016	8.588		9.133	545	Ναι

*Ποσά σε χιλιάδες τόνους

5. Συγκριτική ανάλυση των μεθόδων

Στην προηγούμενη ενότητα υπολογίστηκε το βέλτιστο μοντέλο που προκύπτει με τη κάθε μεθοδολογία προκειμένου να προβλέψουμε το συνολικό φορτίο που θα διακινηθεί από το λιμάνι του Πειραιά το επόμενο τρίμηνο. Για τους σκοπούς της σύγκρισης των μοντέλων από τις διαφορετικές μεθοδολογίες, συνοψίζονται στους Πίνακες 12 και 13 τα αποτελέσματα του κάθε μοντέλου καθώς και οι πραγματικές τιμές. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται το πραγματικό φορτίο για το Α', Β' και Γ' τρίμηνο του 2016 καθώς και οι αντίστοιχες προβλέψεις για κάθε μοντέλο χωριστά. Στον Πίνακα 13 παρουσιάζεται αναλυτικά το σφάλμα της πρόβλεψης για κάθε μοντέλο για κάθε τρίμηνο καθώς και το μέσο απόλυτο και απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα. Για λόγους πληρότητας παρατίθενται στον Πίνακα 14 το ποσοστιαίο σφάλμα της πρόβλεψης για κάθε τρίμηνο χωριστά καθώς και το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα.

Ένας σημαντικός παράγοντας για την επιλογή βέλτιστου μοντέλου που δεν αποτυπώνεται στους παρακάτω πίνακες είναι η πολυπλοκότητα υπολογισμού του μοντέλου και πόσο εύκολα μπορεί να γίνει αναπαραμετροποίηση αυτού. Εδώ με τον όρο αναπαραμετροποίηση του μοντέλου εννοούμε της διαδικασίες που αφορούν τον επαναπροσδιορισμό στοιχείων του υποδείγματος αλλά όχι την εκ νέου αναζήτηση μοντέλου. Για παράδειγμα, αναπαραμετροποίηση για τα οικονομικά μοντέλα είναι ο επανυπολογισμός των συντελεστών του μοντέλου χωρίς να εξεταστεί αν χρειάζεται να προστεθούν ή να αφαιρεθούν μεταβλητές. Για τις προβολικές μεθόδους αναπαραμετροποίηση εννοούμε για παράδειγμα τον επανυπολογισμό των εποχικών συντελεστών χωρίς να εξεταστεί αν θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν στο μοντέλο οι εποχικές επιδράσεις.

Από τον Πίνακα 12 φαίνεται το Α' τρίμηνο του 2016 να αποτελεί ένα σημείο καμπής, η αρνητική τάση των προηγούμενων δύο χρόνων γίνεται θετική, παρατήρηση αναμενόμενη όπως περιεγράφηκε στο κεφάλαιο 4. Την αλλαγή αυτή φαίνεται να ακολουθούν οι προβλέψεις του Απλού μέσου και του αυτοπαλίνδρομο υποδείγματος. Αν και για το αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα αυτό δεν αποτελεί έκπληξη, θα περίμενε κανείς από το υπόδειγμα του κινητού μέσου να ακολουθεί την τάση έναντι του απλού μέσου.

Η αντίφαση αυτή μπορεί να εξηγηθεί μελετώντας ποιο προσεκτικά την χρονοσειρά του διακινηθέντος φορτίου. Το Α' τρίμηνο του 2016 παρουσιάζει μια αισθητή πτώση του φορτίου περίπου 0,5 εκ. τόνους (από 8,1 εκ. στους 7,6 εκ.) η οποία μπορεί να ερμηνευτεί από την εποχικότητα και την πτωτική τάση της περιόδου. Το Β' τρίμηνο εκτινάσσεται κατά 1,3 εκ. (από 7,6 εκ. σε 8,9 εκ τόνους), αύξηση που δεν ερμηνεύεται ούτε από την τάση ούτε από την εποχικότητα, φτάνοντας σε επίπεδα τιμών που είχε προς τα τέλη του 2013. Το Γ' τρίμηνο του 2016 φτάνει στους 9,1 εκ. τόνους (αύξηση 157 χιλ.), η τιμή που ξεπερνιέται μόνο από το Δ' τρίμηνο του 2013 και το Β'

τρίμηνο του 2014. Από τα παραπάνω δικαιολογείται η αυξητική τάση που παρουσιάζουν οι προβλέψεις του απλού μέσου καθώς και ο μεγάλος χρονικός ορίζοντας (δέκα τρίμηνα) που προέκυψε για τον κινητό μέσο. Στο υπόδειγμα του κινητού μέσου δεν λαμβάνονται υπόψιν οι επιδράσεις της χρονικής τάσης ενώ ο μεγάλος χρονικός ορίζοντας σημαίνει αργή προσαρμογή στην αλλαγή της τάσης.

Η εμφάνιση ή μη θετικής τάσης στις προβλέψεις δεν συνδέεται απαραίτητα με την ακρίβεια των προβλέψεων όπως υποδεικνύει ο Πίνακας 13. Οι προβλέψεις του απλού μέσου ακολουθούν μεν την θετική τάση των πραγματικών τιμών αλλά «βαραίνονται» από τις πολύ παλιές τιμές με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν αυξανόμενα σφάλματα. Αντίθετα οι προβλέψεις του κινητού μέσου αξιοποιούν μόνο τις πρόσφατες, «σχετικές» παρατηρήσεις και προσεγγίζουν καλύτερα το πραγματικό επίπεδο τιμών με τα σφάλματα των προβλέψεων να είναι σταθερότερα.

Το γραμμικό υπόδειγμα που εκτιμήθηκε παρουσιάζει παρεμφερείς τιμές MAE και MAPE με το υπόδειγμα του κινητού μέσου ενώ τα σφάλματα των προβλέψεών του, παρουσιάζουν πτωτική τάση. Τα σφάλματα του γραμμικού υποδείγματος εξαρτώνται από το κατά πόσο αλληλεξαρτώνται το ΑΕΠ (η ερμηνευτική μεταβλητή του μοντέλου) και η εμπορική δραστηριότητα του λιμανιού συνεπώς δεν μπορούμε να υποθέσουμε ότι η καθοδική τάση θα διατηρηθεί και πως η ακρίβεια των προβλέψεων θα βελτιωθεί. Μπορούμε όμως να υποθέσουμε ότι η ακρίβεια των προβλέψεων θα διατηρηθεί σε αυτά τα επίπεδα αφού η δομή της οικονομίας είναι σταθερή για βραχυπρόθεσμα διαστήματα. Ένας παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι η ερμηνευτική μεταβλητή που χρησιμοποιήθηκε. Στην παρούσα εργασία, για λόγους απλότητας χρησιμοποιήθηκε και διερευνήθηκε μόνο το ΑΕΠ, υπάρχουν όμως διάφορες μακροοικονομικές και μικροοικονομικές μεταβλητές που θα μπορούσαν να αναλυθούν και ενδεχομένως να έδιναν ακριβέστερες προβλέψεις.

Το βέλτιστο σφάλμα τόσο κατά μέτρο όσο και ποσοστιαία επιτυγχάνεται από το αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα. Δίνοντας τα «σωστά» βάρη στις «σωστές» παρατηρήσεις και μοντελοποιώντας τις επιδράσεις της χρονικής τάσης ως ανεξάρτητη μεταβλητή, προσαρμόζεται γρήγορα στα πραγματικά δεδομένα με τις προβλέψεις να ακολουθούν την ανοδική τους τάση ενώ η ακρίβεια των προβλέψεων βαίνει αυξανόμενη. Φυσικά δεν περιμένουμε να μηδενιστεί το σφάλμα των προβλέψεων όπως υποδεικνύει η αισθητή αρνητική τάση που παρουσιάζουν τα σφάλματα στον Πίνακα 13, είναι λογικό όμως να υποθέσουμε ότι το μέσο ποσοστιαίο σφάλμα θα μειωθεί σημαντικά από το 4,7%.

Πίνακας 12: Αποτελέσματα κάθε μοντέλου και πραγματικές τιμές.

	Προσαρμογή	Α' τριμ. 2016	Β' τριμ. 2016	Γ' τριμ. 2016
Πραγματικές τιμές	-	7.630	8.976	9.133
Απλός μέσος	Εποχικότητας & τάσης	7.754	8.095	8.289
Κινητός μέσος	Εποχικότητας	8.185	8.743	8.504
Εκθ. Εξομάλυνση	-	8.105	7.677	8.846
Αυτοπαλίδρομο υπόδειγμα	Τάσης	8.511	8.788	9.176
Γραμ. Παλινδρόμηση	-	8.544	8.830	8.588

*Ποσά σε χιλιάδες τόνους

Πίνακας 13: Αποτελέσματα κάθε μοντέλου και πραγματικές τιμές.

	Προσαρμογή	Α' τριμ. 2016	Β' τριμ. 2016	Γ' τριμ. 2016	ΜΑΕ	ΜΡΑΕ
Απλός μέσος	Εποχικότητας & τάσης	125	881	844	617	6,9%
Κινητός μέσος	Εποχικότητας	555	233	629	472	5,6%
Εκθ. Εξομάλυνση	-	475	1.299	287	687	7,9%
Αυτοπαλίδρομο υπόδειγμα	Τάσης	881	188	43	371	4,7%
Γραμ. Παλινδρόμηση	-	914	146	545	535	6,5%

*Ποσά σε χιλιάδες τόνους

Πίνακας 14: Ποσοστιαίο σφάλμα για κάθε τρίμηνο χωριστά και μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα.

	Προσαρμογή	Α' τριμ. 2016	Β' τριμ. 2016	Γ' τριμ. 2016	ΜΡΑΕ
Απλός μέσος	Εποχικότητας & τάσης	1,6%	9,8%	9,2%	6,9%
Κινητός μέσος	Εποχικότητας	7,3%	2,6%	6,9%	5,6%
Εκθ. Εξομάλυνση	-	6,2%	14,5%	3,1%	7,9%
Αυτοπαλίδρομο υπόδειγμα	Τάσης	11,6%	2,1%	0,5%	4,7%
Γραμ. Παλινδρόμηση	-	12,0%	1,6%	6,0%	6,5%

6. Συμπεράσματα - Προοπτικές

Στο σύγχρονο ανταγωνιστικό οικονομικό περιβάλλον είναι ζωτικής σημασίας για μια επιχείρηση να μπορεί να ανταποκρίνεται γρήγορα και αποτελεσματικά στις ανάγκες των πελατών της, διατηρώντας παράλληλα τα κόστη της στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο. Πρέπει δηλαδή, με την ελάχιστη δέσμευση πόρων να επιτύχει το μέγιστο αποτέλεσμα. Για να επιτύχει το στόχο αυτό, χρειάζεται να γνωρίζει εκ των προτέρων ποιο προϊόν (ή υπηρεσία) θα της ζητηθεί και σε ποια ποσότητα. Φυσικά κάτι τέτοιο δεν είναι ρεαλιστικό, για αυτό οι επιχειρήσεις αναγκάζονται να στηρίζονται σε εκτιμήσεις για την μελλοντική εξέλιξη της ζήτησης. Ο χρονικός ορίζοντας για τον οποίο γίνονται αυτές οι προβλέψεις καθώς και η απαιτούμενη ακρίβεια αυτών εξαρτάται από την ανάγκη που οδήγησε στον υπολογισμό προβλέψεων. Συνήθως οι λειτουργικές ανάγκες απαιτούν επαναλαμβανόμενες προβλέψεις μικρού χρονικού ορίζοντα υψηλότερης ακρίβειας ενώ οι στρατηγικές ανάγκες εξυπηρετούνται από περιστασιακές μακροπρόθεσμες προβλέψεις μέτριας ακρίβειας.

Μελετήθηκε η περίπτωση του Ο.Λ.Π. όπου εφαρμόστηκαν οι βασικότερες μέθοδοι πρόβλεψης για να εκτιμηθεί το ύψος της εμπορικής δραστηριότητας του επόμενου τριμήνου. Η εκτίμηση του συνολικού φορτίου που θα χρειαστεί να διαχειριστούν από το λιμάνι σε ένα τρίμηνο μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για την λήψη λειτουργικών αποφάσεων όπως οι ανάγκες σε εποχικό προσωπικό και εκτέλεση εργασιών συντήρησης. Διαπιστώθηκε πως οι οικονομετρικές μέθοδοι έχουν σημαντικά μεγαλύτερη πολυπλοκότητα στον προσδιορισμό του υποδείγματος έναντι των προβολικών μεθόδων, είναι όμως πιο αξιόπιστες. Ένα άλλο στοιχείο στο οποίο φαίνεται να πλεονεκτούν οι οικονομετρικές μέθοδοι είναι πως χρειάζονται λιγότερη «συντήρηση». Οι προβολικές μέθοδοι χρειάζονται πιο συχνά αναπροσαρμογή ή και ολική επαναξιολόγηση του υποδείγματος.

Ενδιαφέρουσες επεκτάσεις της παρούσας μελέτης θα ήταν τόσο η επανάληψη της συγκριτικής ανάλυσης των μεθόδων με ετήσια δεδομένα όσο και η σύγκριση της προβλεπτικής ικανότητας σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου για την εξυπηρέτηση του τακτικού σχεδιασμού. Ιδιαίτερο βιβλιογραφικό ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η εφαρμογή της μεθόδου Delphi και η σύγκριση των αποτελεσμάτων της με τις ποσοτικές μεθόδους.

7. Βιβλιογραφία

- [1] M. Christopher, *Logistics and Supply Chain Management*, Prentice Hall, 2005.
- [2] S. Zigiari, «Supply Chain Management,» BPR HELLAS SA, 2000.
- [3] Paschal Ugochukwu, Jon Engström και Jostein Langstrand, «Lean in the Supply Chain: A Literature Review,» *Management and Production Engineering Review*, τόμ. 3, αρ. 4, 2013.
- [4] Council Supply Chain Management Professionals, «Council Supply Chain Management Professionals,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://cscmp.org/imis0/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921. [Πρόσβαση 2016].
- [5] C. M. Chima και D. Hills, «Supply-Chain Management Issues In The Oil And Gas Industry,» *Journal of Business & Economics Research*, τόμ. 5, αρ. 6, 2007.
- [6] Στειακάκης και Δριτσάκης, «Ο ρόλος, τα βασικά χαρακτηριστικά και η εφαρμογή σύγχρονων συστημάτων πληροφορικής και τηλεματικής στο πεδίο των logistics,» *Επιθεώρηση Οικονομικών Επιστήμων*, τόμ. 8, 2005.
- [7] D. Waters, *Logistics: An Introduction to Supply Chain Management*, Palgrave Macmillan, 2003.
- [8] Σ. Κωσταντίνος, *LOGISTICS MANAGEMENT ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΞΗ*, ΠΑΠΑΖΗΣΗ, 1997.
- [9] Keshri Ganesh, S C Lenny Koh, A Saxena και Rajesh Rajamony, «Logistics Design and Modelling -A Simulation Perspective,» *ResearchGate*, 2011.
- [10] Θεοδωροπούλου Ρ. και Κασώλη Μ., «Μεταφορές και Logistics,» Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, 2014.
- [11] Φ. Χατζησταύρου και Λ. Αβράμη, «Το Ελληνικό κοινοβούλιο και η Ευρωπαϊκή Ένωση,» Ερωπαϊκή Επιτροπή, Αντιπροσωπεία στην Ελλάδα, 2013.
- [12] «ΛΕΥΚΗ ΒΙΒΛΟΣ,» Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011.
- [13] «European semester thematic factsheet transport,» European Commission.
- [14] «The Cost of Non- Europe in the Single Market in Transport and Tourism.,» European Parliamentary Research Service (EPRS), 2014.
- [15] «Strategic Transport Infrastructure Needs to 2030. Main Findings,» Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2011.

- [16] Claus Doll και Huib van Essen, «Road infrastructure cost and revenue in Europe,» CE Delft, 2008.
- [17] Οργανισμός Λιμένος Πειραιώς (ΟΛΠ), 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://static.globalreporting.org/report-pdfs/2014/e5ee9231e3e658c566683e33177d4e84.pdf>..
- [18] Γενική Γραμματεία έρευνας και τεχνολογίας, «Εθνική Στρατηγική Έρευνας και Καινοτομίας για την Έξυπνη Εξειδίκευση 2014-2020».
- [19] Π. Οικονόμου και Χ. Καρώνη, Στατιστικά Μοντέλα Παλινδρόμησης, Αθήνα: Εκδόσεις Συμεών, 2010.
- [20] E. Twrdy και M. Batista, «Modeling of container throughput in Northern Adriatic ports over the period 1990–2013,» *Journal of Transport Geography*, αρ. 52, pp. 131-142, 2016.
- [21] Wen-YiPeng και Ching-WuChu, «A comparison of univariate methods for forecasting container throughput volumes,» *MathematicalandComputerModelling*, αρ. 50, pp. 1045-1057, 2009.
- [22] Β. Ζεϊμπέκης, «Διοίκηση Λειτουργιών και Μεταφορών,» σε *Σημειώσεις μαθήματος για τις μεταφορές*, 2015-2016.