

Π.Μ.Σ. Εφαρμοσμένης Οικονομικής  
Τμήμα Οικονομικών Επιστημών  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



Διπλωματική εργασία

**Το Σενάριο Ανταλλαγής Πληροφόρησης σε  
Εφοδιαστικές Αλυσίδες δύο σταδίων : Εκτιμήσεις και  
Αξιολόγηση**

**Μαλλιάρος Ευστάθιος-Χαράλαμπος**

Επιβλέπων Καθηγητής: **Κεβόρκ Ηλίας**

**Βόλος, Ιούνιος 2019**

## Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στη διπλωματική εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Τέλος, βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος Μεταπτυχιακών σπουδών Εφαρμοσμένης Οικονομικής του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Μαλλιαρός Ευστάθιος-Χαράλαμπος

Βόλος, Ιούνιος 2019

## *Ευχαριστίες*

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου, αναπληρωτή καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Ηλία Κεβόρκ. Η πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας κατέστη δυνατή χάρη στην πολύτιμη βοήθειά του, την καθοδήγηση και υποστήριξη που μου παρείχε τόσο επιστημονικά όσο και ηθικά. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τη σύντροφό μου, που με υποστήριξαν ηθικά και με αμέριστη συμπαράσταση.

## Πίνακας Περιεχομένων

Περιεχόμενα	
Περίληψη .....	6
Abstract.....	7
Εισαγωγή .....	8
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> .....	10
1.1 Η έννοια της Πληροφορίας στην Εφοδιαστική Αλυσίδα .....	10
1.1.1 Η έρευνα στην Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	10
1.1.2 Ανταλλαγή Πληροφόρησης στην Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	10
1.1.3 Δομή και Οργάνωση Εφοδιαστικής Αλυσίδας.....	12
1.1.4 Πολιτική Παραγγελιών Αναπλήρωσης Στοχευμένου Επιπέδου Αποθέματος(Order up to level) δύο σταδίων .....	14
1.1.5 Η πρόβλεψη της ζήτησης μέσα στο χρόνο παράδοσης .....	15
1.2 Σενάριο Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης στην εφοδιαστική αλυσίδα 2 σταδίων .....	16
1.2.1 Ανασταλτικοί παράγοντες στην Ανταλλαγή Πληροφοριών .....	16
1.2.2 Φαινόμενο Bullwhip.....	18
1.2.3 Αιτίες πρόκλησης φαινομένου Bullwhip.....	18
1.3. Σενάριο Ανταλλαγής Πληροφόρησης στην Εφοδιαστική Αλυσίδα 2 σταδίων .....	21
1.3.1 Η σημασία της Πληροφόρησης στη διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας .....	21
1.3.2 Κατηγορίες Πληροφοριών .....	22
1.3.3 Ανταλλαγή Πληροφοριών Για Επίπεδα Αποθεμάτων .....	23
1.3.4 Ανταλλαγή Πληροφοριών Ζήτησης .....	25
1.3.5 Vendor Managed Inventory (VMI) και Πρόγραμμα Συνεχούς Αναπλήρωσης (CRP) .....	26
1.3.6 Αντιμετώπιση φαινομένου Bullwhip μέσω της Ανταλλαγής Πληροφοριών .....	29
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> .....	31
2.1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση .....	31
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> .....	38
Μαθηματική Ανάλυση των Σεναρίων Ανταλλαγής και Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης .....	38

<b>3.1 Προσδιορισμός της Ποσότητας Παραγγελίας σε μία Εφοδιαστική Αλυσίδα 2 σταδίων .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2 Διαχρονική Εξέλιξη των παραγγελιών του Προμηθευτή .....</b>	<b>40</b>
<b>3.2.1 Σενάριο Ανταλλαγής Πληροφόρησης (Information Sharing) .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2.2 Ποσοτικοποίηση του φαινομένου Bullwhip σε σενάριο Ανταλλαγής Πληροφόρησης (Information Sharing).....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.3 Σενάριο Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης (No Information Sharing) .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.4 Ποσοτικοποίηση του φαινομένου Bullwhip σε σενάριο Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης (No Information Sharing) .....</b>	<b>51</b>
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> .....</b>	<b>53</b>
<b>Παραγωγή Σειρών Προσομοίωσης σε Excel και E-Views .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1 Περιγραφή της διαδικασίας.....</b>	<b>53</b>
<b>4.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων των Εκτιμήσεων .....</b>	<b>60</b>
<b>4.3 Υπολογισμός πραγματικού λόγου Bullwhip .....</b>	<b>62</b>
<b>4.4 Εκτίμηση του λόγου Bullwhip, Εκτίμηση Κινδύνου και Σχολιασμός Αποτελεσμάτων .....</b>	<b>63</b>
<b>4.5 Σύγκριση των δύο τύπων υπολογισμού του λόγου Bullwhip .....</b>	<b>67</b>
<b>Συμπεράσματα.....</b>	<b>75</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>78</b>

## Περίληψη

Μέσω της Ανταλλαγής Πληροφοριών, που πρωτίστως αφορούν τη ζήτηση από τους τελικούς καταναλωτές, μέσα σε μία εφοδιαστική αλυσίδα, καλύπτονται οι ανάγκες των μελών της (πχ. Λιανοπωλητής, Προμηθευτής, Εισαγωγέας, Κατασκευαστής κλπ.) και ταυτόχρονα βελτιώνεται η συνολική απόδοσή της.

Στην παρούσα εργασία μελετάται η περίπτωση μιας Εφοδιαστικής Αλυσίδας δύο σταδίων (Λιανοπωλητής, Προμηθευτής) με την υπόθεση ότι η ζήτηση του λιανοπωλητή περιγράφεται από ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα πρώτης τάξης AR(1). Αρχικά προσδιορίζεται μέσω μαθηματικής ανάλυσης η διαχρονική εξέλιξη της ποσότητας παραγγελίας από τον Λιανοπωλητή στον προμηθευτή και ποσοτικοποιείται η ένταση του φαινομένου Bullwhip σε σενάρια Ανταλλαγής και Μη-Ανταλλαγής πληροφόρησης. Στη συνέχεια, με χρήση προσομοιωμένων σειρών για τη ζήτηση του Λιανοπωλητή διενεργείται μέσω E-views εκτίμηση των παραμέτρων του υποδείγματος ARMA(1,1) το οποίο περιγράφει τη ζήτηση που αντιμετωπίζει ο προμηθευτής. Με χρήση των τιμών των εκτιμηθέντων παραμέτρων υπολογίζονται δυο μαθηματικές μορφές του λόγου Bullwhip (διακύμανσης ζήτησης προμηθευτή ως προς διακύμανση ζήτησης λιανοπωλητή) για διαφορετικούς βαθμούς αυτοσυσχέτισης και για διαφορετικούς χρόνους παράδοσης των εκάστοτε παραγγελιών. Η εργασία αυτή κλείνει με την αξιολόγηση τόσο των εκτιμήσεων των παραμέτρων του υποδείγματος ARMA(1,1) όσο και των δυο μαθηματικών μορφών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση του λόγου Bullwhip.

Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι τόσο οι τιμές του συντελεστή αυτοσυσχέτισης όσο και η διάρκεια του χρόνου παράδοσης επηρεάζουν την αξιοπιστία των εκτιμήσεων στο σενάριο της μη ανταλλαγής πληροφόρησης, με υποεκτίμηση των πραγματικών μεγεθών ως επί το πλείστον, γεγονός που αποδεικνύει τη αναγκαιότητα της Ανταλλαγής Πληροφοριών σε μια εφοδιαστική αλυσίδα δυο σταδίων.

**Λέξεις-Κλειδιά :** Ανταλλαγή Πληροφόρησης , Εφοδιαστική Αλυσίδα δύο σταδίων, εκτίμηση παραμέτρων ARMA(1,1)

## Abstract

Through information sharing within a Supply Chain, the needs of its members are met and at the same time its overall performance is improved.

Given the value of Information Sharing amongst members of a Supply Chain, a two-stage Supply Chain is considered in this Master Thesis, with the assumption that the retailer's demand is described by a first order auto-regressive model AR(1). Initially, under the scenarios of Information Sharing and No Information Sharing, the time evolution of quantities ordered by the retailer to the supplier and the Bullwhip effect are studied via mathematical analysis. Simulating the demand process of the supplier, estimations of model parameters of an auto-regressive moving average model ARMA (1,1) are obtained using the econometric software E-views. Using these estimates, two alternative ratios (supplier's demand variance over retailer's demand variance) for measuring the intensity of the bullwhip effect are evaluated for different degrees of end-consumers demand autocorrelation and different lead times. Finally, an evaluation of the parameter estimates is made and comparisons between the two ratios calculating the intensity of the Bullwhip effect are conducted. The findings of this research show that under the No-Information Sharing scenario both the autocorrelation coefficient and the lead times affect the reliability of the model parameters estimates, observing usually underestimations which demonstrate the importance of Information Sharing.

**Keywords:** Information Sharing, Two-stage Supply Chain, estimations of model parameters ARMA (1,1)

## Εισαγωγή

Ένας όρος που έχει απασχολήσει έντονα την επιστημονική κοινότητα στον ευρύτερο χώρο της Διοίκησης τα τελευταία χρόνια είναι αυτός της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, αλλά ταυτόχρονα και το σενάριο της Ανταλλαγής Πληροφόρησης σε Εφοδιαστικές Αλυσίδες δυο σταδίων. Έχουν δοθεί ποικίλοι ορισμοί για την Εφοδιαστική Αλυσίδα τονίζοντας πως αφορά την συνολική διαδικασία από την μεταφορά και αποθήκευση των πρώτων υλών έως και την παράδοση των ολοκληρωμένων αγαθών στα διάφορα σημεία πώλησης (Harland, 1996).

Στόχος πολλών προγραμμάτων επανασχεδιασμού εφοδιαστικών αλυσίδων είναι η εξισορρόπηση προσφοράς και ζήτησης με απώτερο σκοπό την μείωση τόσο των παρακρατηθέντων αποθεμάτων όσο και των ελλείψεων που παρατηρούνται λόγω υποεκτίμησης της ζήτησης. Η πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης, όπως έχουν αποδείξει αρκετοί συγγραφείς είναι ζωτικής σημασίας για οποιοδήποτε μέλος της εφοδιαστικής αλυσίδας είτε αυτό είναι ένας λιανοπωλητής είτε ένας προμηθευτής. Ακριβείς προβλέψεις μελλοντικής ζήτησης μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλά επίπεδα εξυπηρέτησης πελατών και χαμηλά αποθεματικά κόστη.

Για να επιτευχθεί η ζητούμενη εξισορρόπηση προσφοράς και ζήτησης, κρίνεται αναγκαία η μείωση του μεγέθους των αποθεμάτων αλλά παράλληλα και των ελλείψεων λόγω υποεκτίμησης της ζήτησης σε κάθε στάδιο αυτής. Στο σημείο αυτό θεωρείται επιτακτική ανάγκη η Ανταλλαγή Πληροφοριών που αφορούν τη ζήτηση που αντιμετωπίζουν οι λιανοπωλητές στα διάφορα σημεία πώλησης. Η ανταλλαγή πληροφοριών εξυπηρετεί την κάλυψη των αναγκών της εφοδιαστικής αλυσίδας και ταυτόχρονα επιτρέπει την αύξηση της απόδοσής της. Ποικίλες έρευνες έχουν διαπιστώσει ότι η ανταλλαγή πληροφοριών της ζήτησης της ζήτησης, των προβλέψεών της, και των αποθεμάτων θεωρείται αντίμετρο του φαινομένου Bullwhip. Ως φαινόμενο Bullwhip ορίζεται η αύξηση της μεταβλητότητας της ζήτησης καθώς οδεύουμε από τα κατώτερα επίπεδα (π.χ. λιανοπωλητής) προς τα ανώτερα επίπεδα μιας εφοδιαστικής αλυσίδας(π.χ. προμηθευτής).

Ωστόσο, η ανταλλαγή πληροφοριών δεν είναι πάντοτε εφικτή, καθώς υπάρχουν πολλοί ανασταλτικοί παράγοντες, όπως η μη διαθεσιμότητα επίσημων συστημάτων πληροφόρησης, εμπόδια που αφορούν την εσωτερική οργάνωση για την εφαρμογή καθώς και η τάση πολλών οργανισμών να αντιστέκονται στην αλλαγή.



Στην παρούσα εργασία λοιπόν, εξετάζεται η αξία της Ανταλλαγής Πληροφόρησης σε μια εφοδιαστική αλυσίδα δυο σταδίων με χρήση των οικονομετρικών μεθόδων, με στόχο την εκτίμηση της ζήτησης που αντιμετωπίζει το ανώτερο μέλος μιας εφοδιαστικής αλυσίδας δύο σταδίων, δηλαδή ο προμηθευτής. Σε μία τέτοια Εφοδιαστική Αλυσίδα δύο σταδίων γίνεται η υπόθεση ότι η ζήτηση ακολουθεί ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα πρώτης τάξης  $AR(1)$ .

Πιο αναλυτικά, στο κεφάλαιο 1 γίνεται λόγος για την έννοια της πληροφορίας στην εφοδιαστική αλυσίδα, για τη δομή και την οργάνωση μιας εφοδιαστικής αλυσίδας, για τα σενάρια Ανταλλαγής και Μη Ανταλλαγής Πληροφόρησης καθώς και ανάλυση του φαινομένου Bullwhip παρουσιάζοντας τις αιτίες πρόκλησής του.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφορικά με την αξία της Ανταλλαγής Πληροφόρησης σε μία εφοδιαστική αλυσίδα δύο σταδίων και τον εντοπισμό των παραγόντων οι οποίοι έχουν θετικό αντίκτυπο στην μείωση του φαινομένου Bullwhip.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται μέσω μαθηματικής/στοχαστικής ανάλυσης τα σενάρια Ανταλλαγής και Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης, αρχικά με τον προσδιορισμό της στοχαστικής διαδικασίας που περιγράφει τη διαχρονική εξέλιξη της ποσότητας παραγγελίας από το κατώτερο μέλος (Λιανοπωλητής) στο ανώτερο μέλος (προμηθευτής), και στη συνέχεια με ποσοτικοποίηση του φαινομένου Bullwhip χρησιμοποιώντας δυο μαθηματικές μορφές του λόγου “διακύμανση ζήτησης προμηθευτή ως προς διακύμανση ζήτησης λιανοπωλητή”.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αρχικά δίνεται ο τρόπος παραγωγής προσομοιωμένων σειρών ζήτησης του λιανοπωλητή. Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία εκτίμησης των παραμέτρων του υποδείγματος που περιγράφει τη ζήτηση του προμηθευτή. Ακολουθούν τόσο οι εκτιμήσεις των παραμέτρων του υποδείγματος όσο και του λόγου bullwhip βάσει των δυο μαθηματικών μορφών που δόθηκαν στο Κεφάλαιο 3. Το κεφάλαιο αυτό κλείνει με την ανάλυση της αξιοπιστίας των ληφθέντων εκτιμήσεων. Η εργασία αυτή ολοκληρώνεται με το κεφάλαιο των συμπερασμάτων στο οποίο παρατίθενται τα βασικά ευρήματα της έρευνας και διατυπώνονται οι ανάλογες προτάσεις σχετικά με το χειρισμό από πλευράς διοίκησης της εφοδιαστικής αλυσίδας των σεναρίων Ανταλλαγής και μη Ανταλλαγής πληροφορίας.

## **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>**

### **1.1 Η έννοια της Πληροφορίας στην Εφοδιαστική Αλυσίδα**

#### **1.1.1 Η έρευνα στην Εφοδιαστική Αλυσίδα**

*«Η διαχείριση μιας εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η διαχείριση ενός δικτύου εσωτερικά συνδεδεμένων επιχειρήσεων που συμμετέχουν στην απώτερη παροχή προϊόντων και υπηρεσιών, τα οποία απευθύνονται στους τελικούς καταναλωτές» (Harland,1996). Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας αφορά την συνολική διαδικασία από την μεταφορά και αποθήκευση των πρώτων υλών έως και την παράδοση των ολοκληρωμένων αγαθών στα διάφορα σημεία κατανάλωσης.*

Στόχος πολλών προγραμμάτων επανασχεδιασμού εφοδιαστικών αλυσίδων είναι η εξισορρόπηση προσφοράς και ζήτησης με απώτερο σκοπό την μείωση τόσο των παρακρατηθέντων αποθεμάτων όσο και των ελλείψεων που παρατηρούνται λόγω υποεκτίμησης της ζήτησης. Σε τέτοια προγράμματα επανασχεδιασμού εφοδιαστικών αλυσίδων σπουδαίο ρόλο έχουν τα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας οι οποίοι προσπαθούν να επιτύχουν συμφωνίες που να οδηγούν σε ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τη ζήτηση που παρατηρείται από τη σκοπιά των καταναλωτών στα διάφορα σημεία πώλησης (Κεβόρκ, 2018).

Η έρευνα επικεντρώνεται σε 2 τομείς: α) στην ποσοτικοποίηση του οφέλους της ανταλλαγής πληροφορίας και β) στην αναζήτηση των παραγόντων που επηρεάζουν αυτά τα οφέλη.

#### **1.1.2 Ανταλλαγή Πληροφόρησης στην Εφοδιαστική Αλυσίδα**

Για να επιτευχθεί η ζητούμενη εξισορρόπηση προσφοράς και ζήτησης, κρίνεται αναγκαία η μείωση του μεγέθους των αποθεμάτων αλλά παράλληλα και των ελλείψεων λόγω της πιθανής υποεκτίμησης της ζήτησης σε κάθε στάδιο αυτής. Στο σημείο αυτό θεωρείται επιτακτική ανάγκη η ανταλλαγή πληροφοριών όσον αφορά τη ζήτηση από την πλευρά των καταναλωτών στα σημεία πώλησης.

Με τον όρο ανταλλαγή πληροφορίας στην εφοδιαστική αλυσίδα αναφερόμαστε στη διαδικασία ανταλλαγής πληροφοριών ανάμεσα στα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως για παράδειγμα μεταξύ προμηθευτών και πελατών με στόχο τη διευκόλυνση της ροής των προϊόντων. Η ανταλλαγή πληροφοριών εξυπηρετεί την κάλυψη των αναγκών της εφοδιαστικής αλυσίδας και ταυτόχρονα επιτρέπει την

αύξηση της απόδοσής της. Η απόδοση μιας εφοδιαστικής αλυσίδας καθορίζεται σημαντικά από το αν τα μέλη της συντονίζουν τις αποφάσεις τους.

Ποικίλες έρευνες έχουν διαπιστώσει ότι η ανταλλαγή πληροφοριών της ζήτησης των προβλέψεων και των αποθεμάτων θεωρείται αντίμετρο του φαινομένου bullwhip ή όπως αναφέρεται στα ελληνικά φαινόμενο του μαστίγιου ή φαινόμενο διαστρέβλωσης της ζήτησης. Το φαινόμενο Bullwhip αναφέρεται στην μεταβλητότητα στη ζήτηση κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή όσο μετακινούμαστε από τα κατώτερα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας (πχ. λιανοπωλητής) στα ανώτερα (πχ. προμηθευτής). Το κατώτερο μέλος της εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή ο λιανοπωλητής μέσω των παραγγελιών διαμορφώνει το μέγεθος ζήτησης, το οποίο διαχειρίζεται και αντιμετωπίζει το ανώτερο μέλος που είναι ο προμηθευτής. Η μη ανταλλαγή στοιχείων μεταξύ των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας οδηγεί σε αύξηση της έντασης του φαινομένου bullwhip, το οποίο προκαλεί διαστρέβλωση στο μέγεθος ζήτησης που αντιμετωπίζει κάθε μέλος της εφοδιαστικής αλυσίδας (Lee et al., 2000). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ανακύπτουν πλείστα προβλήματα όσον αφορά τις προβλέψεις ζήτησης και κατ'επέκταση να δημιουργούνται είτε υψηλά μεγέθη αποθεμάτων είτε ελλείψεις προϊόντων προκαλώντας έτσι απογοήτευση και δυσαρέσκεια από πλευράς του πελάτη, καθώς δεν υπάρχει διαθέσιμο το προϊόν που επιθυμεί (Alwan et. Al., 2003).

Η συνεργασία μέσα στα πλαίσια μιας εφοδιαστικής αλυσίδας μεταξύ των μελών της και ο συντονισμός των αποφάσεων τους επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοσή της. Δεν υφίσταται αποτελεσματική εφοδιαστική αλυσίδα χωρίς την ανταλλαγή πληροφοριών αναφορικά με επίπεδα αποθεμάτων αλλά και πληροφοριών σχετικά με μεγέθη ζήτησης των εκάστοτε εμπορευμάτων. Με την πρόοδο της τεχνολογίας και την εξέλιξη των πληροφοριακών συστημάτων (Electronic Data Interchange ,EDI) έχουμε τήρηση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο βελτιώνοντας με αυτό τον τρόπο τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας των οργανισμών(Z.Yu et al. 2001).

Οι βασικοί σκοποί της χρησιμοποίησης και ανταλλαγής των πληροφοριών σε οποιαδήποτε εφοδιαστική αλυσίδα είναι κυρίως δύο:

1. Η οργάνωση των καθημερινών δραστηριοτήτων μιας εφοδιαστικής αλυσίδας που σχετίζονται με την παραγωγή, το απόθεμα, την αποθήκευση και την μεταφορά των προϊόντων.

Οι εταιρίες χρησιμοποιούν αυτές τις πληροφορίες σχετικά με τη ζήτηση των προϊόντων, έτσι ώστε να λάβουν ορθές αποφάσεις για την αποθεματοποίηση

των εμπορευμάτων τους, για την οργάνωση της παραγωγής τους, τα μέρη αποθήκευσης των εμπορευμάτων αλλά και τα οδικά δίκτυα που θα χρησιμοποιήσουν για την μεταφορά τους.

2. Ο προγραμματισμός και η πρόβλεψη της μελλοντικής ζήτησης.

Οι πληροφορίες σχετικά με τα μεγέθη των αποθεμάτων και οι πληροφορίες σχετικά με τα μεγέθη της ζήτησης είναι χρήσιμες για την λήψη σημαντικών αποφάσεων που σχετίζονται με τις μελλοντικές στρατηγικές κινήσεις μιας εταιρίας όπως βελτίωση των εγκαταστάσεων ή επένδυση σε νέες αγορές.

### 1.1.3 Δομή και Οργάνωση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η διεθνής βιβλιογραφία έχει παρουσιάσει ποικίλους ορισμούς της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πολλοί ερευνητές όπως οι Stevens(1989), Lee, Billington(1993), S.Chopra, Meindl (2001) μέσα από τους ορισμούς που έχουν δώσει καταλήγουν στο ότι η εφοδιαστική αλυσίδα αφορά ένα δίκτυο προμηθευτών, κατασκευαστών, διανομέων, λιανοπωλητών και πελατών στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η ροή υλικών από τον προμηθευτή προς τον πελάτη και οι πληροφορίες παρέχονται αμφίδρομα.

Ο Stevens(1989) όρισε την εφοδιαστική αλυσίδα ως « ...μία συνδεδεμένη σειρά από δραστηριότητες η οποία σχετίζεται με τον σχεδιασμό, τον συντονισμό και τον έλεγχο των υλικών, των ημιέτοιμων και των έτοιμων προϊόντων από τον προμηθευτή στον πελάτη. Σχετίζεται με δύο διαφορετικές ροές (υλικού και πληροφορίας) διαμέσου του οργανισμού».

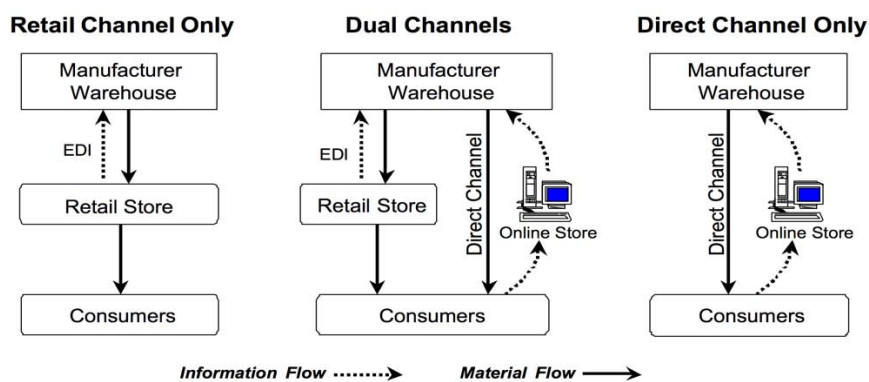
Ο ορισμός που δίνουν οι S.Chopra και Meindl(2001) για την εφοδιαστική αλυσίδα είναι « Η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από όλα τα εμπλεκόμενα στάδια , άμεσα ή έμμεσα στη διαδικασία ικανοποίησης των απαιτήσεων των πελατών. Η εφοδιαστική αλυσίδα δεν περιλαμβάνει μόνο τους κατασκευαστές και τους προμηθευτές αλλά και τους μεταφορείς, όσους παρέχουν υπηρεσίες αποθήκευσης, λιανέμπορους και τους ίδιους τους πελάτες.

Ένας ευρύτερα αποδεκτός ορισμός για την εφοδιαστική αλυσίδα διατυπώνεται από το Global Supply Chain Forum του Πανεπιστημίου The Ohio State University, Η.Π.Α.(Lambert, 2004) ο οποίος ερμηνεύει την Εφοδιαστική Αλυσίδα ως «μια ολοκληρωμένη διαδικασία σχεδιασμού, εφαρμογής και ελέγχου βασικών διαδικασιών που μετατρέπουν τις εισροές από τους προμηθευτές σε προϊόντα και υπηρεσίες που προσθέτουν αξία στους πελάτες».

Η εφοδιαστική αλυσίδα δύο επιπέδων αποτελείται από τον προμηθευτή, ο οποίος ανήκει στο ανώτερο επίπεδο και από τον λιανοπωλητή, ο οποίος ανήκει στο κατώτερο επίπεδο και αφορά τη ροή ενός προϊόντος από τον πρώτο στον δεύτερο.

Στη θέση του προμηθευτή και του λιανοπωλητή μπορούν να βρίσκονται μέλη άλλης μορφής όπως ένας κατασκευαστής, ένας μεταπωλητής ή μία αποθήκη.

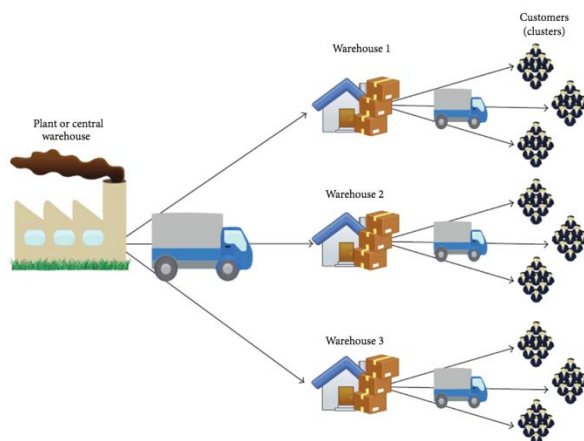
Ένα προϊόν μπορεί να μεταπωληθεί με διαφορετικούς τρόπους. Μια παραδοσιακή μορφή εφοδιαστικής αλυσίδας 2 σταδίων (ή εναλλακτικά δυο επιπέδων) μπορεί να αποτελείται από τον κατασκευαστή του προϊόντος που βρίσκεται στο ανώτερο επίπεδο και ο λιανοπωλητής που βρίσκεται στο δεύτερο επίπεδο. Ο προμηθευτής προκειμένου να μεταπωλήσει το προϊόν χρησιμοποιεί συνήθως τον κλασσικό τρόπο, δηλαδή μέσω του λιανοπωλητή αλλά και μέσω ενός διαφορετικού καναλιού, δηλαδή του διαδικτύου. Κατά τον κλασσικό τρόπο πώλησης η ζήτηση του προϊόντος αντιμετωπίζεται από τον λιανοπωλητή που βρίσκεται στο δεύτερο στάδιο σε αντίθεση με τον διαδικτυακό τρόπο μεταπώλησης όπου η ζήτηση αντιμετωπίζεται από τον κατασκευαστή ο οποίος βρίσκεται στο πρώτο επίπεδο της εφοδιαστικής αλυσίδας. (Εικόνα 1.1)



**Εικόνα 1.1:** Εφοδιαστική Αλυσίδα δύο σταδίων με τρία διαφορετικά συστήματα διανομής προϊόντος

**Πηγή:** Chiang, W. Y. K., & Monahan, G. E. (2005)

Ένα παράδειγμα εφοδιαστικής αλυσίδας δύο επιπέδων μπορεί να αποτελέσει ένα εργοστάσιο το οποίο παρέχει σε διαφορετικές αποθήκες το προϊόν με την μετέπειτα διανομή του στους πελάτες ή στους λιανοπωλητές (Εικόνα 1.2).



**Εικόνα 1.2:** Παράδειγμα Εφοδιαστικής Αλυσίδας δύο επιπέδων  
**Πηγή:** researchgate.net

### 1.1.4 Πολιτική Παραγγελιών Αναπλήρωσης Στοχευμένου Επιπέδου Αποθέματος (Order up to level) δύο σταδίων

Μία ειδική πολιτική του συστήματος περιοδικής επιθεώρησης του αποθέματος και διαχείρισης παραγγελιών είναι η πολιτική παραγγελιών αναπλήρωσης στοχευμένου επιπέδου αποθέματος (Order-up-to level). Οι κύριες παράμετροι αυτής της πολιτικής είναι: η μορφή της κατανομής της ζήτησης ανά χρονική περίοδο, ο χρόνος  $P$  ο οποίος διαιρείται σε ίσες χρονικές περιόδους μεταξύ των οποίων πραγματοποιείται έλεγχος του επιπέδου αποθέματος  $R$  (π.χ. κάθε εβδομάδα, μήνα, κλπ.) και ο χρόνος παράδοσης  $L$ , δηλαδή ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που δίνεται η παραγγελία μέχρι τη στιγμή της παραλαβής της (Κεβόρκ, 2018).

Υποθέτουμε ότι σε κάθε χρονική περίοδο έχουμε κανονική κατανομή της ζήτησης με μέση τιμή  $\mu$  και διακύμανση  $\sigma$ . Στόχος αυτής της πολιτικής αποθεμάτων είναι ο προσδιορισμός ενός “στοχευμένου επιπέδου αποθέματος (target inventory level)” το οποίο θα μας εξασφαλίσει ότι δεν θα υπάρξει εξάντληση του αποθέματος στο χρονικό διάστημα  $I = P + L$  (Κεβόρκ, 2018).

Από τα παραπάνω οδηγούμαστε στον ορισμό του “επιπέδου εξυπηρέτησης κύκλου (cycle service level)” το οποίο εκφράζει την πιθανότητα η συνολική ζήτηση να μην ξεπεράσει το στοχευμένο επίπεδο αποθέματος μέσα στα πλαίσια ενός χρονικού διαστήματος  $I$ .

Η διαχρονική εξέλιξη των παραγγελιών από τον λιανοπωλητή (στάδιο 1) στον προμηθευτή (στάδιο 2) σε μία εφοδιαστική αλυσίδα δύο σταδίων είναι η εξής:

1. Έλεγχος στάθμης αποθέματος σε κάθε χρονική περίοδο  $t$

2. Πραγματοποίηση ζήτησης στη χρονική περίοδο  $t$  η οποία ,ανάλογα με το μέγεθός της, επιφέρει μείωση του επιπέδου αποθέματος κατά  $d_t$  στο τέλος της περιόδου  $t$
3. Παραγγελία ποσότητας  $q_t$  η οποία θα αναπληρώσει το υπάρχον απόθεμα  $y_t$  του λιανοπωλητή στο τέλος της περιόδου  $t$
4. Παραλαβή της ποσότητας παραγγελίας  $q_t$  από τον λιανοπωλητή στην τέλος της περιόδου  $t+L$  ή στην αρχή της περιόδου  $t+L+1$ . Αν δεν υφίσταται  $L$  τότε θεωρούμε ως χρόνο παράδοσης προϊόντος την μία ημέρα ( $L=1$ ) . (Lee et.al.,2000, Zhang,2004)

Η διαχρονική εξέλιξη των παραγγελιών του προμηθευτή εξαρτάται από το εάν ο προμηθευτής γνωρίζει τη ζήτηση που αντιμετωπίζει ο λιανοπωλητής σε κάθε περίοδο. Επομένως για τον προσδιορισμό του στοχευμένου επιπέδου αποθέματος του προμηθευτή είναι απαραίτητη η εξέταση του σεναρίου της Ανταλλαγής Πληροφόρησης (Information Sharing-IS) ,στο οποίο ο προμηθευτής γνωρίζει τη ζήτηση που αντιμετωπίζει ο λιανοπωλητής, ή του σεναρίου της Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης(No Information Sharing-NIS) σενάριο στο οποίο ο λιανοπωλητής δε παρέχει το σύνολο των στοιχείων της ζήτησης που αντιμετωπίζει στον προμηθευτή(Κεβόρκ, 2018).

### **1.1.5 Η πρόβλεψη της ζήτησης μέσα στο χρόνο παράδοσης**

Η ζήτηση του τελικού καταναλωτή χαρακτηρίζεται από σημαντική μεταβλητότητα καθώς οι εκάστοτε παραγγελίες δε βασίζονται πάνω σε κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο. Για την αποτελεσματικότερη διοίκηση μιας εφοδιαστικής αλυσίδας πολύ σπουδαίο ρόλο κατέχει η διαχείριση αυτής της ζήτησης του τελικού καταναλωτή μέσα στο χρόνο παράδοσης. Ο κύριος στόχος της διαχείρισης της ζήτησης είναι η μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας του παραγωγικού συστήματος μέσα από τον συντονισμό και τον έλεγχο όλων των πηγών της ζήτησης.

Βασικό εργαλείο για τη διαχείριση αυτής της ζήτησης είναι η πρόβλεψή της. Ο ρόλος πρόβλεψης της ζήτησης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο καθώς η συνολική απόδοση του συστήματος επηρεάζεται από την ακρίβεια της πρόβλεψής της. Κάθε εταιρία προβαίνει στη πρόβλεψη της ζήτησης για τον αποτελεσματικότερο

προγραμματισμό της παραγωγής και των υλικών απαιτήσεων καθώς και για τον έλεγχο των αποθεμάτων και των αποθεμάτων ασφαλείας. Ειδικότερα , υποεκτίμηση της ζήτησης μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική έλλειψη αποθεμάτων, χαμένες πωλήσεις με άμεση συνέπεια την μείωση του πελατολόγιου ενώ μια υπερεκτίμηση της ζήτησης συνήθως οδηγεί σε υπεραποθεματοποίηση των εμπορευμάτων για μεγάλα χρονικά διαστήματα κάτι το οποίο επιφέρει μεγάλα κόστη παρακράτησης αποθεμάτων για μια επιχείρηση .

Οι μέθοδοι πρόβλεψης της ζήτησης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι οι ποιοτικές και οι ποσοτικές. Οι ποιοτικές βασίζονται σε προσωπικές εκτιμήσεις και θεωρούνται κυρίως υποκειμενικές , ενώ οι ποσοτικές διακρίνονται σε προσομοιώσεις και σε αναλύσεις χρονοσειρών .

Οι ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης εφαρμόζονται όταν έχουμε ποσοτικοποίηση των πληροφοριών με αριθμητικά δεδομένα και η ταξινόμησή τους πραγματοποιείται ανάλογα με τη χρήση του εκάστοτε μοντέλου συμπεριφοράς των παραπάνω αριθμητικών δεδομένων. (Reid and Sanders , 2002).

Εναλλακτικές μεθοδολογίες πρόβλεψης που αφορούν στο ποσοτικό κομμάτι της πρόβλεψης με ανάλυση χρονοσειρών είναι:

- Η μέθοδος των Κινητών Μέσων (MA)
- Η Εκθετική Εξομάλυνση (ES)
- Η μέθοδος των Ελαχίστων Μέσων Τετραγωνικών Σφαλμάτων (MMSE)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα χρησιμοποιηθεί η Μέθοδος των Ελαχίστων Μέσων Τετραγωνικών Σφαλμάτων(MMSE).

## **1.2 Σενάριο Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης στην εφοδιαστική αλυσίδα 2 σταδίων**

### **1.2.1 Ανασταλτικοί παράγοντες στην Ανταλλαγή Πληροφοριών**

Ένα από βασικότερα εμπόδια στην ανταλλαγή πληροφορίας ,όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία, είναι η μη διαθεσιμότητα επίσημων συστημάτων πληροφορίας. Πολλές επιχειρήσεις θεωρούν ανασταλτικό παράγοντα το υψηλό κόστος των επενδύσεων και τα ζητήματα εφαρμογής του συστήματος που σχετίζεται με επίσημες συνεργασίες για την ανταλλαγή πληροφορίας .Το κόστος ,δηλαδή, είναι από τους μεγαλύτερους ανασταλτικούς παράγοντες τόσο για τους προμηθευτές όσο και για τους λιανοπωλητές. Το κόστος των πληροφοριακών συστημάτων δεν αφορά μόνο



την αρχική τιμή αλλά αποτελεί ζήτημα και από άποψη της εφαρμογής του όπου ο χρόνος και οι νομισματικοί προϋπολογισμοί υπερβαίνουν συχνά το 50% και φτάνουν έως το 100 % ( Fawcett et al. ,2007) .

Ακόμα και αν οι εταιρίες είναι σε θέση να εφαρμόσουν με επιτυχία το σύστημα ERP(Enterprise Resource Planning) , η ανταλλαγή πληροφόρησης ενδέχεται να συνεχίζει να αποτελεί πρόβλημα . Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι τα επιτυχώς εφαρμοσμένα συστήματα σε 2 εταιρίες να μην “επικοινωνούν” μεταξύ τους. Εταιρίες σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί έχουν παραδεχθεί ότι θα μπορούσαν να αναπτύξουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα αν αξιοποιούσαν περισσότερο τα πληροφοριακά τους συστήματα (Ali et.al. , 2017).

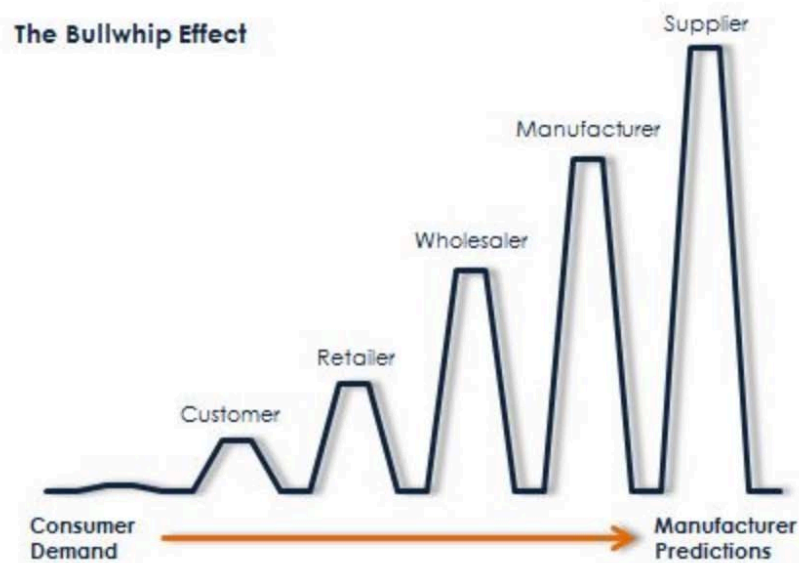
Ένας ακόμα ανασταλτικός παράγοντας για την ανταλλαγή πληροφόρησης είναι τα εμπόδια που αφορούν την εσωτερική οργάνωση για την εφαρμογή καθώς όλοι οι οργανισμοί έχουν την τάση να αντιστέκονται στην αλλαγή .

Ακόμα και αν μία εταιρία αναπτύξει την ικανότητα του ενσωματωμένου πληροφοριακού συστήματος (IT) για την ανταλλαγή πληροφόρησης , η εμπιστοσύνη και η δέσμευση πιθανόν να εμποδίζει την ανταλλαγή πληροφόρησης. Έτσι λοιπόν οι διευθυντές είναι αυτοί που παίρνουν τις αποφάσεις για το τι πληροφορία θα ανταλλαχθεί και με ποιον . Επομένως οι πληροφορίες δε θα μοιραστούν με εταιρίες των οποίων οι διευθυντές δεν εμπιστεύονται κάνοντας το ζήτημα της εμπιστευτικότητας ακόμα ένα μείζον θέμα για την μη ανταλλαγή πληροφόρησης .

Η βιβλιογραφία έχει εξετάσει και άλλες περιπτώσεις σύμφωνα με τις οποίες παρά το γεγονός ότι πολλές εταιρίες διαθέτουν την ικανότητα ενσωματωμένου πληροφοριακού συστήματος , και ενώ έχουν λυθεί τα ζητήματα εμπιστευτικότητας , η ανταλλαγή πληροφόρησης δεν λαμβάνει χώρα . Σύμφωνα λοιπόν με την περίπτωση αυτή , η βιβλιογραφία κάνει λόγο για δύο θέματα αναφορικά με αυτό το είδος μη ανταλλαγής πληροφόρησης . Το πρώτο θέμα είναι η ακρίβεια πληροφοριών και το δεύτερο αφορά τη διαρροή πληροφοριών . Η ακρίβεια της πληροφορίας αφορά ζητήματα εμπιστευτικότητας, δηλαδή σχετικά με την ποιότητα των πληροφοριών και την ορθότητά τους. Οι πληροφορίες δηλαδή θα πρέπει να είναι απαλλαγμένες από κάθε είδους σφάλματα . Τα στελέχη πιθανόν να μην εμπιστευτούν την πληροφορία που θα δεχτούν εάν δεν είναι σίγουροι για την ακρίβεια και την ποιότητά της . ( Forslund and Jonsson ,2009). Από την άλλη πλευρά τίθεται το ζήτημα της διαρροής των πληροφοριών από τα μέλη μιας επιχείρησης στην ανταγωνίστρια επιχείρηση(Li and Zhang , 2008) .

### 1.2.2 Φαινόμενο Bullwhip

Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα πεδία ενδιαφέροντος στην επιστημονική κοινότητα είναι το φαινόμενο του Bullwhip, ή όπως αναφέρεται στην ελληνική βιβλιογραφία «το φαινόμενο του μαστιγίου». Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στην αύξηση της μεταβλητότητας της ζήτησης καθώς οδεύουμε από τα κατώτερα επίπεδα της εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή από τα σημεία πώλησης και το λιανοπωλητή προς τα ανώτερα επίπεδα μιας εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή στους προμηθευτές και κατασκευαστές. (Εικόνα 1.3) Το μέλος της κατώτερης αλυσίδας μπορεί να διαμορφώσει το μέγεθος της ζήτησης, πράγμα που το μέλος του ανώτερου σταδίου καλείται να αντιμετωπίσει. Η εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να χαρακτηριστεί από αστάθεια λόγω της μεγάλης έκτασης που μπορεί να πάρει το φαινόμενο Bullwhip.

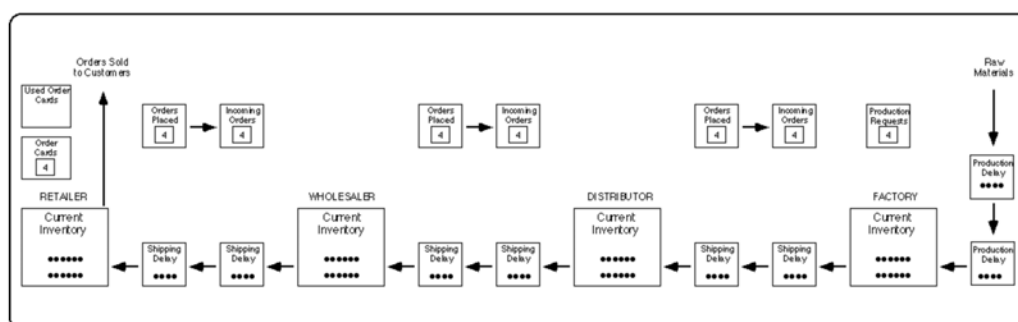


**Εικόνα 1.3:** Γραφική Αναπαράσταση του φαινομένου Bullwhip  
Πηγή : [www.mbaknol.com](http://www.mbaknol.com)

### 1.2.3 Αιτίες πρόκλησης φαινομένου Bullwhip

Χαρακτηριστικό παράδειγμα για την βαθύτερη κατανόηση του φαινομένου Bullwhip είναι το δημοφιλές «Beer Game» το οποίο αποτελεί δημιουργία μίας ομάδας καθηγητών του MIT τη δεκαετία του '60 . Οι συμμετέχοντες, αντιπροσωπεύουν τέσσερις(το λιγότερο) βασικούς κρίκους σε μια ιδανική εφοδιαστική αλυσίδα για μια εταιρία μύρας με μηδενική συνεργασία μεταξύ των επιπέδων . Αυτοί οι κρίκοι είναι

ο λιανοπωλητής, ο χονδρέμπορος, ο διανομέας και το εργοστάσιο. Κατά το παιχνίδι οι παίκτες φαίνεται να παραγγέλνουν μεγάλες ποσότητες μπίρας αναγκάζοντας έτσι τους προμηθευτές να αυξήσουν τις ανεκτέλεστες παραγγελίες. Έτσι η μεταβλητότητα της ζήτησης του προϊόντος θυμίζει αυτή που παρατηρείται σε πραγματικές αλυσίδες εφοδιασμού. Σύμφωνα με τα πειράματα του Sterman (1989), όπου διευθυντικά στελέχη, ερευνητές, μηχανικοί και φοιτητές από όλο τον κόσμο για την διδασκαλία του φαινομένου Bullwhip συμμετείχαν σε ένα επιτραπέζιο παιχνίδι το οποίο ήταν προσομοίωση του Beer Game (Εικόνα 1.4), η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι μία από τις κύριες αιτίες πρόκλησης της εκδήλωσης του φαινομένου, καθώς γίνονται πολλές παρερμηνείες σχετικά με τις πληροφορίες ζήτησης ενός προϊόντος. Η έλλειψη πληροφοριών λοιπόν είτε ή η κακή χρήση αυτών των πληροφοριών μπορούν να αποδειχθούν αιτίες της επίδρασης του φαινομένου.



**Εικόνα 1.4:** Ταμπλό του επιτραπέζιου Beer Distribution Game  
**Πηγή :** [www.mit.edu](http://www.mit.edu)

Αρκετές έρευνες έδωσαν μεγάλη βάση στην εξήγηση του φαινομένου Bullwhip προσδιορίζοντας τις αιτίες πρόκλησής του.

Οι H. Lee et al.(1997) προσδιόρισαν κάποιες κύριες αιτίες που οδηγούν στην δημιουργία του φαινομένου Bullwhip. Αυτές είναι :

- **Σφάλματα στην πρόβλεψη της ζήτησης**

Οι παραγγελίες κάθε επιχείρησης στηρίζονται στις προβλέψεις που έχει κάνει σχετικά με τη ζήτηση. Μια ανακρίβεια σε αυτές τις προβλέψεις θα προκαλέσει παραποίηση της πληροφορίας ζήτησης η οποία θα αυξάνεται από το κατώτερο προς το ανώτερο στάδιο μιας εφοδιαστικής αλυσίδας(Lee et.al.,1997).

- **Παραγγελία σε παρτίδες**

Αρκετές εταιρίες ενώ λαμβάνουν καθημερινές παραγγελίες από τους πελάτες τους, πραγματοποιούν πιο αραιές παραγγελίες(συνήθως εβδομαδιαίες) στους προμηθευτές τους.

- **Διακύμανση των τιμών**

Μία αιτία την οποία τόνισαν και οι Disney and Towill ( 2003) στο άρθρο τους αποτελεί η αυξομείωση των τιμών των προϊόντων . Όταν πραγματοποιούνται προωθητικές ενέργειες όπως εκπτώσεις ή προσφορές, υπάρχει μεγαλύτερη ζήτηση με αποτέλεσμα όταν οι τιμές επανέρχονται στα κανονικά επίπεδα η ζήτηση να μειώνεται. Αυτή η αυξανόμενη ζήτηση μπορεί να χαρακτηριστεί ως πλασματική καθώς όταν έχουμε επιστροφή της τιμής στα κανονικά επίπεδα έχουμε μείωση της ζήτησης . Αυτή λοιπόν η διακύμανση των τιμών οδηγεί σε ενίσχυση του φαινομένου Bullwhip.

- **Ελλείψεις αποθεμάτων**

Σε περιόδους όπου παρατηρείται έλλειψη αποθεμάτων ή διαρρέουν φήμες για μελλοντική έλλειψη, οι πελάτες συνηθίζουν να παραγγέλνουν μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές που χρειάζονται ούτως ώστε να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Καθώς όμως αυτές οι φήμες δεν θα επιβεβαιωθούν και δεν θα υπάρξει αυτή η έλλειψη αποθεμάτων οι παραγγελίες θα ακυρωθούν σε μεγάλο βαθμό κάτι το οποίο εντείνει το φαινόμενο του Bullwhip.

- **Μη-μηδενικοί χρόνοι παράδοσης**

Ο χρόνος παράδοσης έχει σημαντικό αντίκτυπο στην μεταβλητότητα των παραγγελιών καθώς όσο πιο μεγάλος είναι ο χρόνος παράδοσης τόσο μεγαλύτερη είναι η μεταβλητότητα που εμφανίζεται στις παραγγελίες και με άμεση συνέπεια την μεγαλύτερη όξυνση του φαινομένου Bullwhip(Chen et.al.,1999).

Όλες οι παραπάνω αιτίες είναι υπαρκτές μέσα σε μία εφοδιαστική αλυσίδα και η εκάστοτε λήψη αποφάσεων από το διαχειριστή κάθε επιπέδου της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι αυτή που δημιουργεί το αποτέλεσμα του φαινομένου του Bullwhip.

Η εις βάθος κατανόηση αυτών των αιτιών βοηθούν στη σχεδίαση και στην ανάπτυξη στρατηγικών για τον περιορισμό και την εξάλειψη του φαινομένου (Lee et.al. ,1997 ).

Η σημαντικότερη πρόταση εξάλειψης του φαινομένου Bullwhip είναι η ανταλλαγή πληροφοριών σε όλα τα στάδια μιας εφοδιαστικής αλυσίδας . Η σημασία αυτής της πρότασης θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο .

### **1.3. Σενάριο Ανταλλαγής Πληροφόρησης στην Εφοδιαστική Αλυσίδα 2 σταδίων**

#### **1.3.1 Η σημασία της Πληροφόρησης στη διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας**

Τα πλεονεκτήματα και η σημαντικότητα της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των μελών μιας εφοδιαστικής αλυσίδας έχουν τονιστεί σε ποικίλες έρευνες. Η συνεργασία μεταξύ των μελών αυτών αποτελεί ένα βασικό τρόπο διατήρησης ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος των εταιριών , καθώς ο ανταγωνισμός υφίσταται όχι τόσο ανάμεσα στις επιχειρήσεις αλλά κυρίως μεταξύ των εφοδιαστικών αλυσίδων ( Cooper, Lambert et al. 1997, Blackwell and Blackwell 1999, Lambert and Cooper 2000). Όταν υπάρχει συχνή ανταλλαγή πληροφοριών , η εκάστοτε εταιρία είναι σε θέση να κατανοήσει καλύτερα τις ανάγκες της αγοράς και να ανταποκριθεί έγκαιρα στις αλλαγές που θα προκύψουν (Stein , 1998) .

Οι Lee and Whang (2000) τονίζουν ότι οι εταιρίες πρέπει να διευρύνουν το φάσμα ανάλυσής τους και ότι στον τομέα της λήψης αποφάσεων των εταιριών πρέπει να συμμετέχει εξ ολοκλήρου η εφοδιαστική αλυσίδα .Οι αλυσίδες εφοδιασμού περιλαμβάνουν τρεις σημαντικές ροές : πληροφορίες, υλικά και χρηματοδότηση . Ο σωστός συντονισμός και η ενσωμάτωση αυτών των ροών εντός και μεταξύ των εταιριών είναι απαραίτητη για την αποτελεσματικότερη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας . Η αποτελεσματική διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού αποτελεί προϋπόθεση για την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας αλλά και της μεγαλύτερης κερδοφορίας (Baihaqi and Beaumont , 2006).

Η ανταλλαγή πληροφοριών βοηθά τις εταιρίες να λαμβάνουν πιο ουσιαστικές αποφάσεις για την λειτουργία τους, οδηγώντας αυτές σε αποτελεσματικότερη χρησιμοποίηση των πόρων μειώνοντας το κόστος και τα αποθέματα (Lee et.al.2000), ενώ παράλληλα επιτρέπει στις επιχειρήσεις να ανταποκρίνονται σε μεγαλύτερο βαθμό στις ανάγκες των καταναλωτών (Lee 2000 , Mentzer 2004) . Σύμφωνα με τους Lee and

Lin (2006) η ποιότητα της ανταλλαγής πληροφοριών έχει θετικό αντίκτυπο στην ικανοποίηση των πελατών και στη ποιότητα της εταιρικής σχέσης .

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας στο κομμάτι της συλλογής και διαχείρισης πληροφοριών τις τελευταίες δεκαετίες έχει ως αποτέλεσμα την αποτελεσματικότερη συνεργασία μεταξύ των μελών μιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Η ανάπτυξη αυτή μπορεί να δώσει στα μέλη μιας εφοδιαστικής αλυσίδας περισσότερες ευκαιρίες για αύξηση της επιρροής τους ( Choi and Hyun- Cheol Paul ,2010). Αρκετές μελέτες έχουν διαπιστώσει ότι η ανταλλαγή πληροφοριών έχει σημαντική θετική επίδραση στην μείωση του φαινομένου Bullwhip (Lee and Whang 2000, Xu, Dong et al. 2001, Yu, Yan et al. 2001 ,Zhang T. et al. 2007).

### 1.3.2 Κατηγορίες Πληροφοριών

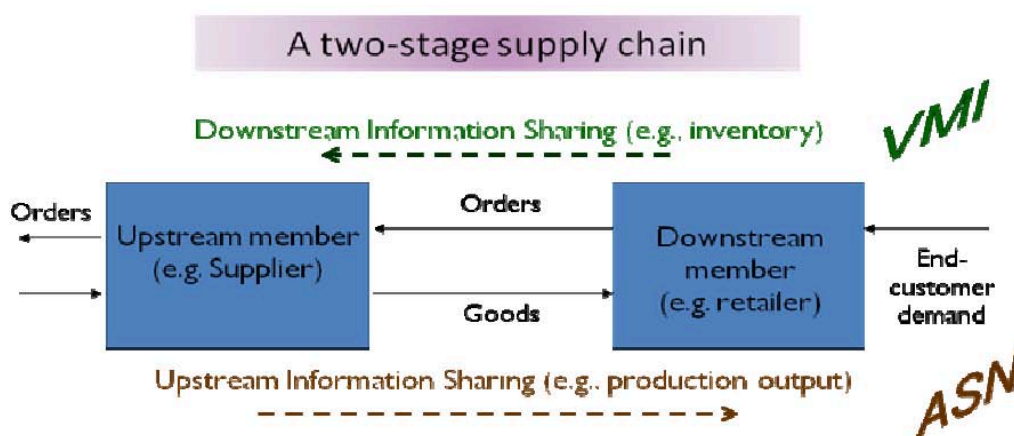
Υπάρχουν αρκετοί τύποι πληροφοριών που μπορούν να μοιραστούν μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων μιας εφοδιαστικής αλυσίδας , οι οποίες κατηγοριοποιήθηκαν από τους Lotfi et.al.(2013) ως εξής :

1. Πληροφορίες σχετικά με επίπεδα αποθεμάτων
2. Δεδομένα πωλήσεων
3. Προβλέψεις ζήτησης
4. Πληροφορίες που σχετίζονται με τις παραγγελίες
5. Πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες του προϊόντος
6. Πληροφορίες σχετικά με νέα προϊόντα
7. Άλλα είδη πληροφοριών

Οι Seidmann and Sundararajan (1997) προσδιόρισαν τέσσερα επίπεδα ανταλλαγής πληροφοριών με βάση την επίδραση που έχει η πληροφορία σε κάθε συμμετέχοντα αυτής της ανταλλαγής . Το πρώτο επίπεδο ανταλλαγής αφορά μόνο ποσοτικά δεδομένα όπως το μέγεθος των εκάστοτε παραγγελιών και το ύψος των τιμών . Το δεύτερο επίπεδο περιλαμβάνει λειτουργικές πληροφορίες όπως η επιθεώρηση και η καταγραφή του επιπέδου αποθεμάτων . Ένα παράδειγμα αυτού του επιπέδου ανταλλαγής πληροφοριών αποτελεί το πρόγραμμα “Διαχείρισης Αποθεμάτων από τον Προμηθευτή (Vendor Managed Inventory, VMI), το οποίο θα αναλυθεί σε επόμενη υποενότητα . Το τρίτο επίπεδο ανταλλαγής πληροφοριών αφορά ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τη στρατηγική που θα ακολουθηθεί ενώ το τέταρτο επίπεδο περιέχει πληροφορίες σχετικά με τους ανταγωνιστές , οι οποίες μπορούν να αποφέρουν

σημαντικά στρατηγικά οφέλη στην απόκτηση μεγαλύτερου ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος .

Μία ακόμη κατηγοριοποίηση έγινε από τον Q.Zhou(2006) σχετικά με την μεταφορά της πληροφορίας , σύμφωνα με τον οποίο υπάρχουν δύο τρόποι κίνησης των πληροφοριών : Ο πρώτος από την μεριά της ζήτησης (Downstream Information Sharing) και αντίστροφα ο δεύτερος από την μεριά της προσφοράς (Upstream Information Sharing) (Εικόνα 1.5).



**Εικόνα 1.5:** Ροή Πληροφορίας σε μία Εφοδιαστική Αλυσίδα 2 σταδίων  
**Πηγή:** Choi Hyun-cheol Paul ,2010

### 1.3.3 Ανταλλαγή Πληροφοριών Για Επίπεδα Αποθεμάτων

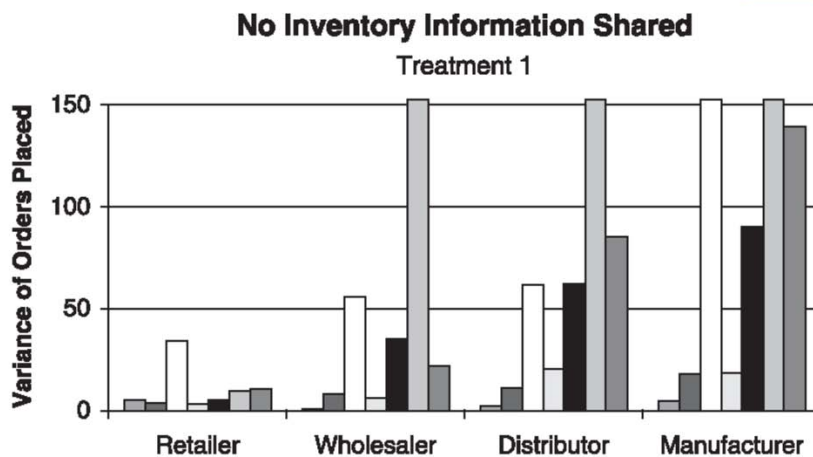
Η ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τα αποθέματα έχει ως άμεση συνέπεια την καλύτερη πρόβλεψη της ζήτησης αλλά και την μείωση των καθυστερήσεων παράδοσης των αποθεμάτων . Η συγκεκριμένη ανταλλαγή τέτοιας μορφής πληροφοριών είναι χρήσιμη σε εφοδιαστικές αλυσίδες όπου η ζήτηση είναι γνωστή σε όλα τα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας και κάθε μέλος ακολουθεί πολιτική παραγγελιών αναπλήρωσης στοχευμένου αποθέματος(OUT) (X. Wang and Disney,2016).

Ποικίλες έρευνες για την ανταλλαγή πληροφοριών για επίπεδα αποθεμάτων πληροφοριών μιας εφοδιαστικής αλυσίδας δύο σταδίων με έναν μόνο προμηθευτή και έναν ή περισσότερους λιανοπωλητές καταλήγουν στο συμπέρασμα πως η ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τα αποθέματα μπορεί να ενισχύσει την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας , καθώς βελτιώνεται η ποιότητα εξυπηρέτησης συγκριτικά με ανάλογες περιπτώσεις μη-ανταλλαγής αποθεματικών πληροφοριών(Bourland et al.1996 ,Lee et al.1997,Gavirneni et al 1999, Cachon,Fisher 2000) .

Όσον αφορά τις εφοδιαστικές αλυσίδες πολλαπλών σταδίων, οι πληροφορίες για τα αποθέματα δίνουν τη δυνατότητα στα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας να διαχειριστούν τις παραγγελίες με κριτήριο τα επίπεδα αποθεμάτων και όχι με κριτήριο την ποσότητα παραγγελίας του εκάστοτε πελάτη, κάτι το οποίο οδηγεί σε καλύτερη απόδοση εξ ολοκλήρου της εφοδιαστικής αλυσίδας (Chen, 1998).

Σύμφωνα με έρευνα των Croson and Donohue(2005) παρατηρήθηκε ότι με την ανταλλαγή πληροφοριών για τα επίπεδα αποθεμάτων τα ανώτερα στάδια (πχ. προμηθευτές, κατασκευαστές) της εφοδιαστικής αλυσίδας καρπώνονται αρκετά μεγαλύτερη μείωση στην διακύμανση των παραγγελιών συγκριτικά με τα κάτω μέλη(Downstream members)(λιανοπωλητές) της αλυσίδας εφοδιασμού.

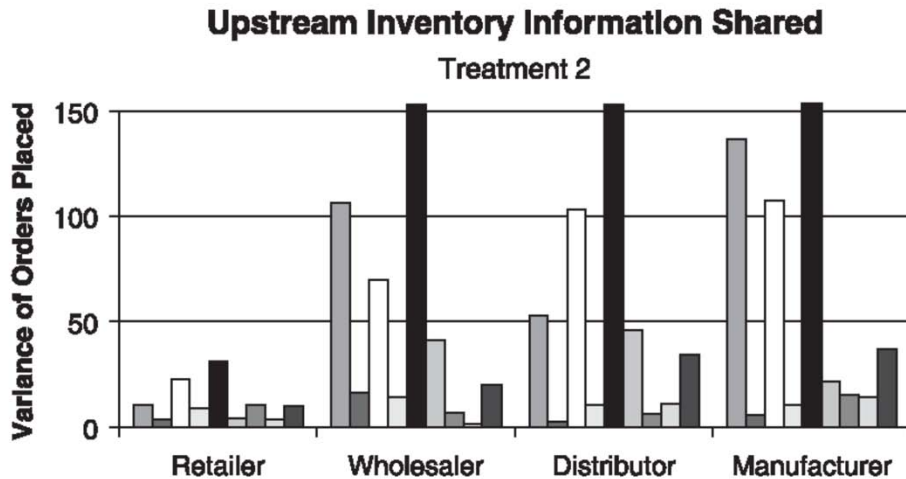
Στις παρακάτω εικόνες (Εικόνες (1.6),(1.7),(1.8)) παρουσιάζεται η διακύμανση που υφίστανται οι παραγγελίες κάθε μέλους ανάλογα με την ανταλλαγή ή μη-ανταλλαγή πληροφοριών που σχετίζονται με τα αποθέματα.



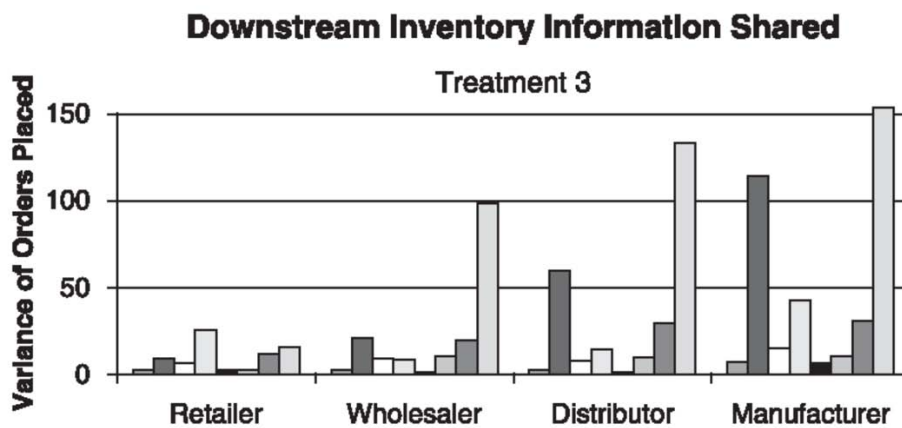
**Εικόνα 1.6:** Διακύμανση παραγγελιών κάθε μέλους εφοδιαστικής αλυσίδας χωρίς ανταλλαγή αποθεματικών πληροφοριών

**Πηγή:** Croson R.,Donohue K.,2005





**Εικόνα 1.7:** Διακύμανση παραγγελιών κάθε μέλους εφοδιαστικής αλυσίδας με «προς τα πάνω» ανταλλαγή αποθεματικών πληροφοριών  
Πηγή: Croson R.,Donohue K.,2005



**Εικόνα 1.8:** Διακύμανση παραγγελιών κάθε μέλους εφοδιαστικής αλυσίδας με «προς τα κάτω» ανταλλαγή αποθεματικών πληροφοριών  
Πηγή: Croson R.,Donohue K.,2005

### 1.3.4 Ανταλλαγή Πληροφοριών Ζήτησης

Η ανταλλαγή πληροφοριών ζήτησης σχετίζεται με την προβολή της πραγματικής ζήτησης του τελικού προϊόντος από τον καταναλωτή σε όλα τα επίπεδα μιας αλυσίδας εφοδιασμού . Οι πληροφορίες αυτές μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν από τα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας έτσι ώστε να διενεργήσουν καλύτερες προβλέψεις σχετικά με τη ζήτηση ( X. Wang and Disney,2016).

Σε μία αλυσίδα εφοδιασμού οι μονάδες παραγωγής συνηθίζεται να χρησιμοποιούν τις πληροφορίες ζήτησης ούτως ώστε να καθορίσουν την δυναμικότητα παραγωγής τους. Όμως, το κυριότερο όφελος προκύπτει από τη χρήση αυτών των

δεδομένων με σκοπό την αναπλήρωση των αποθεμάτων τους και τον καθορισμό των ποσοτήτων παραγγελιών.

Οι Lee et al. (1997) συμπέραναν ότι όταν οι λιανέμποροι μοιράζονται τις πληροφορίες της ζήτησης με όλα τα μέλη μιας αλυσίδας εφοδιασμού και όχι μόνο με τους προμηθευτές τους τότε είναι δυνατόν να υπάρξει μείωση του φαινομένου Bullwhip .

### **1.3.5 Vendor Managed Inventory (VMI) και Πρόγραμμα Συνεχούς Αναπλήρωσης (CRP)**

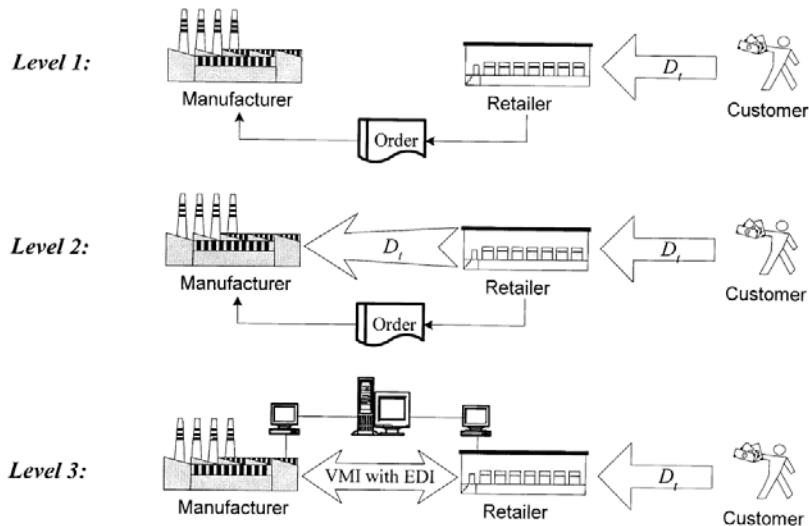
Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές αλλαγές στη δομή μιας βιομηχανίας με σκοπό την αποτελεσματικότερη απόδοση των επιχειρήσεων. Πιο αναλυτικά, οι επιχειρήσεις έχουν καταφέρει να αναδιοργανώσουν την εφοδιαστική αλυσίδα μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, πράγμα το οποίο γίνεται εφικτό μέσω πληροφοριακών συστημάτων (Electronic Commerce Technologies), όπως είναι η ηλεκτρονική ανταλλαγή (EDI). Οι αγοραστές και οι προμηθευτές μέσω του Προγράμματος Συνεχούς Αναπλήρωσης (Continuous Replenishment Program, CRP), ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικά με τα αποθέματα, με σκοπό να μπορούν να αυξήσουν τις συχνότητες αναπλήρωσης και να μειώσουν τα αποθέματα.

Με τη διαχείριση του αποθέματος από τον προμηθευτή (VMI), ο προμηθευτής αναλαμβάνει την ευθύνη για τους χρόνους παράδοσης και τις ποσότητες των προϊόντων προς τους πελάτες. . Το Vendor Managed Inventory (VMI) αποτελεί μία προσέγγιση διαχείρισης αποθεμάτων και αποστολής παραγγελιών , σύμφωνα με την οποία οι πελάτες αποστέλλουν τα δεδομένα της ζήτησης που αντιμετωπίζουν σε ηλεκτρονική μορφή στον προμηθευτή. Οι παραγγελίες δεν πραγματοποιούνται πλέον από τον λιανοπωλητή αλλά ο προμηθευτής είναι υπεύθυνος για τις αποφάσεις σχετικά με την ανατροφοδότηση των προϊόντων και το μέγεθος της παραγγελίας. Με άλλα λόγια, ο λιανοπωλητής μοιράζεται τα δεδομένα του αποθέματός του με τον προμηθευτή, έτσι ώστε ο τελευταίος να είναι ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων που καθορίζει το μέγεθος παραγγελίας και για τα δύο μέλη. Έτσι, ο προμηθευτής είναι υπεύθυνος για το κόστος παραγγελίας του λιανοπωλητή, ενώ ο έμπορος λιανικής πώλησης πρέπει να πληρώσει για το δικό του κόστος εκμετάλλευσης (Yao & Dresner ,2008).

Η διαδικασία αυτή καθοδηγείται από κοινούς στόχους σχετικά με τα επίπεδα αποθεμάτων του πελάτη, τα ποσοστά αναπλήρωσης παραγγελιών και το συναλλακτικό κόστος. Στόχος ενός προγράμματος VMI είναι η ευθυγράμμιση των επιχειρησιακών στόχων καθώς και η επίτευξη του βέλτιστου τρόπου λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας τόσο για τους προμηθευτές όσο και για τους πελάτες. Το VMI έχει χαρακτηριστεί ως μια πολιτική συνεργασίας μεταξύ του προμηθευτή και του λιανοπωλητή, μια πολιτική που μπορεί να αποτρέψει την αποθήκευση ανεπιθύμητων αποθεμάτων και συνεπώς μπορεί να οδηγήσει σε συνολική μείωση του κόστους και στις δυο πλευρές (Mangiaracina, Melacini, 2012). Κάποιοι ερευνητές επισημαίνουν πως το VMI προσφέρει περισσότερα οφέλη στους προμηθευτές (Centinkaya, Lee, 2000), ενώ άλλοι έχουν αντίθετη άποψη, παροτρύνοντας τους αγοραστές να πείθουν τους προμηθευτές να θέτουν σε εφαρμογή το VMI (Yao, et. al., 2007).

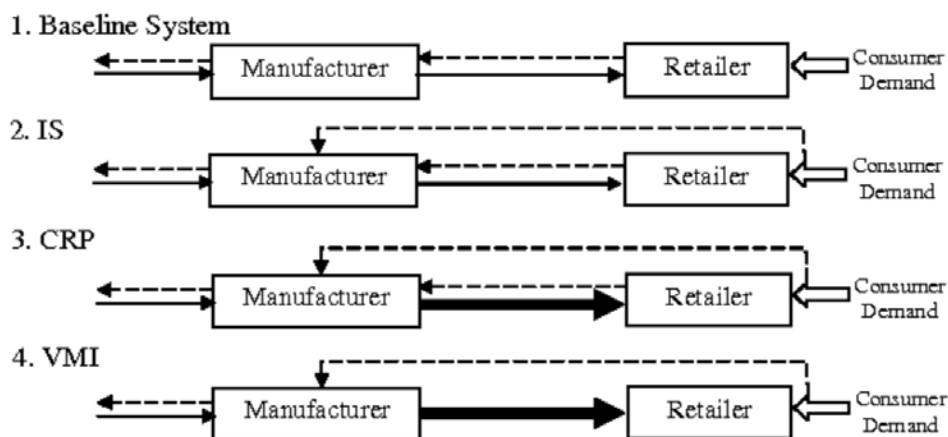
Σύμφωνα με τους Z.Yu et al. (2002) σε αποκεντρωμένες αλυσίδες εφοδιασμού η εφαρμογή του VMI μπορεί να βοηθήσει στην απόκτηση κεντρικού ελέγχου. Για να αποδείξουν οι συγγραφείς αυτό, παρουσιάζουν τρία διαφορετικά επίπεδα ενσωμάτωσης πληροφοριών για να μοντελοποιήσουν τη συνεργασία ενός λιανοπωλητή και ενός κατασκευαστή σε μία εφοδιαστική αλυσίδα δύο σταδίων (Εικόνα 1.9). Συγκρίνοντας τόσο τις μειώσεις αποθεμάτων ασφαλείας όσο και την εξοικονόμηση του κόστους μεταξύ των τριών επιπέδων αποδεικνύουν ότι επιτυγχάνεται βελτίωση κατά Pareto, δηλαδή τόσο ο κατασκευαστής όσο και ο λιανοπωλητής είναι ικανοποιημένοι. Επομένως τονίζουν ότι η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού θα πρέπει να επιλέξει στρατηγικές εταιρικές σχέσεις που βασίζονται στην ανταλλαγή πληροφοριών υιοθετώντας το VMI για τη βελτιστοποίηση των αποκεντρωμένων αλυσίδων εφοδιασμού.

Οι Lee et.al. (2000) παρουσιάζουν τα οφέλη της ανταλλαγής πληροφοριών σε μια εφοδιαστική αλυσίδα δύο σταδίων τα οποία είναι η μείωση των αποθεμάτων ασφαλείας και η εξοικονόμηση του κόστους για τον κατασκευαστή, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον λιανοπωλητή για να διαπραγματευθεί την υιοθέτηση ενός προγράμματος VMI με σκοπό την μείωση των γενικών δαπανών, την μείωση των τιμών και την μείωση του κόστους αποθεματοποίησης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα επιτυχούς υιοθέτησης προγραμμάτων VMI αποτελούν οι εταιρίες Campbell Soup (Clark 1994) και Barilla SpA (Hammond 1995).



**Εικόνα 1.9:** 3 επίπεδα ενσωμάτωσης πληροφοριών  
**Πηγή :** Z Yu, H Yan and TCE Cheng ,2002

Η διαφορά μεταξύ του CRP και του VMI είναι ότι με το VMI, ο λιανοπωλητής δεν δίνει πλέον παραγγελίες στον κατασκευαστή, αλλά ο κατασκευαστής παίρνει αποφάσεις για τις παραγγελίες για χάρη του λιανοπωλητή με βάση τις κοινές πληροφορίες που λαμβάνει από τον λιανοπωλητή. Στο παρακάτω σχήμα(Εικόνα 1.10), παρουσιάζονται οι διαφορές ανάμεσα στα δυο πληροφοριακά συστήματα (VMI, CRP) και τη βασική ροή των πληροφοριών.



**Εικόνα 1.10:** Σύγκριση της ροής πληροφοριών μεταξύ του βασικού συστήματος χωρίς και με ανταλλαγή πληροφορήσης ,του CRP και του VMI  
**Πηγή:** Yao,Dresner,2008

Το μειωμένο κόστος απογραφής και η βελτιωμένη εξυπηρέτηση των πελατών (Achabal et al., 2000) είναι από τα σημαντικότερα οφέλη των παραπάνω

πληροφοριακών συστημάτων. Τα αποτελέσματα της έρευνας των Yao και Dresner (2008), επισήμαναν τα οφέλη των δυο αυτών πληροφοριακών συστημάτων, αλλά και της ανταλλαγής πληροφοριών (IS). Πιο αναλυτικά, συγκρίνοντας το Πρόγραμμα Συνεχούς Αναπλήρωσης (CRP), το VMI και την ανταλλαγή πληροφοριών (IS), διεξήχθη το συμπέρασμα ότι η χρήση των VMI και CRP τείνει να έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες μειώσεις αποθέματος, τόσο για το κατασκευαστή όσο και για τον πωλητή λιανικής πώλησης από ότι μόνο μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών (IS). Η έκταση αυτών των μειώσεων των αποθεμάτων αυξάνεται καθώς αυξάνεται η μέση ζήτηση και αυξάνεται η αυτοσυσχέτιση της ζήτησης. Οι μειώσεις των αποθεμάτων αυξάνονται, καθώς η συχνότητα αναπλήρωσης αυξάνεται τόσο για το CRP όσο και για το VMI. Τα οφέλη τείνουν να ευνοούν τον κατασκευαστή μέσω του VMI και τον λιανοπωλητή μέσω του CRP, καθώς η συχνότητα αναπλήρωσης αυξάνεται, συμπεραίνοντας ότι τα οφέλη δεν κατανέμονται με συνέπεια μεταξύ λιανοπωλητών και κατασκευαστών .

### **1.3.6 Αντιμετώπιση φαινομένου Bullwhip μέσω της Ανταλλαγής Πληροφοριών**

Το φαινόμενο Bullwhip είναι αποτέλεσμα διαστρέβλωσης της πληροφορίας που παρατηρείται σε μία αλυσίδα εφοδιασμού στην οποία οι εταιρίες δεν έχουν ξεκάθαρη εικόνα της πραγματικής ζήτησης των καταναλωτών . Μερικές από τις συνέπειες του φαινομένου αυτού είναι η υψηλή αποθεματοποίηση , το υψηλό κόστος παρακράτησης αποθέματος και η μείωση του επιπέδου εξυπηρέτησης . Η ανταλλαγή πληροφοριών που σχετίζεται με τη ζήτηση των καταναλωτών και τον αριθμό των αποθεμάτων κάθε μέλους της εφοδιαστικής αλυσίδας βοηθά στην εξάλειψη του φαινομένου Bullwhip. Στη σημερινή εποχή ,λόγω της τεχνολογικής προόδου , η ανταλλαγή αυτών των πληροφοριών διευκολύνεται με τη χρήση των IT συστημάτων(Information Technology Systems) όπως για παράδειγμα τα συστήματα POS (Point-of-Sales).

Η συμβολή της ανταλλαγής πληροφοριών στην αντιμετώπιση του φαινομένου Bullwhip έγινε αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνών . Οι Lee et al. (1997) απέδειξαν πως η ανταλλαγή πληροφοριών βελτιώνει τις αποφάσεις παραγγελιών των προμηθευτών με άμεση συνέπεια την μείωση των αποθεμάτων και συνεπώς την μείωση του κόστους .Οι Chen et al.(2000) εξέτασαν δύο από τους παράγοντες πρόκλησης του φαινομένου: την πρόβλεψη της ζήτησης και τους χρόνους παράδοσης των εκάστοτε παραγγελιών και συμπέραναν ότι το φαινόμενο Bullwhip μπορεί σταδιακά να μειωθεί

με ανταλλαγή πληροφοριών σε κάθε επίπεδο της εφοδιαστικής αλυσίδας . Σύμφωνα με τους Chatfield et al. ( 2004) η ανταλλαγή πληροφοριών επιβραδύνει το φαινόμενο Bullwhip καθώς μετακινούμαστε σε υψηλότερα στάδια σε μια εφοδιαστική αλυσίδα.

Οι Disney and Towill (2003) απέδειξαν ότι το VMI μπορεί να εξαλείψει το φαινόμενο Bullwhip μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τις διακυμάνσεις που προκαλούνται από παρτίδες παραγγελιών.

Υπάρχουν όμως και ορισμένες έρευνες οι οποίες τόνισαν ότι η ανταλλαγή πληροφορήσης σχετικά με την εξάλειψη του φαινομένου Bullwhip δεν έχει πάντα την ίδια αξία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η έρευνα των Babai ,Syntetos et al. (2016) ,οι οποίοι απέδειξαν ότι οι παράμετροι του AR(1) λαμβάνουν μια μέγιστη τιμή για τις οποίες το φαινόμενο Bullwhip μειώνεται όσο μετακινούμαστε σε ανώτερα επίπεδα μιας εφοδιαστικής αλυσίδας , διότι μετά από κάποια χρονική στιγμή η μείωση των αποθεμάτων εξαιτίας της ανταλλαγής πληροφορήσης παύει να υφίσταται.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### 2.1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Ένα θέμα που έχει απασχολήσει έντονα την επιστημονική κοινότητα στο τομέα της διοίκησης είναι η αξία της Ανταλλαγής Πληροφόρησης σε μια Εφοδιαστική Αλυσίδα. Οι Lee et al. (2000) ήταν από τους πρώτους που ασχολήθηκαν και μελέτησαν το κομμάτι της ανταλλαγής πληροφόρησης σε μία εφοδιαστική αλυσίδα δύο σταδίων. Προσπάθησαν μέσα από αναλυτικά μοντέλα να ποσοτικοποιήσουν τα οφέλη που μπορούν να αποκομίσουν οι εταιρίες μέσα από μια ανταλλαγή πληροφοριών σε μια εφοδιαστική αλυσίδα. Ανέπτυξαν ένα μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας 2 σταδίων αποτελούμενο από έναν λιανοπωλητή και έναν προμηθευτή με κύριο μέλημα τους την ανάλυση του οφέλους της ανταλλαγής πληροφοριών και τον εντοπισμό των παραγόντων οι οποίοι έχουν θετικό αντίκτυπο στην μείωση του φαινομένου Bullwhip. Μετέπειτα ανέλυσαν τη ζήτηση που αντιμετωπίζει ο προμηθευτής συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προκύπτουν με Ανταλλαγή και Μη-Ανταλλαγή πληροφόρησης για να υπολογίσουν την μείωση των αποθεμάτων και την εξοικονόμηση του κόστους. Τα αποτελέσματα της ερευνάς τους έδειξαν ότι με την ανταλλαγή πληροφόρησης επιτυγχάνεται μείωση των αποθεμάτων και συνεπώς μείωση του κόστους για την πλευρά του προμηθευτή. Ο χρόνος παράδοσης του προϊόντος έχει άμεσο αντίκτυπο στην εξοικονόμηση του κόστους και στην μείωση των αποθεμάτων καθώς όσο ο χρόνος παράδοσης του προϊόντος αυξάνεται τόσο μεγαλύτερη θα είναι η εξοικονόμηση του κόστους και η μείωση των αποθεμάτων. Τέλος ένας ακόμη παράγοντας ο οποίος επηρεάζει το μέγεθος της μείωσης του κόστους είναι η διακύμανση της ζήτησης, καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η διακύμανση τόσο μεγαλύτερη εξοικονόμηση θα επιτυγχάνεται από την πλευρά του προμηθευτή. Υπό αυτές τις συνθήκες ο λιανοπωλητής διαπραγματεύεται με τον προμηθευτή με σκοπό την μείωση των γενικών εξόδων του.

Όμοια αποτελέσματα με την παραπάνω έρευνα επισήμαναν και οι Yu et al (2002), οι οποίοι τόνισαν την αξία της ανταλλαγής πληροφοριών σε μια εφοδιαστική αλυσίδα. Πιο αναλυτικά, στην μελέτη τους είχαν ως στόχο να ποσοτικοποιήσουν τα οφέλη της ανταλλαγής πληροφοριών σε μια εφοδιαστική αλυσίδα, θέλοντας να τονίσουν τη σημασία της συνεργασίας και της ανταλλαγής πληροφοριών σε μια εφοδιαστική αλυσίδα δυο επιπέδων, η οποία περιλαμβάνει τον λιανοπωλητή και τον κατασκευαστή, πραγματοποιώντας πειράματα κάτω από διαφορετικές περιπτώσεις ανταλλαγής πληροφοριών. Οι συγγραφείς θεώρησαν ότι ο λιανοπωλητής δίνει

παραγγελία στον προμηθευτή και ο λιανοπωλητής αντιμετωπίζει τις απαιτήσεις των πελατών μέσω της διαδικασίας του αυτοπαλίνδρομου μοντέλου πρώτης τάξης AR(1). Υποθέτοντας ότι τόσο ο λιανοπωλητής όσο και ο κατασκευαστής υιοθετούν την πολιτική αναπλήρωσης αποθεμάτων περιοδικής επιθεώρησης (Order Up To). Υιοθετήθηκαν τρία διαφορετικά σενάρια ανταλλαγής πληροφοριών, όπου στην πρώτη περίπτωση τόσο ο κατασκευαστής όσο και ο λιανοπωλητής πραγματοποιούν την απογραφή του εμπορεύματος, σύμφωνα με τις δικές τους προβλέψεις, δηλαδή ατομικά. Η υπόθεση στο παρόν σενάριο είναι ότι η πολιτική ελέγχου των αποθεμάτων είναι η πολιτική αποθεματοποίησης (Order Up To) περιοδικής αναθεώρησης. Έτσι λοιπόν, σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει καμία συνεργασία και δεν υπάρχει ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα στον προμηθευτή και στον λιανοπωλητή. Στο δεύτερο σενάριο που χαρακτηρίζεται ως «συντονισμένος έλεγχος» (coordinated control). Σε αυτήν την περίπτωση, ο προμηθευτής θα λάβει τις πληροφορίες ζήτησης πελατών, μαζί με τις πληροφορίες παραγγελιών του λιανοπωλητή, και στη συνέχεια θα λάβει την απόφασή του για απογραφή του εμπορεύματος. Τέλος, στο επίπεδο 3, που χαρακτηρίζεται ως «αποκεντρωμένος έλεγχος», («centralized control»), η «αποκεντρωμένη» εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να επιτύχει την βέλτιστη απόδοση από μια αλυσίδα εφοδιασμού υπό κεντρικό έλεγχο, μέσα από την πλήρη ανταλλαγή πληροφοριών με χρήση του VMI με βάση το EDI. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν πως κάτω από οποιαδήποτε σενάριο, ο λιανοπωλητής δεν παρατηρεί καμιά αλλαγή αναφορικά με την πολιτική του στην αποθεματοποίηση (Order Up To), δηλαδή στη μείωση του αποθέματος, αλλά και στη μείωση του κόστους του εμπορεύματος του, παρόλο που ο προμηθευτής θα επιτύχει μείωση στο απόθεμα του, αλλά και εξοικονόμηση κόστους του αποθέματος, μέσα από την ανταλλαγή πληροφοριών.

Συμπερασματικά, σε μια εφοδιαστική αλυσίδα δυο επιπέδων, όπου εφαρμόζεται η ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα στα μέλη της αλυσίδας, τόσο ο προμηθευτής όσο και ο λιανοπωλητής παρουσιάζουν θετικά αποτελέσματα στην εξοικονόμηση του κόστους του εμπορεύματος αλλά και στη μείωση του αποθέματος, παρουσιάζοντας, ωστόσο μεγαλύτερα οφέλη από πλευράς του προμηθευτή. Έτσι, στην παρούσα έρευνα, τονίζεται η σημασία της αυξανόμενης ανταλλαγής πληροφοριών ανάμεσα σε όλα τα μέλη σε μια εφοδιαστική αλυσίδα, η οποία οδηγεί στις βέλτιστες επιδόσεις ολόκληρης την αλυσίδα.

Νέα διάσταση στην έρευνα αναφορικά με την αξία της ανταλλαγής πληροφοριών είναι η έρευνα των Sabitha et al. (2016), στόχος των οποίων είναι η ποσοτικοποίηση



της αξίας της ανταλλαγής πληροφοριών δίνοντας ωστόσο έμφαση στην μείωση της διακύμανσης της ζήτησης και του μέσου αποθέματος σε μια εφοδιαστική αλυσίδα πολλαπλών σταδίων λαμβάνοντας υπόψιν δύο σενάρια: 1) ανταλλαγή πληροφόρησης σε επίπεδο εφοδιαστικής αλυσίδας και 2) το σύστημα VMI ,όταν η ζήτηση του λιανοπωλητή ακολουθεί το υπόδειγμα AR(1). Σε αντίθεση με την παραπάνω έρευνα, όπου συμπέραναν πως η αυξανόμενη ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα σε όλα τα μέλη σε μια εφοδιαστική αλυσίδα οδηγεί στις βέλτιστες επιδόσεις ολόκληρης της αλυσίδας, η παρούσα έρευνα επισημαίνει πως η ανταλλαγή πληροφόρησης έχει περισσότερη αξία για τα ανώτερα μέλη μιας εφοδιαστικής αλυσίδας.

Πιο αναλυτικά, Οι Sabitha et.al. προκειμένου να υπολογίσουν το επίπεδο αποθέματος χρησιμοποίησαν δύο προσεγγίσεις , αυτή του Μέσου Αποθέματος η οποία δόθηκε από τους Silver και Peterson(1985) καθώς και την εξίσωση της ισορροπίας του αποθέματος. Δεδομένου ότι κάθε επιχείρηση ενδιαφέρεται τόσο για την αξία που αποκτάται από την επένδυση στην ανταλλαγή πληροφοριών όσο και για τα πλεονεκτήματα που αποφέρει η υιοθέτηση ενός συστήματος VMI , στόχος αυτής της μελέτης Θεωρώντας ότι η ζήτηση του λιανοπωλητή ακολουθεί το υπόδειγμα AR(1) ,και ακολουθώντας παρόμοιες μελέτες, οι συγγραφείς υιοθέτησαν ένα σύστημα περιοδικής επιθεώρησης(OUT) προκειμένου στο τέλος κάθε περιόδου να ποσοτικοποιήσουν τα οφέλη τόσο της ανταλλαγής πληροφοριών όσο και της υιοθέτησης ενός συστήματος VMI σε μία εφοδιαστική αλυσίδα πολλαπλών σταδίων . Τέλος , πραγματοποίησαν μια συγκριτική μελέτη μεταξύ εφοδιαστικών αλυσίδων με τρεις διαφορετικές συνθήκες με ίδιους χρόνους παράδοσης σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας, με αυξανόμενους χρόνους καθώς ανεβαίνουμε την εφοδιαστική αλυσίδα καθώς και με φθίνοντες χρόνους όσο κινούμαστε προς τα ανώτερα επίπεδα μιας εφοδιαστικής αλυσίδας σχετικά με τα οφέλη της ανταλλαγής πληροφοριών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν δείχνουν ότι σε αντίθεση με την υπάρχουσα βιβλιογραφία και το άρθρο των Wu και Cheng(2008) σχετικά με μια αλυσίδα εφοδιασμού τριών σταδίων με μη-μηδενικούς χρόνους αναπλήρωσης αποθεμάτων, οι Sabitha et. al. απέδειξαν ότι για μια εφοδιαστική αλυσίδα πολλαπλών σταδίων δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ της ανταλλαγής πληροφόρησης εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας και του VMI σχετικά με την εκτίμηση και τη διακύμανση της συνολικής ζήτησης, όσο αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης. Παρατήρησαν επίσης ότι η διακύμανση της συνολικής ζήτησης σε σχέση με το χρόνο παράδοσης αντικατοπτρίζεται στη διακύμανση του επιπέδου αποθέματος ανεξάρτητα από το αν

υπάρχει ανταλλαγή ή μη-ανταλλαγή πληροφόρησης. Τέλος, διαπίστωσαν ότι η ανταλλαγή πληροφόρησης έχει περισσότερη αξία για τα ανώτερα μέλη μιας εφοδιαστικής αλυσίδας όταν η συσχέτιση της ζήτησης είναι υψηλή ή όταν οι χρόνοι παράδοσης είναι υψηλοί ή και συνδυασμός αυτών .

Σε παλαιότερες έρευνες έχει τονιστεί πως θα πρέπει να γίνεται διαχωρισμός ανάμεσα στην ακρίβεια της πρόβλεψης και στην χρησιμότητα της πρόβλεψης, καθώς υποστηρίζεται πως οι μετρήσεις αναφορικά με την ακρίβεια της πρόβλεψης παρέχουν κακή ένδειξη σχετικά με το κόστος και τα οφέλη που προκύπτουν από τις προβλέψεις. Μια ακριβής πρόβλεψη δεν είναι απαραίτητα συνδεδεμένη με την μείωση του κόστους του αποθέματος (Boylan & Syntetos, 2006).

Σε μια εφοδιαστική αλυσίδα δυο επιπέδων , όπου και ο προμηθευτής πέρα από τον λιανοπωλητή θα ακολουθεί την πολιτική «παραγγελιών αναπλήρωσης στοχευμένου επιπέδου αποθέματος» (Order Up To) , απαιτείται η εξέταση δυο σεναρίων με σκοπό να προσδιοριστεί το επίπεδο αποθέματος του προμηθευτή. Το πρώτο σενάριο αφορά το σενάριο της Μη Ανταλλαγής Πληροφόρησης (No Information Sharing- NIS) και το δεύτερο το σενάριο της Ανταλλαγής Πληροφόρησης (Information Sharing- IS).

Οι Ali et al. (2012) ανέλυσαν τη σχέση μεταξύ της ακρίβειας της ζήτησης και των αποθεμάτων στηριζόμενοι στους παράγοντες που την επηρεάζουν. Καθώς η ζήτηση του λιανοπωλητή περιγράφεται από το υπόδειγμα ARIMA, εστίασαν σε τρεις στάσιμες διαδικασίες ζήτησης AR(1) , MA(1) και ARMA(1,1) κάτω από δύο διαφορετικά σενάρια: α) Σενάριο της Μη Ανταλλαγής Πληροφόρησης (No Information Sharing- NIS) και β) Σενάριο της Ανταλλαγής Πληροφόρησης (Information Sharing- IS) σε μία εφοδιαστική αλυσίδα δύο σταδίων. Οι παραγγελίες προς προμηθευτές, στη συνέχεια, γίνονται με βάση τις κοινές τους προβλέψεις. Οι δύο προσεγγίσεις συγκρίνονται με τον υπολογισμό της ακρίβειας της πρόβλεψης, των υπάρχοντων παρακρατηθέντων αποθεμάτων (inventory holdings) και του κόστους αποθεμάτων. Στη μελέτη αυτή, γίνεται η υπόθεση, ότι οι αλυσίδες εφοδιασμού μπορεί να υιοθετήσουν μία από τις δύο στρατηγικές. Η διαχείριση των αποθεμάτων και των δύο διέπεται από την εφαρμογή της πολιτικής περιοδικής αναπλήρωσης του στοχευμένου επιπέδου αποθέματος(Order up to). Σε αυτό το σύστημα διαχείρισης των αποθεμάτων, η θέση του αποθέματος συγκρίνεται με ένα προκαθορισμένο επίπεδο ανώτατου αποθέματος και πραγματοποιείται ο κατάλληλος όγκος παραγγελίας ούτως ώστε να έρθει σε ισορροπία με το προκαθορισμένο επίπεδο των αποθεμάτων. Η πρόβλεψη

ακριβείας της ζήτησης εκτιμάται χρησιμοποιώντας την μέθοδο των ελαχίστων μέσων τετραγωνικών σφαλμάτων (MMSE). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η πρόβλεψη που προκύπτει από ανταλλαγή πληροφοριών έχει την δυνατότητα να βελτιώσει την ακρίβεια της πρόβλεψης σε μια εφοδιαστική αλυσίδα δυο σταδίων. Ωστόσο, αυτή η βελτίωση εξαρτάται τόσο από την διαδικασία όσο και από τις παραμέτρους ζήτησης του λιανοπωλητή. Άμεση συνέπεια αυτής της βελτίωσης είναι η μεγαλύτερη εξοικονόμηση αποθεμάτων η οποία, όπως προκύπτει, είναι ανεξάρτητη από τη ζήτηση.

Παρά την έντονη επισήμανση της σημασίας και της αξίας της ανταλλαγής πληροφορήσης σε μια εφοδιαστική αλυσίδα, υπάρχουν έρευνες που μελέτησαν πολλές εφοδιαστικές αλυσίδες, οι οποίες ενδέχεται να μην μοιράζονται πληροφορίες ανάμεσα στα μέλη της, εξαιτίας πολλών περιορισμών, όπως η συμβατότητα των συστημάτων πληροφοριών, η ποιότητα των πληροφοριών, η εμπιστοσύνη και η εμπιστευτικότητα. Στην περίπτωση όπου ο λιανοπωλητής δεν μεταφέρει πληροφορίες στο ανώτερο μέλος, ο προμηθευτής έχει δυο επιλογές. Η πρώτη αφορά την περίπτωση όπου θα πρέπει να βασίσει τα σχέδιά του στον λιανοπωλητή και η δεύτερη αφορά την περίπτωση όπου θα πρέπει να διεξάγει συμπεράσματα για ζήτηση, μέσω των μαθηματικών. Βέβαια η διεξαγωγή συμπερασμάτων είναι δύσκολη στις περιπτώσεις αυτές και η χρήση μεθόδων όπως αυτή της μεθόδου του απλού κινητού μέσου (SMA) μπορεί να διευκολύνει την διεξαγωγή συμπερασμάτων για τη ζήτηση.

Μια από τις μελέτες αυτές είναι των Ali et al. (2017), οι οποίοι μελετούν το φαινόμενο του “Downstream Demand Inference” (DDI), σύμφωνα με το οποίο το ανώτερο μέλος σε μια εφοδιαστική αλυσίδα, δηλαδή ο προμηθευτής, έχει τη δυνατότητα να γνωρίζει τη ζήτηση των χαμηλότερων επιπέδων χωρίς να υπάρχει Ανταλλαγή πληροφορήσης. Πιο αναλυτικά, το παρόν άρθρο μελετά την μέθοδο DDI, η οποία βασίζεται στην μέθοδο του Απλού Κινητού Μέσου (SMA), και συγκεκριμένα στις περιπτώσεις όπου σε μια εφοδιαστική αλυσίδα δεν είναι εφικτή η ανταλλαγή πληροφοριών. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει στο ανώτερο μέλος σε μια εφοδιαστική αλυσίδα να μπορεί να γνωρίζει την ζήτηση χωρίς να πραγματοποιηθεί ανταλλαγή πληροφοριών, χρησιμοποιώντας μόνο τα μαθηματικά. Η επίδοση της μεθόδου που μελετάται μετριέται μέσω της σύγκρισης του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (MSE) των προβλέψεων και το κόστος αποθεματοποίησης της μεθόδου DDI μέσω δυο στρατηγικών, της Μη Ανταλλαγής Πληροφοριών (No Information Sharing) (NIS) και της Ανταλλαγής Πληροφοριών πρόβλεψης (Forecast Information Sharing) (FIS). Για

την διεξαγωγή συμπερασμάτων πραγματοποιήθηκαν πειράματα σε δεδομένα κατά την περίοδο εκπτώσεων σε Ευρωπαϊκά σουπερμάρκετ στην Γερμανία. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η Ανταλλαγή Πληροφοριών επιφέρει περισσότερα οφέλη σε μια εφοδιαστική αλυσίδα σε σύγκριση με τη Μη-Ανταλλαγή πληροφοριών, όπως έχουν επισημάνει και παλαιότερες έρευνες. Ακόμα, μέσω της σύγκρισης της Ανταλλαγής Πληροφοριών πρόβλεψης και του DDI τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο κατασκευαστής μπορεί να γνωρίζει πληροφορίες αναφορικά με τη ζήτηση είτε μέσω των συμπερασμάτων που διεξάγονται από την μέθοδο DDI , είτε μέσω της Ανταλλαγής Πληροφοριών πρόβλεψης (FIS). Η βέλτιστη επίδοση της ανταλλαγής πληροφοριών δείχνει ότι η μέθοδος προβλέψεων λειτουργεί πιο αποτελεσματικά συγκριτικά με την μέθοδο του Κινητού Μέσου.

Η μέθοδος που μελετάται φαίνεται να φέρει βελτιώσεις στο κομμάτι της Μη Ανταλλαγής Πληροφόρησης(NIS) ,μέσω της μείωσης Ελαχίστου Τετραγωνικού Σφάλματος (MSE) και μέσω μείωσης αποθεμάτων στην εφοδιαστική αλυσίδα. Μέσα από την σύγκριση μεταξύ του DDI και της Μη Ανταλλαγής Πληροφοριών φαίνεται πως εάν ο λιανοπωλητής συμφωνήσει να χρησιμοποιήσει την μέθοδο του Κινητού Μέσου με σκοπό την πρόβλεψη της ζήτησης, ο προμηθευτής θα έχει τη δυνατότητα να διεξάγει συμπεράσματα για την ζήτηση του καταναλωτή. Στην συνέχεια, θα μπορεί να βασίσει τα σχέδια του στην πραγματική ζήτηση και όχι στις παραγγελίες που πραγματοποιεί ο λιανοπωλητής. Τέλος, χρησιμοποιώντας τη λιγότερο μεταβαλλόμενη καταναλωτική ζήτηση, ο κατασκευαστής θα είναι σε θέση να μειώσει το κόστος αποθεματοποίησης, λόγω της βελτιωμένης ακρίβειας της πρόβλεψης των παραγγελιών.

Συμπερασματικά, ποικίλες έρευνες έχουν επισημάνει την αξία της ανταλλαγής πληροφοριών σε μια εφοδιαστική αλυσίδα. Κάποιες έρευνες επισημαίνουν πως η ανταλλαγή πληροφορίας οδηγεί στη μείωση των αποθεμάτων και συνεπώς στη μείωση του κόστους για την πλευρά του προμηθευτή. Πιο αναλυτικά, επισημαίνουν πως η ανταλλαγή πληροφορίας έχει περισσότερη αξία για τα ανώτερα μέλη μιας εφοδιαστικής αλυσίδας όταν η συσχέτιση της ζήτησης είναι υψηλή ή όταν οι χρόνοι παράδοσης είναι υψηλοί ή και συνδυασμός αυτών . Αντιθέτως, άλλες έρευνες να μεν τονίζουν την αξία της πληροφόρησης, αλλά επισημαίνουν πως η ανταλλαγή πληροφορίας ανάμεσα σε όλα τα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας οδηγεί στις βέλτιστες επιδόσεις ολόκληρης της αλυσίδας.

Η Ανταλλαγή Πληροφοριών έχει την δυνατότητα να βελτιώσει την ακρίβεια της πρόβλεψης σε μια εφοδιαστική αλυσίδα δυο σταδίων. Ωστόσο, αυτή η βελτίωση

εξαρτάται τόσο από την διαδικασία ζήτησης όσο και από παραμέτρους ζήτησης του λιανοπωλητή. Η εξοικονόμηση αποθεμάτων εξαρτάται από τη βελτίωση της ακρίβειας της πρόβλεψης και σύμφωνα με τις παραπάνω έρευνες είναι ανεξάρτητη από τη ζήτηση.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### Μαθηματική Ανάλυση των Σεναρίων Ανταλλαγής και Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης

#### 3.1 Προσδιορισμός της Ποσότητας Παραγγελίας σε μία Εφοδιαστική Αλυσίδα 2 σταδίων

Όπως ειπώθηκε στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο, η εφοδιαστική αλυσίδα δύο σταδίων αποτελείται από τον προμηθευτή ο οποίος ανήκει στο ανώτερο επίπεδο (upstream member) και από τον λιανοπωλητή, ο οποίος ανήκει στο κατώτερο επίπεδο (downstream member) και αφορά τη ροή ενός προϊόντος από τον πρώτο στο δεύτερο. Στη θέση του προμηθευτή μπορεί να βρίσκονται και άλλης μορφής μέλη όπως ένας μεταπωλητής ή μία αποθήκη.

Ξεκινώντας από τον λιανοπωλητή η διαχρονική εξέλιξη των εκάστοτε παραγγελιών του περιγράφεται ως ακολούθως: Ο λιανοπωλητής επιθεωρεί το επίπεδο του αποθέματος του στο τέλος κάθε χρονικής περιόδου ( $t$ ) και ανάλογα με το μέγεθος της ζήτησης  $d_t$  (που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της περιόδου  $t$ ) που καλείται να αντιμετωπίσει, πραγματοποιεί την αντίστοιχη παραγγελία  $q_t$  στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t$ . Η διαδικασία προσδιορισμού της  $q_t$  βασίζεται στο γεγονός ότι ο λιανοπωλητής θα παραγγείλει την απαιτούμενη ποσότητα τόσο για την κάλυψη της ζήτησης της τρέχουσας περιόδου, όσο και για την αναπλήρωση του στοχευμένου επίπεδο αποθέματος μεταξύ των περιόδων  $t$  και  $t-1$ , λόγω αναπροσαρμογής της πρόβλεψης της συνολικής ζήτησης. Έπειτα από την εκτέλεση της παραγγελίας μεσολαβεί ένας σταθερός χρόνος παράδοσης του προϊόντος (Lead Time,  $L$ ) από την χρονική στιγμή που δίνεται η παραγγελία ( $q_t$ ) μέχρι την παραλαβή της. Μια παραγγελία λοιπόν που πραγματοποιείται στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t$  παραλαμβάνεται στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t+L$ . (Κεβόρκ, 2018)

Βάσει των ανωτέρω παρατηρήσεων, η ποσότητα της παραγγελίας που δίνεται στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t$  εκφράζεται με τον τύπο:

$$q_t = d_t + (y_t - y_{t-1}) \quad (1)$$

Ο προμηθευτής λοιπόν στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t$  δέχεται την παραγγελία του λιανοπωλητή  $q_t$ . Παράλληλα επιθεωρεί το στοχευμένο επίπεδο αποθέματός του και εκτελεί την δική του παραγγελία στον κατασκευαστή την οποία θα παραλάβει στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t+L$  και θα τη χρησιμοποιήσει για την ικανοποίηση της ζήτησης του λιανοπωλητή που θα εμφανιστεί στο τέλος της

συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Ο λιανοπωλητής θέτει το επιθυμητό επίπεδο αποθέματος  $y_t$  (Order Up To Level) έχοντας ως στόχο την εξυπηρέτηση της ζήτησης με μια συγκεκριμένη πιθανότητα. Στην συγκεκριμένη πολιτική αναπλήρωσης στοχευμένου επιπέδου αποθέματος το επιθυμητό απόθεμα είναι αυτό που θα επιτρέψει στον λιανοπωλητή να ικανοποιήσει τη ζήτηση που θα προκύψει μέχρι την παραλαβή της νέας παραγγελίας συν το απόθεμα ή το στοκ ασφαλείας. Από τη στιγμή που εκτελείται η παραγγελία μέχρι να εκπληρωθεί από τον προμηθευτή προκύπτει η πραγματική συνολική ζήτηση η οποία θα εμφανιστεί στις χρονικές περιόδους  $t+1, t+2, \dots, t+L$  με

$$D_t^L = \sum_{\tau=1}^L d_{t+\tau} \quad (2)$$

Έχοντας διαθέσιμο το σύνολο των στοιχείων  $\{\dots, d_{t-2}, d_{t-1}, d_t\}$  που αφορά το μέγεθος της ζήτησης τις χρονικές περιόδους  $\dots, t-2, t-1, t$ , η προβλεπόμενη συνολική ζήτηση στο χρόνο παράδοσης του προϊόντος (L) συμβολίζεται με  $\widehat{D}_t^L$  και δίνεται από τον τύπο:

$$\widehat{D}_t^L = \sum_{\tau=1}^L \widehat{d}_{t+\tau} \quad (3)$$

όπου  $\widehat{d}_{t+\tau}$  είναι η πρόβλεψη Ελαχίστου Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (MMSE) η οποία διενεργείται τη χρονική περίοδο  $t$  και αφορά το μέγεθος της ζήτησης για τη χρονική περίοδο  $t+\tau$  με

$$\widehat{d}_{t+\tau} = \frac{\delta}{1-\varphi} (\mathbf{1} - \varphi^\tau) + \varphi^\tau d_t \quad (4)$$

Το στοχευμένο επίπεδο αποθέματος στη χρονική περίοδο  $t$  εκφράζεται με τον τύπο:

$$y_t = \widehat{D}_t^L + z\sigma_t^L \quad (5)$$

όπου  $\widehat{D}_t^L$  είναι η προβλεπόμενη συνολική ζήτηση στο L, ο όρος  $z$  είναι η αντίστροφη συνάρτηση της τυπικής κανονικής κατανομής η οποία υπολογίζεται σύμφωνα με την πιθανότητα που θα ορίσει ο λιανοπωλητής να μην ξεμείνει από στοκ στο χρόνο παράδοσης του προϊόντος(L) και  $\sigma_t^L$  είναι η τυπική απόκλιση του σφάλματος πρόβλεψης της συνολικής ζήτησης στο χρόνο παράδοσης του προϊόντος (L).

Η τυπική απόκλιση του σφάλματος πρόβλεψης της συνολικής ζήτησης δίνεται από τη σχέση :

$$\sigma_t^L = \sqrt{V(D_t^L - \widehat{D}_t^L)} \quad (6)$$

Οι τύποι που εκφράζουν το στοχευμένο επίπεδο αποθέματος και τη πραγματική συνολική ζήτηση στη χρονική περίοδο t-1 είναι :

$$y_{t-1} = \widehat{D}_{t-1}^L + z\sigma_{t-1}^L \quad (7)$$

και

$$D_{t-1}^L = \sum_{\tau=1}^L d_{t-1+\tau} \quad (8)$$

αντίστοιχα .

Με αντικατάσταση των  $y_t = \widehat{D}_t^L + z\sigma_t^L$  και  $y_{t-1} = \widehat{D}_{t-1}^L + z\sigma_{t-1}^L$  στη σχέση (1) προκύπτει ότι :

$$\begin{aligned} q_t &= d_t + (y_t - y_{t-1}) \\ &= d_t + (\widehat{D}_t^L + z\sigma_t^L - \widehat{D}_{t-1}^L + z\sigma_{t-1}^L) \\ &= (\widehat{D}_t^L - \widehat{D}_{t-1}^L) + z(\sigma_t^L - \sigma_{t-1}^L) + d_t \end{aligned} \quad (9)$$

Καθώς η υπό εξέταση ζήτηση ακολουθεί το στάσιμο υπόδειγμα AR(1) , ισχύει ότι

$$\sigma_t^L = \sigma_{t-1}^L, \text{ όπου } \sigma_t^L = \sqrt{V(D_t^L - \widehat{D}_t^L)} \text{ και } \sigma_{t-1}^L = \sqrt{V(D_{t-1}^L - \widehat{D}_{t-1}^L)} \text{ αντίστοιχα}$$

(Zhang ,2004) .

Συνεπώς η τελική μαθηματική έκφραση η οποία μας δίνει την ποσότητα παραγγελίας είναι :

$$q_t = (\widehat{D}_t^L - \widehat{D}_{t-1}^L) + d_t \quad (10)$$

Είναι προφανές σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο ότι η ποσότητα παραγγελίας εξαρτάται τόσο από τη διαφορά των προβλέψεων της συνολικής ζήτησης των χρονικών περιόδων t και t-1 όσο και από το μέγεθος της ζήτησης  $d_t$  .

### 3.2 Διαχρονική Εξέλιξη των παραγγελιών του Προμηθευτή

Η διαχρονική εξέλιξη των παραγγελιών του προμηθευτή εξαρτάται από το εάν γνωρίζει τη ζήτηση που αντιμετωπίζει ο λιανοπωλητής σε κάθε περίοδο. Επομένως για να προσδιοριστεί το στοχευμένο επίπεδο αποθέματος του προμηθευτή απαιτείται η εξέταση του σεναρίου της Ανταλλαγής Πληροφόρησης (Information Sharing-IS) στο οποίο ο προμηθευτής γνωρίζει τα στοιχεία της ζήτησης που αντιμετωπίζει κάθε περίοδο ο λιανοπωλητής ή του σεναρίου της Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης(No Information Sharing-NIS) σύμφωνα με το οποίο ο λιανοπωλητής δε διαθέτει το σύνολο των στοιχείων της ζήτησης που αντιμετωπίζει στον προμηθευτή. Εφαρμόζοντας



λοιπόν την πολιτική παραγγελιών αναπλήρωσης στοχευμένου αποθέματος , η διαχρονική εξέλιξη των παραγγελιών του προμηθευτή εξαρτάται πλέον από το αν υπάρχει γνωστοποίηση της ζήτησης από τον λιανοπωλητή στον προμηθευτή (Info Sharing) ή μη γνωστοποίηση της ζήτησης (No Info Sharing) . Στο στάδιο προσδιορισμού του στοχευμένου επιπέδου αποθέματος απαιτείται εξέταση των 2 σεναρίων :

*A) Σενάριο Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης (No Information Sharing)*

Σύμφωνα με αυτό το σενάριο ο λιανοπωλητής δεν διαθέτει τα στοιχεία  $H_t = \{d_1, d_2, \dots, d_{t-1}, d_t\}$  στον προμηθευτή.

*B) Σενάριο Ανταλλαγής Πληροφόρησης (Information Sharing)*

Σύμφωνα με αυτό το σενάριο το σύνολο της ζήτησης που αντιμετωπίζει ο λιανοπωλητής  $H_t = \{d_1, d_2, \dots, d_{t-1}, d_t\}$  σε κάθε περίοδο διατίθεται στον προμηθευτή. (Κεβόρκ, 2018)

**3.2.1 Σενάριο Ανταλλαγής Πληροφόρησης (Information Sharing)**

Στο σενάριο αυτό ο προμηθευτής δεν έχει μόνο διαθέσιμο το σύνολο των παραγγελιών  $O_t = \{q_1^{(R)}, q_2^{(R)}, \dots, q_{t-1}^{(R)}, q_t^{(R)}\}$  αλλά όλο το σύνολο  $H_t = \{d_1, d_2, \dots, d_{t-1}, d_t\}$  που αφορά τη ζήτηση που καλείται να ικανοποιήσει ο λιανοπωλητής. Θεωρώντας λοιπόν ότι η ζήτηση του λιανοπωλητή ακολουθεί το υπόδειγμα AR(1) αποδεικνύεται ότι η ζήτησή του περιγράφεται από τον τύπο  $d_t = \delta + \varphi d_{t-1} + \varepsilon_t$ ,  $|\varphi| < 1$  (11) όπου  $\delta$  η σταθερά που προσδιορίζει τον μέσο της ζήτησης,  $\varphi$  ο συντελεστής παλινδρόμησης πρώτης τάξης με την συνθήκη  $|\varphi| < 1$  η οποία διασφαλίζει ότι η διαδικασία είναι στάσιμη ως προς τη διακύμανση και  $\varepsilon_t$  είναι τυχαίο σφάλμα (τυχαία μεταβλητή) το οποίο ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή 0 και διακύμανση  $\sigma^2$ .

Η ζήτηση  $q_t$  του προμηθευτή διαμορφώνεται σύμφωνα με το υπόδειγμα ARMA (1,1) με

$$q_t^{(R)} = d + \varphi q_{t-1} + v_t + \theta v_{t-1} \tag{12}$$

όπου  $v_t = \frac{1-\varphi^{LR+1}}{1-\varphi} \varepsilon_t$  (13) και  $\theta = -\varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi^{LR+1}}$  (14) (Κεβόρκ, 2018)

Τόσο ο παραπάνω τύπος της ζήτησης  $q_t$  του προμηθευτή όσο και οι παράμετροι  $v_t$  και  $\theta$  αποδεικνύονται ως εξής:

Επειδή το μέγεθος της παραγγελίας της περιόδου δίνεται από τη σχέση

$$q_t = d_t + \frac{\varphi(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi} (d_t - d_{t-1}) \quad (15)$$

Προκύπτει ότι για τη χρονική περίοδο  $t+1$  ισχύει

$$q_{t+1} = \left(1 + \varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi}\right) d_{t+1} - \varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi} d_t \quad (16)$$

Καθώς όμως η ζήτηση  $d_t$  διαμορφώνεται σύμφωνα με το υπόδειγμα AR(1) με

$d_t = \delta + \varphi d_{t-1} + \varepsilon_t$  η σχέση (4) διαμορφώνεται ως εξής :

$$\begin{aligned} q_{t+1} &= \left(1 + \frac{\varphi(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi}\right) (\delta + \varphi d_t + \varepsilon_{t+1}) - \varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi} (\delta + \varphi d_{t-1} + \varepsilon_t) \\ &= \delta + \left(1 + \varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi}\right) (\varphi d_t + \varepsilon_{t+1}) - \varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi} (\varphi d_{t-1} + \varepsilon_t) \\ &= \delta + \varphi d_t + \varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi} d_t + \frac{1-\varphi^{LR}}{1-\varphi} \varepsilon_{t+1} - \varphi^2 \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi} d_{t-1} - \varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi} \varepsilon_t \\ &= \delta + \varphi \left[ d_t + \varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi} (d_t - d_{t-1}) \right] + \frac{1-\varphi^{LR+1}}{1-\varphi} \varepsilon_{t+1} - \varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi} \varepsilon_t \end{aligned} \quad (17)$$

Καθώς όμως η παράσταση εντός των παρενθέσεων της σχέσης (17) δίνει το  $q_t$  άρα

$$q_{t+1} = \delta + \varphi q_t + v_{t+1} + \theta v_t$$

$$\text{Όπου } v_{t+1} = \frac{1-\varphi^{LR+1}}{1-\varphi} \varepsilon_{t+1} \quad (18)$$

$$\text{Θέτω } \theta v_t = -\varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi} \varepsilon_t \quad (19)$$

Και χρησιμοποιώντας τη σχέση (18) προκύπτει ότι :

$$\theta \frac{1-\varphi^{LR+1}}{1-\varphi} = -\varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi} \quad (20)$$

Λύνοντας ως προς  $\theta$  προκύπτει ότι

$$\theta = -\varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi^{LR+1}}$$

$$\text{Επομένως } q_{t+1}^{(R)} = \delta + \varphi q_t + \theta v_t + v_{t+1}$$

$$\text{Όπου } v_t = \frac{1-\varphi^{LR+1}}{1-\varphi} \varepsilon_t$$

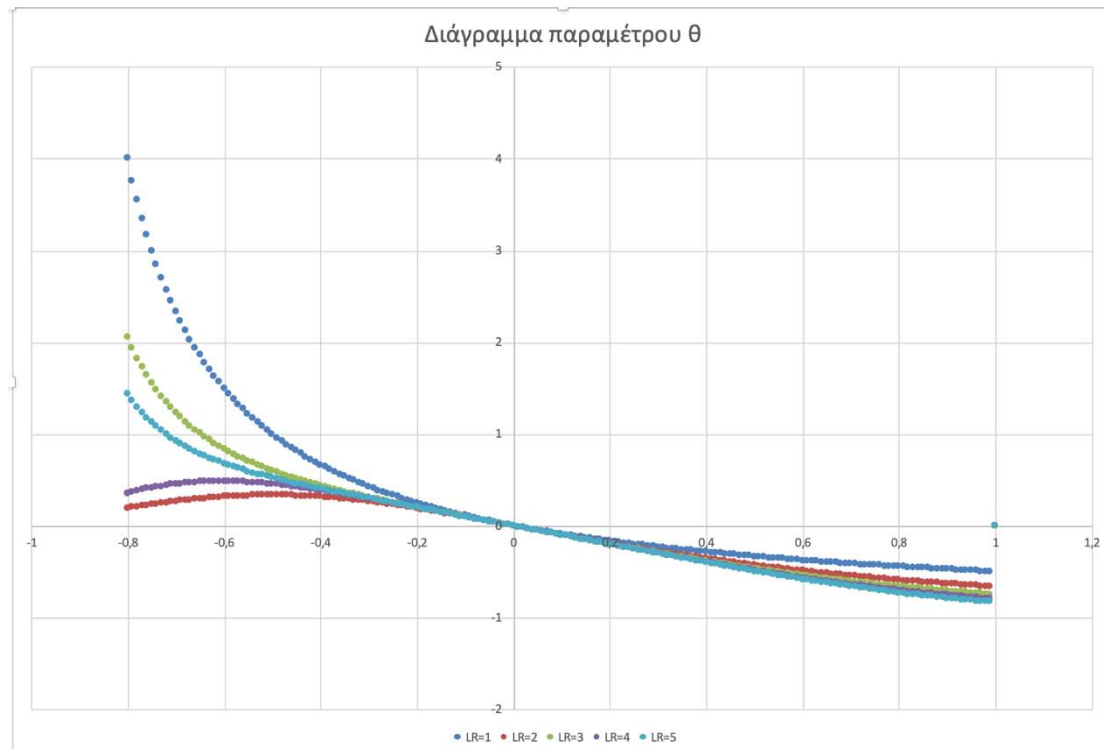
$$\text{με διακύμανση } \sigma_v^2 = \left(\frac{1-\varphi^{LR+1}}{1-\varphi}\right) \sigma_\varepsilon^2$$

και

$$\theta = -\varphi \frac{(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi^{LR+1}}$$

Καθώς η παραπάνω ζήτηση διαμορφώνεται σύμφωνα με το υπόδειγμα ARMA(1,1) , για να είναι το υπόδειγμα στάσιμο πρέπει  $|\varphi| < 1$  ενώ για να είναι

αντιστρέψιμο πρέπει  $|\theta| < 1$  .Δίνοντας διαφορετικές τιμές στο  $L_R$  με  $L_R = 1,2,3,4,5$  και δεδομένου ότι  $|\varphi| < 1$  παίρνουμε το ακόλουθο διάγραμμα με τις τιμές που λαμβάνει η παράμετρος  $\theta$ .



**Διάγραμμα 3.1:** Διάγραμμα παραμέτρου  $\theta$  για τις διάφορες τιμές του χρόνου παράδοσης

Ο παρακάτω πίνακας(Πίνακας 3.1) περιέχει ορισμένες τιμές της παραμέτρου  $\theta$  για συγκεκριμένες τιμές της παραμέτρου  $\varphi$ .

**Πίνακας 3.1:** Τιμές της παραμέτρου  $\theta$  για συγκεκριμένες τιμές του  $\varphi$

$\varphi$	$\theta$ για LR=1	$\theta$ για LR=2	$\theta$ για LR=3	$\theta$ για LR=4	$\theta$ για LR=5
-0,99	99	0,00999899	49,5024999	0,01999495	33,005555
-0,9	9	0,0989011	4,52486188	0,19460041	3,0549856
-0,8	4	0,19047619	2,04878049	0,35574837	1,43950039
-0,7	2,33333333	0,26582278	1,23713647	0,45539223	0,92667091
-0,6	1,5	0,31578947	0,83823529	0,48456057	0,6783029
-0,5	1	0,33333333	0,6	0,45454545	0,52380952
-0,4	0,66666667	0,31578947	0,43678161	0,38580931	0,40575798
-0,3	0,42857143	0,26582278	0,31061599	0,29684866	0,30094839
-0,2	0,25	0,19047619	0,20192308	0,19961612	0,2000768
-0,1	0,11111111	0,0989011	0,10011001	0,099989	0,1000011
0	0	0	0	0	0
0,1	-0,0909091	-0,0990991	-0,09991	-0,099991	-0,0999991
0,2	-0,1666667	-0,1935484	-0,1987179	-0,1997439	-0,1999488
0,3	-0,2307692	-0,2805755	-0,2942837	-0,2982949	-0,2994893
0,4	-0,2857143	-0,3589744	-0,3842365	-0,3937924	-0,3975323
0,5	-0,3333333	-0,4285714	-0,4666667	-0,483871	-0,4920635
0,6	-0,375	-0,4897959	-0,5404412	-0,5662734	-0,5804243
0,7	-0,4117647	-0,543379	-0,6052112	-0,6393927	-0,6599993
0,8	-0,4444444	-0,5901639	-0,6612466	-0,7025226	-0,7289444
0,9	-0,4736842	-0,6309963	-0,7092178	-0,7558057	-0,7865797
0,99	-0,4974874	-0,663311	-0,7462186	-0,7959598	-0,8291178

Συνοπτικά μέσω της γραφικής παράστασης αλλά και του πίνακα ορισμένων τιμών της παραμέτρου  $\theta$  παρατηρούμε ότι :

- Όταν  $\varphi=0$  η τιμή του  $\theta$  μηδενίζεται για όλες τις τιμές του  $L_R$
- Για τιμές του  $\varphi$  με  $-1 < \varphi < 0$  η παράμετρος  $\theta$  είναι θετική για όλες τις τιμές του  $L_R=1,2,3,4,5$  όμως ελαττώνεται με φθίνοντα ρυθμό όσο οι τιμές του  $\varphi$  πλησιάζουν στο 0.
- Για τις περιττές τιμές του  $L_R= 1,3,5$  και για  $-1 < \varphi < 0$  η ένταση της μείωσης είναι μεγαλύτερη κάτι αναμενόμενο από μαθηματικής πλευράς καθώς το κλάσμα  $\frac{(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi^{L_R+1}}$  μεγαλώνει συνεπώς η παράμετρος  $\theta$  μειώνεται.
- Για τις τιμές του  $\varphi > 0$  η παράμετρος  $\theta$  είναι αρνητική για όλες τις τιμές του  $L_R=1,2,3,4,5$  όμως όσο μεγαλώνει το  $L_R$  τόσο μεγαλύτερη είναι η μείωση που υφίσταται η παράμετρος  $\theta$ .

### 3.2.2 Ποσοτικοποίηση του φαινομένου Bullwhip σε σενάριο Ανταλλαγής Πληροφόρησης (Information Sharing)

Όπως ειπώθηκε στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο , καθώς οδεύουμε από τα κατώτερα επίπεδα(λιανοπωλητής) προς τα ανώτερα επίπεδα (προμηθευτής) μιας εφοδιαστικής αλυσίδας, υπάρχει αύξηση της μεταβλητότητας της ζήτησης , φαινόμενο το οποίο καλείται φαινόμενο Bullwhip. Η εφοδιαστική αλυσίδα ανάλογα με το μέγεθος της

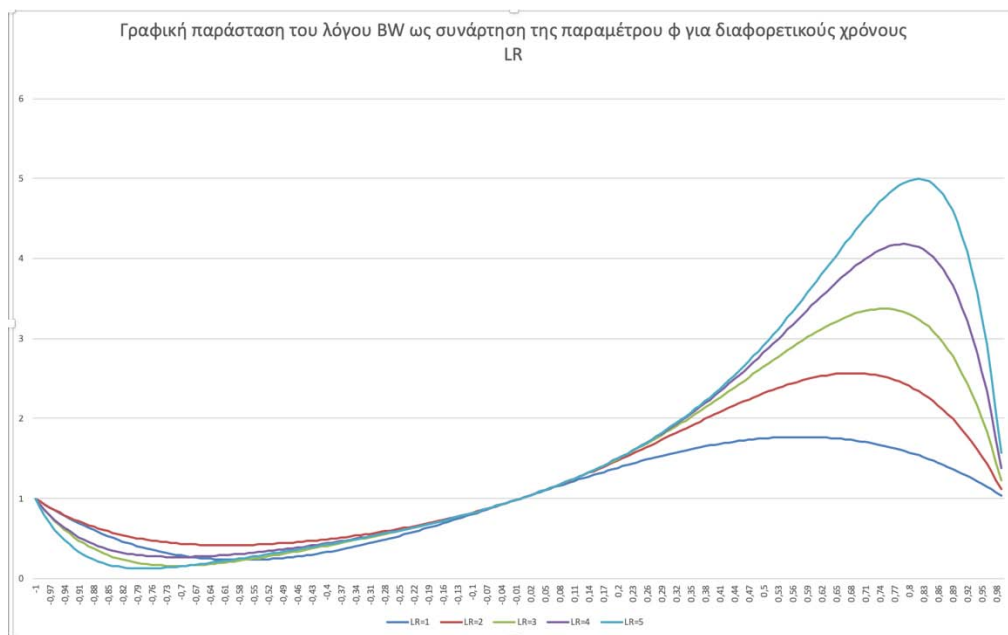
έκτασης που μπορεί να πάρει το φαινόμενο Bullwhip μπορεί να χαρακτηριστεί από μεγάλη αστάθεια.

Υιοθετώντας ο λιανοπωλητής το σενάριο Ανταλλαγής Πληροφόρησης (IS), το μέγεθος του φαινομένου Bullwhip αντικατοπτρίζεται στον λόγο:

$$BW_t^{(IS)} = \frac{var(q_t^{IS})}{var(d_t)} = 1 + 2\varphi \frac{(1-\varphi^{L_R})(1-\varphi^{L_R+1})}{1-\varphi} \quad (21)$$

ο οποίος αποτελεί μέτρο ποσοτικοποίησης τόσο του φαινομένου Bullwhip όσο και του anti-Bullwhip. Σύμφωνα με τον ορισμό, όταν η διακύμανση της ζήτησης του προμηθευτή είναι μεγαλύτερη της διακύμανσης της ζήτησης του λιανοπωλητή τότε υφίσταται το φαινόμενο Bullwhip. Αντίθετα το φαινόμενο Anti-Bullwhip, όρος ο οποίος δόθηκε από τους Li et al. (2005), υφίσταται όταν η διακύμανση της ζήτησης του προμηθευτή τείνει να είναι μικρότερη συγκριτικά με τη ζήτηση του λιανοπωλητή.

Δίνοντας διαφορετικές τιμές στο  $L_R$  με  $L_R = 1, 2, 3, 4, 5$  και δεδομένου ότι  $|\varphi| < 1$  παίρνουμε το ακόλουθο διάγραμμα (3.2) με τις τιμές που λαμβάνει ο λόγος Bullwhip ως συνάρτηση της παραμέτρου  $\varphi$ .



**Διάγραμμα 3.2:** Γραφική Παράσταση του λόγου Bullwhip ως συνάρτηση της παραμέτρου  $\varphi$  για τις διάφορες τιμές του χρόνου παράδοσης

Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 3.2) περιέχει ορισμένες τιμές του λόγου Bullwhip ως συνάρτηση της παραμέτρου  $\varphi$  για διαφορετικούς χρόνους  $L_R$ .

Πίνακας 3.2: Τιμές της παραμέτρου  $\varphi$  για διαφορετικούς χρόνους παράδοσης

$\varphi$	LR=1	LR=2	LR=3	LR=4	LR=5
-0,99	0,960598	0,96098808	0,922752497	0,92350952	0,88640208
-0,9	0,658	0,68878	0,4366918	0,48181836	0,29398467
-0,8	0,424	0,51616	0,2065024	0,30323354	0,12921186
-0,7	0,286	0,43594	0,1595506	0,26902179	0,15123128
-0,6	0,232	0,41632	0,2061952	0,29643827	0,22939298
-0,5	0,25	0,4375	0,296875	0,35546875	0,32324219
-0,4	0,328	0,48928	0,4075648	0,43749837	0,42508454
-0,3	0,454	0,56866	0,5298394	0,54108755	0,53767728
-0,2	0,616	0,67744	0,6645376	0,6670935	0,66658134
-0,1	0,802	0,81982	0,8180182	0,81819818	0,81818018
0	1	1	1	1	1
0,1	1,198	1,21978	1,2219778	1,22219778	1,22221978
0,2	1,384	1,47616	1,4952064	1,49904026	1,49980801
0,3	1,546	1,75894	1,8272446	1,84813401	1,85443666
0,4	1,672	2,04832	2,2160512	2,28589619	2,31427459
0,5	1,75	2,3125	2,640625	2,81640625	2,90722656
0,6	1,768	2,50528	3,0471808	3,40815309	3,63763591
0,7	1,714	2,56366	3,3298534	3,95019017	4,42558658
0,8	1,576	2,40544	3,3049216	4,17550182	4,96860277
0,9	1,342	1,92682	2,6775442	3,5349488	4,45383273
0,99	1,039402	1,11702788	1,231726906	1,38237514	1,56787488

Παρατηρώντας το διάγραμμα αλλά και τον παραπάνω πίνακα καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Όταν ο χρόνος παράδοσης προϊόντος είναι μηδενικός ( $L_R = 0$ ) δεν έχουμε εμφάνιση του φαινομένου Bullwhip καθώς  $Var(q_t^{IS}) = Var(d_t)$ .
- Για αρνητικές τιμές της παραμέτρου  $\varphi$  ( $-1 < \varphi < 0$ ), ο λόγος  $BW_t^{(IS)}$  λαμβάνει τιμές κάτω του 1 επομένως υφίσταται το φαινόμενο Anti-Bullwhip.
- Για θετικές τιμές του  $\varphi$  με  $0 < \varphi < 1$  ο χρόνος παράδοσης ενός προϊόντος επηρεάζει ανάλογα την ένταση του φαινομένου Bullwhip και όσο αυτός αυξάνεται τόσο έχουμε μεγαλύτερη έξαρση του φαινομένου.
- Για υψηλούς βαθμούς αυτοσυσχέτισης το φαινόμενο Bullwhip μειώνεται.
- Για τιμές του  $\varphi$  μεταξύ 0,5 και 0,8 όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος παράδοσης του προϊόντος τόσο μεγαλύτερη ένταση εμφανίζει το φαινόμενο Bullwhip.

Σύμφωνα λοιπόν με τις παραπάνω πληροφορίες καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι όταν έχουμε θετική αυτοσυσχέτιση της ζήτησης μπορούμε να περιορίσουμε την ένταση του φαινομένου Bullwhip αν εστιάσουμε στην μείωση του χρόνου παράδοσης του προϊόντος  $L$ .

Οι Alwan et.al.(2003) τόνισαν ότι ,για δοθείσα τιμή του  $\phi$ , παρόλο που μεγαλύτεροι χρόνοι παράδοσης οδηγούν σε αύξηση των τιμών του λόγου  $BW_t$  , καθώς οι χρόνοι λαμβάνουν μεγάλες τιμές ο λόγος  $BW_t$  τείνει να σταθεροποιηθεί με  $BW_t^{(IS)} \rightarrow \frac{1+\phi}{1-\phi}$ .

Μία ακόμη ενδιαφέρουσα απόδειξη πραγματοποίησε ο Luong(2007) ο οποίος τόνισε ότι υπάρχει ένα ανώτατο όριο για τον λόγο Bullwhip όσο ο χρόνος παράδοσης προϊόντος αυξάνεται. Η τιμή αυτή του ανώτατου ορίου εξαρτάται από την τιμή της παραμέτρου  $\phi$ (Πίνακας 3.3). Γνωρίζοντας τη διακύμανση της ποσότητας παραγγελιών , ο Luong προσδιόρισε την μέτρηση του Bullwhip effect μέσω του τύπου :

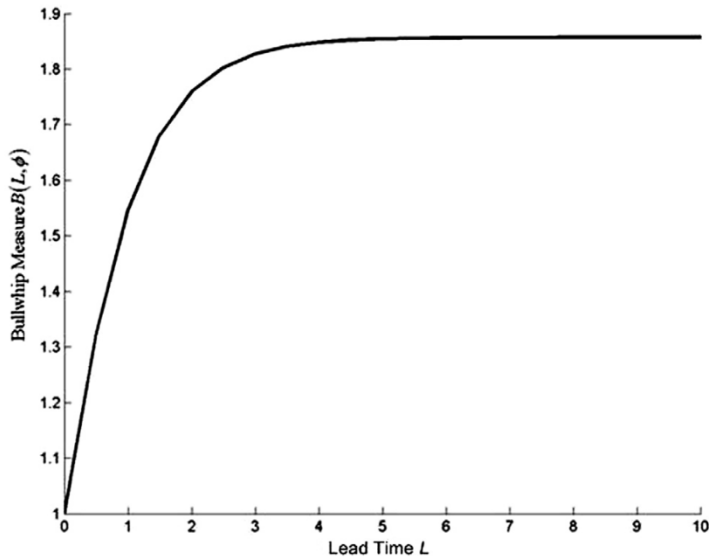
$$B(L, \phi) = \frac{Var(q_t)}{\sigma_d^2} = \frac{(1 + \phi)(1 - 2\phi^{L_R+1}) + 2\phi^{2L_R+2}}{1 - \phi}$$

Υπολογίζοντας το όριο του  $B(L, \phi)$  καθώς  $L \rightarrow \infty$  με σταθερή τιμή του συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\phi$  αποδεικνύει ότι ο λόγος Bullwhip έχει ανώτατο όριο με  $B(L, \phi) < \frac{1+\phi}{1-\phi}$ .

**Πίνακας 3.3** :Μέγιστη τιμή του λόγου BW ως συνάρτηση του χρόνου παράδοσης προϊόντος για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου  $\phi$  (Luong,2007).

Lead time $L$	$\phi_{\max}$	Maximum $B(L, \phi)$
1	0.577	1.770
2	0.683	2.566
3	0.747	3.371
4	0.789	4.180
5	0.820	4.990

Η παρακάτω γραφική παράσταση(Εικόνα 3.1) αποτυπώνει την επίδραση του χρόνου παράδοσης προϊόντος ( $L$ ) στον λόγο BW για  $\phi=0.3$  . Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό η τιμή του BW αρχικά αυξάνεται και έπειτα φτάνει στην μέγιστη τιμή του όπου και σταθεροποιείται .



**Εικόνα 3.1:** Επίδραση του χρόνου παράδοσης στον λόγο Bullwhip  
**Πηγή:** Luong,2007

### 3.2.3 Σενάριο Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης (No Information Sharing)

Η μόνη διαθέσιμη πληροφορία που έχει ο προμηθευτής σε αυτό το σενάριο είναι το σύνολο των παραγγελιών  $O_t = \{q_1, q_2, \dots, q_{t-1}, q_t\}$  που έχει πραγματοποιήσει ο λιανοπωλητής μέχρι την περίοδο  $t$  (Κεβόρκ, Κόλλιας, 2018). Ο προμηθευτής στο τέλος της περιόδου  $t$ , ακολουθώντας την πολιτική παραγγελιών αναπλήρωσης στοχευμένου επιπέδου αποθέματος, δίνει παραγγελία η οποία θα είναι της μορφής :

$$q_t^{(R)} = \hat{\delta} + \hat{\varphi}q_{t-1}^{(R)} + \hat{\theta}v_{t-1} + \hat{v}_t \quad (22)$$

αλλά δε γνωρίζει τις ακριβείς μορφές του  $\theta$  και του  $v_t$ .

Η αιτιολόγηση της σχέσης γίνεται ως εξής : Ο προμηθευτής μη γνωρίζοντας τις τιμές  $\delta$ ,  $\varphi$ ,  $\varepsilon_t$  δεν μπορεί να προσδιορίσει τις ακριβείς τιμές των  $v_t$  και  $\theta$ . Στην περίπτωση αυτή μέσω χρήσης οικονομικών μεθόδων θα πρέπει να προσαρμοστεί υπόδειγμα ARMA(1,1) για να ληφθούν οι εκτιμήσεις  $\hat{\varphi}$ ,  $\hat{\theta}$ ,  $\hat{v}_t$ . Συνεπώς οι παραγγελίες θα προσδιορίζονται με βάση το υπόδειγμα

$$q_t^{(R)} = \hat{\delta} + \hat{\varphi}q_{t-1}^{(R)} + \hat{\theta}v_{t-1} + \hat{v}_t.$$

Ως αριθμητικό παράδειγμα αναφέρουμε το εξής: Δεδομένου ότι η ζήτησή του λιανοπωλητή ακολουθεί το υπόδειγμα AR(1), περιγράφεται από τον τύπο  $d_t = \delta + \varphi d_{t-1} + \varepsilon_t$ . Αρχικά με χρήση της γεννήτριας τυχαίων αριθμών στο Excel παρήχθησαν 100 παρατηρήσεις που δίνουν τυχαία σφάλματα ασυσχέτιστα και κανονικά



κατανομημένα με  $\varepsilon_t \sim N(0,81)$ . Η παράμετρος  $\delta$  ορίστηκε ως  $\delta=100$ , ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης  $\varphi$  ως  $\varphi=0,8$  και ο χρόνος παράδοσης του προϊόντος ως  $L=4$ . Βάσει των ανωτέρω προκύπτει ότι η σειρά έχει στάσιμο μέσο  $\mu$  και διακύμανση  $\gamma_0$  με:

$$\mu = E(d_t) = \frac{\delta}{1 - \varphi} = \frac{100}{0,2} = 500$$

και

$$\gamma_0 = V(d_t) = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \varphi^2} = \frac{81}{1 - 0,64} = 225$$

Προκειμένου να διασφαλίσουμε ότι η χρονοσειρά που παράχθηκε είναι στάσιμη, η πρώτη παρατήρηση στο  $t=0$  δημιουργείται ως τυχαία μεταβλητή, κανονικά κατανομημένη με  $d_0 \sim N(\mu, \gamma_0)$ . Οι υπόλοιπες 100 παρατηρήσεις παράγονται με βάση τη σχέση  $d_t = 100 + \varphi d_{t-1} + \varepsilon_t$ . Οι MMSE προβλέψεις (Forecasts) του προμηθευτή για τις συνολικές παραγγελίες που θα δεχθεί από τον λιανοπωλητή δίνονται από τη σχέση

$$\widehat{Q}_t = L\mu + \frac{\varphi(1 - \varphi^L)}{1 - \varphi} (d_t - \mu)$$

και η διακύμανση του αθροίσματος των σφαλμάτων πρόβλεψης ( $V_1$ ) για τις παραγγελίες που θα δοθούν μεταξύ του χρονικού διαστήματος  $t+1$  και  $t+L$  είναι ίση με

$$V_t = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{(1 - \varphi)^2} \left( L - 2\varphi \frac{(1 - \varphi^L)}{1 - \varphi} + \varphi^2 \frac{1 - \varphi^{2L}}{1 - \varphi^2} \right).$$

Στο τέλος της χρονικής περιόδου  $t$  το στοχευμένο επίπεδο αποθέματος του προμηθευτή (OUT Level) θα ισούται με

$$Y_t = \widehat{Q}_t + z_\eta \sqrt{V_t}.$$

Οι παραγγελίες του προμηθευτή (Orders) δίνονται από τη σχέση

$$q_t = d_t + \frac{\varphi(1 - \varphi^L)}{1 - \varphi} (d_t - d_{t-1}).$$

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.4) παρουσιάζονται αποσπάσματα των δεδομένων που παρήχθησαν σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία με συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\varphi=0,8$ .

Πίνακας 3.4: Προσομοιωμένες τιμές για  $\phi=0,8$  (Excel)

$\delta=$	100	t	$\epsilon(t)$	$d(t)$	Forecast	V1	OUT Level	ORDERS
$\phi=$	0,8	0	-6,38997335	404,1503997	1773,641584	1531,54	1823,794974	
$\sigma(\epsilon)=$	9	1	-2,252534159	421,0677856	1813,593683	1531,54	1863,747072	461,0198842
$\sigma(\epsilon)^2=$	81	2	5,154123528	442,008352	1863,046924	1531,54	1913,200314	491,4615936
		3	-2,650510851	450,9561708	1884,178093	1531,54	1934,331482	472,0873395
$\mu=$	500	4	-15,56557891	445,1993577	1870,582803	1531,54	1920,736193	431,604068
$\gamma_0=$	225	5	0,528176543	456,6876627	1897,713584	1531,54	1947,866974	483,8184438
		6	6,668053629	472,0181838	1933,918143	1531,54	1984,071532	508,2227424
<b>STAGE 1</b>		7	8,877798336	486,4923454	1968,100323	1531,54	2018,253712	520,6745254
$1-\phi=$	0,2	8	11,03327349	500,2271498	2000,536437	1531,54	2050,689826	532,6632639
L1=	4	9	-4,620135314	495,5615845	1989,518238	1531,54	2039,671628	484,5433856
$1-\phi^L1=$	0,5904	10	10,02437557	506,4736432	2015,288156	1531,54	2065,441545	532,2435609
$1-\phi^2=$	0,36	11	-13,1097795	492,069135	1981,270469	1531,54	2031,423859	458,0514486
$1-\phi^{(2*L1)}=$	0,83222784	12	-4,360820185	489,2944879	1974,717863	1531,54	2024,871252	482,741881
$\eta1=$	0,9	13	-1,227183475	490,2084068	1976,876174	1531,54	2027,029563	492,3667178
$z(\eta1)=$	1,28155157	14	-13,1576644	479,009061	1950,427799	1531,54	2000,581188	452,5606861
		97	18,73412657	522,4356992	2052,984147	1531,54	2103,137537	564,492804
		98	9,867890185	527,8164496	2065,691327	1531,54	2115,844717	540,5236296
		99	6,593791113	528,8469508	2068,124959	1531,54	2118,278348	531,2805824
		100	3,319692041	526,3972527	2062,339752	1531,54	2112,493141	520,6120456

Καθώς η ζήτηση  $q_t$  του προμηθευτή διαμορφώνεται σύμφωνα με το υπόδειγμα ARMA (1,1) με

$$q_t^{(R)} = \hat{\delta} + \hat{\phi}q_{t-1}^{(R)} + \hat{\theta}v_{t-1} + \hat{v}_t,$$

η εκτίμηση των  $\hat{\delta}$ ,  $\hat{\phi}$ ,  $\hat{\theta}$ ,  $\hat{v}_t$  έγινε μέσω του οικονομετρικού-στατιστικού προγράμματος e-views. Λαμβάνουμε υπόψη το μέγεθος του δείγματος ( $n=100$ ) και έχουμε ως σκοπό να εξετάσουμε αρχικά το πως μεταβάλλεται η ευστάθεια των παραμέτρων αλλά και να εκτιμήσουμε τα μεγέθη που μας απασχολούν.

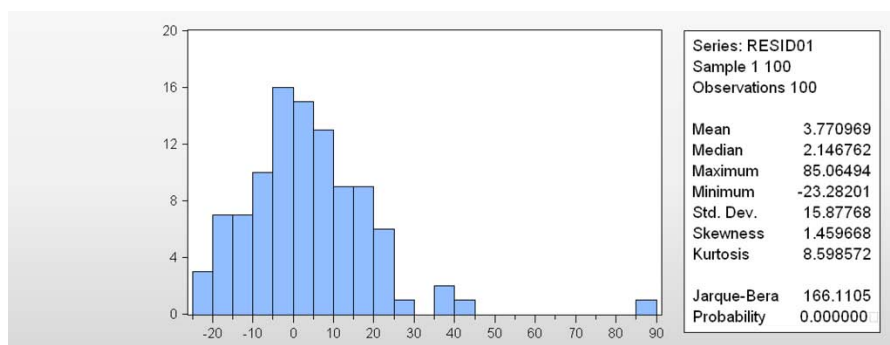
Έτσι προέκυψαν οι εκτιμήσεις των  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\phi}$  και  $\hat{\theta}$  οι οποίες απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα(Πίνακας 3.5) με  $\hat{\mu} = 508,7099$   $\hat{\phi} = 0,699286$  και  $\hat{\theta} = -0,41345$ . Μέσω αυτών των εκτιμήσεων προκύπτει η παράμετρος  $\hat{\delta}$  με  $\hat{\delta} = \hat{\mu}(1 - \hat{\phi}) = 152,613$  και η

$$\sigma_v \text{ με } \sigma_v = \sqrt{\frac{\text{sum of sq.residuals}}{99-3}} = \sqrt{\frac{81221.65}{96}} = 29,087.$$

**Πίνακας 3.5:** Εκτιμήσεις των  $\hat{\mu}(C)$ ,  $\hat{\phi}(AR(1))$  και  $\hat{\theta}(MA(1))$  μέσω E-views

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	508.7099	5.777215	88.05452	0.0000
AR(1)	0.699286	0.194970	3.586625	0.0005
MA(1)	-0.413458	0.243032	-1.701245	0.0921
R-squared	0.123987	Mean dependent var	507.9997	
Adjusted R-squared	0.105737	S.D. dependent var	30.75868	
S.E. of regression	29.08709	Akaike info criterion	9.608300	
Sum squared resid	81221.65	Schwarz criterion	9.686940	
Log likelihood	-472.6109	Hannan-Quinn criter.	9.640118	
F-statistic	6.793731	Durbin-Watson stat	1.912747	
Prob(F-statistic)	0.001740			

Στο παρακάτω ραβδόγραμμα (Εικόνα 3.2) απεικονίζονται τα κατάλοιπα(residuals) των παρατηρήσεων καθώς και στατιστικές πληροφορίες αυτών .



**Εικόνα 3.2:** Ραβδόγραμμα καταλοίπων μέσω e-views

### 3.2.4 Ποσοτικοποίηση του φαινομένου Bullwhip σε σενάριο Μη-Ανταλλαγής Πληροφόρησης (No Information Sharing)

Σε αντίθεση με το σενάριο Ανταλλαγής Πληροφόρησης ,στο σενάριο Μη-Ανταλλαγής πληροφόρησης(NIS) , ο λόγος του φαινομένου Bullwhip χρειάζεται να γραφεί μέσω εκτίμησης καθώς δεν γνωρίζουμε τη ζήτηση που αντιμετωπίζει ο προμηθευτής. Επομένως εκτιμάται η διακύμανση  $Var(q_t^{NIS})$  μέσω γέννησης μιας σειράς

$$d_t = \delta + \phi y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (23)$$

και προσεγγίζεται δίνοντας διαφορετικές τιμές στο  $t$ (π.χ.  $t=25$  , $t=50$ , $t=100$ ) .

Έτσι προκύπτει ο λόγος

$$BW_t^{(NIS)} = \frac{Var(\widehat{q}_t^{NIS})}{Var(d_t)} \quad (24)$$

Από τις σχέσεις (21),(24) καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μείωση των συνεπειών του φαινομένου Bullwhip προκύπτει όταν ο λόγος

$$r = \frac{BW_t^{(IS)}}{BW_t^{(NIS)}} \quad (25)$$

είναι μικρότερος της μονάδας.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### Παραγωγή Σειρών Προσομοίωσης σε Excel και E-Views

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της διαδικασίας παραγωγής προσομοιωμένων σειρών ζήτησης του λιανοπωλητή που ακολουθήσαμε καθώς και η επιλογή παραμέτρων για την διαδικασία των προσομοιώσεων. Αρχικά πραγματοποιείται ο υπολογισμός των πραγματικών μεγεθών για 3 διαφορετικά μεγέθη δείγματος  $n$  ( $n=50, n=100, n=200$ ) συμπεριλαμβανομένου του λόγου Bullwhip. Στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση των παραμέτρων  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\phi}$ ,  $\hat{\theta}$  και  $\hat{\sigma}_v$  για τρεις διαφορετικές τιμές του συντελεστή αυτοσυσχέτισης και για τέσσερις διαφορετικούς χρόνους παράδοσης του προϊόντος καθώς και εκτίμηση του λόγου Bullwhip με τη διαδικασία που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Τέλος επιχειρείται σύγκριση μεταξύ των μέσων όρων των εκτιμημένων τιμών των παραμέτρων  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\phi}$ ,  $\hat{\theta}$  και  $\hat{\sigma}_v$  με τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές των παραμέτρων αυτών, καθώς και σύγκριση του εκτιμώμενου λόγου Bullwhip με την πραγματική τιμή του λόγου.

Ως επιστέγασμα της ανάλυσης αυτής, γίνεται προσπάθεια “εκτίμησης του κινδύνου (estimation risk)” για τρία διαφορετικά μεγέθη δείγματος  $n$  ( $n=50, n=100, n=200$ ). για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου  $\phi$  και του χρόνου παράδοσης προϊόντος.

#### 4.1 Περιγραφή της διαδικασίας

Για την παραγωγή των σειρών προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό πρόγραμμα Excel, η γεννήτρια τυχαίων αριθμών (Number Generator) καθώς και το οικονομετρικό πρόγραμμα E-Views για την εκτιμητική διαδικασία.

Στο πρώτο στάδιο κάνοντας χρήση της γεννήτριας τυχαίων αριθμών, παρήχθησαν 1000 επαναλήψεις με μέγιστο δείγμα  $n=200$  παρατηρήσεις, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τα σφάλματα πρόβλεψης  $\varepsilon_t$ . Θεωρήσαμε ότι τα σφάλματα ακολουθούν Κανονική Κατανομή με μέσο 0 και διακύμανση 81 δηλαδή  $\varepsilon_t \sim N(0, 81)$ .

Μεταγενέστερα, έχοντας ως δεδομένο το μοντέλο του υποδείγματος AR(1) που περιγράφει τη ζήτηση με  $d_t = \delta + \phi d_{t-1} + \varepsilon_t$  παρήχθησαν 1000 σειρές 200 παρατηρήσεων η κάθε μία με στάσιμο μέσο  $\mu = \frac{\delta}{1-\phi}$  και διακύμανση  $\gamma_0 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\phi^2}$ .

Η παράμετρος ορίστηκε ως  $\delta=100$  και επιλέχθηκαν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\phi$  με  $\phi=0,5$ ,  $\phi=0,8$  και  $\phi=0,95$ .

1. Για  $\phi=0,5$  στο υπόδειγμα  $d_t = \delta + \phi d_{t-1} + \varepsilon_t$  ο στάσιμος μέσος της διαδικασίας είναι :

$$\mu = \frac{\delta}{1 - \phi} = \frac{100}{1 - 0,5} = \frac{100}{0,5} = 200$$

$$\text{και η διακύμανση } \gamma_0 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \phi^2} = \frac{9^2}{1 - 0,5^2} = \frac{81}{0,75} = 108 .$$

2. Για  $\phi=0,8$  στο υπόδειγμα  $d_t = \delta + \phi d_{t-1} + \varepsilon_t$  ο στάσιμος μέσος της διαδικασίας είναι :

$$\mu = \frac{\delta}{1 - \phi} = \frac{100}{1 - 0,8} = \frac{100}{0,2} = 500$$

$$\text{και η διακύμανση } \gamma_0 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \phi^2} = \frac{9^2}{1 - 0,8^2} = \frac{81}{0,36} = 225 .$$

3. Για  $\phi=0,95$  στο υπόδειγμα  $d_t = \delta + \phi d_{t-1} + \varepsilon_t$  ο στάσιμος μέσος της διαδικασίας είναι :

$$\mu = \frac{\delta}{1 - \phi} = \frac{100}{1 - 0,95} = \frac{100}{0,05} = 2000$$

$$\text{και η διακύμανση } \gamma_0 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \phi^2} = \frac{9^2}{1 - 0,95^2} = \frac{81}{0,0975} = 830,769 .$$

Προκειμένου να διασφαλιστεί η στασιμότητα της κάθε σειράς , η πρώτη παρατήρηση που δημιουργείται στο  $t=0$  θεωρείται ως τυχαία μεταβλητή, η οποία ακολουθεί κανονική κατανομή με  $d_0 \sim N\left(\frac{\delta}{1 - \phi}, \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \phi^2}\right)$ .

Οι υπόλοιπες παρατηρήσεις παρήχθησαν με βάση τη σχέση

$$d_t = 100 + \phi d_{t-1} + \varepsilon_t .$$

Σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3 και καθώς η ζήτηση  $q_t$  του προμηθευτή διαμορφώνεται σύμφωνα με το υπόδειγμα ARMA (1,1) παρήχθησαν 1000 σειρές ζήτησης  $q_t$  επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία για 3 διαφορετικά μεγέθη παρατηρήσεων ( $n=50,100,200$ ), για 3 διαφορετικές τιμές του συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\phi$  ( $\phi=0.5, 0.8, 0.95$ ) και για 4 διαφορετικούς χρόνους παράδοσης  $L$  ( $L=1,2,3,4$ ). Για κάθε περίπτωση υπολογίστηκε ο μέσος όρος των χιλίων εκτιμήσεων και συγκρίναμε τον μέσο όρο αυτό με το αντίστοιχο πραγματικό μέγεθος. Παρακάτω παρουσιάζονται αποσπάσματα των παραχθέντων δεδομένων για δεδομένη τιμή του  $\phi$  (Πίνακας 4.1).

**Πίνακας 4.1** : Προσομοιωμένες Τιμές της ζήτησης ( $q_t$ ) για δεδομένη τιμή  $\varphi=0.5$  (Excel)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	t	ser01	ser02	ser03	ser04	ser05	ser06	ser07	ser08	ser09	ser10
2	1	174,7101	168,8462	218,4573	210,3569	207,4664	184,4891	220,1247	195,6827	247,0481	186,1612
3	2	192,9771	202,9803	204,7623	225,5411	184,2484	184,7039	233,0265	167,1643	221,5541	187,2806
4	3	186,6279	185,242	194,9567	192,5254	212,0679	200,5217	201,6873	200,2148	231,3553	204,14
5	4	178,2813	209,4992	217,5849	214,3057	186,6735	183,6521	227,2226	222,3782	213,2721	213,6099
6	5	222,1064	211,5894	176,8071	177,2407	185,9485	181,9615	215,4892	212,443	216,331	191,9082
7	6	204,2422	232,3841	199,4519	189,3681	188,4697	221,1605	198,0858	190,0263	208,391	208,8179
8	7	183,3338	210,7963	160,3892	201,7563	211,9409	200,3307	198,7382	179,1086	206,8192	198,7076
9	8	191,4647	204,3619	206,1128	185,9271	221,0213	184,7162	193,4474	186,2452	193,0391	201,8671
10	9	202,0672	210,0595	186,6192	187,0272	194,5846	182,8076	230,6411	178,4702	202,8281	208,6356
11	10	185,4183	186,7514	198,2372	188,0834	221,3988	205,135	219,2293	181,8617	186,6159	197,9072
12	11	183,2745	194,6622	199,3853	188,1876	187,4639	195,6893	198,1051	169,1027	209,5678	225,3197
13	12	193,9019	204,5588	227,1983	211,1204	202,5561	197,5295	202,7995	155,1501	216,1605	210,9165
14	13	215,3655	219,4025	165,1384	165,5882	213,1559	204,041	199,8368	187,0476	195,8916	173,5964
15	14	194,4916	214,773	181,824	189,424	216,8113	220,1263	208,6863	192,5681	233,0258	203,2444
16	15	220,2983	193,7987	208,7139	182,9563	202,4757	192,9746	218,4194	205,0654	196,0332	196,121
17	16	211,6758	203,0481	209,3895	213,4325	199,4868	201,589	210,5403	197,6858	193,5752	183,101
18	17	192,2335	199,1229	202,5046	200,005	219,4741	224,3645	202,468	179,9764	173,1679	221,2435
19	18	207,6246	184,5132	196,8943	171,7359	224,9264	172,7634	210,1163	210,8822	207,5549	214,5357
20	19	210,0515	200,036	173,979	191,338	182,1035	210,4334	210,7189	209,5896	197,0907	201,2976
21	20	196,6409	187,513	199,6454	185,9774	166,1423	225,0199	196,552	183,4948	180,2591	195,6513
22	21	208,1546	176,0925	212,3833	200,9771	203,879	207,4119	215,0784	213,6715	202,7999	184,0167
23	22	220,7997	209,5449	189,2911	202,4459	195,1427	207,1553	191,7386	207,4694	182,369	200,8451
24	23	208,6875	198,7096	187,0303	215,6554	189,0816	195,5562	219,0716	182,0531	202,1535	197,7517
25	24	188,6091	181,477	174,3191	204,9327	183,9662	197,2923	204,3351	216,2239	203,1021	199,7058
26	25	195,5095	178,9567	175,7608	196,9452	215,2632	185,2692	224,8762	171,0336	221,5159	206,3294
27	26	186,6882	192,377	195,9294	194,9736	208,6702	200,1544	169,0192	197,2817	186,9206	202,648
28	27	196,193	200,5325	196,1206	199,0562	210,2385	212,6704	177,6111	180,5271	161,9384	199,8478
29	28	210,4354	199,4855	200,1294	206,3607	154,7873	212,8938	217,6091	188,7277	167,7764	198,5202
30	29	226,8037	203,1947	194,8551	200,7459	181,1267	200,1134	206,4834	176,2729	184,5385	200,2786
31	30	206,6776	215,1613	199,4977	198,4101	199,1058	213,2069	201,9963	196,7231	209,5093	210,8736
32	31	216,8455	197,2751	237,7404	166,9257	197,5784	213,4839	195,7762	201,7474	193,8763	189,1339
33	32	214,4229	195,6791	212,3714	182,9144	221,7593	186,5767	207,7708	230,1331	190,2151	203,215
34	33	227,9302	191,5625	220,3509	203,9541	209,3776	194,0904	196,2711	181,0516	218,916	183,6789
35	34	221,4997	219,6905	190,1514	218,8992	192,354	196,8895	205,5272	185,5616	190,2011	181,8983
36	35	194,7798	210,7681	233,2123	183,6848	208,4621	205,6113	198,2692	210,2404	190,7553	213,2909
37	36	193,9539	191,514	172,6654	201,6531	208,5158	202,6259	201,8847	188,7366	165,4968	188,2725
38	37	205,5494	198,4043	211,2523	207,4486	211,7764	180,7885	175,2232	192,9241	215,5208	203,5207
39	38	210,8662	175,2569	201,4631	212,1151	214,402	205,6528	214,2719	190,5317	206,316	171,0326
40	39	210,6329	192,6171	206,636	194,663	177,6288	188,9315	201,2614	193,208	191,4243	200,1185
41	40	197,9681	188,115	187,0623	193,9823	186,8319	197,5582	205,9892	197,314	208,674	213,7849
42	41	188,857	184,2869	198,1974	222,2997	181,8968	210,3375	187,0029	209,8871	184,7852	223,948
43	42	203,4715	184,3192	208,8169	221,4776	150,0432	184,7157	188,7804	189,0311	204,8465	206,9702
44	43	196,5853	204,5257	193,8936	187,8088	176,0721	185,9013	192,1498	188,3379	197,8028	181,3929
		stage1	et	dt	forecast	vt	out				qt

Μέσω του οικονομετρικού-στατιστικού προγράμματος e-views έγινε η εκτίμηση των παραμέτρων  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\varphi}$ ,  $\hat{\theta}$  και  $\hat{\sigma}_v$ . Από κάθε σειρά προέκυψαν οι εκτιμήσεις του στάσιμου μέσου  $\mu$ , του συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\varphi$ , της παραμέτρου  $\theta$  και της διακύμανσης  $\sigma_v$ .

Συνεπώς προέκυψαν οι εκτιμήσεις των  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\varphi}$ ,  $\hat{\theta}$  και  $\hat{\sigma}_v$  συνδυαστικά για τρεις δεδομένες τιμές του συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\varphi(\varphi=0.5,0.8,0.95)$ , για τρία διαφορετικά μεγέθη δείγματος( $n=50,100,200$ ) και για 4 διαφορετικούς χρόνους παράδοσης  $L(L=1,2,3,4)$ .

Για να πραγματοποιηθεί καλύτερη αξιολόγηση των εκτιμήσεων, διερευνήσαμε την εκτίμηση του κινδύνου(Estimation Risk) των αποτελεσμάτων(Πίνακες (4.2),(4.3),(4.4),(4.5)). Το Estimation Risk δίνεται από τη διαφορά της εκτιμηθείσας τιμής και της πραγματικής τιμής προς την πραγματική τιμή της εκάστοτε παραμέτρου την οποία εξετάζουμε. Αν για παράδειγμα θέλουμε να βρούμε το estimation risk για τις εκτιμήσεις που αφορούν την παράμετρο  $\mu$ , αυτό υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον τύπο  $\frac{\hat{E}(\hat{\mu})-\mu}{\mu}$  όπου  $\mu$  το πραγματικό μέγεθος της παραμέτρου και  $\hat{E}(\hat{\mu})$  ο μέσος όρος των χιλίων εκτιμήσεων της παραμέτρου  $\mu$ .

**Πίνακας 4.2:** Εκτιμηθείσες τιμές του στάσιμου μέσου  $\mu$  και estimation risk για  $\varphi=0.5,0.8,0.95$

Χρόνος παράδοσης L	Μέγεθος Δείγματος n	$\Phi=0.5$ $\hat{\mu}$	Πραγματικό $\mu$	Est. Risk
L=1	n=50	201.5726	200	0.79%
	n=100	200.0733	200	0.04%
	n=200	185.1417	200	-7.43%
L=2	n=50	192.0628	200	-3.97%
	n=100	200.0776	200	0.04%
	n=200	183.6708	200	-8.16%
L=3	n=50	199.5819	200	-0.21%
	n=100	200.0611	200	0.03%
	n=200	194.7388	200	-2.63%
L=4	n=50	199.6638	200	-0.17%
	n=100	200.0529	200	0.03%
	n=200	206.1802	200	3.09%
<b><math>\Phi=0.8</math></b>				
L=1	n=50	502.7586	500	0.55%
	n=100	500.2442	500	0.05%
	n=200	498.4238	500	-0.31%
L=2	n=50	500.0682	500	0.01%
	n=100	499.6153	500	-0.08%
	n=200	490.0408	500	-1.99%
L=3	n=50	529.0244	500	5.8%
	n=100	499.2605	500	-0.19%
	n=200	489.914	500	-2.02%
L=4	n=50	494.9727	500	-1%
	n=100	501.4685	500	0.29%
	n=200	508.0456	500	1.61%
<b><math>\Phi=0.95</math></b>				
L=1	n=50	1943.851	2000	-2.8%
	n=100	1995.926	2000	-0.2%
	n=200	1984.759	2000	-0.76%
L=2	n=50	2002.77	2000	0.14%
	n=100	1994.255	2000	-0.29%
	n=200	1958.976	2000	-2.05%
L=3	n=50	1986.7357	2000	-0.66%
	n=100	1994.1716	2000	-0.29%
	n=200	1907.5677	2000	-4.62%
L=4	n=50	2004.1236	2000	0.21%
	n=100	2003.3275	2000	0.17%
	n=200	1963.7174	2000	-1.81%



**Πίνακας 4.3:** Εκτιμηθείσες τιμές του συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\phi$  και estimation risk για  $\phi=0.5,0.8,0.95$

Χρόνος παράδοσης L	Μέγεθος Δείγματος n	$\Phi=0.5$ $\hat{\phi}$	Πραγματικό $\phi$	Est. Risk
<b>L=1</b>	n=50	0.2323	0.5	-53.54%
	n=100	0.2689	0.5	-46.22%
	n=200	0.5958	0.5	19.16%
<b>L=2</b>	n=50	0.0783	0.5	-84.34%
	n=100	0.0861	0.5	-82.78%
	n=200	0.4396	0.5	-12.08%
<b>L=3</b>	n=50	0.032	0.5	-93.6%
	n=100	0.0436	0.5	-91.28%
	n=200	0.3303	0.5	-33.94%
<b>L=4</b>	n=50	0.0044	0.5	-99.12%
	n=100	0.0146	0.5	-97.08%
	n=200	0.291	0.5	-41.8%
<b><math>\Phi=0.8</math></b>				
<b>L=1</b>	n=50	0.6998	0.8	-12.52%
	n=100	0.7438	0.8	-7.02%
	n=200	0.8417	0.8	5.21%
<b>L=2</b>	n=50	0.5911	0.8	-26.11%
	n=100	0.6525	0.8	-18.44%
	n=200	0.8306	0.8	3.82%
<b>L=3</b>	n=50	0.4621	0.8	-42.24%
	n=100	0.5234	0.8	-34.57%
	n=200	0.7915	0.8	-1.06%
<b>L=4</b>	n=50	0.3129	0.8	-60.89%
	n=100	0.3887	0.8	-51.41%
	n=200	0.7161	0.8	-10.49%
<b><math>\Phi=0.95</math></b>				
<b>L=1</b>	n=50	0.9002	0.95	-5.24%
	n=100	0.9275	0.95	-2.37%
	n=200	0.9605	0.95	1.1%
<b>L=2</b>	n=50	0.8618	0.95	-9.28%
	n=100	0.92	0.95	-3.16%
	n=200	0.9598	0.95	1.03%
<b>L=3</b>	n=50	0.8122	0.95	-14.5%
	n=100	0.8996	0.95	-5.3%
	n=200	0.9573	0.95	0.76%
<b>L=4</b>	n=50	0.7516	0.95	-20.88%
	n=100	0.8609	0.95	-9.38%
	n=200	0.9554	0.95	0.57%

**Πίνακας 4.4:** Εκτιμηθείσες τιμές της παραμέτρου  $\theta$  και estimation risk για  $\varphi=0.5,0.8,0.95$

Χρόνος παράδοσης L	Μέγεθος Δείγματος n	$\Phi=0.5$ $\hat{\theta}$	Πραγματικό $\theta$	Est. Risk
<b>L=1</b>	n=50	-0.1147	-0.3333	-65.59%
	n=100	-0.1299	-0.3333	-61.02%
	n=200	-0.4214	-0.3333	26.43%
<b>L=2</b>	n=50	-0.0507	-0.4286	-88.17%
	n=100	-0.0674	-0.4286	-84.27%
	n=200	-0.3507	-0.4286	-18.17%
<b>L=3</b>	n=50	-0.0436	-0.4667	-90.65%
	n=100	-0.0516	-0.4667	-88.94%
	n=200	-0.2725	-0.4667	-41.61%
<b>L=4</b>	n=50	-0.03	-0.4839	-93.8%
	n=100	-0.0342	-0.4839	-92.93%
	n=200	-0.2466	-0.4839	-49.04%
<b><math>\Phi=0.8</math></b>				
<b>L=1</b>	n=50	-0.4405	-0.4444	-0.88%
	n=100	-0.41	-0.4444	-7.74%
	n=200	-0.464	-0.4444	4.41%
<b>L=2</b>	n=50	-0.4822	-0.5902	-18.3%
	n=100	-0.4677	-0.5902	-20.75%
	n=200	-0.6037	-0.5902	2.29%
<b>L=3</b>	n=50	-0.4142	-0.6612	-40.36%
	n=100	-0.4075	-0.6612	-38.37%
	n=200	-0.6346	-0.6612	4.02%
<b>L=4</b>	n=50	-0.2923	-0.7025	-58.39%
	n=100	-0.3075	-0.7025	-56.23%
	n=200	-0.5961	-0.7025	-15.14%
<b><math>\Phi=0.95</math></b>				
<b>L=1</b>	n=50	-0.592	-0.4872	21.51%
	n=100	-0.5023	-0.4872	3.1%
	n=200	-0.4654	-0.4872	-4.47%
<b>L=2</b>	n=50	-0.7382	-0.6494	13.67%
	n=100	-0.6749	-0.6494	3.93%
	n=200	-0.631	-0.6494	-2.83%
<b>L=3</b>	n=50	-0.7568	-0.7304	3.61%
	n=100	-0.7429	-0.7304	1.71%
	n=200	-0.7099	-0.7304	-2.81%
<b>L=4</b>	n=50	-0.7272	-0.7789	-6.64%
	n=100	-0.7521	-0.7789	-3.44%
	n=200	-0.7556	-0.7789	-2.99%

Πίνακας 4.5: Εκτιμηθείσες τιμές του  $\sigma_v$  και estimation risk για  $\phi=0.5,0.8,0.95$

Χρόνος παράδοσης L	Μέγεθος Δείγματος n	$\Phi=0.5$ $\hat{\sigma}_v$	Πραγματικό $\sigma_v$	Est. Risk
L=1	n=50	13.2837	11.0227	20.51%
	n=100	13.6828	11.0227	24.09%
	n=200	12.6806	11.0227	15.04%
L=2	n=50	15.3981	11.9059	29.33%
	n=100	15.9116	11.9059	33.64%
	n=200	14.7602	11.9059	23.97%
L=3	n=50	16.4577	12.3238	33.54%
	n=100	17.027	12.3238	38.16%
	n=200	15.8064	12.3238	28.26%
L=4	n=50	16.9964	12.5275	35.67%
	n=100	17.6003	12.5275	40.49%
	n=200	16.339	12.5275	30.42%
<b><math>\Phi=0.8</math></b>				
L=1	n=50	15.9597	12.0748	32.17%
	n=100	16.4537	12.0748	36.26%
	n=200	15.245	12.0748	26.25%
L=2	n=50	21.4115	14.0584	52.3%
	n=100	22.2663	14.0584	58.38%
	n=200	21.1076	14.0584	50.14%
L=3	n=50	25.8313	15.4632	67.05%
	n=100	26.8926	15.4632	73.91%
	n=200	25.6839	15.4632	66.09%
L=4	n=50	29.4614	16.5012	78.54%
	n=100	30.5853	16.5012	85.35%
	n=200	28.3865	16.5012	72.03%
<b><math>\Phi=0.95</math></b>				
L=1	n=50	17.1	12.5678	36.06%
	n=100	17.7986	12.5678	41.62%
	n=200	16.5409	12.5678	31.61%
L=2	n=50	24.6091	15.2004	61.9%
	n=100	25.9386	15.2004	70.64%
	n=200	26.4874	15.2004	74.25%
L=3	n=50	31.788	17.3349	83.37%
	n=100	33.6438	17.3349	94%
	n=200	34.9544	17.3349	101.64%
L=4	n=50	38.7528	19.1435	102.43%
	n=100	40.9654	19.1435	113.99%
	n=200	38.2762	19.1435	99.94%

## 4.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων των Εκτιμήσεων

### Σχολιασμός για το στάσιμο μέσο $\mu$ :

Όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης είναι  $\varphi=0.5$ , καθώς ο αριθμός του δείγματος μεγαλώνει, οι εκτιμήσεις του στάσιμου μέσου συγκλίνουν στα πραγματικά μεγέθη για όλες τις τιμές του χρόνου παράδοσης. Είναι φανερό ότι όσο αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης υπάρχει ταχύτερη σύγκλιση των τιμών στα πραγματικά μεγέθη και η υποεκτίμηση μικραίνει καθώς μεγαλώνει ο χρόνος παράδοσης.

Όταν η αυτοσυσχέτιση του δείγματος είναι υψηλή με  $\varphi=0.8$ , το estimation risk κινείται σε αρκετά χαμηλά επίπεδα και δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από το χρόνο παράδοσης ενώ όσο το δείγμα αυξάνεται τα αποτελέσματα βελτιώνονται αισθητά.

Για συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\varphi=0.95$  παρατηρούμε τις χαμηλότερες τιμές του estimation risk με την μεγαλύτερη υποεκτίμηση να υφίσταται με ποσοστό  $-4.62\%$ . Παρατηρούμε πως τα περισσότερα από τα ποσοστά είναι αρνητικά κάτι το οποίο δείχνει ότι υπάρχει υποεκτίμηση του στάσιμου μέσου καθώς το δείγμα μεγαλώνει για όλες τις τιμές του χρόνου παράδοσης.

### Σχολιασμός για την παράμετρο $\varphi$ :

Όταν η πραγματική τιμή του συντελεστή αυτοσυσχέτισης είναι  $\varphi=0.5$ , οι αντίστοιχες εκτιμηθείσες τιμές αποκλίνουν από την αντίστοιχη πραγματική τιμή σε αρκετά μεγάλο βαθμό και καθώς ο χρόνος παράδοσης μεγαλώνει η υποεκτίμηση αυξάνεται. Σχετικά με το μέγεθος του δείγματος όσο το δείγμα μεγαλώνει τα ποσοστά των αποκλίσεων από την αντίστοιχη πραγματική τιμή μειώνονται αισθητά.

Όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης λαμβάνει τιμή  $\varphi=0.8$  τα ποσοστά του estimation risk μειώνονται αισθητά συγκριτικά με τα αντίστοιχα ποσοστά του  $\varphi=0.5$  όμως η υποεκτίμηση συνεχίζει να υφίσταται και μεγαλώνει όσο αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης. Είναι χαρακτηριστικό ότι η κατάσταση εξομαλύνεται όταν το μέγεθος του δείγματος παίρνει την μέγιστη τιμή του ( $n=200$ ) και οι αποκλίσεις από τα αντίστοιχα πραγματικά μεγέθη είναι σχετικά μικρές.

Όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης λαμβάνει τιμή  $\varphi=0.95$ , η κατάσταση διαφοροποιείται συγκριτικά με τις 2 παραπάνω περιπτώσεις ( $\varphi=0.5, \varphi=0.8$ ) καθώς δείχνει να εξομαλύνεται αφού τα ποσοστά απόκλισης από την πραγματική τιμή μειώνονται αισθητά όσο μεγαλώνει το δείγμα. Όμως καθώς ο χρόνος παράδοσης

αυξάνεται οι τιμές του estimation risk αυξάνονται όπως συνέβη και στις περιπτώσεις όπου ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης λαμβάνει τις τιμές  $\varphi=0.5$  και  $\varphi=0.8$ .

### **Σχολιασμός για την παράμετρο $\theta$ :**

Όπως αναμέναμε ,σύμφωνα και με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο , η παράμετρος  $\theta$  λαμβάνει αρνητικές τιμές για όλες τις πραγματικές τιμές του συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\varphi$ .

Πιο συγκεκριμένα, όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης  $\varphi$  λαμβάνει την τιμή  $\varphi=0.5$  οι τιμές της παραμέτρου  $\theta$  ,καθώς ο χρόνος παράδοσης μεγαλώνει, αποκλίνουν από τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές και το estimation risk εμφανίζει αρκετά υψηλά ποσοστά υποεκτίμησης γεγονός που σημαίνει ότι οι εκτιμηθείσες τιμές είναι αρκετά μικρότερες από τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές. Όταν το δείγμα παίρνει την μέγιστη τιμή του ( $n=200$ ) τα ποσοστά του estimation risk υποδιπλασιάζονται όμως τα ποσοστά υποεκτίμησης συνεχίζουν να είναι υψηλά.

Όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης λαμβάνει την τιμή  $\varphi=0.8$  , τα ποσοστά του estimation risk για χρόνο παράδοσης την μία ημέρα( $L=1$ ) κινούνται σε χαμηλά επίπεδα όμως καθώς οι μέρες παράδοσης αυξάνονται , το risk estimation αυξάνεται και αυτό με υψηλά ποσοστά υποεκτίμησης και σε αυτή την περίπτωση. Καθώς το δείγμα των δειγμάτων παρατηρήσεων μεγαλώνει, παρατηρούμε ότι για  $n=200$  το estimation risk κινείται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα και μάλιστα λαμβάνει θετικές τιμές όταν ο χρόνος παράδοσης μπορεί να φτάσει μέχρι και τις 3 ημέρες.

Για την τιμή του συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\varphi=0.95$  , τα ποσοστά του estimation risk κινούνται σε χαμηλά επίπεδα συγκριτικά με τις 2 προηγούμενες περιπτώσεις και είναι χαρακτηριστικό ότι όπως αναμέναμε ,σύμφωνα και με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο , η μείωση που υφίσταται η παράμετρος  $\theta$  αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης.

Συνεπώς η αυτοσυσχέτιση και το ρίσκο εκτίμησης της παραμέτρου  $\theta$  έχουν αντίθετες τάσεις καθώς όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης τόσο μικρότερες τιμές παρατηρούμε στο ρίσκο εκτίμησης.

### **Σχολιασμός για την $\sigma_v$ :**

Για συνθήκες όπου η αυτοσυσχέτιση είναι μέτρια( $\varphi=0.5$ ), έχουμε υψηλά ποσοστά του risk estimation και μάλιστα με θετικό πρόσημο γεγονός που σημαίνει ότι οι εκτιμηθείσες τιμές είναι αρκετά υψηλότερες από τις αντίστοιχες πραγματικές .

Καθώς ο χρόνος παράδοσης αυξάνεται, υπάρχει αύξηση του risk estimation της  $\sigma_v$  σε μεγαλύτερο βαθμό όταν το μέγεθος του δείγματος είναι  $n=50$  ή  $n=100$  παρατηρήσεις και σε μικρότερο βαθμό όταν το δείγμα αποτελείται από το σύνολο των 200 παρατηρήσεων.

Όταν η αυτοσυσχέτιση είναι υψηλή ( $\varphi=0.8$ ) τα ποσοστά του risk estimation συνεχίζουν να κινούνται σε υψηλά επίπεδα και καθώς ο χρόνος παράδοσης αυξάνεται, τα ποσοστά αυξάνονται γεγονός που δείχνει ότι έχουμε υπερεκτίμηση της παραμέτρου  $\sigma_v$  και στα 3 διαφορετικά μεγέθη δείγματος  $n$ .

Όταν η τιμή του συντελεστή αυτοσυσχέτισης είναι  $\varphi=0.95$  οι εκτιμήσεις του  $\sigma_v$  αποκλίνουν σε μεγάλο βαθμό από τις πραγματικές τιμές και καθώς ο χρόνος παράδοσης αυξάνεται, οι εκτιμηθείσες τιμές τείνουν να είναι διπλάσιες από τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές κάτι το οποίο αντικατοπτρίζεται στα υψηλά ποσοστά του risk estimation.

### 4.3 Υπολογισμός πραγματικού λόγου Bullwhip

Αρχικά, πριν αναλύσουμε τις εκτιμήσεις του λόγου Bullwhip, θα υπολογίσουμε τα αντίστοιχα πραγματικά μεγέθη του λόγου Bullwhip χρησιμοποιώντας ως δεδομένες τις πραγματικές παραμέτρους που τέθηκαν στο μοντέλο μας.

Όπως τονίσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο τύπος υπολογισμού της έντασης του φαινομένου Bullwhip είναι :

$$BW = 1 + 2\varphi \frac{(1-\varphi^{LR})(1-\varphi^{LR+1})}{1-\varphi} \quad (26)$$

Στη συνέχεια πραγματοποιούμε δύο τρόπους υπολογισμού του, ο ένας σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο και ο άλλος σύμφωνα με τον τύπο

$$BW_R = (1 + \theta^2 + 2\varphi\theta) \left( \frac{1-\varphi^{LR+1}}{1-\varphi} \right)^2 \quad (27)$$

Θεωρώντας ότι όλες οι παράμετροι είναι γνωστές, τα πραγματικά μεγέθη του λόγου Bullwhip θα δοθούν με την MMSE μέθοδο. Υπολογίζουμε τους λόγους για τρεις διαφορετικές τιμές του συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\varphi=0.5$ ,  $\varphi=0.8$  και  $\varphi=0.95$  καθώς και για τέσσερις διαφορετικούς χρόνους παράδοσης  $L=1,2,3,4$ . Όπως θα δούμε και στα αποτελέσματα των λόγων του Bullwhip (Πίνακας 4.6) ο χρόνος παράδοσης  $L$  παίζει αρκετά σημαντικό ρόλο στην όξυνση του φαινομένου αυτού.

Θα πρέπει να αναφέρουμε πως τα πραγματικά μεγέθη του λόγου Bullwhip είναι ανεξάρτητα του μεγέθους του δείγματος  $n$  καθώς οι μεταβλητές είναι σταθερές για



δεδομένη τιμή του συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\phi$  και μόνο οι εκτιμηθείσες τιμές επηρεάζονται από την μεταβολή του μεγέθους του δείγματος. Να τονίσουμε επίσης πως οι 2 τύποι ,όσον αφορά τα πραγματικά μεγέθη του λόγου Bullwhip, δίνουν τα ίδια αποτελέσματα και διαφέρουν μόνο στις εκτιμηθείσες τιμές του λόγου Bullwhip.

**Πίνακας 4.6:** Πραγματικές Τιμές Bullwhip από τους τύπους (26) και (27)

$\Phi$	L=1	L=2	L=3	L=4
0.5	1.75	2.3125	2.6406	2.8164
0.8	1.576	2.4054	3.3049	4.1755
0.95	1.1852	1.5284	2.0053	2.5946

#### 4.4 Εκτίμηση του λόγου Bullwhip, Εκτίμηση Κινδύνου και Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Έχοντας υπολογίσει τις πραγματικές τιμές του λόγου Bullwhip περνάμε στον υπολογισμό των εκτιμήσεων του. Χρησιμοποιώντας τις διαφορετικές εκτιμήσεις των  $\hat{\phi}$  και  $\hat{\theta}$  (1000 για κάθε μια από τις παραμέτρους) σε κάθε επανάληψη υπολογίστηκαν χίλιες τιμές της εκτίμησης του λόγου Bullwhip αντίστοιχα χρησιμοποιώντας τους δύο διαφορετικούς τύπους (26) και (27). Έπειτα επαναλήφθηκε η διαδικασία για όλες τις περιπτώσεις των  $n$ ,  $\phi$  και  $L$ . Τέλος για κάθε περίπτωση υπολογίστηκε ο μέσος όρος των χιλίων εκτιμήσεων για κάθε περίπτωση και συγκρίναμε τον μέσο όρο αυτό με το αντίστοιχο πραγματικό μέγεθος του λόγου Bullwhip.

Παρακάτω δίνονται οι εκτιμήσεις του λόγου Bullwhip οι οποίες προέκυψαν από την παραπάνω διαδικασία .Η στήλη του πίνακα BW1 (πίνακας 4.7) αφορά τις εκτιμήσεις που έγιναν σύμφωνα με τον τύπο (27) με αντίστοιχο Estimation Risk που παρουσιάζεται στη στήλη Est.Risk 1. Αντίστοιχα η στήλη του πίνακα BW2(πίνακας 4.7) αφορά τις εκτιμήσεις που έγιναν σύμφωνα με τον τύπο (26) με αντίστοιχο estimation risk που παρουσιάζεται στη στήλη Est.Risk 2. Οι τιμές που παρουσιάζονται στις στήλες του Estimation Risk προκύπτουν από την ποσοστιαία διαφορά ανάμεσα στις πραγματικές και τις εκτιμηθείσες τιμές του λόγου Bullwhip σύμφωνα με τον τύπο

$$\frac{\hat{E}(BW) - BW}{BW}$$

**Πίνακας 4.7:** Εκτίμηση Bullwhip για  $\varphi=0.5$

**$\varphi=0.5$**

Μέγεθος δείγματος	Χρόνος παράδοσης L	BW1	BW2	Πραγματικό BW	Est. Risk1	Est. Risk2
<b>n=50</b>	1	1.1925	1.2554	1.75	-31.86%	-28.26%
	2	1.4206	1.4304	2.3125	-38.57%	-38.14%
	3	1.5994	1.536	2.6406	-39.43%	-41.83%
	4	1.8277	1.7112	2.8164	-35.1%	-39.24%
<b>n=100</b>	1	1.2255	1.3011	1.75	-29.97%	-25.65%
	2	1.3169	1.4095	2.3125	-43.05%	-39.05%
	3	1.3774	1.4442	2.6406	-47.84%	-45.3%
	4	1.5744	1.6008	2.8164	-44.1%	-43.16%
<b>n=200</b>	1	1.2996	1.4007	1.75	-25.74%	-19.96%
	2	1.1347	1.4612	2.3125	-50.93%	-36.81%
	3	1.103	1.4146	2.6406	-58.23%	-46.43%
	4	1.2404	1.5123	2.8164	-55.96%	-46.3%

Στη περίπτωση όπου  $\varphi=0.5$ , από την ανάλυση του παραπάνω πίνακα(Πίνακας 4.7) εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα :

- Σε κάθε περίπτωση του εξεταζόμενου χρόνου παράδοσης L ,έχουμε υποεκτίμηση του λόγου Bullwhip ,δηλαδή η εκτίμηση για την ένταση του φαινομένου είναι χαμηλότερη από το αντίστοιχο πραγματικό μέγεθος της έντασης.
- Όταν το δείγμα είναι σχετικά μικρό (n=50) παρατηρείται μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στις εκτιμήσεις και στο πραγματικό μέγεθος του λόγου Bullwhip , ενώ όσο έχουμε αύξηση του δείγματος έχουμε βελτίωση των αποτελεσμάτων για μικρούς χρόνους παράδοσης με εξαίρεση την περίπτωση όπου ο χρόνος παράδοσης είναι 4 ημέρες ,αύξηση του μεγέθους του δείγματος αποφέρει αύξηση του Estimation Risk.
- Καθώς όπως είχαμε δει στο προηγούμενο κεφάλαιο πως αύξηση του χρόνου παράδοσης L αποφέρει αύξηση του λόγου Bullwhip, όσο αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης τα Estimation Risks αυξάνονται.



**Πίνακας 4.8:** Εκτίμηση Bullwhip για  $\phi=0.8$

**$\phi=0.8$**

Μέγεθος δείγματος	Χρόνος παράδοσης L	BW1	BW2	Πραγματικό BW	Est. Risk1	Est. Risk2
<b>n=50</b>	1	1.5085	1.55	1.576	-4.28%	-1.65%
	2	2.0517	2.0658	2.4054	-14.77%	-14.12%
	3	2.447	2.3824	3.3049	-25.96%	-27.91%
	4	2.6205	2.4836	4.1755	-37.24%	-40.52%
<b>n=100</b>	1	1.5919	1.5787	1.576	1%	0.17%
	2	2.13	2.1467	2.4054	-11.45%	-10.75%
	3	2.4402	2.4692	3.3049	-26.16%	-25.29%
	4	2.5781	2.598	4.1755	-38.26%	-37.77%
<b>n=200</b>	1	1.4263	1.4529	1.576	-9.5%	-7.81%
	2	1.9206	1.9931	2.4054	-20.15%	-17.14%
	3	2.2984	2.4102	3.3049	-30.45%	-27.07%
	4	2.5112	2.6364	4.1755	-39.86%	-36.86%

Στη περίπτωση όπου  $\phi=0.8$  ,από την ανάλυση του παραπάνω πίνακα (Πίνακας 4.8) εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, για κάθε τιμή του εξεταζόμενου χρόνου παράδοσης L ,έχουμε υποεκτίμηση του λόγου Bullwhip ,δηλαδή η εκτίμηση για την ένταση του φαινομένου είναι χαμηλότερη από το αντίστοιχο πραγματικό μέγεθος της έντασης με ποσοστά που κινούνται σε χαμηλότερα επίπεδα συγκριτικά με την προηγούμενη περίπτωση.
- Ο χρόνος παράδοσης λειτουργεί ως επιβαρυντικός παράγοντας και σε αυτή την περίπτωση καθώς όσο αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης το estimation risk εμφανίζεται όλο και μεγαλύτερο γεγονός που αποδεικνύει ότι οι αποκλίσεις αυξάνονται όσο ο χρόνος παράδοσης αυξάνεται.
- Αύξηση του μεγέθους του δείγματος προκαλεί αυξομειώσεις στο αντίστοιχο estimation risk ενώ για μεγάλους χρόνους παράδοσης αύξηση του δείγματος προκαλεί αύξηση του estimation risk.

Πίνακας 4.9: Εκτίμηση Bullwhip για  $\varphi=0.95$

$\varphi=0.95$						
Μέγεθος δείγματος	Χρόνος παράδοσης L	BW1	BW2	Πραγματικό BW	Est. Risk1	Est. Risk2
<b>n=50</b>	1	1.0681	1.2652	1.1852	-9.88%	6.75%
	2	1.4205	1.6706	1.5284	-7.06%	9.3%
	3	1.9638	2.1525	2.0053	-2.07%	7.3%
	4	2.5569	2.6521	2.5946	-1.45%	2.22%
<b>n=100</b>	1	1.2098	1.243	1.1852	-2.67%	4.88%
	2	1.5637	1.6563	1.5284	2.31%	8.37%
	3	2.0402	2.1653	2.0053	1.7%	7.98%
	4	2.5643	2.7	2.5946	-1.17%	4.06%
<b>n=200</b>	1	1.2591	1.1444	1.1852	6.23%	-3.44%
	2	1.5813	1.4116	1.5284	3.46%	-7.64%
	3	2.0072	1.7791	2.0053	0.09%	-11.28%
	4	2.4874	2.2069	2.5946	-4.13%	-14.94%

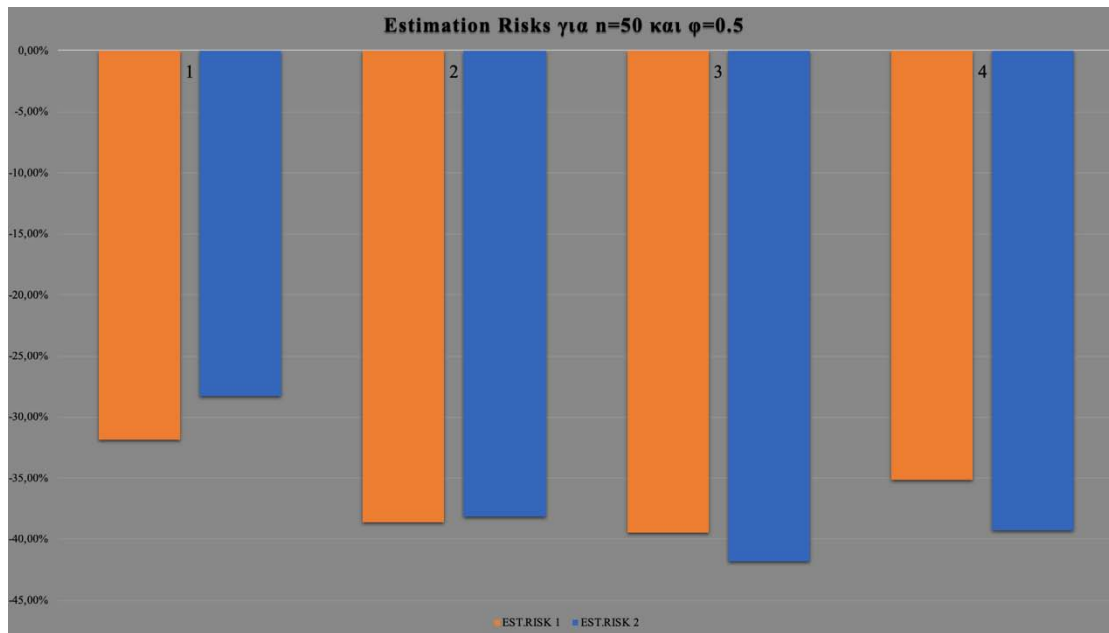
Στη περίπτωση όπου  $\varphi=0.95$  ,από την ανάλυση του παραπάνω πίνακα(Πίνακας 4.9) εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Σε αντίθεση με τις προηγούμενες περιπτώσεις όπου είχαμε υποεκτίμηση του λόγου Bullwhip, σε αυτή την περίπτωση παρουσιάστηκαν θετικά ποσοστά του Estimation Risk(L=1,2,3) που δείχνουν ότι δεν υποεκτιμάται το φαινόμενο.
- Ο χρόνος παράδοσης σε αυτή την περίπτωση επηρεάζει θετικά το Estimation Risk ,με εξαίρεση όταν το μέγεθος του δείγματος είναι  $n=200$  ,καθώς όσο αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης το estimation risk εμφανίζεται όλο και μικρότερο γεγονός που αποδεικνύει ότι οι αποκλίσεις μειώνονται όσο ο χρόνος παράδοσης αυξάνεται.
- Αύξηση του μεγέθους του δείγματος προκαλεί και σε αυτή την περίπτωση αυξομειώσεις στο αντίστοιχο estimation risk οι οποίες ωστόσο τα ποσοστά του estimation risk κινούνται σε χαμηλά επίπεδα.

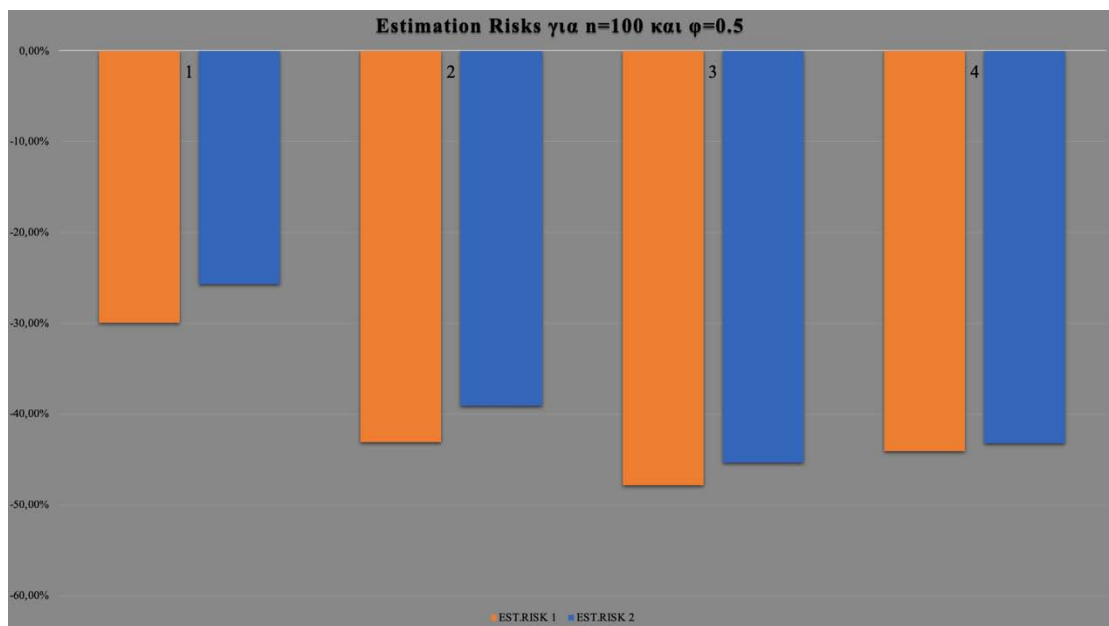
Συμπερασματικά από τους προηγούμενους πίνακες πρέπει να σταθούμε στην τάση του λόγου του Bullwhip να αυξάνει μέχρι την τιμή 0.8 του συντελεστή αυτοσυσχέτισης και έπειτα να μειώνεται όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης λαμβάνει την τιμή 0.95 . Ο χρόνος παράδοσης  $L$  επηρεάζει τις εκτιμήσεις με διαφορετικό τρόπο κάθε φορά και μερικές φορές λειτουργεί ως επιβαρυντικός παράγοντας. Συναρτήσεσι του συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\phi$  προκύπτει όξυνση του φαινομένου Bullwhip ενώ παρατηρούμε ότι για  $\phi=0.95$  έχει θετικό αντίκτυπο στο κομμάτι των εκτιμήσεων. Αντιλαμβανόμεστε ότι καθώς τα Estimation Risks κινούνται σε υψηλά επίπεδα και μάλιστα ως επί το πλείστον υποεκτιμούν τα πραγματικά μεγέθη του λόγου Bullwhip, θεωρούμε πως πρέπει να υπάρξει διαπραγμάτευση μεταξύ Προμηθευτή και Λιανοπωλητή για Ανταλλαγή Πληροφόρησης.

#### **4.5 Σύγκριση των δύο τύπων υπολογισμού του λόγου Bullwhip**

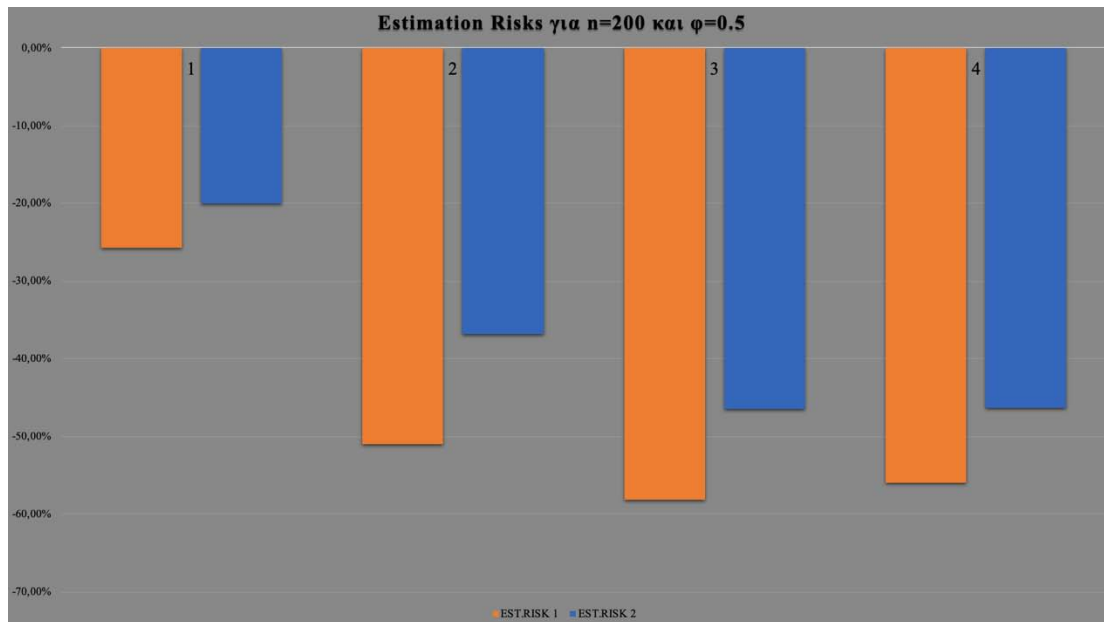
Οι δύο τύποι υπολογισμού του λόγου Bullwhip παρά το γεγονός ότι μας δίνουν τα ίδια αποτελέσματα σχετικά με τα πραγματικά μεγέθη του λόγου Bullwhip ,εντούτοις παρατηρούμε ότι διαφέρουν στο κομμάτι των εκτιμήσεων . Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι ο πρώτος τύπος υπολογισμού του λόγου Bullwhip (26) περιέχει μόνο την εκτιμηθείσα τιμή της παραμέτρου  $\phi$  ενώ ο εναλλακτικός τύπος υπολογισμού του λόγου Bullwhip (27) περιέχει τόσο την εκτιμηθείσα τιμή της παραμέτρου  $\phi$  όσο και της παραμέτρου  $\theta$ . Η διαφορά των δύο τύπων είναι εμφανής στα διαγράμματα που ακολουθούν για τις διάφορες τιμές του συντελεστή αυτοσυσχέτισης και για τρία διαφορετικά μεγέθη δείγματος.



**Διάγραμμα 4.1:** Estimation Risk για  $\phi=0.5$  και  $n=50$

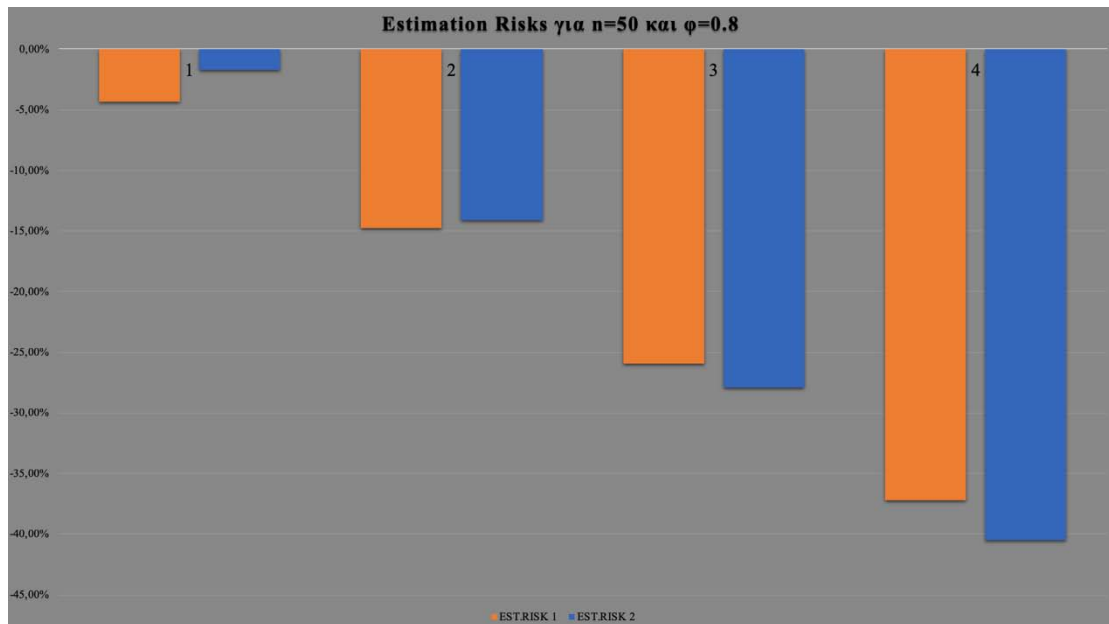


**Διάγραμμα 4.2:** Estimation Risk για  $\phi=0.5$  και  $n=100$

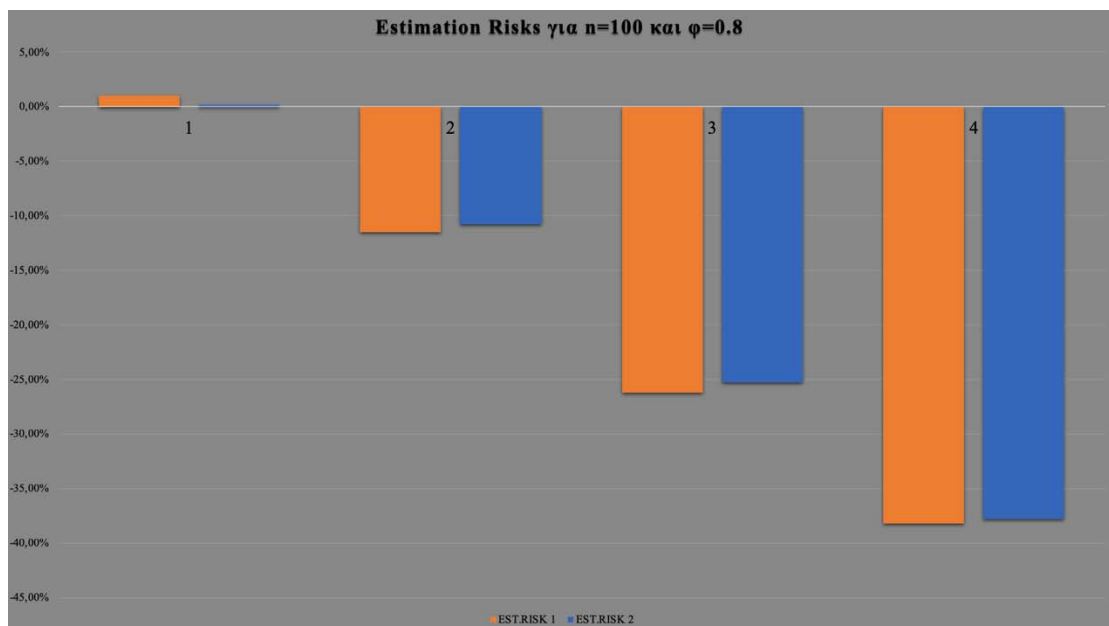


**Διάγραμμα 4.3:** Estimation Risk για  $\phi=0.5$  και  $n=200$

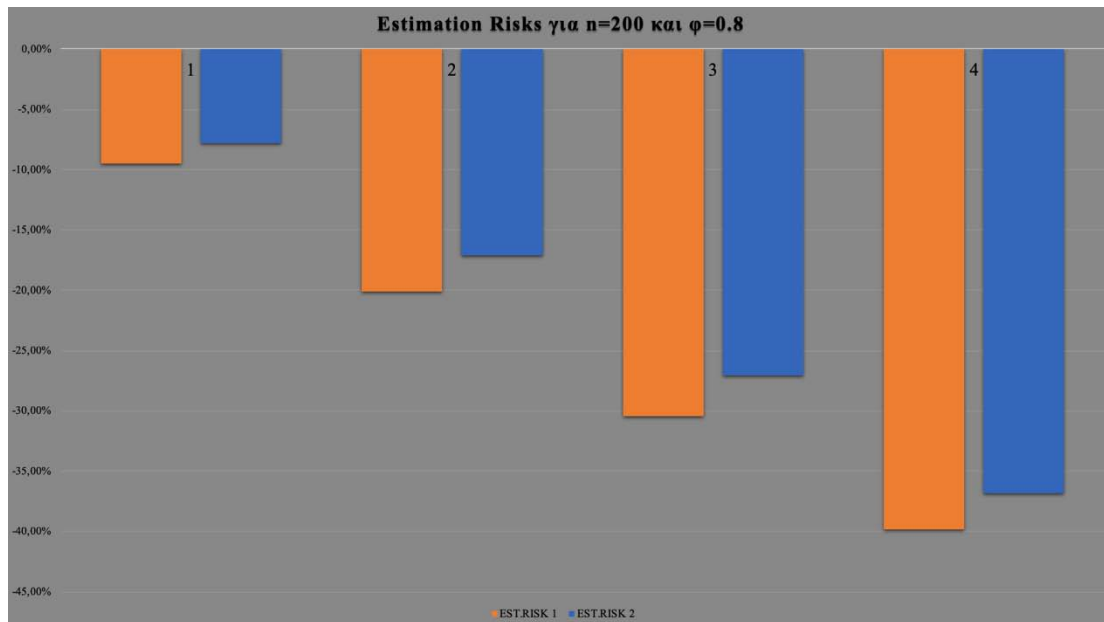
Όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης λαμβάνει την τιμή  $\phi=0.5$ , όπως γίνεται αντιληπτό και από τα παραπάνω διαγράμματα (Διαγράμματα (4.1),(4.2),(4.3)), ο δεύτερος τύπος υπολογισμού του εκτιμηθέντος λόγου Bullwhip (27) (στήλη Est.Risk 1) έχει μικρότερες αποκλίσεις από τα αντίστοιχα πραγματικά μεγέθη μόνο για μικρό μέγεθος δείγματος ( $n=50$ ) και μικρούς χρόνους παράδοσης ( $L=1$  και  $L=2$ ), ενώ ο πρώτος τύπος (26) (στήλη Est.Risk 2) αποδίδει καλύτερα για μεγαλύτερα μεγέθη ( $n=100$  και  $n=200$ ) ανεξάρτητα από το χρόνο παράδοσης.



**Διάγραμμα 4.4:** Estimation Risk για  $\phi=0.8$  και  $n=50$

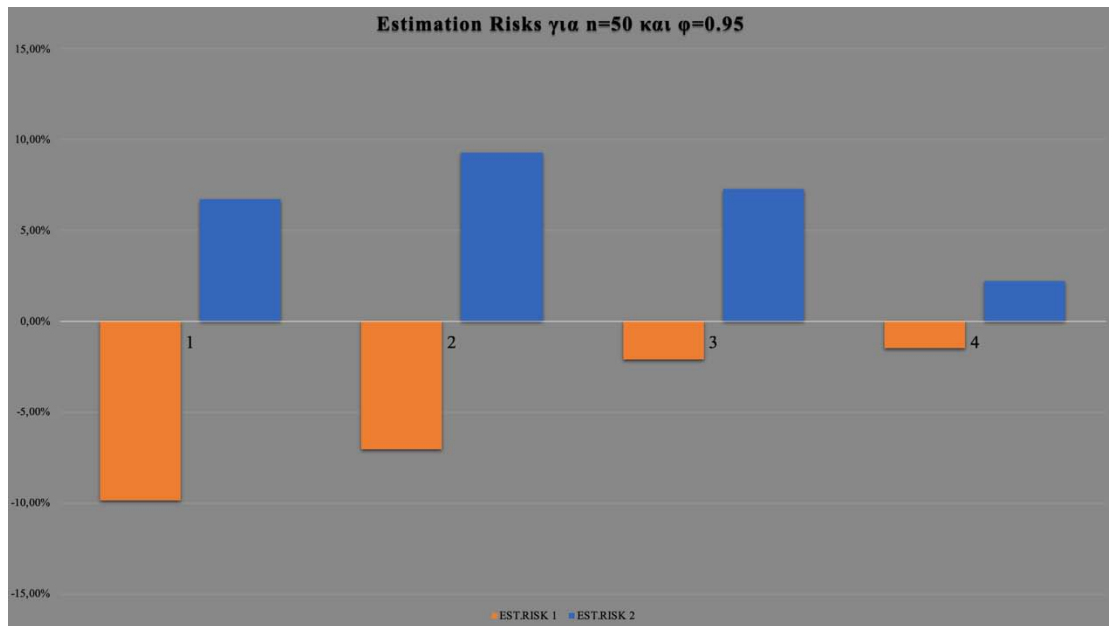


**Διάγραμμα 4.5:** Estimation Risk για  $\phi=0.8$  και  $n=100$

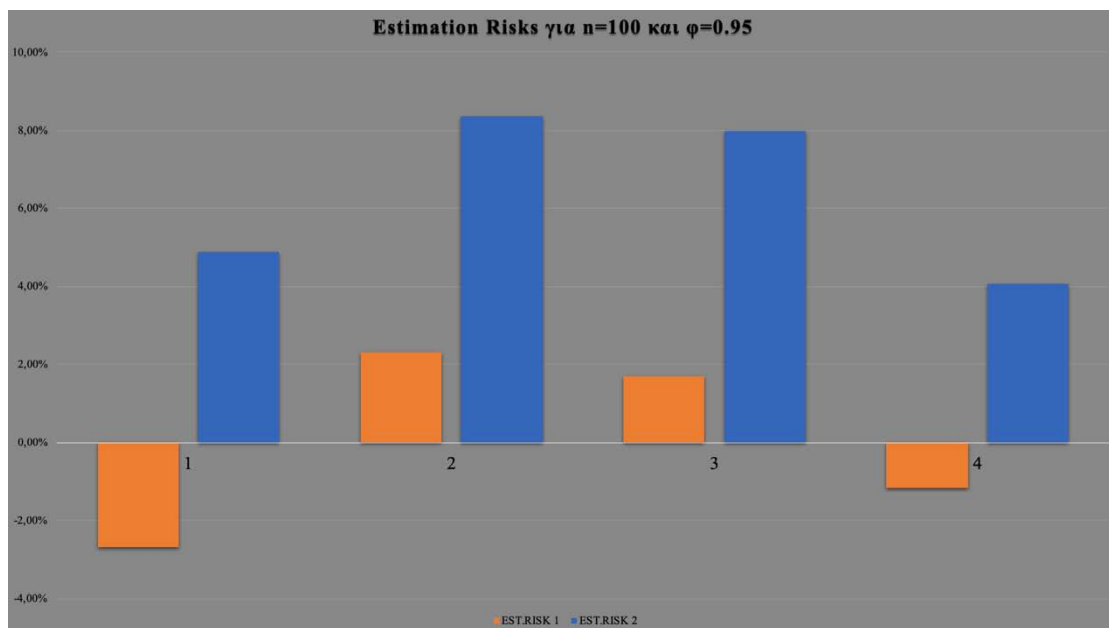


**Διάγραμμα 4.6:** Estimation Risk για  $\phi=0.8$  και  $n=200$

Όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης είναι  $\phi=0.8$ , παρατηρούμε ότι ο πρώτος τύπος (26) αποδίδει καλύτερα καθώς τα estimation risks που προκύπτουν από τη χρήση του πρώτου τύπου κινούνται σε χαμηλότερα επίπεδα συγκριτικά με αυτά του δεύτερου τύπου για όλες τις περιπτώσεις μεγεθών του δείγματος και για όλους τους χρόνους παράδοσης, με εξαίρεση την περίπτωση του μικρού μεγέθους δείγματος ( $n=50$ ) για χρόνους παράδοσης  $L=3$  και  $L=4$  όπου τα estimation risks του πρώτου τύπου εμφανίζονται κατά περίπου 2% μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα estimation risks που προκύπτουν από τον υπολογισμό του λόγου Bullwhip μέσω του δεύτερου τύπου (27).

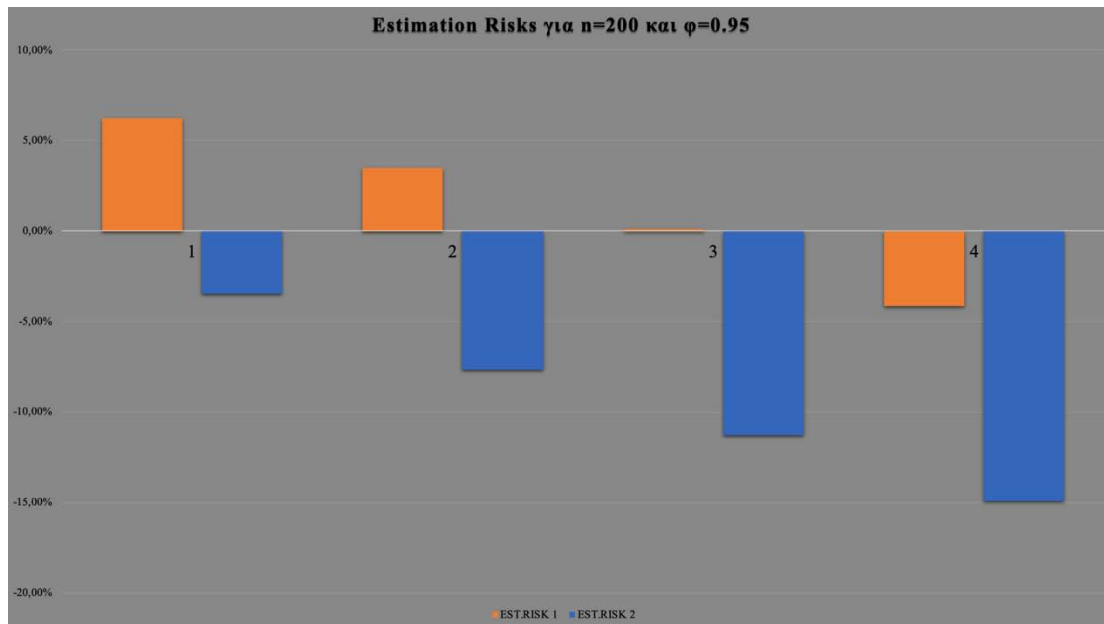


**Διάγραμμα 4.7:** Estimation Risk για  $\phi=0.95$  και  $n=50$



**Διάγραμμα 4.8:** Estimation Risk για  $\phi=0.95$  και  $n=100$





**Διάγραμμα 4.9:** Estimation Risk για  $\phi=0.95$  και  $n=200$

Όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης λαμβάνει την τιμή  $\phi=0.95$  παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγάλη αντίθεση στα αποτελέσματα των εκτιμήσεων του λόγου Bullwhip καθώς στις περιπτώσεις όπου ο ένας τύπος υποεκτιμά τον λόγο Bullwhip, ο εναλλακτικός τύπος υπερεκτιμά τον λόγο Bullwhip. Πιο συγκεκριμένα, όταν το μέγεθος του δείγματος είναι μικρό ( $n=50$ ) ο δεύτερος τύπος (27) υποεκτιμά τον λόγο Bullwhip με ποσοστά που πλησιάζουν το 10%, σε αντίθεση με τις εκτιμήσεις του λόγου Bullwhip που προκύπτουν από το πρώτο τύπο (26) ο οποίος υπερεκτιμά τον λόγο Bullwhip. Καθώς το δείγμα γίνεται μεγαλύτερο ( $n=100$ ) διακρίνουμε ότι υπάρχουν αυξομειώσεις στα estimation risks με χαρακτηριστικότερες αυτές που προκύπτουν από τον δεύτερο τύπο (27) καθώς ναι μεν κινείται σε πολύ χαμηλά επίπεδα αλλά ανάλογα με το χρόνο παράδοσης άλλοτε υποεκτιμούν και άλλοτε υπερεκτιμούν τον λόγο Bullwhip. Στη τελευταία περίπτωση όπου το μέγεθος του δείγματος είναι οι 200 παρατηρήσεις διακρίνουμε ότι καθώς αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης, οι εκτιμήσεις που προκύπτουν από τον τύπο (26) αποκλίνουν από το πραγματικό μέγεθος του λόγου Bullwhip, ενώ οι αντίστοιχες εκτιμήσεις που προκύπτουν από τον τύπο (27) έχουν μικρότερες αποκλίσεις με υπερεκτίμηση του λόγου Bullwhip για μικρούς χρόνους παράδοσης ( $L=1, L=2$ ) και υποεκτίμηση του λόγου για χρόνο παράδοσης τις 4 ημέρες. Συνοψίζοντας, σύμφωνα και με την γενικότερη εικόνα των αποτελεσμάτων που αποτυπώνονται στα διαγράμματα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι κατά κύριο λόγο έχουμε υποεκτίμηση του λόγου Bullwhip. Συγκρίνοντας τους δύο τύπους υπολογισμού

του λόγου Bullwhip, ο τύπος (26) ,ο οποίος περιέχει μόνο την εκτιμηθείσα τιμή της παραμέτρου  $\varphi$ , αποδίδει καλύτερα όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης λαμβάνει τις τιμές  $\varphi=0.5$  και  $\varphi=0.8$  ενώ όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης είναι  $\varphi=0.95$  ο τύπος (27),ο οποίος περιέχει τις εκτιμηθείσες τιμές των παραμέτρων  $\varphi$  και  $\theta$ , αποδίδει καλύτερα καθώς παρέχει χαμηλότερα ποσοστά αποκλίσεων από τα πραγματικά μεγέθη του λόγου Bullwhip σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσοστά του τύπου (27).

## Συμπεράσματα

Η αξία της Ανταλλαγής Πληροφόρησης σε μια Εφοδιαστική Αλυσίδα 2 σταδίων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα θέματα που απασχολούν την επιστημονική έρευνα στον τομέα της Διοίκησης. Ποικίλες έρευνες έχουν τονίσει τη σημασία της Ανταλλαγής Πληροφοριών μεταξύ των μελών μιας Εφοδιαστικής Αλυσίδας, η οποία παρέχει σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα τόσο μεταξύ επιχειρήσεων όσο και μεταξύ Εφοδιαστικών Αλυσίδων (Cooper, Lambert et al. 1997, Blackwell and Blackwell 1999, Lambert and Cooper 2000).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε μια Εφοδιαστική Αλυσίδα δύο σταδίων στην οποία έγινε η υπόθεση ότι η ζήτηση ακολουθεί ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα πρώτης τάξης AR(1). Στη συνέχεια έγινε χρήση τεχνικών προσομοίωσης (E-views) με σκοπό την εκτίμηση ενός αυτοπαλίνδρομου υποδείγματος Κινητού Μέσου ARMA(1,1) το οποίο περιγράφει τη ζήτηση που αντιμετωπίζει ο προμηθευτής. Στο σημείο αυτό εξήχθησαν 1000 σειρές 50, 100 και 200 παρατηρήσεων των σφαλμάτων πρόβλεψης για τα οποία έγινε υπόθεση ότι ακολουθούν την Κανονική Κατανομή με Μέσο 0 και Διακύμανση 81, δηλαδή  $\varepsilon_t \sim N(0, 81)$ .

Στο πρώτο στάδιο, έχοντας ως δεδομένο το μοντέλο του υποδείγματος AR(1) που περιγράφει τη ζήτηση του λιανοπωλητή τέθηκε η παράμετρος  $\delta=100$  και επιλέχθηκαν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις συντελεστή αυτοσυσχέτισης  $\phi$  με  $\phi=0,5$ ,  $\phi=0,8$  και  $\phi=0,95$  και 4 διαφορετικοί χρόνοι παράδοσης ( $L=1,2,3,4$ ). Τα αποτελέσματα του υποδείγματος αυτού του σταδίου χρησιμοποιήθηκαν για να συγκριθούν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα του επόμενου σταδίου που περιγράφεται από το υπόδειγμα ARMA(1,1).

Αρχικά πραγματοποιείται ο υπολογισμός των πραγματικών μεγεθών για τα 3 διαφορετικά μεγέθη δείγματος συμπεριλαμβανομένου του λόγου Bullwhip. Στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση των παραμέτρων  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\phi}$ ,  $\hat{\theta}$  και  $\hat{\sigma}_v$  για τις τρεις διαφορετικές τιμές του συντελεστή αυτοσυσχέτισης και για τους τέσσερις διαφορετικούς χρόνους παράδοσης του προϊόντος καθώς και η εκτίμηση του λόγου Bullwhip.

Μετάπειτα πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ των μέσων όρων των εκτιμηθέντων τιμών των παραμέτρων  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\phi}$ ,  $\hat{\theta}$  και  $\hat{\sigma}_v$  με τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές των παραμέτρων αυτών, καθώς και σύγκριση του εκτιμώμενου λόγου Bullwhip με την πραγματική τιμή του λόγου. Γίνεται προσπάθεια εκτίμησης του κινδύνου (estimation risk) για τα διαφορετικά μεγέθη δείγματος, για τις διαφορετικές

τιμές της παραμέτρου  $\varphi$  και του χρόνου παράδοσης προϊόντος ,συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά μέσω χρήσης δύο διαφορετικών τύπων του λόγου Bullwhip.

Από την ανωτέρω μελέτη , παρατηρήσαμε πόσο σημαντικό ρόλο διαδραματίζει ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης καθώς και ο χρόνος παράδοσης μιας παραγγελίας .

Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση όπου ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης έλαβε την τιμή 0,5 παρατηρήθηκε ότι καθώς αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης οι τιμές του Bullwhip και των Estimation Risks αυξάνονται και παράλληλα υποεκτιμούνται, ενώ καθώς αυξάνεται ο αριθμός του δείγματος παρατηρείται βελτίωση των ανωτέρω αποτελεσμάτων.

Ανάλογα αποτελέσματα προέκυψαν και στην περίπτωση όπου ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης έλαβε την τιμή 0,8 , καθώς αύξηση του χρόνου παράδοσης αποφέρει αύξηση και συνάμα υποεκτίμηση των τιμών του λόγου Bullwhip και των Estimation Risks ,ενώ σε αντίθεση με την προηγούμενη περίπτωση, καθώς αυξάνεται ο αριθμός του δείγματος δεν παρατηρείται κάποια αξιοσημείωτη βελτίωση στα αποτελέσματα.

Σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες περιπτώσεις τιμών του συντελεστή αυτοσυσχέτισης ,όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης έλαβε την τιμή 0,95 παρατηρήθηκε ότι καθώς αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης παρόλο που οι τιμές του Bullwhip αυξάνονται σταμάτησε να υφίσταται σε μεγάλο βαθμό η υποεκτίμησή τους καθώς οι τιμές των Estimation Risks ως επί το πλείστον κινούνται σε θετικά πλαίσια, ενώ καθώς αυξάνεται ο αριθμός του δείγματος υπάρχουν και για αυτή την περίπτωση αυξομειώσεις των αποτελεσμάτων των Estimation Risks με αρκετά χαμηλότερα ποσοστά συγκριτικά με αυτά των δύο προηγούμενων περιπτώσεων .

Τέλος πραγματοποιήθηκε σύγκριση των 2 τύπων υπολογισμού του λόγου Bullwhip ,όπου παρατηρήθηκε ότι ο τύπος ο οποίος περιέχει μόνο την εκτιμηθείσα τιμή της παραμέτρου  $\varphi$ , αποδίδει καλύτερα όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης λαμβάνει τις τιμές  $\varphi=0.5$  και  $\varphi=0.8$  ενώ όταν ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης είναι  $\varphi=0.95$  ο τύπος ο οποίος περιέχει τις εκτιμηθείσες τιμές των παραμέτρων  $\varphi$  και  $\theta$ , αποδίδει καλύτερα καθώς παρέχει χαμηλότερα ποσοστά αποκλίσεων από τα πραγματικά μεγέθη του λόγου Bullwhip. Αντίστοιχα η αύξηση του μεγέθους του δείγματος όπου ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης λαμβάνει τις τιμές 0,5 και 0,8 παρατηρούμε ότι ο τύπος που περιέχει μόνο τον συντελεστή αυτοσυσχέτισης παρουσιάζει χαμηλότερες αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές του λόγου Bullwhip ενώ στην περίπτωση όπου ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης λαμβάνει την τιμή 0,95 ο

τύπος που περιέχει τόσο την παράμετρο  $\varphi$  όσο και την παράμετρο  $\theta$  αποδίδει καλύτερα και για τα 3 διαφορετικά μεγέθη δείγματος.

## Βιβλιογραφία

- Achabal, D. D., McIntyre, S. H., Smith, S. A., & Kalyanam, K. (2000). A decision support system for vendor managed inventory. *Journal of retailing*, 76(4), 430-454.
- Ali, M. M., Babai, M. Z., Boylan, J. E., & Syntetos, A. A. (2017). Supply chain forecasting when information is not shared. *European Journal of Operational Research*, 260(3), 984-994.
- Ali, M. M., Boylan, J. E., & Syntetos, A. A. (2012). Forecast errors and inventory performance under forecast information sharing. *International Journal of Forecasting*, 28(4), 830-841.
- Alwan, L. C., Liu, J. J., & Yao, D. Q. (2003). Stochastic characterization of upstream demand processes in a supply chain. *IIE Transactions*, 35(3), 207-219.
- Babai M.Z. , J.E.Boylan , A.A.Syntetos et al. "Reduction of the value of information sharing as demand becomes strongly auto-correlated." *International Journal of Production Economics* 181 (2016): 130-135
- Baihaqi Imam , Nicolas Beaumont , (2006) "Information sharing in supply chains : a literature review and research agenda Caulfield East, Vic. : Dept. of Management, Monash University, - Working paper series / Monash University, Department of Management, 1327-5216 ; 24/06
- Blackwell, R. D. and K. Blackwell (1999). 'The Century of the Consumer: Converting Supply Chains into Demand Chains' *Supply Chain Management Review*
- Bourland, K. E., Powell, S. G., & Pyke, D. F. (1996). Exploiting timely demand information to reduce inventories. *European Journal of Operational Research*, 92(2), 239-253.
- Boylan, J. E., & Syntetos, A. A. (2006). Accuracy and accuracy-implication metrics for intermittent demand. *Foresight: The International Journal of Applied Forecasting*, 4, 39-42.
- Cachon, G. P., & Fisher, M. (2000). Supply chain inventory management and the value of shared information. *Management science*, 46(8), 1032-1048.
- Çetinkaya, S., & Lee, C. Y. (2000). Stock replenishment and shipment scheduling for vendor-managed inventory systems. *Management Science*, 46(2), 217-232.

Chatfield, Dean C., et al. "The bullwhip effect—impact of stochastic lead time, information quality, and information sharing: a simulation study." *Production and Operations Management* 14.4 (2004): 340-354

Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., & Simchi-Levi, D. (1999). The bullwhip effect: Managerial insights on the impact of forecasting and information on variability in a supply chain. In *Quantitative models for supply chain management* (pp. 417-439). Springer, Boston, MA.

Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., & Simchi-Levi, D. (2000). Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: The impact of forecasting, lead times, and information. *Management science*, 46(3), 436-443.

Chiang, W. Y. K., & Monahan, G. E. (2005). Managing inventories in a two-echelon dual-channel supply chain. *European Journal of Operational Research*, 162(2), 325-341.

Choi, Hyun-cheol Paul. "Information sharing in supply chain management: a literature review on analytical research." *California Journal of Operations Management* 8.1 (2010): 110-116.

Chopra, S., & Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Prentice Hall.

Clark, T. 1994. Campbell Soup: A leader in continuous replenishment innovations. Harvard Business School Case, Boston, MA

Cooper, M. C., D. M. Lambert, et al. (1997). 'Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics' *The International Journal of Logistics Management* Vol 8 No 1 pp 1-14

Crosron Rachel, and Karen Donohue. "Upstream versus downstream information and its impact on the bullwhip effect." *System Dynamics Review* 21.3 (2005): 249-260

Disney, S.M., Towill, D.R., (2003), On the bullwhip and inventory variation produced by an ordering policy. *Omega: The International Journal Of Management Science* , 31, pp. 3

Fawcett, S. E., Osterhaus, P., Magnan, G. M., Brau, J. C., & McCarter, M. W. (2007). Information sharing and supply chain performance: the role of connectivity and willingness. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(5), 358-368.

Forslund, H., & Jonsson, P. (2009). Obstacles to supply chain integration of the performance management process in buyer-supplier dyads: The buyers'

perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(1), 77-95.

Hammond, J. , 1995. Barilla SpA (A), (B), (C), and (D). 1995. Harvard Business School Case, Boston, MA.

Harland, C. M. (1996). Supply chain management: relationships, chains and networks. *British Journal of management*, 7, S63-S80.

Kevork, IS, (2018), “Ένα μικροοικονομικό υπόδειγμα εφοδιαστικής αλυσίδας δυο σταδίων με αυτοσυσχετιζόμενη ζήτηση, σελ. 419-449, κεφάλαιο στο Βιβλίο “Κείμενα στην οικονομική της άμυνας και της ασφάλειας”, Επιμέλεια Η.Κεβόρκ & Χ.Κόλλιας, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας

Lambert, D. M. and M. C. Cooper (2000). 'Issues in Supply Chain Management' *Industrial Marketing Management* Vol 29 No 1 pp 65-83.

Lambert, D. M., Knemeyer, A. M., & Gardner, J. T. (2004). Supply chain partnerships: model validation and implementation. *Journal of business Logistics*, 25(2), 21-42.

Lee H.L., Padmanabhan V. and Whang Seungjin, (1997). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Source, *Management Science*, 43, (4), pp. 546-558

Lee, H. L. (2000). 'Creating Value through Supply Chain Integration' *Supply Chain Management Review* Vol 4 No 4 pp 30-36

Lee, H. L. and S. Whang (2000). 'Information Sharing in a Supply Chain' *International Journal of Technology Management* Vol 20 No 3/4 pp 373-387.

Lee, H. L., So, K. C., & Tang, C. S. (2000). The value of information sharing in a two-level supply chain. *Management science*, 46(5), 626-643.

Lee, H.L. and Billington, C. (1993) Material Management in Decentralized Supply Chains. *Operations Research*, 41, 835-847

Lee, Hau L., VenkataPadmanabhan, and SeungjinWhang. "The bullwhip effect in supply chains." *Sloan management review* 38.3 (1997): 94.

Li, G., Wang, S., Yan, H., & Yu, G. (2005). Information transformation in a supply chain: a simulation study. *Computers & Operations Research*, 32(3), 707-725.

Li, L., & Zhang, H. (2008). Confidentiality and information sharing in supply chain coordination. *Management science*, 54(8), 1467-1481.



Luong, H. T. (2007). Measure of bullwhip effect in supply chains with autoregressive demand process. *European Journal of Operational Research*, 180(3), 1086-1097.

Mangiaracina, R., Melacini, M., & Perego, A. (2012). A critical analysis of vendor managed inventory in the grocery supply chain. *International Journal of Integrated Supply Management*, 7(1-3), 138-166.

Mentzer, J. T. (2004). *Fundamentals of Supply Chain Management: Twelve Drivers for Competitive Advantage*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.

Reid, D, Sanders, N., (2002), "Operations Management", 1st edition, Hoboken, NJ, John Wiley & Sons

Sabitha, D., Rajendran, C., Kalpakam, S., & Ziegler, H. (2016). The value of information sharing in a serial supply chain with AR (1) demand and non-zero replenishment lead times. *European Journal of Operational Research*, 255(3), 758-777.

Seidmann, A., & Sundararajan, A. 1997. Building and sustaining interorganizational information sharing relationships: the competitive impact of interfacing supply chain operations with marketing strategy. Paper presented at the Proceedings of the eighteenth international conference on Information systems, Atlanta, Georgia, United States

Stanley E. Fawcett, Paul Osterhaus, Gregory M. Magnan, James C. Brau, Matthew W. McCarter, (2007) "Information sharing and supply chain performance: the role of connectivity and willingness", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 12 Issue: 5, pp.358-368

Sterman, J. D. (1989). Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Management science*, 35(3), 321-339.

Stevens, G. C. (1989). Integrating the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 19(8), 3-8.

T. Stein, J. Sweat, (1998) Killer supply chains, *InformationWeek* 708 (9) , pp. 36-46

Wang, Xun, and Stephen M. Disney. "The bullwhip effect: Progress, trends and directions." *European Journal of Operational Research* 250.3 (2016): 691-701

Xu, K., Y. Dong, et al. (2001). 'Towards Better Coordination of the Supply Chain' *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* Vol 37 No 1 pp 35-54

Yao, Y., & Dresner, M. (2008). The inventory value of information sharing, continuous replenishment, and vendor-managed inventory. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(3), 361-378.

Yao, Y., Evers, P. T., & Dresner, M. E. (2007). Supply chain integration in vendor-managed inventory. *Decision support systems*, 43(2), 663-674.

Yu, Z., H. Yan, et al. (2001). 'Benefits of Information Sharing with Supply Chain Partnerships' *Industrial Management & Data Systems* Vol 101 No 3 pp 114-119.

Yu, Z., Yan, H., & Cheng, T. C. E. (2002). Modelling the benefits of information sharing-based partnerships in a two-level supply chain. *Journal of the Operational Research Society*, 53(4), 436-446.

Zhang, Tinglong, et al. "An integrated vendor-managed inventory model for a two-echelon system with order cost reduction." *International Journal of Production Economics* 109.1 (2007): 241-254.

Zhou, Qiang. "A taxonomic review of supply chain information sharing research. Proceedings of the 11th Annual Conference of Asia Pacific Decision Sciences Institute Hong Kong, June 14-18, 2006, pp. 827-839