

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ»



Διπλωματική εργασία:

**Η χρήση της μεθόδου των κινητών μέσων όρων σε
εφοδιαστικές αλυσίδες με αυτο-συσχετιζόμενη ζήτηση**

ΚΟΥΡΚΟΥΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ-ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΚΕΒΟΡΚ ΗΛΙΑΣ

ΒΟΛΟΣ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2022

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. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η διπλωματική εργασία ετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Κουρκούνας Νικόλαος-Κωνσταντίνος

Βόλος, Δεκέμβριο 2022.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ηλία Κεβόρκ για την βοήθεια, καθοδήγηση και υποστήριξη του που μου δόθηκε τόσο επιστημονικά όσο και ηθικά κατά την διάρκεια της διπλωματικής εργασίας, αλλά και την διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος. Τέλος ιδιαίτερες ευχαριστίες στην οικογένεια μου με υποστηρίζει όλο αυτό το διάστημα.

Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή	7
Κεφάλαιο 1 ^ο : Εφοδιαστική Αλυσίδα	10
1.1 Η πληροφορία στην Εφοδιαστική Αλυσίδα.....	10
1.2 Ανταλλαγής Πληροφόρησης στην Εφοδιαστική Αλυσίδα	11
1.3 Φαινόμενο bullwhip	12
Κεφάλαιο 2 ^ο : Βιβλιογραφία.....	15
Έρευνες με χρήση Κινητού Μέσου Όρου	15
Κεφάλαιο 3 ^ο : Εφοδιαστικής Αλυσίδα δύο σταδίων	19
3.1 Λιανοπωλητής με υπόδειγμα AR(1)	19
3.2 Προμηθευτής με υπόδειγμα ARMA(1,1).....	23
3.2.1 Σενάριο Πλήρους Ανταλλαγής Πληροφόρησης στον Προμηθευτή.....	24
3.2.2 Σενάριο Μερικής Ανταλλαγής Πληροφόρησης στον Προμηθευτή.....	26
Κεφάλαιο 4 ^ο : Προμηθευτής και Κινητός Μέσος Όρος.....	31
4.1 Σενάριο Μη Ανταλλαγής Πληροφοριών στον Προμηθευτή.....	31
Κεφάλαιο 5 ^ο : Ερμηνεία δεδομένων	36
5.1 Φαινόμενο Bullwhip.....	36
Κεφάλαιο 6 ^ο : Συμπέρασμα και Περιθώρια Έρευνας.....	46
Πηγές	48
Παράρτημα	53
Παράρτημα Α	53
Παράρτημα Α1	53
Παράρτημα Α2	54
Παράρτημα Α3	54
Παράρτημα Α4	55

Περίληψη

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να μελετήσει την αξιοπιστία εφαρμογής της μεθόδου του Μέσου Όρου στην πρόβλεψη της ζήτησης σε μια εφοδιαστική αλυσίδα δυο σταδίων όταν η ζήτηση έχει αυτο-παλίνδρομο σχήμα πρώτου βαθμού, AR(1). Στην εισαγωγή της παρούσας εργασίας αναλύονται βασικές έννοιες για την εφοδιαστική αλυσίδα και παρουσιάζει μια συνοπτική εικόνα για το τι θα ειπωθεί σε μεταγενέστερα κεφάλαια. Αναλυτικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται συζήτηση για την αξία της Πληροφόρησης, για την Ανταλλαγή Πληροφοριών και το φαινόμενο Bullwhip. Το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει έρευνες που χρησιμοποίησαν τη μέθοδο του Κινητού Μέσου Όρου, στις οποίες αναφέρονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Το τρίτο κεφαλαίο αφιερώνεται στην παρουσίαση των μαθηματικών εξισώσεων του Λιανοπωλητή και του Προμηθευτή για την περίπτωση της Πλήρης και Μερικής Ανταλλαγής Πληροφοριών, ενώ το τέταρτο κεφάλαιο αναλύει τις μαθηματικές εξισώσεις για τον Προμηθευτή για την περίπτωση της Μη Ανταλλαγής Πληροφοριών. Το πέμπτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην παρουσίαση του φαινομένου bullwhip ενός τυχαίου δείγματος 101 παρατηρήσεων. Στην συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση στο φαινόμενο bullwhip πάνω σε παραμέτρους που χρησιμοποιούνται στους μαθηματικούς τύπους που ειπώθηκαν σε προηγούμενες ενότητες όπως τον χρόνο παράδοσης του Λιανοπωλητή, του Προμηθευτή κ.τ.λ. Κλείνοντας, το τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζει τα συμπεράσματα της μελέτης και οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνες.

Λέξεις Κλειδιά: Εφοδιαστική Αλυσίδα δυο σταδίων, Αυτοπαλίνδρομο μοντέλο πρώτου βαθμού AR(1), Κινούμενος Μέσος Όρος, φαινόμενο bullwhip.

Abstract

This paper attempts to study the reliability of the application of the Moving Average method in forecasting the demand in a two-stage supply chain when the demand follows the autoregressive form of the first degree, AR(1). The introduction of this paper analyzes key concepts about the supply chain and presents a brief overview of what will be said in later chapters. In more detail, the first chapter discusses the value of Information, the Exchange of Information and the Bullwhip phenomenon. The second chapter presents research that used the Moving Average method, in which the corresponding results are reported. The third chapter is dedicated to the presentation of the mathematical equations of the Retailer and the Supplier for the case of Full and Partial Information Exchange, while the fourth chapter analyzes the mathematical equations for the Supplier for the case of No Information Exchange. The fifth chapter is devoted to the presentation of the bullwhip effect of a random sample of 101 observations. Then follows the analysis of the bullwhip effect on parameters used in the mathematical formulas mentioned in previous sections such as the delivery time of the Retailer, the Supplier, etc. Finally, the last chapter presents the conclusions of the study and suggestions for further research.

Keywords: Two-Stage Supply Chain, First Degree Autoregressive Model, AR(1), Moving Average, Bullwhip Effect.

Εισαγωγή

Η μελέτη της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (ΕΑ) έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης των τελευταίων δεκαετιών για πολλούς μελετητές και ερευνητές του χώρου αυτού. Ως Εφοδιαστική Αλυσίδα εννοούμε την διαδικασία όπου παράγεται ένα προϊόν ή μια υπηρεσία που δημιουργείται από μια σειρά ενεργειών από το πρώτο στάδιο παραγωγής (δηλαδή την μεταφορά και αποθήκευση των πρώτων υλών) μέχρι και το τελευταίο όπου ο καταναλωτής λαμβάνει το προϊόν του. Κατά συνέπεια η μορφή της, τα μέλη που την αποτελούν και ο τρόπος λειτουργίας της αποτελούν το αντικείμενο μελέτης. Επίσης ερευνητές που έδωσαν το δικό τους ορισμό για το τι είναι η ΕΑ όπως Stevens(1989), Lee & Billington(1993), Monczka & Morgan(1997), S.Chopra & Meindl(2001), Ellram & Cooper (1993) και Quinn(1997) ενώ ο Μαλλιαρός (2019) αναφέρει ότι ως αποδεκτός ορισμός της ΕΑ δίνεται από το Global Supply Chain Forum του Πανεπιστημίου The Ohio State University, Η.Π.Α (Lambert, 2004) ο οποίος αναφέρεται στην 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».

Στόχος της έρευνας της ΕΑ είναι μέσω της εξισορρόπησης προσφοράς και ζήτησης τα μέλη της να καρπωθούν όσο το δυνατόν περισσότερα οφέλη μπορούν χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους πρόβλεψης της ζήτησης, διαφορετικές μεθόδους πολιτικής επιθεώρησης του αποθέματος και διαχείρισης παραγγελιών, κοινοποιώντας ή μη πληροφορίες προς άλλα μέρη της ΕΑ και γενικά οτιδήποτε μπορεί να βελτιώσει την κατάσταση τους και να τους φέρει σε ένα νέο επίπεδο οφέλους.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι για την χρήση τεχνικών προβλέψεων: Αρχικά οι Ali & Boylan (2012) επισημαίνουν ότι οι επαγγελματίες του χώρου αυτού είναι πιο εξοικειωμένοι με πιο απλούστερες μεθόδους πρόβλεψης σε σύγκριση με τις πιο προηγμένες ποσοτικές προσεγγίσεις π.χ. χρήση υποδείγματος ARIMA. Συνεπώς γίνεται αντιληπτό ότι ρεαλιστικά μια μέθοδος πρόβλεψης δεν θα επιλεγεται λόγω της βελτιστοποίησης ή της ακρίβειας που προσφέρει, αλλά με το πόσο εύκολα και εξοικειωμένα είναι τα άτομα με τη χρήση αυτής. Έξι έρευνες έδειξαν ότι η μέθοδος του απλού κινητού μέσου όρου (SMA) και η απλή εκθετική εξομάλυνση (SES) αποτελούν τους πιο δημοφιλείς μεταξύ των επαγγελματιών. Τέλος η ίδια παρατήρηση γίνεται και από το Μακρινάκη, το Wheelwright και το Hyndman (2008) μετά από ανασκόπηση 35 ερευνών όπου δηλώνουν ότι οι χρήστες είναι πιο εξοικειωμένοι και ικανοποιημένοι με απλές μεθόδους

πρόβλεψης αλλά όχι τόσο πολύ με τις πιο εξελιγμένες μεθόδους πρόβλεψης (Kim; 2003 και Chen; 2000).

Η ΕΑ προκειμένου να ερευνηθεί ενδελεχώς διαχωρίζεται σε δυο διαφορετικές μορφές, η μια πιο περίπλοκη από την προηγούμενη για να δοθεί στο τέλος μια ρεαλιστικότητα. Στις έρευνες χρησιμοποιούνται ΕΑ δυο σταδίων (λιανοπωλητής – κατασκευαστής/ προμηθευτής). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο προμηθευτής και ο κατασκευαστής δεν αποτελούν τα μόνα μέλη της ΕΑ πράγμα που κάνει δυνατόν την αντικατάστασή τους από άλλες μορφές όπως, ένας μεταπωλητής ή μία αποθήκη. Ένα από τα συνηθισμένα αντικείμενα πειραματισμού και μελέτης των ερευνητών είναι η πολιτική επιθεώρησης του αποθέματος και διαχείρισης παραγγελιών, με την πιο συνηθισμένη προς χρήση να είναι η πολιτική παραγγελιών αναπλήρωσης στοχευμένου επιπέδου αποθέματος (Order-up-to level). Παράμετροι της πολιτικής αυτής αποτελούν ο χρόνος παράδοσης του προϊόντος και ο τρόπος με τον οποίο κατανέμεται η ζήτηση μέσα στο χρόνο (π.χ. κάθε εβδομάδα, μήνα κλπ.) (Κεβόρκ; 2018). Μερικές άλλες βασικές πολιτικές αναπλήρωσης είναι αυτές της συνεχούς επιθεώρησης (s,S και s,Q) και της περιοδικής επιθεώρησης (R,D και r,q) ενώ ορισμοί που αφορούν τα αποθέματα (Παπαδήμας;2018, Cachon, Terwiesch;2011) είναι:

- Φυσικό Απόθεμα (On-hand inventory): Η διαθέσιμη ποσότητα αποθέματος που βρίσκεται αποθήκη και μπορεί να καλύψει τη ζήτηση.
- Παραγγελίες σε Εκκρεμότητα (Backorders): η ζήτηση που είναι ανικανοποίητη, χωρίς να υπάρχουν απώλειες στις πωλήσεις.
- Επίπεδο Αποθέματος (Net Stock): Είναι η διαφορά του φυσικού αποθέματος με τις παραγγελίες σε εκκρεμότητα
- Απόθεμα σε Παραγγελία (On-order inventory): Ο αριθμός μονάδων που έχουν παραγγελθεί αλλά δεν έχουν παραληφθεί από τις επιχειρήσεις.
- Θέση/ Στάθμη Αποθέματος (Inventory Level ή Inventory Position): Είναι το ποσό του αποθέματος που έχετε διαθέσιμο σε ολόκληρο το δίκτυο διανομής της ΕΑ.
- Order up-to level S (St): Είναι τη μέγιστη θέση αποθέματος ή το επιθυμητό επίπεδο στάθμης αποθέματος που θα ήθελε ένα μέλος της ΕΑ για μια περίοδο t.

Δεν πρέπει να λησμονηθεί το γεγονός ότι κάθε χρονική περίοδο η ζήτηση κατανέμεται κανονικά με μέση τιμή μ και διακύμανση σ , και στόχος της πολιτικής είναι να αποτρέψει πιθανή εξάντληση αποθέματος. Ο Κεβόρκ (2018) αναφέρει ότι η πολιτική αποθεμάτων στοχεύει σε ένα στοχευμένο επίπεδο αποθέματος όπου η συνολική ζήτηση δεν θα μπορέσει να το ξεπεράσει.

Τέλος σημαντικό κομμάτι για τον προσδιορισμό του στοχευμένου επιπέδου αποθέματος του προμηθευτή είναι η απολύτως απαραίτητη διερεύνηση α) του σεναρίου της Πλήρους Ανταλλαγής Πληροφόρησης, όπου σε αυτή την περίπτωση ο προμηθευτής γνωρίζει την ζήτηση που αντιμετωπίζει δηλαδή του γίνονται γνωστά οι τιμές των παραμέτρων δ , φ και θ , οι τιμές σφαλμάτων, τα μεγέθη της ζήτησης και τη μορφή του υποδείγματος, β) του σεναρίου της Μερικής Ανταλλαγής Πληροφόρησης όπου σε αυτή την περίπτωση γνωστοποιείται στον Προμηθευτή από τον Λιανοπωλητή η μορφή του υποδείγματος και οι τιμές των παραμέτρων του υποδείγματος και γ) του σεναρίου της Μη- Ανταλλαγής Πληροφόρησης όπου έχει ως μόνο διαθέσιμη πληροφορία το δείγμα των παραγγελιών που κάνει ο Λιανοπωλητής μέχρι την περίοδο t .

Η παρούσα εργασία εξετάζει την Ανταλλαγή Πληροφόρησης σε μια Εφοδιαστική Αλυσίδα δυο σταδίων με σκοπό την μελέτη του φαινομένου bullwhip για κάθε στάδιο της. Επιπλέον γίνεται διαχωρισμός περιπτώσεων στο Προμηθευτή ανάλογα με το είδος των πληροφοριών που θα λάβει σε Πλήρη, Μερική και Μη Ανταλλαγή Πληροφοριών. Αρχικά λαμβάνεται για μια τέτοια ΕΑ η υπόθεση ότι η ζήτηση των καταναλωτών που αντιμετωπίζει ο Λιανοπωλητής ακολουθεί ένα αυτο-παλίνδρομο υπόδειγμα πρώτου βαθμού, AR(1).

Αναλυτικότερα, στο κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται η αξία και η Ανταλλαγή της Πληροφόρησης σε μια Εφοδιαστική Αλυσίδα καθώς γίνεται και μια ανάλυση για το φαινόμενο bullwhip. Το κεφάλαιο 2 επεκτείνεται στις αθρογραφικές ανασκοπήσεις ερευνών που χρησιμοποιούν τη μέθοδο του Κινητού Μέσου Όρου (ΚΜΟ) στην μελέτη τους και τα αποτελέσματα που προέκυψαν σε αυτά. Το κεφάλαιο 3 παρουσιάζει τη μαθηματική ανάλυση του Λιανοπωλητή και του Προμηθευτή για τις περιπτώσεις της Πλήρης και της Μερικής Ανταλλαγής Πληροφόρησης αλλά και την ποσοτικοποίηση του φαινομένου bullwhip για κάθε περίπτωση. Το κεφάλαιο 4 επίσης παρουσιάζει μέσω μαθηματικής ανάλυσης των τύπων του Προμηθευτή για την περίπτωση της Μη Ανταλλαγής Πληροφόρησης χρησιμοποιώντας ΚΜΟ όπως θα παρουσιαστεί σε παρακάτω κεφάλαιο. Το κεφάλαιο 5 αναφέρει την αναπαράσταση μιας προσομοίωσης λαμβάνοντας υπόψη ένα τυχαίο δείγμα 101 παρατηρήσεων με μέσο 100 και τυπική απόκλιση 25. Στην συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση στο φαινόμενο bullwhip για διαφορετικές τιμές για τις παραμέτρους φ & ρ , και του χρόνου παράδοσης του Λιανοπωλητή, L_R & του Προμηθευτή, L_S . Τέλος το κεφάλαιο 6 ολοκληρώνει το έγγραφο παρουσιάζοντας τα συμπεράσματα της εργασίας και αναφέροντας ιδέες για μελλοντικές έρευνες ως συνέχεια της παρούσας εργασίας.

Κεφάλαιο 1^ο: Εφοδιαστική Αλυσίδα

1.1 Η πληροφορία στην Εφοδιαστική Αλυσίδα

Το παρόν τμήμα κεφαλαίου αναφέρει την σημασία της ανταλλαγής πληροφορήσης μεταξύ μελών σε μια Εφοδιαστική Αλυσίδα (ΕΑ). Σε γενικά πλαίσια η σημαντικότητα της ύπαρξης πληροφορήσης σε μια ΕΑ οφείλεται στην πολυπλοκότητα της να παίρνει αποτελεσματικές αποφάσεις εξαιτίας πχ των μεταβαλλόμενων προτιμήσεων των καταναλωτών, την ύπαρξη διαφορετικών προϊόντων στην αγορά αλλά και τον περιορισμένο χώρο που υπάρχει για κάθε μέλος της ΕΑ (είτε πρόκειται για το ράφι του λιανοπωλητή είτε για την αποθήκη του προμηθευτή κτλ) και τις πρωτοβουλίες που πραγματοποιήθηκαν για να βοηθήσουν την διαχείριση των δεδομένων τα μέλη της ΕΑ.

Είναι απαραίτητο να επισημανθεί ότι καμία ΕΑ δεν θα μπορέσει ποτέ να λειτουργήσει σωστά χωρίς πληροφορίες (Zhou & Benton;2007). Το γεγονός αυτό γίνεται αντιληπτό αν κάποιος κατανοήσει ότι τα προϊόντα ρέουν από τα υψηλότερα μέλη προς τα χαμηλότερα σε μια ΕΑ π.χ. από τον κατασκευαστή προς λιανοπωλητή. Ωστόσο για να πραγματοποιηθεί αυτό είναι σημαντικό να έχει προϋπάρξει μια αντίστροφη ροή πληροφοριών από τα χαμηλότερα στα υψηλότερα μέλη της ΕΑ. Επιπλέον (βλ. Παράρτημα Α) γίνεται κατανοητό ότι η επίδραση που έχουν οι πληροφορίες πάνω στην ζήτηση καθώς με πληροφορίες η ζήτηση παύει να είναι διασκορπισμένη στον χώρο σε σχέση με το να μην υπάρχουν πληροφορίες (Ren; 2017 και Fisher & Raman;1996). Ο Ren (2017) αναφέρει την ύπαρξη κάποιων από τους πολλούς τύπους πληροφοριών που μπορούν να μεταδοθούν σε μια ΕΑ οι οποίοι είναι:

- Ζήτηση: είναι ο πιο γνωστός τύπος πληροφορίας σε μια ΕΑ όπως έχει αναδειχθεί από έρευνες και μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί αφού είναι το κλειδί της ΕΑ. Αποτελεί την παραγγελία που κάνει ένα μέλος της ΕΑ σε ένα άλλο.
- Προχωρημένες παραγγελίες ή οι «προπαραγγελίες»: αναφέρονται στους καταναλωτές που είναι πρόθυμοι να περιμένουν ένα χρονικό διάστημα προτού λάβουν ένα προϊόν. Ο Ren (2017) αναφέρει ότι στις έρευνες των Tang et al (2004) και των Moe & Fader (2002) οι προπαραγγελίες δίνουν την δυνατότητα στο κατώτερο μέλος μιας ΕΑ π.χ. λιανοπωλητή να ανανεώσει τις προβλέψεις ζήτησης με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση κόστους και την αύξηση των περιθωρίων.
- Προβλέψεις: Τα μέλη της ΕΑ συχνά προχωρούν σε προβλέψεις (πχ ζήτησης κτλ) τις οποίες είτε τις μοιράζουν στο επόμενο μέλος προς τα πάνω είτε τις λαμβάνουν οι ίδιες

- Πληροφορίες κατάστασης αποθέματος: Περιέχει πληροφορίες για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η παραγγελία (π.χ. ποσότητα αποθέματος/ διαθεσιμότητα αποθέματος κάθε στάδιο της ΕΑ)
- Πληροφορίες ανάπτυξης προϊόντων: Κάθε επιχείρηση χρησιμοποιεί διαφορετικές πρακτικές ως προς την ανακοίνωση των νέων της προϊόντων. Παραδείγματα αποτελούν η Microsoft, η οποία ανακοινώνει σε τακτικά χρονικά διαστήματα τα προϊόντα των επόμενων χρόνων και η Apple η οποία δεν ανακοινώνει για τις επόμενες εκδόσεις των προϊόντων της.
- Ακρίβεια πληροφοριών: Αντικατοπτρίζει την εμπιστοσύνη που αναπτύσσεται μεταξύ των δύο μελών της ΕΑ, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη λειτουργία της ΕΑ.

Τέλος ο Μαλιαρός (2019) δεν παραλείπει να αναφέρει τους ανασταλτικούς παράγοντες στην ανταλλαγή πληροφόρησης. Αναλυτικότερα, ένας από αυτούς αποτελεί η μη επικοινωνία μεταξύ των επιχειρήσεων αφού ο ανταγωνισμός δεν αναπτύσσεται λόγω της μη εκμετάλλευσης των συστημάτων πληροφοριών εξαιτίας του υψηλού κόστους επένδυσης (Ali et. al., 2017). Επιπρόσθετα είναι και η εσωτερική οργάνωση των επιχειρήσεων, καθώς δεν επιθυμούν τις αλλαγές και αντιστέκονται. Στην συνέχεια η εμπιστοσύνη και η δέσμευση επιχειρήσεων προς άλλες αποτελούν ανασταλτικοί παράγοντες καθώς χωρίς αυτήν, πως θα δεχτούν ή θα δώσουν πληροφορίες, αν δεν είναι αξιόπιστες. Τέλος η ακρίβεια των πληροφοριών (η ποιότητα και η ορθότητά τους θα πρέπει να είναι απαλλαγμένες από κάθε είδους σφάλματα (Forslund & Jonsson; 2009 και Lee & Lin; 2006)) και διαρροή πληροφοριών (το ζήτημα της διαρροής των πληροφοριών από τα μέλη μιας επιχείρησης στην ανταγωνίστρια επιχείρηση (Li and Zhang; 2008)) αποτελούν τους τελευταίους ανασταλτικούς παράγοντες στην ανταλλαγή πληροφοριών.

1.2 Ανταλλαγής Πληροφόρησης στην Εφοδιαστική Αλυσίδα

Τις τελευταίες δεκαετίες η γρήγορη ανάπτυξη τόσο της τεχνολογίας όσο και της διαχείρισης των πληροφοριών συνέβαλε στην δημιουργία πιο αποτελεσματικών συνεργασιών μεταξύ μελών ΕΑ. Η ανταλλαγή πληροφόρησης στην Εφοδιαστική Αλυσίδα αποτελεί σημαντικό στοιχείο, πράγμα που έχει επισημανθεί σε διάφορες έρευνες αφού εξαιτίας της η συνεργασία των μελών της ΕΑ τονίζουν τον ανταγωνισμό που υφίστανται (Cooper, Lambert et al; 1997, Blackwell & Blackwell; 1999, Lambert & Cooper; 2000). Ο Μαλιαρός (2019) αναφέρει ότι η ανταλλαγή πληροφοριών βοηθάει τις επιχειρήσεις να κατανοήσουν την ανάγκες της αγοράς καλύτερα ανταποκρινόμενες στις αλλαγές που συμβαίνουν, καθώς θα οδηγούσε σε ενίσχυση της

απόδοσης της εφοδιαστικής αλυσίδας (Lee;2000, Mentzet;2004, Wang & Disney;2016 και Stein;1998) ενώ ταυτόχρονα θα βελτιώνεται η ποιότητα εξυπηρέτησης σε σχέση με τα σενάρια μη-ανταλλαγής αποθεματικών πληροφοριών (Bourland et al.;1996 ,Lee et al.;1997, Gavirneni et al;1999, Cachon & Fisher;2000). Από την άλλη πλευρά σε πολλαπλών σταδίων ΕΑ τα μέλη της θα μπορούσαν να διαχειριστούν τις παραγγελίες με κριτήριο τα επίπεδα αποθεμάτων και όχι με την ποσότητα παραγγελίας του κάθε πελάτη, το οποίο βελτιώνει την απόδοση ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδας (Chen; 1998). Συνεπώς η αποτελεσματική διαχείριση της ΕΑ αποτελεί έναν βασικό όρο για την υπηρεσία που παρέχεται από κάποιο μέλος της ΕΑ αλλά και για την κερδοφορία που θα δημιουργηθεί (Baihaqi & Beaumont; 2006, Μαλιαρός; 2019).

Η ανταλλαγή πληροφοριών εξυπηρετεί τα μέλη μιας ΕΑ από την μία πλευρά κάνοντας αυτά να λαμβάνουν πιο αποτελεσματικές αποφάσεις και από την άλλη πλευρά προκαλώντας μείωση στο κόστος και στο απόθεμα (Lee et al.;2000). Συνεπώς μπορεί να γίνει κατανοητό ότι διαφορετικά είδη πληροφοριών χρησιμοποιούνται σε διαφορετικά στάδια για την αποτελεσματική λειτουργία της ΕΑ. Τα τέσσερα στάδια τα οποία η ανταλλαγή πληροφοριών με κέντρο την επίδραση που έχει η πληροφορία σε κάθε εμπλεκόμενο αυτής της ανταλλαγής είναι (Seidmann & Sundararajan; 1997): 1) μόνο για ποσοτικά δεδομένα π.χ. τιμή, 2) λειτουργικές πληροφορίες πχ για το απόθεμα, 3) δεδομένα για την στρατηγική που θα ακολουθήσει κάποιο μέλος της ΕΑ και 4) δεδομένα από τους ανταγωνιστές τους, οι οποίες μπορούν να αποφέρουν κέρδος και για τους ίδιους και για τους καταναλωτές. Τέλος η τελευταία κατηγοριοποίηση της ανταλλαγής πληροφοριών του Zhou (2006) (Μαλιαρός;2019, Choi Hyun-Cheol Paul; 2010) αναφέρει δύο τρόπους για την κίνηση των πληροφοριών. Αρχικά από την πλευρά της ζήτησης (Downstream Information Sharing πχ λιανοπωλητής/προμηθευτής κ.α) και δεύτερον από την πλευρά της προσφοράς (Upstream Information Sharing πχ προμηθευτής/κατασκευαστής κ.α.).

1.3 Φαινόμενο bullwhip

Το φαινόμενο bullwhip αποτελεί θέμα έρευνα εδώ και πολλή καιρό αφού είναι ένα από τα πιο πολύ εμφανιζόμενα προβλήματα που μπορεί να υπάρξει σε μια Εφοδιαστική Αλυσίδα. Ο συνηθέστερος τρόπος αντιμετώπισης του είναι η χρήση πληροφοριών στην ΕΑ όπου αυτό οδηγεί πρακτικά σε μείωση του φαινομένου (Lee et al; 1997a; 1997b; 2000, Boone & Ganeshan; 2008, Chen, Ryan, & Simchi-Levi; 2000 και Ali & Boylan;2012). Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με την υπερβολική μεταβλητότητα της ζήτησης που εμφανίζεται στα μέλη μιας ΕΑ. Ο Lee et al (2000) αναφέρονται στο φαινόμενο αυτό ως «...ως στρέβλωση της ζήτησης, η οποία μπορεί να

δημιουργήσει προβλήματα στους προμηθευτές, όπως οι ανακριβείς προβλέψεις της ζήτησης, η χαμηλή αξιοποίηση της χωρητικότητας, η υπερβολική απογραφή και η κακή εξυπηρέτηση των πελατών. Επιτρέποντας στον προμηθευτή να έχει ορατότητα τα δεδομένα του σημείου πώλησης, μπορεί να βελτιωθεί η βλαβερή επίδραση της στρέβλωσης της ζήτησης.». Βάση στο επιχείρημα αυτό ότι έρευνες που βασίζονται τόσο με εμπειρικά στοιχεία (Lee et al.,;2000, McCullen & Towill; 2002, και Wong, El-Beheiry, Johansen, & Hvolby; 2007) όσο και με μαθηματικά μοντέλα (Chen, Drezner, Ryan, & Simchi -Levi; 2000, Graves; 1999, Kim, Chatfield, Harrison, & Hayya; 2006, και Luong & Phien; 2007) αποδεικνύουν ότι οι παραγγελίες ενός κατώτερου μέλος (πχ λιανοπωλητή) σε ένα ανώτερο μέλος της EA (πχ προμηθευτή) τείνουν να έχουν υπερβολική μεταβλητότητα από τη ζήτηση που παρατηρείται σε προηγούμενο επίπεδο της EA (Ali et al.; 2012).

Η αιτία της εμφάνισης του φαινομένου είναι γνωστό ότι αφορά πολλά και σύνθετα αίτια, όπου οι Lee, Padmanabhan, και Whang (1997) τη διαχωρίζουν σε τέσσερις κατηγορίες που αφορά την ορθολογική συμπεριφορά των μελών μέσα σε μια EA και οι οποίες είναι: 1) Ενημέρωση πρόβλεψης ζήτησης, 2) Παραγγελία παρτίδας, 3) Διακυμάνσεις τιμών και 4) Διανομή και Παιχνίδι έλλειψης. Η ενημέρωση πρόβλεψης της ζήτησης αφορά τη συνεχή ενημέρωση που υφίσταται η πρόβλεψης της ζήτησης καθώς διαδίδεται στην EA μεταξύ των μελών της και η ποσότητα των αποθεμάτων ασφαλείας παίζουν μεγάλο ρόλο στο φαινόμενο, όταν ο χρόνος παράδοσης μεταξύ των μελών είναι μεγάλος, τότε η διακύμανση είναι πιο μεγάλη από την προηγούμενη. Δεύτερη αιτία είναι η παραγγελία παρτίδας η οποία διαθέτει δύο μορφές, την περιοδική παραγγελία και την εντολή ώθησης. Κοινό των δυο περιπτώσεων είναι η ασταθής ροή παραγγελιών που εμφανίζεται στην πρώτη περίπτωση εβδομαδιαία ή μηνιαία και στην δεύτερη περίπτωση ανα τρίμηνο ή τέλος του χρόνου με τακτικές αυξήσεις της ζήτησης, δημιουργώντας συσσωρεύσεις και κατά συνέπεια μεγάλες διακυμάνσεις. Στην κατηγορία των διακυμάνσεων των τιμών διακρίνονται οι περιπτώσεις όπου μέλη της EA να προσφέρουν περιοδικά ειδικές τιμές προσφορών οδηγώντας σε διακυμάνσεις των τιμών, με αποτέλεσμα οι καταναλωτές να αγοράζουν μεγαλύτερες ποσότητες από ότι χρειάζονται (δηλαδή η διακύμανση των ποσοτήτων αγοράς είναι πολύ μεγαλύτερη από τη διακύμανση του ποσοστού κατανάλωσης). Τελευταία κατηγορία, η διανομή και παιχνίδι έλλειψης αφορά παραγγελίες για τις οποίες δίνονται λίγες πληροφορίες, σχετικά με την πραγματική ζήτηση, και επειδή η ζήτηση είναι μεγαλύτερη της προσφοράς, η κατανομή των παραγγελιών γίνεται αναλογικά με το ποσό που παραγγέλθηκε.

Τέλος ο Lee et al (1997) αναφέρει ότι η αντιμετώπιση του φαινομένου bullwhip υπό την βάση των τεσσάρων κατηγοριών που ειπώθηκαν είναι μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών «...οι πληροφορίες ζήτησης από ένα κατώτερο μέλος (downstream site) μεταδίδονται σε ένα ανώτερο

με επίκαιρο τρόπο», την ευθυγράμμιση των καναλιών «...ο συντονισμός της τιμολόγησης, της μεταφοράς, του σχεδιασμού απογραφής και της ιδιοκτησίας μεταξύ των ανώτερων κατώτερων μελών σε μια αλυσίδα εφοδιασμού» και τη λειτουργική αποτελεσματικότητα «...αναφέρεται σε δραστηριότητες που βελτιώνουν την απόδοση, όπως το μειωμένο κόστος και ο χρόνος παράδοσης». Με αφετηρία τη θέση αυτή στη κατηγορία για την ενημέρωση πρόβλεψης ζήτησης ο τρόπος ελέγχου του φαινομένου αποτελεί είτε όλα τα μέλη της ΕΑ να ενημερώνουν τις προβλέψεις με τα ίδια ακατέργαστα δεδομένα π.χ. στοιχεία πώλησης των αποθεμάτων που έχουν αποσυρθεί από την κεντρική αποθήκη των μεταπωλητών, είτε λαμβάνοντας πληροφορίες για το κατώτερο μέλος της ΕΑ (π.χ. λιανοπωλητή) για την ζήτηση του παρακάμπτοντας τον. Παράλληλα η παρτίδα παραγγελιών μπορεί να ελεγχθεί είτε μοιράζοντας τις παρτίδες ομοίμορφα καθ' όλη τη διάρκεια της εβδομάδας είτε κάνοντας μικρότερες παρτίδες ή συχνότερο ανεφοδιασμό. Η δεύτερη πρόταση αφορά την μείωση του κόστους της τοποθέτησης μιας παραγγελίας και της αναπλήρωσης της π.χ. μέσω ηλεκτρονικής ανταλλαγής δεδομένων (Electronic Data Exchange -EDI) και την διαφορά στο κόστος μεταφοράς για πλήρως ή μικρότερο φορτίο, αν και προτιμότερο αποτελεί από τους περισσότερους των μικτών φορτίων για βελτίωση στην αποδοτικότητα της παραγγελίας. Επιπλέον ως προς την διακύμανση των τιμών προβλέπεται η σταθεροποίηση τους μέσω μείωση της συχνότητας και το επίπεδο εκπτώσεων τιμών χονδρικής για τη μείωση του φαινομένου χρησιμοποιώντας τα συστήματα κοστολόγησης βάσει δραστηριοτήτων (Activity-Based Costing - ABC) προκειμένου εταιρείες να εφαρμόσουν τη στρατηγική χαμηλή καθημερινή τιμή (EveryDay Low Price - EDLP). Τέλος για το φαινόμενο bullwhip η εκτίμηση και έλλειψη τυχερών παιχνιδιών μπορεί να περιοριστεί παρέχοντας πληροφορίες για την χωρητικότητα και το απόθεμα, δημιουργία συνεργασιών με πελάτες για την δημιουργία παραγγελιών πριν την περίοδο των πωλήσεων και επιβολή αυστηρών πολιτικών ακυρώσεων.

Κεφάλαιο 2^ο: Βιβλιογραφία

Έρευνες με χρήση Κινητού Μέσου Όρου

Το 2^ο Κεφαλαίο αφιερώνεται στην παρουσίαση ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί στην Εφοδιαστική Αλυσίδα (ΕΑ) χρησιμοποιώντας Κινητό Μέσο Όρο (ΚΜΟ). Λόγος για αυτήν την κίνηση είναι ότι υπάρχει μεγάλη πιθανότητα μέλη ΕΑ να χρησιμοποιήσουν ΚΜΟ εξαιτίας της ευκολίας χρήσης του όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενες ενότητες ο οποίος είναι και ένας από τους λόγους μελέτης του ΚΜΟ στην παρούσα διπλωματική.

Αρχικά το άρθρο του Chen et al (2000) για την ποσοτικοποίηση του φαινομένου bullwhip, που απασχολεί την επιστημονική κοινότητα μέχρι και σήμερα, σε μια απλή ΕΑ δύο σταδίων αποτελεί μια από τις πιο χρησιμοποιημένες έρευνες στην βιβλιογραφία. Γίνεται λόγος ότι η συχνή ενημέρωση της μέσης τιμής και της διακύμανσης της ζήτησης που πραγματοποιείται από τον Λιανοπωλητή βάση των παρατηρήσεων της ζήτησης, διαπιστώνεται ότι η διακύμανση παραγγελιών είναι μεγαλύτερες εκείνων της ζήτησης. Η έρευνα τους χρησιμοποιεί δύο παράγοντες που δημιουργούν το φαινόμενο: την πρόβλεψη ζήτησης και τους χρόνους παράδοσης των παραγγελιών. Το αποτέλεσμα της έρευνας τους δείχνει ότι παρ' όλου που το φαινόμενο μειώνεται όταν κοινοποιούνται σε όλα τα στάδια της Εφοδιαστικής Αλυσίδας οι πληροφορίες της ζήτησης, το φαινόμενο bullwhip εξακολουθεί να υφίσταται. Τέλος οι συγγραφείς παρουσιάζουν τρία σημεία ως μειονεκτήματα της έρευνας τους. Αρχικά η υπόθεση ότι η επιστροφή του υπερβολικού αποθέματος γίνεται χωρίς κόστος, η οποία έχει μικρή επίδραση στο φαινόμενο. Επιπρόσθετα η μη χρήση βέλτιστων πολιτικών αλλά τεχνικών προβλέψεων που χρησιμοποιούνται πιο συχνά στην αγορά. Τέλος η αδυναμία του άρθρου να παρουσιάσει την πολυπλοκότητα που θα εμφανιζόταν σε μια ΕΑ στον πραγματικό κόσμο όπως ένα σύστημα πολλαπλών σταδίων με Λιανοπωλητές και Προμηθευτές.

Οι συγγραφείς Alwan et al (2003) ακολουθώντας τα άρθρα των Chen et al (2000α,β) διερευνούν μια Εφοδιαστική Αλυσίδα χρησιμοποιώντας από την μια προβλέψεις ελάχιστου μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Minimum Mean Square Error - MMSE) και από την άλλη απλές μεθόδους προβλέψεων όπως κινητού μέσου όρου (Moving Average- MA) και εκθετικά σταθμισμένος κινούμενος μέσος όρος (Exponentially Weighted Moving Average- EWMA). Στο άρθρο τους παρουσιάζεται ότι το φαινόμενο bullwhip περιορίζεται όταν γίνεται χρήση της βέλτιστης μεθόδου πρόβλεψης MSE για θετικά συσχετισμένη διαδικασία ζήτησης AR(1).

Αντίθετα για αρνητικά συσχετισμένα ζήτηση δεν υφίσταται το φαινόμενο αλλά για τις μεθόδους κινητό μέσο όρο και εκθετικά σταθμισμένο κινούμενο μέσο όρο αυτό δεν ισχύει καθώς αυξάνεται συνεχώς το φαινόμενο bullwhip. Επιπλέον σημειώνεται ότι η μόνη διαφορά με τα άρθρα των Chen et al. (2000a, 2000b) είναι ότι δεν ενσωμάτωσαν μια περίοδο αναθεώρησης στο χρονικό διάστημα χωρίς αυτό να αλλάζει την συνάρτηση bullwhip όταν χρησιμοποιούνται απλές προβλέψεις σε αντίθεση όταν χρησιμοποιείται το βέλτιστο πρόγραμμα πρόβλεψης MSE. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι υπό συνθήκες η μορφή της ζήτησης ARMA(1,1) παραμένει η ίδια καθώς μεταδίδεται προς τα πάνω.

Το άρθρο του Zhang (2004) αποτελεί επίσης ένα σημαντικό κομμάτι της βιβλιογραφίας μαζί με το άρθρο του Chen et al (2000) αφού ασχολείται και αυτός με το πολυσυζητημένο θέμα του φαινομένου bullwhip. Η εργασία παρουσιάζει ότι οι μέθοδοι πρόβλεψης που χρησιμοποιούνται (μέθοδο πρόβλεψης του ελάχιστου μέσου τετραγώνου (MMSE), μέθοδο πρόβλεψης κινητού μέσου όρου (MA) και μέθοδο πρόβλεψης εκθετική μέθοδο εξομάλυνσης (ES)) παίζουν σημαντικό ρόλο στο αντίκτυπο του χρόνου παράδοσης και την ζήτηση αυτοσυσχέτισης στο φαινόμενο bullwhip. Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί ότι η αύξηση του χρόνου παράδοσης προκαλεί αύξηση του φαινομένου ασχέτως των μεθόδων πρόβλεψης. Συγκεκριμένα σε μια αυτοσυσχέτιση θετική χρησιμοποιώντας πρόβλεψη MMSE η μείωση του χρόνου παράδοσης έχει τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στη μείωση του φαινομένου bullwhip. Αντίθετα σε μια αρνητική αυτοσυσχέτιση χρησιμοποιώντας πρόβλεψη SE η μείωση του χρόνου παράδοσης έχει τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στη μείωση του φαινομένου bullwhip. Η εργασία επιπλέον αναφέρει ότι ως προς το κόστος αποθέματος ότι η μέθοδος πρόβλεψης MMSE είναι η καλύτερη για μια διαδικασία AR (1) που παραμένει σταθερή. Αντίθετα αν η δομή της ζήτησης δεν περιγράφεται σωστά ή αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, η μέθοδος MA ή ES είναι πιο αποδοτικές, εξαιτίας ότι είναι πιο ευέλικτες και προσαρμόζονται καλύτερα στις μεταβολές που γίνονται. Στην συνέχεια οι συγγραφείς προτείνουν μια πιο γενική μορφή της ζήτησης όπως το ARMA(p,q) για να εξεταστούν τα ευρήματα του άρθρου σε ρεαλιστικές συνθήκες. Τέλος προσθέτουν ότι γενικότερες πολιτικές αποθέματος θα οδηγούσαν σε πιθανόν αποφυγή παραπλάνησης που θα γινόταν όταν υπάρχει κόστος σταθερής παραγγελίας.

Ο Liu & Wang (2007) πραγματοποιούν μια εργασία με υπόδειγμα AR(1) χρησιμοποιώντας 3 μεθόδους πρόβλεψης: την μέθοδο πρόβλεψης του κινητού μέσου όρου, την μέθοδο πρόβλεψης της εκθετικής εξομάλυνσης και την μέθοδο πρόβλεψης του ελάχιστου μέσου τετραγώνου σφάλματος. Τα αποτελέσματα της εργασίας από την σύγκριση της μεθόδου πρόβλεψης του

ελάχιστου μέσου τετραγώνου σφάλματος με τις υπόλοιπες μεθόδους όταν αυξάνεται η παράμετρος συσχέτισης ρ είναι:

- για πρόβλεψη μέσου τετραγώνου σφάλματος και κινητό μέσο όρο με κρίσιμη τιμή του χρόνου παράδοσης (I^*) προκύπτει ότι για $I < I^*$ προτιμάτε η μέθοδος πρόβλεψης ΚΜΟ ενώ για $I > I^*$ το μέσο του τετραγώνου σφάλματος για τη μείωση του φαινομένου του bullwhip. Επιπλέον να σημειωθεί ότι η τιμή I^* αυξάνεται όσο μειώνεται το ρ .
- για πρόβλεψη μέσου τετραγώνου σφάλματος και εκθετικής εξομάλυνσης με κρίσιμη τιμή του χρόνου παράδοσης (I^*) προκύπτει ότι για $I < I^*$ προτιμάτε η μέθοδος πρόβλεψης εκθετικής εξομάλυνσης ενώ για $I > I^*$ το μέσο του τετραγώνου σφάλματος για τη μείωση του φαινομένου του bullwhip. Φυσικά η κρίσιμη τιμή του χρόνου παράδοσης (I^*) αυξάνεται όσο μειώνεται το α .

Οι Kim et al. (2008) μέσω του άρθρου τους διερευνούν πως επηρεάζεται το φαινόμενο bullwhip μέσω του χρόνου παράδοσης, του αυτο-παλινδρομικού συντελεστή και της παραμέτρου του κινούμενου μέσου όρου. Χρειάζεται επίσης να σημειωθεί ότι στο άρθρο τους οι συγγραφείς χρησιμοποιούν ως υπόδειγμα ζήτησης ένα ARMA(1,1) σε μια ΕΑ δύο σταδίων. Τα συμπεράσματα στα οποία οδηγήθηκαν για την εμφάνιση και την διακύμανση του φαινομένου bullwhip είναι:

- ως προς την εμφάνιση του προκύπτει το συμπέρασμα ότι το φαινόμενο bullwhip παρουσιάζεται όταν ο αυτο-παλινδρομικός συντελεστής της διαδικασίας ζήτησης είναι μεγαλύτερος του παραμέτρου του κινούμενου μέσου όρου.
- και ως προς την διακύμανση του παρατηρήθηκε ότι
 1. όταν $\varphi > 0$, όσο αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης L , τόσο αυξάνεται το φαινόμενο.
 2. όταν $\theta < \varphi < 0$ με το L είναι περιττός αριθμός, όσο αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης L , τόσο μειώνεται το φαινόμενο
 3. και όταν $\theta < \varphi < 0$ με το L είναι άρτιος αριθμός, όσο αυξάνεται ο χρόνος παράδοσης L , τόσο αυξάνεται το φαινόμενο ενώ θα μεγιστοποιείται όταν $L = 1$ και ελαχιστοποιείται όταν $L = 2$.

Ο Wang C. (2008) από μια άλλη πλευρά μελετάει μια ΕΑ πολλαπλών σταδίων με διπλό κινητό μέσο όρο και διπλή εκθετική εξομάλυνση. Τα αποτελέσματα της έρευνας του αποδεικνύουν ότι για θετικές συσχετισμένες ή ανεξάρτητες και πανομοιότυπα κατανεμημένες απαιτήσεις το φαινόμενο bullwhip εμφανίζεται αν και η χρήση των προαναφερόμενων μεθόδων μειώνουν το φαινόμενο αυτό. Αντίθετα για αρνητικές συσχετισμένες απαιτήσεις το φαινόμενο

bullwhip μπορεί να μην υφίσταται. Η έρευνα επίσης έδειξε ότι το φαινόμενο bullwhip (BW) με διπλό ΚΜΟ είναι μικρότερο του BW με απλό ΚΜΟ, όμοια και για την εκθετική εξομάλυνση. Τέλος σε μια σύγκριση, το φαινόμενο bullwhip (BW) του διπλού ΚΜΟ είναι μικρότερο του BW της διπλής εκθετικής εξομάλυνσης για ανεξάρτητες και πανομοιότυπα κατανεμημένες απαιτήσεις.

Οι Khosroshahi et al (2016) ερευνούν το φαινόμενο bullwhip σε άλλο επίπεδο πολυπλοκότητας αφού χρησιμοποιούν ΕΑ 3-σταδίων στην έρευνα τους με πολλούς Λιανοπωλητές ενώ ποσοτικοποιούν την επίδραση του bullwhip στον λόγο διακύμανσης του ποσοστού παραγγελίας (Order rate Variance Ratio - OVR) και στον λόγο διακύμανσης αποθέματος (Inventory Variance ratio - IV). Επιπλέον ερευνούν πως επηρεάζεται το φαινόμενο bullwhip και η διακύμανση του αποθέματος από το επίπεδο εξυπηρέτησης, το χρόνο παράδοσης και τη παράμετρο της μεθόδου του κινούμενου μέσου όρου (N). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι προηγούμενες έρευνες με ΚΜΟ δεν λαμβάνουν υπόψη την επίδραση του επιπέδου εξυπηρέτησης, η οποία παρουσιάζει θετική σχέση με το φαινόμενο. Θετική σχέση όμως έχει η παράμετρος της μεθόδου ΚΜΟ και ο χρόνος παράδοσης με το φαινόμενο. Εξαιτίας των πολλαπλών Λιανοπωλητών οι συγγραφείς υποθέτουν όμοιες συναρτήσεις διανομής ζήτησης για τους λιανοπωλητές με ίση συσχέτιση μεταξύ των παραγγελιών τους και ότι το $Cov(\sigma_t^L, \sigma_{t-1}^L)$ είναι ίσο με μηδέν. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι όταν το φαινόμενο bullwhip (BW) αυξάνεται δημιουργεί κόστη, ένα χαμηλό επίπεδο εξυπηρέτησης μειώνει την ζήτηση. Σε περιπτώσεις κανονικής κατανομής της ζήτησης η ύπαρξη πολλών περιόδων N οδηγούν σε μείωση του φαινομένου αντίθετα σε περίπτωση πχ εποχιακής ζήτησης το φαινόμενο αυξάνεται. Τέλος ο χρόνος παράδοσης δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το φαινόμενο bullwhip για μεγάλες τιμές.

Η έρευνα των Michna et al (2019) η οποία ενστερνίζεται την ιδέα των Michna και Nielsen (2013) ότι η πρόβλεψη του χρόνου παράδοσης αποτελεί κύρια αιτία του φαινομένου bullwhip, υποθέτει ένα υπόδειγμα ζήτησης με αυτο-παλίνδρομη διαδικασία πρώτης τάξης. Αποτέλεσμα της έρευνας τους είναι ότι οι χρόνοι παράδοσης θα πρέπει να είναι στοχαστικοί, για αρνητικά συσχετισμένη ζήτηση που χρησιμοποιεί ΚΜΟ για πρόβλεψη το καλύτερο αποτέλεσμα δίνεται από ζυγό αριθμό παρατηρήσεων για πρόβλεψη και ο αυξανόμενος αριθμός των παρατηρήσεων προς πρόβλεψη μειώνει το φαινόμενο bullwhip. Τέλος σημειώνεται ότι η αγνόηση του χρόνου παράδοσης μπορεί να οδηγήσει σε υποτίμηση και αύξηση του φαινομένου bullwhip.

Κεφάλαιο 3^ο : Εφοδιαστικής Αλυσίδας δύο σταδίων

Το κεφάλαιο τρία στοχεύει στην μελέτη μιας εφοδιαστικής αλυσίδας δύο σταδίων αποτελούμενη από τον λιανοπωλητή (κατώτερο μέλος EA - downstream member) και τον προμηθευτή (ανώτερο μέλος EA - upstream member), και πρόκειται για μια ροή προϊόντων από το υψηλότερο προς το χαμηλότερο αφού έχει προηγηθεί μια ροή δεδομένων από το χαμηλότερο στο υψηλότερο μέλος της EA. Φυσικά στην θέση του προμηθευτή θα μπορούσε να είναι οποιοδήποτε άλλο μέλος της EA π.χ. κατασκευαστής κτλ. Πρότερος θα παρουσιαστεί η μαθηματική ανάλυση για τον Λιανοπωλητή με ένα αυτο-παλίνδρομο υπόδειγμα πρώτου βαθμού AR(1) (Κεβόρκ; 2019; 2020) ως βάση της παρούσας διπλωματικής και στην συνέχεια θα αναδειχθούν το σενάριο Πλήρης και Μερικής Ανταλλαγής Πληροφόρησης για τον προμηθευτή. Το τυπολόγιο για τα υποκεφάλαια 3.1 έως και 3.2.2 που θα παρουσιαστούν προέρχονται από τον καθηγητή Κεβόρκ Ηλία στο μάθημα 4ου έτους “Οικονομική των Μεταφορών” του Τμήματος Οικονομικών Σπουδών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με τίτλο σημειώσεων «Ένα μικροοικονομικό υπόδειγμα εφοδιαστικής: Δυο σταδίων με αυτοσυσχετιζόμενη ζήτηση» (2019) και στο μεταπτυχιακό μάθημα “Εφοδιαστική Αλυσίδα” του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ» με τίτλο σημειώσεων ως «Εφοδιαστική Αλυσίδα- Ζήτηση κανονικά κατανεμομένη» (2020).

3.1 Λιανοπωλητής με υπόδειγμα AR(1)

Ο Λιανοπωλητής αποτελεί το πρώτο και κατώτερο μέλος μιας Εφοδιαστικής Αλυσίδας κάνοντας τον εκείνον που θα λάβει πρώτος τις παραγγελίες των καταναλωτών για ένα προϊόν και αυτό συνεπώς θα αποτελέσει την ζήτηση του, προκειμένου να δώσει με την σειρά του παραγγελία στον επόμενο μέλος της EA. Στην παρούσα διπλωματική γίνεται η υπόθεση ότι η ζήτηση που δημιουργείται ακολουθεί ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα πρώτου βαθμού AR(1) (Κεβόρκ; 2019; 2020):

$$d_t = \delta + \varphi * d_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.1)$$

όπου το δ είναι μια σταθερή θετική μεταβλητή, το φ είναι μια παράμετρος συσχέτισης με $|\varphi| < 1$. Ενώ εάν $\varphi=0$, τότε η ζήτηση είναι ανεξάρτητη και ταυτόσημα κατανεμημένη με μέση μ και διακύμανση σ^2 . Η χρονολογική σειρά μπορεί να χαρακτηριστεί και ως Δεύτερη Τάξη Στάσιμη ή Ασθενώς Στάσιμη ή Στάσιμη προς τη Συνδιακύμανση αφού ισχύει ότι η μέση ζήτηση ανά περίοδο δεν μεταβάλλεται με το πέρασμα του χρόνου:

$$E(d_t) = \mu = \frac{\delta}{1-\phi} \quad (3.2)$$

Επιπλέον ε_t το τυχαίο σφάλμα το οποίο κατανέμεται κανονικά με μέσο μέσο μηδέν και σταθερή διακύμανση σ_ε^2 , $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ ενώ η διακύμανση της ζήτησης δεν μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου

$$VAR(d_t) = \gamma_0 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1-\phi^2} \quad (3.3)$$

Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι ισχύουν και οι παρακάτω τύποι

- $E(\varepsilon_t) = E(\varepsilon_s) = 0$
- $V(\varepsilon_t) = E(\varepsilon_t - E(\varepsilon_s))^2 = E(\varepsilon_t^2) = \sigma_\varepsilon^2$
- $Cov(\varepsilon_t) = E[(\varepsilon_t - E(\varepsilon_t))(\varepsilon_s - E(\varepsilon_s))] = E(\varepsilon_t, \varepsilon_s) = 0$

Εν τω μεταξύ για συντελεστή αυτο-συνδιακύμανσης μεταξύ παρατηρήσεων που απέχουν s χρονικές περιόδους ισχύει:

$$\gamma_s = E[(d_t - \mu)(d_{t+s} - \mu)] = \gamma_{-s} = E[(d_t - \mu)(d_{t-s} - \mu)] = \phi_s \gamma_0$$

Σημείωση: Η αυτοσυνδιακύμανση (autocovariance) δεν μεταβάλλεται σε οποιαδήποτε μετακίνηση χρονικών μονάδων κατά μήκος του άξονα του χρόνου, δηλαδή

$$Cov(d_t, d) = E[(d_t - \mu)(d_{t-s} - \mu)] = \gamma_{-s} = \gamma_s$$

Δεν πρέπει να λησμονήσουμε να αναφερθεί ότι ως χρονική περίοδο λαμβάνεται υπόψη η εβδομάδα και L_R ο χρόνος παράδοσης της παραγγελίας που δίνει ο Λιανοπωλητής μέχρι να την παραλάβει ο Προμηθευτής ενώ στο τέλος της κάθε εβδομάδας ο Λιανοπωλητής χρησιμοποιεί το διαθέσιμο απόθεμα που υπάρχει για να ικανοποιήσει την ζήτηση, να παραλάβει την παραγγελία που είχε δώσει πριν από L_R εβδομάδες και να παραδώσει την επόμενη παραγγελία που θα λάβει μετά από L_R εβδομάδες. Δεν πρέπει όμως να ξεχαστεί ότι ως υποθέσεις λαμβάνονται τα εξής στην εργασία:

- Ο χρόνος παράδοσης L_R παραμένει σταθερός μεταξύ των παραγγελιών. Αν όμως δεν υφίσταται ο χρόνος παράδοσης, θεωρείται ότι $L_R=1$ και μια παραγγελία που πραγματοποιείται στο τέλος της περιόδου t λαμβάνεται στην αρχή της περιόδου $t+1$.
- Χρησιμοποιείται η πολιτική του στοχευμένου αποθέματος χρησιμοποιώντας την μέθοδο Ελάχιστου Μέσου Τετραγώνου Σφάλματος (Minimum Mean Square Error- MMSE) για την πρόβλεψη της ζήτησης στο χρόνο παράδοσης της παραγγελίας.
- Η ποσότητα που δεν εξυπηρετείται τίθεται σε εκκρεμότητα.

Όπως αναφέρθηκε και στην 2^η υπόθεση για την πρόβλεψη της ζήτησης στο χρόνο παράδοσης της παραγγελίας απαιτείται η μέθοδος "Ελάχιστου Μέσου Τετραγώνου Σφάλματος" και η αποθεματική πολιτική του "στοχευμένου επιπέδου αποθέματος". Συνεπώς το πρώτο σκέλος αφορά την πραγματοποίηση του προσδιορισμού της πραγματικής ζήτησης του Λιανοπωλητή d_{t+m} και της πρόβλεψης της μεθόδου MMSE \hat{d}_{t+m} την εβδομάδα $t+m$:

$$\hat{d}_{t+m} = E(d_{t+m}|d_t) = M \frac{1 - \varphi^m}{1 - \varphi} + \varphi^m d_t$$

ενώ για το δεύτερο τον προσδιορισμό των μεγεθών που παρουσιάζονται πιο κάτω (Κεβόρκ; 2019; 2020):

- Η πρόβλεψη της συνολικής ζήτησης που θα είναι στο χρόνο παράδοσης των L_R εβδομάδων

$$D_{t|H_t}^L = \sum_{m=1}^{L_R} \hat{d}_{t+m} = \mu \left(L_R - \varphi \frac{1 - \varphi^{L_R}}{1 - \varphi} \right) + \varphi \frac{1 - \varphi^{L_R}}{1 - \varphi} d_t = L_R \mu + \varphi \frac{1 - \varphi^{L_R}}{1 - \varphi} (d_t - \mu) \quad (3.4)$$

- Η διακύμανση του συνολικού σφάλματος πρόβλεψης της ζήτησης για το χρονικό διάστημα $t+1$ έως $t+L_R$ όπου ο υπολογισμός του σφάλματος πρόβλεψης της πραγματικής ζήτησης για την εβδομάδα $t+m$ με $m=1,2,3,\dots, L_R$ είναι $e_{t+m}^R = d_{t+m} - \hat{d}_{t+m}$.

$$\begin{aligned} V_t^R &= Var \left(\sum_{m=1}^{L_R} e_{t+m} \right) = V \left(\sum_{m=1}^{L_R} \sum_{j=1}^m \varphi^{m-j} \varepsilon_{t+j} \right) = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{(1 - \varphi)^2} \sum_{m=1}^{L_R} (1 - \varphi^{L_R - m + 1})^2 = \\ &= \frac{\sigma_\varepsilon^2}{(1 - \varphi)^2} \left(L_R - 2\varphi \frac{1 - \varphi^{L_R}}{1 - \varphi} + \varphi^2 \frac{1 - \varphi^{2L_R}}{1 - \varphi^2} \right) \end{aligned} \quad (3.5)$$

καθώς

$$\sum_{m=1}^{L_R} \sum_{j=1}^m \varphi^{m-j} \varepsilon_{t+j} = \frac{1}{1 - \varphi} \sum_{m=1}^{L_R} (1 - \varphi^{L_R - m + 1})^2 \varepsilon_{t+m}$$

- $\eta_R \rightarrow$ είναι το επίπεδο εξυπηρέτησης κύκλου (Cycle service level) όπου αφορά την πιθανότητα η συνολική ζήτηση στο τέλος του χρόνου παράδοσης να είναι ίση ή μικρότερη από το στοχευμένο επίπεδο αποθέματος.
- $Z_{\eta_R} \rightarrow$ Η τιμή της τυπικής κανονικής κατανομής Z μέχρι την οποία κάτω από την καμπύλη αντιστοιχεί το εμβαδόν η_R .

Συνεπώς με τον υπολογισμό των παραπάνω μεγεθών το στοχευμένο απόθεμα στο τέλος της εβδομάδα t βρίσκεται εύκολα από τον τύπο:

$$y_t = D_{tVH_t}^L + z_{\eta R} \sqrt{V_t^R} = (4), (5) =$$

$$= L_R \mu + \varphi \frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi} (d_t - \mu) + z_{\eta R} \sqrt{\frac{\sigma_\varepsilon^2}{(1-\varphi)^2} \left(L_R - 2\varphi \frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi} + \varphi^2 \frac{1-\varphi^{2L_R}}{1-\varphi^2} \right)} \quad (3.6)$$

Τέλος η εξέλιξη των παραγγελιών που δίνει ο Λιανοπωλητής στο τέλος της χρονικής περιόδου t περιγράφεται από τον τύπο (Κεβόρκ; 2019; 2020):

$$q_t = y_t - y_{t-1} + d_t =$$

$$= \left(L_R \mu + \varphi \frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi} (d_t - \mu) + z_{\eta R} \sqrt{\frac{\sigma_\varepsilon^2}{(1-\varphi)^2} \left(L_R - 2\varphi \frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi} + \varphi^2 \frac{1-\varphi^{2L_R}}{1-\varphi^2} \right)} \right) -$$

$$- \left(L_R \mu + \varphi \frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi} (d_{t-1} - \mu) + z_{\eta R} \sqrt{\frac{\sigma_\varepsilon^2}{(1-\varphi)^2} \left(L_R - 2\varphi \frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi} + \varphi^2 \frac{1-\varphi^{2L_R}}{1-\varphi^2} \right)} \right) + d_t =$$

$$= d_t + \varphi \frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi} (d_t - d_{t-1}) = \left\{ 1 + \varphi \frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi} \right\} d_t - \varphi \left(\frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi} \right) d_{t-1} =$$

$$= \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) d_t - \varphi \left(\frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi} \right) d_{t-1} \quad (3.7)$$

αφού ο Λιανοπωλητής παραγγέλλει στον Προμηθευτή για να καλύψει την τρέχον ζήτηση της περιόδου t και την διαφορά που δημιουργείται στο στοχευμένο επίπεδο αποθέματος μεταξύ των περιόδων $t-1$ και t . Τέλος η διακύμανση της εξέλιξης των παραγγελιών του Λιανοπωλητή και το φαινόμενο bullwhip υπολογίζονται από τις σχέσεις (Κεβόρκ; 2019; 2020):

$$Var(q_t) = \gamma_o \left\{ 1 + 2\varphi \frac{(1-\varphi^{L_R+1})(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi} \right\} \quad (\text{Βλ. Παράρτημα A1}) \quad (3.8)$$

$$BW_R = \frac{Var(q_t)}{Var(d_t)} = \frac{\gamma_o \left\{ 1 + 2\varphi \frac{(1-\varphi^{L_R+1})(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi} \right\}}{\gamma_o} = 1 + 2\varphi \frac{(1-\varphi^{L_R+1})(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi} \quad (3.9)$$

Δεν ξεχνιέται το γεγονός ότι όταν η ζήτηση του Λιανοπωλητή ακολουθεί σε βάθος χρόνου το υπόδειγμα AR(1): $d_t = M + \varphi * d_{t-1} + \varepsilon_t$ τότε οι εξέλιξη των παραγγελιών που δίνει ο Λιανοπωλητής και θα δεχθεί ο προμηθευτής q_t^R διαμορφώνονται με το υπόδειγμα ARMA(1,1) (Alwan;2003, Ali Boylan; 2012) (Βλ. Παράρτημα A2)

$$q_t^R = \delta + \varphi q_{t-1}^{(R)} + v_t + \theta v_{t-1} \quad (3.10)$$

Όπου

$$v_t = \frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \varepsilon_t \quad (3.11)$$

και

$$\theta = \frac{-\varphi(1-\varphi^{LR})}{1-\varphi^{LR+1}} \quad (3.12)$$

Συνεπώς με βάση τον παραπάνω τύπο που περιγράφει την διαχρονική εξέλιξη των παραγγελιών q_t^R , η διακύμανση του και το φαινόμενο bullwhip υπολογίζεται από τους τύπους (Κεβόρκ; 2019):

$$\text{Var}(q_t) = \frac{1 + \theta^2 + 2\varphi\theta}{1 - \varphi^2} \text{Var}(v_t) = \frac{1 + \theta^2 + 2\varphi\theta}{1 - \varphi^2} \left(\frac{1 - \varphi^{LR+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \sigma_\varepsilon^2$$

και επειδή ισχύει ότι $\sigma_\varepsilon^2 = \gamma_o(1 - \varphi^2)$ ο τύπος του φαινομένου BW διατυπώνεται ως εξής:

$$\begin{aligned} BW_R &= \frac{\text{Var}(q_t)}{\text{Var}(d_t)} = \frac{\text{Var}(q_t)}{\gamma_o} = \frac{\frac{1 + \theta^2 + 2\varphi\theta}{1 - \varphi^2} \left(\frac{1 - \varphi^{LR+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \gamma_o(1 - \varphi^2)}{\gamma_o} = \\ &= 1 + \theta^2 + 2\varphi\theta \left(\frac{1 - \varphi^{LR+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \end{aligned} \quad (3.13)$$

3.2 Προμηθευτής με υπόδειγμα ARMA(1,1)

Το επόμενο τμήμα του κεφαλαίου αφορά το Προμηθευτή, το ανώτερο μέλος της ΕΑ δύο σταδίων. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθεί ότι έχει αποδειχθεί ότι ένα υπόδειγμα AR(1) στον Λιανοπωλητή μετατρέπεται σε υπόδειγμα ARMA(1,1) στον Προμηθευτή εάν χρησιμοποιείται μέθοδος πρόβλεψης MMSE (Zhang; 2004, Alwan; 2003). Η διαδικασία παραγγελιών Λιανοπωλητή σε Προμηθευτή περιγράφεται από το υπόδειγμα ARMA(1,1) όπως παρουσιάστηκε σε προηγούμενο τμήμα (Κεβόρκ; 2019; 2020):

$$q_t = \delta + \varphi q_{t-1} + v_t + \theta v_{t-1} \text{ με } v_t = \frac{1 - \varphi^{LR+1}}{1 - \varphi} \varepsilon_t \text{ και } \theta = \frac{-\varphi(1 - \varphi^{LR})}{1 - \varphi^{LR+1}}$$

με v_t να κατανέμεται κανονικά με μέσο μηδέν και σταθερή διακύμανση σ_v^2 , $v_t \sim N(0, \sigma_v^2)$ και να ισχύει ότι:

- $E(v_t) = 0$
- $V(v_t) = E(v_t^2) = \sigma_v^2 = \left(\frac{1 - \varphi^{LR+1}}{1 - \varphi} \right) \sigma_\varepsilon^2$ (3.14)

Επιπλέον ισχύει ότι:

- $\gamma_o = V(q_t) = \frac{1 + \theta^2 + 2\varphi\theta}{1 - \varphi^2} \sigma_v^2$ (3.15)

- $\gamma_1 = \frac{(1 + \varphi\theta)(\varphi + \theta)}{1 - \varphi^2} \sigma_v^2$ (3.16)

$$\bullet \rho_1 = \frac{(1+\varphi\theta)(\varphi+\theta)}{1+\theta^2+2\varphi\theta} \quad (3.17)$$

ενώ η αυτο-συσχέτιση του ARMA(1,1) δίνεται από το $\rho_s = \varphi\rho_{s-1}$ ή $\varphi^{s-1}\rho_1$ (Halkos, Kevork;2006) και καθορίζεται από τα εξής διαστήματα φ και θ :

1. Εάν $0 < \varphi < 1$ & $-\varphi < \theta < 1$: Τότε το ρ συγκλίνει εκθετικά στο μηδέν με $0 < \rho_s < 1$.
2. Εάν $0 < \varphi < 1$ και $-1 < \theta < \varphi$: Τότε το ρ συγκλίνει εκθετικά στο μηδέν με $-1 < \rho_s < 0$.
3. Εάν $-1 < \varphi < 0$ & $\theta > |\varphi|$: Τότε το ρ συγκλίνει σε μηδενική ταλάντωση μεταξύ θετικών και αρνητικών τιμών ξεκινώντας από θετικό ρ_1 .
4. Εάν $-1 < \varphi < 0$ & $\theta < |\varphi|$: Τότε το ρ συγκλίνει σε μηδενική ταλάντωση μεταξύ θετικών και αρνητικών τιμών ξεκινώντας από αρνητικό ρ_1 .

φυσικά δεν πρέπει να ξεχαστεί να αναφερθεί ότι ως χρονική περίοδο λαμβάνεται υπόψη η εβδομάδα και L_s ο χρόνος παράδοσης της παραγγελίας που δίνει ο Προμηθευτής μέχρι να την παραλάβει το επόμενο μέλος της ΕΑ. Στην συνέχεια οι υποθέσεις που λαμβάνονται σε αυτό το σημείο για Προμηθευτή είναι:

- Ο χρόνος παράδοσης L_s παραμένει σταθερός μεταξύ των παραγγελιών. Αν όμως δεν υφίσταται ο χρόνος παράδοσης, θεωρείται ότι $L_s=1$ και μια παραγγελία που πραγματοποιείται στο τέλος της περιόδου t λαμβάνεται στην αρχή της περιόδου $t+1$.
- Χρησιμοποιείται η πολιτική του στοχευμένου αποθέματος χρησιμοποιώντας την μέθοδο Ελάχιστου Μέσου Τετραγώνου Σφάλματος (Minimum Mean Square Error- MMSE) για την πρόβλεψη της ζήτησης στο χρόνο παράδοσης της παραγγελίας στο σενάριο της Πλήρους και Μερικής Ανταλλαγής Πληροφόρησης, και Κινητό Μέσο Όρο για την πρόβλεψη της ζήτησης στο χρόνο παράδοσης της παραγγελίας στο σενάριο της Μη Ανταλλαγής Πληροφόρησης.
- Η ποσότητα που δεν εξυπηρετείται τίθεται σε εκκρεμότητα.

3.2.1 Σενάριο Πλήρους Ανταλλαγής Πληροφόρησης στον Προμηθευτή

Το παρόν τμήμα παρουσιάζεται το σενάριο της Πλήρους Ανταλλαγής Πληροφόρησης όπου λαμβάνεται ως υπόθεση ότι ο Λιανοπωλητής κάνει γνωστό στον Προμηθευτή την ζήτηση που αντιμετωπίζει δηλαδή του γίνονται γνωστά οι τιμές των παραμέτρων δ , φ και θ , οι τιμές σφαλμάτων ε_t και κατά συνέπεια το σφάλμα v_t , τα μεγέθη της ζήτησης ($\dots, y_{t-2}, y_{t-1}, y_t$) καθώς και την μορφή του υποδείγματος AR(1). Συνεπώς αποτελεί απόλυτα λογικά η χρήση MMSE προβλέψεων καθώς αποτελεί την καλύτερη μέθοδο αφού είναι γνωστά τα παραπάνω μεγέθη για τις παραγγελίες που θα δεχθεί από τον λιανοπωλητή στο διάστημα L_s . Αρχικά το πραγματικό

μέγεθος της παραγγελίας που θα σταλεί από τον Λιανοπωλητή στο τέλος της περιόδου $t+m$ όταν ο Προμηθευτής θα βρίσκεται στο τέλος της περιόδου t υπολογίζεται ως εξής (Κεβόρκ; 2019) (Βλ. Παράρτημα A3):

$$q_{t+1}^R = \delta + \varphi q_t + v_{t+1} + \theta v_t \text{ για } m=1$$

$$q_{t+m}^R = \delta \left(\frac{1-\varphi^m}{1-\varphi} \right) + \varphi^m q_t + \theta \varphi^{m-1} v_t + [(\varphi + \theta) \sum_{j=1}^{m-1} \varphi^{m-j-1} v_{t+j}] + v_{t+m} \text{ όταν } 0 \leq m \leq L_S$$

Επομένως η πρόβλεψη MMSE που θα γίνεται στο τέλος της εβδομάδας t και σχετίζεται με το μέγεθος της παραγγελίας την περίοδο $t+m$ παρουσιάζεται από τον τύπο (Κεβόρκ; 2019; 2020):

$$\hat{q}_{t+m}^R = E(q_{t+m}^R | q_t^R, v_t) = \delta \left(\frac{1-\varphi^m}{1-\varphi} \right) + \varphi^m q_t + \theta \varphi^{m-1} v_t \text{ για } m \geq 2$$

Η πρόβλεψη της συνολικής παραγγελίας για το διάστημα L_S στο τέλος της περιόδου t θα είναι (Κεβόρκ; 2019; 2020):

$$\begin{aligned} \hat{Q}_t^{IS} &= \sum_{m=1}^{L_S} \hat{q}_{t+m}^{(R)} = L_S \mu + \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} (q_t^{(R)} - \mu) + \theta \frac{1-\varphi^{L_S}}{1-\varphi} v_t = \\ &= L_S \mu + \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} (q_t^{(R)} - \mu) - \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})(1-\varphi^{L_S})}{(1-\varphi)^2} \varepsilon_t \end{aligned} \quad (3.18)$$

Κατά τον πλείστον τα σφάλμα πρόβλεψης του πραγματικού μεγέθους που θα δεχθεί ο προμηθευτής την περίοδο $t+m$ υπολογίζεται ως $e_{t+m}^{(S,IS)} = q_{t+m}^{(R)} - \hat{q}_{t+m}^{(R)}$. Συνεπώς οι παρακάτω σχέσεις υπολογίζονται ως (Κεβόρκ; 2019; 2020):

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^{L_S} e_{t+m}^{(S,IS)} &= \frac{1}{1-\varphi} \sum_{m=1}^{L_S} [1 - \varphi^{L_S-m+1} + \theta(1 - \varphi^{L_S-m})] v_{t+m} \\ V_t^{(S,IS)} &= \text{Var} \left(\sum_{m=1}^{L_S} e_{t+m}^{(S,IS)} \right) = \frac{\text{Var}(v_t)}{(1-\varphi)^2} \sum_{m=1}^{L_S} [1 - \varphi^{L_S-m+1} + \theta(1 - \varphi^{L_S-m})]^2 = \\ &= \frac{\sigma_\varepsilon^2}{(1-\varphi)^2} \left\{ L_S - 2\varphi^{L_S+1} \frac{1-\varphi^{L_S}}{1-\varphi} + \varphi^{2(L_S+1)} \frac{1-\varphi^{2L_S}}{1-\varphi^2} \right\} \end{aligned} \quad (3.19)$$

Συνεπώς το στοχευμένο επίπεδο αποθέματος του προμηθευτή στο τέλος της περιόδου t θα είναι:

$$S_t^{(S,IS)} = \hat{Q}_t^{(IS)} + z_{\eta_S} \sqrt{V_t^{(S,IS)}}$$

ενώ η εξέλιξη των παραγγελιών που δίνει ο Προμηθευτής στο τέλος της περιόδου t είναι:

$$q_t^{(S,IS)} = q_t^{(R)} + \left(s_t^{(S,IS)} - s_{t-1}^{(S,IS)} \right) \quad (3.20)$$

Οι παραγγελίες του Προμηθευτή προς κατασκευαστή παρουσιάζονται με το υπόδειγμα ARMA(1,1) αφού όπως παρουσιάστηκε πιο πάνω η εξέλιξη των παραγγελιών του Λιανοπωλητή ακολουθούν υπόδειγμα ARMA(1,1):

$$\begin{aligned} q_t^{(S,IS)} &= \delta + \varphi q_{t-1}^{(S,IS)} + w_t + \beta w_{t-1} \\ w_t &= \frac{1 - \varphi^{L_S+1} + \theta(1 - \varphi^{L_S})}{1 - \varphi} v_t = \frac{1 - \varphi^{L_R+L_S+1}}{1 - \varphi} \varepsilon_t \\ \beta &= -\varphi \frac{1 - \varphi^{L_S} + \theta(1 - \varphi^{L_S-1})}{1 - \varphi^{L_S+1} + \theta(1 - \varphi^{L_S})} = -\varphi \frac{1 - \varphi^{L_R+L_S}}{1 - \varphi^{L_R+L_S+1}} \end{aligned} \quad (3.20.1)$$

Συνεπώς με βάση του παραπάνω τύπου που περιγράφει τις παραγγελίες που δίνει ο Προμηθευτής στον κατασκευαστή, η διακύμανση και το φαινόμενο BW υπολογίζεται από τον τύπο(Κεβόρκ; 2019):

$$Var\left(q_t^{(S,IS)}\right) = \frac{1 + \beta^2 + 2\beta\theta}{1 - \varphi^2} Var(w_t) = \frac{1 + \beta^2 + 2\beta\theta}{1 - \varphi^2} \left(\frac{1 - \varphi^{L_R+L_S+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \sigma_\varepsilon^2 \quad (3.21)$$

$$BW_S^{(IS)} = (1 + \beta^2 + 2\beta\theta) \left(\frac{1 - \varphi^{L_R+L_S+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \quad (3.22)$$

3.2.2 Σενάριο Μερικής Ανταλλαγής Πληροφόρησης στον Προμηθευτή

Το παρόν τμήμα στοχεύει στην ανάδειξη του Σεναρίου Πληροφόρησης γνωστό ως Μερικής Πληροφόρησης στο οποίο γνωστοποιείται στον Προμηθευτή από τον Λιανοπωλητή η μορφή του υποδείγματος AR(1) και οι τιμές των παραμέτρων του υποδείγματος. Η μη γνώση των στοιχείων ζήτησης του Λιανοπωλητή από τον Προμηθευτή έχει ως αποτέλεσμα την ανικανότητα υπολογισμού των σφαλμάτων ε_t , κατά συνέπεια τα σφάλματα v_t να θεωρείται ως άγνωστη μεταβλητή. Εξαιτίας των παραπάνω αποτελεσμάτων οι προβλέψεις των εξελίξεων των παραγγελιών που δίνει ο Λιανοπωλητής και θα ληφθούν σε αυτό το Σενάριο δεν θα είναι με την μέθοδο Ελάχιστου Μέσου Τετραγώνου Σφάλματος MMSE.

Επεκτείνοντας το συλλογισμό μας, γίνεται απόλυτα σαφές βασιζόμενοι στην θεωρία που διατυπώθηκε στην υπο-κεφάλαιο 3.2.1, οι τύποι που τροποποιούνται υπό τις νέες συνθήκες (Κεβόρκ; 2019; 2020) είναι η πρόβλεψη της συνολικής παραγγελίας για το διάστημα L_S στο τέλος της περιόδου t ,

$$\hat{Q}_t^{PIS} = \sum_{m=1}^{L_S} \hat{q}_{t+m}^{(R)} = L_S \mu + \frac{\varphi(1 - \varphi^{L_S})}{1 - \varphi} \left(q_t^{(R)} - \mu \right) = L_S \mu + \frac{\varphi(1 - \varphi^{L_S})}{1 - \varphi} \left(q_t^{(R)} - \mu \right) \quad (3.23)$$

η διακύμανση του αθροίσματος των σφαλμάτων πρόβλεψης των παραγγελιών που θα εμφανιστούν στο χρονικό διάστημα από $t+1$ έως $t+L_S$

$$V_t^{(S,PIS)} = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{(1-\varphi)^2} \left\{ L_S - 2\varphi^{L_R+1} \frac{1-\varphi^{L_S}}{1-\varphi} + \varphi^{2(L_R+1)} \frac{1-\varphi^{2L_S}}{1-\varphi^2} + \frac{\varphi^2(1-\varphi^{L_S})^2(1-\varphi^{L_R})^2}{(1-\varphi)^2} \right\} \quad (3.24)$$

το στοχευμένο απόθεμα στο τέλος της εβδομάδα t όπου διατυπώνεται πλέον ως :

$$S_t^{(S,PIS)} = Q_t^{(PIS)} + z_{\eta_S} \sqrt{V_t^{(S,PIS)}}$$

και η εξέλιξη των παραγγελιών που δίνει ο Προμηθευτής στο τέλος της περιόδου t .

$$\begin{aligned} q_t^{(S,PIS)} &= q_t^{(R)} + (S_t^{(S,PIS)} - S_{t-1}^{(S,PIS)}) = \\ &= q_t^{(R)} + \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} (q_t^{(R)} - q_{t-1}^{(R)}) = \\ &= q_t^{(R)} + \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} q_t^{(R)} - \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} q_{t-1}^{(R)} = \\ &= \left(1 + \frac{\varphi(1-\varphi)}{1-\varphi}\right) q_t^{(R)} - \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} q_{t-1}^{(R)} = \\ &= \left(\frac{1-\varphi + \varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi}\right) q_t^{(R)} - \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} q_{t-1}^{(R)} = \\ &= \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi}\right) q_t^{(R)} - \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} q_{t-1}^{(R)} \end{aligned} \quad (3.25)$$

όπου

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

με

$$v_t = \frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \varepsilon_t \text{ και } \theta = \frac{-\varphi(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi^{L_R+1}}$$

Αντικαθιστώντας το $q_t^{(R)}$ και το $q_{t-1}^{(R)}$ λαμβάνουμε τα εξής :

$$\begin{aligned} q_t^{(S,PIS)} &= \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi}\right) \delta + \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi}\right) \varphi q_{t-1}^{(R)} + \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi}\right) v_t + \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi}\right) \theta v_{t-1} - \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \delta - \\ &\quad \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \varphi q_{t-2}^{(R)} - \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} v_{t-1} - \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \theta v_{t-2} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi} - \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \right) \delta + \varphi \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi} q_{t-1}^{(R)} - \frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \varphi q_{t-2}^{(R)} \right) + \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) \varepsilon_t - \\
& \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi} \right) \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi^{L_R+1}} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) \varepsilon_{t-1} - \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) \varepsilon_{t-1} + \\
& \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \right) \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi^{L_R+1}} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) \varepsilon_{t-2} = \\
& \delta + \varphi q_{t-1}^{(S,PIS)} + \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) \varepsilon_t - \\
& \left[\left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi} \right) \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi} \right) + \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) \right] \varepsilon_{t-1} + \varphi^2 \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \right) \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi} \right) \varepsilon_{t-2} = \\
& = \delta + \varphi \left(q_{t-1}^{(S,NIS)} \right) + u_t - \beta_1 u_{t-1} - \beta_2 u_{t-2} \tag{3.26}
\end{aligned}$$

όπου ισχύει ότι:

$$u_t = \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) \varepsilon_t,$$

$$\beta_1 u_{t-1} = \left[\left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi} \right) \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi} \right) + \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) \right] \varepsilon_{t-1} \Rightarrow$$

$$\beta_1 \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) \varepsilon_{t-1} = \left[\left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi} \right) \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi} \right) + \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) \right] \varepsilon_{t-1}$$

οπότε απλοποιώντας και λύνοντας ως προς β_1 λαμβάνουμε:

$$\beta_1 = \frac{\varphi[(1-\varphi^{L_R})(1-\varphi^{L_S+1})+(1-\varphi^{L_R+1})(1-\varphi^{L_S})]}{(1-\varphi^{L_R+1})(1-\varphi^{L_S+1})} = \varphi \left(\frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi^{L_R+1}} + \frac{1-\varphi^{L_S}}{1-\varphi^{L_S+1}} \right) \tag{3.26.1}$$

και

$$\beta_2 u_{t-2} = -\varphi^2 \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \right) \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi} \right) \varepsilon_{t-2} \Rightarrow$$

$$\beta_2 \left(\frac{1-\varphi^{L_S+1}}{1-\varphi} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_R+1}}{1-\varphi} \right) \varepsilon_{t-2} = -\varphi^2 \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_S})}{1-\varphi} \right) \left(\frac{\varphi(1-\varphi^{L_R})}{1-\varphi} \right) \varepsilon_{t-2}$$

Οπότε και εδώ απλοποιώντας και λύνοντας ως προς β_2 λαμβάνουμε

$$\beta_2 = -\varphi^2 \left(\frac{1-\varphi^{L_R}}{1-\varphi^{L_R+1}} \right) \left(\frac{1-\varphi^{L_S}}{1-\varphi^{L_S+1}} \right) \tag{3.26.2}$$

Συμπληρωματικά με βάση των νέων τύπων που διαμορφωθηκαν παραπάνω εξαιτίας της απουσία των σφαλμάτων ε_t και v_t , η διακύμανση του υποδείγματος ARMA(1,2) που εξάγεται από τον Anderson (1975) και το φαινόμενο BW υπολογίζεται εκ νέου ως:

$$Var(q_t^{(S,PIS)}) = \left\{ 1 + (\varphi - \beta_1)^2 + \frac{[\varphi(\varphi - \beta_1) - \beta_2]^2}{1 - \varphi^2} \right\} Var(u_t)$$

Η παράσταση εντός της αγκύλης λαμβάνει τη μορφή

$$\frac{1 - \varphi^2 + (\varphi - \beta_1)^2(1 - \varphi^2) + [\varphi(\varphi - \beta_1) - \beta_2]^2}{1 - \varphi^2}$$

Οπότε κάνοντας πράξεις στον αριθμητή λαμβάνουμε:

$$\begin{aligned} & 1 - \varphi^2 + (\varphi - \beta_1)^2 - \varphi^2(\varphi - \beta_1)^2 + \varphi^2(\varphi - \beta_1)^2 + \beta_2^2 - 2\varphi\beta_2(\varphi - \beta_1) = \\ & = 1 - \varphi^2 + \varphi^2 + \beta_1^2 - 2\varphi\beta_1 + \beta_2^2 - 2\varphi\beta_2(\varphi - \beta_1) = \\ & = 1 + \beta_1^2 + \beta_2^2 - 2\varphi(\beta_1 + \varphi\beta_2 - \beta_1\beta_2) \end{aligned}$$

Επομένως η διακύμανση του ARMA(1,2) αναγράφεται πλέον ως:

$$Var(q_t^{(S,PIS)}) = \left(\frac{1 + \beta_1^2 + \beta_2^2 - 2\varphi(\beta_1 + \varphi\beta_2 - \beta_1\beta_2)}{1 - \varphi^2} \right) \left(\frac{1 - \varphi^{L_S+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \left(\frac{1 - \varphi^{L_R+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \sigma_\varepsilon^2 \quad (3.27)$$

Υπολογίζονται δυο λόγοι Bullwhip. Ο πρώτος είναι σε σύγκριση του $Var(q_t^{(S,PIS)})$ με τη διακύμανση της ζήτησης που αντιμετωπίζει ο Λιανοπωλητής η οποία είναι AR(1). Στην περίπτωση αυτή ο λόγος bullwhip γίνεται (Κεβόρκ; 2019)

$$\begin{aligned} BW_R^{(PIS)} &= \frac{Var(q_t^{(S,PIS)})}{Var(d_t)} = \\ &= \frac{\left(\frac{1 + \beta_1^2 + \beta_2^2 - 2\varphi(\beta_1 + \varphi\beta_2 - \beta_1\beta_2)}{1 - \varphi^2} \right) \left(\frac{1 - \varphi^{L_S+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \left(\frac{1 - \varphi^{L_R+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \sigma_\varepsilon^2}{\frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \varphi^2}} \\ &\quad \eta \end{aligned}$$

$$BW_R^{(PIS)} = (1 + \beta_1^2 + \beta_2^2 - 2\varphi(\beta_1 + \varphi\beta_2 - \beta_1\beta_2)) \left(\frac{1 - \varphi^{L_S+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \left(\frac{1 - \varphi^{L_R+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \quad (3.28)$$

Ο δεύτερος λόγος Bullwhip είναι η σύγκριση της διακύμανσης $Var(q_t^{(S,PIS)})$ με το $Var(q_t^{(R)})$ δηλαδή

$$\begin{aligned} BW_S^{(PIS)} &= \frac{Var(q_t^{(S,PIS)})}{Var(q_t^{(R)})} = \\ &= \frac{\left(\frac{1 + \beta_1^2 + \beta_2^2 - 2\varphi(\beta_1 + \varphi\beta_2 - \beta_1\beta_2)}{1 - \varphi^2} \right) \left(\frac{1 - \varphi^{L_S+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \left(\frac{1 - \varphi^{L_R+1}}{1 - \varphi} \right)^2 \sigma_\varepsilon^2}{\gamma_o \left\{ 1 + 2\varphi \frac{(1 - \varphi^{L_R+1})(1 - \varphi^{L_R})}{1 - \varphi} \right\}} \end{aligned}$$

Τέλος ισχύει ότι $\sigma_\varepsilon^2 = (1 - \phi^2)\gamma_o$ τότε ο τύπος διαμορφώνεται ως:

$$\begin{aligned}
 BW_S^{(PIS)} &= \frac{Var(q_t^{(S,PIS)})}{Var(q_t^{(R)})} = \\
 &= \left(\frac{1 + \beta_1^2 + \beta_2^2 - 2\phi(\beta_1 + \phi\beta_2 - \beta_1\beta_2)}{1 + 2\phi \frac{(1 - \phi^{L_{R+1}})(1 - \phi^{L_R})}{1 - \phi}} \right) \left(\frac{1 - \phi^{L_S+1}}{1 - \phi} \right)^2 \left(\frac{1 - \phi^{L_R+1}}{1 - \phi} \right)^2
 \end{aligned} \tag{3.29}$$

Κεφάλαιο 4^ο : Προμηθευτής και Κινητός Μέσος Όρος

Το παρόν κεφάλαιο στοχεύει στην ανάδειξη του μέρους του Προμηθευτή όπου χρησιμοποιεί ως μεθόδους πρόβλεψης το Υπόδειγμα Κινητών Μέσων (Moving Average-MA) βασιζόμενοι στα άρθρα των Chen F., Ryan J. & Levi D (2000), Kim H. & Ryan J. (2003), Zhang X. (2003), Drezner Z., Chen F., Ryan J. & Levi D (2000), Alwan C., Liu J. & Yao D. (2003), και Ali M. & Boylan J. (2012). Φυσικά η κίνηση αυτή δικαιολογείται αφού υπάρχει αναφορά (Chen F., Ryan J. & Levi D; 2000, Kim H. & Ryan J.; 2003) για ανασκόπηση 35 ερευνών σχετικά με τη χρήση τεχνικών πρόβλεψης από Makridakis, Wheelwright και Hyndman (1998) όπου οι χρήστες χρησιμοποιούσαν με πιο ευκολία απλές μεθόδους που ήταν εξοικειωμένοι όπως ΚΜΟ και SE σε σχέση με πιο προχωρημένες μεθόδους πρόβλεψης. Θα χρησιμοποιήσουμε ως ΚΜΟ το γενικός τύπος της πρόβλεψης με Κινητό Μέσο k περιόδων - MA(k) τοποθετώντας παρελθοντικές τιμές ενώ ενδεικτικά το τυπολόγιο για ΚΜΟ παρουσιάζεται στο παράρτημα "Τύποι του Κινούμενου Μέσου Όρου".

4.1 Σενάριο Μη Ανταλλαγής Πληροφοριών στον Προμηθευτή

Σύμφωνα με το παρόν σενάριο ο Προμηθευτής του γίνεται μόνο διαθέσιμη ως πληροφορία το δείγμα $q_1^R, q_2^R, \dots, q_t^R$ των παραγγελιών που κάνει ο Λιανοπωλητής μέχρι την περίοδο t . Επιπροσθέτως δεν έχει στην κατοχή του την ζήτηση που αντιμετωπίζει ο Λιανοπωλητής ή την μορφή του υποδείγματος όπως συνέβη στο προηγούμενο κεφάλαιο αλλά γίνεται η υπόθεση ότι γνωρίζει τουλάχιστον τις τιμές των παραμετρικών μεγεθών δ και φ του υποδείγματος AR(1) μέσω της σχέσης:

$$\sigma_v^2 = \left(\frac{1 - \varphi^{L_R+1}}{1 - \varphi} \right) \sigma_\varepsilon^2$$

Έχοντας φτάσει στο τέλος της t εβδομάδας, η πρόβλεψη των παραγγελιών που δέχεται ο Προμηθευτής από τον Λιανοπωλητή για τις εβδομάδες $t+1, t+2, \dots, t+L_R$ θα ισούται με:

$$\hat{q}_{t+1}^{MA} = \hat{q}_{t+2}^{MA} = \dots = \hat{q}_{t+L_R}^{MA} = \frac{1}{p} (q_t + q_{t-1} + \dots + q_{t-p+1}) = \frac{1}{p} \sum_{j=0}^{p-1} q_{t-j}$$

Επομένως στο τέλος της εβδομάδας, η πρόβλεψη της συνολικής ζήτησης στο χρόνο παράδοσης του Προμηθευτή (L_S) θα είναι :

$$\hat{Q}_t^{MA} = \sum_{s=1}^{L_S} \hat{q}_{t+s}^{MA} = \frac{L_S}{p} (q_t + q_{t-1} + \dots + q_{t-p+1}) = \frac{L_S}{p} \sum_{j=0}^{p-1} q_{t-j} \quad (4.1)$$

Η διακύμανση του αθροίσματος των σφαλμάτων πρόβλεψης ισούται με:

$$V_S^{MA} = V(Q_t^S - \hat{Q}_t^{S,MA}) = V(Q_t^S) + V(\hat{Q}_t^{S,MA}) - 2Cov(Q_t^S, \hat{Q}_t^{S,MA})$$

όπου:

$$Q_t^S = (q_{t+1} + q_{t+2} + \dots + q_{t+L_s}) = \frac{L_s}{L_s} (q_{t+1} + q_{t+2} + \dots + q_{t+L_s}) = L_s \left(\frac{q_{t+1} + q_{t+2} + \dots + q_{t+L_s}}{L_s} \right) \quad (4.2)$$

Άρα:

$$\text{Var}(Q_t^S) = \text{Var} \left[L_s \left(\frac{q_{t+1} + q_{t+2} + \dots + q_{t+L_s}}{L_s} \right) \right] = L_s^2 \text{Var} \left(\frac{q_{t+1} + q_{t+2} + \dots + q_{t+L_s}}{L_s} \right)$$

από Halkos G. και Kevork I. (2006) η διακύμανση των μέσων αριθμητικών τιμών του ARMA(1,1) είναι:

$$\begin{aligned} &= L_s^2 \frac{\gamma_0}{L_s} \left\{ 1 + \frac{2\rho_1}{1-\varphi} \left[1 - \frac{(1-\varphi^{L_s})}{L_s(1-\varphi)} \right] \right\} = L_s \gamma_0 \left\{ 1 + \frac{2\rho_1}{1-\varphi} \left[1 - \frac{(1-\varphi^{L_s})}{L_s(1-\varphi)} \right] \right\} = \\ &= L_s \gamma_0 \left[1 + \frac{2\rho_1}{1-\varphi} - \frac{2\rho_1(1-\varphi^{L_s})}{L_s(1-\varphi)^2} \right] = L_s \gamma_0 \left[\frac{L_s(1-\varphi)^2}{L_s(1-\varphi)^2} + \frac{2\rho_1(1-\varphi)L_s}{L_s(1-\varphi)^2} - \frac{2\rho_1(1-\varphi^{L_s})}{L_s(1-\varphi)^2} \right] = \\ &= \gamma_0 \left[\frac{L_s(1-\varphi)^2}{(1-\varphi)^2} + \frac{2\rho_1(1-\varphi)L_s}{(1-\varphi)^2} - \frac{2\rho_1(1-\varphi^{L_s})}{(1-\varphi)^2} \right] = \gamma_0 \left[L_s + 2\rho_1 \frac{(1-\varphi)L_s - (1-\varphi^{L_s})}{(1-\varphi)^2} \right] = \\ &= \gamma_0 \left\{ L_s + 2 \left[\frac{(1+\varphi\theta)(\varphi+\theta)}{1+\theta^2+2\varphi\theta} \right] \left[\frac{(1-\varphi)L_s - (1-\varphi^{L_s})}{(1-\varphi)^2} \right] \right\} \end{aligned}$$

Ομοίως για \hat{Q}_t^{MA} είναι:

$$\begin{aligned} \text{Var}(\hat{Q}_t^{MA}) &= \text{Var} \left[L_s \left(\frac{q_t + q_{t-1} + \dots + q_{t-p+1}}{p} \right) \right] = L_s^2 \text{Var} \left(\frac{q_t + q_{t-1} + \dots + q_{t-p+1}}{p} \right) = \\ &= L_s^2 \frac{\gamma_0}{p} \left\{ 1 + \frac{2\rho_1}{1-\varphi} \left[1 - \frac{(1-\varphi^p)}{p(1-\varphi)} \right] \right\} = L_s^2 \frac{\gamma_0}{p} \left[1 + \frac{2\rho_1}{1-\varphi} - \frac{2\rho_1(1-\varphi^p)}{p(1-\varphi)^2} \right] = \\ &= L_s^2 \frac{\gamma_0}{p} \left[\frac{p(1-\varphi)^2}{p(1-\varphi)^2} + \frac{2\rho_1(1-\varphi)p}{p(1-\varphi)^2} - \frac{2\rho_1(1-\varphi^p)}{p(1-\varphi)^2} \right] = \\ &= \gamma_0 \left(\frac{L_s}{p} \right)^2 \left[\frac{p(1-\varphi)^2}{(1-\varphi)^2} + \frac{2\rho_1(1-\varphi)p}{(1-\varphi)^2} - \frac{2\rho_1(1-\varphi^p)}{(1-\varphi)^2} \right] = \\ &= \gamma_0 \left(\frac{L_s}{p} \right)^2 \left\{ p + 2 \left[\frac{(1+\varphi\theta)(\varphi+\theta)}{1+\theta^2+2\varphi\theta} \right] \left[\frac{(1-\varphi)p - (1-\varphi^p)}{(1-\varphi)^2} \right] \right\} \end{aligned}$$

Για την απόδειξη του $\text{Cov}(Q_t^S, Q_t^{S,MA})$ θα χρησιμοποιηθεί η υπόθεση $\mu=0$ χωρίς να επηρεάζει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων. Επομένως: $\text{Cov}(Q_t^S, Q_t^{S,MA})$

$$\text{Cov}(Q_t^S, \hat{Q}_t^{S,MA}) = \frac{L_s}{p} E[(q_{t+1} + q_{t+2} + \dots + q_{t+L_s})(q_t + q_{t-1} + \dots + q_{t-p+1})]$$

όπου υποθέτουμε ότι $\mu=0$:

$$\begin{aligned}
& E[(q_{t+1} + q_{t+2} + \dots + q_{t+L_s})(q_t + q_{t-1} + \dots + q_{t-p+1})] = \\
& Cov(q_{t+1}, q_t) + Cov(q_{t+1}, q_{t-1}) + \dots + Cov(q_{t+1}, q_{t-p+1}) + \\
& + Cov(q_{t+2}, q_t) + Cov(q_{t+2}, q_{t-1}) + \dots + Cov(q_{t+2}, q_{t-p+1}) + \\
& + \dots + \\
& + Cov(q_{t+L_s}, q_t) + Cov(q_{t+L_s}, q_{t-1}) + \dots + Cov(q_{t+L_s}, q_{t-p+1}) = \\
& = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_p + \\
& + Y_2 + Y_3 + Y_4 + \dots + Y_{p+1} + \\
& + \dots + \\
& + Y_{L_s} + Y_{L_s+1} + Y_{L_s+2} + \dots + Y_{L_s+p-1} = \\
& = Y_o \rho_1 + Y_o \varphi \rho_1 + Y_o \varphi^2 \rho_1 + \dots + Y_o \varphi^{p-1} \rho_1 + \\
& + Y_o \varphi \rho_1 + Y_o \varphi^2 \rho_1 + Y_o \varphi^3 \rho_1 + \dots + Y_o \varphi^p \rho_1 + \\
& + \dots + \\
& + Y_o \varphi^{L_s-1} \rho_1 + Y_o \varphi^{L_s} \rho_1 + Y_o \varphi^{L_s+1} \rho_1 + \dots + Y_o \varphi^{L_s+p-2} \rho_1 = \\
& = Y_o \rho_1 (1 + \varphi + \varphi^2 + \dots + \varphi^{p-1}) + \\
& + Y_o \rho_1 (\varphi + \varphi^2 + \varphi^3 + \dots + \varphi^p) + \\
& + \dots + \\
& + Y_o \rho_1 (\varphi^{L_s-1} + \varphi^{L_s} + \varphi^{L_s+1} + \dots + \varphi^{L_s+p-2}) = \\
& = Y_o \rho_1 \left(\frac{1 - \varphi^p}{1 - \varphi} + \varphi \frac{1 - \varphi^p}{1 - \varphi} + \varphi^2 \frac{1 - \varphi^p}{1 - \varphi} + \dots + \varphi^{L_s-1} \frac{1 - \varphi^p}{1 - \varphi} \right) = \\
& = Y_o \rho_1 \frac{1 - \varphi^p}{1 - \varphi} (1 + \varphi + \varphi^2 + \dots + \varphi^{L_s-1}) = \\
& = Y_o \rho_1 \left(\frac{1 - \varphi^p}{1 - \varphi} \right) \left(\frac{1 - \varphi^{L_s}}{1 - \varphi} \right) \\
& = Y_o \left(\frac{(1 + \varphi \theta)(\varphi + \theta)}{1 + \theta^2 + 2\varphi \theta} \right) \left(\frac{(1 - \varphi^p)(1 - \varphi^{L_s})}{(1 - \varphi)^2} \right)
\end{aligned}$$

$$\text{Συνεπώς: } \text{Cov}(Q_t^S, \hat{Q}_t^{S,MA}) = \frac{L_S}{p} \gamma_0 \left(\frac{(1+\varphi\theta)(\varphi+\theta)}{1+\theta^2+2\varphi\theta} \right) \left(\frac{(1-\varphi^p)(1-\varphi^{L_S})}{(1-\varphi)^2} \right)$$

Άρα η διακύμανση του αθροίσματος των σφαλμάτων πρόβλεψης είναι:

$$\begin{aligned} V_S^{MA} &= V(Q_t^S - \hat{Q}_t^{S,MA}) = V(Q_t^S) + V(\hat{Q}_t^{S,MA}) - 2\text{Cov}(Q_t^S, \hat{Q}_t^{S,MA}) \\ &= \gamma_0 \left\{ L_S + 2 \left[\frac{(1+\varphi\theta)(\varphi+\theta)}{1+\theta^2+2\varphi\theta} \right] \left[\frac{(1-\varphi)L_S - (1-\varphi^{L_S})}{(1-\varphi)^2} \right] \right\} + \\ &+ \gamma_0 \left(\frac{L_S}{p} \right)^2 \left\{ p + 2 \left[\frac{(1+\varphi\theta)(\varphi+\theta)}{1+\theta^2+2\varphi\theta} \right] \left[\frac{(1-\varphi)p - (1-\varphi^p)}{(1-\varphi)^2} \right] \right\} - \\ &- 2 \frac{L_S}{p} \gamma_0 \left(\frac{(1+\varphi\theta)(\varphi+\theta)}{1+\theta^2+2\varphi\theta} \right) \left(\frac{(1-\varphi^p)(1-\varphi^{L_S})}{(1-\varphi)^2} \right) \end{aligned} \quad (4.3)$$

Αυτομάτως αποδεικνύεται ότι το V_S^{MA} δεν εξαρτάται από τις αποφάσεις που λαμβάνονται στο τέλος της εβδομάδας. Οι παραγγελίες που θα δώσει ο Λιανοπωλητής βάση της πρόβλεψης της Συνολικής Ζήτησης στο χρόνο παράδοσης του θα είναι:

$$\begin{aligned} q_t^{S,MA} &= \hat{Q}_t^{S,MA} - \hat{Q}_{t-1}^{S,MA} + q_t = \\ &= \frac{L_S}{p} (q_t + q_{t-1} + \dots + q_{t-p+1}) - \frac{L_S}{p} (q_{t-1} + q_{t-2} + \dots + q_{t-p+1-1}) + q_t = \\ &= \frac{L_S}{p} (q_t + q_{t-1} + \dots + q_{t-p+1} - q_{t-1} - q_{t-2} - \dots - q_{t-p+1-1}) + q_t = \\ &= \frac{L_S}{p} q_t - \frac{L_S}{p} q_{t-p} + q_t = \left(1 + \frac{L_S}{p} \right) q_t - \frac{L_S}{p} q_{t-p} \end{aligned} \quad (4.4)$$

Η διακύμανση των παραγγελιών του προμηθευτή είναι:

$$\begin{aligned} V(q_t^{S,MA}) &= \left(1 + \frac{L_S}{p} \right)^2 \text{Var}(q_t) + \left(\frac{L_S}{p} \right)^2 \text{Var}(q_{t-p}) - 2 \left(1 + \frac{L_S}{p} \right) \left(\frac{L_S}{p} \right) \text{Cov}(q_t, q_{t-p}) = \\ &= \left(1 + \frac{L_S}{p} \right)^2 \gamma_0 + \left(\frac{L_S}{p} \right)^2 \gamma_0 - 2 \left(1 + \frac{L_S}{p} \right) \left(\frac{L_S}{p} \right) \gamma_p = \\ &= \gamma_0 \left\{ \left(1 + \frac{L_S}{p} \right)^2 + \left(\frac{L_S}{p} \right)^2 - 2 \left(1 + \frac{L_S}{p} \right) \left(\frac{L_S}{p} \right) \varphi^{p-1} \rho_1 \right\} \end{aligned}$$

Εντός της αγκύλης προσθέτω και αφαιρώ το $2 \left(1 + \frac{L_S}{p} \right) \left(\frac{L_S}{p} \right)$ και έχω

$$\begin{aligned} &= \gamma_0 \left\{ \left(1 + \frac{L_S}{p} \right)^2 + \left(\frac{L_S}{p} \right)^2 + 2 \left(1 + \frac{L_S}{p} \right) \left(\frac{L_S}{p} \right) - 2 \left(1 + \frac{L_S}{p} \right) \left(\frac{L_S}{p} \right) - 2 \left(1 + \frac{L_S}{p} \right) \left(\frac{L_S}{p} \right) \varphi^{p-1} \rho_1 \right\} = \\ &= \gamma_0 \left\{ \left(1 + \frac{L_S}{p} - \frac{L_S}{p} \right)^2 + 2 \left(1 + \frac{L_S}{p} \right) \left(\frac{L_S}{p} \right) (1 - \varphi^{p-1} \rho_1) \right\} = \end{aligned}$$

$$= \gamma_0 \left\{ 1 + 2 \left(1 + \frac{L_s}{p} \right) \left(\frac{L_s}{p} \right) (1 - \varphi^{p-1} \rho_1) \right\} \quad (4.5)$$

Τέλος ο λόγος BW ισούται με:

$$\begin{aligned} BW_s &= \frac{Var(q_t^{S,MA})}{Var(q_t)} = \frac{\gamma_0 \left\{ 1 + 2 \left(1 + \frac{L_s}{p} \right) \left(\frac{L_s}{p} \right) (1 - \varphi^{p-1} \rho_1) \right\}}{\gamma_0} = \\ &= 1 + 2 \left(1 + \frac{L_s}{p} \right) \left(\frac{L_s}{p} \right) (1 - \varphi^{p-1} \rho_1) \end{aligned} \quad (4.6)$$

Κεφάλαιο 5^ο : Ερμηνεία δεδομένων

Το παρόν κεφάλαιο στοχεύει στην παροχή δεδομένων μιας διαδικασίας προσομοίωσης σε μια Εφοδιαστική Αλυσίδα δυο σταδίων με τη ζήτηση να ακολουθεί το αυτο-παλίνδρομο υπόδειγμα πρώτου βαθμού AR(1) που δέχεται ο Λιανοπωλητής και τον Προμηθευτή να διακρίνεται σε τρεις περιπτώσεις ανάλογα με το τι είδους πληροφόρηση θα λάβει από τον προηγούμενο μέλος της ΕΑ για τον υπολογισμό των αντίστοιχων φαινομένων bullwhip. Αρχικά χρησιμοποιείται μια γεννήτρια τυχαίων αριθμών για την δημιουργία ενός δείγμα 101 παρατηρήσεων που θα χρησιμοποιηθεί για το παράδειγμα αυτής της εργασίας, ως η ζήτηση του καταναλωτή που λαμβάνει ο Λιανοπωλητής. Αρχικά τέθηκαν ως υπόθεση ότι οι παράμετροι ϕ και δ θα ισούνται με 0.8 και 20 αντίστοιχα, και η διακύμανση του σφάλματος θα ισούται με 9, $\sigma_\epsilon = 9 \sim N(0,81)$. Παράλληλα το τυχαίο δείγμα δημιουργείται λαμβάνοντας μέσο ίσο με 100 και τυπική απόκλιση ίση με 25 όπως αναδεικνύεται στο Παράρτημα: Λιανοπωλητής & Προμηθευτής. Επιπλέον θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο συγκεκριμένο παράρτημα θα περιγραφεί η διαδικασία για τον Λιανοπωλητή και τον Προμηθευτή στην περίπτωση της Πλήρης και Μερικής Ανταλλαγής Πληροφοριών μέσω Excel και EViews⁹. Τέλος χρησιμοποιώντας τις διακυμάνσεις των παραγγελιών που προέκυψαν στο παράρτημα θα υπολογιστούν οι τύποι του φαινομένου bullwhip των κεφαλαίων 3 και 4 αντίστοιχα και θα γίνει προσπάθεια σύγκρισης τους για τις διαφορετικές τιμές των L_S , L_R , ϕ και ρ .

5.1 Φαινόμενο Bullwhip

Το παρόν τμήμα έχει ως μοναδικό στόχο τον υπολογισμό του φαινομένου bullwhip πάνω στις υποθέσεις του παραδείγματος της παρούσας εργασίας αλλά και στις μεταβολές που γίνονται εξαιτίας διαφορετικών τιμών που μπορεί να λάβουν το L_S , L_R , ϕ και ρ . Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να δώσουμε μια πιο ρεαλιστική εικόνα πάνω στο φαινόμενο bullwhip και τον τρόπο που αλληλεπιδρά με άλλες παραμέτρους. Αρχικά γίνεται αναφορά ότι στην προσομοίωση έχουν τεθεί ως υποθέσεις ότι $\phi=0.8$, $L_R = 2$ $L_S = 3$ και $\rho=2$ με $\eta_R=\eta_S=0.95$. Συνεπώς το φαινόμενο bullwhip για τον Λιανοπωλητή και τις τρεις περιπτώσεις του Προμηθευτή υπολογίζονται από τον τύπο (3.13), (3.22), (3.29) & (4.6) και είναι:

Πίνακας 1: Φαινόμενο bullwhip για Λιανοπωλητή και Προμηθευτή

BW-R	2,41
BW-S-FIS	4,97

BW-S-PIS-V ϕ	9,37
BW-NIS (MA)	6,86

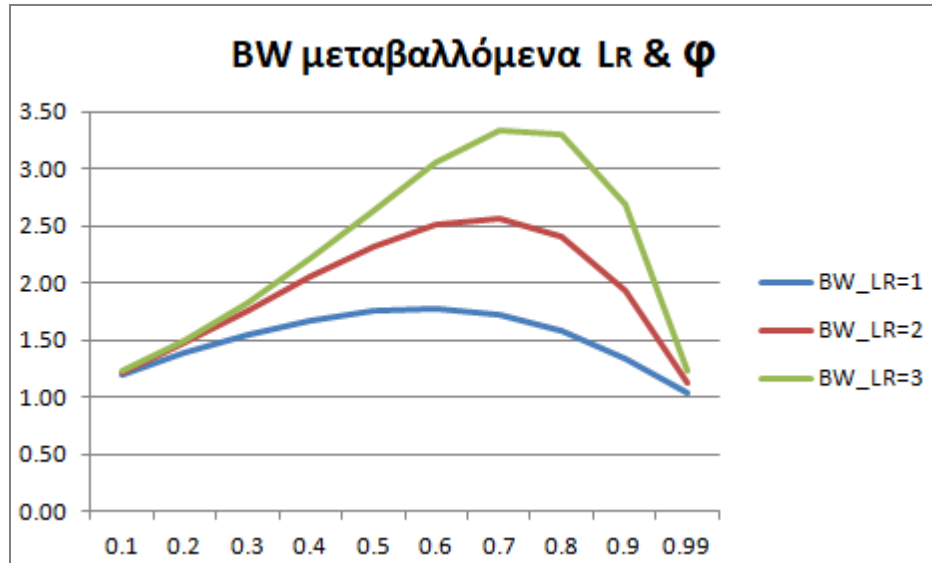
Πηγή: Excel (επεξεργασία ιδίου)

Ο παραπάνω πίνακας κάνει φανερό την αύξηση της μεταβλητότητας της ζήτησης καθώς μεταδίδεται από το ένα μέλος στο άλλο, πράγμα που έχει αναφερθεί και από άλλες έρευνες (Zhang; 2004, Boylan; 2012). Φυσικά, δεν γίνεται να παραλείψουμε το γεγονός, πως ανταποκρίνονται σε αυτήν την περίπτωση οι διαφορετικές περιπτώσεις κοινοποίησης πληροφοριών στον Προμηθευτή. Διακρίνεται ότι με τις παρόν σταθερές τιμές (ϕ , L_R, L_S και ρ με $\eta_R = \eta_S = 0.95$), που έχουμε ως υπόθεση, το φαινόμενο bullwhip (BW) του Προμηθευτή με Πλήρη Κοινοποίηση Πληροφοριών κατέχει την μικρότερη τιμή μεταξύ των τριών περιπτώσεων. Ακολουθεί το BW με την Μη Κοινοποίηση Πληροφοριών και στο τέλος το BW με τη Μερική Κοινοποίηση Πληροφοριών.

Η παρούσα εργασία προχωράει ένα βήμα πέρα από τις υπάρχουσες έρευνες διερευνώντας την ταυτόχρονη αλλαγή των παραμέτρων L_R , L_S και ρ για τιμές του ϕ , $0 < \phi < 1$, για το φαινόμενο bullwhip του Λιανοπωλητή και του Προμηθευτή. Στο σημείο αυτό, πρέπει να σημειωθεί βάση των τύπων που έχουν παρουσιαστεί σε προηγούμενες ενότητες, το BW του Λιανοπωλητή δεν επηρεάζεται από αλλαγές του L_S , ενώ το BW του Προμηθευτή με την Μη Κοινοποίηση Πληροφοριών επηρεάζεται επιπλέον από το ρ , εκτός του L_R και του L_S , για διαφορετικές τιμές του ϕ . Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα του φαινομένου bullwhip του Λιανοπωλητή για διαφορετικά L_R και ϕ και αποτελεί μια κλασική περίπτωση της βιβλιογραφίας (Μαλιαρός;2019). Τα συμπεράσματα του είναι τα εξής:

- Όταν ο χρόνος παράδοσης είναι μηδεν ($L_R = 0$) δεν υπάρχει το φαινόμενο Bullwhip.
- Το φαινόμενο bullwhip αυξάνεται εως ενός σημείου όσο αυξάνονται οι τιμές του ϕ .
- Για τιμές του ϕ μεταξύ 0.8 και 0.99. το φαινόμενο Bullwhip μειώνεται.
- Για τιμές του ϕ μεταξύ 0.5 και 0.8, όσο μεγαλύτερος ο χρόνος παράδοσης τόσο μεγαλύτερη η αύξηση του φαινομένου bullwhip.

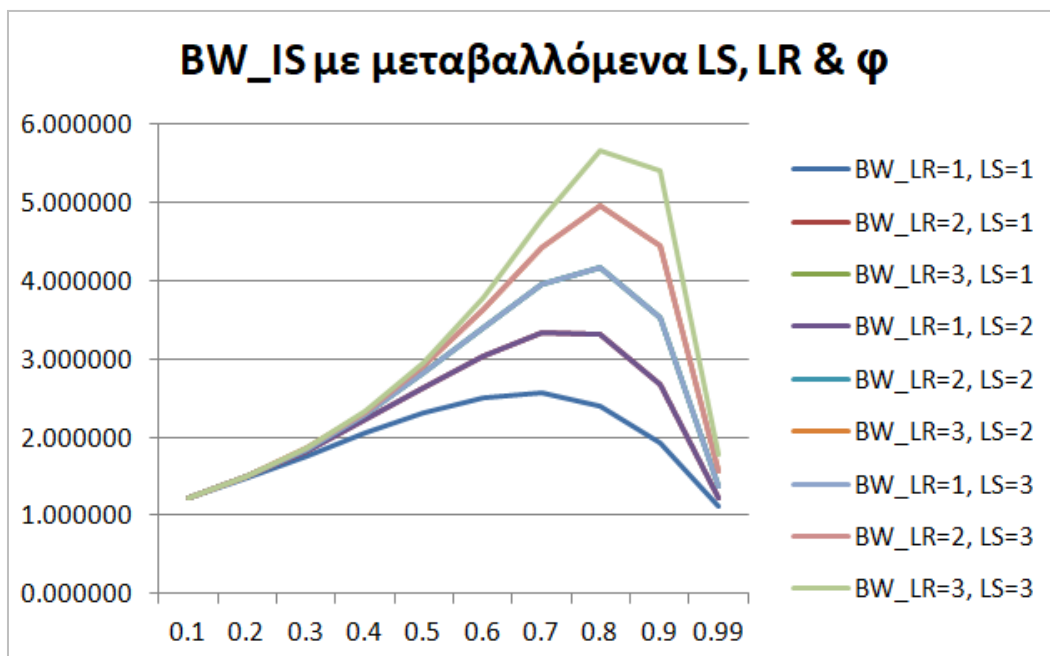
Διάγραμμα 5.1: Γραφική Παράσταση του λόγου Bullwhip ως συνάρτηση της παραμέτρου ϕ για τις διάφορες τιμές του χρόνου παράδοσης



Πηγή: Excel (επεξεργασία ιδίου)

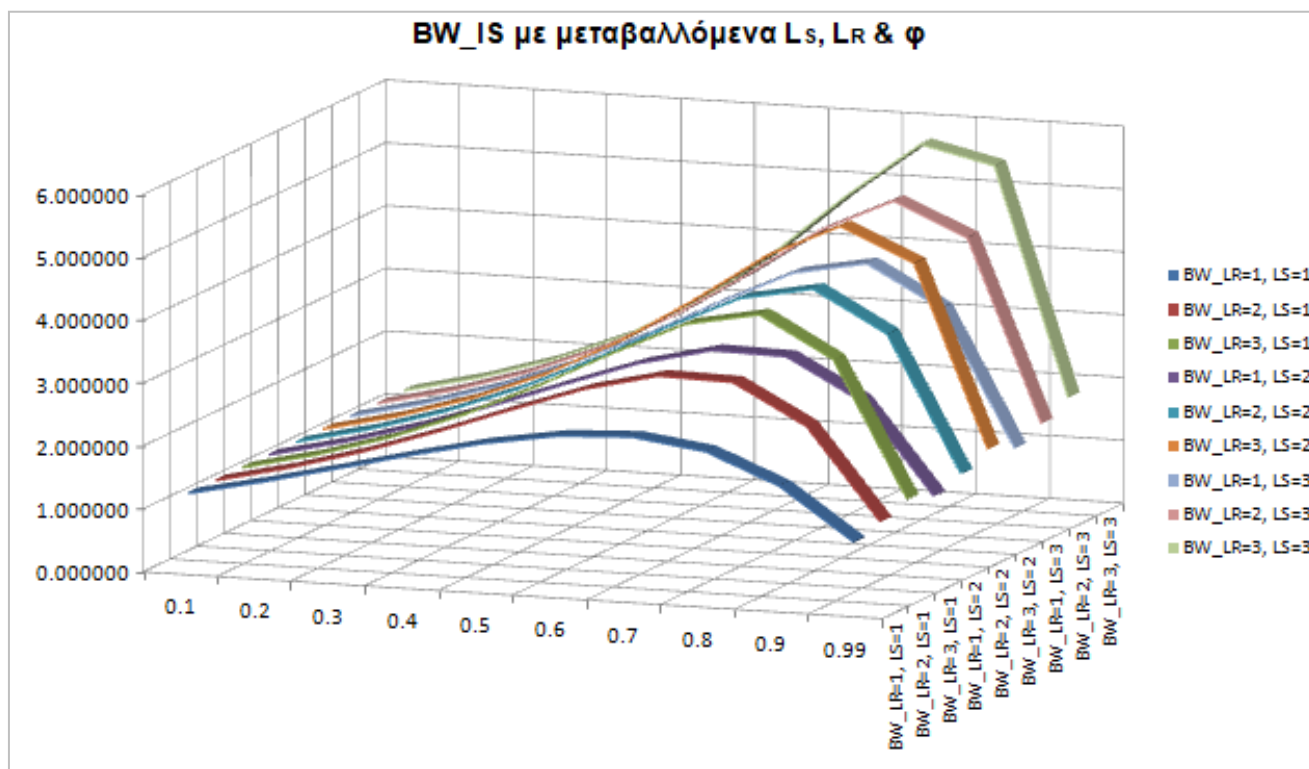
Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι γραφικές απεικονίσεις του φαινομένου bullwhip για τον Προμηθευτή στην κατηγορία της Πλήρης Κοινοποίησης Πληροφοριών για $L_R=1,2,3$ και $L_S=1,2,3$ για διαφορετικές τιμές του ϕ .

Διάγραμμα 5.2: Γραφική Παράσταση του λόγου Bullwhip ως συνάρτηση της παραμέτρου ϕ για τις διάφορες τιμές του χρόνου παράδοσης L_R και L_S



Πηγή: Excel (επεξεργασία ιδίου)

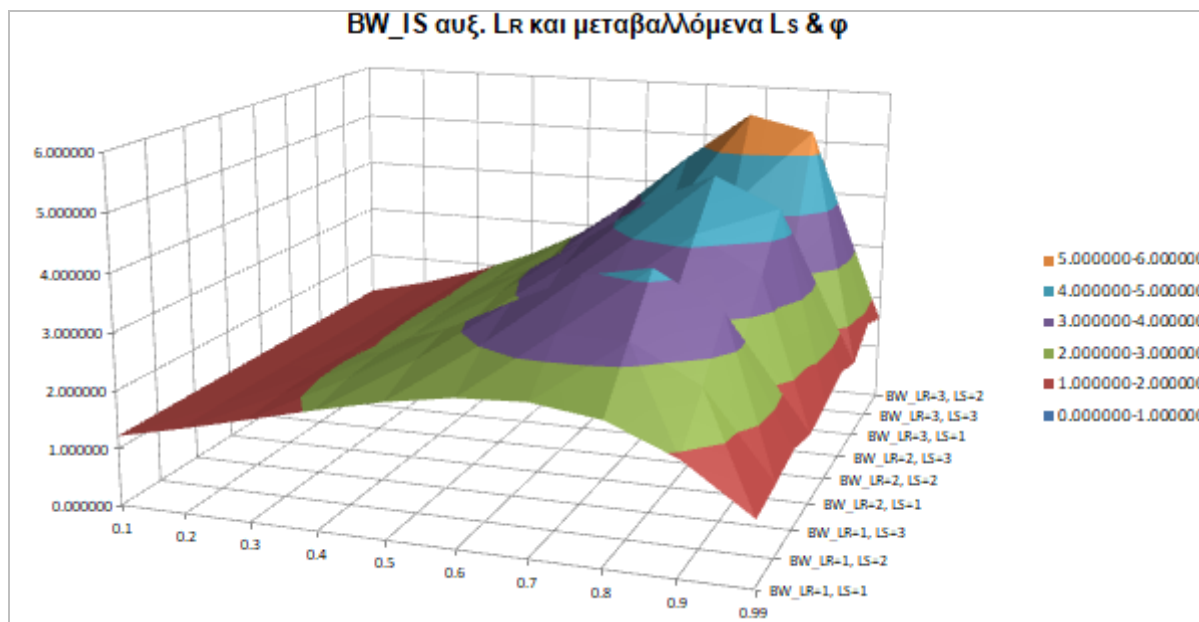
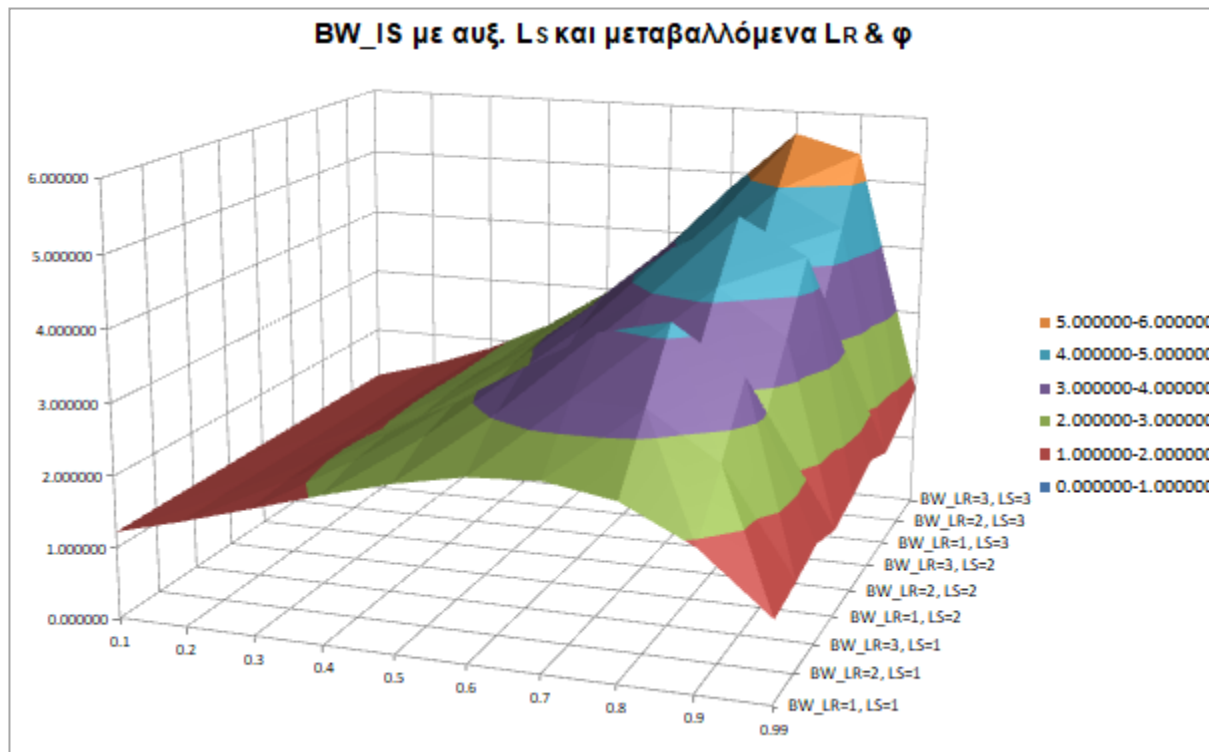
Διάγραμμα 5.3: Γραφική Παράσταση του λόγου Bullwhip ως συνάρτηση της παραμέτρου ϕ για τις διάφορες τιμές του χρόνου παράδοσης L_R και L_S



Πηγή: Excel (επεξεργασία ιδίου)

Το διάγραμμα 5.2 που εμφανίζεται παραπάνω, αν και παρόμοιο με το φαινόμενο bullwhip του Λιανοπωλητή παρατηρείται ότι από πρώτη όψη παρέχει τις ίδιες πληροφορίες με το προηγούμενο BW (με εξαίρεση την περίπτωση όπου μόνο όταν ισχύει $L_R=L_S=0$ το φαινόμενο BW δεν υφίσταται) αλλά υπάρχουν κάποια στοιχεία δεν εμφανίζονται καθόλου. Προχωρώντας στην δημιουργία του διαγράμματος 5.3 γίνεται αντιληπτό ότι πίσω από την απουσία κάποιων στοιχείων του διαγράμματος 5.2 υπάρχει ένα μοτίβο. Συγκεκριμένα γίνεται κατανοητό ότι το $BW(L_R=2, L_S=1) \Leftrightarrow BW(L_R=1, L_S=2)$, $BW(L_R=3, L_S=1) \Leftrightarrow BW(L_R=2, L_S=2) \Leftrightarrow BW(L_R=1, L_S=3)$ και $BW(L_R=3, L_S=2) \Leftrightarrow BW(L_R=2, L_S=3)$. Βάση της παραπάνω πληροφορίας προκύπτει το συμπέρασμα ότι αν υπάρχει ταυτόχρονη αυξομείωση κατά μία μονάδα των L_R και L_S ($L_R=+1$ και $L_S=-1$ ή $L_R=-1$ και $L_S=+1$) το BW που παραμένει σταθερό. Επιπλέον παρουσιάζονται παρακάτω δύο διαγράμματα του BW με την αύξηση του L_R και L_S αντίστοιχα, όπου η ανάλυση τους δείχνει ότι δεν υπάρχει διαφορά στο ρυθμό της μεταβλητότητα του BW.

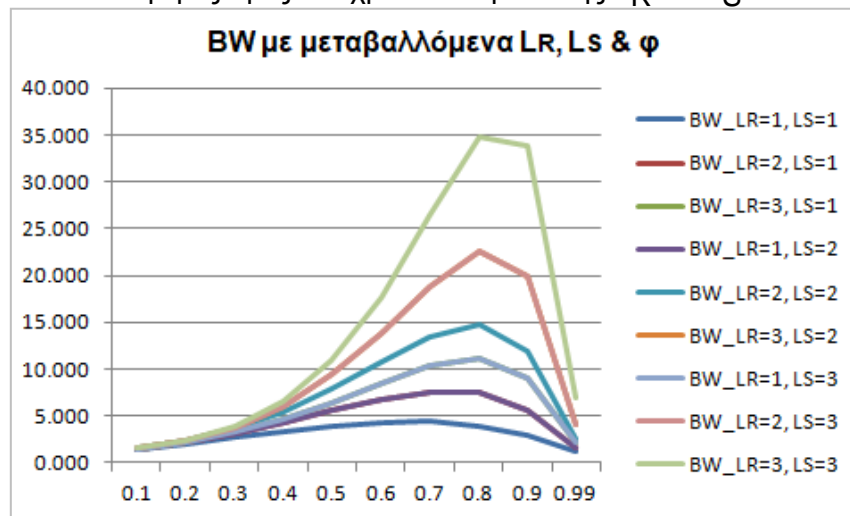
Διάγραμμα 5.4: Διάγραμμα του BW του Προμηθευτή της Πλήρης Κοινοποίησης Πληροφοριών



Πηγή: Excel (επεξεργασία ιδίου) 40

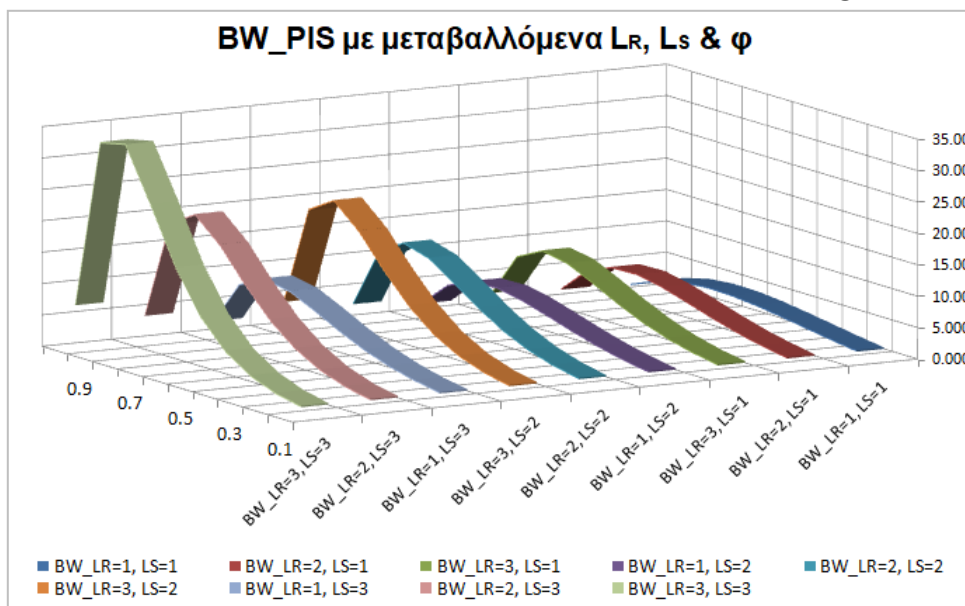
Προχωρώντας στην περίπτωση του BW της Μερικής Κοινοποίησης Πληροφοριών παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση των στοιχείων BW για διαφορετικά L_R και L_S στις τιμές του ϕ στα δυο σχετικά διαγράμματα. Αρχικά, το πρώτο διάγραμμα, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, παρουσιάζει ακριβώς τις ίδιες πληροφορίες που αναφέρθηκαν στο BW του Λιανοπωλητή, (με εξαίρεση την περίπτωση όπου μόνο όταν ισχύει $L_R=L_S=0$ το φαινόμενο BW δεν υφίσταται) αλλά και σε αυτή την περίπτωση κάποια στοιχεία δεν εμφανίζονται. Αντίθετα το δεύτερο διάγραμμα αποκαλύπτει την ύπαρξη ενός μοτίβου όπου ισχύει ότι: $BW(L_R=2, L_S=1) \Leftrightarrow BW(L_R=1, L_S=2)$, $BW(L_R=3, L_S=1) \Leftrightarrow BW(L_R=1, L_S=3)$ και $BW(L_R=3, L_S=2) \Leftrightarrow BW(L_R=2, L_S=3)$.

Διάγραμμα 5.5: Γραφική Παράσταση του λόγου Bullwhip ως συνάρτηση της παραμέτρου ϕ για τις διάφορες τιμές του χρόνου παράδοσης L_R και L_S



Πηγή: Excel
(επεξεργασία
ιδίου)

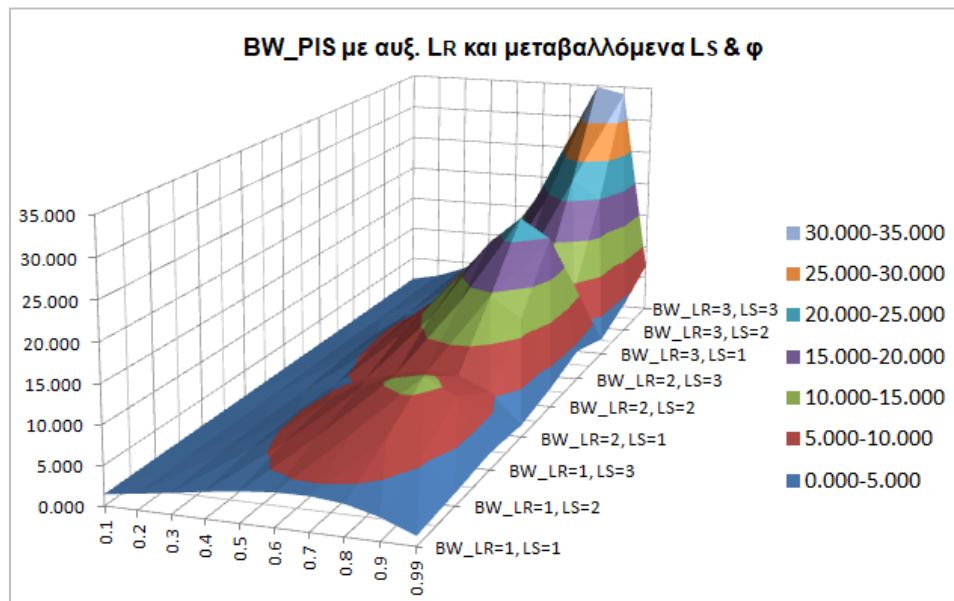
Διάγραμμα 5.6: Γραφική Παράσταση του λόγου Bullwhip ως συνάρτηση της παραμέτρου ϕ για τις διάφορες τιμές του χρόνου παράδοσης L_R και L_S



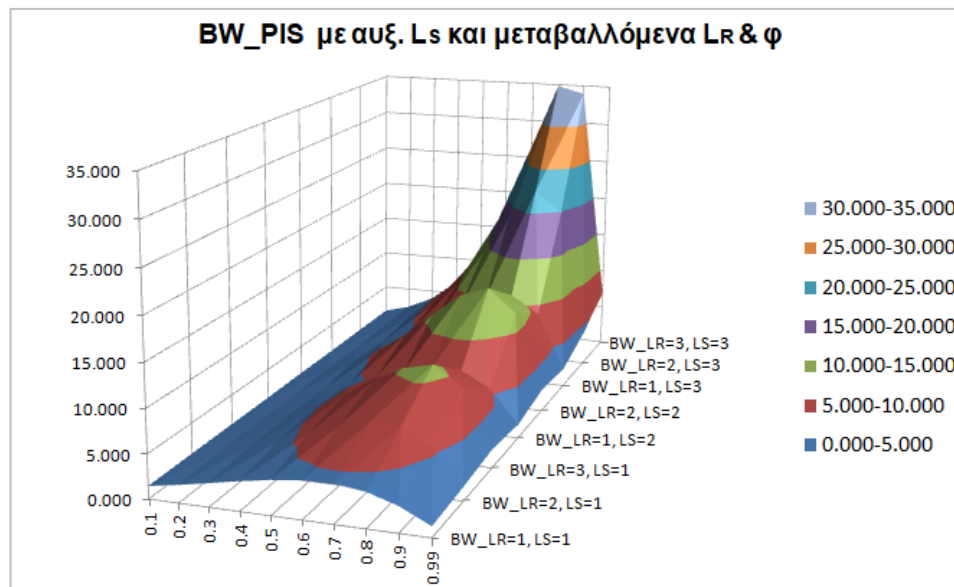
Πηγή: Excel
(επεξεργασία
ιδίου)

Βάση του μοτίβου που παρουσιάστηκε παραπάνω συμπεραίνεται ότι στην περίπτωση της αντιστροφής των μεγεθών ($L_R = x$ και $L_S = y < = > L_R = y$ και $L_S = x$, $x \neq y$) το BW παραμένει σταθερό. Συμπληρωματικά παρουσιάζονται τα διαγράμματα με την αύξηση του L_R και L_S αντίστοιχα, όπου λαμβάνεται γνώση ότι η αύξηση του L_R προκαλεί μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης στην μεταβλητότητα του BW.

Διάγραμμα 5.7: Διάγραμμα του BW του Προμηθευτή της Μερικής Κοινοποίησης Πληροφοριών



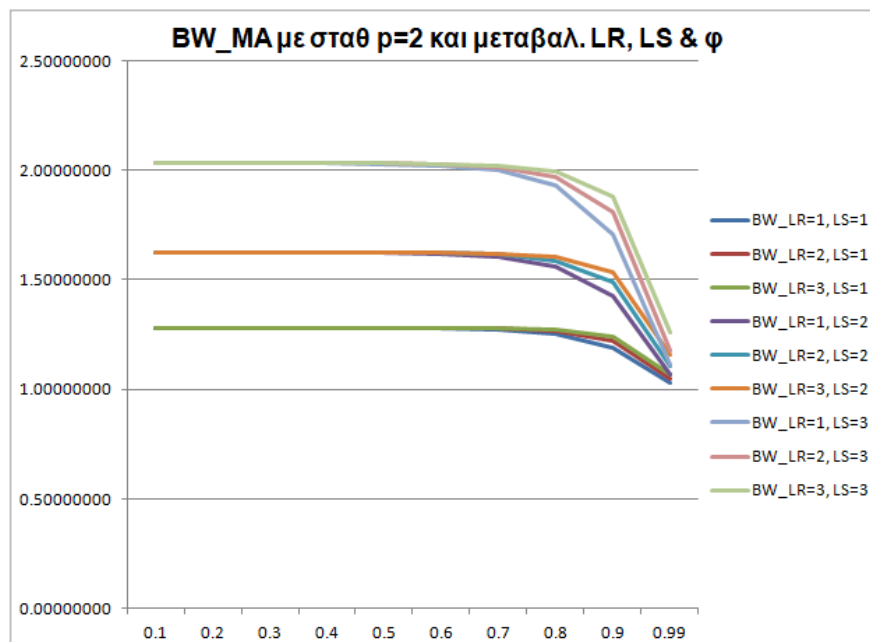
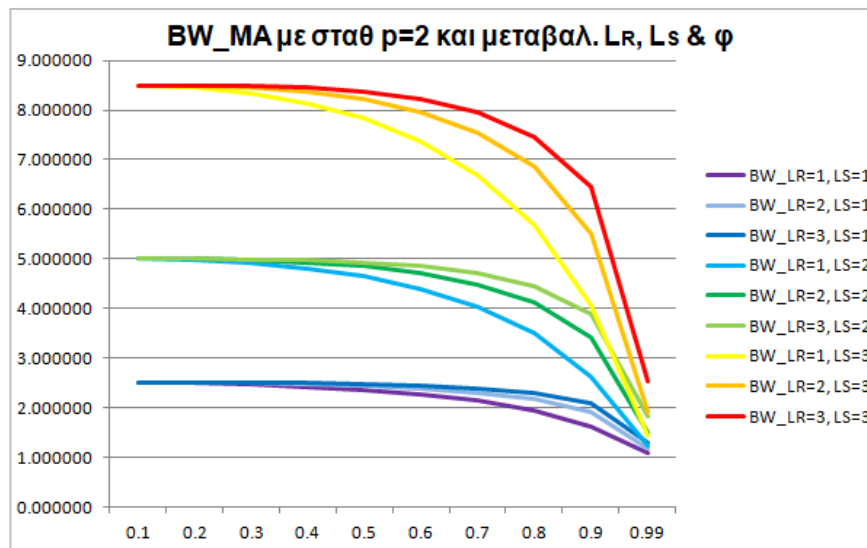
Πηγή: Excel (επεξεργασία ιδίου)



Πηγή: Excel (επεξεργασία ιδίου)

Τέλος στη περίπτωση της Μη Κοινοποίησης Πληροφοριών θα διερευνηθεί το φαινόμενο του bullwhip για $\rho=2$ και $\rho=8$, προκειμένου να φανερωθεί η επίδραση που προκαλείται από την ζήτηση καθώς γίνεται πιο ομαλή αυξάνοντας το ρ (Βλ. Παράρτημα: A4). Πρότερος γίνεται η γραφική απεικόνιση του Bullwhip ως συνάρτηση της ϕ για τις διάφορες τιμές του χρόνου παράδοσης L_R και L_S με $\rho=2$ και $\rho=8$. Συμπερασματικά προκύπτει ότι: 1) όταν ο χρόνος παράδοσης $L_S = 0$ το φαινόμενο Bullwhip δεν υφίσταται, 2) όσο οι τιμές ϕ αυξάνονται τόσο μεγαλύτερη μείωση του φαινομένου. 3) για τιμές του ϕ μεταξύ 0.8 και 0.99. το φαινόμενο Bullwhip μειώνεται με μεγάλο ρυθμό και 4) όσο μεγαλύτερος η παράμετρος ρ τόσο μεγαλύτερη η μείωση του φαινομένου bullwhip αντίστοιχα.

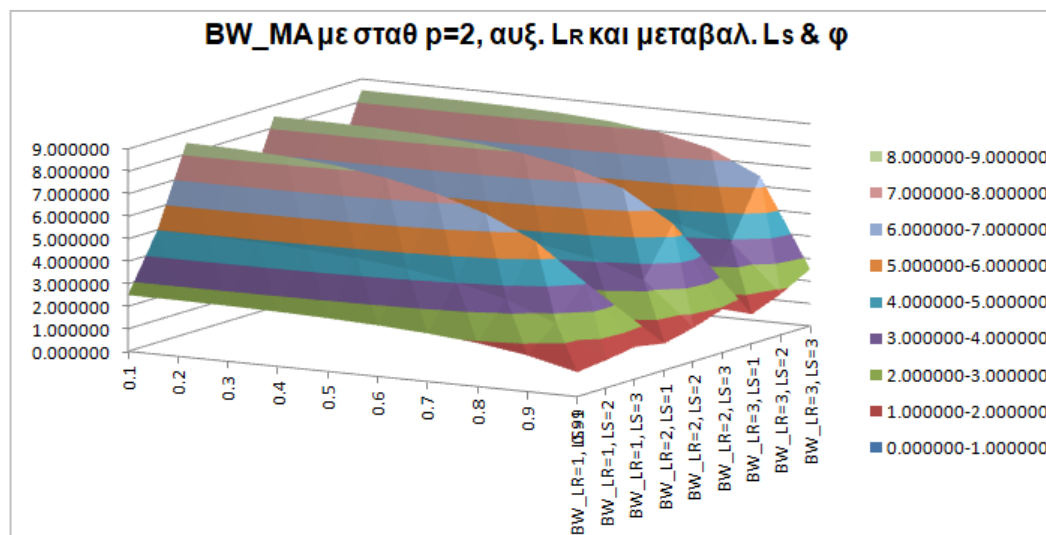
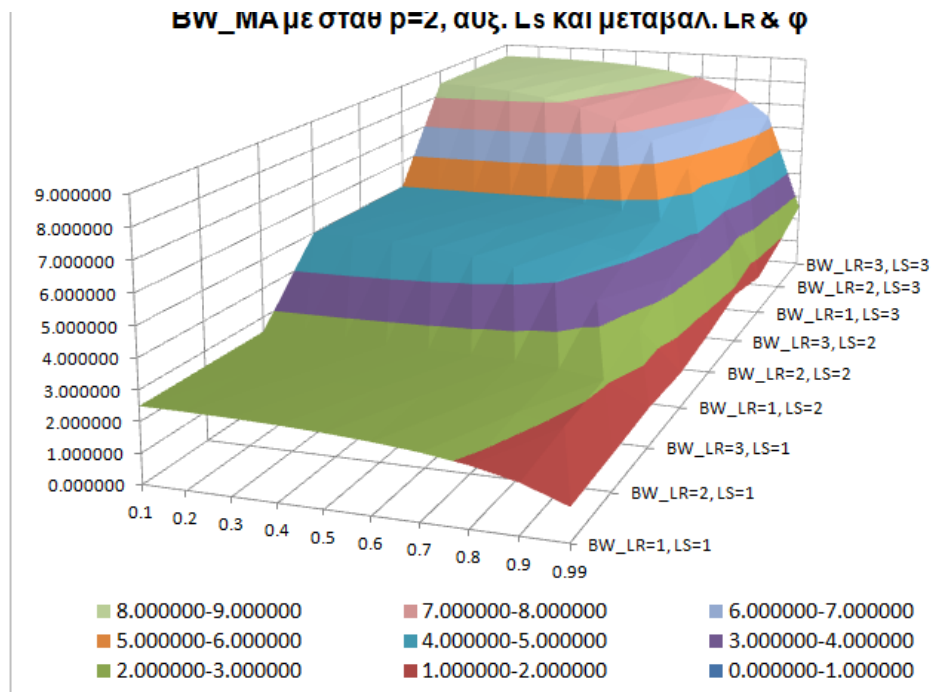
Διάγραμμα 5.8 & 5.9: Γραφική Παράσταση του λόγου Bullwhip με $\rho=2$ & $\rho=8$ ως συνάρτηση της παραμέτρου ϕ για τις διάφορες τιμές του χρόνου παράδοσης L_R και L_S

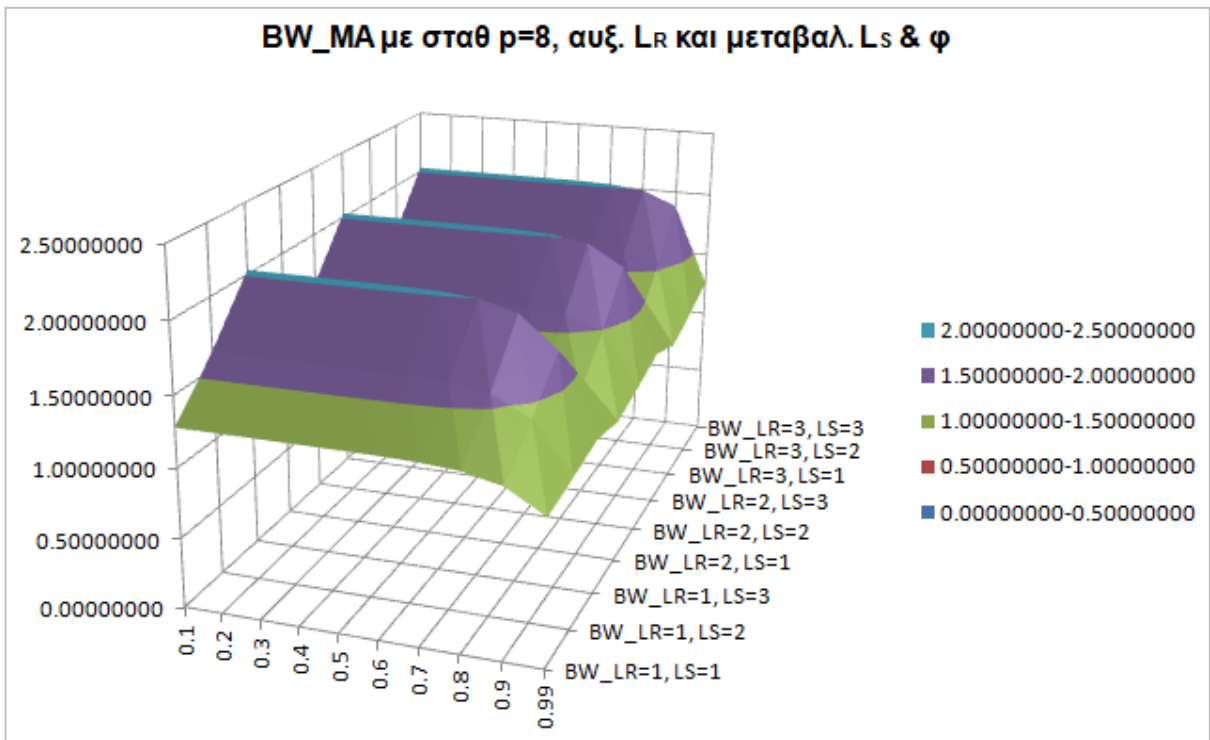
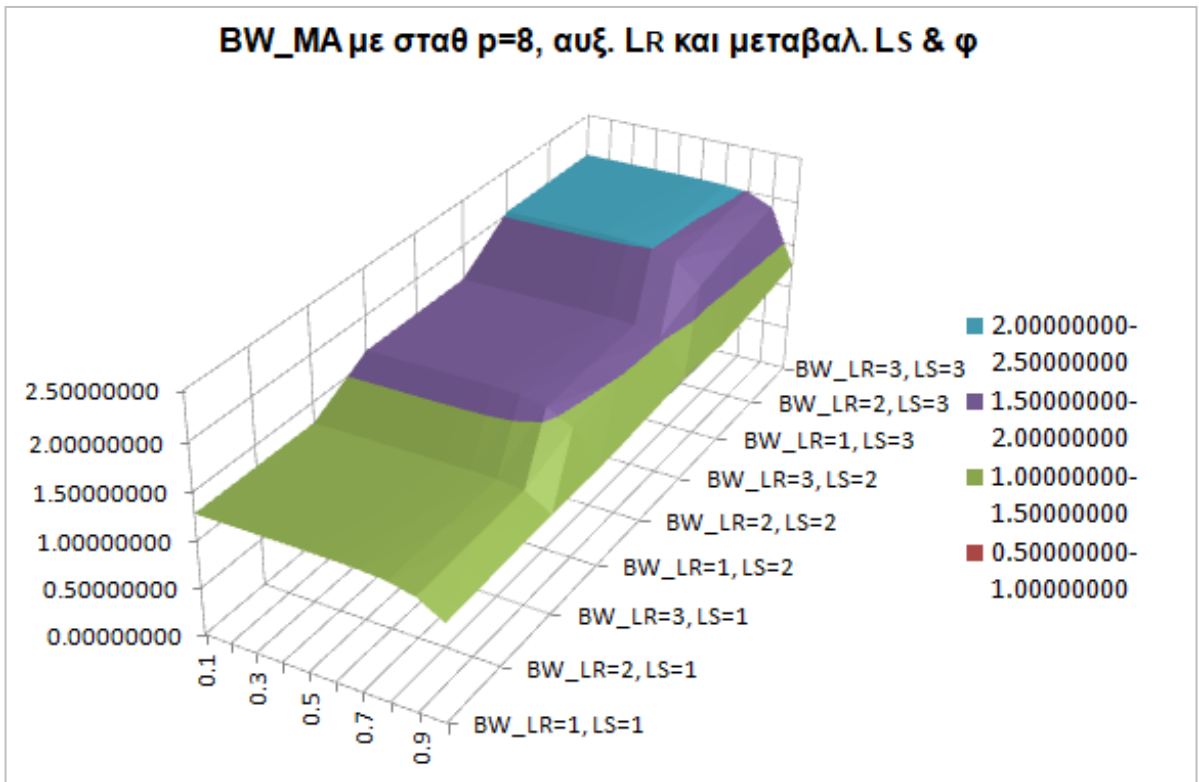


Πηγή: Excel
(επεξεργασία
ιδίου)

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί ότι το BW του προμηθευτή της Μη Κοινοποίησης Πληροφοριών για ϕ κοντά στην μονάδα και $\rho=8$ είναι μικρότερο από το BW του Λιανοπωλητή. Τέλος παρουσιάζεται δύο διαγράμματα με τις μεταβολές του BW του Προμηθευτή για τις διαφορετικές τιμές των παραμέτρων L_R και L_S , αντίστοιχα στις διαφορετικές τιμές του ϕ για $\rho=2$ και για $\rho=8$. Συμπερασματικά των διαγραμμάτων προκύπτει ότι μια μεταβολή του L_S έχει μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολή στο BW από μια μεταβολή του L_R .

Διάγραμμα 5.10: Διάγραμμα του BW του Προμηθευτή της Μη Κοινοποίησης Πληροφοριών με $\rho=2$ & $\rho=8$





Πηγή: Excel (επεξεργασία ιδίου)

Κεφάλαιο 6^ο: Συμπέρασμα και Περιθώρια Έρευνας

Η Εφοδιαστική Αλυσίδα (ΕΑ) από μόνη της αποτελεί κέντρο συζητήσεων για την επιστημονική κοινότητα για τις τελευταίες δεκαετίες. Πολλοί ερευνητές έχουν δώσει την δικιά τους ορολογία πάνω στο θέμα. Στόχος της είναι η εξισορρόπηση της ζήτησης και της προσφοράς ανάμεσα στα μέλη της προκειμένου να ωφεληθούν. Ένα από τα θέματα που απασχολεί συχνά την χώρο αυτό αποτελεί η Ανταλλαγή της Πληροφόρησης, εξαιτίας των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν τόσο μεταξύ επιχειρήσεων όσο και της ΕΑ.

Στην παρόν εργασία μελετήθηκε μια Εφοδιαστική Αλυσίδα δύο σταδίων η οποία ακολουθεί ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα πρώτης τάξης AR(1), έχοντας ως υπόθεση ότι $\phi=0.5$, $\delta=20$, $\eta_R=\eta_S=0.95$, με $\mu=100$, $\sigma^2=225$ και ακολουθεί κανονική κατανομή. Επίσης τα σφάλματα των παρατηρήσεων ακολουθούν κανονική κατανομή με μέσο 0 και διακύμανση 81. Πρέπει να σημειωθεί ότι η δημιουργία του δείγματος των 101 παρατηρήσεων έγινε μέσω της γεννήτριας τυχαίων αριθμών του EXCEL έχοντας ως δεδομένα τις παραπάνω παραμέτρους. Επιπρόσθετα θεωρούνται τρεις διαφορετικοί χρόνοι παράδοσης για τον Λιανοπωλητή και τον Προμηθευτή.

Αρχικά έχοντας αναφερθεί στους τύπους που θα χρησιμοποιηθούν από την παρόν εργασία στα κεφάλαια 3 και 4, το επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζει το φαινόμενο του bullwhip (BW) για τον λιανοπωλητή και τον Προμηθευτή. Η πρώτη εικόνα των αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους του υποδείγματος δείχνει ότι το BW του Λιανοπωλητή είναι μικρότερο του BW του Προμηθευτή. Επιπλέον όσο αφορά τις περιπτώσεις του Προμηθευτή παρατηρήθηκε η παρακάτω σχέση:

BW Πλήρως Κοιν. Πληροφ.< BW Μη Κοιν. Πληροφ .< BW Μερικής Κοιν. Πληροφ
Προχωρώντας της ανάλυση ένα βήμα πιο πέρα, υπολογίστηκε το BW με μεταβαλλόμενα τις παραμέτρους L_R , L_S , ϕ και ρ για τον Λιανοπωλητή και τον Προμηθευτή. Αναλυτικότερα το φαινόμενο bullwhip του Λιανοπωλητή μεταβάλλοντας το L_R για διάφορες τιμές του διαπιστώθηκε ότι για $L_R =0$ δεν υφίσταται το BW, για τιμές του ϕ από 0.5-0.8 το BW παρουσιάζει μεγάλη αύξηση ενώ αντίθετα για τις τιμές του ϕ από 0.8-0.99 το BW μειώνεται δραματικά. Από την άλλη πλευρά το BW του Προμηθευτή επηρεάζεται και από το L_S . Για την περίπτωση της Πλήρους Ανταλλαγής Πληροφόρησης (FIS) διαπιστώνεται ότι το BW παρουσιάζει τα ίδια συμπεράσματα με εξαίρεση ότι χρειάζεται $L_S = L_R =0$ για να μην υφίσταται. Παράλληλα παρατηρήθηκε ότι μεταβάλλοντας το L_S & L_R κάποια BW για διαφορετικές τιμές του ϕ δεν εμφανίζονταν. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι όταν υπάρχει ταυτόχρονη αυξομείωση των χρόνων παράδοσης του Λιανοπωλητή και του Προμηθευτή το BW παραμένει σταθερό. Όσο αφορά σε μεμονωμένη

αλλαγές του L_S ή του L_R διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει διαφορά στον ρυθμό της μεταβλητότητας του BW. Για την περίπτωση της Μερικής Ανταλλαγής Πληροφόρησης (PIS) διαπιστώθηκαν όμοια πάλι συμπεράσματα με το BW του Λιανοπωλητή. Εξάιρεση αποτελεί η περίπτωση όπου $L_S=0$ τότε το BW με PIS δεν υφίσταται. Φυσικά και σε αυτήν την περίπτωση διακρίνεται ένα μοτίβο, αφού και εδώ κάποια BW δεν εμφανίζονται καθώς μεταβάλλεται το L_S και το L_R . Το μοτίβο που παρατηρήθηκε αναφέρει ότι όταν οι τιμές των χρόνων παράδοσης του Λιανοπωλητή και του Προμηθευτή αντιστρέφονται αλλά δεν είναι ίσα μεταξύ τους, το BW παραμένει σταθερό. Όσο αφορά σε μεμονωμένα αυξήσεις του L_S ή του L_R διαπιστώθηκε ότι το L_S αυξάνει το BW πιο απότομα από ότι το L_R . Για την περίπτωση της Μη Ανταλλαγής Πληροφόρησης (NIS) διαπιστώθηκε, αρχικά ότι για $L_S=0$ τότε το BW δεν υφίσταται, για μεγαλύτερες τιμές του ϕ το BW αντιμετωπίζει όλο και μεγαλύτερη μείωση, αφού για τιμές του ϕ από 0.8 - 0.99 το BW μειώνεται δραστικά. Επιπλέον να σημειωθεί ότι για μεγαλύτερες τιμές του ρ παρατηρείται ότι το BW μειώνεται. Τέλος στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο παρόν έγγραφο για την περίπτωση του NIS διαπιστώθηκε επιπλέον ότι

1. για μεγαλύτερες τιμές του ρ ($\rho=8$) και για τιμές του ϕ κοντά στην μονάδα, το BW του Προμηθευτή με NIS είναι μικρότερο από το BW του Λιανοπωλητή.
2. για μεταβολές του L_S , το BW μεταβάλλεται με μεγάλο ρυθμό σε σχέση με τις μεταβολές που θα προκαλούσε του L_R .

Εν κατακλείδα θα πρέπει να τονιστεί η πεποίθηση της δημιουργίας πιο ρεαλιστικών και πολυπλοκότερων μοντέλων. Αντικείμενο σε μελλοντική έρευνα ως συνέχεια του παρόν εγγράφου θα μπορούσε να αποτελέσει μια αλυσίδα εφοδιασμού πολλαπλών σταδίων, η χρήση πρόβλεψης διπλοί ΚΜΟ ή και τα δυο. Φυσικά θα μπορούσε να γίνει σύγκριση της παρόν εργασίας που χρησιμοποιεί ΚΜΟ στον Προμηθευτή για την περίπτωση του NIS με τα αποτελέσματα που θα υπήρχαν αν χρησιμοποιούνταν μια εκθετική εξομάλυνση (ES) στην θέση της καθώς η εκθετική εξομάλυνση αποτελεί μια από τις προτιμητέες μεθόδους από τους επαγγελματίες του χώρου. Επιπλέον αντικείμενο μελλοντικής έρευνας θα μπορούσε να αποτελέσει με βάση την παρόν εργασία : α) η επίδραση της συσχέτισης μεταξύ του χρόνου παράδοσης και του μεγέθους της παραγγελίας, β) το πώς επηρεάζεται οι παράμετροι β , β_1 , β_2 , και θ και γ) ποια τα αποτελέσματα αν άλλαζε η πολιτική αναπλήρωσης π.χ. πολιτική συνεχούς επιθεώρησης (s,S και s,Q) ή περιοδικής επιθεώρησης (R,D και r,q).

Πηγές

- 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. (2012). On the effect of non-optimal forecasting methods on supply chain downstream demand. *IMA Journal of Management Mathematics*, 23(1), 81-98.
- Anderson O.D. (1975), Moving Average Processes. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*, Vol. 24, No. 4 (Dec., 1975), pp. 283-297
- 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.
- Aviv Y, Federgruen A (1998) The operational benefits of information sharing and vendor managed inventory (VMI) programs. Working paper, The John M. Olin School of Business, Washington University
- 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,
- Bernstein F, Chen F, Federgruen A (2006) Coordinating supply chains with simple pricingschemes: the role of vendor-managed inventories. *Manag Sci* 52(10):1483–1492
- Blackwell, R. D. and K. Blackwell (1999). 'The Century of the Consumer:Converting Supply Chains into Demand Chains' *Supply Chain Management Review*
- Cetinkaya, S., & Lee, C. Y. (2000). Stock replenishment and shipment scheduling for vendor-managed inventory systems. *Management Science*, 46(2), 217-232.
- 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.
- Chen F (1998) Echelon reorder points, installation reorder points, and the value of centralized demand information. *Manag Sci* 44(12):S221–S234

- Chen, F., Ryan, J. K., & Simchi-Levi, D. (2000). The impact of exponential smoothing forecasts on the bullwhip effect. *Naval Research Logistics (NRL)*, 47(4), 269-286
- Choi, H. C. P. (2010). Information sharing in supply chain management: a literature review on analytical research. *California Journal of Operations Management*, 8(1), 110-116
- Clark TH, McKenney JL (1994) Campbell Soup Company: a leader in continuous replenishment innovations. Harvard Business School Case #195124. Harvard Business School, Harvard University, Cambridge, 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
- Drakou, E. G., Liqueste, C., Kermagoret, C., & Beaumont, N. (2016, September). Informing marine and coastal policy using ecosystem service assessments: evidence from real world applications. In *Helping nature to help us: European ecosystem services conference*.
- Duc, T. T. H., Luong, H. T., & Kim, Y.-D. (2008). *A measure of bullwhip effect in supply chains with a mixed autoregressive-moving average demand process*. *European Journal of Operational Research*, 187(1), 243–256. doi:10.1016/j.ejor.2007.03.008
- ECR Europe (1997) Category management best practices report. ECR Europe
- Fiddis C (1997) Manufacturer–retailer relationships in the food and drink industry: strategies and tactics in the battle for power. FT Management Report. Financial Times Retail & Consumer Publishing, London
- Fisher, M., & Raman, A. (1996). Reducing the Cost of Demand Uncertainty Through Accurate Response to Early Sales. *Operations Research*, 44(1), 87–99
- 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
- Fry MJ, Kapuscinski R, Olsen TL (2001) Coordinating production and delivery under a (z, Z)-type vendor-managed inventory contract. *Manuf Serv Oper Manag* 3(2):151–173
- Gavirneni S, Kapuscinski R, Tayur S (1999) Value of information in capacitated supply chains. *Manag Sci* 45(1):16–24

- Gaur V, Giloni A, Seshadri S (2005) Information sharing in a supply chain under ARMA demand. *Manag Sci* 51(6):961–969
- Ha, A. Y., & Tang, C. S. (2017). *Handbook of information exchange in supply chain management*. Springer.
- Halkos, G. E., Kevork, I. S. (2003). Confidence intervals in stationary autocorrelated time series. *Archives of Economic History*, Volume XV, No 2, pp. 31-51
- Halkos, G. E., Kevork, I. S. (2006). Estimating population means in covariance stationary processes. *Paper presented in the International Conference in Consolidation of the statistical systems of EU Candidate Countries, University of Thessaly, Volos, Conference Proceedings*, 179-190,
- Hammond J (1994) Barilla SpA (A) and (B). Harvard Business School Case #694046. Harvard Business School, Harvard University, Cambridge, MA
- 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
- Khosroshahi, H., Husseini, S. M. M., & Marjani, M. R. (2016). *The bullwhip effect in a 3-stage supply chain considering multiple retailers using a moving average method for demand forecasting. Applied Mathematical Modelling*, 40(21-22), 8934–8951.
- KJR Consulting (2002) CPFR baseline study: manufacturer profile. Grocery Manufacturers of America, Washington, DC
- Kurtuluş, M. (2017). Collaborative Forecasting in Retail Supply Chains. In *Handbook of Information Exchange in Supply Chain Management* (pp. 39-61). Springer, Cham.
- Lambert, D. M. and M. C. Cooper (2000). 'Issues in Supply Chain Management' *Industrial Marketing Management* Vol 29 No 1 pp 65-83
- 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.
- Li, L., & Zhang, H. (2008). Confidentiality and information sharing in supply chain coordination. *Management science*, 54(8), 1467-1481.

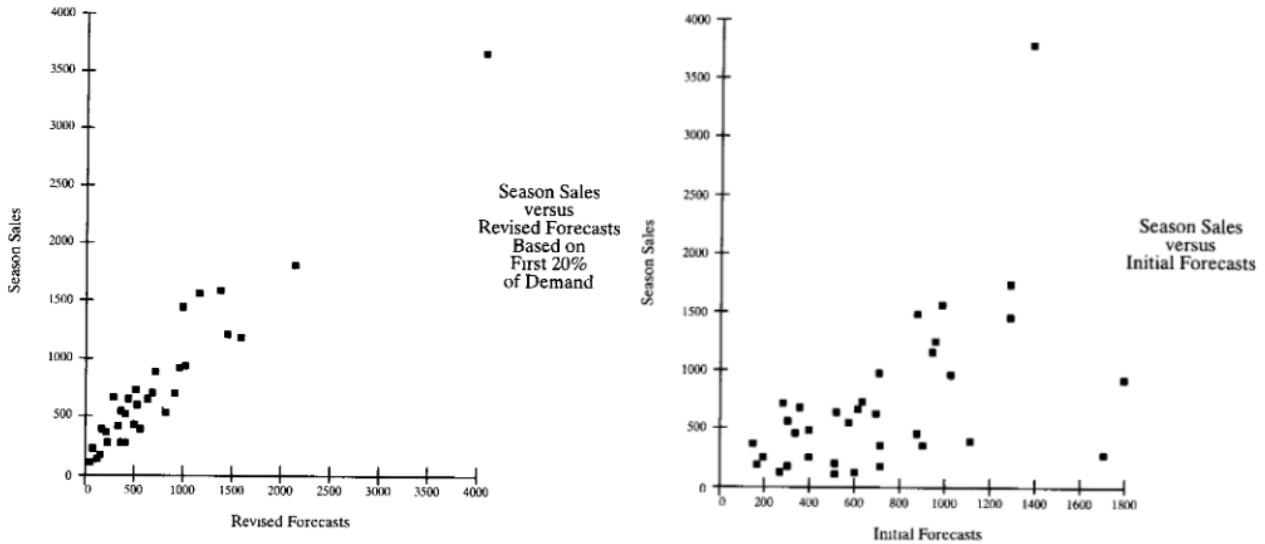
- LIU, H., & WANG, P. (2007). *Bullwhip Effect Analysis in Supply Chain for Demand Forecasting Technology. Systems Engineering - Theory & Practice*, 27(7), 26–33.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (2008). *Forecasting methods and applications*. John Wiley & sons.
- Mathews, R. (1995). Spartan pulls the plug on VMI. *Progressive Grocer*, 74(11), 64-65.
- Michna, Z., & Nielsen, P. (2013). The impact of lead time forecasting on the bullwhip effect. *arXiv preprint arXiv:1309.7374*.
- Montgomery, Douglas C., Cheryl L. Jennings, and Murat Kulahci (2015). *Introduction to time series analysis and forecasting*. John Wiley & Sons,
- Ren, Z. J. (2017). Empirical studies in information sharing. In *Handbook of Information Exchange in Supply Chain Management* (pp. 27-38). Springer, C
- Roadmap, C. P. F. R. (1999). Roadmap to CPFR: The Case Studies.
- 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
- Seifert, D. (2003). *Collaborative planning, forecasting, and replenishment: How to create a supply chain advantage*. AMACOM Div American Mgmt Assn.
- Sheffi, Y. (2002, October). The value of CPFR. In Proceedings of RIRL Conference, Lisboa
- Stein, T., & Sweat, J. (1998). Killer supply chains. *Information week*, 708(9), 36-46.
- Thomopoulos, N. T. (2015). Demand forecasting for inventory control. In *Demand forecasting for inventory control* (pp. 1-10). Springer, Cham.
- Syntetos, Aris A., et al. "Supply chain forecasting: Theory, practice, their gap and the future." *European Journal of Operational Research* 252.1 (2016): 1-26.
- Wang, C. (2008). *Quantitative Analysis on the Bullwhip Effect in a Supply Chain Using Double Moving Average and Double Exponential Smoothing Forecasts*. 2008 *International Symposiums on Information Processing*.
- Wang, X., & Disney, S. M. (2016). The bullwhip effect: Progress, trends and directions. *European Journal of Operational Research*, 250(3), 691-701.

- Zhang, X. (2004). The impact of forecasting methods on the bullwhip effect. *International journal of production economics*, 88(1), 15-27.
- Zhou H, Benton WC (2007) Supply chain practice and information sharing. *J Oper Manag* 25(6):1348–1365
- Μαλλιάρος, Ε. Χ. Δ. (2019). *Το σενάριο ανταλλαγής πληροφόρησης σε εφοδιαστικές αλυσίδες δύο σταδίων: εκτιμήσεις και αξιολόγηση* (Master's thesis).
- Κεβόρκ Η. (2019), *Μάθημα: Οικονομική των Μεταφορών*, “Τίτλος Σημειώσεων: ΕΝΑ ΜΙΚΡΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ: ΔΥΟ ΣΤΑΔΙΩΝ ΜΕ ΑΥΤΟΣΥΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΗ ΖΗΤΗΣΗ”, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 4^ο έτος
- Κεβόρκ Η. (2020), *Μάθημα: Εφοδιαστική Αλυσίδα*, “Τίτλος Σημειώσεων: 5. ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ – ΖΗΤΗΣΗ ΚΑΝΟΝΙΚΑ ΚΑΤΑΝΕΜΟΜΕΝΗ” Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ΜΠΣ: Εφαρμοσμένη Οικονομική

Παράρτημα

Παράρτημα Α

Η παρατήρηση ενός μέρους της ζήτησης βελτιώνει την ακρίβεια των προβλέψεων.



Πηγή : Fisher and Raman;1996

Παράρτημα Α1

Έχοντας την εξέλιξη των παραγγελιών που δίνει ο Λιανοπωλητής

$$q_t = \left(\frac{1 - \rho^{L_{R+1}}}{1 - \rho} \right) d_t - \rho \left(\frac{1 - \rho^{L_R}}{1 - \rho} \right) d_{t-1}$$

η διακύμανση του διαμορφώνεται ως εξής:

$$Var(q_t) = \left(\frac{1 - \rho^{L_{R+1}}}{1 - \rho} \right)^2 Var(d_t) + \rho^2 \left(\frac{1 - \rho^{L_R}}{1 - \rho} \right)^2 Var(d_{t-1}) - 2 \left(\frac{1 - \rho^{L_{R+1}}}{1 - \rho} \right) \rho \left(\frac{1 - \rho^{L_R}}{1 - \rho} \right) Cov(d_t, d_{t-1})$$

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1) και (2) :

$$Var(q_t) = \left(\frac{1 - \rho^{L_{R+1}}}{1 - \rho} \right)^2 \gamma_o + \rho^2 \left(\frac{1 - \rho^{L_R}}{1 - \rho} \right)^2 \gamma_o - 2 \left(\frac{1 - \rho^{L_{R+1}}}{1 - \rho} \right) \rho^2 \left(\frac{1 - \rho^{L_R}}{1 - \rho} \right) \gamma_o =$$

$$= \gamma_o \left\{ \left(\frac{1 - \rho^{L_{R+1}}}{1 - \rho} \right)^2 + \rho^2 \left(\frac{1 - \rho^{L_R}}{1 - \rho} \right)^2 - 2 \left(\frac{1 - \rho^{L_{R+1}}}{1 - \rho} \right) \rho^2 \left(\frac{1 - \rho^{L_R}}{1 - \rho} \right) \right\} =$$

Στην παράσταση εντός της αγκύλης προσθέτω και αφαιρώ τον όρο $2\rho \left(\frac{1 - \rho^{L_R}}{1 - \rho} \right) \left(\frac{1 - \rho^{L_{R+1}}}{1 - \rho} \right)$

$$\begin{aligned}
\text{Var}(q_t) &= \gamma_o \left\{ \left(\frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} \right)^2 + \rho^2 \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right)^2 + 2\rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) \left(\frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} \right) - 2\rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) \left(\frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} \right) - \right. \\
&21-\rho L_R + 11-\rho \rho 21-\rho L_R 1-\rho = \\
&= \gamma_o \left\{ \left(\frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} - \rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) \right)^2 + 2\rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) \left(\frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} \right) (1-\rho) \right\} = \\
&= \gamma_o \left\{ 1 + 2\rho \left(\frac{(1-\rho^{L_R})(1-\rho^{L_{R+1}})}{1-\rho} \right) \right\}
\end{aligned}$$

Παράρτημα Α2

$$\begin{aligned}
q_t &= \left(\frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} \right) d_t - \rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) d_{t-1} = \\
&= \left(\frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} \right) (M + \rho * d_{t-1} + \varepsilon_t) - \rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) (M + \rho * d_{t-2} + \varepsilon_{t-1}) = \\
&= M \left(\frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} - \rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) \right) + \rho \frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} d_{t-1} + \frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} \varepsilon_t - \rho^2 \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) d_{t-2} \\
&\quad - \rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) \varepsilon_{t-1} = \\
&= M + \rho \left(\frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} d_{t-1} - \rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) d_{t-2} \right) + \frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} \varepsilon_t - \rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) \varepsilon_{t-1} = \\
&= M + \rho(q_{t-1}) + \frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} \varepsilon_t - \rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) \varepsilon_{t-1}
\end{aligned}$$

Άρα $q_t^R = M + \rho q_{t-1}^{(R)} + v_t + \theta v_{t-1}$

όπου :

$$v_t = \frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} \varepsilon_t$$

ενώ το θ προσδιορίζεται από την εξίσωση

$$\theta v_{t-1} = -\rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) \varepsilon_{t-1} \Rightarrow \theta \frac{1-\rho^{L_{R+1}}}{1-\rho} \varepsilon_{t-1} = -\rho \left(\frac{1-\rho^{L_R}}{1-\rho} \right) \varepsilon_{t-1} \Rightarrow \theta = \frac{-\rho(1-\rho^{L_R})}{1-\rho^{L_{R+1}}}$$

Παράρτημα Α3

Για $m = 1$: $q_{t+1} = \delta + \phi q_t + v_{t+1} + \theta v_t$

Για $m = 2$: $q_{t+2} = \delta + \phi q_{t+1} + v_{t+2} + \theta v_{t+1} = \delta + \phi(\delta + \phi q_t + v_{t+1} + \theta v_t) + v_{t+2} + \theta v_{t+1} =$
 $\delta + \phi\delta + \phi^2 q_t + \phi v_{t+1} + \phi\theta v_t + v_{t+2} + \theta v_{t+1}$

$$\begin{aligned}
\text{Για } m = 3 : q_{t+3} &= \delta + \phi q_{t+2} + v_{t+3} + \theta v_{t+2} = \\
&= \delta + \phi(\delta + \phi\delta + \phi^2 q_t + \phi v_{t+1} + \phi\theta v_t + v_{t+2} + \theta v_{t+1}) + v_{t+3} + \theta v_{t+2} = \\
&= \delta + \phi\delta + \phi^2\delta + \phi^3 q_t + \phi^2 v_{t+1} + \phi^2\theta v_t + \phi v_{t+2} + \phi\theta v_{t+1} + v_{t+3} + \theta v_{t+2} = \\
&= \delta(1 + \phi + \phi^2) + \phi^3 q_t + \{\phi^2 v_{t+1} + \phi v_{t+2} + v_{t+3}\} + \theta\{\phi^2 v_t + \phi v_{t+1} + v_{t+2}\}
\end{aligned}$$

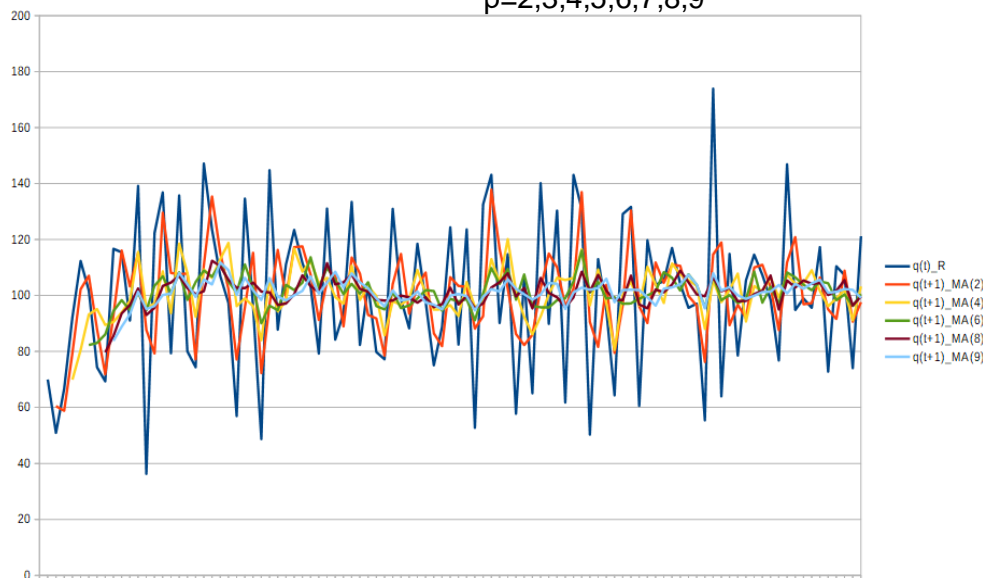
Για $t+m$ ο τύπος γίνεται:

$$\begin{aligned}
q_{t+m} &= \delta(1 + \phi + \phi^2 + \dots + \phi^{m-1}) + \phi^m q_t + \\
&+ \{\phi^{m-1} v_{t+1} + \phi^{m-2} v_{t+2} + \phi^{m-3} v_{t+3} + \dots + \phi^2 v_{t+m-2} + \phi v_{t+m-1} + v_{t+m}\} + \\
&+ \theta\{\phi^{m-1} v_t + \phi^{m-2} v_{t+1} + \phi^{m-3} v_{t+2} + \dots + \phi v_{t+m-2} + v_{t+m-1}\} \\
&= \delta(1 + \phi + \phi^2 + \dots + \phi^{m-1}) + \phi^m q_t + \theta\phi^{m-1} v_t + \\
&+ \phi\{\phi^{m-2} v_{t+1} + \phi^{m-3} v_{t+2} + \phi^{m-4} v_{t+3} + \dots + \phi v_{t+m-2} + v_{t+m-1}\} + \\
&+ \theta\{\phi^{m-2} v_{t+1} + \phi^{m-3} v_{t+2} + \dots + \phi v_{t+m-2} + v_{t+m-1}\} + v_{t+m} = \\
&= \delta(1 + \phi + \phi^2 + \dots + \phi^{m-1}) + \phi^m q_t + \theta\phi^{m-1} v_t + (\phi + \theta) \sum_{j=1}^{m-1} \phi^{m-j-1} v_{t+j} + v_{t+m} = \\
&= q_{t+m} = \delta \left(\frac{1 - \phi^m}{1 - \phi} \right) + \phi^m q_t + \theta\phi^{m-1} v_t + \left[(\phi + \theta) \sum_{j=1}^{m-1} \phi^{m-j-1} v_{t+j} \right] + v_{t+m}
\end{aligned}$$

Παράρτημα Α4

Το παρόν διάγραμμα απεικονίζει την σύγκριση της εξέλιξης της παραγγελίας του Λιανοπωλητή με τις προβλέψεις παραγγελιών του Προμηθευτή για p από 2 μέχρι 9. Γίνεται φανερό ότι οι προβλέψεις των παραγγελιών γίνονται πιο ομαλή καθώς αυξάνεται το p . Το εύρος του p που λαμβάνεται είναι τυχαίο. Σε μελλοντικές έρευνες θα χρησιμοποιηθούν ακόμα πιο μεγαλύτερα p πχ 10,15,20,25 κτλ προκειμένου να αποτυπωθεί αν πόσο αλλάζει το φαινόμενο bullwhip και πως επιδρά με τις άλλες παραμέτρους.

Διάγραμμα Α4.1: Γραφική απεικόνιση του q_t^R VS των προβλεψεων παραγγελιών Προμηθευτή για $p=2,3,4,5,6,7,8,9$



Πηγή: Excel
(επεξεργασία
ιδίου)