

## Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας και Εκπαίδευση: Ανάπτυξη Εφαρμογής Λογισμικού για την Υποστήριξη της Εκτέλεσης του Επιχειρηματικού Παιγνίου

### ‘The Beer Distribution Game

Σ. Πόνης<sup>1</sup>, Ε. Σπηλιωτοπούλου<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας, Σχολή Μηχανολόγων

Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ελλάδα

<sup>2</sup> Department of Computer Science, Bath University, UK

<sup>1</sup>staponis@central.ntua.gr, <sup>2</sup> liana.spiliotopoulou@gmail.com

### Περίληψη

Η κατανόηση της σημαντικότητας της αποτελεσματικής διαχείρισης και διάχυσης της πληροφορίας στα σύγχρονα δίκτυα εφοδιασμού αποτελεί εκπαιδευτικό στόχο του μαθήματος «Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας» του 7ου Εξαμήνου του προγράμματος σπουδών των Μηχανολόγων Μηχανικών Παραγωγής (ΜΜΠ) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, τα τελευταία χρόνια, οργανώνεται και υλοποιείται ένα πολύ δημοφιλές επιχειρηματικό παίγνιο, το γνωστό “Production - Distribution Game - PDG”. Το PDG είναι ένα παιχνίδι ανάληψης ρόλων (role playing game) και προσομοίωσης ενός πολύ απλού εφοδιαστικού συστήματος το οποίο αναπτύχθηκε από το System Dynamics Group του MIT (Massachusetts Institute of Technology) με στόχο να καταδείξει στους φοιτητές και τα στελέχη επιχειρήσεων τη σημασία που έχει η πληροφορία και η κοινοποίηση της στην αποτελεσματική διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, μέσα από ένα πολύ γνωστό φαινόμενο που ταλανίζει τα σύγχρονα εφοδιαστικά δίκτυα, γνωστό και ως Bullwhip Effect (φαινόμενο του μαστιγίου).

Στο πλαίσιο αυτού του άρθρου παρουσιάζονται οι προσπάθειες των συγγραφέων που οδήγησαν στην ανάπτυξη εφαρμογής λογισμικού που θα αντικαταστήσει την επιτραπέζια έκδοση του παιγνίου που χρησιμοποιείται ως σήμερα για τις εκπαιδευτικές ανάγκες του μαθήματος.

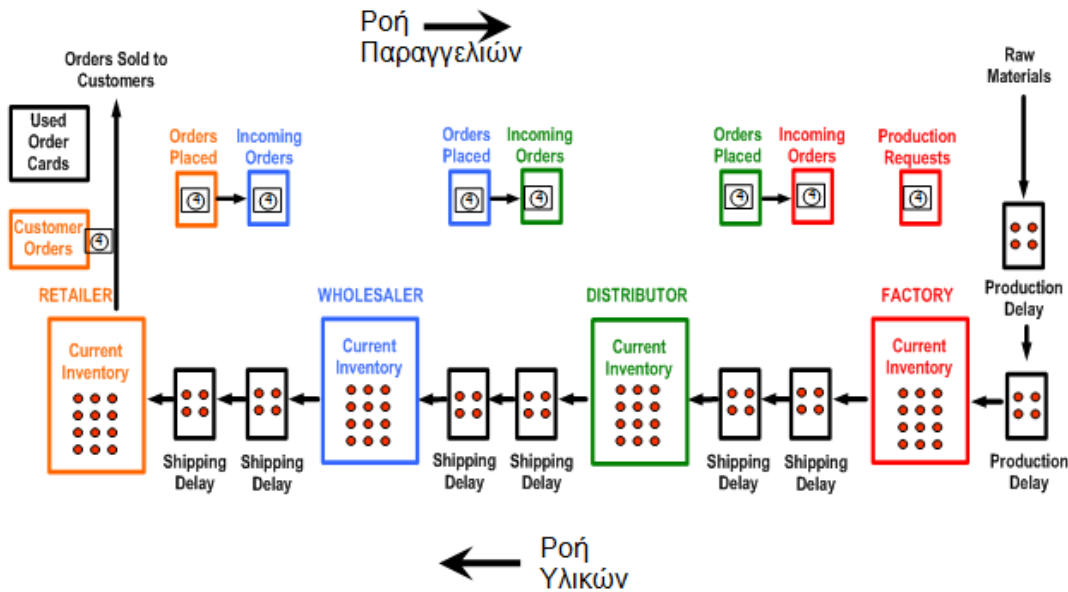
**Λέξεις Κλειδιά:** διοίκηση εφοδιαστικής αλυσίδας, εκπαίδευση, bullwhip effect, επιχειρηματικό παίγνιο, ολοκλήρωση εφοδιαστικής αλυσίδας, διαφάνεια εφοδιαστικής αλυσίδας.

## 1. Εισαγωγή

Το Beer Distribution Game είναι ένα παιχνίδι ανάληψης ρόλων (role playing game) και προσομοίωσης ενός πολύ απλού εφοδιαστικού συστήματος το οποίο αναπτύχθηκε στο MIT (Massachusetts Institute of Technology) με στόχο να καταδείξει στους φοιτητές και τα στελέχη επιχειρήσεων τη σημασία που έχει η πληροφορία και η κοινοποίηση της στην αποτελεσματική διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το παιχνίδι προσφέρεται σε επιτραπέζια και ηλεκτρονική μορφή και τις τελευταίες δεκαετίες έχει παιχτεί από δεκάδες χιλιάδες στελέχη επιχειρήσεων και φοιτητές σε όλο τον κόσμο. Αρχικά η ονομασία του παιχνιδιού ήταν “the production-distribution game”, μια και το παίγνιο απεικονίζει ένα απλοποιημένο εφοδιαστικό δίκτυο παραγωγής και διανομής ενός οποιουδήποτε προϊόντος. Η μετονομασία του σε ‘BDG’, δεν οφείλεται στο ότι το παίγνιο προωθεί με κάποιον τρόπο την κατανάλωση μπίρας αλλά στο ότι οι αρχικοί χρήστες του, με άλλα λόγια οι φοιτητές, έδειχναν μεγαλύτερο ενδιαφέρον στο να παράγουν και να διακινούν μπίρα παρά οποιοδήποτε άλλο ‘συμβατικό’ προϊόν. Το παιχνίδι παίζεται από τέσσερα άτομα ή ζεύγη, κάθε ένα από τα οποία αναλαμβάνει το ρόλο ενός επιπέδου (echelon) της εφοδιαστικής αλυσίδας παραγωγής και διάθεσης μπίρας, ήτοι: Retailer (R), Wholesaler (W), Distributor (D) και Factory (F). Οι παραγγελίες (κιβώτια μπίρας) απεικονίζονται με μικρά πούλια (pennies) πάνω στο ταμπλό του παιχνιδιού (Sterman, 1992).

Το παιχνίδι ξεκινά με την τελική ζήτηση προς τα καταστήματα η οποία και δημιουργείται από έτοιμες κάρτες που τραβιούνται με μια προκαθορισμένη σειρά. Η ζήτηση των τεσσάρων πρώτων εβδομάδων είναι σταθερή και ίση με 4 κιβώτια μπίρας. Στη συνέχεια και σε κάθε γύρο τραβιέται μια νέα κάρτα η οποία αντιστοιχεί στην εβδομαδιαία ζήτηση. Με άλλα λόγια η τελική ζήτηση είναι για κάθε βδομάδα καθορισμένη και γίνεται γνωστή μόνο στο πρώτο επίπεδο της εφοδιαστικής δηλαδή στα καταστήματα ( R ). Από κει και έπειτα το παιχνίδι ξεκινά και συνεχίζεται με τις παραγγελίες όλων των επιπέδων οι οποίες και συνιστούν ένα γύρο παιχνιδιού (προσομοίωση μιας βδομάδας). Σε κάθε παραγγελία και αποστολή υπάρχουν καθυστερήσεις επεξεργασίας και αποστολής της παραγγελίας (δύο εβδομάδες) ενώ στο τέλος κάθε γύρου υπολογίζεται με βάση προκαθορισμένα κόστη τήρησης αποθέματος και δημιουργίας μερίδας οφειλομένων (back order) το συνολικό κόστος του εφοδιαστικού συστήματος. Υπενθυμίζεται σε αυτό το σημείο, πως το κάθε επίπεδο (κάθε παίκτης ή ζεύγος παικτών) της εφοδιαστικής γνωρίζει μόνο τη ζήτηση του αμέσως πιο πάνω επιπέδου και τίποτα παραπάνω. Στόχος του παιχνιδιού είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Το παιχνίδι ξεκινά με το σύστημα σε ισορροπία. Όλα τα επίπεδα ξεκινούν με απόθεμα 12 κιβωτίων και αρχική είσοδο τεσσάρων κιβωτίων μέσα στην πρώτη βδομάδα (η οποία διατηρείται σταθερή για ακόμα τρεις βδομάδες κατά τη διάρκεια των οποίων οι παίκτες παρακινούνται να παραγγείλουν ποσότητες τέτοιες ώστε να καλύψουν αυτή τη σταθερή ζήτηση). Η αρχική μορφή του τραπέζιου στο οποίο παίζεται το παιχνίδι φαίνεται στο Σχήμα που ακολουθεί.



**Σχήμα 1.** Αρχικές Συνθήκες του Επιτραπέζιου Beer Distribution Game (Πόνης, 2010)

Το παιχνίδι αυτό παίζεται για περίπου πενήντα εβδομάδες, στην πράξη όμως συνήθως σταματά πριν τις σαράντα προς αποφυγή φαινομένων ορίζοντα (horizon effects), με τους παίκτες να προσπαθούν να μειώσουν δραστικά τα αποθέματα τους επειδή νομίζουν πως το παίγνιο τελειώνει. Σε όλη τη διάρκεια του παιχνιδιού οι παίκτες καταγράφουν τις παραγγελίες, το απόθεμα και τις μερίδες οφειλομένων που δημιουργούνται κάθε βδομάδα, χωρίς όμως να επικοινωνούν καθόλου καμιά πληροφορία με τα υπόλοιπα επίπεδα της εφοδιαστικής εκτός από τα στοιχεία των παραγγελιών και των παραδόσεων. Υπενθυμίζεται, πως μόνο το πρώτο επίπεδο γνωρίζει την ακριβή μορφή της ζήτησης. Με αυτόν τον τρόπο οι παίκτες δεν είναι σε θέση να συνθέσουν μια κοινή στρατηγική και εξωθούνται στην επίλυση των δικών τους υπό-προβλημάτων παρόλο που ο στόχος του παιχνιδιού είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους.

Διαβάζοντας τα παραπάνω κανείς μπορεί να παρασυρθεί στο βιαστικό συμπέρασμα πως το παιχνίδι είναι απλό ιδιαίτερα αν κανείς αναλογιστεί την πολυπλοκότητα της πραγματικότητας. Στο κάτω κάτω αυτό που έχει να κάνει ο κάθε παίκτης είναι να καλύψει τη

ζήτηση που δέχεται και να παραγγείλει ικανές ποσότητες από τον προμηθευτή του έτσι ώστε να την καλύψει αποφεύγοντας τα υπερβολικά back orders και κρατώντας ταυτόχρονα τη στάθμη του αποθέματος του όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Και όλα αυτά χωρίς να νοιάζεται για την επιλογή καταλλήλων προμηθευτών, για τη διαχείριση των συμβάσεων, για μηχανολογικό εξοπλισμό που παθαίνει βλάβη, για απεργίες και περιορισμούς προϋπολογισμού και δυναμικότητας, προβλήματα που βασανίζουν τους μάνατζερ εφοδιαστικής στην καθημερινή επιχειρηματική πραγματικότητα. Πόσο δύσκολο μπορεί να είναι;

Η εμπειρία από τα σχεδόν τριάντα χρόνια που παίζεται το συγκεκριμένο επιχειρηματικό παίγνιο αποδεικνύει ακριβώς το αντίθετο. Στο τέλος του, οι περισσότεροι παίκτες εκφράζουν το συναίσθημα της αδυναμίας τους να ελέγξουν το σύστημα η οποία και αποδεικνύεται από τα αποτελέσματα του παιχνιδιού που δείχνει τα επίπεδα της εφοδιαστικής να παρουσιάζουν τεράστια κόστη σε πλήρη αντίθεση με τους στόχους του παιχνιδιού (δεν είναι σπάνιο το φαινόμενο μέσω των όρων δεκαπλάσιων από τον τυπικό μέσο όρο ενός τέτοιου συστήματος). Οι παίκτες έχουν συνήθως την τάση να ρίχνουν το φταίξιμο στα άλλα επίπεδα της εφοδιαστικής κατηγορώντας τα για άναρχο παίξιμο ενώ το κύριο βάρος της ευθύνης αποδίδεται στις μεγάλες διακυμάνσεις της τελικής ζήτησης.

Σε αυτό ακριβώς το σημείο ζητείται από τους παίκτες να κάνουν μια εκτίμηση της μορφής της ζήτησης (order pattern) για όλη τη διάρκεια του παιχνιδιού. Οι εκτιμήσεις των παικτών για τη μορφή της ζήτησης ποικίλλει ανάλογα με το ρόλο που ο καθένας είχε στο παιχνίδι. Οι παίκτες – εργοστάσια (F) έχουν την τάση να εκτιμούν ζήτηση η οποία παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και βρίσκεται κάπου ανάμεσα στα τέσσερα και τα σαράντα κιβώτια μύρας ημερησίως. Η εκτίμηση αυτή αμβλύνεται στα επόμενα επίπεδα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στο τέλος του παιχνιδιού και αφού δοθεί χώρος για συζητήσεις κατά τη διάρκεια των οποίων συνήθως το ένα επίπεδο της εφοδιαστικής ρίχνει το φταίξιμο στο άλλο, η πραγματική μορφή της ζήτησης η οποία απεικονίζεται στις κάρτες του παιχνιδιού αποκαλύπτεται στους παίκτες. Για πολλούς αυτή η αποκάλυψη είναι μια πραγματική έκπληξη. Η ζήτηση είναι 4 κιβώτια μύρες για τις πρώτες τέσσερις βδομάδες του παιχνιδιού (όπως ήδη έχει αναφερθεί) η οποία την πέμπτη βδομάδα αυξάνεται στις οκτώ και μένει σταθερή σε αυτό το επίπεδο ως το τέλος του παιχνιδιού.

Το δεδομένο αυτό για τους παίκτες του παιχνιδιού φαντάζει μη ρεαλιστικό και στην αρχή δυσκολεύονται να το πιστέψουν. Για κάποιον όμως που έχει το καθαρό μυαλό να σκεφτεί τι συνέβη, η μηχανική του παιχνιδιού είναι απλή. Όταν οι παραγγελίες των πελατών αυξάνονται απότομα την πέμπτη βδομάδα από 4 σε 8 κιβώτια, το απόθεμα στο κατάστημα πέφτει με

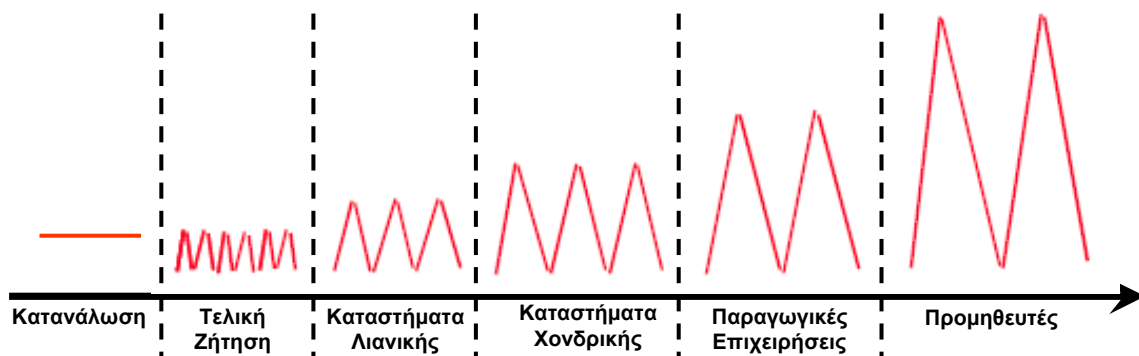
δεδομένο πως ο χρόνος επεξεργασίας της παραγγελίας και αποστολής φέρνει για μερικές ακόμα βδομάδες «παλιές» παραδόσεις μέσα στο σύστημα (order processing and shipping). Τα καταστήματα έρχονται αντιμέτωπα με μεγάλα back order και στην προσπάθεια τους να απαλείψουν το πρόβλημα παραγγέλνουν μεγάλες ποσότητες. Το σύστημα αυτό θα μπορούσε να λειτουργήσει. Αλίμονο όμως, υπάρχουν και οι αναπόφευκτοι χρόνοι επεξεργασίας και παράδοσης της παραγγελίας. Έτσι στο παιχνίδι αυτό, οι μεγάλες αυτές παραγγελίες έχουν σαν αποτέλεσμα το άδειασμα των αποθηκών του Wholesaler. Τα καταστήματα βλέποντας πως δεν παραλαμβάνουν αρκετή μύρα, πανικοβάλλονται βλέποντας τις μερίδες οφειλομένων τους να μεγαλώνουν, και παραγγέλνουν ακόμα περισσότερα κιβώτια μύρας, αδιαφορώντας για το γεγονός πως το συνολικό σύστημα περιέχει ήδη παραπάνω από όσα είναι αρκετά. Έτσι αυτή η μικρή μεταβολή στη ζήτηση, πολλαπλασιάζεται από τον Wholesaler και δίνει μια άλλη εικόνα ζήτησης στο αμέσως επόμενο επίπεδο, αυτό του Distributor. Εκείνος με τη σειρά του, ακολουθώντας το ίδιο μοντέλο συμπεριφοράς αποστέλλει ένα ακόμα πιο ενισχυμένο σήμα ζήτησης στο εργοστάσιο. Αναπόφευκτα, κάποια στιγμή το εργοστάσιο παράγει τη μύρα που πρέπει και τη διοχετεύει στο σύστημα και το απόθεμα αρχίζει και δημιουργείται σε όλα τα επίπεδα του. Οι παίκτες μειώνουν ή ακόμα και μηδενίζουν την παραγγελία τους αλλά δυστυχώς είναι πια πολύ αργά. Τα κιβώτια μύρας διοχετεύονται στο σύστημα ακατάπαυστα.

Το βασικό δίδαγμα από τη συμμετοχή σε αυτό το παιχνίδι είναι πως μέσα στη δίνη της καθημερινής λειτουργίας μιας επιχείρησης οι περισσότεροι άνθρωποι ξεχνούν πως αποτελούν τμήμα ενός μεγαλύτερου συνόλου. Κάτω από πίεση, έχουν την τάση να διαχειριστούν μωπικά το υποσύστημα τους προσπαθώντας να κρατήσουν το δικό τους κόστος χαμηλά. Κι όταν αργότερα τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της κοντόφθαλμης προσέγγισης του προβλήματος γίνονται μπούμερανγκ, η τάση είναι να προσπαθούν να ρίξουν το φταίξιμο στον τελικό καταναλωτή κατηγορώντας τον για σπασμωδικές παραγγελίες ή τον προμηθευτή για καθυστερημένες παραδόσεις. Η κατανόηση των μηχανισμών που οδηγούν καθ' όλα καταρτισμένους και ευφυείς ανθρώπους στη συμβολή τους στην ανάπτυξη ενός φαινομένου που κανείς δεν περιμένει και κανείς δεν επιθυμεί, είναι το κυριότερο μάθημα που μπορεί να διδάξει αυτό το παιχνίδι.

### **3. Το Φαινόμενο 'Bullwhip Effect'**

Οι νόμοι της φυσικής οι οποίοι καθορίζουν τη λειτουργία ενός μαστίγιου είναι σε γενικές γραμμές γνωστοί: Ακόμα και μια μικρή ποσότητα ενέργειας που θα εφαρμοστεί στη λαβή του, μεγαλώνει κατά μήκος της διαρκώς μειούμενης διαμέτρου του προσδίδοντας στην άκρη

του μαστίγιου μια ταχύτητα που σε κάποιες περιπτώσεις ξεπερνά τα διακόσια χιλιόμετρα την ώρα. Πρώτος ο Jay Wright Forrester (1958:1961), παρατήρησε πως ένα ανάλογο με το πιο πάνω φαινόμενο κάνει την εμφάνιση του σε δυναμικά επιχειρησιακά συστήματα όπως η εφοδιαστική αλυσίδα. Το φαινόμενο Forrester ή φαινόμενο μαστιγίου (bullwhip effect (En), effet coup de fouet (Fr)) όπως ονομάστηκε περιγράφει τις αναταράξεις που δημιουργούνται στη διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας από μια σημαντική αύξηση της μεταβλητότητας της ζήτησης που αντιμετωπίζουν τα ανώτερα επίπεδα της (upstream). Πάνω σε αυτήν ακριβώς την παρατήρηση βασίστηκε η δομή και λειτουργία του BDG που περιγράφηκε νωρίτερα. Κατά τους Lee et al. (2004), το φαινόμενο του μαστιγίου ορίζεται ως ‘the amplification of demand variability from a downstream site to an upstream site of the supply chain’, όπως φαίνεται στο Σχήμα που ακολουθεί.



**Σχήμα 2:** Η Μεταβλητότητα της Ζήτησης ανά Επίπεδο (Echelon) Εφοδιαστικής

Για να γίνει πιο κατανοητός ο πιο πάνω ορισμός κρίνεται σκόπιμο να παρατεθούν κάποια παραδείγματα, ξεκινώντας από την πιο γνωστή μελέτη περίπτωσης σε σχέση με αυτό το θέμα, αυτή της Procter and Gamble, στην οποία αποδίδεται και ο όρος bullwhip effect. Ήταν τα μέσα της προηγούμενης δεκαετίας όταν τα στελέχη της P&G παρατήρησαν πως παρόλο που η τελική ζήτηση για πάνες μωρών (Pampers) ήταν σχετικά σταθερή, η ζήτηση από τους πελάτες της P&G (π.χ. σουπερμάρκετ) παρουσίαζε αρκετά υψηλή διασπορά σε τέτοιο βαθμό ώστε κανείς να νομίζει πως κάποιος από τους χρήστες του προϊόντος (στη συντριπτική πλειοψηφία τους βρέφη) κάποιες εβδομάδες δε χρησιμοποιούσαν καθόλου πάνες αλλά την επόμενη βδομάδα διπλασίαζαν τη χρήση τους για να αναπληρώσουν το κενό. Το φαινόμενο δεν είχε καμία λογική και όπως αποδείχτηκε μπορεί να χρεωθεί εξ’ ολοκλήρου στο φαινόμενο του μαστιγίου.

Πολύ γνωστό είναι επίσης το παράδειγμα της Cisco, η οποία το 2001 οδηγήθηκε σε ένα μεγάλο “inventory fiasco” το οποίο και κατέληξε στη διαγραφή αποθέματος ύψους 2.1 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Στην περίπτωση αυτή, η πυροδότηση του φαινομένου οφείλεται

στον αρχικά κακό υπολογισμό των πωλήσεων σε συνδυασμό με την τοποθέτηση στην παραγγελία της Cisco προς τους προμηθευτές της, ενός στρώματος ασφαλείας στα προϊόντα εκείνα που παρουσίαζαν δυσκολίες στην εξεύρεση και προμήθεια τους (cushion). Το γεγονός αυτό αύξησε το ήδη υψηλό σφάλμα της αρχικής πρόγνωσης. Στη συνέχεια σειρά είχαν οι πελάτες της Cisco οι οποίοι όχι απλά τοποθετούσαν υψηλές παραγγελίες στο σύστημα της, αλλά βασισμένοι και αυτοί σε προηγούμενη εμπειρία τοποθετούσαν διπλές και τριπλές παραγγελίες στους ανταγωνιστές της. Κατά αυτόν τον τρόπο η αρχική παραγγελία πολλαπλασιάστηκε πολλές φορές οδηγώντας την επιχείρηση σε μεγάλες ζημιές όπως περιγράφηκε πιο πάνω.

Τα τελευταία χρόνια το Bullwhip Effect έχει εξεταστεί λεπτομερώς από πλήθος ερευνητών και κατά καιρούς έχουν γίνει πολλές προσπάθειες τόσο για την εύρεση και επεξήγηση των βασικών του αιτιών όσο και για τον καθορισμό και την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων του.

### **3.1 Τα Αίτια και οι Επιπτώσεις του Φαινομένου**

Το φαινόμενο bullwhip έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ομαλή διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας και κατά πολλούς ευθύνεται για πολύ σημαντικά προβλήματα που βασανίζουν τους μάνατζερ της εφοδιαστικής σε όλους τους κλάδους της βιομηχανίας. Ως πιο σημαντικές επιπτώσεις μπορούν να αναφερθούν οι ακόλουθες: α) υψηλά επίπεδα αποθέματος που οδηγούν σε αυξημένο ευκαιριακό κόστος και κόστος τήρησης αποθέματος, β) μείωση της ευελιξίας και της δυνατότητας γρήγορης αντίδρασης της εφοδιαστικής, γ) μείωση των επιπέδων εξυπηρέτησης των πελατών και δημιουργία πολλών back orders που αρκετές φορές οδηγούν όχι απλά σε χαμένες πωλήσεις αλλά σε χαμένους πελάτες (π.χ. supermarkets), δ) διατάραξη της ομαλής λειτουργίας των προγραμμάτων παραγωγής. Οι παραγωγικές επιχειρήσεις αναγκάζονται να αναπροσαρμόζουν την παραγωγή τους και να υπομένουν έτσι υψηλότερα κόστη για set up & changeover, για υπερωριακή εργασία και σε κάποιες περιπτώσεις για αγορά υλικών, ε) αυξημένα κόστη διανομής εξαιτίας της ανάγκης ικανοποίησης των δεσμεύσεων παράδοσης και της χρήσης διαδικασιών επείγουσας μεταφοράς, στ) αυξημένοι χρόνοι διέλευσης εξαιτίας της διατάραξης των προγραμμάτων παραγωγής και διανομών με αποτέλεσμα τη μείωση του επιπέδου εξυπηρέτησης, τη δυσαρέσκεια των πελατών και τη διατάραξη των σχέσεων με τα υπόλοιπα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας και στ) προβλήματα στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων που προέρχονται από τις συνεχείς αλλαγές στα προγράμματα παραγωγής.

Τα βασικά αίτια της εμφάνισης και διόγκωσης του φαινομένου Bullwhip είναι τα εξής (Πόνης, 2006):

- Σφάλματα στη Πρόγνωση της Ζήτησης: Με δεδομένη τη βασική αρχή της πρόγνωσης που υπαγορεύει πως κατά κανόνα δεν υπάρχει σωστή πρόγνωση, κατανοεί κανείς πως οποιαδήποτε παραγγελία βασίζεται σε αυτήν περιέχει εξ' ορισμού ένα ποσοστό λάθους το οποίο επιβάλλει το αναπόφευκτο σφάλμα της πρόγνωσης. Με άλλα λόγια τα σφάλματα της πρόγνωσης ενισχύουν τη διασπορά της ζήτησης. Από τη σχετική βιβλιογραφία, προτείνεται η αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου μέσα από την ενίσχυση της επικοινωνίας και της κοινοποίησης της πληροφορίας σε όλα τα μέλη του εφοδιαστικού δικτύου. Με βάση αυτή την προσέγγιση κάθε μέλος του δικτύου παρέχει στον προμηθευτή του τα πλήρη στοιχεία της ζήτησης με τα οποία έρχεται αντιμέτωπο δίνοντας του με αυτόν τον τρόπο τη δυνατότητα καλύτερης και ακριβέστερης πρόγνωσης. Παραδείγματα τέτοιας επιχειρηματικής πρακτικής μπορεί κανείς να βρει σε πολλές πρωτοβουλίες/προγράμματα που συνδέουν την έρευνα με την πράξη όπως το ECR (Efficient Consumer Response), το CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) και το Vendor Managed Inventory- VMI (**Boon and Ganeshan, 2008**).
- Ομαδοποίηση Παραγγελιών (Order Batching): Οι επιχειρήσεις οδηγούνται στην απόφαση να ομαδοποιήσουν τις παραγγελίες τους και να παραγγείλουν σε μεγάλες ποσότητες μέσα από την ανάγκη τους για την επίτευξη οικονομιών κλίμακας (μείωση του κόστους παραγγελίας ανά μονάδα προϊόντος), μείωση του μεταφορικού κόστους (πλήρεις φορτώσεις αντί για μερικές –FTL vs LTL) και πολλές φορές μέσα από ειδικές προωθητικές ενέργειες των προμηθευτών τους. Αναπόφευκτα η πρακτική αυτή οδηγεί στην αύξηση της διασποράς της ζήτησης. Οι κύριες λύσεις στο παραπάνω πρόβλημα είναι η χρήση τεχνολογιών ηλεκτρονικού εμπορίου όπως π.χ. διαδικτυακές εφαρμογές και το EDI που μειώνουν το κόστος παραγγελίας οδηγώντας έτσι τις επιχειρήσεις στην απόφαση να κάνουν περισσότερες και μικρότερες παραγγελίες.
- Αναταραχές στις Τιμές (Price Fluctuation): Οι έκτακτες αλλαγές στην τιμολογιακή πολιτική μιας επιχείρησης αποτελούν βασικό μοχλό της πλειοψηφίας των προωθητικών ενεργειών για συγκεκριμένα προϊόντα ή ολόκληρες κατηγορίες προϊόντων και δρουν αυξητικά στην μεταβλητότητα της ζήτησης, ενισχύοντας έτσι το φαινόμενο του μαστίγιου. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος αντιμετώπισης, ο οποίος κάνει συχνά την εμφάνιση του στη βιβλιογραφία, είναι η χρήση τεχνικών τιμολόγησης EDLP (Every Day Low Pricing). Παρόλα αυτά η χρήση αυτής της τεχνικής έχει αμφισβητηθεί έντονα



με δεδομένο πως η καθημερινή αναζήτηση για την συμφερότερη τιμή επιβάλλει πιέσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στη συνολική μείωση της κερδοφορίας της.

- (Rationing & Shortage Gaming): Συμβαίνει σε περιόδους που υπάρχει ή έστω φημολογείται μελλοντική μικρή διαθεσιμότητα για κάποιο προϊόν, π.χ. όταν έχει δημοσιευτεί κάποια δυσάρεστη συγκυρία στη χώρα προέλευσης του προμηθευτή ή έχει γίνει κάποια καταστροφή στις παραγωγικές του εγκαταστάσεις. Σε αυτή την περίπτωση οι πελάτες έχουν την τάση να υπέρ-παραγγέλνουν προσπαθώντας με αυτόν τον τρόπο να εξασφαλίσουν πως ο προμηθευτής κατά την εκλογίκευση των παραδόσεων του θα τους προμηθεύσει τελικά με την απαιτούμενη ποσότητα. Μια καλή λύση απέναντι σε αυτή τη συμπεριφορά, είναι η εκλογίκευση των παραδόσεων με βάση τα στοιχεία ιστορικής ζήτησης πριν την εμφάνιση της έλλειψης και των «φουσκωμένων» παραγγελιών.
- Αδυναμία Κατανόησης της συνολικής λειτουργίας και δυναμικής της εφοδιαστικής αλυσίδας: Είναι συχνό το φαινόμενο των στελεχών των επιχειρήσεων που αδυνατούν να κατανοήσουν τη συνολική δυναμική ενός εφοδιαστικού δικτύου και τις ανάγκες που αυτό έχει για συνολική βελτιστοποίηση (global optimization).

#### 4. Η Πιλοτική Εφαρμογή

Ο καθορισμός των προδιαγραφών πάνω στις οποίες βασίστηκε η ανάπτυξη της πιλοτικής εφαρμογής βασίστηκε στην προσεκτική ανάλυση του μηχανισμού και των κανόνων του επιτραπέζιου παιχνιδιού σε συνδυασμό με τη μελέτη αντίστοιχων εφαρμογών λογισμικού που έχουν αναπτυχθεί από πανεπιστήμια και ερευνητές του εξωτερικού. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκαν τα υπολογιστικά παραδείγματα, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τα περιβάλλοντα χρήστη των εφαρμογών:

- The Beer Game, των Kaminsky και Levi, που προσφέρεται ελεύθερα μαζί με το βιβλίο των Kaminsky, Levi & Levi (2003) με τίτλο: Designing & Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies.
- The Beer Distribution Game, που έχει αναπτυχθεί από το BWI - Operations und Supply Chain Management Center του ETH Zurich (Nienhaus, 2002:2006).
- The Beer Game, που αναπτύχθηκε στο Münster University - Department of Information Systems από τον καθηγητή Kai Riemer (2008).

Η ανάλυση του μηχανισμού του παιγνίου οδήγησε στην ανάπτυξη του αλγορίθμου που διέπει τη λειτουργία του και χρησιμοποιείται για όλους τους υπολογισμούς των μεταβλητών του συστήματος. Οι μεταβλητές του συστήματος και μέρος του αλγορίθμου που αναπτύχθηκε παρατίθενται στη συνέχεια (Πόνης, 2010):

### Αρχικές Συνθήκες Παιγνίου

$Stock^0_R$  = Απόθεμα R για week 0

$Stock^0_W$  = Απόθεμα W για week 0

$Stock^0_D$  = Απόθεμα D για week 0

$Stock^0_F$  = Απόθεμα F για week 0

$ShipDel^0_{R1}$  = Εισερχόμενα στον επόμενο γύρο (1) για R

$ShipDel^0_{R2}$  = Εισερχόμενα στο μεθεπόμενο γύρο (2) για R

$ShipDel^0_{W1}$  = Εισερχόμενα στον επόμενο γύρο (1) για W

$ShipDel^0_{W2}$  = Εισερχόμενα στο μεθεπόμενο γύρο (2) για W

$ShipDel^0_{D1}$  = Εισερχόμενα στον επόμενο γύρο (1) για D

$ShipDel^0_{D2}$  = Εισερχόμενα στο μεθεπόμενο γύρο (2) για D

$ProdDel^0_{F1}$  = Εισερχόμενα στον επόμενο γύρο (1) για F

$ProdDel^0_{F2}$  = Εισερχόμενα στο μεθεπόμενο γύρο (2) για F

$CardDem^0_R$  = Κάρτα ζήτησης για R (week 0 η οποία θα τρέξει στο γύρο 1)

$IncOrd^0_W$  = Ζήτηση για W (week 0 η οποία θα τρέξει στο γύρο 1)

$IncOrd^0_D$  = Ζήτηση για D (week 0 η οποία θα τρέξει στο γύρο 1)

$IncOrd^0_F$  = Ζήτηση για W (week 0 η οποία θα τρέξει στο γύρο 1)

$OrdPlac^0_R$  = Παραγγελία R για week 0 (που θα τρέξει στο γύρο 1)

$OrdPlac^0_W$  = Παραγγελία W για week 0 (που θα τρέξει στο γύρο 1)

$OrdPlac^0_D$  = Παραγγελία D για week 0 (που θα τρέξει στο γύρο 1)

$ProdReq^0_F$  = Εντολή Παραγωγής F για week 0 (που θα τρέξει στο γύρο 1)

$BackOrd^0_R$  = Backorder για R για week 0 (που θα τρέξει στο γύρο 1)

$BackOrd^0_W$  = Backorder για W για week 0 (που θα τρέξει στο γύρο 1)

$BackOrd^0_D$  = Backorder για D για week 0 (που θα τρέξει στο γύρο 1)

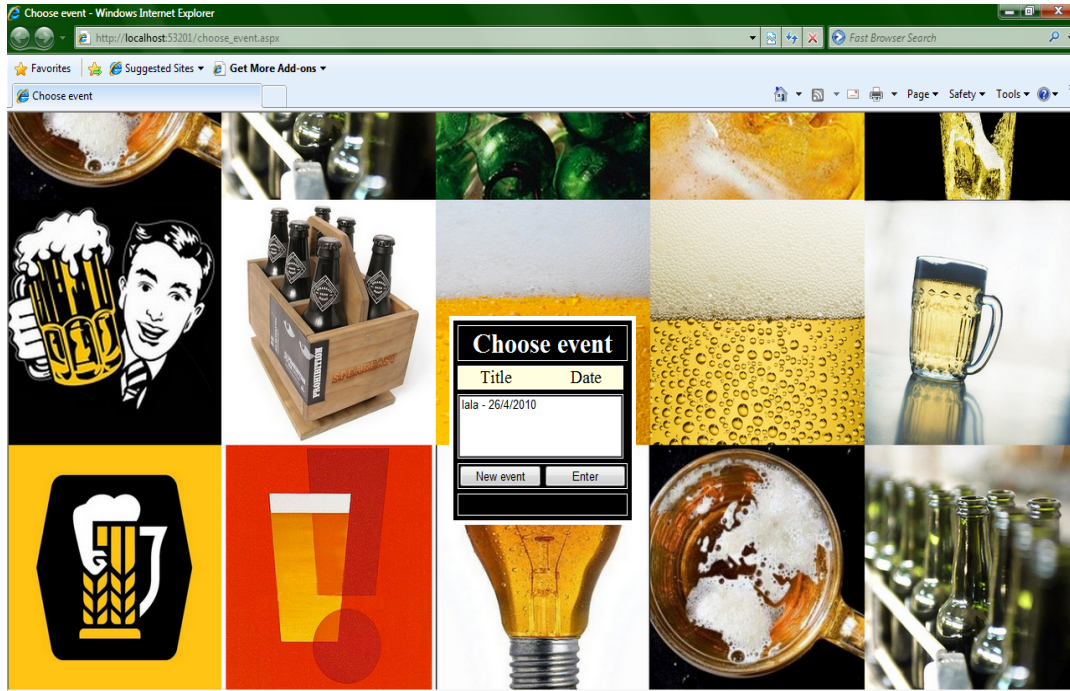
$BackOrd^0_F$  = Backorder για F για week 0 (που θα τρέξει στο γύρο 1)

**Εβδομάδα 1- Επίπεδο ( R )**

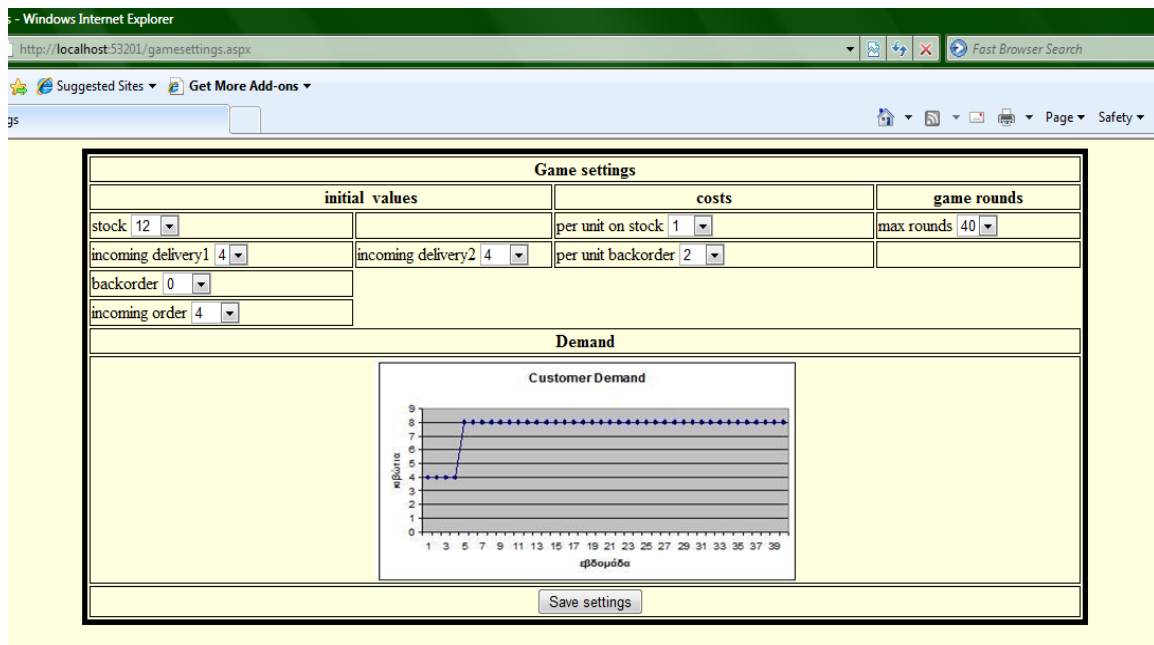
1. Set Stock  $^1_R = \text{Stock}^0_R + \text{ShipDel}^0_{R1}$
2. Set ShipDel  $^1_{R1} = \text{ShipDel}^0_{R2}$
3. If Stock  $^1_R > \text{CardDem}^0_R$  then set Stock  $^1_R = \text{Stock}^1_R - \text{CardDem}^0_R$  and Record Stock  $^1_R$ . SetBackord  $^1_R = 0$
- If Stock  $^1_R < \text{CardDem}^0_R$  then set Stock  $^1_R = 0$  and Record Stock  $^1_R$ . Set Backord  $^1_R = \text{Stock}^1_R - \text{CardDem}^0_R$  and Record Backord  $^1_R$
- If Stock  $^1_R = \text{CardDem}^0_R$  then set Stock  $^1_R = 0$  and Record Stock  $^1_R$ . Set Backord  $^1_R = 0$  and Record Backord  $^1_R$
4. Set IncOrd $^1_W = \text{OrdPlac}^0_R$
5. Place order → Set OrdPlac $^1_R$  based on player input.

**Σχήμα 3.** Αλγόριθμος Λειτουργίας Παιγνίου (τμήμα)

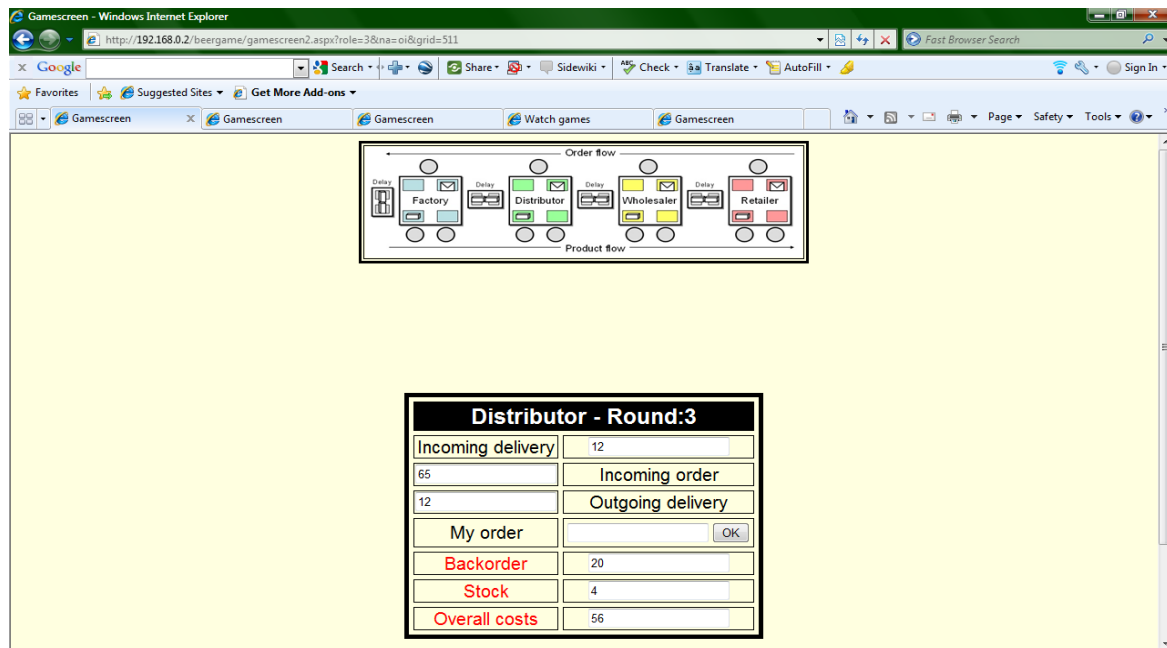
Μετά από προσεκτική μελέτη και λειτουργικό έλεγχο των εφαρμογών λογισμικού που αναφέρθηκαν πιο πάνω, αποφασίστηκε η ανάπτυξη εφαρμογής σε περιβάλλον ASP.net με χρήση Visual Basic. Η εφαρμογή είναι διαδικτυακή και ακολουθεί το υπολογιστικό παράδειγμα client-server. Στην ουσία οι χρήστες χρησιμοποιούν τον browser του υπολογιστή τους (IE 7) για να συνδεθούν στην IP του administrator του συστήματος. Αναπτύχθηκαν οκτώ (8) οθόνες / διαδικτυακές φόρμες ενώ όλα τα δεδομένα / αποτελέσματα του παιχνιδιού εγγράφονται σε βάση δεδομένων MS Access. Στα Σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι φόρμες **choose\_event.aspx** με την οποία ο administrator (διδάσκοντας) ανοίγει νέο event (παίγνιο), **gamesettings.aspx** μέσα από την οποία γίνεται η παραμετροποίηση του παιχνιδιού και τέλος, η **gamescreen2.aspx** με την οποία ο χρήστης βλέπει τα δεδομένα του παιχνιδιού για την τρέχουσα εβδομάδα και καταχωρεί την παραγγελία του.



Σχήμα 4. Φόρμα Ανοίγματος Νέου Παγνίου από το Διδάσκοντα (Administration View)



Σχήμα 5. Φόρμα Παραμετροποίησης Παγνίου (Administration View)



Σχήμα 6. Φόρμα Εισαγωγής Παραγγελίας (User View)

Η εφαρμογή αυτή τη στιγμή βρίσκεται στο στάδιο των integration και user acceptance tests. Ως τώρα έχουν γίνει πάνω από πενήντα δοκιμαστικά παίγνια. Τα όποια προβλήματα προκύπτουν, καταγράφονται και στη συνέχεια αντιμετωπίζονται συνολικά στο τέλος κάθε περιόδου ελέγχου. Στόχος είναι η εφαρμογή να είναι σε θέση να λειτουργήσει δοκιμαστικά κατά το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011 εξυπηρετώντας εν μέρει τις εκπαιδευτικές ανάγκες του μαθήματος ‘Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας’ του 7<sup>ου</sup> εξαμήνου των ΜΜΠ (Μηχανολόγων Μηχανικών Παραγωγής) του ΕΜΠ.

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα από την εφαρμογή του ηλεκτρονικού παιγνίου είναι η μείωση του φόρτου εργασίας για την οργάνωση και προετοιμασία του παιγνίου, η μείωση των απαραίτητων εκπαιδευτικών ωρών που απαιτούνται για την εκτέλεση του από όλες τις ομάδες, η απάλειψη του ετήσιου κόστους αναλωσίμων και τέλος η αναβάθμιση των δυνατοτήτων του παιγνίου σε θέματα αποκωδικοποίησης των αποτελεσμάτων (game debriefing) και αναφοροδοσίας (game reporting).

## 5. Συμπεράσματα

Στις μέρες μας το φαινόμενο του μαστιγίου αποτελεί έναν καθιερωμένο επιχειρηματικό όρο με πάρα πολλές δημοσιευμένες αναφορές τόσο στον επιστημονικό όσο και στον βιομηχανικό / εμπορικό τύπο. Απόδειξη της ευρείας αποδοχής και αναγνώρισης που έχει ο όρος αποτελεί μια απλή καταχώρηση στην μηχανή αναζήτησης Google, του όρου “Bullwhip Effect” η οποία

επιστρέφει πάνω από 80.000 αναφορές, στην πλειοψηφία τους σχετικές με το επιχειρηματικό αυτό φαινόμενο

Παρόλο το έντονο δημοσιευμένο έργο που υπάρχει γύρω από το φαινόμενο και τη διείσδυση του όρου στην καθημερινή πρακτική, οι επιχειρήσεις δεν έχουν ακόμα καταφέρει να αποκτήσουν μια ξεκάθαρη προσέγγιση στην αντιμετώπιση του προβλήματος, το οποίο συνεχίζει να δημιουργεί σημαντικά προβλήματα και αναταράξεις στις εφοδιαστικές αλυσίδες ανά τον κόσμο. Είναι σίγουρο, πως μεγάλες επιχειρήσεις οι οποίες και το πρόβλημα συνειδητοποίησαν νωρίς αλλά και έχουν στη διάθεση τους τα μέσα και την τεχνογνωσία για την αντιμετώπιση του, έχουν κάνει βήματα μπροστά (π.χ. Wal Mart, Barilla, P&G κ.α.). Τι γίνεται όμως με τις υπόλοιπες επιχειρήσεις; Πως μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά το φαινόμενο; Ποιοι κλάδοι είναι αυτοί στους οποίους το φαινόμενο παρουσιάζει μεγαλύτερη ένταση και γιατί; Για να δοθεί απάντηση σε όλα τα παραπάνω ερωτήματα είναι απαραίτητο η επιστημονική κοινότητα σε συνεργασία με την επιχειρηματική να ενώσουν τις δυνάμεις τους, στρέφοντας τις προσπάθειες τους σε εμπειρικές μελέτες οι οποίες θα είναι σε θέση να εκτιμήσουν το μέγεθος του φαινομένου σε διαφορετικά τμήματα της βιομηχανίας, να αναγνωρίσουν αποτελεσματικές τεχνικές και μεθόδους για την αντιμετώπιση του στην πράξη και να κατανοήσουν το γιατί το φαινόμενο μπορεί να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά σε κάποιες περιπτώσεις και όχι σε κάποιες άλλες.

## Βιβλιογραφία

1. Boon, T., and Ganeshan R., (2008), The Value of Information Sharing in the Retail Supply Chain: Two Case Studies, *Foresight*, 9, pp.12-17.
2. Forrester, J.W., (1958), Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers, *Harvard Business Review*, 36, pp. 37–66.
3. Forrester, J.W., (1961), *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, MA.
4. Lee, H. L., Padmanabhan, V., Whang, S., (1997a), Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect, *Management Science*, 43(4), pp. 546–558.
5. Nienhaus, J., (2002), What is the Bullwhip Effect caused by? . Supply Chain World Europe 2002, Amsterdam.
6. Nienhaus, J., Ziegenbein A., and Schoensleben P., (2006), How human behaviour amplifies the bullwhip effect. A study based on the beer distribution game online, *Production Planning & Control*, 17(6), pp. 547-557.

7. Riemer, K., (2008), The Beergame in business-to-business eCommerce courses – a teaching report. *21<sup>th</sup> Bled eConference, eCollaboration: Overcoming Boundaries Through Multi-Channel Interaction*, Bled Slovenia, pp. 588-606.
8. Simchi-Levi, D., Kaminsky P.k and Simchi-Levi E., (2003), *Designing and Managing the Supply Chain*, McGraw-Hill, Boston, MA.
9. Sterman, J.D., (1992), Teaching takes off: Flight simulators for management education, *OR/MS Today*, 19, pp. 40–43.
10. Πόνης, Σ., (2006), *Το Φαινόμενο του Μαστίγιου (Bullwhip Effect) στην Εφοδιαστική Αλυσίδα*, PLANT Management, Τεύχος 196, Οκτώβριος - Δεκέμβριος.
11. Πόνης, Σ., (2010), Παραδόσεις Μαθήματος 'Διοίκηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας', Φεβρουάριος, hosted in: <https://mycourses.ntua.gr/>.