

**ΠΜΣ Εφαρμοσμένης οικονομικής: Τμήμα Οικονομικών Επιστημών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

**Συστημική πολυπλοκότητα και νοητικά μοντέλα στη λήψη
αποφάσεων: ένα πείραμα.**

Εκπόνηση εργασίας: Λεόντιος, Πυθαγόρας Μάλης

Επιβλέπων Διδάσκων: Δρ Γ. Σταμπουλής

Βόλος 2012



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 12194/1
Ημερ. Εισ.: 16-01-2014
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
658.403
ΛΕΟ

Υπεύθυνη δήλωση πρωτοτυπίας της διπλωματικής: Βεβαιώνω ότι είμαι ο 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 των δεδομένων, ιδεών ή λέξεων είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στην Εφαρμοσμένη Οικονομική του τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Βόλος, Δεκέμβριος 2012

Περιεχόμενα

Περίληψη	Σελ 4
Εισαγωγή	Σελ 5
Κεφάλαιο 1 : Νοητικά μοντέλα και λήψη αποφάσεων	Σελ 8 – 37
Ενότητα 1.1: Βασικές έννοιες της συστημικής δυναμικής	Σελ 8
Ενότητα 1.2: Τα νοητικά μοντέλα στη συστημική δυναμική	Σελ 13
Ενότητα 1.3: Χαρακτηριστικά των νοητικών μοντέλων	Σελ 16
Ενότητα 1.4: Δυναμική διαδικασία λήψης αποφάσεων	Σελ 22
Ενότητα 1.5: Ο ρόλος των νοητικών μοντέλων στη δυναμική διαδικασία λήψης αποφάσεων	Σελ 28
Ενότητα 1.6: Χρήση της προσομοίωσης στη διαδικασία λήψης αποφάσεων	Σελ 31
Κεφάλαιο 2 : Δυναμικό περιβάλλον λήψης απόφασης	Σελ 38 – 45
Ενότητα 2.1 : Στόχος του μοντέλου	Σελ 38
Ενότητα 2.2 : Περιγραφή της διαδικασίας λήψης απόφασης	Σελ 39
Ενότητα 2.3 : Εβδομαδιαίες πωλήσεις και εβδομαδιαία ζήτηση	Σελ 42
Κεφάλαιο 3: Περιγραφή αποτελεσμάτων	Σελ 46 - 74
Ενότητα 3.1 : Περιγραφή χαρακτηριστικών ομάδας Α	Σελ 48
Ενότητα 3.2 : Περιγραφή χαρακτηριστικών ομάδας Β	Σελ 62
Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα/ Περιορισμοί της έρευνας/ Προτάσεις	Σελ 75 - 79
Ενότητα 4.1 : Συμπεράσματα	Σελ 75
Ενότητα 4.2 : Περιορισμοί της έρευνας	Σελ 76
Ενότητα 4.3 : Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	Σελ 78
Βιβλιογραφία	Σελ 80
Παράρτημα Α :Εξισώσεις του μοντέλου της προσομοίωσης	Σελ 86
Παράρτημα Β: Απεικόνιση του πίνακα ελέγχου	Σελ 89
Παράρτημα Γ: Οδηγίες προς φοιτητές	Σελ 90

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει την επίδραση που έχει η χρονική καθυστέρηση, ανάμεσα στη λήψη μιας απόφασης και την εμφάνιση του αποτελέσματος της, στην απόδοση των ατόμων μέσα σε ένα δυναμικό περιβάλλον. Στα πλαίσια της έρευνας αναπτύξαμε μια προσομοίωση ενός δυναμικού συστήματος. Οι παίκτες αναλάμβαναν τον ρόλο ενός διευθυντή παραγωγής μια ζυθοποιίας και έπρεπε να διαχειριστούν τα αποθέματα πρώτων υλών και ετοιμών προϊόντων με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκριθούν στην εβδομαδιαία ζήτηση.

Προηγούμενες έρευνες έχουν αναδείξει ότι οι άνθρωποι έχουν εγγενή αδυναμία στο να εκτιμήσουν σωστά τις επιπτώσεις των αποφάσεων τους, όταν αυτές δεν είναι άμεσα αντιληπτές. Μέσω της προσομοίωσης, ελέγχουμε την ικανότητα των παικτών να ανταποκριθούν στην δυναμική πολυπλοκότητα του μοντέλου. Για τον έλεγχο της απόδοσης των παικτών κατασκευάσαμε δύο δείκτες. Ο πρώτος δείχνει ποια θα είναι η κατάσταση του συστήματος εάν οι παίκτες δεν κάνουν απολύτως τίποτα και απλώς συνεχίσουν με τις αρχικές αποφάσεις (που έχουν προγραμματισθεί αρχικά στην προσομοίωση), και ο δεύτερος δείκτης απεικονίζει την βέλτιστη κατάσταση του συστήματος. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι σε ένα δυναμικό περιβάλλον, συχνά οι παίκτες αδυνατούν να ξεπεράσουν ακόμη και τον πρώτο δείκτη.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι παίκτες είχαν σημαντικές δυσκολίες στην παρακολούθηση όλων των μεταβλητών. Αυτό είχε σαν συνέπεια η απόδοσή τους να έχει μια μεγάλη απόκλιση από τη βέλτιστη απόδοση. Επίσης, πολλοί παίκτες δυσκολεύτηκαν να ξεπεράσουν την τιμή και του πρώτου δείκτη.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών και επιβεβαιώνουν την υπόθεση ότι οι άνθρωποι έχουν σημαντικές δυσκολίες στην κατανόηση της συμπεριφοράς ενός δυναμικού συστήματος.

Λέξεις κλειδιά: Νοητικά μοντέλα, προσομοίωση, χρονική καθυστέρηση, συστημική δυναμική, δυναμική πολυπλοκότητα, απόθεμα

Εισαγωγή

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει την επίδραση που έχει η χρονική καθυστέρηση στην απόδοση των ατόμων μέσα σε ένα δυναμικό περιβάλλον. Τα άτομα κλήθηκαν να «τρέξουν» μια προσομοίωση ενός δυναμικού περιβάλλοντος στο οποίο οι αποφάσεις τους επηρεάζουν άμεσα τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θα λάβουν τις μελλοντικές τους αποφάσεις. Τα άτομα θα λαμβάνουν μια απόφαση, η επίδραση της οποίας όμως δεν θα εκδηλώνεται άμεσα, αλλά μετά από ένα χρονικό διάστημα. Έτσι, θα πρέπει να λάβουν αποφάσεις δίχως να έχουν παρατηρήσει τα αποτελέσματα των αμέσως προηγούμενων αποφάσεων τους. Ο στόχος μας είναι να εξετάσουμε αφενός κατά πόσο είναι σε θέση να διαχειριστούν και να ελέγξουν ένα τέτοιο σύστημα και αφετέρου εάν η απόδοση τους βελτιώνεται στο πέρασμα του χρόνου λόγω καλύτερης κατανόησης του συστήματος.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στο γενικότερο πλαίσιο της συστημικής σκέψης. Η συστημική ασχολείται με την απεικόνιση της ολότητας ενός συστήματος και της αλληλεπίδρασης των μερών του μέσω βρόγχων ανατροφοδότησης. Μέσα από αυτήν την αλληλεπίδραση πηγάζει η συμπεριφορά του συστήματος.

Έπειτα γίνεται μια αναδρομή της βιβλιογραφίας πάνω στον ορισμό και τις ιδιότητες των νοητικών μοντέλων στη συστημική. Μέσα από αυτήν την ανασκόπηση, παρουσιάζονται οι αδυναμίες των νοητικών μοντέλων, όπως αυτές έχουν καταγραφεί σε διάφορες έρευνες. Δεδομένου ότι τα νοητικά μοντέλα αποτελούν την βάση για την λήψη των αποφάσεων, η ύπαρξη αδυναμιών επηρεάζει άμεσα την αποτελεσματικότητα των αποφάσεων. Το πιο σημαντικό πρόβλημα είναι η άγνοια των ανθρώπων σχετικά με την ύπαρξη τους. Αυτό έχει σαν συνέπεια βασικές υποθέσεις να μένουν ανεξέταστες και τα νοητικά μοντέλα να μην εξελίσσονται. Αυτή είναι και μια εξήγηση για τη συχνή αποτυχία εφαρμογής καινοτόμων ιδεών και πρακτικών, καθώς οι τελευταίες έρχονται σε σύγκρουση με τα νοητικά μοντέλα που έχουν στο μυαλό τους οι άνθρωποι σχετικά με το πώς πρέπει να γίνονται τα πράγματα. Ωστόσο, εξετάζονται και άλλες σοβαρές αδυναμίες όπως πχ της ικανότητας εκτίμησης της χρονικής καθυστέρησης ανάμεσα στη λήψη της απόφασης και της εμφάνισης των αποτελεσμάτων- συνεπειών της απόφασης, η λανθασμένη αντίληψη της λειτουργίας των βρόγχων ανατροφοδότησης κα.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία λήψης αποφάσεων σε ένα δυναμικό περιβάλλον. Στη συγκεκριμένη ενότητα αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά της διαδικασίας καθώς επίσης παρουσιάζονται ξεχωριστά και κάθε ένα από τα βασικά μέρη που την αποτελούν.

Έτσι, γίνεται αναφορά στους λήπτες αποφάσεων (decision makers), το περιβάλλον μέσα στο οποίο λειτουργούν καθώς και στη φύση των δυναμικών προβλημάτων που αντιμετωπίζουν.

Η μέθοδος που χρησιμοποιούν οι ερευνητές για να εξετάσουν την απόδοση των ατόμων μέσα από την αλληλεπίδραση τους με ένα δυναμικό περιβάλλον είναι μέσω της προσομοίωσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Μια σειρά από έρευνες έχουν αποδείξει ότι όταν αυξάνεται η δυναμική πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος μειώνεται κατακόρυφα η απόδοση των ατόμων. Συγκεκριμένα τα άτομα έχουν ιδιαίτερες δυσκολίες να ελέγξουν ένα περιβάλλον που κυριαρχείται από χρονικές καθυστερήσεις, μη γραμμικότητες και βρόγχους ανατροφοδότησης (Sterman 1994). Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί ότι μέσα από συνεχόμενη εξάσκηση, τα άτομα έχουν την δυνατότητα να μάθουν να ελέγχουν καλύτερα το σύστημα (Yasarcan 2010).

Το κεφάλαιο 2 περιγράφει την προσπάθεια να επιβεβαιώσουμε τα συμπεράσματα των προηγούμενων ερευνών με τον σχεδιασμό μιας προσομοίωσης ενός δυναμικού συστήματος η οποία χρησιμοποιήθηκε για την παρατήρηση της επίδοσης δείγματος παικτών. Οι συμμετέχοντες είναι προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί φοιτητές του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και καλούνται να αναλάβουν τον ρόλο ενός διευθυντή παραγωγής μιας ζυθοποιίας για ένα έτος. Ο στόχος τους είναι να λάβουν τις κατάλληλες αποφάσεις για την εβδομαδιαία παραγωγή της επιχείρησης και την εβδομαδιαία παραγγελία πρώτων υλών από τον προμηθευτή, ώστε να μεγιστοποιήσουν το κέρδος της επιχείρησης. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει να διαχειριστούν τόσο την παραγωγή της επιχείρησης όσο και την παραγγελία πρώτων υλών, με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφευχθεί η συσσώρευση υπερβολικού προϊόντος στο απόθεμα και αφετέρου να ελαχιστοποιούν οι απώλειες εσόδων από χαμένες πωλήσεις. Ωστόσο, το εγχείρημα δεν είναι και τόσο εύκολο καθώς η ζήτηση που αντιμετωπίζουν αυξομειώνεται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, ενώ υπάρχει και μια χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην απόφαση τους και στην εμφάνιση του αποτελέσματος.

Στο Κεφάλαιο 3, εξετάζουμε με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης κατά πόσο οι φοιτητές ήταν σε θέση να διαχειριστούν το σύστημα και να αποφύγουν τις υπερβολικές διακυμάνσεις ή χαμηλές επιδόσεις (πχ υπερβολικό απόθεμα ή χαμένες πωλήσεις). Έτσι, συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που πετυχαίνουν με δύο δείκτες. Ο πρώτος δείκτης απεικονίζει την βέλτιστη κατάσταση του συστήματος, όπου η ζήτηση ικανοποιείται πλήρως και δεν υπάρχει πλεονάζον απόθεμα. Ο δεύτερος δείκτης απεικονίζει την εξέλιξη του

συστήματος εάν δεν αλλάξουν τις αποφάσεις τους και συνεχίσουν μέχρι το τέλος με τις αρχικές τιμές (do nothing rule). Ο λόγος που το κάνουμε αυτό είναι για να εξετάσουμε αφενός την απόκλιση από το άριστο αποτέλεσμα και αφετέρου για να δούμε εάν επιβεβαιώνονται ευρήματα προηγούμενων ερευνών όπου οι παίκτες πετύχαιναν μικρότερο σκορ ακόμη και από την στρατηγική της μη αλλαγής των αποφάσεων (do nothing rule). Τέλος, εξετάζουμε το πόσο γρήγορα οι φοιτητές μαθαίνουν και εξοικειώνονται με το δυναμικό περιβάλλον με το οποίο αλληλεπιδρούν.

Η εξέταση της απόδοσης των παικτών γίνεται με τη χρήση περιγραφικής στατιστικής. Για να μελετήσουμε την εξέλιξη της απόδοσης των παικτών στο χρόνο, απεικονίζουμε διαγραμματικά την πορεία της τελικής τιμής του ισοζυγίου στους 15 γύρους της προσομοίωσης. Η διαγραμματική απεικόνιση μας βοηθά στο να δούμε εάν υπάρχουν ταλαντώσεις στην απόδοσή τους.

Επίσης, απεικονίζονται διαγραμματικά και οι μέσες τιμές των αποφάσεων τους κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, καθώς και οι μέσες τιμές των στοκ του μοντέλου. Επειδή οι μέσοι όροι ίσως να μη δίνουν ξεκάθαρη εικόνα, εξετάζουμε και τη διακύμανση και το εύρος τιμών κάθε παίχτη.

Οι στόχοι μας στην ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι δύο. Ο πρώτος είναι να εξετάσουμε την απόκλιση της απόδοσης των παικτών από το βέλτιστο αποτέλεσμα και ο δεύτερος εάν η απόδοση των παικτών βελτιώνεται ή μένει στάσιμη.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι παίκτες δυσκολεύτηκαν να παρακολουθήσουν όλες τις μεταβλητές, κάτι που είχε σαν συνέπεια η επίδοσή τους να έχει μεγάλες αποκλίσεις από την βέλτιστη επίδοση. Ακόμη, αρκετοί παίκτες δυσκολεύτηκαν να ξεπεράσουν την τιμή ακόμη και του πρώτου δείκτη. Η μάθηση των παικτών ήταν επίσης περιορισμένη, και για τους περισσότερους δεν υπήρχε σημαντική βελτίωση στην απόδοσή τους.

Κεφάλαιο 1

Νοητικά μοντέλα και λήψη αποφάσεων.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια βιβλιογραφική ανασκόπηση της θεωρίας στην οποία βασίζεται η παρούσα εργασία. Αρχικά, θα γίνει μια μικρή αναφορά σε κάποιες βασικές έννοιες της συστημικής δυναμικής ώστε να είναι περισσότερο ξεκάθαροι οι όροι που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία. Στη συνέχεια, θα γίνει μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας των νοητικών μοντέλων στη συστημική δυναμική, και στη σύνδεση των νοητικών μοντέλων με τη δυναμική διαδικασία λήψης αποφάσεων. Τέλος, θα αναφερθούμε στα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών με τη χρήση προσομοίωσης.

Ενότητα 1.1: Βασικές έννοιες της συστημικής δυναμικής

Σε αυτήν την ενότητα θα αναφερθούμε σε μερικές βασικές έννοιες της συστημικής δυναμικής, έτσι ώστε οι όροι που χρησιμοποιούνται στην εργασία να είναι ξεκάθαροι στον αναγνώστη.

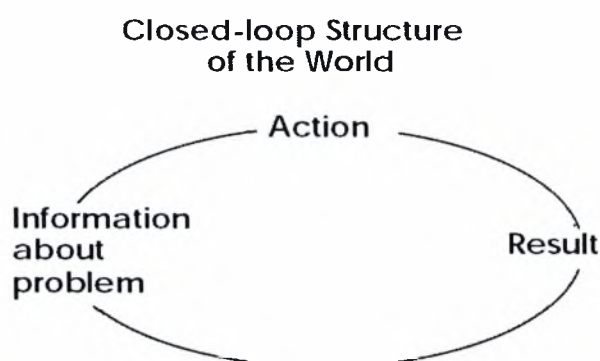
Η αφετηρία της συστημικής δυναμικής βρίσκεται στη δεκαετία του '50, όταν και ο J.W. Forrester δημοσίευσε τις πρώτες εργασίες του στη συστημική δυναμική (Forrester 1990). Από τότε και μέχρι σήμερα ο κλάδος έχει αναπτυχθεί και τα εργαλεία του χρησιμοποιούνται σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς, όπως πχ οικονομίας, διοίκησης, οικολογίας κλπ (Grøiiler et al 2008) ή με άλλα λόγια σε οποιοδήποτε δυναμικό σύστημα το οποίο χαρακτηρίζεται από αλληλεξάρτηση, αμοιβαία αλληλεπίδραση, ανατροφοδότηση στις πληροφορίες (information feedback) καθώς και κυκλική αιτιότητα (circular causality).

Η συστημική σκέψη ασχολείται με τη συμπεριφορά πολύπλοκων συστημάτων στο πέρασμα του χρόνου (Krejčí et al 2011). Σύμφωνα με τον Sterman (2000), η συστημική δυναμική είναι μια οπτική (perspective) και ένα σύνολο εργαλείων που εξυπηρετούν δύο βασικούς στόχους. Από την μια μας βοηθούν στο να κατανοήσουμε τη δομή και τη δυναμική πολύπλοκων συστημάτων. Από την άλλη, είναι μια μέθοδος που μας βοηθά στο να φτιάξουμε προσομοιώσεις περίπλοκων συστημάτων στον υπολογιστή και να τις χρησιμοποιήσουμε ώστε να σχεδιάσουμε αποτελεσματικότερες πολιτικές και δομές.

Δηλαδή, μέσω της συστημικής δυναμικής μας επιτρέπεται να αναλύσουμε ένα πολύπλοκο σύστημα στα συστατικά που το αποτελούν και ύστερα να τα ενώσουμε σε μια ολότητα που μπορεί ευκολότερα να απεικονισθεί και να προσομοιωθεί (Tang και Vijay 2001).

Η δομή ενός δυναμικού συστήματος συγκροτείται από βρόγχους ανατροφοδότησης. Με τον όρο δομή, εννοούμε τα στοιχεία (elements) που απαρτίζουν ένα σύστημα καθώς και τις συνδέσεις μεταξύ τους (Forrester 1991). Μέσω των βρόγχων ανατροφοδότησης, η τωρινή κατάσταση ενός συστήματος οδηγεί σε αποφάσεις που προκαλούν αλλαγές στην κατάσταση του συστήματος, οι οποίες αλλαγές καθορίζουν και το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα ληφθούν οι μεταγενέστερες αποφάσεις (Forrester 1994a).

Αυτό αποτυπώνεται περισσότερο καθαρά στη σχήμα 1, όπου κάθε δράση βασίζεται στις ισχύουσες καταστάσεις, η δράση μεταβάλλει την κατάσταση του συστήματος και η νέα κατάσταση αποτελεί τη βάση για την λήψη των μελλοντικών αποφάσεων.



Σχήμα 1: Απεικόνιση ενός κλειστού βρόγχου ανατροφοδότησης, όπου οι τωρινές αποφάσεις οδηγούν σε δράσεις που μεταβάλλουν το πλαίσιο που θα ληφθούν οι μελλοντικές αποφάσεις.

Forrester 1991: System Dynamics and the Lessons of 35 Years

Μέσω των βρόγχων ανατροφοδότησης κάθε δράση προκαλεί και μια αντίδραση, δηλαδή οι παρενέργειες είναι αναπόφευκτες και ότι οι αποφάσεις πυροδοτούν συνέπειες που είναι μακρινές στο χώρο και στον χρόνο (Sterman 2002).

Οι βρόγχοι ανατροφοδότησης συγκροτούνται μέσω αιτιατών συνδέσμων (causal links) μεταξύ των στοιχείων (Grpiller et al 2008). Ένας αιτιατός σύνδεσμος είναι ένα διάγραμμα που

αποτελείται από λέξεις και βέλη (word and arrow), σαν και αυτό που παρουσιάζεται στην σχήμα 2. Για να υπάρξει ένας βρόγχος ανατροφοδότησης απαιτούνται τουλάχιστον δύο αιτιατοί σύνδεσμοι (Wheat 2007).

Supply  **Price**

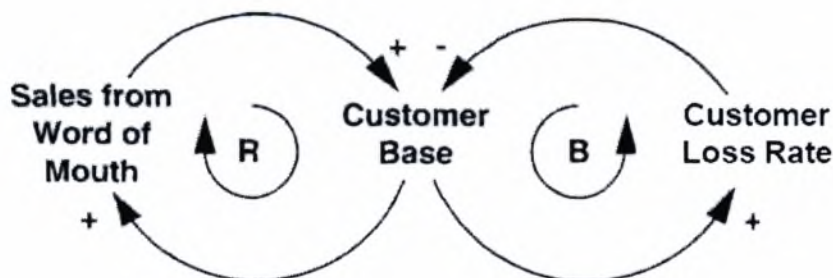
Σχήμα 2: Απεικόνιση ενός αιτιατού συνδέσμου στη συστημική δυναμική Wheat, David, 2007. The Feedback Method - A System Dynamics Approach to Teaching Macroeconomics

Το αρνητικό πρόσημο δηλώνει ότι υπάρχει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Δηλαδή, εάν αυξηθεί η προσφορά, τότε θα μειωθεί η τιμή. Αυτή η αρνητική πολικότητα σημαίνει ότι οι μεταβλητές κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις. Εάν υπήρχε το σύμβολο (+), τότε θα σήμαινε ότι υπάρχει θετική πολικότητα, και οι μεταβλητές κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση (Sterman 2000)

Υπάρχουν δύο ειδών βρόγχοι ανατροφοδότησης: αρνητικοί (goal seeking) και θετικοί (reinforcing).

Ένας αρνητικός βρόγχος ανατροφοδότησης εξισορροπεί το σύστημα ύστερα από μια διαταραχή και το επαναφέρει σε μια κατάσταση ισορροπίας. Αντίθετα, ένας θετικός βρόγχος ανατροφοδότησης τείνει να ενισχύει τη συμπεριφορά του συστήματος (Senge 2010).

Ένα παράδειγμα σχετικά με τα δύο είδη βρόγχων παρουσιάζεται στη σχήμα 3. Εδώ βλέπουμε το πως η πελατειακή βάση αυξάνεται μέσω της αύξησης των άμεσων πωλήσεων και μειώνεται από τον ρυθμό απώλειας των πελατών (Sterman 2000).



Σχήμα 3: Απεικόνιση ενός θετικού (sales from word of mouth) και ενός αρνητικού βρόγχου (customer loss rate) Sterman, J. (2000); Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World

Η έννοια των βρόγχων ανατροφοδότησης είναι μείζονος σημασίας στη συστημική δυναμική (Grøiler et al 2008), καθώς μέσω των βρόγχων αναπαράγεται η δυναμική συμπεριφορά του συστήματος (Forrester 1969). Εξάλλου, η απεικόνιση ενός συστήματος μέσω των βρόγχων ανατροφοδότησης μας βοηθά στο να αποκτήσουμε μια ολιστική προσέγγιση, καθώς αναδεικνύονται τα μέρη του συστήματος και οι συνδέσεις μεταξύ τους (Senge 2010).

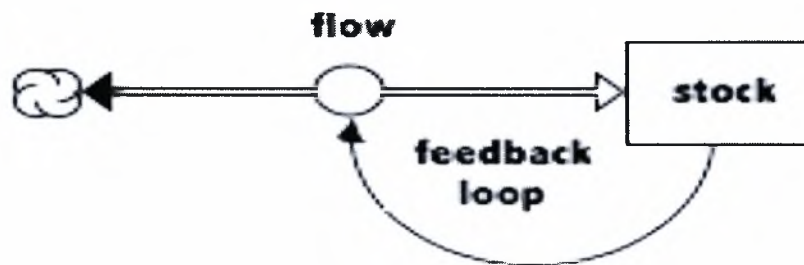
Ένας βρόγχος ανατροφοδότησης αποτελείται από δύο ειδών μεταβλητών: τα στοκ (stocks) και τις ροές (flows) (Forrester 1969). Τα στοκ αποτελούν μια συσσώρευση υλικών ή πληροφορίας (Wheat 2007) και χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν ποια είναι η συγκεκριμένη κατάσταση του συστήματος (Groesser και Schaffernicht, 2012). Πχ ποιο είναι το ύψος του αποθέματος, ή πόσους εργαζόμενους έχει στο δυναμικό της η επιχείρηση ή ποιο είναι το ύψος του τραπεζικού λογαριασμού κλπ.

Επίσης τα στοκ χρησιμοποιούνται σαν βάση για τη λήψη αποφάσεων ενώ αποτελούν την μνήμη του συστήματος. Αυτό διότι συσσωρεύουν παλαιότερα γεγονότα. Τα στοκ μπορούν να μεταβληθούν μόνο μέσω των ροών τους. Δίχως κάποια μεταβολή στις ροές, η παρελθούσα συσσώρευση συνεχίζει να υφίσταται (Sterman 2000).

Επίσης, τα στοκ προκαλούν μια χρονική καθυστέρηση στο σύστημα. Η καθυστέρηση είναι μια διαδικασία που η εκροή υπολείπεται χρονικά της εισροής. Για παράδειγμα, υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην απόφαση για παραγωγή και την παράδοση του τελικού προϊόντος. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, υπάρχει μια εφοδιαστική αλυσίδα υλικών και πληροφοριών που αποθηκεύονται σε διάφορα στοκ μέχρι την μετατροπή τους στο τελικό προϊόν (Sterman 2000).

Τα στοκ μεταβάλλονται μόνο μέσα από τις ροές (Forrester 1969), ή με άλλα λόγια η ροή είναι ο ρυθμός μεταβολής ενός στοκ (Wheat 2007). Το ύψος της ροής εξαρτάται από τις πληροφορίες που λαμβάνονται από το στοκ (Forrester 1994). Πχ η απόφαση για το ύψος της παραγωγής (που είναι ροή) εξαρτάται από το ύψος του αποθέματος (που είναι στοκ).

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ο απλούστερος βρόγχος σε ένα μοντέλο συστημικής δυναμικής, που αποτελείται από μια ροή και ένα στοκ. Το μέγεθος του στοκ δίνει τις απαραίτητες πληροφορίες για το καθορισμό της ροής. Αφού το στοκ μεταβληθεί, τότε οι νέες πληροφορίες θα χρησιμοποιηθούν για την επόμενη απόφαση και ούτω καθ' εξής.



Σχήμα 4: Παρουσίαση του απλούστερου βρόγχου, με μόνο μια ροή και ένα στοκ

Wheat, D (2007): The Feedback Method - A System Dynamics Approach to Teaching Macroeconomics

Ο συνδυασμός των διαφόρων βρόγχων ανατροφοδότησης καθώς και η ύπαρξη της χρονικής καθυστέρηση προκαλεί συμπεριφορές οι οποίες είναι αρκετά δύσκολο να κατανοηθούν διαισθητικά από τα άτομα (Sweeny and Sterman 2000). Ένας τρόπος για να ξεπεραστεί η παραπάνω δυσκολία και να παρατηρηθεί η συμπεριφορά του συστήματος, είναι η σχεδίαση μιας προσομοίωσης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή (Größler et al 2008).

Οι πληροφορίες για τη σχεδίαση της προσομοίωσης προέρχονται από τα νοητικά μοντέλα των ατόμων που εμπλέκονται στο σύστημα (Sterman 1988). Σε απουσία γραπτών ή αριθμητικών δεδομένων, η νοητική βάση δεδομένων των ατόμων αποτελεί μια εξαιρετικά πλούσια πηγή πληροφοριών (Forrester 1994).

Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι υπάρχει μια αμφίδρομη σχέση μεταξύ των νοητικών μοντέλων και των προσομοιώσεων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Τα νοητικά μοντέλα συνεισφέρουν στη διαδικασία σχεδίασης της προσομοίωσης. Για να συμβεί όμως αυτό θα πρέπει πρώτα να υπάρξει η κατανόηση και η καταγραφή των νοητικών μοντέλων που κουβαλούν τα άτομα στο κεφάλι τους. Έπειτα, μέσω της προσομοίωσης αναδεικνύονται πτυχές της συμπεριφοράς του συστήματος που μέχρι τώρα ήταν άγνωστες. Αυτές οι νέες πληροφορίες αναβαθμίζουν την ποιότητα των νοητικών μοντέλων. Τα νοητικά μοντέλα θα εξακολουθήσουν να αποτελούν τη βάση για τη λήψη των αποφάσεων, όμως τώρα θα είναι περισσότερο σχετικά με το σύστημα που αλληλεπιδρούν (Forrester 2009).

Με βάση το παραπάνω μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε την σημασία που έχουν τα νοητικά μοντέλα στο πεδίο της συστημικής δυναμικής. Στην ενότητα που προηγήθηκε κάναμε μια μικρή εισαγωγή σε μερικές βασικές έννοιες της συστημικής δυναμικής. Στη

συνέχεια θα ασχοληθούμε με τα νοητικά μοντέλα στο πεδίο της συστημικής δυναμικής και στο πώς επηρεάζουν την διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Ενότητα 1.2 : Τα νοητικά μοντέλα στη συστημική δυναμική.

Η έρευνα πάνω στα νοητικά μοντέλα είναι αρκετά δημιουργική και έχει αξιοποιηθεί σε πολλά πεδία έρευνας. Η ιδέα των νοητικών μοντέλων έχει χρησιμοποιηθεί σε πεδία που διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους, όπως νοητική ψυχολογία και συστημική δυναμική (Brown et al 2009).

Ο πρώτος που μίλησε για νοητικά μοντέλα ήταν ο Craik (1943), ο οποίος στο έργο του *The nature of explanations* υποστήριξε ότι οι άνθρωποι κουβαλούν στο κεφάλι τους ένα μικρής κλίμακας μοντέλο σχετικά με το πώς λειτουργεί ο κόσμος (Jones et al 2011). Σύμφωνα με τον Craik οι άνθρωποι μεταφράζουν τα εξωτερικά γεγονότα σε εσωτερικά μοντέλα. Η αιτιολόγηση λαμβάνει χώρα μέσω χειρισμού συμβολικών αναπαραστάσεων και μετάφρασης τους σε δράσεις ή μέσω αντιστοίχισης των εξωτερικών γεγονότων και των εσωτερικών τους αναπαραστάσεων (Staggers και Norcio 1993).

Η ιδέα ότι το ανθρώπινο μυαλό δημιουργεί, αποθηκεύει και χειρίζεται εσωτερικά μοντέλα των δυναμικών συστημάτων με τα οποία αλληλεπιδρά αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο τόσο στη θεωρία όσο και στην εφαρμογή της συστημικής δυναμικής από την ίδρυση της (Doyle et al 2002). Και αυτό διότι στην απουσία γραπτών και αριθμητικών δεδομένων, οι πληροφορίες που πηγάζουν από τα νοητικά μοντέλα σχετικά με τη δομή και τις σχέσεις ενός δυναμικού συστήματος επιτρέπουν την κατασκευή ενός δυναμικού μοντέλου στον υπολογιστή (Jones et al 2011). Δεν αποτελεί λοιπόν έκπληξη το γεγονός ότι ένας από τους βασικούς στόχους της συστημικής δυναμικής είναι αρχικά η χαρτογράφηση και στη συνέχεια η βελτίωση των νοητικών μοντέλων. Παρά τη μεγάλη τους σημασία που έχουν στη συστημική δυναμική, τα νοητικά μοντέλα παραμένουν ένας από τους λιγότερο ξεκάθαρα ορισμένους όρους.

Στη συστημική δυναμική, ο όρος νοητικά μοντέλα αναφέρεται για πρώτη φορά από τον Forrester (1961), στο *Industrial Dynamics* όπου κάνει μια πρώτη εισαγωγή του όρου:

«Μια νοητική εικόνα ή μια προφορική περιγραφή μπορεί να δημιουργήσει το μοντέλο ενός οργανισμού καθώς και των διαδικασιών του. Οι managers έχουν συνέχεια τέτοιες νοητικές και προφορικές εικόνες του οργανισμού. Δεν απεικονίζουν με απόλυτη ακρίβεια τον

οργανισμό, ούτε είναι και απαραίτητα σωστές. Απλώς είναι μοντέλα που αντικαθιστούν στον τρόπο σκέψης μας τον αληθινό οργανισμό» (σελ 49)

Σε μια σειρά από μετέπειτα άρθρα, ο Forrester προσπάθησε να δώσει περισσότερες λεπτομέρειες γύρω από τη φύση των νοητικών μοντέλων.

« Η νοητική εικόνα που έχουμε στο κεφάλι μας σχετικά με τον κόσμο γύρω μας είναι ένα μοντέλο. Κανείς δεν κουβαλά μια πόλη ή μια χώρα ή μια κυβέρνηση στο κεφάλι του. Αντίθετα, έχει μόνο επιλεγμένες έννοιες και σχέσεις τις οποίες χρησιμοποιεί για να αναπαραστήσει το αληθινό σύστημα» (Forrester 1971, σελ 213)

Στα χρόνια που ακολούθησαν, διάφοροι συγγραφείς προσπάθησαν να δώσουν έναν ορισμό για τα νοητικά μοντέλα. Ωστόσο, παρά τις απόπειρες που υπήρξαν, δεν βρέθηκε κάποιος κοινά αποδεκτός ορισμός του όρου (Doyle και Ford 1998). Ενδεικτικά, ακολουθούν κάποιες απόπειρες ορισμού των νοητικών μοντέλων από διάφορους συγγραφείς.

Σύμφωνα με τους Meadows et al (1994) τα νοητικά μοντέλα είναι μια απλοποιημένη αναπαράσταση της πραγματικότητας που κουβαλάνε τα άτομα στο κεφάλι τους και δεν είναι άμεσα προσβάσιμα στους άλλους. Τροφοδοτούνται και εμπλουτίζονται μέσω των αντιλήψεων και των εμπειριών που έχουν τα άτομα με το περιβάλλον τους.

Για τον Senge (2010) τα νοητικά μοντέλα είναι βαθιά ριζωμένες υποθέσεις, γενικεύσεις ή ακόμη και εικόνες οι οποίες επηρεάζουν το πώς κατανοούμε τον κόσμο και αναλαμβάνουμε δράση. Πολύ συχνά, δεν έχουμε επίγνωση της ύπαρξής τους ή το πώς επηρεάζουν τη συμπεριφορά μας.

Σύμφωνα με τους O'Connor και McDermott (1997) τα νοητικά μοντέλα είναι βαθιά ριζωμένες παραδοχές, στρατηγικές και οπτικές γωνίες πάνω σε οποιοδήποτε πράγμα κάνουμε. Είναι γενικές ιδέες που καθορίζουν τη σκέψη και τη δράση μας και μας οδηγούν στο να περιμένουμε συγκεκριμένα αποτελέσματα. Είναι οι θεωρίες που χρησιμοποιούμε (theories in use), βασιζόμενοι κυρίως στην παρατήρηση και την εμπειρία μας. Έχουν δουλέψει στο παρελθόν και επομένως περιμένουμε να δουλέψουμε και στο μέλλον. Είναι οι χάρτες που χρησιμοποιούμε για τις μελλοντικές μας εξορμήσεις, βασιζόμενοι στην εμπειρία σχετικά με το τι φάνηκε επιτυχημένο στο παρελθόν. Συνεπώς, σχηματίζουν τις πεποιθήσεις μας καθώς τα εφαρμόζουμε στην πραγματική μας ζωή. Μπορεί ενδεχομένως να μη τα εκθέτουμε (preach them) στους άλλους, ωστόσο τα εφαρμόζουμε.

Ένα περισσότερο περίπλοκο ορισμό δίνει ο Morecroft (1992) που βλέπει τα νοητικά μοντέλα σαν ένα δυναμικό υπόδειγμα συνδέσεων που περιλαμβάνουν ένα κύριο δίκτυο ‘γνωστών’ γεγονότων και εννοιών, και μια τεράστια μήτρα δυνητικών συνδέσεων που ενεργοποιούνται από τη σκέψη και τη ροή της συζήτησης.

Οι Richardson et al (1994) θεωρούν ότι τα νοητικά μοντέλα είναι πολύπλευρα και περιλαμβάνουν ξεχωριστά υπό-μοντέλα που εστιάζουν στους σκοπούς (στόχους), τα μέσα (στρατηγικές, τακτικές, πολιτικές) καθώς και τις συνδέσεις μεταξύ τους (the means/ends model).

Ο Sterman (1994), υποστηρίζει ότι τα νοητικά μοντέλα τονίζουν τους σιωπηρούς αιτιατούς χάρτες του συστήματος, τις πεποιθήσεις για το δίκτυο των αιτιών και των αποτελεσμάτων που περιγράφουν το πώς δουλεύει το σύστημα, τα όρια του μοντέλου (τις εξωγενείς μεταβλητές) και τον χρονικό ορίζοντα που θεωρούμε σχετικό.

Οι παραπάνω απόπειρες αναδεικνύουν και την έλλειψη συμφωνίας που υπάρχει γύρω από ένα μοναδικό και κοινά αποδεκτό ορισμό του όρου ‘νοητικά μοντέλα’. Ωστόσο, ενώ το περιεχόμενο των διαθέσιμων ορισμών διαφέρει αρκετά, ο γενικός χαρακτήρας τους είναι πάνω κάτω ο ίδιος (Doyle και Ford 1998). Όμως, το πρόβλημα που προκύπτει από την απουσία ενός ακριβή, κοινού ορισμού είναι ότι ο αναγνώστης ερμηνεύει τη σημασία τους κατά το δοκούν (Staggers και Norcio 1993).

Σε μια προσπάθεια να λύσουν το παραπάνω πρόβλημα, οι Doyle και Ford (1998) εισήγαγαν την έννοια των νοητικών μοντέλων δυναμικών συστημάτων (MMDS) περιλαμβάνοντας έτσι τις δυναμικές πτυχές της πραγματικότητας (Groesser και Schaffernicht 2012), δίνοντας παράλληλα έμφαση σε διάφορα χαρακτηριστικά των νοητικών μοντέλων που έχουν επισημανθεί τόσο από την βιβλιογραφία της Συστημικής Δυναμικής (ΣΔ), όσο και από τη βιβλιογραφία της νοητικής ψυχολογίας (Kim 2009). Έπειτα από μια επισημάνση του Lane (1999), ο τελικός ορισμός που έδωσαν ήταν ο ακόλουθος:

«Υποθέτουμε ότι ένα νοητικό μοντέλο ενός δυναμικού συστήματος, είναι μια σχετικά διαρκής και προσβάσιμη, αλλά περιορισμένη, εσωτερική εννοιολογική απεικόνιση ενός εξωτερικού συστήματος (ιστορικό, υπαρκτό ή κατασκευασμένο), της οποίας η δομή είναι ανάλογη της δομής του εξωτερικού συστήματος, όπως εκείνο γίνεται αντιληπτό» (Doyle & Ford, 1999)

Το πιο σημαντικό κομμάτι του ορισμού βρίσκεται ίσως στο τέλος και δηλώνει ότι η δομή του νοητικού μοντέλου είναι ανάλογη της αντιληφθείσας δομής του εξωτερικού συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι το νοητικό μοντέλο δεν είναι σίγουρο θα αναπαριστά ικανοποιητικά το πραγματικό σύστημα, καθώς αυτό εξαρτάται από την ακρίβεια της αντιληπτικής ικανότητας του ατόμου (Doyle et al 2002). Ωστόσο, σύμφωνα με τους Groesser και Schaffernicht (2012) αυτή η φράση είναι αρκετά θολή, καθιστώντας την ερμηνεία της δύσκολη.

Οι Groesser και Schaffernicht (2009) αποπειράθηκαν να ξεδιαλύνουν τον παραπάνω ορισμό, παρουσιάζοντας διαγραμματικά την εννοιολογική απεικόνιση ενός νοητικού μοντέλου στη συστημική δυναμική, και προσθέτοντας παράλληλα τις έννοιες των βρόγχων ανατροφοδότησης και των ροών και συσσωρεύσεων (stock & flows) στον διαθέσιμο ορισμό. Ο ορισμός που πρότειναν ήταν :

«ένα νοητικό μοντέλο ενός δυναμικού συστήματος είναι μια σχετικά διαρκής και προσβάσιμη, αλλά περιορισμένη, εσωτερική εννοιολογική απεικόνιση ενός εξωτερικού συστήματος (ιστορικό, υπαρκτό, ή κατασκευασμένο) σε όρους θετικών (reinforcing) και αρνητικών (balancing) βρόγχων ανατροφοδότησης που προκύπτουν από τις ροές και τις συσσωρεύσεις (Stock & flow variables) οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με χρονική καθυστέρηση μέσω μη γραμμικών σχέσεων. Η δομή του νοητικού μοντέλου είναι ανάλογη της αντιληφθείσας δομής του εξωτερικού συστήματος» (Groesser και Schaffernicht 2009, σελ 16)

Ενότητα 1.3: Χαρακτηριστικά των νοητικών μοντέλων

Οι παραπάνω ορισμοί μας περιγράφουν από μια θεωρητική σκοπιά τον γενικό χαρακτήρα των νοητικών μοντέλων. Ωστόσο, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ποια είναι τα χαρακτηριστικά των νοητικών μοντέλων που έχουν οι άνθρωποι όταν λαμβάνουν αποφάσεις σε συνθήκες δυναμικής πολυπλοκότητας.

Παρόλο που αρκετοί ερευνητές ίσως διαφωνήσουν για τον ακριβή ορισμό των νοητικών μοντέλων, εντούτοις υπάρχει μια γενική συμφωνία πάνω στις ελλείψεις και τις ατέλειες τους (Doyle et al 2008). Μια σειρά ερευνών έχει εντοπίσει ένα αριθμό από ατέλειες και μεροληψίες που έχουν τα νοητικά μοντέλα και κατά συνέπεια οι αποφάσεις που βασίζονται σε αυτά. Παρακάτω, παρατίθενται οι ατέλειες των νοητικών μοντέλων, όπως αυτές έχουν καταγραφεί σε διάφορες έρευνες.

Τα νοητικά μοντέλα είναι υπερβολικά απλοποιημένα (Sterman 1988). Ενώ ένα μοντέλο πρέπει να είναι μια απλοποιημένη αναπαράσταση της πραγματικότητας ώστε να είναι χρήσιμο (Meadows et al, 2004), τα νοητικά μοντέλα συχνά είναι τόσο απλά που παραλείπουν πληροφορίες που είναι κρίσιμες για την κατανόηση της δυναμικής του συστήματος (Doyle et al 2002).

Οι άνθρωποι γενικά δεν είναι καλοί εκτιμητές της δυναμικής συμπεριφοράς περίπλοκων συστημάτων, καθώς ο αριθμός των μεταβλητών που μπορούν να συσχετίσουν μεταξύ τους είναι πολύ περιορισμένος (Forrester 1994 a). Έτσι, τα νοητικά μοντέλα σπάνια μπορούν να προσομοιωθούν με ακρίβεια (Norman 1983), κυρίως διότι η δυναμική ακόμη και των πιο απλών συστημάτων ξεπερνά τις δυνατότητες του ανθρώπινου μυαλού να εκτιμήσει τις συνέπειες που θα προκύψουν από τις αποφάσεις του (Doyle et al 2002).

Τα νοητικά μοντέλα δεν έχουν δημιουργηθεί με ‘επιστημονικό τρόπο’ (unscientific). Δηλαδή, συνήθως συγκροτούνται από απλοϊκές εξηγήσεις δίχως να λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τις αντίπαλες υποθέσεις από αυτές που διατηρούν (Sterman 1994). Αντίθετα, εξακολουθούν να διατηρούν, στα όρια της δεισιδαιμονίας (superstitious), συμπεριφορές που ενώ γνωρίζουν ότι είναι άσκοπες, εν τούτοις τις συνεχίζουν καθώς τους γλιτώνουν από τη νοητική προσπάθεια που απαιτείται για να τις αλλάξουν (Norman 1983).

Τα νοητικά μοντέλα είναι συνήθως ‘ακατάστατα’ ή αδιευθέτητα (sloppy and messy), με την έννοια ότι τα αιτιατά μονοπάτια (causal pathways) έχουν κενά, παραλείψεις και συχνά οδηγούν σε αδιέξοδο. Επιπροσθέτως, τα όρια τους είναι ασαφή και συχνά ευμετάβλητα, ενώ η σταθερότητα τους δεν είναι εξασφαλισμένη καθώς ενδέχεται να αλλάξουν μέσα στο χρόνο, ακόμη και κατά τη διάρκεια μιας απλής συζήτησης (Forrester 1971). Αυτή η έλλειψη ολοκλήρωσης και συνέχειας καθιστά ακόμη πιο δύσκολη την νοητική προσομοίωση (Doyle et al 2008).

Τα νοητικά μοντέλα, ιδιαίτερα για τους αρχάριους σε κάθε τομέα, τείνουν περισσότερο εύκολα σε λάθη και μεροληψίες οι οποίες είναι αποτέλεσμα μια μεροληπτικής πληροφόρησης (Sterman 1988), υποθέσεων και πεποιθήσεων που έχουν παραμείνει ανεξέταστες (Senge 2010), υπερβολικής αυτοπεποίθησης και στήριξης σε μια πηγή πληροφόρησης (Doyle et al 2002), καθώς και άλλων εμποδίων στη μάθηση (Sterman 1994).

Επίσης, υπάρχουν δυσκολίες στη σωστή εκτίμηση των χρονικών καθυστερήσεων που υπάρχουν μέσα στο σύστημα, με συνέπεια να δημιουργούνται ταλαντώσεις και αστάθειες

(Sterman 1989a). Πιο συγκεκριμένα, είναι αρκετά δύσκολο για τα άτομα να κατανοήσουν δράσεις οι οποίες έχουν δρομολογηθεί, όμως τα αποτελέσματα τους δεν έχουν εκδηλωθεί ακόμη στο σύστημα (Fu και Gonzales, 2006). Αυτό σημαίνει ότι η ικανότητα μας να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο εμφανίζονται οι συνέπειες των πράξεων μας είναι περιορισμένη (Sterman 2002) Το αποτέλεσμα είναι οι άνθρωποι να τείνουν να αναλαμβάνουν δράσεις που προσφέρουν ένα βραχυπρόθεσμο όφελος, που όμως οι μακροπρόθεσμες συνέπειες τους χειροτερεύουν την κατάσταση τους (Forrester 1994 b).

Ένα άλλο πρόβλημα των νοητικών μοντέλων είναι ότι αδυνατούν να εκτιμήσουν σωστά μη γραμμικές σχέσεις μεταξύ δύο μεταβλητών. Τέτοιες σχέσεις σχεδόν πάντοτε απλοποιούνται και απεικονίζονται νοητικά σε μια γραμμική μορφή. Για παράδειγμα, σε ένα πείραμα οι άνθρωποι ρωτήθηκαν πόσο πυκνό θα είναι ένα χαρτί όταν διπλωθεί 100 φορές. Οι περισσότεροι υπόθεσαν ότι υπήρχε μια γραμμική ανάπτυξη, δίνοντας έτσι απαντήσεις σε μέτρα ή πόδια. Ωστόσο, η ανάπτυξη είναι εκθετική και η σωστή απάντηση είναι μια απόσταση 800 τρις φορές την απόσταση ανάμεσα στη Γη και τον Ήλιο (Doyle et al 2002).

Επίσης, τα νοητικά μοντέλα των ανθρώπων αντιμετωπίζουν μεγάλο πρόβλημα στην κατανόηση της λειτουργίας των ροών και των συσσωρεύσεων (stock & flow) (Sweeney and Sterman 2001). Αυτό συμβαίνει διότι το ανθρώπινο μυαλό δεν μπορεί να αντιληφθεί εύκολα τη διαδικασία της αλλαγής. Αντιθέτως, τείνει να βλέπει τις αλλαγές σαν μια σειρά από καταστάσεις (states), όπως πχ το ύψος ενός αποθέματος, οι τιμές των οποίων καθιστούν εφικτή την αντίληψη της αλλαγής (Sliwa 2010).

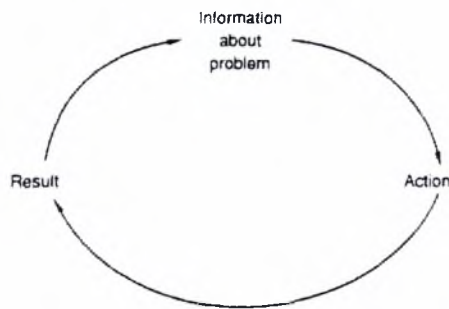
Ακόμη τα νοητικά μοντέλα των ανθρώπων αδυνατούν να συλλάβουν εύκολα την έννοια της ανατροφοδότησης (feedback). Οι άνθρωποι γενικά υιοθετούν έναν βασισμένο σε γεγονότα (event oriented), ανοιχτό βρόγχο για να ερμηνεύσουν τις αιτίες του προβλήματος (Sterman 2001). Το παραπάνω απεικονίζεται και στη σχήμα 2, όπου οι άνθρωποι συγκρίνουν τους στόχους τους με την κατάσταση που επικρατεί. Η διαφορά μεταξύ των δύο καθορίζει το πρόβλημα προς επίλυση. Λαμβάνουν τις αποφάσεις που πιστεύουν ότι θα λύσει το πρόβλημα, βλέπουν τα αποτελέσματα και προχωρούν παρακάτω.



Σχήμα 5: Μια βασισμένη σε γεγονότα (event oriented) οπτική του κόσμου

Sterman 2001: System Dynamics Modeling: Tools for Learning in a Complex World

Ωστόσο, πολλές φορές δεν έρχεται το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αυτό συμβαίνει διότι δεν έχει ληφθεί υπόψη η διαδικασία της ανατροφοδότησης. Μια πιο ρεαλιστική δομή απεικονίζεται στη σχήμα 6.



Σχήμα 6: η δομή ενός βρόγχου ανατροφοδότησης μέσα στον οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις
Forrester (1994): Policies, decisions and information sources for modeling

Ο παραπάνω βρόγχος δείχνει ότι τα συμπτώματα, η δράση και η λύση δεν είναι απομονωμένα σε μια γραμμική σχέση αιτίας αποτελέσματος, αλλά συνυπάρχουν σε μια κυκλική και αλληλεπιδρώμενη δομή. Σε μια τέτοια δομή, μια δράση δεν θα επιφέρει απαραίτητα το σωστό αποτέλεσμα, καθώς είναι πιθανόν να προκαλέσει διακυμάνσεις, ταλαντώσεις ή ακόμη να ενισχύσει τις αιτίες του προβλήματος (Forrester 1994 a).

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των νοητικών μοντέλων είναι ότι οι άνθρωποι προτιμούν να αναζητούν απλές, μοναδικές αιτίες για τα γεγονότα παρά να δημιουργούν ένα περίπλοκο δίκτυο από πολλαπλές, αλληλοσχετιζόμενες αιτίες (Doyle et al 2002). Επίσης, δείχνουν μια προτίμηση για τις αιτίες που είναι σχετικά κοντά στο χώρο και στον χρόνο (Forrester 1994, b). Ωστόσο, αυτό συμβαίνει μόνο σε απλά συστήματα, πχ εάν αγγίξει το χέρι το φλόγα τότε θα καεί (ένα αποτέλεσμα που η αιτία του είναι προφανής). Όμως, σε πολύπλοκα συστήματα η αιτία ενός συμπτώματος ενδέχεται να είναι πολύ μακρινή στο χρόνο και να έχει προκύψει από ένα διαφορετικό μέρος του συστήματος (Forrester 1996). Ένα καλό παράδειγμα στο παραπάνω δίνει ο Levitt (2005), σχετικά με την αιτία της ραγδαίας πτώσης της εγκληματικότητας στα μέσα της δεκαετίας του 1990. Ενώ οι ειδικοί πίστευαν ότι η εγκληματικότητα θα συνεχίσει την ανοδική της πορεία, εν τέλει η πραγματικότητα τους διάψευσε κατηγορηματικά. Η συντριπτική πλειοψηφία των πολιτικών, ΜΜΕ, επιστημόνων απέδωσε αυτήν την πτώση σε μια σειρά από παράγοντες που είναι σχετικά κοντά στο χρόνο, όπως πχ αυξημένα κονδύλια στην αστυνομία. Ωστόσο, ο Levitt υποστήριξε ότι η πραγματική αιτία βρισκόταν στην απελευθέρωση των αμβλώσεων που συνέβη αρκετά χρόνια πριν. Η ιδέα ήταν ότι οι γυναίκες που δεν θα μπορούσαν να προσφέρουν μια ικανοποιητική περίθαλψη

στα παιδιά τους είχαν πλέον την δυνατότητα να αποφύγουν τη γέννα. Με αυτόν τον τρόπο μειώθηκε ο αριθμός των παιδιών που μεγάλωνε σε προβληματικό περιβάλλον και άρα είχε αυξημένη τάση προς παραβατικότητα. Τέλος, σύμφωνα με τον Sterman (2002), στην αναζήτηση των αιτιών συνηθίζουμε να αποφεύγουμε να περιλάβουμε την ατομική μας ευθύνη για το πρόβλημα και τείνουμε να πιστεύουμε ότι το πρόβλημα οφείλεται σε κάποιο εξωτερικό γεγονός.

Πέρα από τις αδυναμίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι Doyle et al (2002) υποστήριξαν ότι υπάρχει μια έμφυτη χρονική καθυστέρηση στην αλλαγή των νοητικών μοντέλων. Όταν τα νοητικά μοντέλα ανανεώνονται με νέες πληροφορίες, οι παλιές πληροφορίες δεν διαγράφονται αυτόματα από την μνήμη, αλλά συνυπάρχουν με τις καινούργιες. Αυτό σημαίνει ότι είναι πιθανό να ανακληθούν και να επηρεάσουν τη λήψη μιας απόφασης.

Θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι οι παραπάνω ατέλειες των νοητικών μοντέλων οφείλονται στη φύση των δυναμικών συστημάτων. Ο Sterman (1994), ανέφερε μια σειρά από παράγοντες που εμποδίζουν τη μάθηση όπως πχ άγνωστη δομή του δυναμικού συστήματος, χρονική καθυστέρηση στη λήψη της ανατροφοδότησης, ύπαρξη πολλαπλών και συγκεχυμένων μεταβλητών κα. Ωστόσο, τα ίδια αποτελέσματα παρατηρούνται και όταν οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με απλά συστήματα, σε ένα εργαστηριακό περιβάλλον, έχοντας πλήρη πληροφόρηση, άμεση ανατροφοδότηση και δυνατότητα απομόνωσης της επίδρασης κάθε μεταβλητής (Doyle et al 2002). Από το παραπάνω προκύπτει ότι ατέλειες των νοητικών μοντέλων δεν οφείλονται σε κάποιους εξωτερικούς παράγοντες, αλλά σε έμφυτες αδυναμίες του ανθρώπινου μυαλού, που περιορίζουν την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας επεξεργασίας πληροφοριών.

Το πιο σημαντικό νοητικό εμπόδιο είναι ίσως η περιορισμένη χωρητικότητα της βραχύχρονης μνήμης (working memory). Σε αντίθεση με τη μακρόχρονη μνήμη, που περιλαμβάνει όσα έχουμε μάθει και θεωρείται πως δεν έχει κάποιο συγκεκριμένο όριο (Yasarcan 2010), η βραχύχρονη μνήμη που είναι υπεύθυνη για την επεξεργασία των πληροφοριών και την μάθηση έχει μια αρκετά περιορισμένη χωρητικότητα (Bannert 2002). Εάν ο νοητικός φόρτος εργασίας (cognitive load) που απαιτείται για την ολοκλήρωση του εγχειρήματος, ξεπερνά την χωρητικότητα της βραχύχρονης μνήμης, τότε τα άτομα αδυνατούν να ανταπεξέλθουν με απόλυτη επιτυχία στο εγχείρημα και η μάθηση που αποκομίζουν είναι περιορισμένη (Yasarcan 2010).

Ο παραπάνω περιορισμός θα μπορούσε να ενταχθεί στην αρχή της ‘περιορισμένης ορθολογικότητας’, η οποία υποστηρίζει ότι σε ένα περίπλοκο περιβάλλον, οι άνθρωποι αδυνατούν να προσαρμοστούν επιτυχώς ή έστω ικανοποιητικά (Simon 1991).

Υπάρχουν ωστόσο και άλλοι σοβαροί περιορισμοί που δημιουργούν σφάλματα κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των πληροφοριών, ακόμη και όταν δεν έχει ξεπεραστεί η χωρητικότητα της βραχύχρονης μνήμης. Για παράδειγμα, όταν οι άνθρωποι επεξεργάζονται τα δεδομένα που λαμβάνουν από το εξωτερικό τους περιβάλλον, έχουν την τάση να πιστεύουν ότι βλέπουν κάτι, ενώ στη πραγματικότητα αυτό δεν υπάρχει. Με άλλα λόγια κατασκευάζουν βολικές για εκείνους εξηγήσεις και δημιουργούν λανθασμένες συνδέσεις με τα πραγματικά γεγονότα (O’Connor και McDermott 1997). Επίσης, οι άνθρωποι τείνουν να έχουν υπερβολική αυτοπεποίθηση στην κρίση τους (αγνοώντας την ύπαρξη της αβεβαιότητας), σκέφτονται ότι το επιθυμητό για αυτούς αποτέλεσμα είναι πιο πιθανό να έρθει σε σχέση με το ανεπιθύμητο (wishful thinking), και έχουν και την ψευδαίσθηση του ελέγχου (δηλαδή πιστεύουν ότι μπορούν να προβλέψουν ή να επηρεάσουν το αποτέλεσμα τυχαίων γεγονότων) (Sterman 1994). Ακόμη, σύμφωνα με τον Colinsk (1996), οι άνθρωποι όταν ελέγχουν μια υπόθεση, έχουν την τάση να αναζητούν στοιχεία που να επιβεβαιώνουν τις αρχικές τους πεποιθήσεις και να αγνοούν τις πληροφορίες και τα στοιχεία που τις διαψεύδουν

Τέλος, όταν αναζητούμε τις αιτίες των γεγονότων, έχουμε την τάση να ψάχνουμε για εξωτερικούς παράγοντες και κυρίως για έναν αποδιοπομπαίο τράγο. Ωστόσο έτσι παραλείπουμε να εξετάσουμε τη δική μας συνεισφορά στα προβλήματα που προκύπτουν. Στην λογική της συστημικής δυναμικής, την ευθύνη δεν πρέπει να την αναλαμβάνουν τα άτομα, αλλά το σύστημα στο οποίο εμπλέκονται. Και αυτό διότι διαφορετικοί άνθρωποι μέσα στο ίδιο σύστημα τείνουν να προσαρμόζουν την συμπεριφορά τους στις συνθήκες που επικρατούν και να συμπεριφέρονται με παρόμοιο τρόπο (Senge 2010). Η τάση να αποδίδουμε την ευθύνη στα άτομα και στην προσωπικότητα τους παρά στο σύστημα που εμπλέκονται ονομάζεται ‘fundamental attribution error’.

Όλες οι προαναφερόμενες ατέλειες και περιορισμοί των νοητικών μοντέλων μας βοηθούν στο να κατανοήσουμε τον λόγο για τον οποίο η βελτίωση των νοητικών μοντέλων είναι ένας από τους βασικούς στόχους της συστημικής δυναμικής.

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάσαμε τους ορισμούς και τα χαρακτηριστικά των νοητικών μοντέλων, όπως αυτά έχουν αποτυπωθεί στη βιβλιογραφία. Στη συνέχεια, θα προχωρήσουμε

στη σύνδεση των νοητικών μοντέλων με τη δυναμική διαδικασία λήψης αποφάσεων, ώστε να καταλάβουμε την επίδραση που έχουν πάνω στη λήψη των αποφάσεων.

Ενότητα 1.4: Δυναμική διαδικασία λήψης αποφάσεων

Στην ενότητα αυτή θα κάνουμε μια γενική εισαγωγή πάνω στην έννοια της δυναμικής διαδικασίας λήψης αποφάσεων (Dynamic Decision Making –DDM).

Μια δυναμική διαδικασία λήψης αποφάσεων χαρακτηρίζεται από ένα ή και περισσότερα άτομα (decision makers), που επιλέγουν ανάμεσα από διάφορες δράσεις ανά χρονικά διαστήματα με σκοπό να ελέγξουν ή να βελτιστοποιήσουν την απόδοσή τους μέσα σε ένα δυναμικό σύστημα (Busemeyer 1999). Η διαδικασία είναι δυναμική γιατί η κατάσταση του συστήματος τη χρονική στιγμή t , εξαρτάται από τις αποφάσεις και ενέργειες των προηγούμενων καταστάσεων (Gonzalez et al 2005). Επίσης, επειδή συχνά τα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε στην καθημερινότητα είναι αρκετά περίπλοκα (όπως πχ η αντιμετώπιση μιας πυρκαγιάς), είναι εξαιρετικά δύσκολο για ένα μεμονωμένο άτομο να χειριστεί την κατάσταση και να λάβει μια απόφαση. Έτσι, κάποιες φορές στη διαδικασία λήψης αποφάσεων εμπλέκονται περισσότεροι άνθρωποι που συνεργάζονται μεταξύ τους προκειμένου να επιτευχθεί ο σκοπός τους (Clancy et al 2003).

Τα γενικά χαρακτηριστικά της διαδικασίας όπως αυτά έχουν τονιστεί στη βιβλιογραφία είναι τα ακόλουθα:

- Απαιτείται η λήψη μιας σειράς από αποφάσεις προκειμένου να επιτευχθεί ο τελικός σκοπός (Busemeyer 1999). Αυτό σημαίνει ότι η επίτευξη και η διατήρηση του ελέγχου είναι μια συνεχόμενη διαδικασία που απαιτεί διαδοχικές αποφάσεις, οι οποίες μπορούν να γίνουν κατανοητές μονάχα εάν συσχετιστούν με άλλες αποφάσεις (Brehmer 1992).
- Οι αποφάσεις δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, έτσι οι αρχικές αποφάσεις καθορίζουν το πλαίσιο στο οποίο θα παρθούν οι μελλοντικές αποφάσεις (Busemeyer 1999).
- Το περιβάλλον αλλάζει είτε αυτόνομα, είτε ως αποτέλεσμα των πράξεων των ατόμων (Fu και Gonzalez 2006).
- Ο χρόνος είναι εξαιρετικά σημαντικός παράγοντας, καθώς τα άτομα έχουν πολύ μικρό έλεγχο σχετικά με το πότε ακριβώς πρέπει να ληφθεί μια απόφαση. Ακόμη, δεν αρκεί

να ληφθούν οι αποφάσεις στο σωστό χρόνο, αυτό θα πρέπει να γίνει και με τη σωστή σειρά (Brehmer 2000).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι αποφάσεις για την αντιμετώπιση κάποιου προβλήματος, δεν λαμβάνονται αυτόνομα, αλλά είναι αποτέλεσμα της δράσης των ατόμων. Τα άτομα λαμβάνουν αποφάσεις επιδιώκοντας να επιτύχουν έναν στόχο, ο οποίος μπορεί να είναι είτε να επιφέρουν το σύστημα στην επιθυμητή κατάσταση, είτε να διατηρήσει σταθερή μια κατάσταση (πχ διατήρηση του αποθέματος σε μια συγκεκριμένη στάθμη).

Έτσι, μπορούμε να χωρίσουμε τη δυναμική διαδικασία λήψης αποφάσεων σε τρία μέρη. Το πρώτο αφορά τα άτομα που λαμβάνουν τις αποφάσεις, το δεύτερο αφορά το δυναμικό και πολύπλοκο περιβάλλον μέσα στο οποίο λαμβάνονται και το τρίτο αφορά τη δυναμική φύση του εγχειρήματος που προσπαθούν να εκτελέσουν (Brown et al 2009). Στη συνέχεια της ενότητας θα εξετάσουμε ξεχωριστά κάθε ένα από τα τρία παραπάνω μέρη.

A) Λήπτες αποφάσεων (Decision makers)

Στην καρδιά της διαδικασίας λήψεως αποφάσεων βρίσκονται τα άτομα που είναι υπεύθυνα για τη λήψη τους (Brown et al 2009). Ο απώτερος στόχος των ατόμων είναι να κατορθώσουν μέσα από μια σειρά αποφάσεων να αποκτήσουν τον έλεγχο πάνω στο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν. Οι αποφάσεις είναι διαδοχικές καθώς τα άτομα δεν εστιάζουν σε συγκεκριμένες αποφάσεις, αλλά στρέφουν την προσοχή τους στο πως θα αποκτήσουν τον συνολικό έλεγχο της κατάστασης. (Clancy et al 2003).

Τα άτομα συχνά καλούνται να κάνουν ένα συμβιβασμό. Εξαιτίας της δυναμικής πολυπλοκότητας του προβλήματος που αντιμετωπίζουν καθώς και της αδυναμίας ελέγχου του χρόνου λήψεως της απόφασης, τα άτομα συχνά βιώνουν ένα αρκετά έντονο στρες. Και αυτό διότι δεν λαμβάνουν τις αποφάσεις όταν νιώθουν ότι είναι έτοιμοι, αλλά καλούνται να τις λάβουν όποτε το απαιτήσει η κατάσταση που αντιμετωπίζουν.

Ένας τρόπος για να μειώσουν το άγχος, είναι να κατεβάζουν τον πήχη των προσδοκιών σχετικά με το αποτέλεσμα των αποφάσεων τους, Επομένως, ο συμβιβασμός είναι ότι πρέπει να επιλέξουν ανάμεσα σε μια βέλτιστη στρατηγική που ενδέχεται να επιφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα και σε μια λιγότερο αποτελεσματική στρατηγική που να μην απαιτεί πολλές

αποφάσεις, η οποία όμως τους επιτρέπει να έχουν καλύτερο έλεγχο της κατάστασης (Brehmer 1992).

Τα άτομα έχουν να αντιμετωπίσουν δύο ειδών προβλήματα. Αφενός θα πρέπει να προσπαθήσουν να λύσουν το βασικό (core) πρόβλημα, αφετέρου όμως θα πρέπει να ελέγχουν και τη συνολική κατάσταση στην οποία βρίσκονται, ώστε να αποφύγουν άλλου είδους προβλήματα και να παραμείνουν ικανοί να λύσουν το βασικό πρόβλημα (Brehmer 2000). Για παράδειγμα, σε μια στρατιωτική σύγκρουση, το βασικό πρόβλημα είναι η εξουδετέρωση του αντιπάλου. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλα ζητήματα που σχετίζονται με τη συνολική κατάσταση, όπως πχ η εφοδιαστική αλυσίδα των προμηθειών και πυρομαχικών, το ηθικό του στρατού, η δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των μονάδων κλπ. Εάν δεν προσεχθούν τα παραπάνω ζητήματα, τότε η αντιμετώπιση του βασικού προβλήματος που είναι η εξουδετέρωση του αντιπάλου καθίσταται ακόμη δυσκολότερη.

B) Δυναμικά προβλήματα / εγχειρήματα

Η δυναμική διαδικασία λήψεως αποφάσεων χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση ενός ευρύ φάσματος ζητημάτων, όπως φυσικές καταστροφές, πολεμικές συγκρούσεις κλπ. Ωστόσο, παρά τη διαφορετικότητα των πεδίων, αυτά τα προβλήματα έχουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά, τα οποία και θα παρουσιαστούν παρακάτω.

Αλληλεξάρτηση: Τα προβλήματα (tasks) που αντιμετωπίζουν τα άτομα είναι αρκετά περίπλοκα επειδή συνήθως αποτελούνται από μέρη (components) που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, επηρεάζοντας έτσι ολόκληρο το σύστημα, αλλά και τα μέρη μεταξύ τους. Έτσι, οι παλαιότερες αποφάσεις ενδέχεται να περιορίσουν σε μεγάλο βαθμό το εύρος των μελλοντικών αποφάσεων (Brown et al 2009).

Αβεβαιότητα: η αβεβαιότητα μπορεί να πηγάζει από διάφορους λόγους. Ο πρώτος λόγος είναι ότι το σύστημα δεν αλλάζει μονάχα από τις αποφάσεις των ατόμων, αλλά και από γεγονότα που δεν μπορούν τα άτομα να ελέγξουν. (Brown et al 2009). Επίσης, η αβεβαιότητα μπορεί να προκαλείται από την έλλειψη πληροφοριών σχετικά με την ακριβή φύση του προβλήματος, καθώς και στην έλλειψη πληροφοριών γύρω από τις σχέσεις που διέπουν τα μέρη του (Clancy et al 2003).

Χρόνος: ο χρόνος είναι βασικό στοιχείο της διαδικασίας καθώς όπως και αναφέρθηκε και παραπάνω, οι αποφάσεις πρέπει να ληφθούν ακριβώς τη στιγμή που η κατάσταση του απαιτεί. Αυτό, αφαιρεί το στοιχείο του ελέγχου από τα άτομα και έτσι οι τελευταίοι δεν μπορούν να περιμένουν την στιγμή που εκείνοι θα είναι έτοιμοι να λάβουν την απόφαση. Για παράδειγμα, στην αντιμετώπιση μιας πυρκαγιάς, ο διοικητής δεν μπορεί να περιμένει πότε θα έχει πλήρως έτοιμες τις δυνάμεις του, αντιθέτως πρέπει να αντιμετωπίσει την πυρκαγιά το συντομότερο δυνατό (Brehmer 2000).

Υψηλός κίνδυνος: στα δυναμικά προβλήματα, υπάρχει έντονο το στοιχείο του κινδύνου. Και αυτό διότι σε περίπτωση λάθους απόφασης, οι επιπτώσεις ενδέχεται να είναι αρκετά σοβαρές και αυτό διότι οι μελλοντικές αποφάσεις στηρίζονται σε μεγάλο βαθμό στις προηγούμενες (Brehmer 2000).

Η δομή των προβλημάτων είναι μη πλήρης (Ill-Structured Problems): Στα περισσότερα προβλήματα, τα άτομα θα πρέπει από μόνα τους να αναγνωρίσουν τα βασικά χαρακτηριστικά της κατάστασης, να δημιουργήσουν υποθέσεις, και να σχηματίσουν τις εναλλακτικές τους επιλογές (Clancy et al 2003). Ωστόσο, αυτό ίσως να είναι δύσκολο καθώς τα άτομα είναι πολύ πιθανόν να έχουν πολλαπλούς στόχους και οι προτεραιότητες τους ενδέχεται να αλλάξουν καθώς η κατάσταση εξελίσσεται (Brown et al 2009).

Γ) Το περιβάλλον στο οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις (DDM environment)

Όταν τα άτομα επιχειρούν να λάβουν μια απόφαση, είναι εξαιρετικά σημαντικό να γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκονται. Σε αυτήν την ενότητα, θα δώσουμε έμφαση στα χαρακτηριστικά που έχει ένα δυναμικό περιβάλλον, όπως έχουν τονιστεί τα τελευταία από τη βιβλιογραφία.

Πολυπλοκότητα: Ένα δυναμικό περιβάλλον αποτελείται από πολλές αλληλοσχετιζόμενες μεταβλητές, οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με ένα πολύπλοκο τρόπο (Clancy et al 2003), καθιστώντας έτσι δύσκολη την κατανόηση ή την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του συστήματος (Gonzalez et al 2005). Η πολυπλοκότητα μπορεί να είναι δύο ειδών. Η πρώτη είναι η λεπτομερειακή πολυπλοκότητα, που αφορά τον αριθμό των μερών που αποτελούν το σύστημα και τον αριθμό των σχέσεων μεταξύ των μερών. Η δεύτερη είναι η δυναμική

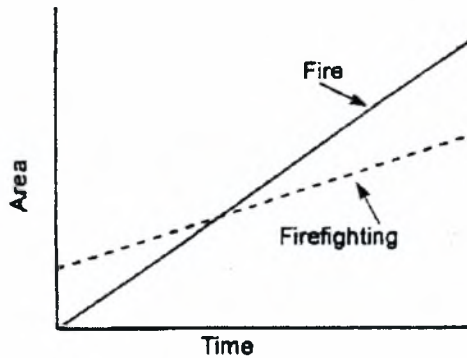
πολυπλοκότητα που αφορά το είδος της σχέσης μεταξύ των μερών (πχ γραμμική σχέση, μη γραμμική κλπ).

Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η έννοια της πολυπλοκότητας είναι υποκειμενική και εξαρτάται από τα άτομα που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα. Δηλαδή, ένα πρόβλημα για έναν αρχάριο πάνω στο αντικείμενο μπορεί να φαίνεται εξαιρετικά πολύπλοκο, όμως για κάποιον περισσότερο έμπειρο είναι πιθανό το ίδιο πρόβλημα να είναι για εκείνον απλούστερο (Gonzalez et al 2005).

Ο ρυθμός αλλαγής (rate of change): ο ρυθμός αλλαγής αναφέρεται στο πόσο γρήγορα αλλάζει η διαδικασία που επιχειρείται να ελεγχθεί. Οι αλλαγές μπορεί να είναι αργές (πχ οι προσπάθειες παρέμβασης στην οικονομία) ή πολύ γρήγορες (πχ οδήγηση ενός αυτοκινήτου) (Brown et al 2009).

Σχέση μεταξύ της διαδικασίας ελέγχου και της διαδικασίας που επιχειρείται να ελεγχθεί (Relation between the characteristics of the process to be controlled and those of the control Processes): Έχουμε ήδη αναφέρει ότι τα άτομα επιχειρούν να ελέγξουν μια διαδικασία η οποία είναι δυναμική. Εάν αυτή η διαδικασία αλλάξει, τότε αλλάζει και η αποτελεσματικότητα των δράσεων που έχουν δρομολογηθεί από τα άτομα (Brown et al 2009).

Στην παρακάτω σχήμα φαίνεται η σχέση μεταξύ των δύο διαδικασιών. Το παράδειγμα ανήκει στον Brehmer (2000). Η διαδικασία που πρέπει να ελεγχθεί είναι η φωτιά, και η διαδικασία ελέγχου είναι η χρησιμοποίηση των μέσων για την αντιμετώπιση της. Οι κλίσεις των δύο γραμμών εκφράζουν την αποτελεσματικότητα κάθε διαδικασίας. Αριστερά από το σημείο τομής, οι πυροσβέστες σβήνουν τη φωτιά γρηγορότερα από ότι εκείνη μπορεί να εξαπλωθεί. Αντιθέτως, δεξιά από το σημείο τομής, η φωτιά είναι πιο ισχυρή από τους πυροσβέστες. Το σημείο τομής μπορεί να αλλάξει θέση εάν εφαρμοστεί μια διαφορετική στρατηγική (πχ εάν εφαρμοστεί μια αποδοτικότερη στρατηγική θα μετακινηθεί προς τα δεξιά) ή εάν συμβεί κάποιο άλλο εξωγενές γεγονός (πχ ενίσχυση του ανέμου). (Στη σχήμα απεικονίζεται μια απλούστερη περίπτωση όπου δεν υπάρχουν εξωγενή γεγονότα)



Σχήμα 7: Απεικόνιση βασικών χαρακτηριστικών ενός σεναρίου αντιμετώπισης πυρκαγιών σε μια απλή περίπτωση, όπου ο άνεμος είναι σταθερός και το έδαφος ομοιογενές. Brehmer (2000):

Dynamic decision making in command and control

Καθυστέρηση στην λήψη ανατροφοδότησης (feedback delays): Αυτή η καθυστέρηση αναφέρεται στην μετάδοση της πληροφορίας σχετικά με την κατάσταση του συστήματος. Ωστόσο, αυτού του είδους η καθυστέρηση είναι αρκετά περίπλοκη καθώς μπορεί να συμβεί σε διαφορετικά σημεία του βρόγχου ανατροφοδότησης. Έτσι, μπορεί να υπάρξει καθυστέρηση στην μετάδοση της απόφασης, στην ανταπόκριση και εκτέλεση της απόφασης, στην σύνταξη αναφοράς σχετικά με τα αποτελέσματα της απόφασης και τέλος ύπαρξη καθυστέρησης στην παράδοση της αναφοράς. Το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι η παρατηρούμενη κατάσταση που προκύπτει από την πληροφόρηση θα υπολείπεται χρονικά της πραγματικής κατάστασης, με αποτέλεσμα να προκαλείται περαιτέρω ταλάντωση του συστήματος (Brehmer 1989).

Ποιότητα της ανατροφοδότησης (feedback quality): Στα δυναμικά συστήματα, η πληροφορία που παρέχεται μέσω της ανατροφοδότησης είναι πιθανόν να διαφέρει σε ποιότητα. Η διαφορά ποιότητας όμως μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά συμπεράσματα σχετικά με την πραγματική κατάσταση του συστήματος (Brehmer 1992).

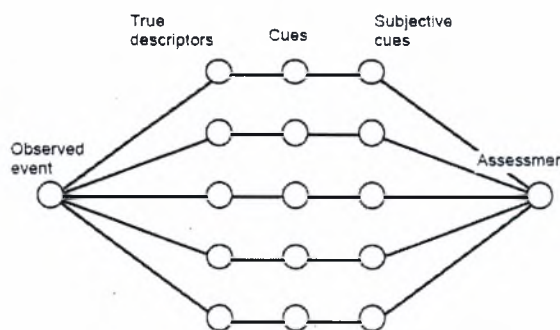
Κατανομή της δικαιοδοσίας στη λήψη απόφασης (Distribution of decision-making capacity): Η δικαιοδοσία για τη λήψη της απόφασης μπορεί να είναι είτε συγκεντρωμένη σε ένα άτομο, είτε να έχει κατανεμηθεί σε μια ομάδα ατόμων. Αυτή η διανομή ρόλο ίσως επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις (Brown et al 2009).

Σε αυτή την ενότητα είδαμε ποια είναι τα χαρακτηριστικά μιας δυναμικής διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Στην ενότητα που ακολουθεί θα κάνουμε τη σύνδεση αυτής της διαδικασίας με τη συστημική δυναμική και θα δούμε ποιες έρευνες έχουν προηγηθεί.

Ενότητα 1.5: Ο ρόλος των νοητικών μοντέλων στη δυναμική διαδικασία λήψης αποφάσεων

Στην προηγούμενη ενότητα, είδαμε ποια είναι τα χαρακτηριστικά της δυναμικής διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Σε αυτήν την ενότητα θα κάνουμε τη σύνδεση της διαδικασίας με τα νοητικά μοντέλα, καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί τα νοητικά μοντέλα αποτελούν τη βάση για τη λήψη κάθε απόφασης.

Στα πολύπλοκα δυναμικά προβλήματα που αντιμετωπίζουμε, οι αποφάσεις που λαμβάνονται στο παρόν επηρεάζουν την κατάσταση που θα ληφθούν οι αποφάσεις στο μέλλον (Diehl και Sterman 1995). Η διαχείριση αυτών των προβλημάτων μπορεί να θεωρηθεί ως μια συνεχόμενη διαδικασία όπου οι δράσεις αλλάζουν την κατάσταση του συστήματος, το οποίο στη συνέχεια παρέχει ανατροφοδότηση η οποία χρησιμοποιείται για τη λήψη των νέων δράσεων (Forrester 1994). Οι άνθρωποι σχηματίζουν τις αντιλήψεις τους για την κατάσταση του συστήματος μέσω μετρήσεων (cues). Ωστόσο ενδέχεται να υπάρξει μια απόκλιση μεταξύ της πραγματικής κατάστασης και της κατάστασης που γίνεται αντιληπτή μέσω των μετρήσεων. Αυτό το πρόβλημα παρουσιάζεται στη σχήμα 7.



Σχήμα 7: Εκτίμηση ενός παρατηρούμενου γεγονότος μέσω των μετρήσεων

Richardson et al 1994: Foundations of mental models research

Το παρατηρούμενο γεγονός που αλλάζει την κατάσταση του περιβάλλοντος γίνεται αντιληπτό μέσω των μετρήσεων (cues). Ωστόσο, ανάμεσα σε αυτά τα δύο μεσολαβεί ακόμη ένα είδος μεταβλητών. Πρόκειται για τις πραγματικές καταστάσεις που επικρατούν στο περιβάλλον (true environmental conditions). Αυτές τις καταστάσεις προσπαθούν να αποτυπώσουν οι μετρήσεις (Lusk και Stewart 1994).

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων διαφέρει ανάμεσα στα άτομα, για αυτό και υπάρχει η μεταβλητή των υποκειμενικών μετρήσεων. Οι υποκειμενικές μετρήσεις είναι αποτέλεσμα συνδυασμού των πραγματικών μετρήσεων (Richardson et al 1994). Τα άτομα

Αυτοί οι κανόνες προκύπτουν από την εμπειρία των ατόμων, τις ικανότητες τους και την δυνατότητα να σκεφτούν δημιουργικά.

Υπάρχουν δύο δρόμοι για την επιλογή των κανόνων που θα χρησιμοποιηθούν.

Ο πρώτος είναι ότι μέσω των μετρήσεων, η αντίληψη των ατόμων για την κατάσταση του συστήματος ανανεώνεται και τα νοητικά μοντέλα των ατόμων αναβαθμίζονται χάρις στις νέες πληροφορίες. Με βάση τα νοητικά μοντέλα προσομοιώνουν νοητικά ποια θα είναι κατάσταση του συστήματος έπειτα από την επιλογή των εναλλακτικών και επιλέγεται η εναλλακτική που πιστεύεται ότι θα φέρει το σύστημα εγγύτερα στην επιθυμητή κατάσταση (Richardson et al 1994). Αυτό απεικονίζεται μέσω του βρόγχου L4

Η εναλλακτική επιλογή είναι τα άτομα να ανασύρουν από την μνήμη τους κάποιον αποτελεσματικό κανόνα για τη λήψη απόφασης που είχαν χρησιμοποιήσει στο παρελθόν (O'Connor και McDermott 1997). Και αυτό διότι όταν τα άτομα αντιμετωπίζουν πολύπλοκα προβλήματα δεν χρησιμοποιούν όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες, αλλά μόνο μερικά κομμάτια πληροφοριών, ενώ οι αποφάσεις τους βασίζονται σε απλοϊκούς κανόνες (rules of thumb) (Grobler 2004). Ακόμη, οι αποφάσεις ενδέχεται να επηρεάζονται από σχέσεις εξουσίας, το οργανωσιακό περιβάλλον, πιέσεις συναδέλφων, εγωιστικά κίνητρα και από κανόνες που προκύπτουν από την κουλτούρα των ατόμων (Serman 1988). Εάν αυτή η αναζήτηση δεν φέρει κάποιο αποτέλεσμα, τότε τα άτομα ίσως βασιστούν σε γενικούς κανόνες που χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο εύρος καταστάσεων. Η επιλογή ποιου κανόνα θα χρησιμοποιηθεί απεικονίζεται από τον βρόγχο L5.

Μόλις επιλεγεί ο κανόνας για τη λήψη της απόφασης (decision rule), τα άτομα σχηματίζουν μια πρόθεση για δράση. Ωστόσο, είναι πιθανό να αντιμετωπίσουν κάποια εμπόδια και περιορισμούς στην προσπάθειά τους να εκτελέσουν την πρόθεσή τους (όπως πχ έλλειψη πόρων). Αυτές οι δράσεις αλλάζουν την κατάσταση του συστήματος και ο κύκλος συνεχίζεται (Doyle et al 2002).

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στη λήψη μιας απόφασης και στην επίδραση της στην κατάσταση του συστήματος (Brehmer 1989). Η καθυστέρηση συμβολίζεται στο διάγραμμα με το γράμμα D. Για να σχηματίσουν τους κανόνες λήψης αποφάσεων και να αναλάβουν δράση τα άτομα, ή οι οργανισμοί, απαιτείται ένα χρονικό διάστημα. Επίσης, οι ενδείξεις για την αλλαγή της κατάστασης του συστήματος

ενδέχεται να καθυστερήσουν να αποκαλυφθούν (Doyle et al 2002). Για παράδειγμα, παρεμβάσεις που έχουν ως στόχο την εξισορρόπηση της οικονομίας απαιτούν το πέρασμα ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος έως ότου υπάρξει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η χρονική καθυστέρηση αφενός επιβραδύνει την ολοκλήρωση του κύκλου που απεικονίζεται στην παραπάνω σχήμα, αφετέρου μπορεί να προκαλεί προβλήματα στην εξισορρόπηση του συστήματος, οδηγώντας σε περαιτέρω ταλάντωση (Sterman 1994). Για παράδειγμα, είναι πιθανό τα άτομα να επιλέξουν τις σωστές αποφάσεις, ωστόσο επειδή δεν θα έχουν καθαρή εικόνα της κατάστασης του συστήματος, ενδέχεται να συνεχίσουν να αναλαμβάνουν δράσεις οι οποίες θα απομακρύνουν το σύστημα από την επιθυμητή του κατάσταση (Sterman 2000).

Από το παραπάνω διάγραμμα γίνεται φανερό ότι τα νοητικά μοντέλα των ατόμων επηρεάζουν άμεσα στην αποτελεσματικότητα των αποφάσεων που επιλέγουν τα άτομα. Παρά τους νοητικούς περιορισμούς που έχουν αναφερθεί στην προηγούμενη ενότητα, μέσω της μάθησης και της εμπειρίας είναι εφικτή η αναβάθμιση τους, κάτι το οποίο αναμένεται ότι θα οδηγήσει σε καλύτερες αποφάσεις. Ένας τρόπος για να συνειδητοποιήσουν τα άτομα την ύπαρξη των νοητικών μοντέλων, να έρθουν στην επιφάνεια οι αδυναμίες τους και τους δοθεί η ευκαιρία να τα βελτιώσουν είναι μέσα από την χρήση προσομοίωσης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Στην επόμενη ενότητα λοιπόν θα αναφερθούμε στην χρήση της προσομοίωσης και παράλληλα θα κάνουμε μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των πειραμάτων που έχουν γίνει.

Ενότητα 1.6: Χρήση της προσομοίωσης στη δυναμική διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Στις προηγούμενες ενότητες είδαμε ότι τα νοητικά μοντέλα των ανθρώπων έχουν κάποιες εγγενείς αδυναμίες, όπως για παράδειγμα η αδυναμία ολοκληρωμένης ερμηνείας των βρόγχων ανατροφοδότησης που υπάρχουν σε ένα δυναμικό σύστημα. Ωστόσο, πολλές από αυτές τις αδυναμίες, καθώς επίσης και οι υποθέσεις που πάνω στις οποίες στηρίζονται τα νοητικά μοντέλα συχνά δεν έρχονται ποτέ στην επιφάνεια (Senge 2010), με συνέπεια οι αποφάσεις και οι πολιτικές που εφαρμόζονται να μην φέρνουν το επιθυμητό αποτέλεσμα (Sterman 2001).

Ένας τρόπος για να ξεπεραστεί το παραπάνω πρόβλημα και να βελτιωθούν οι αδυναμίες των νοητικών μοντέλων είναι μέσω της χρήσης προσομοιώσεων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή (Forrester 1994), καθώς μέσω της προσομοίωσης μπορεί να μελετηθεί η συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος (Sterman 1988). Η προσομοίωση είναι ένα μοντέλο ενός αληθινού συστήματος που σχεδιάστηκε ώστε να γίνει ευκολότερη η κατανόηση της δυναμικής πολυπλοκότητας του συστήματος (Ozgun και Barlas 2011). Μέσα από την

αλληλεπίδραση του χρήστη με τη δυναμική του συστήματος είναι εφικτή η μάθηση και η κατανόηση της συμπεριφοράς του (Langley και Morecroft 1996). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων και την σχεδίαση και εφαρμογή καλύτερων πολιτικών (Ozgun και Barlas 2011).

Μετά της ραγδαίες τεχνολογικές αναβαθμίσεις στον τομέα της πληροφορικής, σε συνδυασμό με την ευρύτερη διάθεση των εργαλείων σχεδίασης μιας προσομοίωσης, η χρήση προσομοιώσεων στην εκπαίδευση και στις επιχειρήσεις έχει αυξηθεί (Faria and Wellington, 2004).

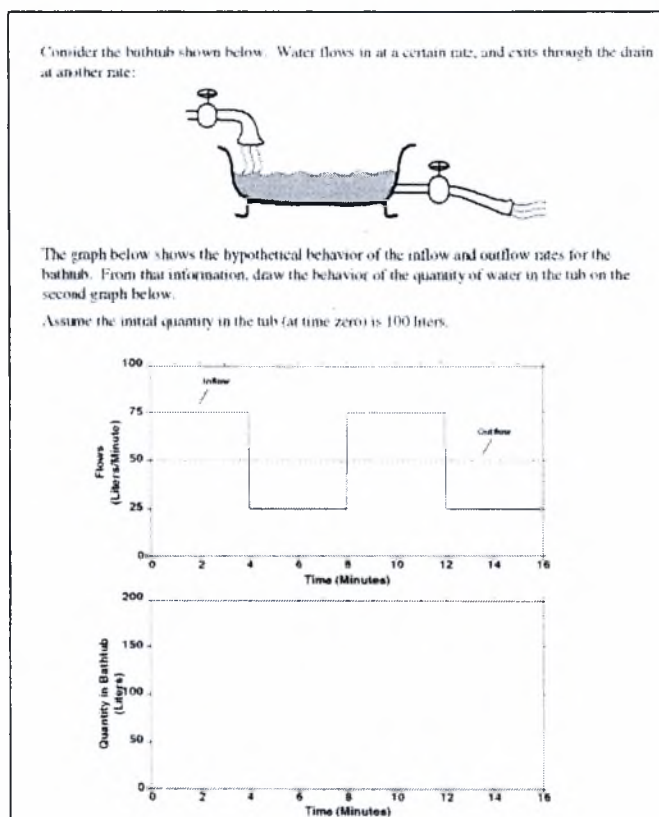
Μερικά από τα πλεονεκτήματα της προσομοίωσης είναι ότι παρέχει ένα διασκεδαστικό, και συνάμα ρεαλιστικό περιβάλλον, στο οποίο οι παίκτες μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις δίχως να τους απασχολούν σοβαρά οι επιπτώσεις που θα προκύψουν από μια ενδεχόμενη λάθος απόφαση (Yasarcan 2010). Επιπροσθέτως, η προσομοίωση είναι ένα πείραμα, η διενέργεια του οποίου δεν απαιτεί υψηλό κόστος (Sterman 1994).

Τέλος, μέσω της προσομοίωσης τα άτομα μπορούν λάβουν αποφάσεις και να δουν τις επιπτώσεις των αποφάσεων στο σύστημα σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα (Yasarcan 2010). Σε αντίθεση με τα πραγματικά συστήματα που οι συνέπειες μιας απόφασης ίσως να εμφανιστούν αρκετά αργότερα από τη λήψη της ή μπορεί να προκαλέσουν αλλαγές και σε άλλα μέρη του συστήματος, δυσκολεύοντας έτσι την ερμηνεία του αποτελέσματος (Forrester 1994). Η προσομοίωση επιτρέπει την συμπίεση στον χώρο και στον χρόνο (Karakul, και Ullah 2008) και έτσι η βραχύτητα εμφάνισης των αποτελεσμάτων διευκολύνει τη συσσώρευση εμπειρίας και την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος (Ozgun και Barlas 2011).

Πολύ συχνά η προσομοίωση χρησιμοποιείται ώστε να μελετηθεί η επίδραση της δυναμικής πολυπλοκότητας στην αποτελεσματικότητα της διαδικασίας λήψης αποφάσεων (Karakul, και Ullah 2008). Η επίδραση που έχουν παράγοντες της δυναμικής πολυπλοκότητας στην απόδοση των παικτών έχει γίνει αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας.

Οι έρευνες των (Sweeney and Sterman, 2000; Cronin et al., 2009) έδειξαν ότι ακόμη και άτομα με υψηλή μόρφωση δεν είναι σε θέση να ερμηνεύσουν την συμπεριφορά ενός συστήματος με μόνο ένα στοκ.

Οι (Sweeney and Sterman, 2000) χρησιμοποίησαν φοιτητές από το MIT για να εξετάσουν κατά πόσο μπορούν να κατανοήσουν την λειτουργία των ροών και συσσωρεύσεων και έτσι να ερμηνεύσουν την συμπεριφορά του συστήματος. Στους φοιτητές δόθηκαν μερικά συστήματα τα οποία αποτελούνταν μόνο από ένα στοκ, και δύο ροές (εισροή και εκροή) και τους ζητήθηκε να σχεδιάσουν την συμπεριφορά του συστήματος. Ένα παράδειγμα των προβλημάτων που έπρεπε να λύσουν οι φοιτητές δίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Τα αποτελέσματα όμως της έρευνας έδειξαν ότι παρά την απλότητα του συστήματος, οι φοιτητές είχαν σημαντικές δυσκολίες στο να κατανοήσουν τη συμπεριφορά του. Οι φοιτητές υπέπεσαν συστηματικά σε σοβαρά λάθη, αναδεικνύοντας την αδυναμία που είχαν να καταλάβουν τον τρόπο λειτουργίας των ροών και των συσσωρεύσεων. Μάλιστα, μερικοί από τους φοιτητές στα γραφήματά τους, παραβίασαν θεμελιώδεις σχέσεις μεταξύ των ροών και της συσσώρευσης.

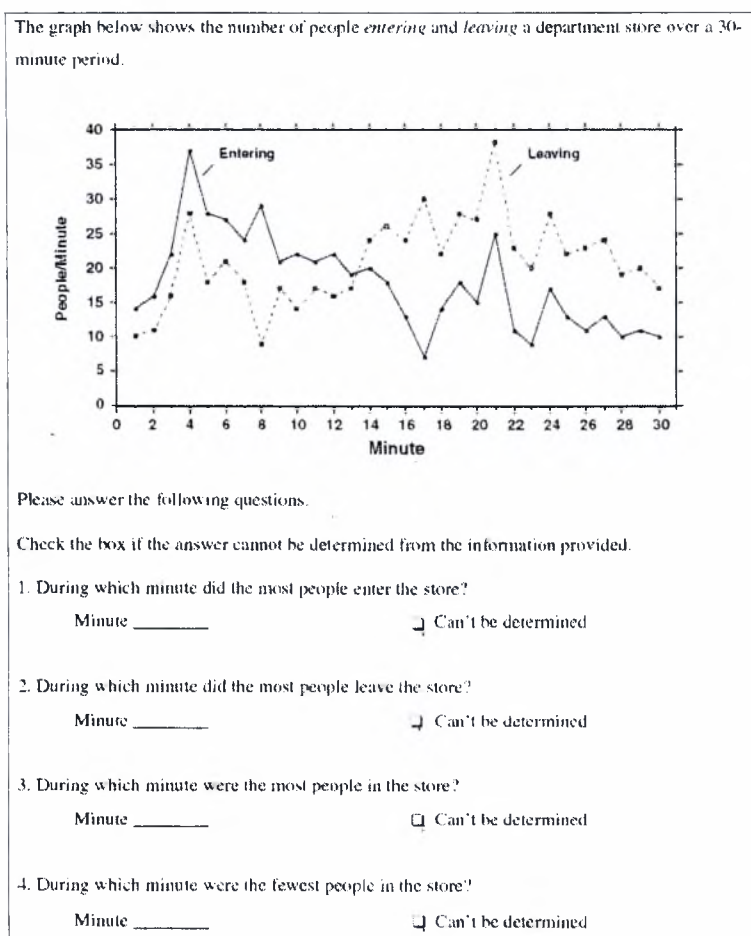


Σχήμα 9 : Απεικόνιση ενός από τα προβλήματα που κλήθηκαν να λύσουν οι φοιτητές, στο γράφημα πρέπει να προβλέψουν πως θα κινηθεί η στάθμη του νερού μέσα στη μπανιέρα με βάση τα γραφήματα της εισροής και της εκροής του νερού.

Sweeney and Sterman (2000): Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory

Μία αντίστοιχη έρευνα έκαναν και οι Cronin et al. (2009), οι οποίοι χρησιμοποίησαν 173 φοιτητές που παρακολουθούσαν μαθήματα συστημικής σκέψης και προσομοίωσης στο MIT. Οι φοιτητές είχαν ένα σύστημα που αποτελούνταν μόνο από ένα στοκ (ο αριθμός των πελατών μέσα σε ένα κατάστημα) και δύο ροές, την εισροή και την εκροή των πελατών. Δεν υπήρχαν ούτε βρόγχοι ανατροφοδότησης, ούτε χρονική καθυστέρηση, ούτε μη γραμμικότητες ή άλλα στοιχεία που να αυξάνουν την δυναμική πολυπλοκότητα. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, οι φοιτητές με βάση το διάγραμμα, έπρεπε να απαντήσουν σε τέσσερις ερωτήσεις.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 96% και 95% των φοιτητών απάντησε σωστά στις ερωτήσεις ένα και δύο αντίστοιχα. Όμως, μόνο το 44% απάντησε σωστά στην ερώτηση 3, ενώ την ερώτηση 4 απάντησε σωστά το 31% των φοιτητών, αναδεικνύοντας έτσι την δυσκολία που είχαν στο να κατανοήσουν το πώς επηρεάζουν οι ροές ένα στοκ.



Σχήμα 10: Απεικόνιση του department store task. Οι φοιτητές με βάση τις πληροφορίες από το διάγραμμα, έπρεπε να απαντήσουν στις παραπάνω τέσσερις ερωτήσεις.

Cronin et al. (2009): Why don't well-educated adults understand accumulation? A challenge to researchers, educators, and citizens

Επίσης, έρευνες έχουν δείξει ότι σε ένα πολύπλοκο περιβάλλον, τα άτομα λαμβάνουν αποφάσεις οι οποίες τους οδηγούν σε αποτελέσματα χαμηλότερα από τους συγκρινόμενους δείκτες απόδοσης. Ο Brehmer (1992) ανέπτυξε μια προσομοίωση στην οποία οι παίκτες είχαν τον ρόλο του αρχηγού της πυροσβεστικής και έπρεπε να κατευθύνουν τις μονάδες τους με τέτοιο τρόπο, ώστε να κατασβηστεί γρήγορα η πυρκαγιά. Για να ήταν αποτελεσματικοί οι παίκτες έπρεπε να κατανοήσουν τους βρόγχους ανατροφοδότησης του συστήματος, και ειδικότερα τον ανατροφοδοτούμενο (self-reinforcing) βρόγχο με τον οποίο εξαπλώνεται η πυρκαγιά. Ο Brehmer βρήκε ότι η ικανότητα των παικτών να ελέγξουν την πυρκαγιά ήταν περιορισμένη. Ο βαθμός μάθησης των παικτών μειωνόταν σημαντικά όταν υπήρχε χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην απόφαση του παίχτη και στην ανταπόκριση σε αυτή (ανάπτυξη των πυροσβεστικών μονάδων στο σημείο της πυρκαγιάς) και καθυστέρηση στις πληροφορίες για το αποτέλεσμα της δράσης (αναφορά από τις μονάδες).

Ο Sterman (1989a) ανέπτυξε μια απλή προσομοίωση διαχείρισης αποθέματος, το 'beer distribution game'. Ο στόχος των παικτών ήταν να ελαχιστοποιήσουν το κόστος καθώς διαχειρίζονται την παραγωγή και τη διανομή ενός προϊόντος. Παρά την απλότητα σε σχέση με την πραγματικότητα που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις, η προσομοίωση ήταν δυναμικά πολύπλοκη καθώς περιλάμβανε πολλαπλούς βρόγχους ανατροφοδότησης, χρονικής καθυστερήσεις, μη γραμμικότητες και συσσωρεύσεις. Τα μέσα κόστη των παικτών ήταν 10 φορές υψηλότερα σε σχέση με το βέλτιστο κόστος, παρά το γεγονός ότι η ζήτηση, μετά από μια αρχική αύξηση, παρέμενε σταθερή. Αυτό συνέβη επειδή οι παίκτες δεν εκτίμησαν σωστά, (μερικές φορές δεν το λάβανε και καθόλου υπόψη), την εφοδιαστική αλυσίδα που υπάρχει ανάμεσα στην παραγγελία του προϊόντος μέχρι την τελική του παράδοση. Με άλλα λόγια δυσκολευόντουσαν να εκτιμήσουν το αποτέλεσμα της παραγγελίας η οποία έχει δοθεί, αλλά ακόμη δεν έχει παραδοθεί το προϊόν. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να παραγγέλνουν πολλές φορές παραπάνω προϊόν από ότι πραγματικά χρειαζόντουσαν.

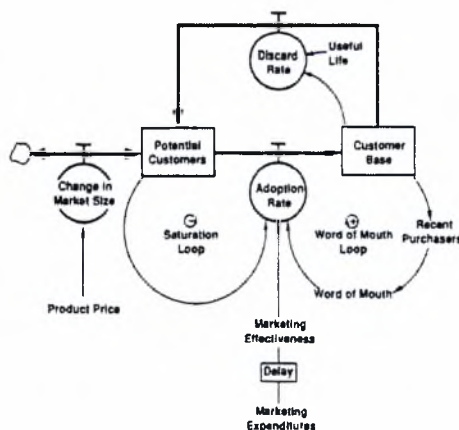
Επίσης, ο Sterman (1989b) διαπίστωσε ότι οι παίκτες είχαν την ίδια συμπεριφορά στην προσομοίωση ενός μακροοικονομικού περιβάλλοντος, με χρονικές καθυστερήσεις και βρόγχους ανατροφοδότησης. Σε αυτή την περίπτωση, η μέση απόδοση ήταν 19 φορές χειρότερη από τη βέλτιστη απόδοση.

Και στα δύο πειράματα του Sterman, η απόκλιση από τη βέλτιστη απόδοση ήταν συστηματική. Οι παίκτες δημιουργούσαν μεγάλες και συνεχείς ταλαντώσεις οι οποίες είχαν μια αυξητική τάση στο πέρασμα του χρόνου.

Οι (Paich και Sterman, 1993), ανέπτυξαν μια προσομοίωση όπου υπήρχε μια επιχείρηση (firm), η αγορά στην οποία βρισκόταν (market sector) και ο ανταγωνισμός (competition) που αντιμετώπιζε. Οι παίκτες χειρίζονταν την πορεία ενός νέου προϊόντος, από την είσοδο του στην αγορά μέχρι την καθιέρωση του (maturity). Οι παίκτες έπαιρναν αποφάσεις για την τιμή του προϊόντος καθώς και για την παραγωγική τους ικανότητα (capacity).

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται οι βρόγχοι ανατροφοδότησης του market sector στο μοντέλο των Paich και Sterman, οι οποίοι εξηγούν και την συμπεριφορά του μοντέλου. Η υιοθέτηση (adoption) του προϊόντος αυξάνει την πελατειακή βάση, οδηγώντας σε μεγαλύτερη διάδοση του προϊόντος μέσω του βρόγχου word of mouth (θετικός βρόγχος ανατροφοδότησης). Ωστόσο, κάτι τέτοιο μειώνει τον αριθμό των δυνητικών πελατών (μέσω του αρνητικού βρόγχου). Η πελατειακή βάση ακολουθεί μια μορφή τύπου S, όπου στην αρχή οι πωλήσεις αυξάνονται εκθετικά, φθάνουν μια μέγιστη τιμή και έπειτα, καθώς η αγορά είναι πλέον κορεσμένη, οι πωλήσεις μειώνονται στον ρυθμό αντικατάστασης του προϊόντος (replacement purchases).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι οι παίκτες είχαν αρκετές δυσκολίες στο να κατανοήσουν την συμπεριφορά του μοντέλου. Πιο συγκεκριμένα, οι παίκτες αδυνατούσαν να καταλάβουν ότι όσο γρηγορότερα αυξανόντουσαν οι πωλήσεις, τόσο πιο σύντομα και ξαφνικά θα εμφανιζόταν στην αγορά ο κορεσμός. Το αποτέλεσμα ήταν οι παίκτες να δυναμώνουν τον θετικό βρόγχο, δημιουργώντας μια γρήγορη και μεγάλη άνθηση και στη συνέχεια να πρέπει να αντιμετωπίσουν μια μεγάλη πτώση.



Σχήμα 11: απεικόνιση της αιτιατής δομής του market sector

Paich and Sterman (1993): Boom, bust, and failures to learn in experimental markets

Παρά το γεγονός ότι οι παίκτες έτρεξαν αρκετές φορές την προσομοίωση, η μάθηση τους ήταν περιορισμένη, επιβεβαιώνοντας την υπόθεση της λανθασμένης αντίληψης της ανατροφοδότησης (misperception of feedback).

Οι Diehl και Sterman (1995) ανέπτυξαν μια προσομοίωση στην οποία οι παίκτες έπρεπε να διαχειριστούν κατάλληλα το απόθεμα τους ώστε να ανταποκριθούν στη ζήτηση. Στη διάρκεια του πειράματος αυξομειώναν την χρονική καθυστέρηση και την ένταση των βρόγχων ώστε να εξετάσουν την επίδραση της δυναμικής πολυπλοκότητας στη συμπεριφορά των παικτών. Ωστόσο, σε όλες τις περιπτώσεις η απόδοση τους ήταν χειρότερη από τη βέλτιστη σε όλες τις περιπτώσεις. Επίσης υπήρχε ένας δεύτερος δείκτης, όπου ακολουθούσε την πολύ απλοϊκή στρατηγική της μη – αλλαγής (do nothing rule). Στις απλές εκδοχές, οι παίκτες ξεπέρασαν εύκολα τον δεύτερο δείκτη. Καθώς όμως η πολυπλοκότητα αυξανόταν, οι επιδόσεις των παικτών ήταν χειρότερες και από τον δεύτερο δείκτη. Οι Diehl και Sterman (1995) απέδωσαν αυτές τις επιδόσεις στην αδυναμία των παικτών να εκτιμήσουν σωστά την χρονική καθυστέρηση και την λειτουργία των βρόγχων ανατροφοδότησης. Αυτή η αδυναμία πηγάζει από τα νοητικά μοντέλα των παικτών.

Ο Yasargan (2010) ανέπτυξε μια προσομοίωση διαχείρισης αποθέματος. Έπειτα, έφτιαξε τέσσερις απλούστερες εκδοχές της αρχικής προσομοίωσης και εξέτασε εάν με την σταδιακή αύξηση της δυναμικής πολυπλοκότητας, οι παίκτες εξοικειώνονται καλύτερα. Οι παίκτες αρχικά έτρεξαν επτά φορές την ολοκληρωμένη εκδοχή και στη συνέχεια έτρεξαν άλλες τέσσερις εκδοχές της προσομοίωσης, ξεκινώντας από την απλούστερη και καταλήγοντας στην αρχική, ολοκληρωμένη εκδοχή. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια σημαντική βελτίωση στην απόδοση των παικτών από την τρίτη εκδοχή και έπειτα.

Στο κεφάλαιο αυτό κάναμε μια ανασκόπηση της θεωρίας των νοητικών μοντέλων στη συστημική δυναμική και στον τρόπο σύνδεσης των νοητικών μοντέλων με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Είδαμε ότι παρά την έλλειψη συμφωνίας πάνω σε έναν κοινά αποδεκτό ορισμό των νοητικών μοντέλων, οι ερευνητές συγκλίνουν ως προς τα χαρακτηριστικά των νοητικών μοντέλων. Οι προηγούμενες έρευνες απέδειξαν ότι οι άνθρωποι έχουν σημαντικές δυσκολίες στην κατανόηση της συμπεριφοράς ενός δυναμικού συστήματος.

Με βάση τις παραπάνω έρευνες, προχωρήσαμε στην ανάπτυξη μιας προσομοίωσης ακολουθώντας τις αρχές της συστημικής δυναμικής. Σε αυτό το μοντέλο οι παίκτες έπρεπε να

διαχειριστούν κατάλληλα τα αποθέματα σε πρώτες ύλες και προϊόντα ώστε να ανταποκριθούν στην εβδομαδιαία ζήτηση. Σκοπός μας είναι να εξετάσουμε εάν μπορούν οι παίκτες να ανταποκριθούν σε ένα δυναμικά πολύπλοκο περιβάλλον και κατά πόσο η απόδοσή τους βελτιώνεται στο πέρασμα του χρόνου. Στο επόμενο κεφάλαιο θα προχωρήσουμε στην περιγραφή του μοντέλου.

Κεφάλαιο 2

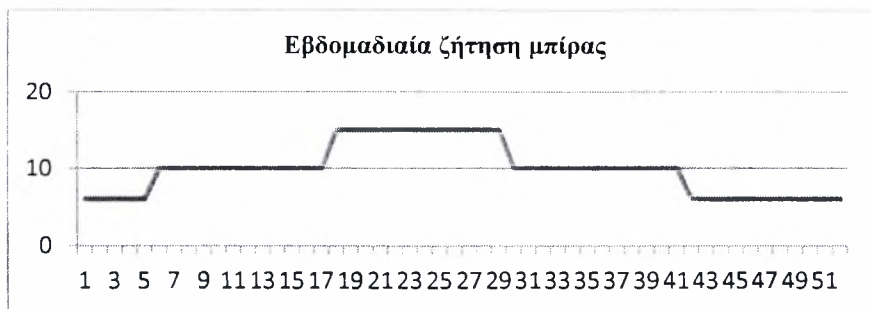
Δυναμικό περιβάλλον λήψης απόφασης

Στην προσομοίωση που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας αναπαρίσταται η λειτουργία μιας επιχείρησης σε ένα δυναμικό περιβάλλον, στο οποίο οι αποφάσεις που παίρνουν οι παίκτες στο παρόν επηρεάζουν άμεσα τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θα λάβουν τις μελλοντικές τους αποφάσεις. Το μοντέλο δημιουργήθηκε με το περιβάλλον ανάπτυξης προσομοιώσεων συστημικής δυναμικής Powersim Studio2005. Στην ενότητα που ακολουθεί θα προχωρήσουμε σε μια περιγραφή του μοντέλου χρησιμοποιώντας τόσο τους βρόγχους ανατροφοδότησης όσο τμηματική απεικόνιση του ίδιου του μοντέλου ώστε να γίνει κατανοητή η συμπεριφορά που ακολουθούν οι μεταβλητές του.

Ενότητα 2.1: Στόχος του μοντέλου

Στο μοντέλο οι παίκτες αναλαμβάνουν την θέση ενός διευθυντή παραγωγής μιας ζυθοποιίας. Ο στόχος τους είναι διαχειριστούν το ύψος της εβδομαδιαίας παραγωγής με τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιηθεί η θέση της επιχείρησης. Άλλοι δείκτες επίδοσης που μπορεί να παρακολουθεί ο χειριστής αφορούν στο ύψος του αποθέματος τελικού προϊόντος και Α' υλών και τις «χαμένες» πωλήσεις, οι οποίες δεν πραγματοποιούνται λόγω της έλλειψης διαθέσιμου αποθέματος τελικού προϊόντος.

Η ζήτηση που αντιμετωπίζουν δεν είναι σταθερή, άλλα αυξομειώνεται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ακολουθώντας μια εποχικότητα. Η αρχική τιμή της ζήτησης είναι 6 κιβώτια την εβδομάδα. Μετά από πέντε εβδομάδες, όταν και μπαίνει η άνοιξη, η ζήτηση αυξάνεται στα 10 κιβώτια. Μετά από 12 εβδομάδες, την περίοδο του καλοκαιριού, η ζήτηση ανεβαίνει στα 15 κιβώτια την εβδομάδα. Την περίοδο του φθινοπώρου η ζήτηση μειώνεται στα 10 κιβώτια, ενώ τον χειμώνα επιστρέφει στην αρχική τιμή των 6 κιβωτίων την εβδομάδα. Στο γράφημα που ακολουθεί, απεικονίζεται η πορεία της ζήτησης κατά τη διάρκεια του έτους.



Γράφημα 1 : Απεικόνιση της εξέλιξης της εβδομαδιαίας ζήτησης κατά τη διάρκεια του έτους.

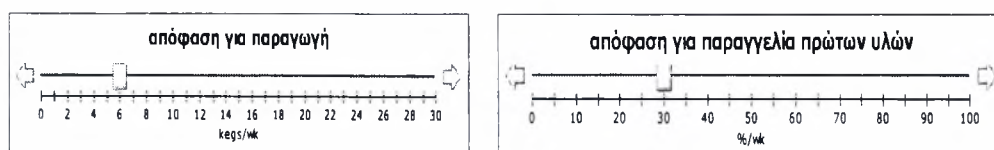
Στον κάθετο άξονα οι τιμές είναι σε βαρέλια μπίρας, ενώ στον οριζόντιο άξονα έχουμε τις εβδομάδες του έτους. Η αρχική εβδομάδα είναι η 14^η Φεβρουαρίου, ενώ η συνολική διάρκεια της προσομοίωσης είναι ένα ημερολογιακό έτος.

Το τελικό σκορ που πετυχαίνουν οι παίκτες είναι η τιμή του ισοζυγίου την τελευταία εβδομάδα της προσομοίωσης, η οποία αντιστοιχεί στην ημερομηνία 11 Φεβρουαρίου.

Το κύριο ζήτημα που περιστρέφεται γύρω από την προσομοίωση, είναι εάν μπορούν οι παίκτες να πλησιάσουν την βέλτιστη επίδοση σε ένα δυναμικό πολύπλοκο περιβάλλον. Για να το εξετάσουμε αυτό, δημιουργήσαμε δυο δείκτες. Ο πρώτος δείκτης δείχνει την βέλτιστη πορεία του ισοζυγίου. Ο δεύτερος δείκτης δείχνει ποιο θα είναι το αποτέλεσμα εάν δεν ακολουθήσουν οι παίκτες καμία στρατηγική και απλώς συνεχίσουν με τις αρχικές επιλογές (do nothing rule).

Ενότητα 2.2: Περιγραφή της διαδικασίας λήψης απόφασης

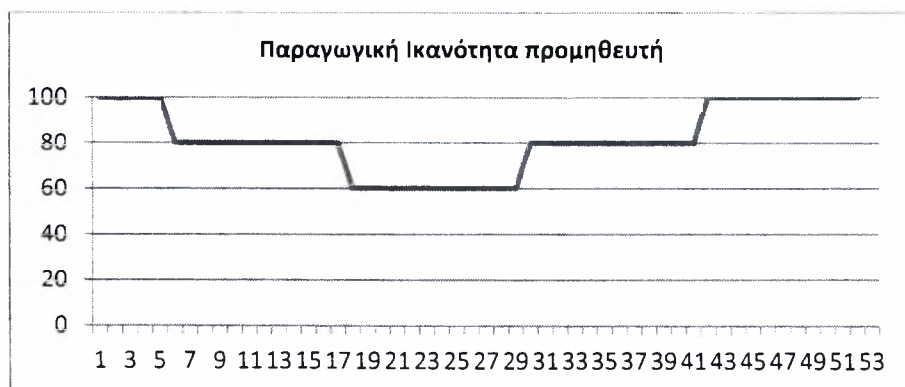
Στην αρχή κάθε εβδομάδας οι παίκτες πρέπει να αποφασίσουν ποιο θα είναι το ύψος της εβδομαδιαίας παραγωγής καθώς και ποια θα είναι η ποσότητα πρώτων υλών που θα παραγγείλουν από τον προμηθευτή. Αυτό γίνεται μέσω ελέγχου των μεταβλητών 'απόφαση για παραγωγή' και απόφαση για 'παραγγελία πρώτων υλών'. Για να επιλέξουν οι παίκτες την επιθυμητή τιμή, απλώς μετακινούν την μπάρα με την χρήση των δύο δεικτών όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 12 : Μπάρες ελέγχου των μεταβλητών που καθορίζουν οι παίκτες

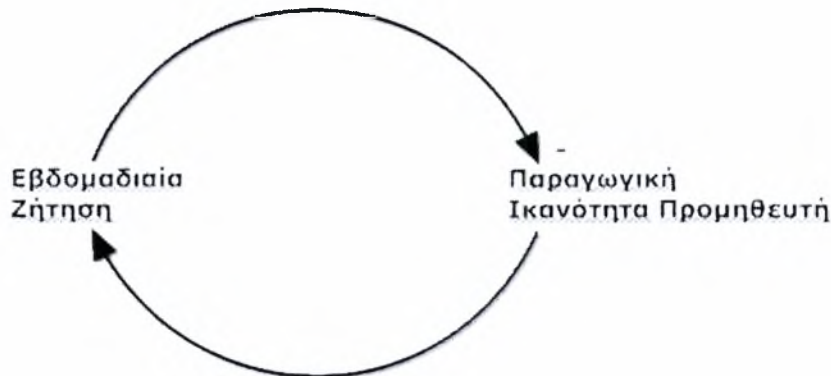
Η παραγωγική ικανότητα της επιχείρησης μετριέται σε βαρέλια μπίρας (kegs) και κυμαίνεται από μηδέν (που σημαίνει καθόλου παραγωγή) μέχρι τριάντα βαρέλια την εβδομάδα. Για να παραχθεί όμως ένα βαρέλι μπίρας χρειάζονται οι κατάλληλες πρώτες ύλες. Για λόγους απλοποίησης τόσο στον προγραμματισμό του μοντέλου, όσο και στην κατανόηση των οδηγιών, επιλέξαμε να ονομάσουμε τις πρώτες ύλες για την κατασκευή της μπίρας ως 'materials', αντί να αναφερόμαστε ξεχωριστά σε κριθάρι, βύνη, λυκίσκο κλπ.

Για να παραχθεί ένα βαρέλι μπίρας, απαιτούνται τέσσερα κιβώτια (cases) πρώτες ύλες. Οι πρώτες ύλες εξασφαλίζονται στην επιχείρηση μέσω ενός προμηθευτή της, ο οποίος τις παραδίδει στην αρχή κάθε εβδομάδας. Ωστόσο, υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση τριών εβδομάδων ανάμεσα στην αποστολή της παραγγελίας και την λήψη των πρώτων υλών. Έτσι, κάθε εβδομάδα καταφθάνει η ποσότητα που είχε παραγγελθεί τρεις εβδομάδες νωρίτερα. Επειδή πρέπει να εξυπηρετήσει και άλλους πελάτες, ο προμηθευτής είναι σε θέση να δώσει μέχρι ένα συγκεκριμένο αριθμό πρώτων υλών ο οποίος αντιστοιχεί στην παραγωγική ικανότητα του. Αυτό σημαίνει ότι όταν η ζήτηση μπίρας στην επιχείρηση αυξάνεται, τότε αυξάνεται και στις υπόλοιπες επιχειρήσεις. Το αποτέλεσμα είναι ο προμηθευτής να αντιμετωπίζει αυξημένη ζήτηση με συνέπεια να μειώνεται η παραγωγική ικανότητα του για να εξυπηρετήσει την επιχείρηση. Στην αρχή της προσομοίωσης η παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή είναι 100 κιβώτια πρώτων υλών, ωστόσο η πορεία της παραγωγικής ικανότητας του είναι αντιστρόφως ανάλογη με την πορεία της ζήτησης μπίρας. Η εξέλιξη της παραγωγικής ικανότητας του προμηθευτή απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα. Ο κάθετος άξονας δείχνει τα κιβώτια με τις πρώτες ύλες που μπορεί να διαθέσει ο προμηθευτής κάθε εβδομάδα, ενώ ο οριζόντιος άξονας δείχνει τις εβδομάδες του έτους.



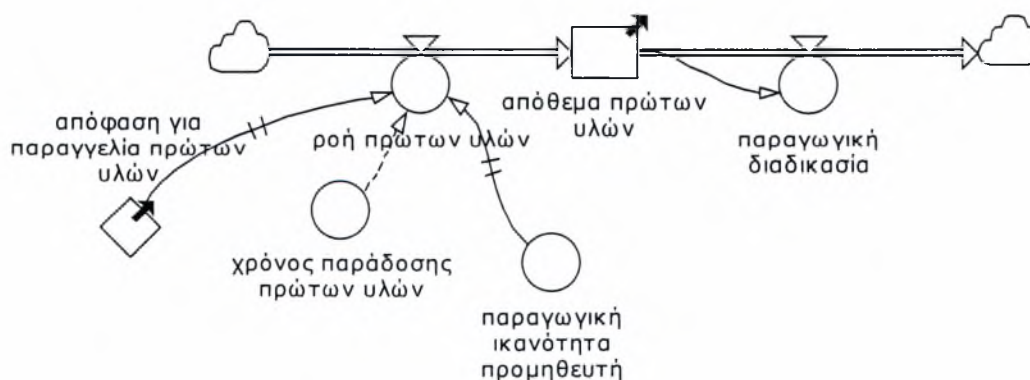
Γράφημα 2 : Απεικόνιση της εξέλιξης της παραγωγικής ικανότητας του προμηθευτή κατά τη διάρκεια του έτους.

Ο αιτιατός βρόγχος ανάμεσα στην εβδομαδιαία ζήτηση και την παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Το σύμβολο (-) σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η εβδομαδιαία ζήτηση, τόσο μειώνεται η παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή.



Σχήμα 13: Αντίστροφη σχέση μεταξύ εβδομαδιαίας ζήτησης και παραγωγικής ικανότητας προμηθευτή.

Η παραπάνω υπόθεση ίσως να μην είναι απόλυτα ρεαλιστική, ο στόχος της όμως είναι να αυξήσει την πολυπλοκότητα και τον βαθμό δυσκολίας του μοντέλου. Λόγω προγραμματιστικών δυσκολιών, οι φοιτητές δεν μπορούν να επιλέξουν πόσα κιβώτια θα παραγγείλουν στον προμηθευτή, αλλά αποφασίζουν σε τι ποσοστό θα αξιοποιήσουν την παραγωγική ικανότητα του. Έτσι, πχ όταν η παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή πέφτει στα 80 κιβώτια, για να παραγγείλουν οι παίκτες 40 κιβώτια θα πρέπει να μετακινήσουν την μπάρα στο 50%. Η ροή των πρώτων υλών από τον προμηθευτή απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 14 : Ροή των πρώτων υλών από τον προμηθευτή προς την παραγωγική διαδικασία

Οι αιτιατοί βρόγχοι της παραπάνω διαδικασίας απεικονίζονται στην εικόνα που ακολουθεί.

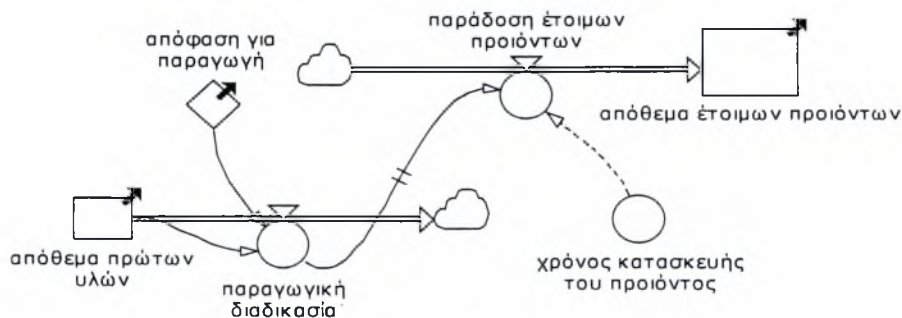
Οι διακεκομμένες γραμμές που συνδέει τη ροή των πρώτων υλών με το απόθεμα των πρώτων

υλών τονίζουν την ύπαρξη της χρονικής καθυστέρησης των τριών εβδομάδων που υπάρχει ανάμεσα στις δύο μεταβλητές.



Σχήμα 15 : Απεικόνιση των αιτιατών βρόγχων της παραγωγικής διαδικασίας

Οι πρώτες ύλες που καταφθάνουν ανανεώνουν το απόθεμα Α υλών που διαθέτουν οι παίκτες για την παραγωγή της μπίρας. Από αυτό το απόθεμα τροφοδοτείται η παραγωγική διαδικασία για την παραγωγή των βαρελιών. Εάν οι παίκτες δώσουν εντολή παραγωγής που υπερβαίνει το διαθέσιμο απόθεμα Α υλών, τότε θα παραχθούν μόνο όσο προϊόντα επιτρέπει το απόθεμα. Ο χρόνος που απαιτείται για την παραγωγή από τη στιγμή της απόφασης μέχρι να είναι διαθέσιμη η μπίρα για πώληση είναι 4 εβδομάδες. Η διαδικασία παραγωγής της μπίρας απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 16 : απεικόνιση της παραγωγικής διαδικασίας

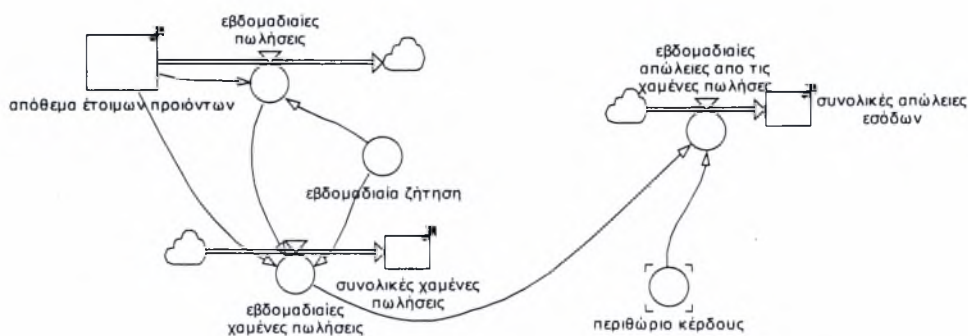
Ενότητα 2.3: Εβδομαδιαίες πωλήσεις και εβδομαδιαία ζήτηση

Η ροή της εβδομαδιαίας παραγωγής τροφοδοτεί το απόθεμα των έτοιμων προϊόντων όπως απεικονίζονται και οι βρόγχοι της παρακάτω εικόνας.



Σχήμα 17 : απεικόνιση των αιτιατών βρόγχων της παραγωγικής διαδικασίας

Με βάση αυτό το απόθεμα καθορίζεται και το ύψος των εβδομαδιαίων πωλήσεων, καθώς εάν η εβδομαδιαία ζήτηση υπερβαίνει το διαθέσιμο απόθεμα, τότε το ύψος των πωλήσεων είναι ίσο με το ύψος του αποθέματος. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ανικανοποίητη ζήτηση, Με δεδομένο ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα να καλυφθεί στο μέλλον το ύψος της εναπομένουσας ζήτησης, η διαφορά ανάμεσα στην εβδομαδιαία ζήτηση και τις εβδομαδιαίες πωλήσεις αντικατοπτρίζει το ύψος των εβδομαδιαίων χαμένων πωλήσεων. Οι χαμένες πωλήσεις σημαίνει και απώλεια δυνητικών εσόδων για την επιχείρηση, τα οποία δεν εισπράττει λόγω έλλειψης αποθέματος ετοιμών προϊόντων. Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει όλη αυτή τη διαδικασία.

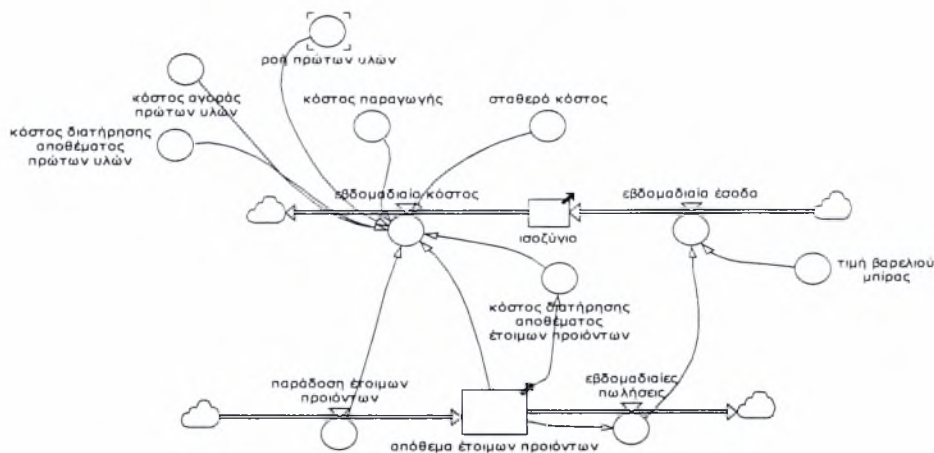


Σχήμα 18 : Ύπαρξη χαμένων πωλήσεων λόγω ανικανοποίητης ζήτησης.

Το ύψος των εβδομαδιαίων εσόδων της επιχείρησης είναι οι εβδομαδιαίες πωλήσεις επί την τιμή του κιβωτίου της μπίρας. Τα χρήματα αυτά αυξάνουν το ισοζύγιο της επιχείρησης. Το ισοζύγιο μειώνεται από τα εβδομαδιαία κόστη που αντιμετωπίζει η επιχείρηση.

Υπάρχουν πέντε διαφορετικά κόστη που πρέπει να έχουν στο μυαλό τους οι παίκτες. Το πρώτο είναι το κόστος αγοράς πρώτων υλών από τον προμηθευτή. Αυτό το κόστος μειώνεται όσο αυξάνεται η ποσότητα παραγγελίας. Πέρα όμως από το κόστος αγοράς υπάρχει και το κόστος αποθήκευσης πρώτων υλών. Αυτή τη φορά όμως, όσο αυξάνεται το μέγεθος του αποθέματος, τόσο αυξάνεται και το κόστος αποθήκευσης των πρώτων υλών.

Πέρα από τα κόστη των Α ύλων, υπάρχουν και τα κόστη που αφορούν την παραγωγή των βαρελιών της μπίρας. Το κόστος παραγωγής κάθε βαρελιού είναι σταθερό και η διαφορά μεταξύ της τιμής πώλησης και του κόστους παραγωγής αντικατοπτρίζει το περιθώριο κέρδους της επιχείρησης. Επίσης, υπάρχει και ένα κόστος αποθήκευσης των έτοιμων προϊόντων το οποίο αυξάνεται δραματικά όσο αυξάνεται το ύψος του αποθέματος. Τέλος υπάρχει και ένα σταθερό εβδομαδιαίο κόστος της επιχείρησης το οποίο αφορά διάφορα λειτουργικά έξοδα. Τα κόστη και τα έσοδα της επιχείρησης φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Σχήμα 18 : Περιγραφή του τρόπου καθορισμού του ισοζυγίου

Πρέπει να τονισθεί ότι προκειμένου να αυξηθεί η πολυπλοκότητα και ο βαθμός δυσκολίας της προσομοίωσης, έχει θυσιαστεί ένα κομμάτι ρεαλισμού σε σχέση με την πραγματικότητα. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να αμελήσουμε το γεγονός ότι η προσομοίωση έχει καθαρά εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Το παραπάνω μοντέλο έχει όλα τα χαρακτηριστικά μιας δυναμικής διαδικασίας λήψης αποφάσεων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Καταρχάς απαιτείται μια σειρά αποφάσεων ώστε να επιτευχθεί ο αιώτερος σκοπός που είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους. Έπειτα οι αποφάσεις δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, προηγούμενες αποφάσεις επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις επόμενες. Το περιβάλλον αλλάζει είτε αυτόνομα (εξαιτίας της εποχικότητας), είτε ως αποτέλεσμα των αποφάσεων των ατόμων. Τέλος, οι αποφάσεις θα πρέπει να λαμβάνονται μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή στην οποία οι παίκτες θα πρέπει να δίνουν μεγάλη προσοχή εξαιτίας της εποχικότητας.

Όλες οι εξισώσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί στο μοντέλο, καθώς και οι τιμές των μεταβλητών είναι συγκεντρωμένες σε ένα πίνακα που βρίσκεται στο παράρτημα. Παρακάτω

Κεφάλαιο 3 :Περιγραφή αποτελεσμάτων

Στο κεφάλαιο που προηγήθηκε περιγράψαμε τον τρόπο λειτουργίας του μοντέλου της προσομοίωσης μέσα από τους αιτιατούς βρόγχους και την τμηματική απεικόνιση των μερών του. Σε αυτό το κεφάλαιο που ακολουθεί γίνεται μια περιγραφή των επιδόσεων που σημείωσαν οι παίκτες.

Το πείραμα έλαβε χώρα στο εργαστήριο υπολογιστών του τμήματος οικονομικών επιστημών του πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι συμμετέχοντες ήταν 32 προπτυχιακοί φοιτητές 6 μεταπτυχιακοί φοιτητές του τμήματος. Όλοι οι συμμετέχοντες προσφέρθηκαν εθελοντικά έπειτα από μια προφορική πρόσκληση που έγινε λίγες μέρες νωρίτερα.

Από την ομάδα των προπτυχιακών φοιτητών, 6 φοιτητές άνηκαν στο τρίτο έτος σπουδών και οι υπόλοιποι 26 στο τέταρτο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κανένας από τους 38 συμμετέχοντες δεν είχε κάποια αντίστοιχη εμπειρία κατά το παρελθόν.

Σε όλους τους φοιτητές μοιράστηκαν οι ίδιες οδηγίες. Προτού ξεκινήσουν προηγήθηκε ένα εικοσάλεπτο περιγραφής του τρόπου λειτουργίας του συστήματος και απαντήσεων στις απορίες που διατύπωναν οι φοιτητές. Κάθε φοιτητής καλούταν να τρέξει 20 διαφορετικούς γύρους. Κάθε γύρος ισοδυναμούσε με ένα έτος. Μετά την ολοκλήρωση του έτους, ο γύρος τελείωνε και το μοντέλο έκανε επανεκκίνηση στην αρχική κατάσταση. Δεν υπήρχε κάποιο χρονικό όριο στη διάρκεια του κάθε γύρου, ενώ η διαδικασία ολοκληρωνόταν για κάθε φοιτητή μόλις εκείνος τέλειωνε και τον εικοστό γύρο. 6 τεταρτοετείς φοιτητές δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν τον απαιτούμενο αριθμό επαναλήψεων και ως εκ τούτο τα αποτελέσματα τους δεν συμπεριελήφθησαν στην ανάλυση.

Από τους είκοσι γύρους που έτρεξαν οι φοιτητές, αφαιρέσαμε τα αποτελέσματα από τους πρώτους πέντε καθώς όπως τονίστηκε στους φοιτητές οι πρώτες προσπάθειες ήταν δοκιμαστικές προκειμένου να εξοικειωθούν με το μοντέλο.

Για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων δημιουργήσαμε δύο δείκτες. Ο πρώτος δείκτης απεικονίζει το βέλτιστο αποτέλεσμα που μπορεί να πετύχει κάποιος και έτσι συγκρίνουμε την απόκλιση της απόδοσης των φοιτητών σε σχέση με τη βέλτιστη απόδοση. Ο δεύτερος δείκτης δείχνει ποιο θα είναι το τελικό αποτέλεσμα εάν δεν ακολουθήσουν καμία στρατηγική και απλώς συνεχίσουν με τις αρχικές επιλογές μέχρι το τέλος, μη λαμβάνοντας καμία διαφορετική απόφαση. Στη βιβλιογραφία αυτός ο δείκτης ονομάζεται ως 'do nothing rule' (Paich και Sterman 1993;Diehl και Sterman 1995).



Σε προηγούμενες έρευνες είχε παρατηρηθεί ότι σε ένα πολύπλοκο, δυναμικό περιβάλλον, η απόδοση των ατόμων όχι μόνο έχει σημαντικές αποκλίσεις από την βέλτιστη απόδοση, αλλά και συχνά είναι χειρότερη από την απόδοση που προκύπτει εάν ακολουθεί κάποιος τη στρατηγική του do nothing rule.

Στόχος μας λοιπόν είναι χρησιμοποιώντας αυτούς τους δύο δείκτες να συγκρίνουμε την απόδοση των φοιτητών και να εξετάσουμε κατά πόσο η απόδοση τους βελτιώνεται ύστερα από έναν αριθμό επαναλήψεων. Το βέλτιστο αποτέλεσμα που μπορούσε να πετύχει κάποιος παίχτης ήταν 16912€ ενώ εάν απλώς ακολουθούσε τον κανόνα της μη αλλαγής της απόφασης θα πετύχαινε 7816€.

Με βάση τον μέσο όρο της τελικής τιμής του ισοζυγίου, χωρίσαμε τους φοιτητές σε δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα ανήκαν οι φοιτητές που ο μέσος όρος της τελικής τιμής του ισοζυγίου στις 15 προσπάθειες τους ξεπερνούσε την τιμή του ισοζυγίου που προκύπτει με βάση τον κανόνα 'do nothing', καθώς και οι φοιτητές ο μέσος όρος τους ήταν κάτω από τα 7816€ και μέχρι τις 6000€. Στη δεύτερη ομάδα ανήκαν οι φοιτητές που ο μέσος όρος της τελικής τιμής του ισοζυγίου βρισκόταν κάτω από τις 6000€. Ο αριθμός των παικτών που ανήκαν στην πρώτη ομάδα ήταν 18, ενώ στη δεύτερη ομάδα ανήκαν οι υπόλοιποι 14.

Στη συνέχεια συγκρίνουμε τους μέσους των δύο δειγμάτων για να εξετάσουμε εάν όντων υπάρχουν διαφορές στην τελική τιμή του ισοζυγίου ανάμεσα στις δύο ομάδες. Επειδή τα δείγματα δεν έχουν τον ίδιο πληθυσμό και οι φοιτητές κατανεμήθηκαν σε αυτά τυχαία, χρησιμοποιήσαμε τον έλεγχο Mann-Whitney.

Η υπόθεση που θα ελέγξουμε είναι η ακόλουθη:

H_0 : Οι μέσες τελικές τιμές του ισοζυγίου είναι ίδιες

H_1 : Οι μέσες τελικές τιμές του ισοζυγίου διαφέρουν

Mann-Whitney Test

Ranks				
	VAR00003	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	1	18	23,50	423,00
VAR00002	2	14	7,50	105,00
	Total	32		

Test Statistics^a

	VAR00002
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	105,000
Z	-4,786
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,000 ^b

a. Grouping Variable: VAR00003

b. Not corrected for ties.

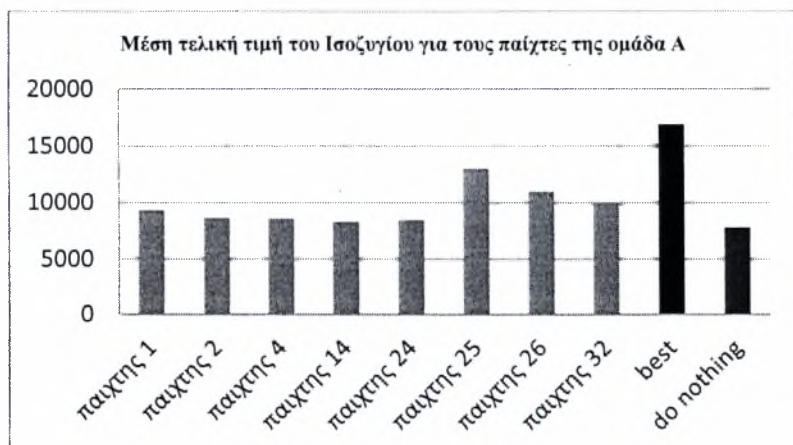
Πίνακας 1 : Αποτέλεσμα ελέγχου Mann
Whitney στο SPSS

Από τα αποτελέσματα που πήραμε από το SPSS βλέπουμε ότι η τιμή

$Z = -4,786 < -1,96$ και άρα απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει διαφορά στην απόδοση που είχαν οι παίκτες των δύο ομάδων. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τους λόγους που υπάρχει αυτή η απόκλιση στην απόδοση των δύο ομάδων.

Ενότητα 3.1 : Περιγραφή χαρακτηριστικών της ομάδας A

Στην πρώτη ομάδα ανήκουν φοιτητές που ξεπέρασαν την τιμή του δείκτη do nothing και φοιτητές που απόδοση τους κυμάνθηκε λίγο κάτω από το όριο. Στο γράφημα που ακολουθεί, απεικονίζεται ο μέσος όρος της τελικής τιμής του ισοζυγίου για τους παίκτες της ομάδας A, καθώς και η τελική τιμή που προκύπτει από τους δύο δείκτες.



Γράφημα 3: Σύγκριση της μέσης τελικής τιμής του ισοζυγίου με τους δύο δείκτες (α)

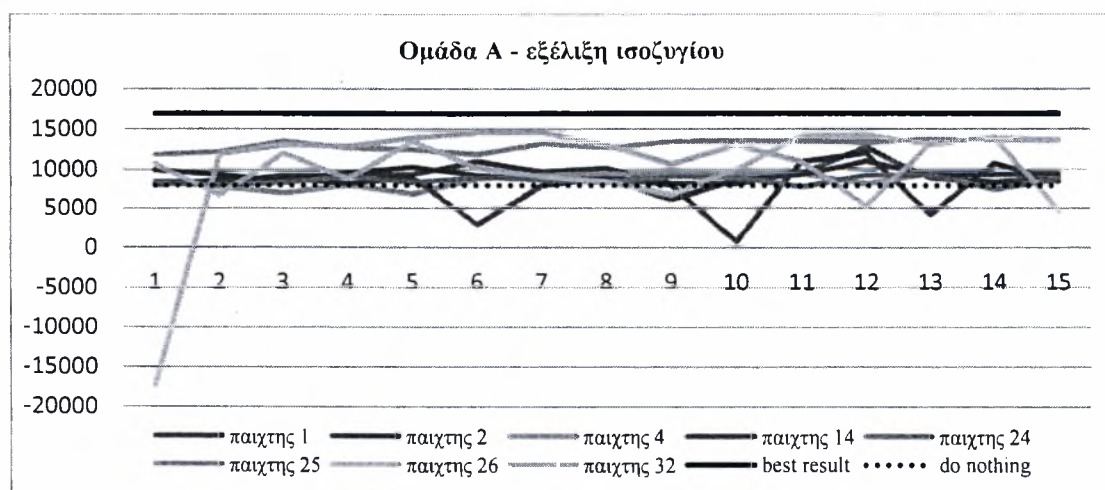
Από το διάγραμμα διαπιστώνουμε ότι και οι επτά παίκτες ξεπέρασαν κατά μέσο όρο τον πρώτο δείκτη, ενώ οι παίκτες 25 και 26 ξεχώρισαν περισσότερο λόγω της υψηλής τιμής που σημείωσαν. Επειδή όμως ο μέσος όρος ενδέχεται να είναι παραπλανητικός, ο παρακάτω πίνακας έχει συγκεντρωμένα τα στατιστικά στοιχεία για κάθε παίχτη.

παίκτης 1		παίκτης 2		παίκτης 4	
Μέσος	9326,75	Μέσος	8648,31	Μέσος	8575,37
Τυπικό σφάλμα	330,84	Τυπικό σφάλμα	728,93	Τυπικό σφάλμα	241,49
Διακύμανση	1641800,72	Διακύμανση	7970174,74	Διακύμανση	874726,16
Ελάχιστο	8046,63	Ελάχιστο	753,40	Ελάχιστο	6801,50
Μέγιστο	12835,82	Μέγιστο	12058,50	Μέγιστο	9420,50
Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00
παίκτης 24		παίκτης 25		παίκτης 26	
Μέσος	8489,17	Μέσος	13006,02	Μέσος	11006,18
Τυπικό σφάλμα	147,41	Τυπικό σφάλμα	173,50	Τυπικό σφάλμα	699,97
Διακύμανση	325925,51	Διακύμανση	451555,29	Διακύμανση	7349329,22
Ελάχιστο	7383,25	Ελάχιστο	11820,65	Ελάχιστο	6651,63
Μέγιστο	9184,25	Μέγιστο	13731,99	Μέγιστο	14303,18
Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00
παίκτης 14		παίκτης 32			
Μέσος	8308,97	Μέσος	9907,90		
Τυπικό σφάλμα	473,03	Τυπικό σφάλμα	2093,16		
Διακύμανση	3356386,59	Διακύμανση	65719713,01		
Ελάχιστο	2911,10	Ελάχιστο	-17307,82		
Μέγιστο	11105,06	Μέγιστο	14586,05		
Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00		

Πίνακας 2: περιγραφικά στατιστικά στοιχεία, για τους παίκτες της ομάδας Α (α)

Από τον πίνακα βλέπουμε ότι για τον παίκτη 32, ο μέσος όρος έχει μειωθεί εξαιτίας μια ακραίας τιμής. Έτσι, ενώ έχει πετύχει την υψηλότερη τιμή του ισοζυγίου, ο μέσος όρος είναι μειωμένος καθώς έχει σημειώσει και μια εξαιρετικά χαμηλή τιμή. Μεγάλη σταθερότητα έδειξε ο παίκτης 24, ο οποίος έχει και την χαμηλότερη διακύμανση από όλους τους παίκτες. Τον ακολουθεί ο παίκτης 25 ο οποίος σημείωνε σταθερά υψηλές τιμές

Στο γράφημα που ακολουθεί απεικονίζεται η εξέλιξη της τελικής τιμής του ισοζυγίου κατά τη διάρκεια της διαδικασίας για τους πρώτους οκτώ φοιτητές της ομάδας.



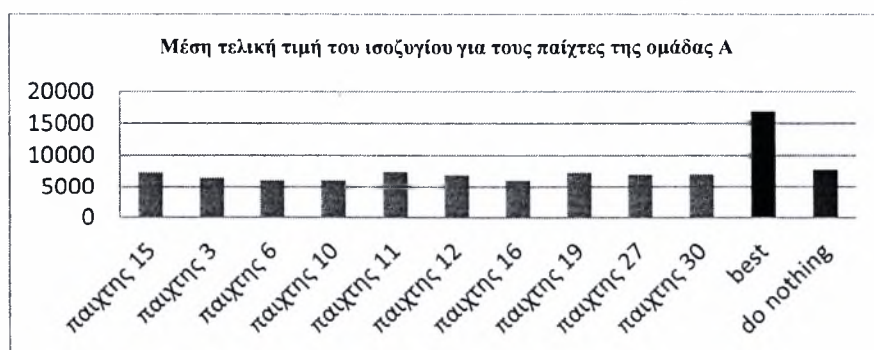
Γράφημα 4: Η εξέλιξη του ισοζυγίου στους παίκτες της ομάδας Α (α)

Ο κάθετος άξονας δείχνει τα πόσα σε χιλιάδες € που είχε το ισοζύγιο, ενώ τα νούμερα στον οριζόντιο άξονα αντιστοιχούν στους γύρους που έτρεξαν οι φοιτητές. Επίσης, στο γράφημα υπάρχουν και οι δύο δείκτες με τους οποίους γίνεται η σύγκριση.

Θεαματική είναι η περίπτωση του παίχτη 32 που έπειτα από μια πολύ αποτυχημένη προσπάθεια στην αρχή κατόρθωσε στη συνέχεια να έχει μια σταθερά καλή πορεία, με εξαίρεση την δωδέκατη και την δέκατη πέμπτη προσπάθεια. Κάτι αντίστοιχο μπορεί να ειπωθεί για τον παίχτη 2 που στη δέκατη και δέκατη τρίτη προσπάθεια το αποτέλεσμα του είναι σχετικά χαμηλό. Ωστόσο, μπορεί να βλέπουμε μια σταθερότητα στην προσπάθεια των παικτών, αλλά με εξαίρεση των παίχτη 32 δεν βλέπουμε κάποιον παίχτη του οποίου η απόδοση να έχει ανοδικές τάσεις. Δηλαδή, η απόδοση τους στις τελευταίες προσπάθειες δεν διαφέρει σημαντικά με την απόδοση που είχαν στις πρώτες προσπάθειες. Επίσης, στο γράφημα φαίνεται η σταθερότητα των τιμών του παίχτη 24, ενώ ο παίχτης 26 είχε μια σημαντική βελτίωση και σταθερότητα στους 5 τελευταίους γύρους.

Στον επόμενο πίνακα φαίνονται τα στατιστικά στοιχεία και για τους υπόλοιπους παίκτες της ομάδας. Χρησιμοποιήσαμε δύο πίνακες και γραφήματα αντί για ένα, προκειμένου να είναι ευανάγνωστη η πορεία του κάθε παίχτη ξεχωριστά και να μην μπλέκονται πολύ οι γραμμές μεταξύ τους.

Βλέπουμε ότι σε σύγκριση με τους δύο δείκτες, οι υπόλοιποι παίκτες της ομάδας A, έχουν μια τελική τιμή που κατά μέσο όρο είναι λιγάκι χαμηλότερη από τον πρώτο δείκτη.



Πίνακας 3: Σύγκριση της μέσης τελικής τιμής του ισοζυγίου με τους δύο δείκτες (β)

Κοιτώντας τον δεύτερο πίνακα, διαπιστώνουμε ότι με εξαίρεση τον παίχτη 15, όλοι οι υπόλοιποι έχουν ένα μεγαλύτερο εύρος τιμών. Όλοι οι παίκτες ξεπέρασαν κάποια στιγμή τον πρώτο δείκτη, σημειώνοντας υψηλές επιδόσεις. Ωστόσο, είχαν μεγαλύτερη διακύμανση και έτσι ο μέσος όρος τους είναι αισθητά χαμηλότερος σε σχέση με τους προηγούμενους.

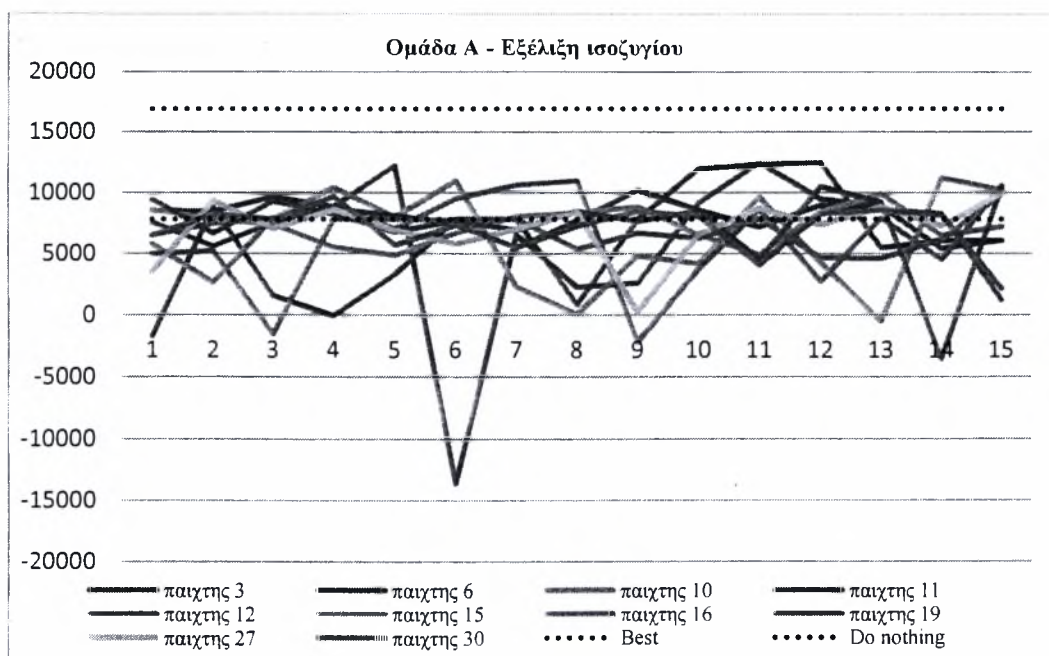
παίκτης 15		παίκτης 3		παίκτης 6	
Μέσος	7301,74	Μέσος	6465,25	Μέσος	6038,59
Τυπικό σφάλμα	381,22	Τυπικό σφάλμα	1622,12	Τυπικό σφάλμα	1164,70
Μέση απόκλιση	1476,45	Μέση απόκλιση	6282,44	Μέση απόκλιση τετραγώνου	4510,85
Διακύμανση	2179907,70	Διακύμανση	39469020,17	Διακύμανση	20347780,47
Ελάχιστο	4877,71	Ελάχιστο	-13619,94	Ελάχιστο	-1676,60
Μέγιστο	9918,97	Μέγιστο	12445,49	Μέγιστο	12473,84
Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00
παίκτης 11		παίκτης 12		παίκτης 16	
Μέσος	7415,12	Μέσος	6987,14	Μέσος	6081,27
Τυπικό σφάλμα	541,45	Τυπικό σφάλμα	913,05	Τυπικό σφάλμα	670,75
Μέση απόκλιση	2097,03	Μέση απόκλιση	3536,23	Μέση απόκλιση τετραγώνου	2597,80
Διακύμανση	4397538,75	Διακύμανση	12504914,73	Διακύμανση	6748539,34
Ελάχιστο	1207,00	Ελάχιστο	-2166,26	Ελάχιστο	-1540,25
Μέγιστο	10217,60	Μέγιστο	10952,78	Μέγιστο	9851,71
Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00
παίκτης 27		παίκτης 30		παίκτης 10	
Μέσος	7042,10	Μέσος	7046,77	Μέσος	6121,31
Τυπικό σφάλμα	632,93	Τυπικό σφάλμα	508,87	Τυπικό σφάλμα	1024,18
Μέση απόκλιση	2451,31	Μέση απόκλιση	1970,84	Μέση απόκλιση τετραγώνου	3966,63
Διακύμανση	6008913,85	Διακύμανση	3884218,51	Διακύμανση	15734158,03
Ελάχιστο	241,26	Ελάχιστο	2154,90	Ελάχιστο	-508,88
Μέγιστο	9938,12	Μέγιστο	9677,90	Μέγιστο	11200,19
Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00
παίκτης 19					
Μέσος	7385,22				
Τυπικό σφάλμα	879,52				
Μέση απόκλιση	3406,38				
Διακύμανση	11603422,3				
Ελάχιστο	-3562,31				
Μέγιστο	10502,91				
Πλήθος	15,00				

Πίνακας 4: περιγραφικά στατιστικά στοιχεία, για τους παίκτες της ομάδας Α (β)

Οι παίκτες 3 και 6 είχαν μια αρκετά υψηλή τιμή ως μέγιστη, αλλά παράλληλα σε κάποιο άλλο γύρο είχαν μεγάλη ζημία. Οι υψηλές διακυμάνσεις των παικτών σημαίνουν ότι δεν υπήρχε κάποια μεγάλη σταθερότητα στην απόδοσή τους. Αξιοσημείωτο είναι ότι 6 από τους 10 παίκτες είχαν σε κάποιο γύρο ζημία, κάτι το οποίο και μείωσε τον μέσο όρο της τελικής τιμής του ισοζυγίου τους

Στο επόμενο γράφημα φαίνεται η εξέλιξη της τιμής του ισοζυγίου για τους υπόλοιπους παίκτες της ομάδας

Παρατηρώντας το γράφημα με τους υπόλοιπους παίκτες, βλέπουμε ότι εκείνοι που οι τελικές τους τιμές ήταν μικρότερες κατά μέσο όρο από τον δείκτη, είχαν μεγαλύτερες διακυμάνσεις στην απόδοσή τους. Αυτό σημαίνει ότι η εξοικείωση τους στο πέρασμα του χρόνου δεν ήταν τόσο μεγάλη όσο των άλλων παικτών της ομάδας.

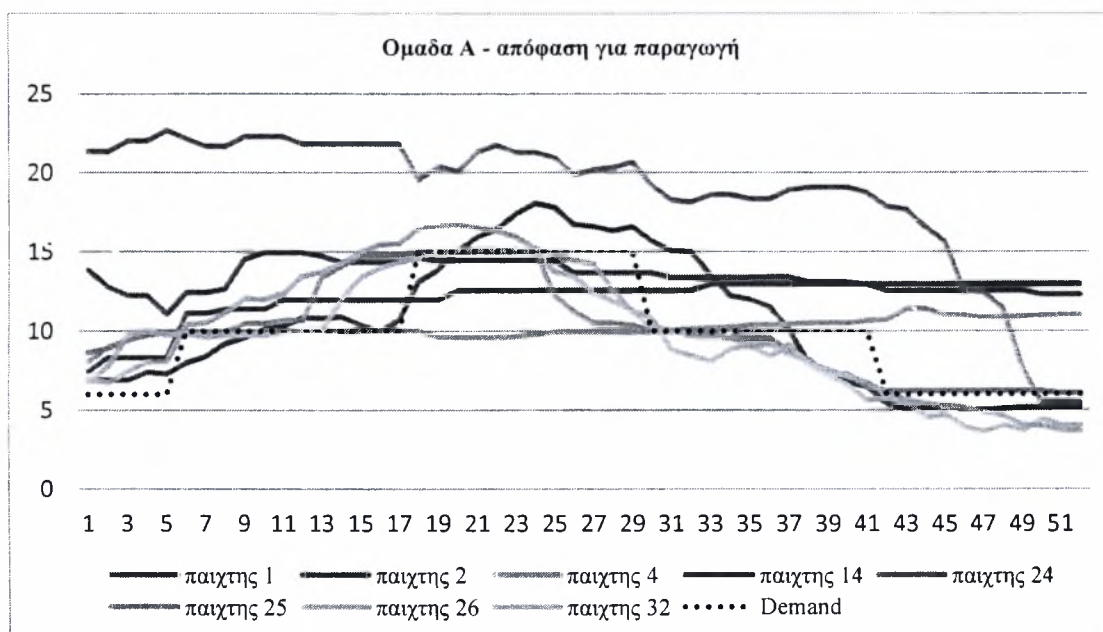


Γράφημα 5 : Η εξέλιξη του ισοζυγίου στους παίκτες της ομάδας Α (β)

Οι παίκτες 30 και 16 φαίνεται ότι έχουν μια σχετικά σταθερή απόδοση, δίχως μεγάλες ταλαντώσεις. Μάλιστα, η τελευταία προσπάθεια του παίκτη 16 κρίνεται αρκετά επιτυχημένη καθώς ξεπέρασε την τιμή του κανόνα do nothing, κλείνοντας τον γύρο με ισοζύγιο της τάξης των 9940€. Ο παίκτης 6 πέτυχε τρεις φορές διαδοχικά μια υψηλή τιμή ισοζυγίου, στους γύρους 10,11,12, όμως η απόδοση του μειώθηκε αισθητά στις 3 τελευταίες προσπάθειες. Κάτι παρόμοιο ισχύει και για τον παίκτη 12 που στις προσπάθειες 6,7 και 8 πέτυχε μια υψηλή τιμή, αλλά στη συνέχεια η απόδοση του μειώθηκε. Πολύ μεγάλες ταλαντώσεις είχε ο παίκτης 3, όπου ενώ πέτυχε 2 φορές υψηλές τιμές στο ισοζύγιο, εν τούτοις δεν κατόρθωσε να έχει διάρκεια. Ο παίκτης 10 πέρασε 6 φορές τον δείκτη, σημειώνοντας αρκετά καλές τελικές τιμές, ωστόσο η απόδοση του είχε πολύ μεγάλες διακυμάνσεις.

Στα γραφήματα που προηγήθηκαν είδαμε ότι οι παίκτες 25, 26 και 32 σημείωσαν τις υψηλότερες τιμές του ισοζυγίου. Κοιτώντας το γράφημα που δείχνει τις μέσες τιμές των αποφάσεων για παραγωγή στις 52 εβδομάδες, διαπιστώνουμε ότι αυτοί οι παίκτες είχαν αντιληφθεί καλύτερα την ύπαρξη της εποχικότητας στη ζήτηση και της χρονικής καθυστέρησης και βλέπουμε αυξομειώωναν την παραγωγή τους λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα δύο στοιχεία.. Το ίδιο προσπάθησε να κάνει και ο παίκτης 2, αλλά με λιγότερη επιτυχία καθώς βλέπουμε ότι αφενός το καλοκαίρι δεν αύξανε την παραγωγή του εκ των προτέρων και αφετέρου αργούσε να μειώσει την παραγωγή του όταν έπεφτε η ζήτηση. Οι υπόλοιποι παίκτες βλέπουμε ότι κρατούσαν σχετικά σταθερές τιμές. Αξιοσημείωτο είναι ότι ο παίκτης

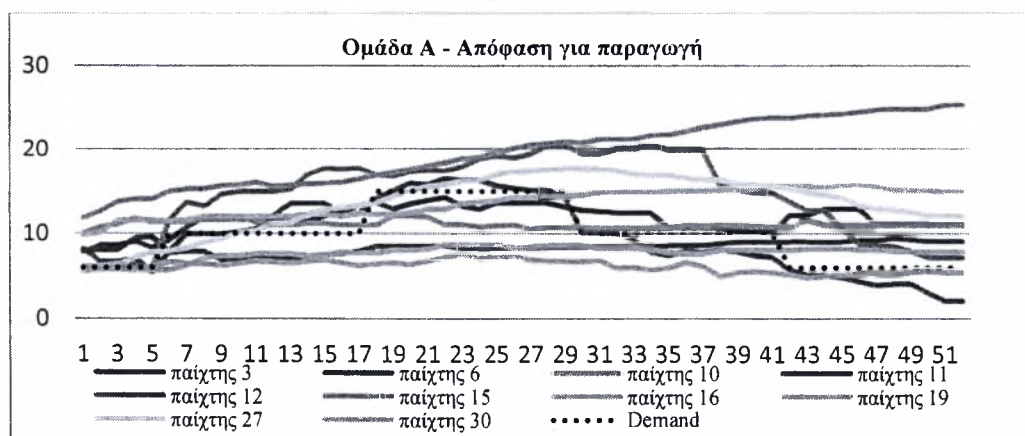
24 ξεκινούσε με πολύ υψηλές τιμές, ώστε να ικανοποιήσει πλήρως την ζήτηση και μείωνε την παραγωγή του μόνο τις τελευταίες εβδομάδες του έτους. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι παίκτες που κατανόησαν καλύτερα την εποχικότητα και την χρονική καθυστέρηση είχαν υψηλότερες αποδόσεις από τους υπόλοιπους.



Γράφημα 6: Οι μέσες τιμές της μεταβλητής ‘απόφαση για παραγωγή’ για όλες τις εβδομάδες του έτους. (α)

Ο κάθετος άξονας της εικόνας δείχνει την ποσότητα των βαρελιών μπίρας που αποφάσισαν οι φοιτητές να παράγουν, ενώ στο οριζόντιο άξονα απεικονίζονται οι 52 εβδομάδες του έτους

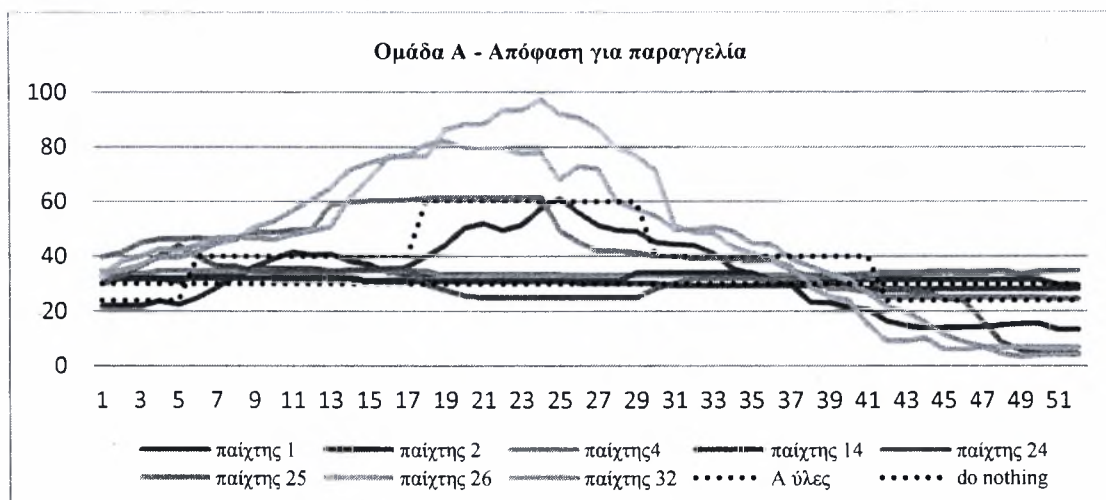
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι μέσες αποφάσεις για παραγωγή στη διάρκεια του έτους για τους υπόλοιπους παίκτες της ομάδας Α.



Γράφημα 7: Οι μέσες τιμές της μεταβλητής ‘απόφαση για παραγωγή’ για όλες τις εβδομάδες του έτους. (β)

Από το διάγραμμα φαίνεται ότι με εξαίρεση τον παίκτη 3, κανείς άλλος από τους υπόλοιπους δεν έλαβε υπόψη την εποχικότητα στη ζήτηση. Αυτό το συμπέρασμα προκύπτει όταν παρατηρήσουμε ότι σχεδόν όλοι παίκτες δεν κατόρθωσαν να ακολουθήσουν τη ζήτηση με τις αποφάσεις τους. Ξεχωρίζει ο παίκτης 15, όπου απλώς αύξανε την παραγωγή του στο πέρασμα του χρόνου, χωρίς να λαμβάνει καθόλου υπόψη την ζήτηση. Ενώ ο παίκτης 12 προσπάθησε να ακολουθήσει τη ζήτηση, αλλά αποφάσιζε συστηματικά πολύ υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ζήτηση που αντιμετώπιζε.

Για να εκπληρωθεί η απόφαση για παραγωγή, απαιτείται η ύπαρξη των κατάλληλων πρώτων υλών. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στην προηγούμενη ενότητα, η παραγωγική ικανότητα δεν είναι σταθερή, αλλά ακολουθεί μια πορεία που είναι αντιστρόφως ανάλογη της ζήτησης. Στο παρακάτω γράφημα απεικονίζονται οι μέσες τιμές της μεταβλητής ‘απόφαση για παραγγελία πρώτων υλών’



Γράφημα 8 : Οι μέσες τιμές της μεταβλητής ‘απόφαση για παραγγελία’ για όλες τις εβδομάδες του έτους. (α)

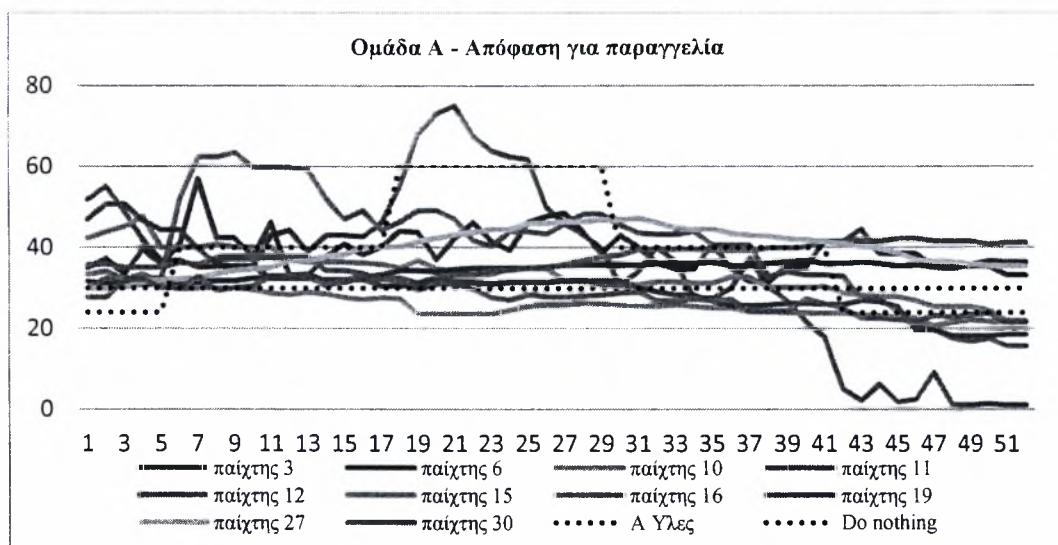
Το γράφημα δείχνει ότι οι παίκτες με το μεγαλύτερο ισοζύγιο είχαν αντιληφθεί την μεταβολή της παραγωγικής ικανότητας και αύξαναν την παραγγελία τους, ενώ οι υπόλοιποι κρατούσαν την τιμή της μεταβλητής σταθερή.

Ο κάθετος άξονας του γραφήματος απεικονίζει το ποσοστό της παραγωγικής ικανότητας του προμηθευτή. Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν την απαιτούμενη ποσότητα πρώτων υλών προκειμένου να ικανοποιηθεί πλήρως η ζήτηση.

Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν και όταν κοιτάζουμε το γράφημα και για τους υπόλοιπους παίκτες της ομάδας. Η μεταβολή της παραγωγικής ικανότητας του προμηθευτή δεν φαίνεται να επηρεάζει τις αποφάσεις τους, καθώς με εξαίρεση τους παίκτες 3, όλοι οι

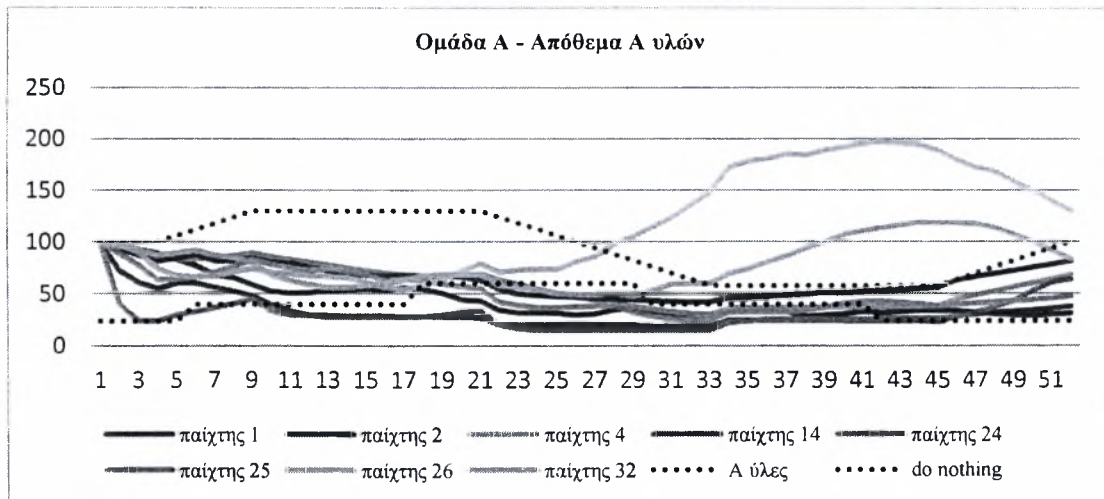
υπόλοιποι φαίνεται να κρατούν σχετικά σταθερές τις αρχικές αποφάσεις σε όλη τη διάρκεια του έτους

Μία ενδιαφέρουσα διαπίστωση είναι ότι την περίοδο του καλοκαιριού που η ζήτηση αυξάνεται στα 15 βαρέλια την εβδομάδα, η παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή πέφτει στα 60 κιβώτια με πρώτες ύλες. Αυτό σημαίνει ότι εάν δεν έχουν μεγάλο απόθεμα πρώτων υλών, οι παίκτες θα πρέπει να ανεβάσουν την τιμή της μεταβλητής ‘απόφαση για παραγγελία’ στο 100, ώστε να αξιοποιήσουν έτσι πλήρως την παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή. Παρόλα αυτά, κανείς από τους παίκτες της ομάδας A δεν ανέβασε τόσο πολύ το ύψος της παραγγελίας του.



Γράφημα 9: Οι μέσες τιμές της μεταβλητής ‘απόφαση για παραγγελία’ για όλες τις εβδομάδες του έτους. (β)

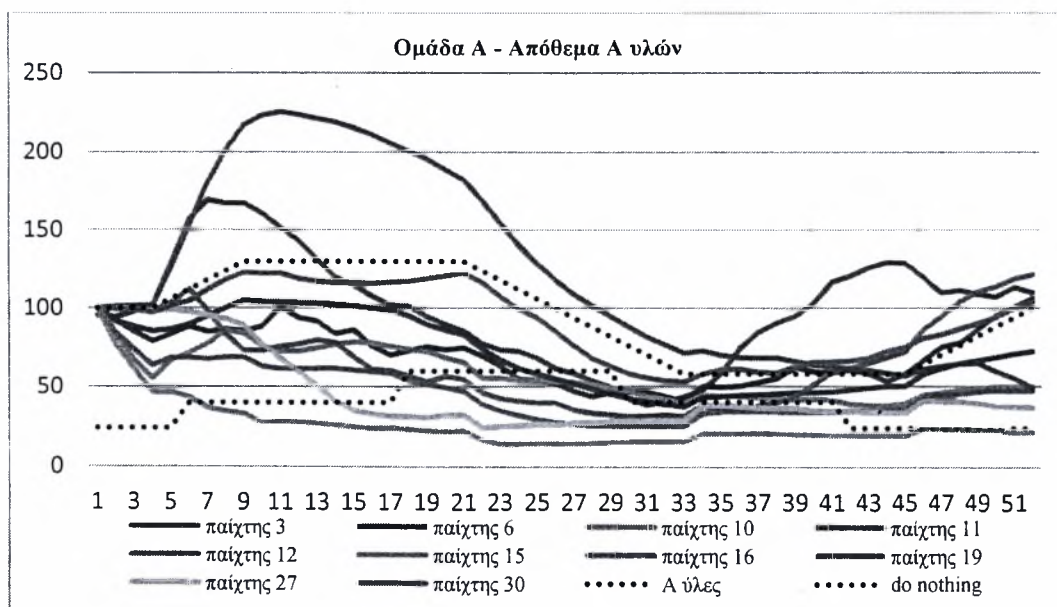
Τα αποτελέσματα της παραπάνω αμέλειας των παικτών φαίνονται καλύτερα στα δύο γραφήματα που ακολουθούν. Στις οδηγίες που δόθηκαν οι φοιτητές υπήρχε η πληροφορία ότι για να παραχθεί ένα βαρέλι (keg) μπίρας, απαιτούνται 4 κιβώτια πρώτων υλών (materials). Ο κάθετος άξονας του γραφήματος δείχνει τα κιβώτια με τις πρώτες ύλες που ήταν διαθέσιμα στο απόθεμα.



Γράφημα 10 : Μέσες τιμές του αποθέματος Α υλών (α)

Από το γράφημα βλέπουμε ότι σχεδόν όλοι παίκτες είχαν απόθεμα Α υλών μικρότερο από τις απαιτούμενες Α ύλες που χρειαζόταν για να ικανοποιηθεί η ζήτηση την περίοδο του καλοκαιριού. Εξαιρεση αποτελεί ο παίχτης 26, όμως εκείνος συσσωρεύει ένα υπερβολικά υψηλό απόθεμα Α υλών την περίοδο που η ζήτηση μειωνόταν, με συνέπεια να έχει αυξημένα κόστη διατήρησης του αποθέματος. Με βάση το παραπάνω γράφημα, βλέπουμε ότι οι παίκτες είχαν δυσκολία να παρακολουθήσουν ταυτόχρονα την εξέλιξη όλων των μεταβλητών. Για παράδειγμα, ο παίχτης 24 είχε βάλει πολύ υψηλές τιμές στην μεταβλητή 'απόφαση για παραγωγή', αλλά ουδέποτε είχε τις αναγκαίες πρώτες ύλες για να την εκπληρώσει.

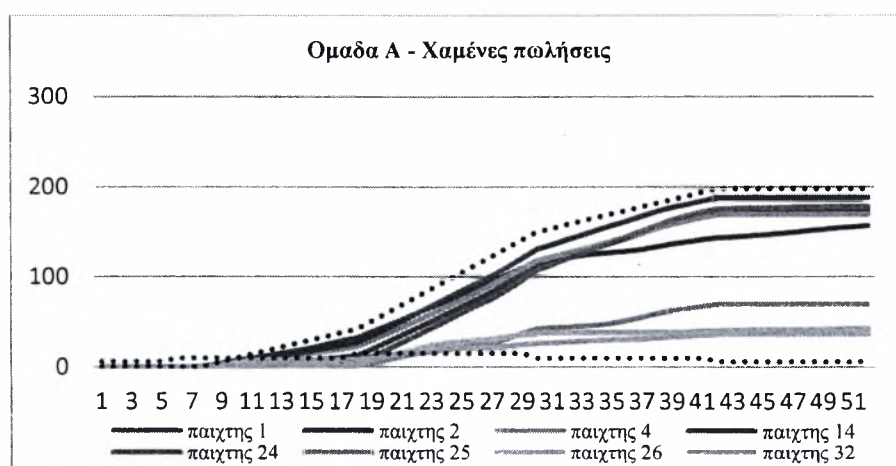
Το επόμενο γράφημα δείχνει το απόθεμα Α υλών για τους υπόλοιπους παίκτες της ομάδας Α.



Γράφημα 11: Μέσες τιμές του αποθέματος Α υλών (α)

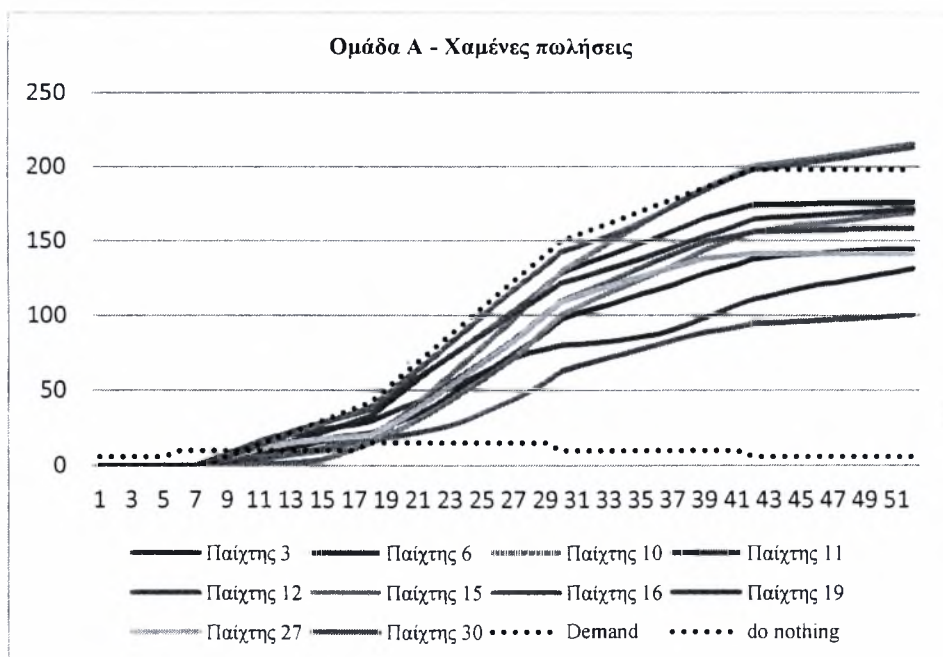
Παρατηρώντας το γράφημα διαπιστώνουμε ότι το στους περισσότερους παίκτες το απόθεμα κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα, με εξαίρεση μια μικρή κάμψη που έγινε την περίοδο της αυξημένης ζήτησης. Με βάση το διάγραμμα μπορούμε να καταλάβουμε ότι οι παίκτες κρατούσαν σταθερή την τιμή της μεταβλητής ‘απόφαση για παραγγελία’, καθώς το απόθεμα πέφτει όταν μειώνεται η παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή και αυξάνεται πάλι σε υψηλά επίπεδα όταν επανέρχεται η παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή στην αρχική της τιμή. Το αξιοπρόσεχτο είναι το απόθεμα A υλών των παικτών είναι αισθητά υψηλότερο από τις A ύλες που απαιτούνται για την παραγωγή των κιβώτιων που ικανοποιούν πλήρως την εβδομαδιαία ζήτηση.

Η έλλειψη αποθέματος πρώτων υλών σημαίνει ότι οι παίκτες δεν ήταν σε θέση να ικανοποιήσουν πλήρως την ζήτηση και συνεπώς υπήρξαν χαμένες πωλήσεις. Στο γράφημα που ακολουθεί, βλέπουμε ότι όταν η ζήτηση αυξάνεται από 10 σε 15 βαρέλια την 19 εβδομάδα, οι παίκτες αδυνατούν να ανταποκριθούν πλήρως με συνέπεια να αυξάνονται πάρα πολύ οι χαμένες πωλήσεις. Όπως αναμενόταν, οι παίκτες 25, 26 και 32 που είχαν τα καλύτερα αποτελέσματα, είχαν και τις λιγότερες χαμένες πωλήσεις συγκριτικά με τους υπόλοιπους.



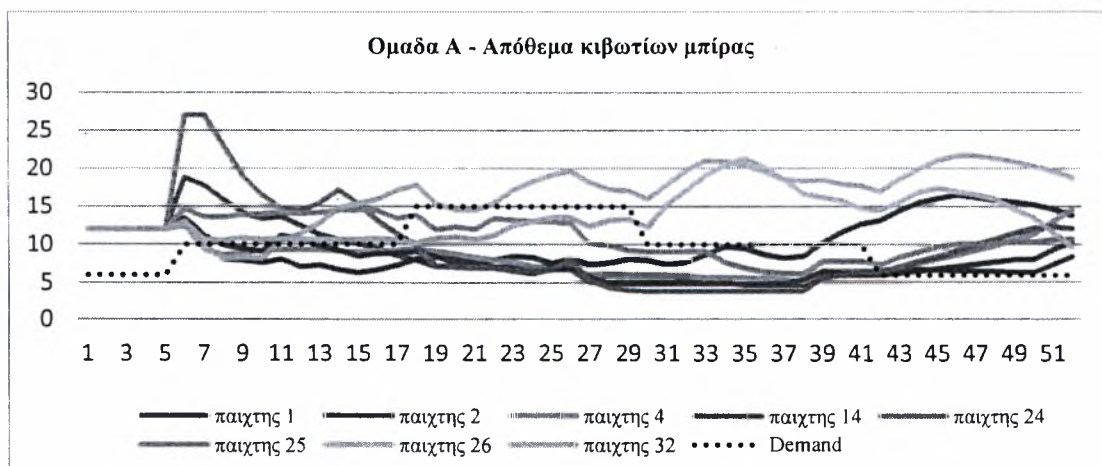
Γράφημα 12: Μέσες τιμές (σε κιβώτια μπίρας) των χαμένων πωλήσεων κατά τη διάρκεια του έτους. (α)

Ούτε και οι υπόλοιποι παίκτες της ομάδος είχαν καλύτερα αποτελέσματα όσο αφορά τις χαμένες πωλήσεις. Παρά το γεγονός ότι αρκετοί παίκτες είχαν κατά διαστήματα πολύ υψηλό απόθεμα A υλών, εν τούτοις δεν κατάφεραν να αποφύγουν τις χαμένες πωλήσεις και τις απώλειες εσόδων που απορρέουν από αυτές.



Γράφημα 13: Μέσες τιμές (σε κιβώτια μπίρας) των χαμένων πωλήσεων κατά τη διάρκεια του έτους. (β)

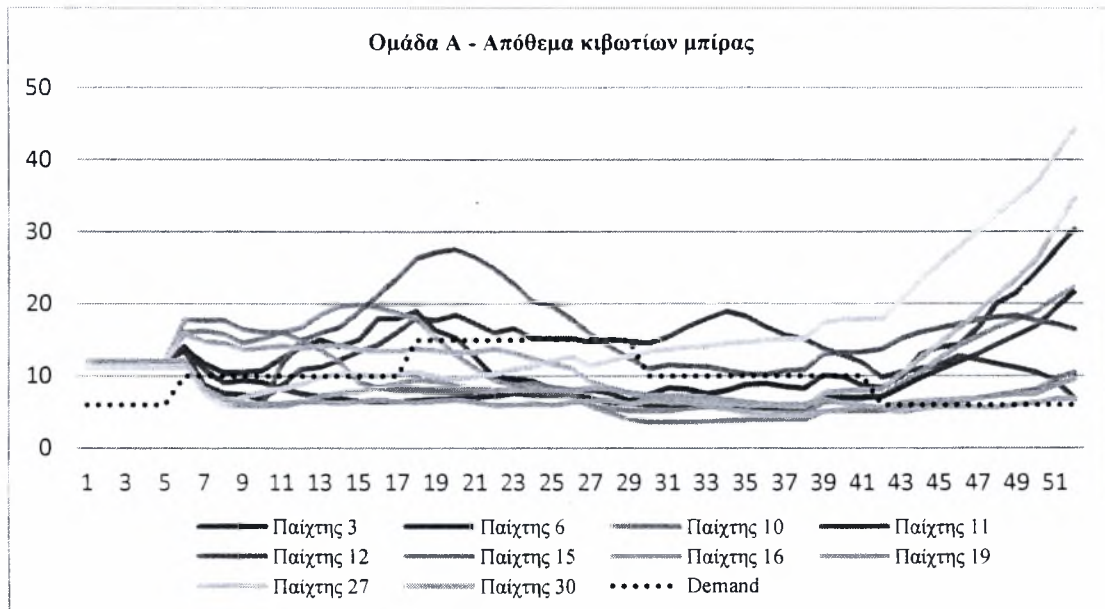
Η ύπαρξη χαμένων πωλήσεων σημαίνει ότι το απόθεμα κιβωτίων μπίρας δεν επαρκεί για να καλύψει πλήρως την εβδομαδιαία ζήτηση. Πράγματι, εάν κοιτάξουμε το γράφημα που απεικονίζει τις μέσες τιμές του αποθέματος βαρελιών μπίρας, θα διαπιστώσουμε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες που η ζήτηση ήταν στα 15 βαρέλια την εβδομάδα, το απόθεμα των παικτών δεν επαρκούσε για να καλύψει πλήρως την ζήτηση.



Γράφημα 14: Μέσες τιμές του αποθέματος κιβωτίων μπίρας κατά τη διάρκεια του έτους. (α)

Με εξαίρεση τον παίκτη 32, ο οποίος είχε λίγες χαμένες πωλήσεις την άνοιξη, όλοι οι υπόλοιποι δεν κατόρθωσαν να ανταποκριθούν πλήρως στην αυξημένη ζήτηση του καλοκαιριού.

Το ίδιο πρόβλημα αντιμετώπισαν και οι υπόλοιποι παίκτες της ομάδας. Επιπροσθέτως μερικοί από του παίκτες, πέρα από την έλλειψη αποθέματος το καλοκαίρι, είχαν και υψηλό απόθεμα την περίοδο του χειμώνα, όταν η ζήτηση επέστρεφε στην αρχική της τιμή.



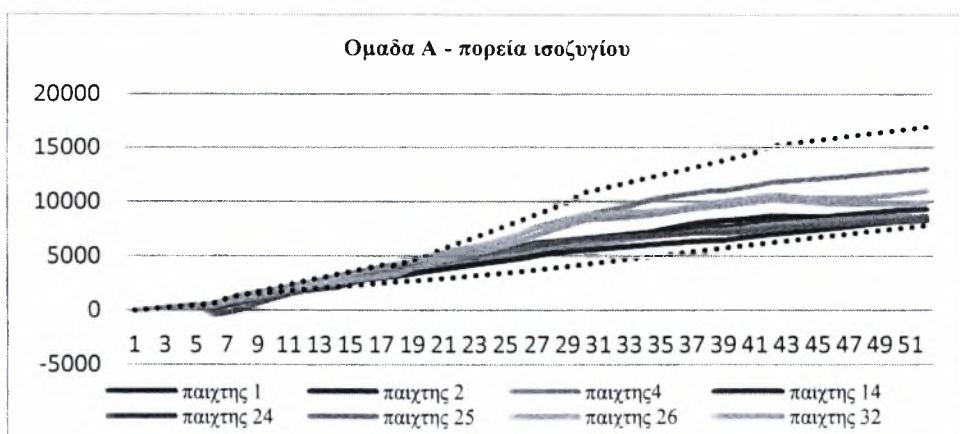
Γράφημα 15: Μέσες τιμές του αποθέματος κιβωτίων μπίρας κατά τη διάρκεια του έτους. (β)

Εξαιρέση αποτελεί ο παίκτης 3 όπου αν και είχε μερικές χαμένες πωλήσεις την περίοδο της άνοιξης, κατόρθωσε να ανταποκριθεί με επιτυχία στην αυξημένη ζήτηση του καλοκαιριού.

Το απόθεμα είναι μια από τις σημαντικές μεταβλητές όσο αφορά την τιμή του ισοζυγίου, καθώς το κόστος διατήρησης αποθέματος αυξάνεται κλιμακωτά εάν η τιμή του υπερβεί τα 20 βαρέλια, ενώ εκτοξεύεται εάν υπερβεί τα 30 βαρέλια.

Στα γραφήματα είδαμε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες το απόθεμα που είχαν οι παίκτες δεν επαρκούσε να καλύψει τη ζήτηση. Αντίθετα, το χειμώνα, όταν και η ζήτηση επέστρεφε στην αρχική τιμή της που ήταν 6 βαρέλια την εβδομάδα, οι παίκτες κρατούσαν υψηλότερο απόθεμα από τη ζήτηση. Αυτό είχε σαν συνέπεια το ισοζύγιο να είτε να μειώνεται είτε να μένει σταθερό καθώς είχαν να αντιμετωπίσουν υψηλά κόστη διατήρησης αποθέματος.

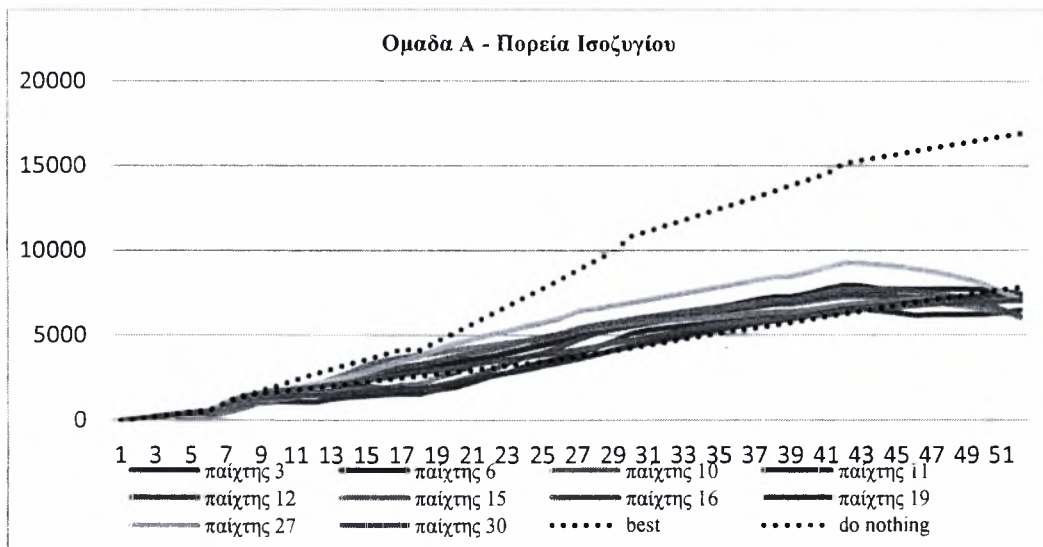
Οι χαμένες πωλήσεις σημαίνουν και απώλεια εσόδων. Στα γραφήματα που ακολουθούν βλέπουμε την πορεία του ισοζυγίου όπως αυτή προκύπτει από τις μέσες τιμές του σε όλες τις εβδομάδες του έτους.



Γράφημα 16: Μέσες τιμές του ισοζυγίου κατά τη διάρκεια του έτους. (α)

Στο γράφημα παρατηρούμε ότι όταν αυξάνεται η ζήτηση, τότε μεγαλώνει και η απόκλιση του ισοζυγίου των παικτών από τον δείκτη με τη βέλτιστη απόδοση. Αυτό οφείλεται στις απώλειες εσόδων που έχουν οι παίκτες, και έτσι το ισοζύγιο αυξάνεται με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με τον δείκτη. Προς το τέλος του έτους, όταν η ζήτηση μειωνόταν, οι παίκτες συχνά διατηρούσαν ένα υψηλό απόθεμα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι εβδομαδιαίες δαπάνες να ξεπερνούν τα εβδομαδιαία έσοδα και το ισοζύγιο να μειώνεται. Αυτό είναι πιο ευκρινές στο γράφημα που απεικονίζει την πορεία του ισοζυγίου στους υπόλοιπους παίκτες της ομάδας.

Στο γράφημα που ακολουθεί φαίνεται καθαρά η μεγάλη απόκλιση των παικτών σε σχέση με την άριστη επίδοση. Με εξαίρεση τον παίκτη 15, όλοι οι υπόλοιποι είδαν προς το τέλος του έτους το ισοζύγιο να μειώνεται. Σημείο καμπής υπήρξε η 41^η εβδομάδα, όπου και η εβδομαδιαία ζήτηση μειωνόταν στα 6 βαρέλια την εβδομάδα. Αυτό είχε σαν συνέπεια μια πτώση στα εβδομαδιαία έσοδα. Η ύπαρξη όμως ενός υψηλό αποθέματος κιβωτίων μπίρας, είχε σαν αποτέλεσμα τα εβδομαδιαία έσοδα να είναι μικρότερα από τις εβδομαδιαίες δαπάνες. Αυτή η διαφορά αντικατοπτρίζεται στο γράφημα από την κάμψη της πορείας του ισοζυγίου.



Γράφημα 17: Μέσες τιμές του ισοζυγίου κατά τη διάρκεια του έτους.(β)

Συμπερασματικά, μπορούμε να γράψουμε ότι οι παίκτες συνάντησαν αρκετές δυσκολίες στην εποχικότητα της ζήτησης. Αφενός είχαν μεγάλες απώλειες εσόδων κατά την περίοδο του καλοκαιριού και αφετέρου στις τελευταίες εβδομάδες του έτους οι εβδομαδιαίες δαπάνες ξεπερνούσαν τα έσοδα. Ωστόσο, οι περισσότεροι ξεπέρασαν αρκετές φορές την τιμή του δείκτη ‘do nothing’.

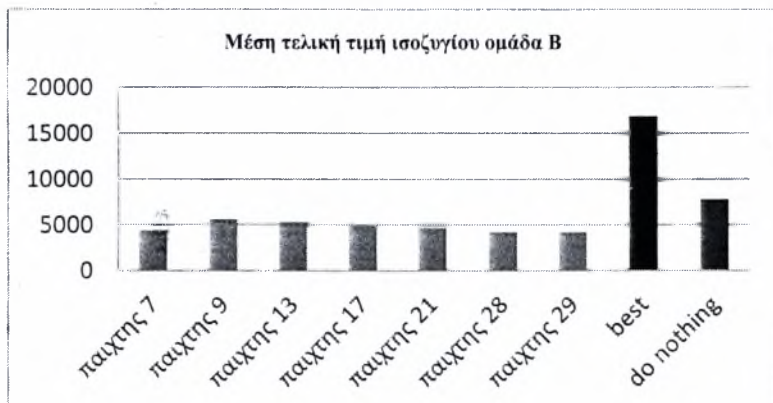
Ένα άλλο στοιχείο που δυσκόλεψε τους παίκτες ήταν οι μεταβολές στην παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή. Και αυτό διότι σχεδόν όλοι οι παίκτες αποφάσιζαν δίχως να λαμβάνουν υπόψη τις μεταβολές, με συνέπεια να έχουν είτε έλλειψη αποθέματος την περίοδο του καλοκαιριού, είτε μεγάλο απόθεμα την περίοδο του χειμώνα.

Οι μεγάλες διακυμάνσεις στην απόδοση παικτών οι οποίοι σε κάποιους γύρους είχαν υψηλή απόδοση, ίσως να οφείλεται και στην κούραση που είχαν μετά από ένα χρονικό διάστημα. Εξάλλου, παρόλο που όλοι ήταν εθελοντές, η ολοκλήρωση των είκοσι γύρων απαιτούσε να αφιερώνουν τουλάχιστον μιάμιση με δύο ώρες. Κάτι τέτοιο ήταν αρκετά κουραστικό για μερικούς παίκτες, οπότε παρατηρήθηκε σε μερικούς γύρους να λαμβάνουν τις αποφάσεις πολύ πιο γρήγορα σε σχέση με κάποιους άλλους γύρους.

Παρόλα αυτά, όλοι οι παίκτες της ομάδας πέτυχαν σε μερικούς γύρους αρκετά υψηλό σκορ και έδειξαν ότι μπορούν να ξεπεράσουν με ευκολία τον δείκτη με βάση την στρατηγική της μη – αλλαγής.

Ενότητα 3.2 : Περιγραφή χαρακτηριστικών ομάδας Β

Στην δεύτερη ομάδα συμπεριελήφθησαν εκείνοι οι παίκτες, των οποίων η μέση τελική τιμή του ισοζυγίου ήταν μικρότερη από τις 6000 €. Πρόκειται για τους παίκτες που η επίδοσή τους ήταν αισθητά χαμηλότερη από τον δείκτη ‘do nothing’. Και σε αυτή την ομάδα, χρησιμοποιούμε δύο γραφήματα και δύο πίνακες ώστε να μην μπλέκονται πάρα πολύ οι γραμμές και έτσι να έχουμε μια καλύτερη εικόνα.



Πίνακας 5: Σύγκριση της μέσης τελικής τιμής του ισοζυγίου με τους δύο δείκτες (α)

Ο παραπάνω πίνακας δείχνει την μέση τελική τιμή του ισοζυγίου για τους πρώτους επτά παίκτες της ομάδα Β. Εδώ βλέπουμε ότι ο μέσος όρος τους είναι αισθητά χαμηλότερος ακόμη και από τον πρώτο δείκτη. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα στατιστικά στοιχεία για κάθε παίχτη ξεχωριστά.

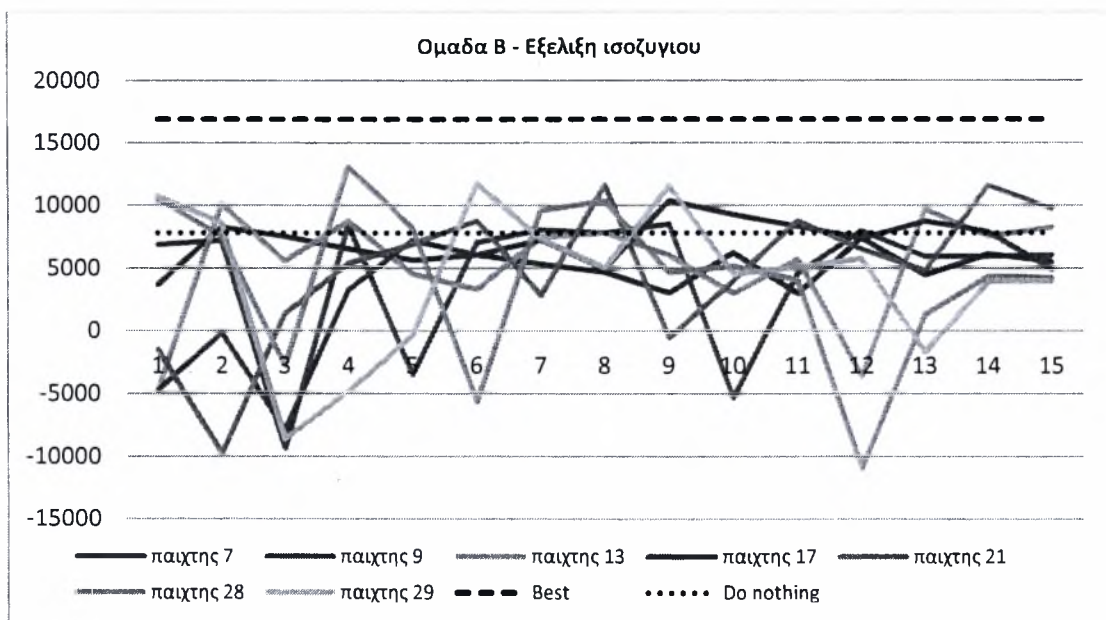
παίκτης 7		παίκτης 9		παίκτης 13	
Μέσος	4427,81	Μέσος	5575,46	Μέσος	5305,75
Τυπικό σφάλμα	1457,25	Τυπικό σφάλμα	407,53	Τυπικό σφάλμα	1133,65
Μέση απόκλιση	5643,92	Μέση απόκλιση	1578,37	Μέση απόκλιση τετραγώνου	4390,62
Διακύμανση	31853778,54	Διακύμανση	2491246,78	Διακύμανση	19277558,96
Ελάχιστο	-9358,70	Ελάχιστο	3000,99	Ελάχιστο	-4729,74
Μέγιστο	8537,70	Μέγιστο	8260,62	Μέγιστο	10085,69
Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00
παίκτης 21		παίκτης 28		παίκτης 29	
Μέσος	4715,95	Μέσος	4258,14	Μέσος	4201,22
Τυπικό σφάλμα	1468,02	Τυπικό σφάλμα	1684,80	Τυπικό σφάλμα	1521,36
Μέση απόκλιση	5685,63	Μέση απόκλιση	6525,19	Μέση απόκλιση τετραγώνου	5892,20
Διακύμανση	32326356,77	Διακύμανση	42578056,34	Διακύμανση	34717975,79
Ελάχιστο	-9757,35	Ελάχιστο	-10928,43	Ελάχιστο	-8571,10
Μέγιστο	11627,00	Μέγιστο	13074,66	Μέγιστο	11738,50
Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00
παίκτης 17					
Μέσος	4872,13				
Τυπικό σφάλμα	1356,18				
Μέση απόκλιση	5252,47				
Διακύμανση	27588456,07				
Ελάχιστο	-7849,08				
Μέγιστο	10377,83				
Πλήθος	15,00				

Πίνακας 6: περιγραφικά στατιστικά στοιχεία, για τους παίκτες της ομάδας Β (α)

Από τον πίνακα βλέπουμε ότι με εξαίρεση τον παίκτη 9, όλοι οι υπόλοιποι έχουν μια πολύ μεγάλη διακύμανση. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι όλοι οι παίκτες ξεπέρασαν κάποια στιγμή τον πρώτο δείκτη, ωστόσο είχαν πολύ μεγάλες αποκλίσεις από τον μέσο όρο τους. Επιπροσθέτως, με εξαίρεση τον παίκτη 9, όλοι οι άλλοι παίκτες σημείωσαν κάποια στιγμή σημαντικές ζημιές. Έτσι, βλέπουμε ακραίες τιμές όπως του παίκτη 28 ο οποίος έχει ελάχιστο -10928 € και μέγιστο 13074€.

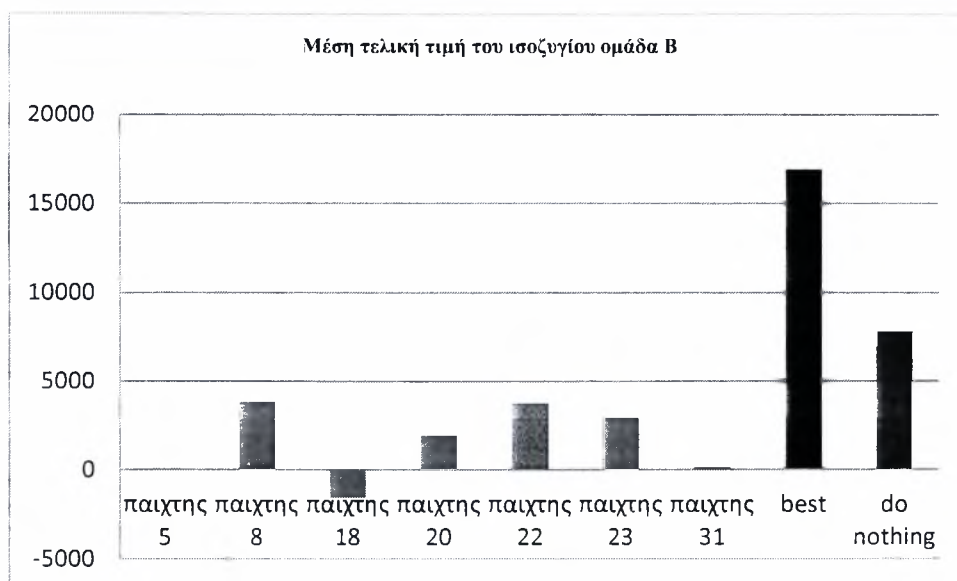
Στο παρακάτω γράφημα απεικονίζεται η εξέλιξη της τελικής τιμής του ισοζυγίου στους 15 γύρους. Όπως έχουμε ήδη διαπιστώσει, όλοι οι παίκτες ξεπέρασαν κάποια στιγμή την τιμή με βάση τον κανόνα do nothing, αλλά αυτά έγινε μόνο για μερικούς μεμονωμένους γύρους και δεν υπήρξε κάποια συνέχεια.

Ο μοναδικός παίκτης που δείχνει μια σχετική βελτίωση μέσα στο χρόνο, είναι ο παίκτης 17 ο οποίος ξεκίνησε έχοντας ζημιές και κατέληξε στις τελευταίες προσπάθειες να ξεπερνά το όριο των 7816€.



Γράφημα 18: Η εξέλιξη του ισοζυγίου στους παίκτες της ομάδας Β. (α)

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας με τον μέσο όρο της τελικής τιμής του ισοζυγίου για τους υπόλοιπους επτά παίκτες της ομάδος.



Πίνακας 7: Σύγκριση της μέσης τελικής τιμής του ισοζυγίου με τους δύο δείκτες (β)

Στο γράφημα βλέπουμε ότι ο μέσος όρος των παικτών κυμάνθηκε σε πολύ χαμηλά επίπεδα, ενώ ο παίκτης 18 είχε κατά μέσο όρο ζημίες. Επίσης, οι παίκτες 5 και 31 είχαν μέσο όρο που ήταν ελάχιστα πάνω από το μηδέν. Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των παικτών βρίσκονται στον πίνακα που ακολουθεί.

παίκτης 5		παίκτης 8		παίκτης 18	
Μέσος	77,86	Μέσος	3854,59	Μέσος	-1572,99
Τυπικό σφάλμα	1887,43	Τυπικό σφάλμα	1093,62	Τυπικό σφάλμα	1696,39
Μέση απόκλιση	7309,99	Μέση απόκλιση	4235,56	Μέση απόκλιση	6570,07
Διακύμανση	53435891,07	Διακύμανση	17940007,44	Διακύμανση	43165878,29
Ελάχιστο	-17383,50	Ελάχιστο	-2815,79	Ελάχιστο	-18759,09
Μέγιστο	12902,16	Μέγιστο	9903,58	Μέγιστο	4550,79
Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00
παίκτης 22		παίκτης 23		παίκτης 31	
Μέσος	3772,63	Μέσος	2936,83	Μέσος	153,35
Τυπικό σφάλμα	1344,77	Τυπικό σφάλμα	1120,77	Τυπικό σφάλμα	1978,79
Μέση απόκλιση	5208,27	Μέση απόκλιση	4340,71	Μέση απόκλιση	7663,83
Διακύμανση	27126047,02	Διακύμανση	18841728,37	Διακύμανση	58734213,89
Ελάχιστο	-14229,55	Ελάχιστο	-4022,77	Ελάχιστο	-18209,47
Μέγιστο	6923,25	Μέγιστο	11044,53	Μέγιστο	10940,29
Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00	Πλήθος	15,00
παίκτης 20					
Μέσος	1950,25				
Τυπικό σφάλμα	4008,70				
Μέση απόκλιση	15525,64				
Διακύμανση	241045592,73				
Ελάχιστο	-45058,12				
Μέγιστο	11104,66				
Πλήθος	15,00				

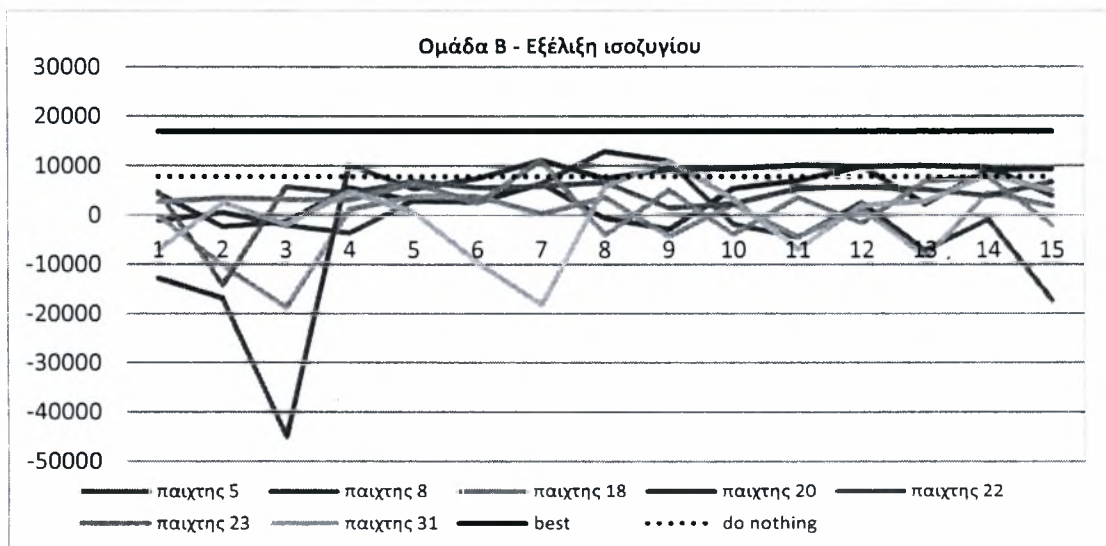
Πίνακας 8: περιγραφικά στατιστικά στοιχεία, για τους παίκτες της ομάδας Β (β)

Στον πίνακα βλέπουμε ότι με εξαίρεση τους παίκτες 22 και 18, όλοι οι υπόλοιποι ξεπέρασαν κάποια στιγμή τον πρώτο δείκτη. Μάλιστα, εκτός από τον παίκτη 8, οι υπόλοιποι ξεπέρασαν

και τις 10000€. Ωστόσο όλοι έχουν πολύ μεγάλες διακυμάνσεις, ενώ σε κάποιους γύρους είχαν πολύ μεγάλες ζημιές.

Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα με τις τελικές τιμές, οι επιτυχημένες τους προσπάθειες είναι περισσότερο εκλάμψεις δίχως κάποια συνέχεια. Παρατηρώντας το γράφημα βλέπουμε ότι οι παίκτες συστηματικά πετύχαιναν τελικές τιμές στο ισοζύγιο που ήταν χαμηλότερες από την τιμή με βάση τον κανόνα 'do nothing'. Εξαιρέση αποτελεί ο παίκτης 20, ο οποίος έπειτα από μια πολύ αποτυχημένη τρίτη προσπάθεια, καταφέρνει να σταθεροποιήσει στην συνέχεια την απόδοσή του. Ο παίκτης 5 πέτυχε για δύο γύρους (τον όγδοο και τον ένατο) μια πολύ υψηλή τελική τιμή, αλλά σε όλους του υπόλοιπους γύρους η απόδοσή του κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα. Οι υπόλοιποι παίκτες είχαν σταθερά μια χαμηλή απόδοση, και μόνο για ένα ή δύο γύρους πλησίασαν ή ξεπέρασαν το όριο των 7816€.

Ο παίκτης 22 έχει μια σταθερή βελτίωση στις επιδόσεις τους μέχρι τον όγδοο γύρο. Ωστόσο, αφού φθάσει στην μέγιστη του επίδοση, στη συνέχεια και μέχρι το τέλος, οι τελικές τιμές του ισοζυγίου έχουν μια φθίνουσα τάση.

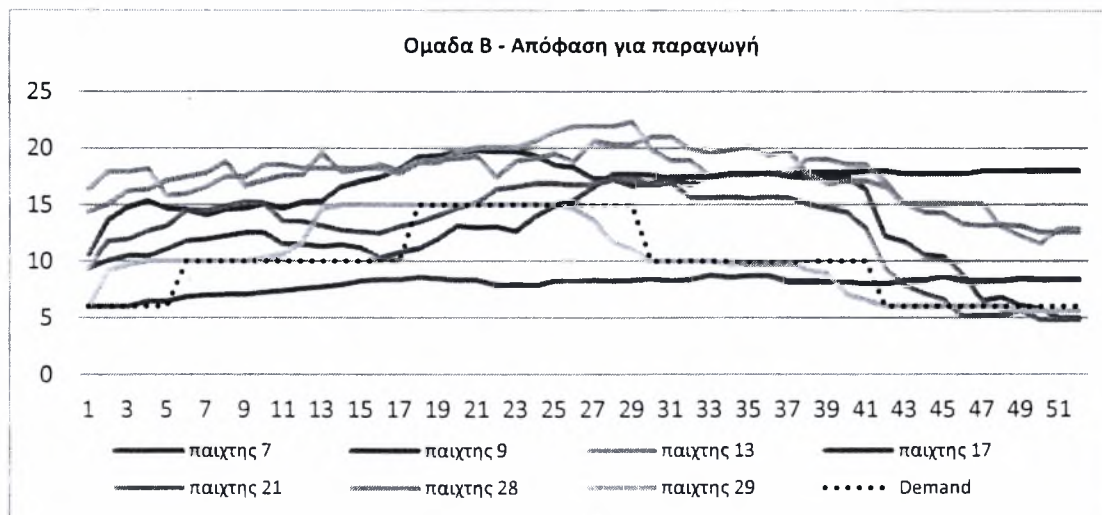


Γράφημα 19: Η εξέλιξη του ισοζυγίου στους παίκτες της ομάδας Β. (β)

Οι χαμηλές τελικές τιμές του ισοζυγίου μας προϊδεάζουν στο ότι οι παίκτες είχαν δυσκολίες στο να εκτιμήσουν σωστά τις χρονικές καθυστερήσεις που υπάρχουν στο μοντέλο, την εποχικότητα στη ζήτηση και τις μεταβολές στην παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή.

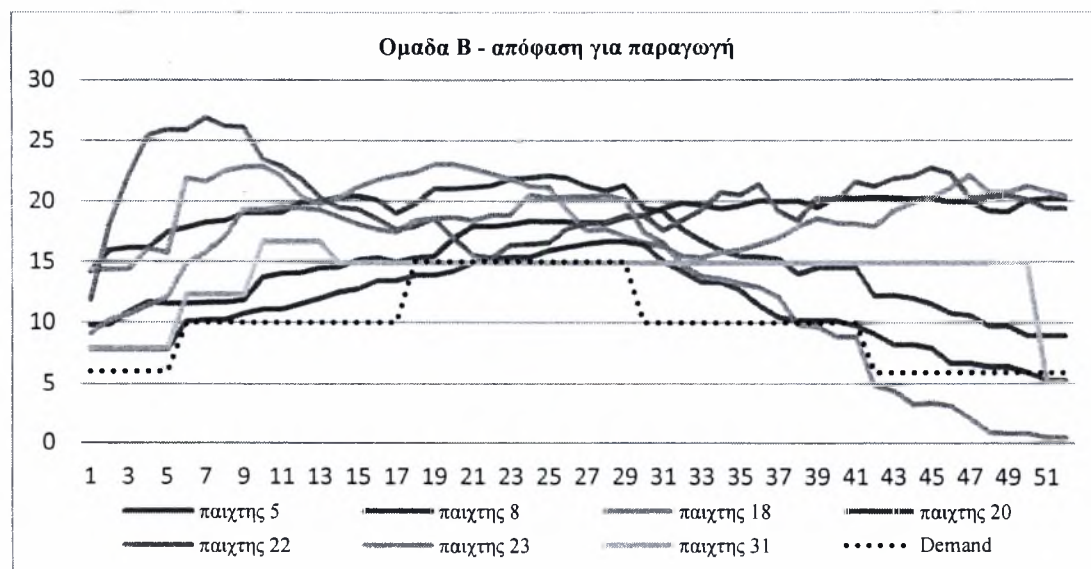
Πράγματι, κοιτώντας το γράφημα με τις μέσες τιμές της μεταβλητής 'απόφαση για παραγωγή' διαπιστώνουμε ότι οι παίκτες είχαν δυσκολίες στο να ακολουθήσουν την ζήτηση. Οι περισσότεροι επέλεξαν τιμές που είναι μεγαλύτερες από τη ζήτηση, ώστε να είναι

σίγουροι ότι θα την ικανοποιήσουν. Ωστόσο, με εξαίρεση τον παίκτη 29, κανείς άλλος δεν κατόρθωσε να συμβαδίσει τις αποφάσεις του με την πορεία της ζήτησης.



Γράφημα 20: Οι μέσες τιμές της μεταβλητής 'απόφαση για παραγωγή' για όλες τις εβδομάδες του έτους (α)

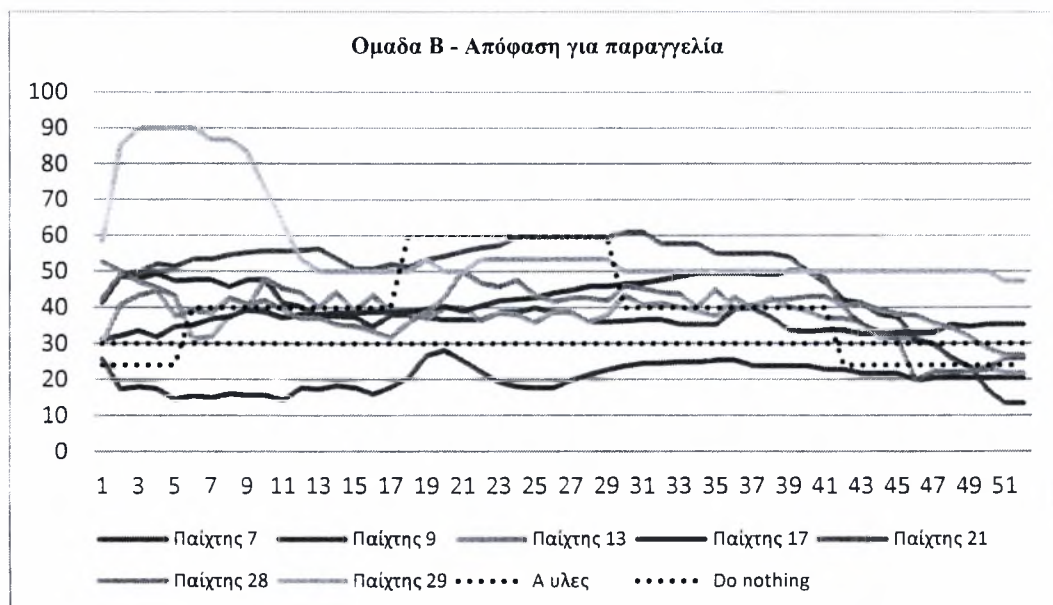
Τα ίδιο συμπεράσματα προκύπτουν και από το δεύτερο γράφημα. Με εξαίρεση τον παίκτη 23 που χαμήλωσε προς το τέλος του έτους την παραγωγή του, όλοι οι υπόλοιποι παίκτες είχαν σταθερά αρκετά υψηλές τιμές στην μεταβλητή.



Γράφημα 21: Οι μέσες τιμές της μεταβλητής 'απόφαση για παραγωγή' για όλες τις εβδομάδες του έτους (β)

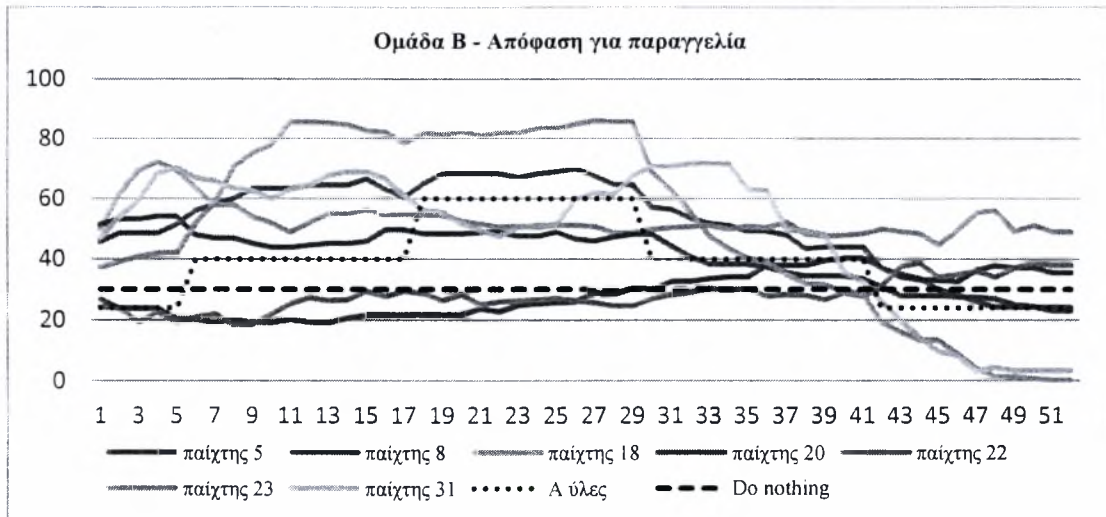
Από τα δύο γραφήματα φαίνεται ότι κανένας από τους παίκτες της ομάδας δεν εκτίμησε σωστά τη χρονική καθυστέρηση, και απλώς έβαζαν υψηλές τιμές με την ελπίδα ότι όταν θα αυξηθεί η ζήτηση, εκείνοι θα έχουν επαρκές απόθεμα.

Ωστόσο, όπως θα δούμε στο παρακάτω γράφημα, ενώ οι παίκτες είχαν μια υψηλή τιμή στην μεταβλητή ‘απόφαση για παραγωγή’, δεν συνέβη το ίδιο και στη μεταβλητή ‘απόφαση για παραγγελία’.



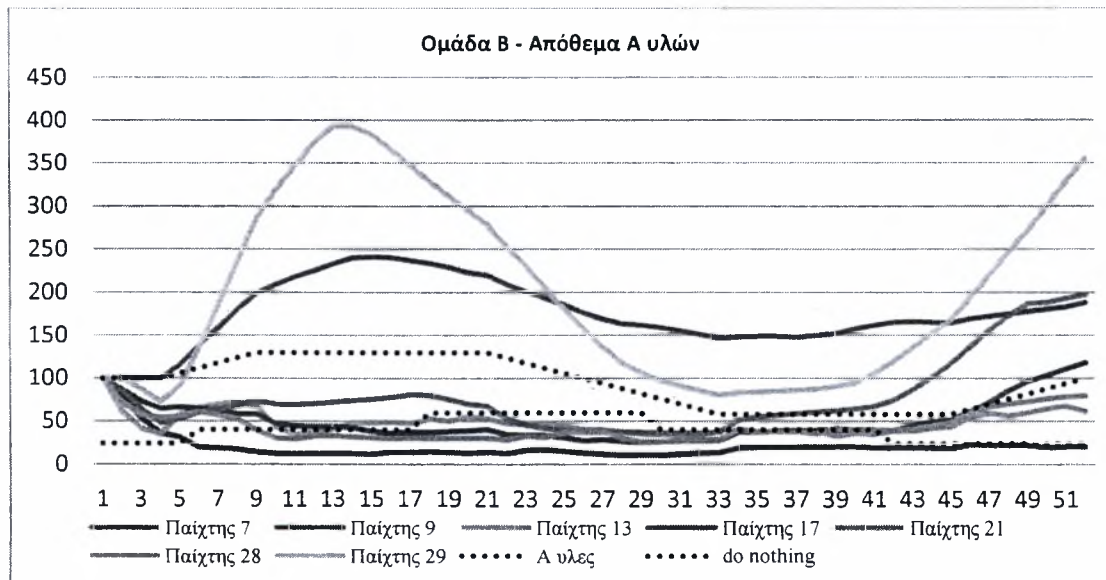
Γράφημα 22: Οι μέσες τιμές της μεταβλητής ‘απόφαση για παραγγελία’ για όλες τις εβδομάδες του έτους. (α)

Παρατηρώντας το γράφημα βλέπουμε ότι οι παίκτες κρατούσαν σχετικά σταθερές τις αποφάσεις τους για παραγγελία πρώτων υλών. Αυτό σημαίνει ότι δεν πρόσεχαν ιδιαίτερα τις μεταβολές στην παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή. Για παράδειγμα, τις εβδομάδες του καλοκαιριού, από την 17 μέχρι την 31 εβδομάδα δηλαδή, η παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή πέφτει στα 60 κιβώτια την εβδομάδα. Ωστόσο, κανείς από τους παίκτες δεν αυξάνει αισθητά την παραγγελία του. Τα ίδια ισχύουν και για τους υπόλοιπους παίκτες της ομάδας. Με εξαίρεση τον παίκτη 23, ο οποίος αύξησε την παραγγελία του όταν μειωνόταν η παραγωγική ικανότητα του προμηθευτή, οι υπόλοιποι κρατούσαν σχετικά σταθερές τις επιλογές τους.



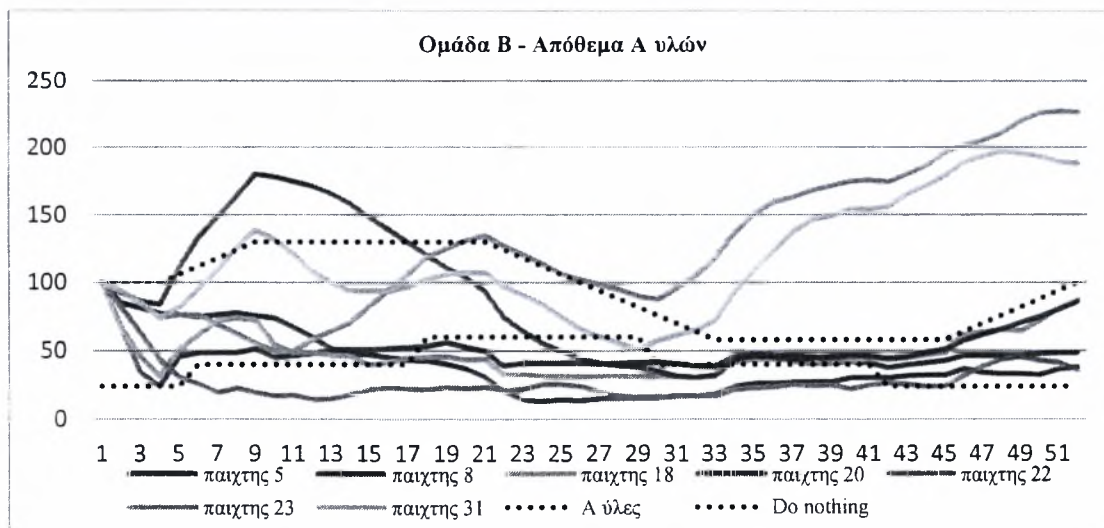
Γράφημα 23: Οι μέσες τιμές της μεταβλητής 'απόφαση για παραγγελία' για όλες τις εβδομάδες του έτους. (β)

Το αποτέλεσμα των επιλογών τους στις παραγγελίες από το προμηθευτή κατά τη διάρκεια του έτους, ήταν ένα υψηλό απόθεμα πρώτων υλών την περίοδο της μειωμένης ζήτησης, και ένα χαμηλό απόθεμα την περίοδο του καλοκαιριού.



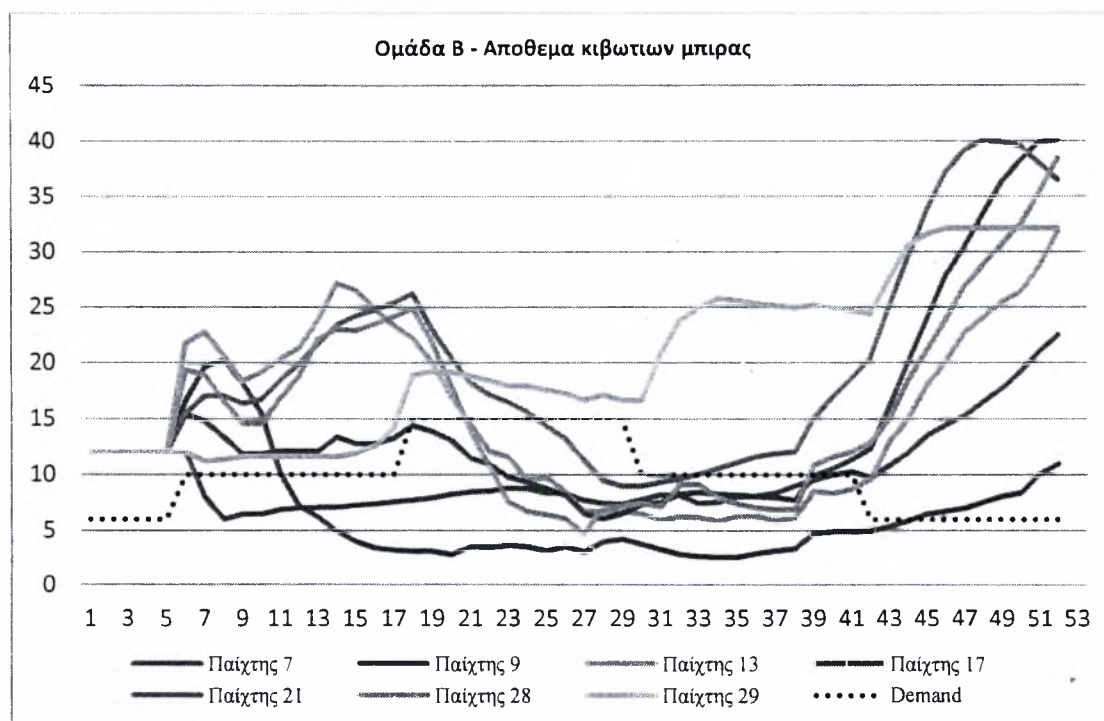
Γράφημα 24: Μέσες τιμές του αποθέματος Α υλών (α)

Με εξαίρεση τον παίκτη 9 που είχε χαμηλές τιμές σε όλη τη διάρκεια του έτους, και τους παίκτες 7, 23 και 29 που είχαν μονίμως αρκετά υψηλό απόθεμα, οι υπόλοιποι 4 αντιμετώπισαν το παραπάνω πρόβλημα.



Γράφημα 25: Μέσες τιμές του αποθέματος Α υλών (β)

Η αδυναμία των παικτών να εκτιμήσουν σωστά τις μεταβολές της παραγωγικής ικανότητας του προμηθευτή, φαίνεται και στις μεταβολές του αποθέματος έτοιμων προϊόντων.

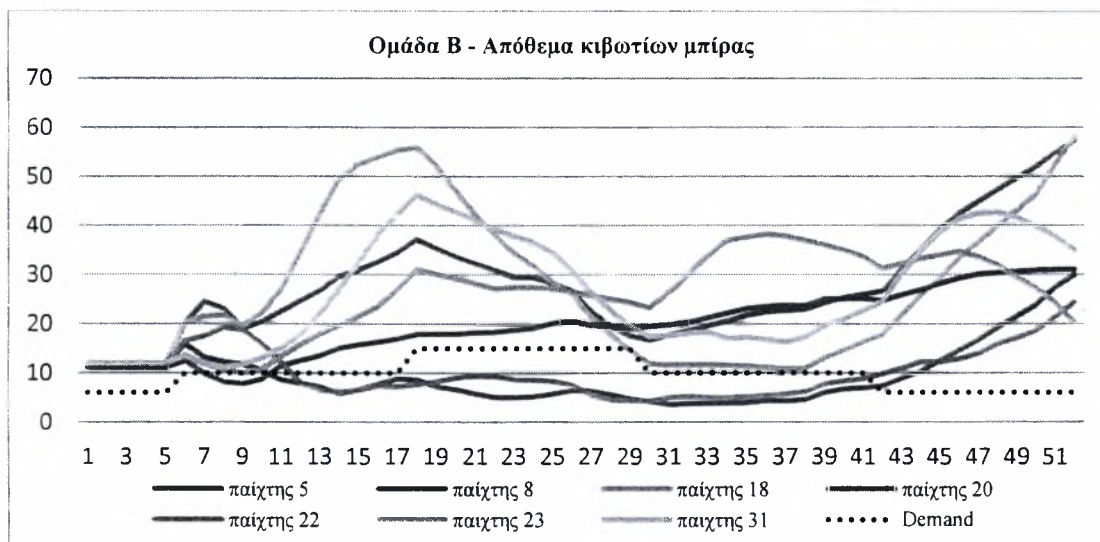


Γράφημα 26: Μέσες τιμές του αποθέματος κιβωτιών μπίρας κατά τη διάρκεια του έτους (α)

Με εξαίρεση τον παίχτη 29 που είχε να αντιμετωπίσει μόνο το πρόβλημα του υψηλού αποθέματος, όλοι οι υπόλοιποι παίκτες αντιμετώπισαν δύο σοβαρά προβλήματα. Από τη μία είχαν υψηλό απόθεμα την περίοδο που η εβδομαδιαία ζήτηση μπίρας ήταν μειωμένη, και άρα το εβδομαδιαίο κόστος υπερέβαινε τα έσοδα από τις πωλήσεις και από την άλλη είχαν

χαμηλό απόθεμα την περίοδο της αυξημένης ζήτησης, οπότε είχαν και μεγάλες απώλειες εσόδων εξαιτίας των χαμένων πωλήσεων.

Αντίθετα συμπεράσματα προκύπτουν από το δεύτερο γράφημα, που αφορά τους υπόλοιπους παίκτες της ομάδας Β.



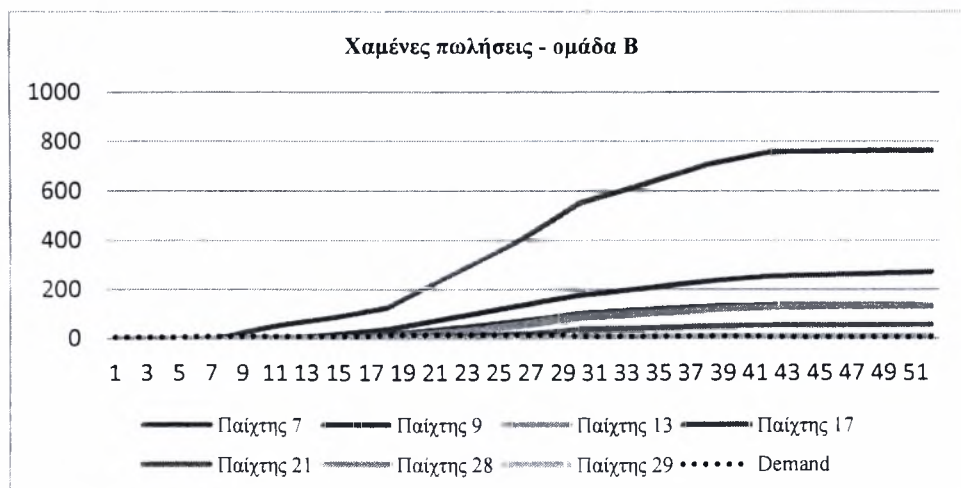
Γράφημα 27: Μέσες τιμές του αποθέματος κιβωτίων μπίρας κατά τη διάρκεια του έτους (β)

Σε αυτό το γράφημα βλέπουμε ότι μόνο οι παίκτες 8 και 22 είχαν χαμηλό απόθεμα την περίοδο της αυξημένης ζήτησης και υψηλό απόθεμα στο τέλος του έτους. Όλοι οι υπόλοιποι είχαν υψηλό απόθεμα σε όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης, και μάλιστα, στο τέλος του έτους που η εβδομαδιαία ζήτηση επιστρέφει στην αρχική τιμή, οι παίκτες είχαν πάρα πολύ υψηλό απόθεμα κιβωτίων μπίρας. Αξιοσημείωτη είναι η απόδοση του παίκτη 18, καθώς βλέπουμε ότι την περίοδο της άνοιξης είχε πάρα πολύ υψηλό απόθεμα, το οποίο μειώθηκε κατακόρυφα την περίοδο του καλοκαιριού. Το φθινόπωρο το απόθεμα του συμβάδιζε με την εβδομαδιαία ζήτηση, αλλά στο τέλος του έτους δεν μείωσε την παραγωγή του με συνέπεια το απόθεμα να επιστρέφει πάλι σε υψηλές τιμές.

Η έλλειψη αποθέματος την περίοδο της αυξημένης ζήτησης είχε σαν συνέπεια την αύξηση των χαμένων πωλήσεων.

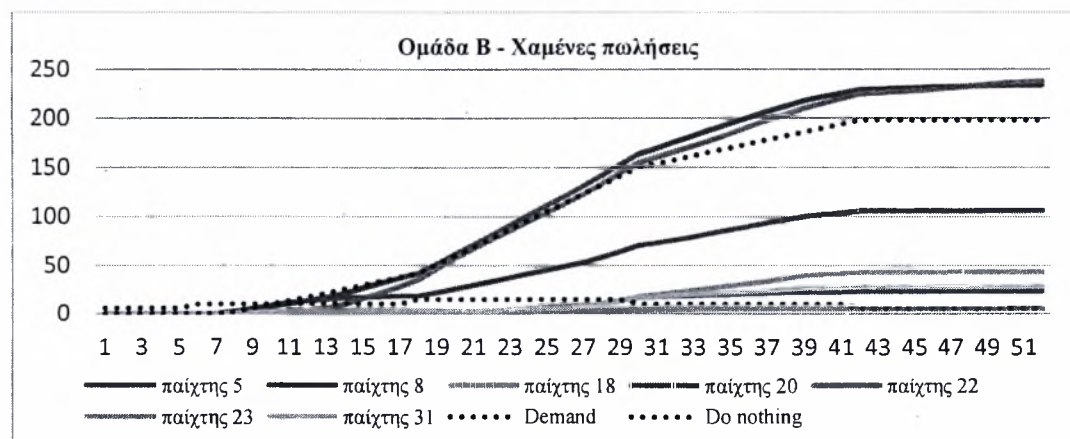
Όπως αναμενόταν οι περισσότεροι παίκτες είδαν την τιμή της μεταβλητής να αυξάνεται την περίοδο του καλοκαιριού και να σταθεροποιείται όταν η εβδομαδιαία ζήτηση μειωνόταν και επέστρεφε στις αρχικές τιμές. Την χειρότερη επίδοση είχε ο παίκτης 7 ο οποίος έχανε συνεχώς πάρα πολλά έσοδα έως ότου η ζήτηση επιστρέψει στα 6 βαρέλια την 43^η εβδομάδα.

Αντίθετα, ο παίκτης 29 είχε ελάχιστες χαμένες πωλήσεις, λόγω του υψηλού αποθέματος που διατηρούσε σε όλη τη διάρκεια του έτους.



Γράφημα 28: Μέσες τιμές (σε κιβώτια μπίρας) των χαμένων πωλήσεων κατά τη διάρκεια του έτους (α)

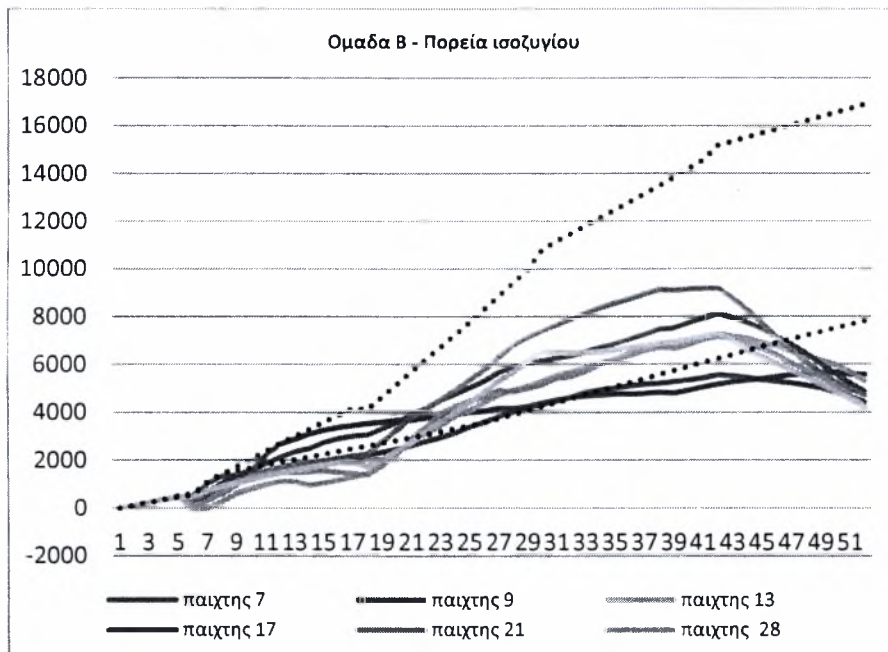
Μερικοί από τους υπόλοιπους παίκτες της ομάδος είχαν εξίσου καλές επιδόσεις με τον παίκτη 29. Συγκεκριμένα, οι παίκτες 23, 31 και 5 είχαν αρκετά μικρές απώλειες εσόδων από τις χαμένες πωλήσεις. Ο παίκτης 18 συγκράτησε και εκείνος σε ένα βαθμό τις χαμένες πωλήσεις, ενώ ο παίκτης 20 κυμάνθηκε σε μέτρια επίπεδα. Αντίθετα οι παίκτες 8 και 22 είδαν τις τιμές της μεταβλητής να κυμαίνονται σε πολύ υψηλά επίπεδα.



Γράφημα 29: Μέσες τιμές (σε κιβώτια μπίρας) των χαμένων πωλήσεων κατά τη διάρκεια του έτους (β)

Παρατηρώντας την εξέλιξη του γραφήματος που απεικονίζει την πορεία του ισοζυγίου στη διάρκεια του έτους, βλέπουμε ότι την περίοδο της αυξημένης ζήτησης, οι παίκτες δεν μπόρεσαν να αποκομίσουν όλα τα έσοδα εξαιτίας της έλλειψης αποθέματος. Έτσι, βλέπουμε ότι καθώς περνούν οι εβδομάδες, η απόκλιση του ισοζυγίου σε σχέση με το βέλτιστο αποτέλεσμα αρχίζει να μεγαλώνει. Επίσης, το υψηλό απόθεμα στην αρχή και πολύ

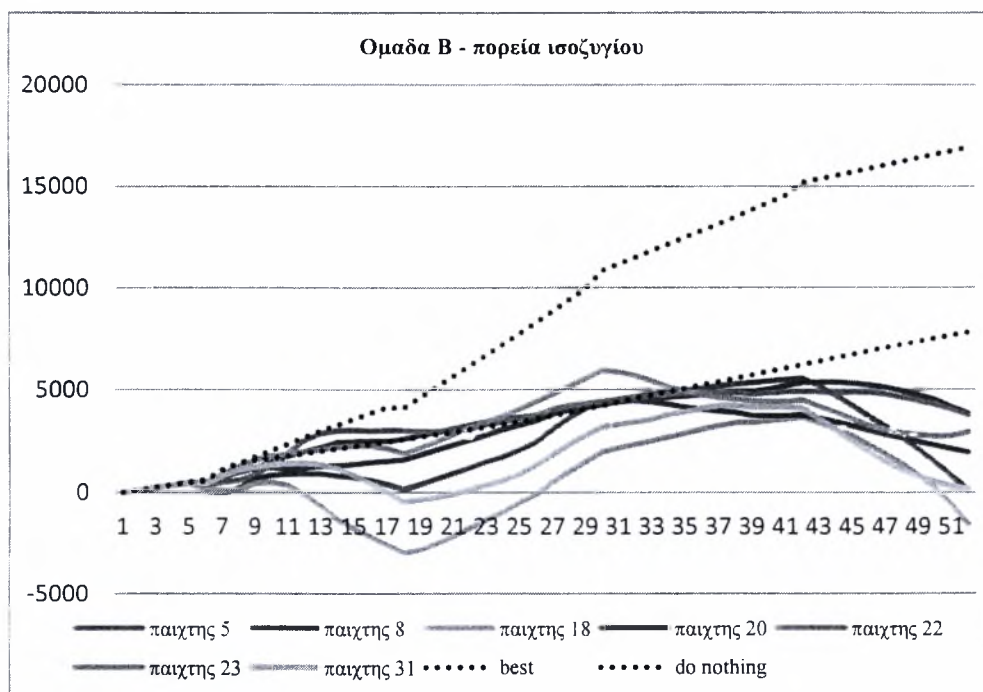
περισσότερο στο τέλος του έτους, είναι υπεύθυνο για την μεγάλη κάμψη που έχει η τιμή του ισοζυγίου. Στο γράφημα φαίνεται ότι από την 43^η εβδομάδα και έπειτα, τα εβδομαδιαία έξοδα είναι μεγαλύτερα από τα έσοδα, με συνέπεια η τιμή του ισοζυγίου να μειώνεται και εν τέλει την τελευταία εβδομάδα να είναι αισθητά χαμηλότερο από τον δείκτη 'do nothing'.



Γράφημα 30: Μέσες τιμές του ισοζυγίου κατά τη διάρκεια του έτους (α)

Με εξαίρεση τον παίκτη 9 που είχε μονίμως χαμηλό απόθεμα σε όλη τη διάρκεια του έτους, και έτσι δεν είχε μεγάλη κάμψη τις τελευταίες εβδομάδες, όλοι οι υπόλοιποι παίκτες είδαν τις εβδομαδιαίες δαπάνες να είναι πολύ μεγαλύτερες από τα εβδομαδιαία έσοδα τις τελευταίες εβδομάδες του έτους.

Ακόμα χειρότερη ήταν η επίδοση των υπολοίπων παικτών της ομάδος.



Γράφημα 31: Μέσες τιμές του ισοζυγίου κατά τη διάρκεια του έτους (β)

Στο παραπάνω γράφημα βλέπουμε ότι με εξαίρεση τους παίκτες 22 και 23, όλοι οι υπόλοιποι δεν κατάφεραν να ξεπεράσουν την τιμή του δείκτη 'do nothing'. Αιτία για την χαμηλή τους επίδοση ήταν η επιλογή να κρατούν ένα πολύ υψηλό απόθεμα κιβωτίων μπίρας, σε όλη τη διάρκεια του έτους. Έτσι, τα ισοζύγιο δεν αυξανόταν πάρα πολύ καθώς το μεγαλύτερο μέρος των εβδομαδιαίων εσόδων έπρεπε να καλύψει το κόστος διατήρησης αποθέματος.

Από τα γραφήματα που προηγήθηκαν, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι παίκτες είχαν αρκετή δυσκολία στο να παρακολουθήσουν όλες τις μεταβλητές. Η σταθερότητα στις αποφάσεις τους για την παραγγελία πρώτων υλών, δείχνει ότι δεν λάμβαναν υπόψη τις μεταβολές της παραγωγικής ικανότητας του προμηθευτή. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να έχουν έλλειψη αποθέματος έτοιμων προϊόντων, όταν η ζήτηση αυξανόταν, παρόλο που οι τιμές της απόφασης για παραγωγή ήταν αρκετά υψηλές.

Επίσης, οι παίκτες είχαν δυσκολία στο να κατανοήσουν σωστά την εποχικότητα της ζήτησης, με συνέπεια, στο τέλος του έτους, όταν η ζήτηση επέστρεφε στην αρχική της τιμή, εκείνοι να έχουν ένα αδικαιολόγητα υψηλό απόθεμα.

Μια μεταβλητή που φαίνεται να αγνόησαν οι περισσότεροι παίκτες της ομάδας ήταν το κόστος διατήρησης αποθέματος, παρόλο που στις οδηγίες που δόθηκαν στους φοιτητές υπήρχε πίνακας με τις εβδομαδιαίες δαπάνες. Το κόστος διατήρησης κάθε βαρελιού

αυξανόταν αισθητά εάν το απόθεμα ξεπερνούσε τα 20 βαρέλια και σχεδόν διπλασιαζόταν εάν ξεπερνούσε τα 30 βαρέλια. Ωστόσο, είδαμε ότι οι παίκτες εξακολουθούσαν να έχουν υψηλό απόθεμα, ακόμη και στο τέλος του έτους που η ζήτηση ήταν μόνο 6 βαρέλια την εβδομάδα. Αυτό είχε σαν συνέπεια το εβδομαδιαίο κόστος που αντιμετώπιζαν οι παίκτες να είναι πολύ υψηλότερο από τα εβδομαδιαία έσοδα. Το αποτέλεσμα της παραπάνω αμέλειας των παικτών, ήταν να αποτυγχάνουν να ξεπεράσουν την τιμή του πρώτου δείκτη, ενώ συχνά τελείωναν το έτος έχοντας υποστεί σημαντικές ζημιές.

Εν τέλει μπορούμε να πούμε ότι οι παίκτες της ομάδας Β προσπάθησαν να μην έχουν καθόλου χαμένες πωλήσεις, και μερικοί από αυτούς σε κάποιο βαθμό το κατάφεραν. Ωστόσο, δεν εκτίμησαν σωστά το κόστος διατήρησης αποθέματος ετοιμών προϊόντων με συνέπεια οι εβδομαδιαίες δαπάνες να είναι αισθητά υψηλότερες από τα έσοδα

Σε αυτό το κεφάλαιο είδαμε τις επιδόσεις των φοιτητών που «έτρεξαν την προσομοίωση». Το πιο σημαντικό εύρημα είναι η μεγάλη απόκλιση που είχε η πλειοψηφία των φοιτητών από το βέλτιστο αποτέλεσμα. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην αδυναμία τους να εκτιμήσουν σωστά την χρονική καθυστέρηση που υπήρχε ανάμεσα στη λήψη μιας απόφασης και την εμφάνιση του αποτελέσματος της. Έτσι, παρατηρήθηκε το φαινόμενο να έχουν υψηλό απόθεμα την περίοδο της χαμηλής ζήτησης και πολλές χαμένες πωλήσεις (λόγω έλλειψης αποθέματος) την περίοδο της αυξημένης ζήτησης.

Η σημασία αυτού του ευρήματος είναι εξαιρετικά σημαντική. Αυτό διότι εάν τα άτομα δεν είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν ικανοποιητικά σε ένα απλό δυναμικό σύστημα που γίνεται σε εργαστηριακό περιβάλλον, τότε δεν μπορούμε να περιμένουμε ότι θα έχουν καλύτερη επίδοση σε προβλήματα της καθημερινότητας, όπου η δυναμική πολυπλοκότητα και η χρονική καθυστέρηση είναι μεγαλύτερες.

Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν λοιπόν τις έρευνες που αναφέρθηκαν στο 1^ο κεφάλαιο, καθώς όλοι οι παίκτες είχαν μια σημαντική απόκλιση από το βέλτιστο αποτέλεσμα, ενώ αρκετοί δεν κατόρθωσαν να ξεπεράσουν ακόμη και τον πρώτο δείκτη.

Κεφάλαιο 4

Συμπεράσματα

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η εξέταση της απόδοσης των ατόμων μέσα σε ένα δυναμικό περιβάλλον. Για την εκπλήρωση αυτού του στόχου αναπτύξαμε μια προσομοίωση διαχείρισης αποθέματος, όπου οι παίκτες με τις αποφάσεις τους έπρεπε να ανταποκριθούν στην εβδομαδιαία ζήτηση.

Για την εξέταση της απόδοσης κατασκευάσαμε δύο δείκτες, ο ένας αντιπροσωπεύει μια στρατηγική μη-αλλαγής και ο δεύτερος τα αποτελέσματα της βέλτιστης απόδοσης. Οι παίκτες είχαν δυσκολία στην παρακολούθηση όλων των μεταβλητών του μοντέλου, με συνέπεια να δυσκολεύονται να ξεπεράσουν ακόμη και την τιμή του δείκτη 'do nothing', ενώ κανείς δεν πλησίασε πάρα πολύ την βέλτιστη απόδοση. Ωστόσο, υπήρξαν παίκτες των οποίων η απόδοση βελτιώθηκε στο πέρασμα του χρόνου.

Πιο συγκεκριμένα, οι παίκτες είχαν μεγάλη δυσκολία στο να εκτιμήσουν σωστά την χρονική καθυστέρηση που υπήρχε ανάμεσα στη λήψη μιας απόφασης και την εμφάνιση του αποτελέσματος της. Αυτό, σε συνδυασμό με την ύπαρξη της εποχικότητας στην εβδομαδιαία ζήτηση, οδήγησε πολλούς παίκτες να έχουν αρκετά υψηλό απόθεμα την περίοδο της χαμηλής ζήτησης και χαμηλό απόθεμα την περίοδο της υψηλής ζήτησης.

Οι προηγούμενες έρευνες απέδειξαν ότι οι άνθρωποι έχουν δυσκολίες στο να κατανοήσουν την λειτουργία των βρόγχων ανατροφοδότησης, να εκτιμήσουν την χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στη λήψη μιας απόφασης και της εμφάνισης του αποτελέσματος και να κατανοήσουν την λειτουργία των stock & flows. Ως άμεση συνέπεια από την παραπάνω αδυναμία, η απόδοσή τους έχει μεγάλες αποκλίσεις από τη βέλτιστη απόδοση.

Η δυσκολία των ατόμων να κατανοήσουν την δυναμική πολυπλοκότητα ενός συστήματος πηγάζει από τα νοητικά τους μοντέλα. Οι έρευνες που προηγήθηκαν απέδειξαν ότι οι άνθρωποι είναι σε θέση να κατανοήσουν μόνο τα πιο απλά, δυναμικά συστήματα.

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας επιβεβαιώνουν τα ευρήματα των προηγούμενων ερευνών (Brehmer 1992; Paich και Sterman 1993; Diehl και Sterman 1995; Sterman 1989a; Sterman 1989b), όπου οι παίκτες είχαν μεγάλες ταλαντώσεις στην απόδοσή τους, ενώ οι επιδόσεις τους κυμάνθηκαν αρκετά χαμηλά σε σχέση με τη βέλτιστη απόδοση.

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι η προσομοίωση είναι ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο μάθησης και διερεύνησης τόσο στην εκπαιδευτική διαδικασία όσο και στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Τούτο διότι τα άτομα είναι σε θέση να βλέπουν τα αποτελέσματα των αποφάσεων τους και ως εκ τούτου, να έχουν την δυνατότητα να βελτιώνουν τις πολιτικές τους. Έχοντας σαν δεδομένο ότι λαμβάνουμε αποφάσεις με βάση τα νοητικά μας μοντέλα, η προσομοίωση βοηθάει στην ανάδειξη των αντιθέσεων που ενδέχεται να υπάρχουν στις υποθέσεις που συγκρατούν τα νοητικά μοντέλα.

Βέβαια, η χρήση της προσομοίωσης δεν αποτελεί πανάκεια για όλα τα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε. Εξάλλου, η σχεδίαση της προσομοίωσης εξαρτάται και από τα νοητικά μοντέλα των σχεδιαστών. Αυτό συνεπάγεται ότι θα κουβαλούν ορισμένες ατέλειες που θα προέρχονται από τις αντιφάσεις των νοητικών μοντέλων. Ωστόσο, μέσα από αυτή την αμφίδρομη σχέση μεταξύ της προσομοίωσης και των νοητικών μοντέλων, τόσο οι ερευνητές όσο και οι παίκτες, έχουν την δυνατότητα να αναγνωρίσουν τις αντιφάσεις των νοητικών τους μοντέλων, να τα βελτιώσουν και να σχεδιάζουν έτσι αποτελεσματικότερες πολιτικές.

Περιορισμοί της έρευνας.

Ένας από τους σημαντικότερους περιορισμούς της έρευνας ήταν το μικρό δείγμα των φοιτητών που χρησιμοποιήθηκε. Εάν το δείγμα ήταν μεγαλύτερο, θα είχαμε την δυνατότητα να κατηγοριοποιήσουμε σε ομάδες τους φοιτητές και να εξετάσουμε εάν η απόδοση των μεταπτυχιακών διαφέρει ανάλογα με το έτος σπουδών ή εάν η απόδοση των μεταπτυχιακών είναι διαφορετική από εκείνη των προπτυχιακών φοιτητών.

Ο δεύτερος περιορισμός της έρευνας ήταν η έλλειψη ενός ιδιαίτερου κινήτρου για τους παίκτες. Ο Levitt (2005) υποστήριξε ότι δραστηριοποιούνται με βάση τα κίνητρα που αντιμετωπίζουν, ενώ (Karakul, και Ullah 2008) τόνισαν ότι υπάρχει μια θετική σχέση ανάμεσα στην απόδοση και τη μάθηση των ατόμων με την ύπαρξη μιας επιβράβευσης για την απόδοση τους. Ωστόσο, οι (Diehl και Sterman, 1995) διαπίστωσαν ότι παρά την ύπαρξη μιας οικονομικής επιβράβευσης, η απόδοση των ατόμων δεν βελτιωνόταν σημαντικά και η μάθηση τους ήταν περιορισμένη.

Ένας ακόμη περιορισμός στην έρευνα ήταν ότι δεν υπήρχε η δυνατότητα μιας επανάληψης του πειράματος με τους ίδιους παίκτες, ώστε να εξεταστεί εάν την δεύτερη φορά η απόδοση τους ήταν διαφορετική σε σχέση με την πρώτη. Αυτό διότι όλοι οι εθελοντές δεν είχαν κάποια αντίστοιχη προηγούμενη εμπειρία, με συνέπεια ένα σημαντικό μέρος του χρόνου των

παικτών να αφιερωθεί στην επεξήγηση και εξοικείωση με το μοντέλο. Αυτό είχε σαν συνέπεια, για κάποιους παίκτες, ο χρόνος που είχαν για τις δεκαπέντε προσπάθειες τους να είναι περιορισμένος.

Επίσης, ένας περιορισμός ίσως να είναι και το επίπεδο δυσκολίας της προσομοίωσης. Με δεδομένο ότι όλοι οι παίκτες ήταν αρχάριοι, υπάρχει η πιθανότητα η προσομοίωση να ήταν αρκετά δύσκολη στη κατανόηση από πλευράς των φοιτητών. Ωστόσο, αυτό το πρόβλημα αντισταθμίστηκε από την έλλειψη πίεσης χρόνου και των αρχικών δοκιμαστικών προσπαθειών.

Ένα ερώτημα που δεν απαντήθηκε είναι εάν η απόδοση των παικτών θα ήταν διαφορετική, αν τους είχαν δοθεί πληροφορίες σχετικά με τη δομή του μοντέλου. Ο Langley (1995) διαπίστωσε ότι η παροχή πληροφοριών στους παίκτες γύρω από τη δομή του μοντέλου και τον τρόπο λειτουργίας του, οδηγεί σε γρηγορότερη εξοικείωση των παικτών. Ωστόσο, η απόδοση τους σταθεροποιείται μετά από μερικούς γύρους και σταματά να βελτιώνεται όταν δεν είναι πλέον διαθέσιμη η παραπάνω πληροφόρηση.

Οι οδηγίες που δόθηκαν στους παίκτες έδιναν πληροφορίες στους παίκτες μόνο για τις τιμές των μεταβλητών. Οι παίκτες ήξεραν για την ύπαρξη της χρονικής καθυστέρησης, αλλά δεν είχαν πρόσβαση στη δομή του μοντέλου, ώστε να δουν πως αλληλεπιδρούν οι βρόγχοι ανατροφοδότησης.

Τέλος, άλλος ένας σοβαρός περιορισμός ήταν η μικρή χρονική διάρκεια της διαδικασίας. Ο χρόνος που αφιέρωσαν οι φοιτητές κυμάνθηκε από μία μέχρι δύο ώρες. Ο λιγιστός χρόνος ήταν ένας ανασταλτικός παράγοντας για μια πλήρη κατανόηση του μοντέλου από την πλευρά των παικτών.

Οι παραπάνω περιορισμοί δεν ακυρώνουν τα ευρήματα της παρούσας έρευνας. Αυτό διότι έχει αποδειχθεί ότι ακόμη και εάν οι προϋποθέσεις για μάθηση είναι οι καλύτερες δυνατές, η απόδοση των παικτών εξακολουθεί να είναι χαμηλή (Diehl και Sterman, 1995). Ωστόσο, είναι βέβαιο ότι οι περιορισμοί που αναφέρθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο ήταν ένας σημαντικός, ανασταλτικός παράγοντας στην επίτευξη καλύτερης απόδοσης από πλευράς των φοιτητών.

Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η ανάπτυξη της συστημικής σκέψης αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην κατανόηση της δυναμικής πολυπλοκότητας των προβλημάτων που αντιμετωπίζουμε στην καθημερινότητα. Ωστόσο, από την παιδική μας ηλικία και μέσα από το εκπαιδευτικό σύστημα μαθαίνουμε να σκεφτόμαστε γραμμικά, αναζητώντας μια κοντινή αιτία σε κάθε αποτέλεσμα (Sterman 2000). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αντιμετωπίζουμε μεγάλη δυσκολία όταν πρόκειται να πάρουμε αποφάσεις οι οποίες δεν έχουν άμεσα εμφανίσιμα αποτελέσματα. Η συντριπτική πλειοψηφία των συμμετεχόντων στην παρούσα έρευνα, αντιμετώπισε αρκετές δυσκολίες στην αρχική κατανόηση του προβλήματος. Αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς αντιμετώπιζαν ένα πρόβλημα που απαιτούσε από εκείνους να σκεφτούν διαφορετικά.

Ένα ερώτημα λοιπόν προς μελλοντική εξέταση είναι εάν η απόδοση των παικτών βελτιώνεται, αν οι παίκτες έχουν παρακολουθήσει πρώτα μια σειρά διαλέξεων πάνω στη συστημική σκέψη. Δεν περιμένουμε βεβαίως ότι μόνο με μερικές παρακολουθήσεις θα είναι σε θέση να αναλύουν τα πάντα με αυτό τον τρόπο, ωστόσο ίσως κατανοήσουν τις βασικές αρχές λειτουργίας ενός δυναμικού συστήματος. Επίσης μια εναλλακτική πρόταση θα μπορούσε να αποτελέσει και η επανάληψη της διαδικασίας, μετά από επεξήγηση του μοντέλου και των αποτελεσμάτων, ή μετά από παρουσίαση των διαγραμμάτων αιτιατών βρόχων (causal loop diagrams).

Ένα δεύτερο ερώτημα είναι εάν η απόδοση τους σταθεροποιείται όταν η χρονική διάρκεια της προσομοίωσης είναι μεγαλύτερη. Αν για παράδειγμα, οι παίκτες έπρεπε να πάρουν αποφάσεις για δύο έτη, αντί για ένα, και με δεδομένο ότι η ζήτηση ακολουθεί μια προβλέψιμη πορεία, τότε ίσως να ήταν σε θέση να διορθώσουν ευκολότερα μια λάθος απόφαση και να αποφύγουν τις υπερβολικές ταλαντώσεις.

Μια ενδιαφέρουσα πρόταση για μελλοντική έρευνα θα ήταν η ανάπτυξη μιας αντίστοιχης προσομοίωσης, αλλά στην οποία θα υπήρχε μια τυχειότητα στην εβδομάδα αλλαγής της ζήτησης. Δηλαδή, να υπήρχε για παράδειγμα ένα εύρος τιμών για την εβδομάδα αλλαγής (πχ η αλλαγή θα γινόταν ανάμεσα στην 5^η και την 9^η εβδομάδα). Η ζήτηση θα ακολουθούσε πάλι μια εποχικότητα, ωστόσο δεν θα ήταν σταθερή η εβδομάδα αλλαγής. Κάτι τέτοιο θα προσέθετε μεγαλύτερο ρεαλισμό και θα ανάγκαζε τους παίκτες να είναι περισσότερο προσεχτικοί στις επιλογές τους. Επίσης, θα απαιτούσε από τους παίκτες να κατανοήσουν καλύτερα την λειτουργία του μοντέλου, και όχι απλώς να αποθηκεύσουν στην μνήμη τους τις εβδομάδες αλλαγές.

Σαν συνέχεια της παραπάνω πρότασης, μια ακόμη ιδέα είναι η προβολή μηνυμάτων κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, στα οποία θα περιέχονται πληροφορίες για την πορεία της εβδομαδιαίας ζήτησης. Πχ, ένα μήνυμα θα μπορούσε να είναι το εξής: ‘Διοργάνωση φεστιβάλ μπίρας στις αρχές Ιουλίου’. Με αυτόν τον τρόπο οι παίκτες θα ήξεραν ότι επρόκειτο να ακολουθήσει μια μεγάλη αύξηση στην ζήτηση εκείνης της περιόδου. Ο στόχος είναι να εξεταστεί εάν οι παίκτες είναι σε θέση να αξιολογήσουν σωστά τις διαθέσιμες πληροφορίες.

Βιβλιογραφία

Barlas, Y. Ozgun O. (2011) Analysis of the effects of different complexity factors on the complexity of a simulation game. Proceedings of the 29th International Conference of the System Dynamics Society, Washington DC, USA,

Bannert, M. (2002). Managing cognitive load: Recent trends in cognitive load theory. *Learn. Instruct.* 12: 139–146

Brehmer, B. 1989 Feedback Delays and Control in Complex Dynamic Systems. In Computer-Based Management of Complex Systems, ed. P. Milling and E.O.K. Zahn, 189-196. Berlin: Springer-Verlag

Brehmer, B. (1992) Dynamic decision-making: human control of complex systems. *Acta Psychologica*, 81, 211-241.

Brehmer B., (2000) Dynamic decision-making in command and control. In C. McCann and R. Pigeau (Eds.), *The human in command: Exploring the modern military experience* (pp. 234-248) New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Brown, A, Karthaus C., Rehak L, Adams B, 2009 The role of mental models in dynamic decision-making

Bussemeyer, J.R. (1999). Dynamic decision-making. In *International Encyclopaedia of the Social and Behavioural Sciences: Methodology. Mathematics and Computer science*. Amsterdam: Pergamum.

Clancy, J.M., Elliot, G.C., Ley, T., Omodei, M.M., Wearing, A.J., McLennan, J., & Thorsteinsson, E.B. (2003). Command style and team performance in dynamic decision-making tasks. In S.L. Schneider and J. Shanteau (Eds.), *Emerging perspectives on judgment and decision research*, pp. 586-619. New York: Oxford University Press.

Craik, K. The nature of explanation. Cambridge: Cambridge University Press, 1943.

Conlisk, J. 1996. Why Bounded Rationality? *J. Econ. Lit.*, 34(2), pp. 669-700.

Cronin M, Gonzalez C, Sterman J (2009) Why don't well-educated adults understand accumulation? A challenge to researchers, educators, and citizens. *Organ Behav Hum Decis Process* 108(1):116–130

Diehl, E., & Sterman, J. D. (1995). Effects of feedback complexity on dynamic decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 62, 198–215.

Doyle, J. K., & Ford, D. N., 1998, Mental models concepts for system dynamics research, *System Dynamics Review*, 14(1), 3-29.

Doyle, J.K., Ford, D.N., 1999. Mental models concepts revisited: Some clarifications and a reply to lane. *System Dynamics Review* 15 (4), 411–415.

Doyle, J. K., Ford, D. N., Radzicki, M. J., & Trees, W. S., 2002, Mental models of dynamic systems, in *System Dynamics and Integrated Modeling*, edited by Y. Barlas, from *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, developed under the auspices of the UNESCO, EOLSS Publishers, Oxford, UK (<http://www.eolss.net>)

Doyle, J.K., Radzicki, M.J., Trees, W.S., 2008. Measuring change in mental models of complex dynamic systems. In: Qudrat-Ullah, H., Spector, M.J., Davidsen, P. (Eds.), *Complex Decision Making: Theory and Practice*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 269–294.

Faria, A. J. and W. J. Wellington, 2004, "A survey of simulation game users, former-users, and never-users," *Simulation & Gaming*, Vol. 35, No. 2, p. 178.

Forrester, J., 1961. *Industrial Dynamics*, MIT Press, and John Wiley and Sons, Inc., New York.

Forrester JW. Counterintuitive behavior of social systems. *MIT Technol Rev.* 1971;73:52-68.

Forrester, J. W. (1990). *The Beginnings of System Dynamics*, International System Dynamics Society, Boston, MA.

Forrester, J.W., 1992. Policies, decisions and information-sources for modeling. *European Journal of Operational Research* 59 (1), 42–63.

Forrester, J.W., 1994. Learning through System Dynamics as Preparation for the 21st Century. Systems Thinking and Dynamic Modeling Conference for K-12 Education, Concord Academy, Concord, MA, USA, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.

Forrester J. 1996. *System Dynamics and K-12 Teachers*. Lecture at the University of Virginia School of Education: Charlottesville, VA. <http://svsdvn.clexchange.org/sdep/papers/D-4665-4.pdf> [20 August 2009].

Fu, Wai-Tat and Gonzalez, Cleotilde, "Learning in Dynamic Decision Making: Information Utilization and Future Planning" (2006). *Department of Social and Decision Sciences*. Paper 19.

Gonzalez, C., Vanyukov, P., & Martin, M.K. (2005). The use of microworlds to study dynamic decision-making. *Computers in Human Behaviour*, 21, 273-286.

Groesser, S.N., Schaffernicht, M., 2009. What's in a mental model of a dynamic system? On the conceptual structure and approaches to model comparison. In: Paper presented at the 27th International Conference of the System Dynamics Society, New Mexico, USA.

Groesser SN, Schaffernicht M. 2012. Mental Models of Dynamic Systems: Taking Stock and Looking Ahead. *System Dynamics Review*. DOI:10.1002/sdr.476

Größler, A., Thun, J.-H., and Milling, P.M., 2008, System dynamics as a structural theory in operations management, *Production and Operations Management* 17 (3): 373-384.

Jones, N. A., H. Ross, T. Lynam, P. Perez, and A. Leitch. 2011. Mental models: an interdisciplinary synthesis of theory and methods. *Ecology and Society* 16(1):46. [online] URL:<http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art46/>

Kim, H. (2009). "In search of a mental model-like concept for group-level modelling." *System Dynamics Review* 25(3).

Krejčí, I., Kvasnička, R., Dömeová, L. (2011): Introducing system dynamics at CULS Prague, *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 4(4): 187-196; ISSN:1803-1617.

Langley PA. 1995. Building Cognitive Feedback into a Microworld Learning Environment: Results from a Pilot Experiment. In T Shimada, K Saeed (Eds.), *Proceedings of The 13th International Conference of the System Dynamics Society*: 628-637: Tokyo, Japan

Langley PA, Morecroft JDW. 1996. Learning from Microworld Environments: A Summary of the Research Issues. In GP Richardson, JD Sterman (Eds.), *Proceedings of The 14th International Conference of the System Dynamics Society*: 300-303: Cambridge, MA, USA

Lane, D. C. (1999). Friendly amendment: a commentary on Doyle and Ford's proposed re-definition of 'mental model'. *System Dynamics Review* 15, 185-194.

Levitt, S. & Dubner, S.J. 2005. *Freakonomics: A Rogue Economist Explores the Hidden Side of Everything*. Harper Collins, New York.

Meadows D, Randers J, Meadows D. *Limits to growth. The 30-year update*. White River Jct., VT, USA: Chelsea Green Publishing; 2004.

Morecroft, J. D. W. (1992). 'Executive knowledge, models and learning' *European Journal of Operational Research*, 59, pp. 9-27.

Norman, D. A., 1983, Some observations on mental models, in *Mental Models*, edited by D. Gentner and A. L. Stevens, Erlbaum (Hillsdale, NJ), pp. 7-14.

O'Connor J, McDermott I. 1997. *the art of systems thinking* . Thorsons, London

Paich M, Sterman J (1993) Boom, bust, and failures to learn in experimental markets. *Manag Sci* 39 (12):1439–1458

Richardson, G. P., D. F. Andersen, T. A. Maxwell and T. R. Stewart. 1984a. Foundations of Mental Model Research. *Proceedings of the 1994 International System Dynamics Conference*, Stirling, Scotland. Albany, NY: System Dynamics Society.

Senge P. 2010. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. Crown Business.

Simon, H. A. (1991). 'Bounded rationality and organizational learning', *Organization Science*, 2(1), pp. 125–134.

Sliwa K. 2010. Stock-and-flow thinking in decision making, towards systemic procedure of problem solving. *Management Business Innovation*, No 6

Staggers, N. and A . F. Norcio 1993. Mental models: Concept for human computer interaction research. *International Journal of Man- Machine studies* 38, 587-605

Sterman JD, Sweeney B. L. 2000. Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory. *System Dynamics Review* 16(4): 249–294.

Sterman, J. D. (1988). A skeptic's guide to computer models. In Grant, L. (ed.), *Foresight and National Decisions*, University Press of America, Lanham, MD, pp. 133-169.

Sterman, J. D, 1989, Misperceptions of feedback in dynamic decision making, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 43, 301-335.

Sterman JD. 1994. Learning in and about complex systems. *System Dynamics Review* **10**(2–3): 291–330.

Sterman JD. All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist. *Syst Dyn Rev.* 2002;18: 501–531.

Sterman, JD. (2002b): *System Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. MIT Engineering Systems Division. Working Paper Series.

Tang, V. Vijay S (2001) *System Dynamics Origins, development, and future prospects of a method*, Research seminar in engineer systems

Wheat, David. 2007. *The Feedback Method - A System Dynamics Approach to Teaching Macroeconomics*, PhD thesis, University at Bergen, March 2007

Yasarcan H. 2010. Improving understanding, learning, and performances of novices in dynamic managerial simulation games. *Complexity* **15**(4): 31–42.

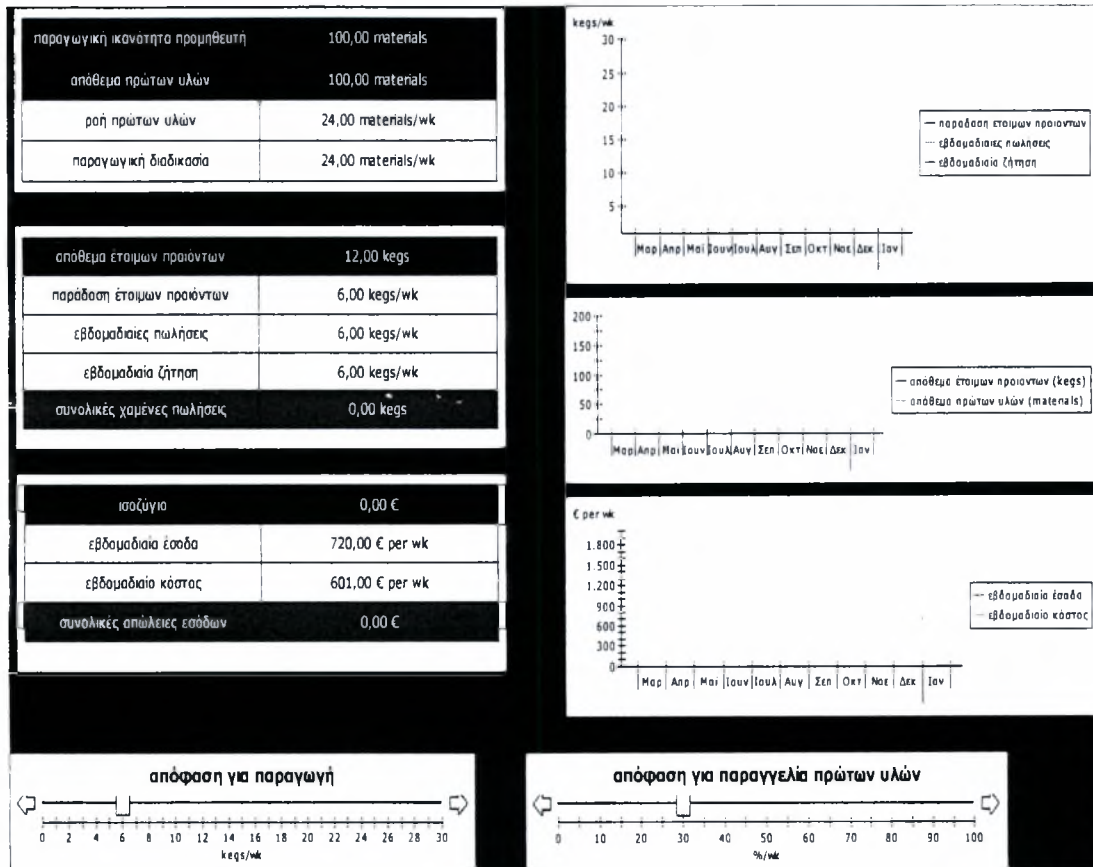
Παράρτημα Α : Εξισώσεις του μοντέλου της προσομοίωσης

Μεταβλητή	Εξίσωση	Μονάδες μέτρησης
Απόφαση για παραγγελία πρώτων υλών	'απόφαση για παραγγελία'	<<%/wk>>
Παραγωγική ικανότητα προμηθευτή	'100<<materials>>- STEP(20<<materials>>;STARTTIME+5<<wk>>)- STEP(20<<materials>>;STARTTIME+17<<wk>>)+ STEP(20<<materials>>;STARTTIME+29<<wk>>)+ STEP(20<<materials>>;STARTTIME+41<<wk>>)'	Materials
χρόνος παράδοσης πρώτων υλών	3 <<wk>>	Wk
Ροή πρώτων υλών	DELAYPPL('απόφαση για παραγγελία πρώτων υλών' *'παραγωγική ικανότητα προμηθευτή';'χρόνος παράδοσης πρώτων υλών';24<<materials/wk>>)	Material/wk
Απόθεμα Α υλών	+dt *('ροή πρώτων υλών') - dt *('παραγωγική διαδικασία')	Materials
Απόφαση για παραγωγή	'απόφαση για παραγωγή'	Kegs/wk
Εβδομαδιαία Παραγωγή	DELAYPPL('απόφαση για παραγωγή'; 'χρόνος κατασκευής του προϊόντος';4<<kegs/wk>>)	Kegs/wk
Παραγωγική διαδικασία	IF('απόθεμα πρώτων υλών'*1<<1/wk>> > 'απόφαση για παραγωγή'*1<<1/kegs>>*4<<materials>>;'απόφαση για παραγωγή'*1<<1/kegs>>*4<<materials>>;'απόθεμα πρώτων υλών'*1<<1/wk>>;0<<materials/wk>>)	Materials/wk
Χρόνος κατασκευής του προϊόντος	4 wk	Wk

Απόθεμα	+dt *(‘εβδομαδιαία παραγωγή) - dt *(‘εβδομαδιαίες πωλήσεις)	Kegs
Εβδομαδιαίες Πωλήσεις	IF(‘εβδομαδιαία ζήτηση’>απόθεμα*1<<1/wk>>;απόθεμα*1<<1/wk>>;‘εβδομαδιαία ζήτηση’;0<<kegs/wk>>)	Kegs/wk
Εβδομαδιαία Ζήτηση	4<<kegs/wk>>+ STEP(4<<kegs/wk>>;STARTTIME+ 5<<wk>>)+ STEP(4<<kegs/wk>>;STARTTIME+17<<wk>>)- STEP(4<<kegs/wk>>;STARTTIME+29<<wk>>)- STEP(3<<kegs/wk>>;STARTTIME+41<<wk>>)	Kegs/wk
Εβδομαδιαίες χαμένες πωλήσεις	IF(‘εβδομαδιαία ζήτηση’>απόθεμα*1<<1/wk>>;‘εβδομαδιαία ζήτηση’-‘εβδομαδιαίες πωλήσεις’;0<<kegs/wk>>;0<<kegs/wk>>)	Kegs/wk
Συνολικές χαμένες πωλήσεις	+ dt (‘εβδομαδιαίες χαμένες πωλήσεις’)	Kegs
Εβδομαδιαίες απώλειες από τις χαμένες πωλήσεις	‘εβδομαδιαίες χαμένες πωλήσεις’ *‘περιθώριο κέρδους’	Eur/wk
Περιθώριο κέρδους	‘τιμή κιβωτίου μπίρας’-‘κόστος παραγωγής’	Eur /kegs
Συνολικές απώλειες εσόδων	+ dt (‘εβδομαδιαίες απώλειες από τις χαμένες πωλήσεις’)	Eur
Εβδομαδιαία έσοδα	‘περιθώριο κέρδους’ *‘εβδομαδιαίες πωλήσεις’	Eur/wk
Κόστος παραγωγής	80 Eur/kegs	Eur/kegs
Τιμή βαρελιού μπίρας	120 Eur/kegs	Eur/kegs
Σταθερό Κόστος	60 Eur/wk	Eur/wk

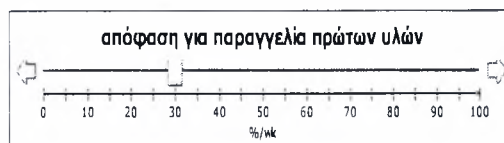
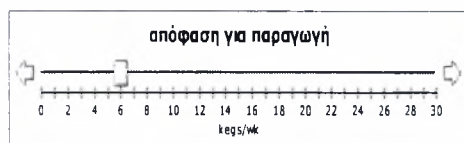
Κόστος διατήρησης αποθέματος έτοιμων προϊόντων (Τα νούμερα είναι ανά βαρέλι)	Μέχρι 20 βαρέλια → 6€ 20 έως 25 βαρέλια → 8€ 25 έως 20 βαρέλια → 10€ 30 και πάνω → 13€	<<EUR/kegs/ wk>>
Κόστος αγοράς πρώτων υλών (materials) (Τα νούμερα είναι ανά material)	Απόφαση <50% παραγωγικής ικανότητας προμηθευτή → 1,20€ Απόφαση >50% → 1€ Απόφαση > 75% → 0,85 €	Eur / material
Κόστος διατήρησης αποθέματος πρώτων υλών (Τα νούμερα είναι ανά material)	Μέχρι 100 materials → 0,25€ Από 100 και πάνω → 0,50 €	EUR/materials/ wk

Παράρτημα Β : Απεικόνιση του πίνακα ελέγχου (interface)



Παράρτημα Γ : Οδηγίες προς φοιτητές

- Είστε ο Διευθυντής παραγωγής της Ζυθοποιίας Θεσσαλίας. Δουλειά σας είναι να διαχειριστείτε το *ύψος της εβδομαδιαίας παραγωγής* με τέτοιο τρόπο ώστε να *μεγιστοποιούνται τα κέρδη της επιχείρησης σε ετήσια βάση*. Η τιμή που θα έχει το **ισοζύγιο** στο τέλος του χρόνου θα αντιπροσωπεύει το **σκορ** που πετύχατε.
- Στην αρχή κάθε εβδομάδας πρέπει να αποφασίσετε για το **ύψος της εβδομαδιαίας παραγωγής** και την **παραγγελία πρώτων υλών από τον προμηθευτή**. Αυτό γίνεται μέσω ελέγχου των μεταβλητών '**απόφαση για παραγωγή**' και '**απόφαση για παραγγελία πρώτων υλών**'. Μπορείτε να επιλέξετε τιμές από 0 έως 30 βαρέλια μπίρας (kegs). Για να επιλέξετε την επιθυμητή τιμή, απλώς μετακινείτε την μπάρα με την χρήση των δύο δεικτών στον αριθμό που θέλετε να επιλέξετε.



- Για να παραχθεί ένα βαρέλι μπίρας (keg) **απαιτούνται 4 cases of grains**. Τις Α' ύλες της εξασφαλίζετε από τον προμηθευτή σας. Εσείς επιλέγετε το **ποσοστό επί %** της παραγωγικής ικανότητας του προμηθευτή που θα αξιοποιήσετε. Κάθε εβδομάδα, δίνετε στον προμηθευτή σας την παραγγελία για την ποσότητα Α' υλών που χρειάζεστε. Ο προμηθευτής σας πρέπει να εξυπηρετήσει και άλλους πελάτες, έτσι είναι σε θέση να δώσει *μέχρι ένα* συγκεκριμένο αριθμό πρώτων υλών ο οποίος αντιστοιχεί στην παραγωγική ικανότητα του. Οι ανταγωνιστικές επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν την ίδια ζήτηση με εσάς, έτσι η παραγωγική διαθεσιμότητα του προμηθευτή *εξαρτάται* από τη συνολική ζήτηση που αντιμετωπίζει. Αυτό σημαίνει ότι η ποσότητα πρώτων υλών που μπορεί να της διαθέσει, αυξομειώνεται κατά τη διάρκεια του χρόνου.
- Η παράδοση των πρώτων υλών από το προμηθευτή γίνεται **3 εβδομάδες** μετά από την παραγγελία της.
- Οι Α' ύλες που καταφθάνουν τροφοδοτούν το απόθεμα Α' υλών που διαθέτετε για την παραγωγή μπίρας. Από αυτό το απόθεμα τροφοδοτείται η παραγωγική διαδικασία για την παραγωγή των βαρελιών. Εάν δώσετε εντολή παραγωγής που υπερβαίνει το διαθέσιμο απόθεμα Α' υλών, τότε θα παραχθούν μόνο όσο προϊόντα

επιτρέπει το απόθεμα Α' υλών. Ο χρόνος που απαιτείται για την παραγωγή από τη στιγμή της απόφασης μέχρι να είναι διαθέσιμη η μπίρα για πώληση είναι **4 εβδομάδες**.

- Οι χαμένες πωλήσεις προκύπτουν εάν η διαθέσιμη μπίρα της πώληση είναι μικρότερη από την εβδομαδιαία ζήτηση. Η διαφορά ανάμεσα στην εβδομαδιαία ζήτηση και της εβδομαδιαίες πωλήσεις αντικατοπτρίζει το ύψος των *χαμένων πωλήσεων* που προκύπτουν από την αυτήν αδυναμία κάλυψης της ζήτησης.
- Η εβδομαδιαία ζήτηση δεν είναι σταθερή, αλλά *αυξομειώνεται* κατά τη διάρκεια του έτους καθώς υπάρχει μια εποχικότητα στην κατανάλωση μπίρας.
- Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωμένες οι τιμές των μεταβλητών που επηρεάζουν το ισοζύγιο της επιχείρησης.

Τιμή πώλησης βαρελιού (keg)	120 €
Κόστος παραγωγής βαρελιού	70 €
Κόστος διατήρησης αποθέματος έτοιμων προϊόντων (<i>Τα νούμερα είναι ανά βαρέλι</i>)	Μέχρι 20 βαρέλια → 6€ 20 έως 25 βαρέλια → 8€ 25 έως 30 βαρέλια → 10€ 30 και πάνω → 13€
Κόστος αγοράς πρώτων υλών (materials) (<i>Τα νούμερα είναι ανά material</i>)	Απόφαση <50% παραγωγικής ικανότητας προμηθευτή → 1,20€ Απόφαση >50% → 1€ Απόφαση > 75% → 0,85 €
Κόστος διατήρησης αποθέματος πρώτων υλών (<i>Τα νούμερα είναι ανά material</i>)	Μέχρι 100 materials → 0,25€ Από 100 και πάνω → 0,50 €
Σταθερό εβδομαδιαίο κόστος λειτουργίας	60 €
Αρχικό απόθεμα έτοιμων προϊόντων	12 kegs
Αρχικό απόθεμα Α υλών	100 materials
Ισοζύγιο	0 €
Χρόνος παραλαβής Α υλών	3 εβδομάδες
Χρόνος κατασκευής του προϊόντος	4 εβδομάδες

Καλή επιτυχία

(Μπορείτε πάντοτε να ανατρέχετε στις οδηγίες καθ όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000119269