ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ
Τμήμα Στρατιωτικών Επιστημών

Ε Λ Λ Η Ν Ι Κ Η Δ Η Μ Ο Κ Ρ Α Τ Ι Α
ΔΙΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2016-17

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ & ΑΝΑΛΥΣΗ

(ΠΔ 97 /2015/ΦΕΚ 163Α'/20.08.2014)

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Διατριβή που υπεβλήθη για την μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων
για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

Υπό:

ΜΗΤΡΑΚΟΣ Γ. ΠΑΡΙΣ

Α.Μ.: 2014018037

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017

Η Μεταπτυχιακή Διατριβή του Μητράκου Γ. Πάρι εγκρίνεται:

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Αν. Καθηγητής ΚΑΪΜΑΚΑΜΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (Επιβλέπων),
Τμήμα Στρατιωτικών Επιστημών, Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων.

Καθηγητής ΔΑΡΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ,
Κοσμήτορας Στρατιωτικής Σχολής Ευελπίδων.

Καθηγητής ΜΑΤΣΑΤΣΙΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ,
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης.

Copyright © Μητράκος Γ. Πάρις, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της διατριβής για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται στον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτή την διατριβή εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις είτε της Στρατιωτικής Σχολής Ευελπίδων είτε του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Στον πατέρα μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Καϊμακάμη Γεώργιο για την πολύτιμη βοήθειά του, τις επεξηγήσεις του, τις συμβουλές του αλλά και τον χρόνο που αφιέρωσε ώστε να ολοκληρωθεί η διατριβή μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής Καθηγητή κ. Δάρα Νικόλαο και Καθηγητή κ. Ματσατσίνη Νικόλαο για τον χρόνο που αφιέρωσαν για την μελέτη και αξιολόγηση της διατριβής μου.

Δεν θα μπορούσα να μην αναφερθώ στην μητέρα μου, στην αδερφή μου και στην γυναίκα μου, για την αμέριστη αγάπη και στήριξη που μου παρέχουν όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
Θεωρητική Ανάλυση της Θεωρίας Παιγνίων
1.1 Εισαγωγή 15
1.2 Εφαρμογές της Θεωρίας Παιγνίων 15
1.3 Ιστορική Αναδρομή 17
1.4 Βασικές Έννοιες της Θεωρίας Παιγνίων 19
1.5 Τρόποι Αναπαράστασης Παιγνίων 21
1.6 Κατηγορίες Παιγνίων 23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
Κατηγορίες και Παραδείγματα Παιγνίων
2.1 Παίγνια Δυο Παικτών Μηδενικού Αθροίσματος 25
2.2 Στρατηγικές Maximin και Minimax 26
2.3 Μικτές Στρατηγικές (παίγνιο 2 x 2) 29
2.4 Μικτές Στρατηγικές (παίγνιο 2 x n) 32
2.5 Κυριαρχία Στρατηγικών 35
2.6 Ισορροπία Nash (Nash Equilibrium) 37
2.7 Συνάρτηση Καλύτερης Αντίδρασης 40
2.8 Παίγνια Συνεργασίας 43
2.8.1. Εισαγωγή 43
2.8.2. Βασικό Πλαίσιο 44
2.8.3. Ιδιότητες 45
2.8.4. Ο Πυρήνας 47
2.8.5. Κατανομή Shapley 48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας
3.1 Ορισμοί & Βασικές Έννοιες 52
3.2 Σκοπός 54
3.3 Αλυσίδα Αξίας 57
3.4 Αποφάσεις στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας 60
3.5 Κατηγοριοποίηση Αποφάσεων στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας 63
3.6 Κύκλοι Διεργασιών 65
3.7 Διεργασίες Έλξης και Ώθησης 66
3.8 Εφοδιαστική Τρίτου (Third Party Logistics, 3PL) 68
3.9 Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα (Reverse Logistics) 70
3.9.1. Εισαγωγή 70
3.9.2. Οφέλη και Χαρακτηριστικά 70
3.9.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα 72
3.9.4. Πεδία Εφαρμογής της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας 73
3.9.5. Χαρακτηριστικά των Επιστρεφόμενων Προϊόντων και Τρόποι Ανάκτησης Αξίας αυτών 74
3.9.6. Δραστηριότητες της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας 75
3.9.7. Σπουδαιότητα της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας 76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4
Εφαρμογές της Θεωρίας Παιγνίων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα
4.1 Εισαγωγή 77
4.2 Παράδειγμα και Δεδομένα 77
4.2.1. Παράδειγμα 77
4.2.2. Δεδομένα 79
4.3 Ανάλυση Σεναρίων 81
4.3.1. Υπολογισμοί Εξοικονόμησης Κόστους Μεταφοράς χωρίς ανάθεση σε LSP πάροχο 81

4.3.2. Υπολογισμοί Εξοικονόμησης Κόστους Μεταφοράς με ανάθεση σε LSP πάροχο 82
4.3.3. Υπολογισμοί Εξοικονόμησης Κόστους Μεταφοράς με ανάθεση σε LSP πάροχο, θεωρώντας ότι ο εκάστοτε LSP πάροχος αντιμετωπίζει τους πελάτες ως συνασπισμό ανά δύο 85
4.3.4. Υπολογισμοί Εξοικονόμησης Κόστους Μεταφοράς όταν οι LSP πάροχοι συνεργάζονται μεταξύ τους 87
4.3.5. Υπολογισμοί Εξοικονόμησης Κέρδους Συνεργασίας μεταξύ των LSP παρόχων 90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 93
Συμπεράσματα & ενδείξεις για περαιτέρω έρευνα
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 95

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έχει ως στόχο την εξέταση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, τα μέλη της οποίας συνεργάζονται κάνοντας μια συμφωνία με σκοπό να συντονίσουν τις στρατηγικές τους προκειμένου να βελτιώσουν, αφενός μεν την συνολική επίδοση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, αφετέρου δε και το δικό τους ατομικό κέρδος. Θα χρησιμοποιήσουμε την Θεωρία Παιγνίων για να αναλύσουμε τον συντονισμό της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, δεδομένου ότι είναι η καλύτερη μέθοδος για να απεικονίσουμε την διαδικασία λήψης αποφάσεων σε μια κατάσταση με πολλά αλληλοεξαρτώμενα μέρη όπου το αποτέλεσμα εξαρτάται από την ατομική επιλογή κάθε μέρους ξεχωριστά.

Στο Κεφάλαιο 1 αναλύουμε θεωρητικά την Θεωρία Παιγνίων καταγράφοντας ποιά είναι η χρήση της στην καθημερινότητά μας αλλά και ποιά τα πεδία εφαρμογής της. Επίσης, αναφέρεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή και στην συνέχεια παραθέτουμε τις βασικές έννοιές της, τους τρόπους αναπαράστασης των παιγνίων και κατηγοριοποιούμε αυτά ανάλογα με τους κανόνες και τα χαρακτηριστικά που τα διέπουν.

Στο Κεφάλαιο 2 αναλύουμε τις κατηγορίες των παιγνίων παραθέτοντας κάποια παραδείγματα. Περιγράφονται τα παίγνια δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος καθώς και ο τρόπος επίλυσης τους είτε μέσω αμιγών είτε μέσω μικτών στρατηγικών. Αναλύονται οι αμιγής στρατηγικές Maximin και Minimax αλλά και οι μικτές σε παίγνια 2 x 2, 2 x n και m x 2. Ορίζεται η κυριαρχία στρατηγικών, η Ισορροπία Nash παραθέτοντας κάποια παραδείγματα και επεξηγούμε τη λύση του διασημότερου παιγνίου, του Διλήμματος του Φυλακισμένου. Τέλος, αναφερόμαστε εκτενώς στα Παίγνια Συνεργασίας, παραθέτοντας το βασικό πλαίσιο και τις ιδιότητές τους, τον Πυρήνα αλλά και την Κατανομή Shapley.

Στο Κεφάλαιο 3 αναφερόμαστε στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας παραθέτοντας κάποιους ορισμούς και βασικές έννοιες αλλά επίσης και τον σκοπό της. Ορίζεται ο ορισμός της Αλυσίδας Αξίας, κατηγοριοποιούμε τις αποφάσεις της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας που θα πρέπει να ληφθούν, αναλόγως σε ποιο επίπεδο βρίσκεται ο αποφασίζων. Επίσης, αναλύονται οι κύκλοι διεργασιών, οι διεργασίες έλξης και ώθησης, η αντίστροφη εφοδιαστική και γίνεται εκτενής αναφορά στην εφοδιαστική τρίτου, πάνω στην οποία βασίστηκε το παράδειγμά μας.

Στο Κεφάλαιο 4 παραθέτουμε ένα υποθετικό παράδειγμα για το πώς η Θεωρία Παιγνίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια συντονισμού της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Το παράδειγμά μας τοποθετείται στην ευρύτερη περιοχή των Logistics. Επειδή τα προϊόντα συχνά παράγονται και καταναλώνονται σε διαφορετικές τοποθεσίες, η μεταφορά τους αποτελεί τον κινητήριο μοχλό της Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Αφού, λοιπόν, η μεταφορά αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο του κόστους της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, η συνεργασία στον τομέα αυτό θα μπορούσε να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση κόστους. Ερευνούμε εάν η συνεργασία μεταξύ πολλαπλών Παρόχων Υπηρεσιών Εφοδιαστικής (Logistics Service Providers ή LSP) θα ήταν επωφελής. Εξετάζουμε επίσης, αν θα μπορούσαν να δημιουργηθούν και συνεργασίες μέσω του όγκου των προϊόντων και πως αυτές θα μπορούσαν να διατεθούν στα συνεργαζόμενα μέλη. Επικεντρωνόμαστε μόνο στις οδικές μεταφορές, αν και υπάρχουν πολλοί άλλοι τρόποι μεταφοράς. Σίγουρα όταν ο όγκος των προϊόντων είναι μεγάλος, άλλα μέσα μεταφοράς είναι πιο κατάλληλα, όπως τραίνα ή πλοία.

Στο Κεφάλαιο 5 ολοκληρώνεται η μελέτη της χρήσης της Θεωρίας Παιγνίων στη Διαχείριση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας καταγράφοντας τα συμπεράσματα του παραδείγματος που εξετάσαμε όπως επίσης και κάποιες ενδείξεις για περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Θεωρητική Ανάλυση της Θεωρίας Παιγνίων

1.1. Εισαγωγή

Διερευνώντας κάποιος το περιβάλλον μέσα στο οποίο καλείται να λάβει αποφάσεις, διαπιστώνει ότι αυτό μπορεί να προσδιοριστεί από τέσσερις βασικές μεταβλητές: την σταθερότητα (Certainty), το ρίσκο (Risk), την αβεβαιότητα (Uncertainty) και την ανταγωνιστικότητα (Competitivity). Με τη Λήψη Αποφάσεων κάτω από συνθήκες ρίσκου και αβεβαιότητας ασχολείται η Θεωρία Αποφάσεων (Decision Theory), ενώ υπό συνθήκες ανταγωνισμού, η λήψη αποφάσεων γίνεται μέσω της Θεωρίας Παιγνίων (Game Theory).

Η Θεωρία Παιγνίων δηλαδή, είναι μια μεθοδολογία ανάλυσης καταστάσεων μεταξύ μιας ομάδας λογικών ατόμων η οποία ανταγωνίζεται με σκοπό ο κάθε ένας να αποκτήσει το μεγαλύτερο κέρδος – όφελος. Σκοπός της είναι να μας βοηθήσει να καταλάβουμε διάφορες καταστάσεις στις οποίες αλληλεπιδρούν δύο ή περισσότερες οντότητες, κάθε μία από τις οποίες συμπεριφέρεται με στρατηγικό τρόπο και καλείται να λάβει κάποιες αποφάσεις. Η μεμονωμένη οντότητα στην συγκεκριμένη περίπτωση ονομάζεται «*παίκτης*», και είναι εκείνη που καλείται να πάρει αποφάσεις. Σκοπός του κάθε παίκτη είναι να μεγιστοποιήσει το κέρδος του, το οποίο μετράται σε κλίμακα ωφελείας.

Επομένως, το παίγνιο που αναφέρεται στην Θεωρία Παιγνίων αντιπροσωπεύει την κατάσταση εκείνη κατά την οποία δύο ή περισσότεροι παίκτες επιλέγουν τρόπους ενεργείας, που δημιουργούν καταστάσεις αλληλεξάρτησης.

1.2. Εφαρμογές της Θεωρίας Παιγνίων

Οι περιστάσεις της καθημερινότητας στις οποίες εφαρμόζεται η Θεωρία Παιγνίων είναι πάρα πολλές, όπως στις εταιρείες που ανταγωνίζονται για δουλειές, στους πολιτικούς υποψηφίους που ανταγωνίζονται για ψήφους, στα ζώα που μάχονται πάνω από ένα θήραμα και σε πολλές ακόμα περιπτώσεις.

Η Θεωρία Παιγνίων, όπως είδαμε παραπάνω, έχει μεγάλη γκάμα εφαρμογών, όπως στην οικονομία, στην πληροφορική, στις τηλεπικοινωνίες, στην πολιτική, στη βιολογία και φυσικά στην καθημερινότητά μας. Μια σύγχρονη μαθηματική θεωρία μπορεί να αναλύσει

κάθε είδος αναμέτρησης, από την ντάμα και το σκάκι μέχρι τον τζόγο ή έναν πυρηνικό πόλεμο και να προβλέψει τον νικητή.

Οι οικονομολόγοι εδώ και πολύ καιρό χρησιμοποιούν την Θεωρία Παιγνίων για να αναλύσουν διάφορους κλάδους, όπως για παράδειγμα τη βιομηχανική οργάνωση, τις δημοπρασίες, τις εμπορικές συμφωνίες, τα ολιγοπώλια, τα μονοπώλια και άλλα. Επίσης, η Θεωρία Παιγνίων παίζει σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια διπλωματία αλλά και στις πολεμικές στρατηγικές, επηρεάζοντας την μοίρα διαφόρων χωρών. Χρησιμοποιείται όμως και στην Πολιτική Οικονομία και ειδικά στη θεωρία της συλλογικής δράσης (Collective Action), όπου εξηγεί ενδεχόμενα συνεργασίας μεταξύ των παικτών. Αυτό βρίσκεται σε άμεση συσχέτιση με το ρόλο του κράτους και των θεσμών σε θέματα συνεργασίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η παροχή δημόσιων αγαθών και η φορολογία.

Είναι ξεκάθαρο ότι μπορούμε να αναφέρουμε άπειρες εφαρμογές της Θεωρίας Παιγνίων σε διάφορους τομείς ακόμη και στην καθημερινότητα μας. Παρακάτω παραθέτουμε κάποιες ανθρώπινες και όχι μόνο συμπεριφορές που μπορούν να μοντελοποιηθούν με τη μορφή παιγνίων:

i. <u>Στην καθημερινή ζωή</u>

Μια ομάδα φοιτητών που συμμετέχει σε μια ομαδική εργασία και έχει αναλάβει να υλοποιήσει ένα project αποτελεί μια μορφή παιγνίου όπου:

- Εάν ένας φοιτητής δεν εργάζεται αρκετά, τότε κάποιος άλλος πρέπει να εργαστεί περισσότερο (αλληλεπίδραση).
- Κάθε φοιτητής θα πρέπει να αποφασίσει αν και σε ποια ομάδα θα συμμετέχει, εκτιμώντας τις δυνατότητες των συμφοιτητών του.
- Η ορθολογικότητα έχει να κάνει με την απόφαση του χρόνου που θα αφιερώσει στην εργασία σε σχέση με τον βαθμό που προσδοκούν να λάβουν οι φοιτητές.

ii. <u>Στην οικονομία</u>

Οι δημοπρασίες κρατικών ομολόγων θεωρούνται παίγνια με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ανά τακτά χρονικά διαστήματα οι διάφορες κυβερνήσεις εκδίδουν κρατικά ομόλογα.
- Οι συμμετέχοντες είναι οι μεγάλες τράπεζες, οι οποίες στη συνέχεια μεταπωλούν τα ομόλογα αυτά στους πελάτες τους (ομολογιακά αμοιβαία κεφάλαια).

- Η αλληλεπίδραση σχετίζεται με το ότι ο μεγάλος ανταγωνισμός ανεβάζει τις τιμές.
- Η ορθολογικότητα αφορά την εξισορρόπηση του ποσού που προσφέρει κάθε τράπεζα για να αγοράσει κάποια ομόλογα και της πιθανότητας να μην αγοράσει.

iii. Στο ζωικό περιβάλλον

Η συμπεριφορά των ζώων είναι ένα επαναλαμβανόμενο παίγνιο όπου:

- Τα ζώα ανταγωνίζονται μεταξύ τους για δυσεύρετους πόρους όπως τροφή, κυριαρχία έναντι άλλων αρσενικών κλπ.
- Οι παίκτες είναι όλα τα ζώα που έχουν βλέψη για τον ίδιο πόρο.
- Έχει διαπιστωθεί ότι η συμπεριφορά των ζώων σε καταστάσεις ανταγωνισμού είναι ορθολογική.

1.3. Ιστορική Αναδρομή

Η Θεωρία Παιγνίων αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο της Επιχειρησιακής Έρευνας, που τα τελευταία χρόνια εξαπλώνεται ταχύτατα. Κάποιες αρχικές ιδέες της Θεωρίας Παιγνίων εντοπίζονται στο 18ºαιώνα, και ειδικότερα το 1838 από τον Γάλλο οικονομολόγο Augustin Cournot, ο οποίος κατάφερε να αναλύσει ολιγοπωλιακές καταστάσεις με τρόπο παρόμοιο με τις σύγχρονες μεθόδους της Θεωρίας Παιγνίων, όμως η ουσιαστική ανάπτυξή της ξεκίνησε στη δεκαετία του 1920 από τον μαθηματικό Emile Borel (1871 – 1956), ο οποίος είχε ασχοληθεί συστηματικά πρώτος με παίγνια δύο παικτών «*μηδενικού αθροίσματος*» zero sum games – (κέρδη του ενός παίκτη ίσον ζημιές του άλλου) και πραγματεύτηκε τη λύση αυθαίρετων τέτοιων παιγνίων χρησιμοποιώντας μεταξύ άλλων και την έννοια του μηχανισμού λήψης αποφάσεων, γνωστή σήμερα ως «*mixed strategies* (μικτές στρατηγικές)». Ο μεγάλος μαθηματικός Jon von Neumann(1903 -1957)απέδειξε την ύπαρξη της λύσης μέσω ενός τοπολογικού θεωρήματος και το θεώρημα αυτό ονομάστηκε Θεώρημα *Minimax*. Σημαντική ώθηση για το ξεκίνημα της Θεωρίας Παιγνίων στην επιστημονική ιστορία αποτελεί η δημοσίευση, το 1944, του βιβλίου *Theory of Games and Economic Behavior* (Θεωρία των Παιγνίων και Οικονομική Συμπεριφορά) από τους Jon von Neumann και Oscar Morgenstern.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1950 ο John F. Nash εισηγήθηκε μια γενίκευση του θεωρήματος Minimax. Ουσιαστικά επινόησε μια λύση για όλα τα πεπερασμένα παίγνια και απέδειξε ότι κάθε πεπερασμένο παίγνιο διαθέτει τουλάχιστον μία λύση, την περίφημη **Ισορροπία Nash**. Ο Nash δηλαδή, επέκτεινε τα παίγνια των Jon von Neumann και Oscar

Morgenstern σε παίγνια με *n* παίκτες, των οποίων τα οφέλη είναι ανεξάρτητα, ενώ επιπλέον μπορούν να παίξουν πάνω στις στρατηγικές τους με τυχαία κατανομή. Έτσι οι νέες δυνατές στρατηγικές κάθε παίκτη είναι άπειρες, όπως και οι καταστάσεις του παιγνίου. Στα παίγνια του Nash, καθένας από τους *n* παίκτες, αν γνωρίζει την πιθανότητα που μπορεί να συμβούν οι καταστάσεις, θα επιλέξει να παίξει με την κατανομή που θα μεγιστοποιεί το αναμενόμενο όφελός του.

Το 1965 ο Reinhard Selten μελέτησε τα δυναμικά παίγνια (αυτά που εξελίσσονται στον χρόνο) εισάγοντας την έννοια της ισορροπίας στα υποπαίγνια (*Subgame Perfect Equilibrium*) και της ισορροπίας τρεμάμενου χεριού (*Trembling Hand Perfect Equilibrium*), ενώ το 1975 ο John C. Harsanyi γενίκευσε τις ιδέες του John F. Nash και μελέτησε παίγνια μη – πλήρους πληροφόρησης, δηλαδή τα παίγνια εκείνα στα οποία τουλάχιστον ένας παίκτης δεν διαθέτει πλήρη πληροφόρηση για τη συνάρτηση απόδοσης κάποιου άλλου παίκτη που συμμετέχει στο παίγνιο.

Λίγο μετά την εργασία του Nash, τα μοντέλα της Θεωρίας Παιγνίων άρχισαν να χρησιμοποιούνται στην οικονομική θεωρία και την πολιτική επιστήμη. Τα τελευταία 30 χρόνια, η Θεωρία Παιγνίων έχει βρει ευρύτατη εφαρμογή στα οικονομικά, στην εξελικτική βιολογία, στην ψυχολογία, στην κοινωνιολογία. Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 η Θεωρία Παιγνίων εφαρμόστηκε στον σχεδιασμό δημοπρασιών. Πρόσφατα στράφηκε το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας της Πληροφορικής προς τη Θεωρία Παιγνίων, στην προσπάθεια να μελετήσει το χαώδες, ανομοιογενές και ετερόκλητο Διαδίκτυο. Οι παίκτες στο παίγνιο του διαδικτύου μπορεί να είναι χιλιάδες εταιρείες, κυβερνήσεις, αλλά και απλοί χρήστες.

Σήμερα η Θεωρία Παιγνίων αποτελεί βασικό εργαλείο τόσο των θεωρητικών, όσο και των εφαρμοσμένων οικονομικών. Θεωρητικοί της Θεωρίας Παιγνίων έχουν βραβευθεί με το βραβείο Νόμπελ στα Οικονομικά (ή ακριβέστερα με το «The Sveriges Riksbank Prizein Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel»), χαρακτηριστικό παράδειγμα του οποίου είναι η βράβευση, το 1994, των John C. Harsanyi (1920 - 2000), John F. Nash (1928-2015) και Reinhard Selten (1930-2016).

1.4. Βασικές Έννοιες της Θεωρίας Παιγνίων

❖ Παίγνιο

Παίγνιο θεωρείται η κατάσταση εκείνη, κατά την οποία δύο ή περισσότεροι *ορθολογικοί* παίκτες με αντικρουόμενους στόχους επιλέγουν τρόπους ενεργείας που δημιουργούν συνθήκες ανταγωνιστικής αλληλεξάρτησης. Στοιχεία του παιγνίου είναι οι παίκτες, οι κανόνες που διέπουν το παίγνιο, οι πληροφορίες που υπάρχουν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

❖ Παίκτης

Παίκτης θεωρείται μια αυτόνομη μονάδα λήψης απόφασης, παρόλο που ενδέχεται να μην γνωρίζει όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα του παιγνίου. Ως παίκτης μπορεί να θεωρηθεί ένα άτομο, μία επιχείρηση, ακόμα και ένα κράτος. Έχει σαφή αντικειμενικό σκοπό, τον οποίο προσπαθεί να επιτύχει, σαφή πλαίσια δράσης που καθορίζονται από τους κανόνες του παιγνίου αλλά και το σύνολο των πόρων και των μέσων που διαθέτει.

❖ Στρατηγική

Για να πετύχει το στόχο του κάθε παίκτης, ακολουθεί μία στρατηγική (S). Με τον όρο στρατηγική περιγράφεται το σύνολο των επιλογών που κάνει ο παίκτης από την αρχή έως το τέλος του παιγνίου.

Η στρατηγική που θα ακολουθήσει ένας παίκτης μπορεί να είναι *αμιγής ή καθαρή* αλλά και *μικτή*. Αμιγής ή καθαρή στρατηγική (*Pure Strategy*) είναι εκείνη , στην οποία κάθε παίκτης επιλέγει μία μόνο από τις δυνατές επιλογές του στο ακέραιο, δηλαδή με πιθανότητα ίση με τη μονάδα, ενώ δεν επιλέγει καμία από τις υπόλοιπες. Πρόκειται δηλαδή για την απλούστερη στρατηγική που μπορεί να επιλέξει ο παίκτης. Ωστόσο, υπάρχουν στιγμές που ο παίκτης μπορεί να μην είναι βέβαιος σχετικά με το ποια είναι η βέλτιστη καθαρή στρατηγική του. Υπό την σκιά της αβεβαιότητας λοιπόν, ο παίκτης μπορεί να ενεργήσει τυχαία στην επιλογή δύο ή περισσότερων καθαρών στρατηγικών. Στην περίπτωση αυτή θα επέλεγε την μικτή στρατηγική(*Mixed Strategy*), η οποία περιλαμβάνει συνδυασμό στρατηγικών, κάθε μια από τις οποίες επιλέγεται με πιθανότητα μικρότερης της μονάδας. Αν ο παίκτης, δηλαδή, έχει στη διάθεσή του N καθαρές στρατηγικές (S_1, S_2, … , S_n), τότε η μικτή στρατηγική M ορίζεται από τις αντίστοιχες πιθανότητες (p_1, p_2, … , p_n) με τις οποίες θα πρέπει να επιλέξει κάθε μια

από τις καθαρές στρατηγικές του. Για να είναι, όμως, σαφώς καθορισμένη η *M*, θα πρέπει μια από τις πιθανότητες να βρίσκεται μεταξύ 0 και 1, και το άθροισμα τους να ισούται με την μονάδα, δηλαδή $0 < p_1, p_2, \ldots, p_n < 1$ και $\sum p_i = 1$. Άρα η μικτή στρατηγική *M* ($p_1 = 0, p_2, = 0, \ldots, p_j = 1, \ldots, p_n = 0$) είναι ισοδύναμη με την καθαρή στρατηγική S_j.

❖ Συνάρτηση Απόδοσης

Για να αναπαραστήσουμε τις προτιμήσεις ενός παίκτη μεταξύ των διαθέσιμων ενεργειών που έχει να επιλέξει, χρησιμοποιούμε μια συνάρτηση απόδοσης(*u*) (*Payoff Function*), η οποία συσχετίζει ένα αριθμό με κάθε ενέργεια, με τρόπο ώστε να προτιμώνται οι ενέργειες με υψηλότερους αριθμούς.

Πιο συγκεκριμένα, η συνάρτηση απόδοσης*u* αναπαριστά τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων, εάν για οποιεσδήποτε στρατηγικές a και b από ένα σύνολο στρατηγικών, ισχύει ότι:

u(a) > u(b) αν και μόνο αν ο λήπτης αποφάσεων προτιμά την a έναντι της b.

❖ Λύση του Παιγνίου

Ως λύση (*Solution*) ενός παιγνίου θεωρούμε τη βέλτιστη στρατηγική όλων των παικτών.

1.5. Τρόποι Αναπαράστασης Παιγνίων

Δύο είναι οι τρόποι αναπαράστασης παιγνίων, η κανονική ή στρατηγική μορφή και η αναλυτική ή εκτεταμένη μορφή ή μορφή δέντρου.

Πιο αναλυτικά:

- **Κανονική ή Στρατηγική μορφή**

Κανονική ή στρατηγική μορφή είναι η πιο συνηθισμένη μορφή αναπαράστασης ενός παιγνίου. Για να απεικονίσουμε τις στρατηγικές κάθε παίκτη καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από κάθε συνδυασμό αυτών, χρησιμοποιούμε μορφή πίνακα. Δηλαδή σε κάθε γραμμή του απεικονίζεται η στρατηγική του Παίκτη Α και σε κάθε στήλη η στρατηγική του Παίκτη Β. Εάν έχουμε παραπάνω από δυο παίκτες ($n > 2$), τότε ο πίνακας είναι παραπάνω διαστάσεων.

Άρα η κανονική μορφή αναπαράσταση ενός παιγνίου προσδιορίζει τους παίκτες (Players) του παιγνίου, τις στρατηγικές (Strategies) που διαθέτει ο παίκτης και το όφελος (Payoff) που λαμβάνει κάθε παίκτης για κάθε συνδυασμό στρατηγικών που μπορούν να επιλέξουν οι παίκτες.

Παράδειγμα κανονικής μορφής παιγνίου είναι ο παρακάτω πίνακας:

Στρατηγικές		**Παίκτης Β**			
		B_1	B_2	…	B_n
Παίκτης Α	A_1	α_{11},β_{11}	α_{12},β_{12}	…	α_{1n},β_{1n}
	A_2	α_{21},β_{21}	α_{22},β_{22}	…	α_{2n},β_{2n}
	…	…	…	…	…
	A_m	α_{m1},β_{m2}	α_{m2},β_{m2}	…	α_{mn},β_{mn}

Οι παίκτες είναι ο Α και ο Β και οι στρατηγικές τους είναι A_1, A_2,… , A_m και B_1, B_2, …, B_n αντίστοιχα. Σε κάθε κελί του πίνακα απεικονίζονται τα αποτελέσματα για καθέναν από τους δύο παίκτες, ανάλογα με τη στρατηγική που αντιστοιχεί στη γραμμή και στήλη του κελιού.

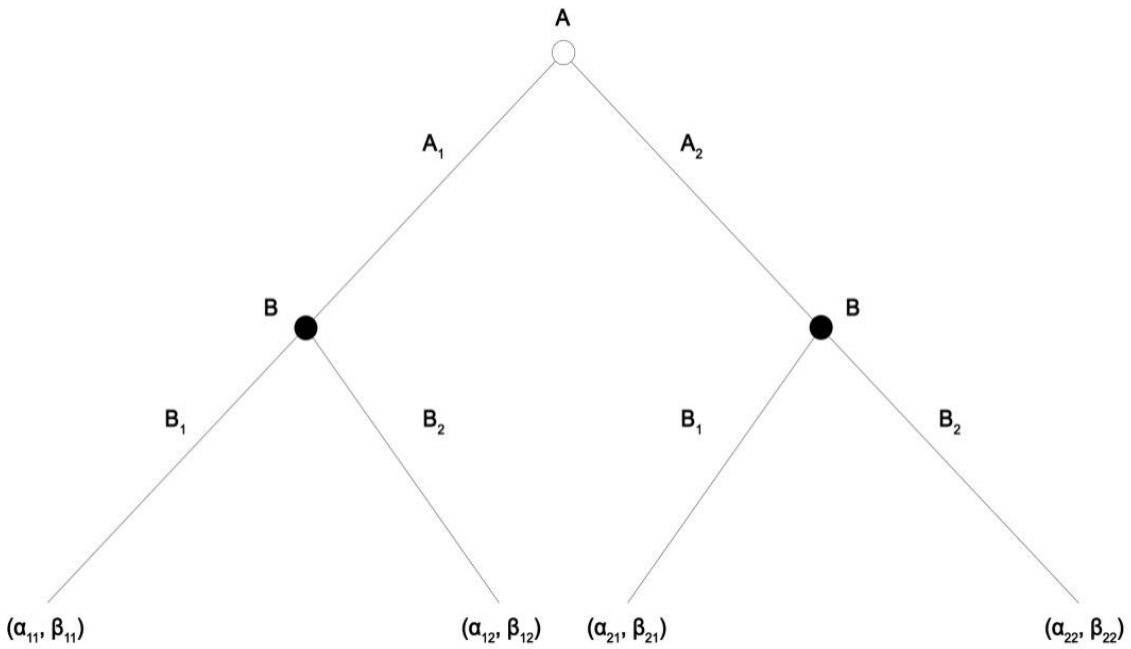
Στην αναπαράσταση κανονικής μορφής παιγνίου οι παίκτες θεωρούνται *ορθολογιστές*, δηλαδή επιλέγουν τις στρατηγικές τους με στόχο τη δική τους ευημερία και τα συμφέροντα βάσει των στοιχείων του πίνακα, αποφασίζουν ταυτόχρονα και χωρίς γνώση της

κίνησης του αντιπάλου τους. Γνωρίζουν επίσης, τη δομή του πίνακα αποδόσεων και ξέρουν ότι αυτό ισχύει και για τους αντιπάλους τους, πρόκειται δηλαδή για παίγνια *πλήρους πληροφόρησης*. Επίσης η χρονική στιγμή που λαμβάνονται οι αποφάσεις δεν είναι γνωστή, είναι δηλαδή μια *στατική* μορφή αναπαράστασης παιγνίου.

- **Αναλυτική ή Εκτεταμένη Μορφή ή Μορφή Δέντρου**

Αναλυτική ή εκτεταμένη μορφή ή μορφή δένδρου είναι η μορφή όπου σ' αυτή απεικονίζονται όλες οι λεπτομέρειες της αλληλεπίδρασης των παικτών, δηλαδή οι παίκτες, οι κινήσεις (ή επιλογές) που διαθέτει κάθε παίκτης κάθε φορά που καλείται να αποφασίσει, πότε μπορεί να πάρει τις αποφάσεις του κάθε παίκτης, τι πληροφόρηση έχει κάθε παίκτης όταν παίρνει την απόφασή του και τα αποτελέσματα κάθε «παρτίδας» (Payoffs).

Παράδειγμα αναλυτικής μορφής παιγνίου είναι το παρακάτω δενδροδιάγραμμα:



Τα εκτεταμένα παίγνια αναπαρίστανται με μορφή δένδρου που ξεκινούν από έναν κοινό κόμβο, τον *κόμβο αφετηρίας*. Οι κλάδοι που ξεκινούν από τους κόμβους συμβολίζουν τις πιθανές διαθέσιμες ενέργειες του παίκτη. Οι ενδιάμεσοι κόμβοι αντιπροσωπεύουν τα σημεία εκείνα που οι παίκτες πρέπει να λάβουν μια απόφαση και ονομάζονται *κόμβοι απόφασης*. Σε κάθε κόμβο καταλήγει ένας μόνο κλάδος, αλλά ενδέχεται να ξεκινούν από

αυτόν περισσότεροι του ενός. Στους τελικούς κόμβους παρουσιάζονται οι ωφέλειες (Payoffs) κάθε στρατηγικής.

Η αναλυτική μορφή είναι πιο χρήσιμη για την αναπαράσταση του παιγνίου σε περίπτωση που οι παίκτες έχουν πληροφόρηση σχετικά με τις αποφάσεις των αντιπάλων τους. Στην κανονική μορφή οι επιλογές είναι και οι στρατηγικές ενώ στην εκτεταμένη μορφή οι στρατηγικές είναι περισσότερο πολύπλοκες.

1.6. Κατηγορίες Παιγνίων

Τα παίγνια ποικίλουν ανάλογα με τους κανόνες και τα κριτήρια που τα χαρακτηρίζουν κάθε φορά. Ενδεικτικά λοιπόν, έχουμε τις παρακάτω κατηγορίες:

- Σύμφωνα με τον αριθμό των παικτών που συμμετέχουν

Εάν συμμετέχουν δύο παίκτες τότε ονομάζονται «παίγνια δύο παικτών», ενώ εάν συμμετέχουν περισσότεροι, έστω *n*, τότε ονομάζονται «παίγνια *n* παικτών». Η παρουσία δύο παικτών είναι η ελάχιστη απαίτηση για να έχουμε φαινόμενα ανταγωνισμού ή συνεργασίας.

- Σύμφωνα με τη δυνατότητα συνεργασίας

Υπάρχουν παίγνια κατά τα οποία οι παίκτες έχουν την δυνατότητα να συνεργαστούν και να κάνουν συμφωνίες μεταξύ τους για τις στρατηγικές που θα ακολουθήσουν. Αυτά τα παίγνια ονομάζονται *«συνεργατικά παίγνια»* (Cooperative Games). Αντίθετα όμως υπάρχουν και τα παίγνια κατά τα οποία οι παίκτες ενεργούν εντελώς ατομικά, χωρίς την παραμικρή συνεννόηση και συνεργασία μεταξύ τους καθ' όλη την διάρκεια του παιγνίου και τα οποία ονομάζονται *«μη συνεργατικά»* (Non-Cooperative Games).

- Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της συνάρτησης απόδοσης

Σε παίγνια δύο παικτών, όπου το κέρδος του ενός είναι ίσο με την απώλεια του αντιπάλου του, τότε τα παίγνια αυτά ονομάζονται *«παίγνια μηδενικού αθροίσματος»* (Zero Sum Games). Σε αυτά τα παίγνια το άθροισμα των αμοιβών είναι ίσο με το μηδέν, με αποτέλεσμα η συνεργασία μεταξύ των παικτών να είναι ανέφικτη. Αντιθέτως, υπάρχουν και τα *«παίγνια μη μηδενικού αθροίσματος»* (non-Zero Sum Games), όπου το άθροισμα των αμοιβών των παικτών είναι διάφορο του μηδενός. Δηλαδή το κέρδος του ενός παίκτη δεν σημαίνει απαραίτητα την ζημιά του άλλου. Άρα και οι δύο μπορεί να κερδίσουν ή να χάσουν αντίστοιχα.

- Σύμφωνα με την σειρά λήψης αποφάσεων

Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα *στρατηγικά* ή *κανονικά* και τα *δυναμικά* ή *εκτεταμένα* παίγνια. Στρατηγικά ή κανονικά παίγνια θεωρούνται τα παίγνια εκείνα όπου κάθε παίκτης επιλέγει μόνο μια φορά την στρατηγική που θα ακολουθήσει καθ' όλη τη διάρκεια του παιγνίου και μάλιστα η επιλογή αυτή είναι ταυτόχρονη για όλους τους παίκτες, χωρίς όμως κανένας από τους παίκτες να γνωρίζει την στρατηγική που έχουν επιλέξει οι υπόλοιποι. Αντίθετα, δυναμικά ή εκτεταμένα παίγνια θεωρούνται τα παίγνια εκείνα όπου κάθε παίκτης μπορεί να αλλάξει την στρατηγική του, κατά την διάρκεια του παιγνίου, ανάλογα με τις αποφάσεις και ενέργειες των αντιπάλων παικτών.

- Σύμφωνα με τον αριθμό των κινήσεων

Τα παίγνια που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία διαχωρίζονται σε *«πεπερασμένα»* και σε *«μη πεπερασμένα»*. Τα πεπερασμένα παίγνια τελειώνουν σε ένα μετρήσιμο αριθμό κινήσεων, γι' αυτό ονομάζονται και *«μητρικά»* ή *«πινακοπαίγνια»*. Αντίθετα, μη πεπερασμένα παίγνια θεωρούνται τα παίγνια εκείνα τα οποία διαρκούν για άπειρες κινήσεις.

- Σύμφωνα με την πληροφόρηση που παρέχουν

Έναν σημαντικό παράγοντα στην περιγραφή ενός παιγνίου αποτελεί και ο καθορισμός των διαθέσιμων πληροφοριών σε κάθε παίκτη. Ο διαχωρισμός λοιπόν που υπάρχει σε αυτή την κατηγορία είναι τα παίγνια «*τέλειας πληροφόρησης*» και «*ατελούς πληροφόρησης*». Άρα σε ένα παίγνιο τέλειας πληροφόρησης οι παίκτες, εκτός από τους κανόνες και τους περιορισμούς του παιγνίου, δύναται να γνωρίζουν και τις κινήσεις ή ενέργειες των υπολοίπων παικτών. Αντιθέτως, σ' ένα παίγνιο ατελούς πληροφόρησης αυτή η γνώση δεν υφίσταται. Δηλαδή, οι εμπλεκόμενοι παίκτες δεν είναι πλήρως ενημερωμένοι για τις αποφάσεις και τις αντιδράσεις των υπολοίπων παικτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Κατηγορίες και Παραδείγματα Παιγνίων

2.1. Παίγνια Δυο Παικτών Μηδενικού Αθροίσματος

Μια κατηγορία παιγνίων αποτελούν τα παίγνια δύο παικτών μηδενικού αθροίσματος (zero-sum games). Όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στα παίγνια αυτά το κέρδος του ενός παίκτη είναι ίσο με τη ζημία του άλλου. Δηλαδή, το άθροισμα των ανταμοιβών των παικτών είναι μια σταθερά c (θετική ή αρνητική). Όταν η τιμή της σταθεράς είναι θετική, τότε οι παίκτες μοιράζονται κάποια ανταμοιβή, ενώ όταν είναι αρνητική μοιράζονται κάποιο κόστος ή ζημιά. Οπότε το παίγνιο μηδενικού αθροίσματος είναι η ειδική περίπτωση όπου $c = 0$. Τα ενδιαφέροντα των παικτών σε τέτοια παίγνια είναι εντελώς αντίθετα και βρίσκονται σε σύγκρουση. Επομένως, δεν υπάρχουν οι ευκαιρίες για συνεργασία μεταξύ των παικτών.

Για την επίλυση τέτοιων παιγνίων απαραίτητο εργαλείο αποτελεί ο πίνακας αποτελεσμάτων, όπου κάθε παίκτης μπορεί να πληροφορηθεί για το ακριβές όφελος που προκύπτει από κάθε δυνατό συνδυασμό στρατηγικών των δύο παικτών. Στον παρακάτω πίνακα, που ονομάζεται *πίνακας πληρωμών του παίκτη Α*, απεικονίζονται οι παίκτες Α και Β αλλά και οι m στρατηγικές του παίκτη Α και οι n στρατηγικές του παίκτη Β.

Στρατηγικές		**Παίκτης Β**			
		B_1	B_2	…	B_n
Παίκτης Α	A_1	α_{11}	α_{12}	…	α_{1n}
	A_2	α_{21}	α_{22}	…	α_{2n}
	…	…	…	…	…
	A_m	α_{m1}	α_{m2}	…	α_{mn}

Αν, λοιπόν, ο παίκτης Α επιλέξει την στρατηγική A_i και ο παίκτης Β την στρατηγική B_j, τότε ο παίκτης Α κερδίζει α_{ij}και ο Β χάνει α_{ij}. Αντικειμενικός σκοπός του παίκτη Α είναι να μεγιστοποιήσει το κέρδος του, ενώ του παίκτη Β να ελαχιστοποιήσει την ζημιά του.

Οι παίκτες θεωρούνται ορθολογιστές, γνωρίζουν τη δομή του πίνακα πληρωμών, γνωρίζουν ότι και οι αντίπαλοί τους γνωρίζουν τη δομή αυτή αλλά και ότι γνωρίζουν ότι οι αντίπαλοί τους γνωρίζουν ότι γνωρίζουν τη δομή αυτή κ.ο.κ. Επίσης οι παίκτες επιλέγουν

ταυτόχρονα στρατηγική, χωρίς να επικοινωνούν, χωρίς συνεργασία και χωρίς να έχουν ενημερωθεί εκ των προτέρων για την επιλογή του αντιπάλου τους.

Για να βρούμε την βέλτιστη στρατηγική που πρέπει να επιλέξει ο κάθε παίκτης, στα εν λόγω παίγνια, χρησιμοποιούμε την μέθοδο στρατηγικών *maximin* και *minimax*, διαγράφοντας διαδοχικά τις υποδεέστερες στρατηγικές.

2.2. Στρατηγικές Maximin και Minimax

Σ' ένα παίγνιο δύο παικτών αντικειμενικός σκοπός του παίκτη Α είναι η επίτευξη του μέγιστου κέρδους. Για τον λόγο αυτόν ο παίκτης Α θα επιλέγει πάντα την στρατηγική maximin, δηλαδή το μέγιστο των ελαχίστων στοιχείων των σειρών από τον πίνακα πληρωμών. Αντιστοίχως, αντικειμενικός σκοπός του παίκτη Β είναι η επίτευξη ελάχιστης ζημίας. Για τον λόγο αυτόν ο παίκτης Β θα επιλέγει πάντα την στρατηγική minimax, δηλαδή το ελάχιστο των μεγίστων στοιχείων των στηλών.

<u>Ορισμός</u>: *Εάν σ' ένα παίγνιο το στοιχείο του πίνακα πληρωμών της στρατηγικής maximin είναι ίδιο με το στοιχείο της στρατηγικής minimax, τότε το στοιχείο αυτό ονομάζεται σημείο ισορροπίας ή σαγματικό στοιχείο (Saddle Point), το οποίο συμβολίζεται με V, και μας δίνει την τιμή του παιγνίου. Δηλαδή, ισχύει η παρακάτω σχέση:*

$$V = \max_i \min_j a_{ij} = \min_j \max_i a_{ij},\ i = 1, 2, \dots, n,\ j = 1, 2, \dots, n$$

Το σημείο ισορροπίας, εφόσον υπάρχει, είναι πάντοτε το μικρότερο στοιχείο της σειράς και το μεγαλύτερο της στήλης στην οποία ανήκει. Σημείο ισορροπίας υπάρχει όταν κανένας από τους παίκτες δεν επιθυμεί να αλλάξει τη στρατηγική του ακόμα και αν γνωρίζει τη στρατηγική του αντιπάλου του.

Υπάρχουν όμως περιπτώσεις παιγνίων δυο παικτών μηδενικού αθροίσματος όπου το στοιχείο της maximin στρατηγικής δεν είναι ίδιο με το στοιχείο της minimax στρατηγικής. Τότε δεν υπάρχει σημείο ισορροπίας και θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μικτές στρατηγικές που θα εξετάσουμε παρακάτω.

<u>Ορισμός</u>: *Μια στρατηγική είναι υποδεέστερη μιας άλλης (που ονομάζεται υπερέχουσα ή κυρίαρχη) όταν η κυρίαρχη στρατηγική είναι τουλάχιστον τόσο «καλή» όσο και η υποδεέστερη.*

➢ Παράδειγμα 1^0

Στρατηγικές		Παίκτης Β		
		B_1	B_2	B_3
Παίκτης Α	A_1	-1	7	3
	A_2	1	1	2
	A_3	-5	-3	1

Στον παραπάνω πίνακα πληρωμών του παίκτη Α εφαρμόζουμε τη διαδικασία διαγραφής των υποδεέστερων στρατηγικών και παρατηρούμε ότι ο ορθολογιστής παίκτης Α δεν θα εφάρμοζε ποτέ τη στρατηγική A_3, καθώς έχει λιγότερα οφέλη σε σχέση με τις στρατηγικές A_1 και A_2 για οποιαδήποτε επιλογή του παίκτη Β. Οπότε η στρατηγική A_3 αφαιρείται από τον πίνακα πληρωμών και καταλήγουμε στον επόμενο πίνακα:

Στρατηγικές		Παίκτης Β		
		B_1	B_2	B_3
Παίκτης Α	A_1	-1	7	3
	A_2	1	1	2

Συνεχίζοντας, παρατηρούμε ότι ο ορθολογιστής παίκτης Β γνωρίζοντας ότι ο παίκτης Α δεν θα εφαρμόσει ποτέ την στρατηγική A_3 (και γνωρίζοντας ότι ο παίκτης Α γνωρίζει ότι το γνωρίζει κ.ο.κ) δεν εφαρμόζει ποτέ τη δική του στρατηγική B_3 αφού είναι υποδεέστερη της B_1, οπότε και αυτή αφαιρείται από τον πίνακα πληρωμών και καταλήγουμε στον κάτωθι πίνακα:

Στρατηγικές		Παίκτης Β	
		B_1	B_2
Παίκτης Α	A_1	-1	7
	A_2	1	1

Ο παίκτης Β τώρα, γνωρίζοντας ότι ο παίκτης Α δεν θα εφαρμόσει ποτέ τη στρατηγική A_3 (και γνωρίζοντας ότι ο παίκτης Α γνωρίζει ότι το γνωρίζει κ.ο.κ) δεν θα εφαρμόσει ποτέ την στρατηγική B_2 αφού είναι υποδεέστερη της B_1 στρατηγικής και ως εκ τούτου καταλήγουμε στον επόμενο πίνακα:

Στρατηγικές		**Παίκτης Β**
		B_1
Παίκτης Α	A_1	-1
	A_2	1

Τέλος, γνωρίζοντας ο παίκτης Α ότι ο παίκτης Β γνωρίζει όλα τα προηγούμενα, δεν θα εφαρμόσει τη στρατηγική A_1 αφού είναι υποδεέστερη της A_2.

Οπότε καταλήξαμε ότι σημείο ισορροπίας είναι το σημείο εκείνο που προκύπτει όταν ο παίκτης Α εφαρμόζει τη στρατηγική A_2 και ο παίκτης Β την B_1. Το σημείο αυτό ονομάζεται *τιμή του παιγνίου*, συμβολίζεται με V (Value of the Game) και παρατηρούμε ότι είναι το μεγαλύτερο στη στήλη του και το μικρότερο στη σειρά του.

Στρατηγικές		**Παίκτης Β**			
		B_1	B_2	B_3	Row_{min}
Παίκτης Α	A_1	-1	7	3	-1
	A_2	1	1	2	1
	A_3	-5	-3	1	-5
	$Column_{max}$	1	7	3	V = 1

- Παράδειγμα 2ο

Στρατηγικές		**Παίκτης Β**			
		B_1	B_2	B_3	Row_{min}
Παίκτης Α	A_1	-3	-2	6	-3
	A_2	2	0	2	0
	A_3	5	-2	-4	-4
	$Column_{max}$	5	0	6	V = 0

Σύμφωνα με το κριτήριο minimax, στον παραπάνω πίνακα πληρωμών παρατηρούμε ότι και οι δυο παίκτες θα εφαρμόσουν την $2^η$ στρατηγική τους, δηλαδή την A_2 ο παίκτης Α και την B_2 ο παίκτης Β αντίστοιχα. Όταν η τιμή του παιγνίου ισούται με το μηδέν τότε το παίγνιο ονομάζεται *δίκαιο*.

2.3. Μικτές Στρατηγικές (παίγνιο 2 x 2)

Σε ορισμένα παίγνια δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί σημείο ισορροπίας μέσω της χρήσης αμιγών στρατηγικών. Αντιθέτως μπορεί να επιτευχθεί σημείο ισορροπίας εάν οι παίκτες ακολουθήσουν μικτές στρατηγικές, δηλαδή εάν επιλέξουν τις στρατηγικές τους με πιθανότητα μικρότερης της μονάδας. Δηλαδή, κάθε παίκτης ακολουθεί με βάση κάποια κατανομή πιθανοτήτων τις στρατηγικές του, ώστε να μεγιστοποιήσει το ελάχιστο προσδοκώμενο κέρδος του (ή να ελαχιστοποιεί τη μέγιστη προσδοκώμενη ζημιά του), ανεξάρτητα από τις επιλογές του αντιπάλου του. Η κατανομή πιθανοτήτων με βάσει την οποία επιλέγει τις στρατηγικές του ονομάζεται *μικτή ή τυχαία* maximin (ή minimax) στρατηγική.

Πρακτικά, κάθε παίκτης προσδιορίζει το *πρόγραμμα* βάσει του οποίου θα παίξει το παίγνιο δίνοντας τέτοιες τιμές στις αντίστοιχες πιθανότητες ώστε να ισχύει ο παραπάνω κανόνας. Τα πιθανά προγράμματα συμβολίζονται με διανύσματα πιθανοτήτων $(x_1, x_2, \dots, x_m)$ και $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ και είναι οι μικτές στρατηγικές, όπου x_i είναι η πιθανότητα ο παίκτης Α να εφαρμόσει τη στρατηγική A_i και y_i είναι η πιθανότητα ο παίκτης Β να εφαρμόσει τη στρατηγική B_j. Για τις πιθανότητες x_i, y_i ισχύει ότι:

$$\sum_{i=1}^{m} x_i = 1 \text{ και } \sum_{j=1}^{n} y_i = 1$$

Μια μικτή στρατηγική $(x_1, x_2, \dots, x_m)$ με κάποιο $x_i = 1$ υποδεικνύει ότι εφαρμόζεται η αμιγής στρατηγική i με πιθανότητα μονάδα.

Όταν εφαρμόζονται μικτές στρατηγικές, τότε για κάθε παίκτη υπάρχει πάντα μια άριστη μικτή στρατηγική (σύμφωνα με το παραπάνω κριτήριο minimax), όπου οδηγεί σε σταθερή λύση (σαγματικό σημείο), από το οποίο κανείς δεν θέλει να μετακινηθεί, δηλαδή κανένας παίκτης δεν μπορεί να βελτιώσει περαιτέρω τη θέση του. Συμβολίζουμε με *V(A)* το προσδοκώμενο κέρδος του παίκτη Α και με *V(B)* την προσδοκώμενη ζημιά του παίκτη Β και ισχύει ότι:

$$V(A) = V(B) = V$$

όπου V είναι το σημείο ισορροπίας για τις άριστες μικτές στρατηγικές, και ονομάζεται *αναμενόμενη τιμή του παιγνίου* και ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$V = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij} x_i y_j$$

Για την καλύτερη κατανόηση της παραπάνω θεωρίας παραθέτουμε το παρακάτω παράδειγμα:

Στρατηγικές		**Παίκτης Β**		
		B_1	B_2	Row_{min}
Παίκτης Α	A_1	-2	6	-2
	A_2	5	1	1
	$Column_{max}$	5	6	**1 ≠ 5**

Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει σημείο ισορροπίας (1 ≠ 5), άρα θα χρησιμοποιήσουμε μικτές στρατηγικές για τους παίκτες. Ορίζουμε τις πιθανότητες *x* και *x-1* για τον παίκτη Α, *y* και *y-1* για τον παίκτη Β και προσπαθούμε να εντοπίσουμε τις βέλτιστες μικτές στρατηγικές τους.

Στρατηγικές		**Παίκτης Β**		
		B_1 y	B_2 (1 - y)	**Row_{min}**
Παίκτης Α	A_1 (x)	-2	6	-2
	A_2 (1 - x)	5	1	1
	$Column_{max}$	5	6	**1 ≠ 5**

Αρχικά υπολογίζουμε τις αναμενόμενες πληρωμές του παίκτη Α, $V(A, B_1)$ και $V(A, B_2)$, όταν ο παίκτης Β εφαρμόζει τις δυο πιθανές στρατηγικές του. Επειδή ο παίκτης Α θέλει το αναμενόμενο κέρδος του να είναι ανεξάρτητο από τη στρατηγική που θα επιλέξει ο παίκτης Β, εξισώνουμε τις $V(A, B_1)$ και $V(A, B_2)$ και υπολογίζουμε έτσι τις πιθανότητες x και (1 – x). Άρα προκύπτει ότι:

$$V(A, B_1) = -2x + 5 * (1 - x) = -7x + 5 \text{ και } V(A, B_2) = 6x + 1 * (1 - x) = 5x + 1$$

Αφού πρέπει να ισχύει ότι $V(A, B_1) = V(A, B_2)$, έχουμε για τον υπολογισμό της άριστης μικτής στρατηγικής του παίκτη Α ότι:

$$V(A, B_1) = V(A, B_2) \Leftrightarrow -7x + 5 = 5x + 1 \Leftrightarrow 12x = 4 \Leftrightarrow x = 1/3 \text{ και } (1 - x) = 2/3$$

Άρα συμπεραίνουμε ότι ο παίκτης Α θα πρέπει να ακολουθήσει τη στρατηγική A_1 με πιθανότητα $x_1 = 1/3$ και τη στρατηγική A_2 με πιθανότητα $x_2 = 2/3$. Το αναμενόμενο κέρδος που θα έχει, εφαρμόζοντας αυτή τη μικτή στρατηγική, είναι ανεξάρτητο της επιλογής του παίκτη Β και ίσο με:

$$V(A) = -2 * 1/3 + 5 * 2/3 = 8/3$$

Ομοίως πράττουμε και για τον παίκτη Β, με σκοπό να προσδιορίσουμε τη βέλτιστη μικτή στρατηγική του, δηλαδή:

$$V(B, A_1) = -2y + 6 * (1 - y) = -8y + 6 \text{ και} V(B, A_2) = 5y + 1 * (1 - y) = 4y + 1$$

Για να ελαχιστοποιήσει τη ζημιά του ο παίκτης Β θα πρέπει:

$$V(B, A_1) = V(B, A_2) \Leftrightarrow -8y + 6 = 4y + 1 \Leftrightarrow 12y = 5 \Leftrightarrow y = 5/12 \text{ και} (1 - y) = 7/12$$

Αυτό σημαίνει ότι ο παίκτης Β θα πρέπει να ακολουθεί τη στρατηγική B_1 με πιθανότητα $y_1 = 5/12$ και την στρατηγική B_2 με πιθανότητα $y_2 = 7/12$. Η προσδοκώμενη ζημιά που θα έχει, εφαρμόζοντας αυτή τη μικτή στρατηγική, είναι ανεξάρτητη της επιλογής του παίκτη Α και ίση με:

$$V(B) = -2 * 5/12 + 6 * 7/12 = 8/3$$

Παρατηρούμε ότι $V(A) = V(B) = V$, επομένως εάν το παίγνιο επαναληφθεί πολλές φορές, κάθε 12 επαναλήψεις του παιγνίου ο παίκτης Α θα πρέπει να ακολουθεί 4 φορές την στρατηγική A_1 και 8 φορές την στρατηγική A_2, ενώ ο παίκτης Β θα πρέπει να ακολουθεί 5 φορές την στρατηγική B_1 και 7 φορές την στρατηγική B_2.

Η τιμή του παιγνίου $V = 8/3$, δεν σημαίνει πως κάθε φορά που οι δυο παίκτες παίζουν το παίγνιο ο παίκτης Α κερδίζει 8/3 και ο παίκτης Β χάνει 8/3, αλλά ότι εάν οι δυο παίκτες παίζουν το παίγνιο πολλές φορές τότε το προσδοκώμενο κέρδος του παίκτη Α θα είναι 8/3 όση και η προσδοκώμενη ζημιά του παίκτη Β.

2.4. Μικτές Στρατηγικές (παίγνιο 2 x n)

Όταν ένα παίγνιο δύο παικτών, όπου ο παίκτης Α διαθέτει δυο στρατηγικές και ο παίκτης Β διαθέτει περισσότερες, τότε χρησιμοποιούμε γραφικό τρόπο επίλυσης του προβλήματος. Έστω λοιπόν, ότι έχουμε τον παρακάτω πίνακα ενός παιγνίου 2 x n:

Στρατηγικές		**Παίκτης Β**					
		B_1 (y_1)	B_2 (y_2)	B_3 (y_3)	B_4 (y_4)	B_5 (y_5)	**Row_{min}**
Παίκτης Α	A_1 (x_1)	1	4	-2	-3	5	-3
	A_2 (x_2)	4	3	5	2	-1	-1
	$Column_{max}$	4	4	5	2	5	**-1 ≠ 2**

Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει σημείο ισορροπίας με τη χρήση αμιγών στρατηγικών (-1 ≠ 2), άρα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μικτές στρατηγικές από τους δύο παίκτες, ορίζοντας τις πιθανότητες x_1 και x_2 για τις στρατηγικές του παίκτη Α και y_1, y_2, y_3, y_4 και y_5 για τις στρατηγικές του παίκτη Β. Για τον εντοπισμό των βέλτιστων μικτών στρατηγικών, ξεκινάμε υπολογίζοντας τις αναμενόμενες πληρωμές του παίκτη Α όταν ο παίκτης Β εφαρμόζει καθεμία από τις στρατηγικές του και προκύπτουν τα παρακάτω:

$$V(A, B_1) = x_1 + 4x_2 = x_1 + 4 * (1 - x_1) = -3x_1 + 4$$

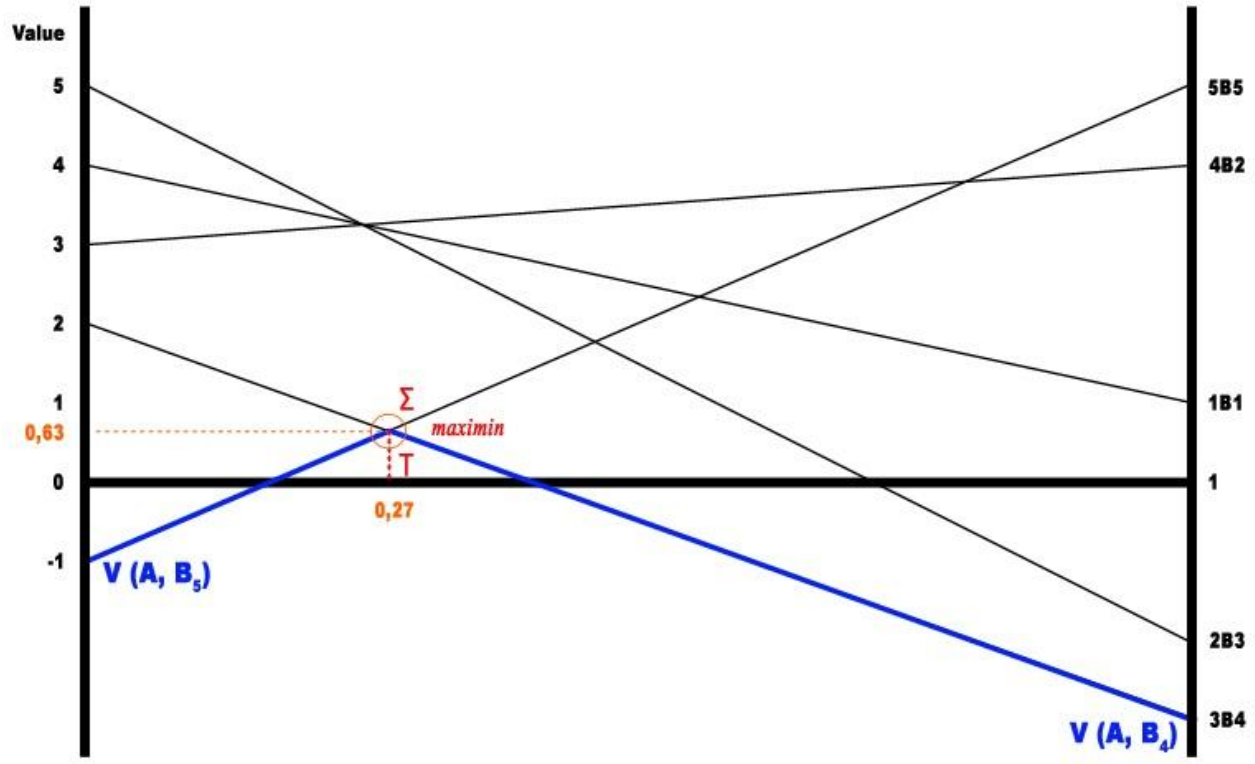
$$V(A, B_2) = 4x_1 + 3x_2 = 4x_1 + 3 * (1 - x_1) = x_1 + 3$$

$$V(A, B_3) = -2x_1 + 5x_2 = -2x_1 + 5 * (1 - x_1) = -7x_1 + 5$$

$$V(A, B_4) = -3x_1 + 2x_2 = -3x_1 + 2 * (1 - x_1) = -5x_1 + 2$$

$$V(A, B_5) = 5x_1 - x_2 = 5x_1 - (1 - x_1) = 6x_1 - 1$$

Κατασκευάζουμε δυο κάθετους άξονες σε απόσταση μια μονάδας (η πιθανότητα x_1) που εκφράζουν τις στρατηγικές A_1 και A_2. Στη συνέχεια χαράζουμε τις ευθείες $V(A, B_1)$, $V(A, B_2)$, $V(A, B_3)$, $V(A, B_4)$ και $V(A, B_5)$ όπου προκύπτει το ακόλουθο γράφημα:



Παρατηρούμε ότι οι υποδεέστερες στρατηγικές B_1, B_2, B_3 βρίσκονται επάνω από την B_4. Επίσης, γνωρίζουμε ότι ο παίκτης Α ακολουθεί μικτή στρατηγική maximin και ο παίκτης Β μικτή minimax στρατηγική. Δηλαδή ο παίκτης Α επιλέγει το μέγιστο από τα ελάχιστα αναμενόμενα κέρδη και ο παίκτης Β την ελάχιστη από τις μέγιστες αναμενόμενες απώλειες. Το ευθύγραμμο τμήμα ΣΤ παριστά το αναμενόμενο κέρδος του παίκτη Α, όταν ακολουθεί τη στρατηγική A_1 με πιθανότητα x_1 και την στρατηγική A_2 με πιθανότητα x_2, ενώ ο παίκτης Β ακολουθεί τις στρατηγικές B_4 με πιθανότητα y_4 και την B_5 με πιθανότητα y_5 αντίστοιχα. Ο παίκτης Β προκειμένου να εξασφαλίσει ότι ο παίκτης Α δεν θα έχει μεγαλύτερο κέρδος από αυτό στο σημείο Σ θα επιλέξει μόνο τις στρατηγικές B_4 και B_5.Ο παίκτης Α θα επιλέξει την πιθανότητα x_1 (σημείο Τ) που αντιστοιχεί στο Σ, το ψηλότερο δηλαδή σημείο του χαμηλότερου τεθλασμένου ευθύγραμμου τμήματος.

Έτσι λοιπόν διαγράφουμε από τον πίνακα πληρωμών τις υποδεέστερες στρατηγικές που εντοπίστηκαν στο παραπάνω γράφημα και δεν επιλέγει ο παίκτης Β και το παίγνιο μετατρέπεται από παίγνιο 2 x 5 σε 2 x 2 και προκύπτει ο παρακάτω μειωμένος πίνακας πληρωμών:

Στρατηγικές		**Παίκτης Β**		
		B_4 (y_4)	B_5 (y_5)	**Row_{min}**
Παίκτης Α	A_1 (x_1)	-3	5	-3
	A_2 (x_2)	2	-1	-1
	$Column_{max}$	2	5	**-1 ≠ 2**

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε τη διαδικασία επίλυσης παιγνίου διαστάσεων 2 x 2, όπως περιγράψαμε στην ενότητα 2.3, βρίσκοντας δηλαδή τις αναμενόμενες απολαβές των παικτών και εντοπίζοντας τις άριστες μικτές στρατηγικές τους, διότι δεν υπάρχει σημείο ισορροπίας σε αμιγείς στρατηγικές (-1 ≠ 2).

Για τον παίκτη Α έχουμε ότι:

$$V(A, B_4) = -3x_1 + 2x_2 \text{ και } V(A, B_5) = 5x_1 - x_2$$

Θα πρέπει να ισχύει ότι: $V(A, B_4) = V(A, B_5) \Leftrightarrow -3x_1 + 2x_2 = 5x_1 - x_2 \Leftrightarrow$
$8x_1 = 3x_2 \xLeftrightarrow{x_1 + x_2 = 1} x_1 = 3/11$ και $x_2 = 8/11$.

Άρα το μέγιστο προσδοκώμενο όφελος, σύμφωνα με το κριτήριο minimax, για τον παίκτη Α θα είναι:

$$V(A) = -3 * 3/11 + 2 * 8/11 = 7/11$$

Ομοίως για τον παίκτη Β θα έχουμε:

$$V(B, A_1) = -3y_4 + 5y_5 \text{ και } V(B, A_2) = 2y_4 - y_5$$

Θα πρέπει να ισχύει ότι: $V(B, A_1) = V(B, A_2) \Leftrightarrow -3y_4 + 5y_5 = 2y_4 - y_5 \Leftrightarrow$
$5y_4 = 6y_5 \xLeftrightarrow{y_4 + y_5 = 1} y_4 = 6/11$ και $y_5 = 5/11$.

Άρα η ελάχιστη προσδοκώμενη ζημιά, σύμφωνα με το κριτήριο minimax, για τον παίκτη Β θα είναι:

$$V(B) = -3 * 6/11 + 5 * 5/11 = 7/11$$

Τελικά λοιπόν, ο παίκτης Α εφαρμόζει τη μικτή στρατηγική $x_1 = 3/11$, $x_2 = 8/11$, με maximin όφελος V(A) = 7/11 και ο παίκτης Β εφαρμόζει τη μικτή στρατηγική $y_1 = y_2 = y_3 = 0$, $y_4 = 6/11$ και $y_5 = 7/11$ με minimax ζημιά V(B) = 7/11.

Οπότε η προσδοκώμενη τιμή του παιγνίου είναι:

$$V = V(A) = V(B) = 7/11$$

Παρατήρηση: Όλα τα παραπάνω ισχύουν ακριβώς και σε παίγνια μικτών στρατηγικών m x 2.

2.5. Κυριαρχία Στρατηγικών

Οι παίκτες πριν πάρουν κάποια απόφαση και διαλέξουν ποια στρατηγική θα ακολουθήσουν, κοιτάνε ποια στρατηγική πραγματικά τους ωφελεί, με ποια θα έχουν το μεγαλύτερο δυνατό όφελος – κέρδος ότι και να κάνει ο αντίπαλός τους. Η επιλογή λοιπόν αυτής της στρατηγικής γίνεται με βάση την κυριαρχία των στρατηγικών:

- **Κυριαρχία**

Ορισμός: Μια στρατηγική s_i^* λέγεται ότι κυριαρχεί (Dominates) μιας στρατηγικής $s_i^\#$, όταν ισχύει:

$$\forall s_{-i}: u_i(s_i^*, s_{-i}) > u_i(s_i^\#, s_{-i})$$

Δηλαδή, μια στρατηγική s_i^* κυριαρχεί μιας στρατηγικής $s_i^\#$, εάν για όλους τους συνδυασμούς στρατηγικών των άλλων παικτών η στρατηγική s_i^* έχει μεγαλύτερο όφελος – κέρδος σε σχέση με την $s_i^\#$. Τότε η στρατηγική $s_i^\#$ χαρακτηρίζεται ως κυριαρχούμενη στρατηγική (Dominated Strategy).

Ορισμός: Μια στρατηγική s_i^* για τον παίκτη i λέγεται κυρίαρχη στρατηγική (Dominant Strategy), όταν ισχύει:

$$\forall s_i \neq s_i^*, \forall s_{-i}: u_i(s_i^*, s_{-i}) > u_i(s_i, s_{-i})$$

Δηλαδή, μια στρατηγική s_i^* είναι κυρίαρχη στρατηγική, εάν για όλους τους συνδυασμούς στρατηγικών των άλλων παικτών η στρατηγική αυτή έχει το μεγαλύτερο όφελος – κέρδος σε σχέση με

τις εναλλακτικές στρατηγικές του παίκτη i. Σε μια τέτοια περίπτωση, όλες οι εναλλακτικές στρατηγικές του παίκτη i είναι κυριαρχούμενες.

- **Ασθενής Κυριαρχία**

Ορισμός: Μια στρατηγική s_i^* λέγεται ότι κυριαρχεί ασθενώς (Weakly Dominates) μιας στρατηγικής $s_i^{\#}$, όταν ισχύει:

$$\forall s_{-i}: u_i(s_i^*, s_{-i}) \geq u_i(s_i^{\#}, s_{-i}) \text{ και } \exists s_{-i}^{'}: u_i(s_i^*, s_{-i}^{'}) > u_i(s_i^{\#}, s_{-i}^{'})$$

Δηλαδή, μια στρατηγική s_i^* κυριαρχεί ασθενώς μιας στρατηγικής $s_i^{\#}$, εάν για όλους τους συνδυασμούς στρατηγικών των άλλων παικτών η στρατηγική s_i^* έχει ίσο ή μεγαλύτερο όφελος – κέρδος σε σχέση με την $s_i^{\#}$, ενώ υπάρχει τουλάχιστον ένας συνδυασμός στρατηγικών των άλλων παικτών $s_{-i}^{'}$, για τον οποίο η s_i^* αποφέρει μεγαλύτερο όφελος – κέρδος από την $s_i^{\#}$. Τότε η στρατηγική $s_i^{\#}$ χαρακτηρίζεται ως ασθενώς κυριαρχούμενη στρατηγική(Weakly Dominated Strategy).

Ορισμός: Μια στρατηγική s_i^* για τον παίκτη i λέγεται ασθενώς κυρίαρχη στρατηγική (Weakly Dominant Strategy), εάν ισχύει:

$$\forall s_i \neq s_i^*, \forall s_{-i}: u_i(s_i^*, s_{-i}) \geq u_i(s_i, s_{-i}) \text{ και}$$
$$\forall s_i \neq s_i^*, \exists s_{-i}^{'}: u_i(s_i^*, s_{-i}^{'}) > u_i(s_i, s_{-i}^{'})$$

Δηλαδή, μια στρατηγική s_i^* είναι ασθενώς κυρίαρχη στρατηγική, εάν για κάθε μια από τις εναλλακτικές στρατηγικές του παίκτη i η s_i^* έχει τουλάχιστον ίσο όφελος – κέρδος για όλους τους συνδυασμούς στρατηγικών των υπολοίπων παικτών και καλύτερο όφελος – κέρδος για τουλάχιστον έναν συνδυασμό στρατηγικών των υπολοίπων παικτών. Σε μια τέτοια περίπτωση όλες οι εναλλακτικές στρατηγικές του παίκτη i είναι ασθενώς κυριαρχούμενες.

- **Αυστηρή Κυριαρχία**

Ορισμός: Στο κανονικής μορφής παίγνιο $G = \{S_1, \dots, S_n\ ;\ u_1, \dots, u_n\}$, έστω ότι $s_t^{'}$ και $s_t^{''}$ είναι εφικτές στρατηγικές για τον παίκτη i (δηλαδή οι $s_t^{'}$, $s_t^{''} \in S_i$). Η στρατηγική $s_t^{'}$ λέγεται αυστηρά κυριαρχούμενη από τη στρατηγική $s_t^{''}$, εάν για κάθε εφικτό συνδυασμό στρατηγικών των άλλων παικτών, το όφελος – κέρδος του παίκτη i παίζοντας τη στρατηγική $s_t^{'}$ είναι γνησίως μικρότερο από το όφελος – κέρδος του παίκτη i παίζοντας τη στρατηγική $s_t^{''}$:

$$u_i(s_1, \dots, s_{i-1}, s_i^{'}, s_{i+1}, \dots, s_n) < u_i(s_1, \dots, s_{i-1}, s_i^{''}, s_{i+1}, \dots, s_n)$$

για κάθε $(s_1, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_n)$ *που μπορεί να σχηματιστεί από τους χώρους στρατηγικής* $S_1, \dots, S_{i-1}, S_{i+1}, \dots, S_n$ *των άλλων παικτών.*

- **Επιλυσιμότητα Κυριαρχίας**

Εάν υπάρχει κυρίαρχη στρατηγική για κάποιον παίκτη, τότε αυτή επιλέγεται. Εάν όμως δεν υπάρχει κυρίαρχη στρατηγική τότε:

- Εάν υπάρχουν κυριαρχούμενες στρατηγικές, τότε αυτές αγνοούνται.
- Η επιλογή θα γίνει μεταξύ μη – κυριαρχούμενων στρατηγικών.
- Πάντα υπάρχει τουλάχιστον μια μη – κυριαρχούμενη στρατηγική.

2.6. Ισορροπία Nash (Nash Equilibrium)

Η ισορροπία Nash είναι ένα προφίλ ενεργειών *a** το οποίο έχει την ιδιότητα ότι κανείς παίκτης *i* δεν μπορεί να έχει καλύτερο αποτέλεσμα επιλέγοντας μια ενέργεια διαφορετική από την α_i^*, με δεδομένο ότι κάθε άλλος παίκτης *j* εμμένει στην ενέργεια α_j^*.

<u>Ορισμός</u>: Στο κανονικής μορφής παίγνιο n–παικτών $G = \{S_1, \dots, S_n\ ;\ u_1, \dots, u_n\}$ *οι στρατηγικές* $(s_1^*, \dots, s_n^*)$ *αποτελούν μια ισορροπία Nash, αν για κάθε παίκτη i η* s_i^* *είναι η άριστη απόκριση (ή τουλάχιστον εξίσου καλή με άλλες) στις στρατηγικές* $(s_1^*, \dots, s_{i-1}^*, s_i^*, s_{i+1}^*, \dots, s_n^*)$ *που αντιστοιχούν στους n-1 άλλους παίκτες:*

$$u_i(s_1^*, \dots, s_{i-1}^*, s_i^*, s_{i+1}^*, \dots, s_n^*) \geq u_i(s_1^*, \dots, s_{i-1}^*, s_i, s_{i+1}^*, \dots, s_n^*) \forall s_i \in S_i$$

Αυτό σημαίνει ότι το s_i^* *αποτελεί λύση του* $max_{s_i \in S_i} u_i(s_1^*, \dots, s_{i-1}^*, s_i, s_{i+1}^*, \dots, s_n^*)$.

Με άλλα λόγια, το θεώρημα που διατύπωσε ο Nash αναφέρει πως *κάθε παίγνιο με πεπερασμένο πλήθος παικτών και ενεργειών έχει <u>τουλάχιστον</u> ένα σημείο ισορροπίας, σύμφωνα με το οποίο όλοι οι παίκτες επιλέγουν τις πιο συμφέρουσες για αυτούς ενέργειες, γνωρίζοντας και τις επιλογές των αντιπάλων τους.* Οι παίκτες σκέφτονται τι μπορεί να διαλέξει ο αντίπαλός τους, προσπαθούν να καταλάβουν την συμπεριφορά των άλλων και επιλέγουν την στρατηγική τους σύμφωνα με αυτό. Δηλαδή η στρατηγική ενός παίκτη αποτελεί την καλύτερη αντίδραση (απόκριση) στην στρατηγική του άλλου παίκτη.

Ο παίκτης επιλέγει εκείνη από τις δικές του στρατηγικές, η οποία είναι η καλύτερη απάντηση στην στρατηγική που νομίζει ότι θα επιλέξει ο άλλος παίκτης. Επομένως, κανένας παίκτης δεν έχει κίνητρο να φύγει μονομερώς από αυτήν την ισορροπία που έχει

δημιουργηθεί. Οι παίκτες καταλαβαίνουν πως βρίσκονται σε ισορροπία αν μια αλλαγή στις στρατηγικές από οποιονδήποτε από αυτούς, οδηγήσει σε χαμηλότερο όφελος – κέρδος από αυτό που θα είχαν αν παρέμεναν στη σωστή στρατηγική. Δεδομένου των επιλογών των αντιπάλων, ο παίκτης δεν έχει να κερδίσει κάποιο μεγαλύτερο όφελος – κέρδος και γι' αυτό δεν αλλάζει στρατηγική. Με αυτήν ακριβώς την έννοια, η ιδέα του Nash σηματοδοτεί μια ισορροπία παιγνίου, δηλαδή εντοπίζει ένα σημείο στο οποίο θα ισορροπήσουν οι πράξεις και οι πεποιθήσεις των ορθολογικά σκεπτόμενων παικτών.

Όπως είναι φανερό η θεωρία της ισορροπίας Nash έχει δύο συνιστώσες: Πρώτον, κάθε παίκτης κάνει την επιλογή του βασιζόμενος στην ορθολογική απόφαση που προέρχεται από τις πεποιθήσεις του για το τι θα πράξει ο αντίπαλος και δεύτερον κάθε πεποίθηση του παίκτη για την επιλογή του αντιπάλου του είναι σωστή (Martin 2002).

Για την καλύτερη κατανόηση της ισορροπίας Nash θα χρησιμοποιήσουμε το πιο γνωστό παίγνιο, το *Δίλημμα του Φυλακισμένου*:

Αρχικοί δημιουργοί του παιγνίου το «Δίλημμα του Φυλακισμένου» υπήρξαν οι Merill Flood και Melvin Dresherto 1950, όταν και εργάζονταν για τη RAND (Research And Development) μια επιστημονική, μη κερδοσκοπική οργάνωση που αρχικά προσέφερε τις υπηρεσίες της στις ένοπλες δυνάμεις των ΗΠΑ. Στην συνέχεια ο Albert W. Tucker μορφοποίησε το πρόβλημα χρησιμοποιώντας πίνακες αποδόσεων και του έδωσε την τελική του μορφή, το 1992, αποδίδοντάς του παράλληλα και την ονομασία «**Prisoner's Dilemma**» (PD).

Το παίγνιο έχει ως εξής:

Δυο ύποπτοι συλλαμβάνονται και κατηγορούνται για ένα έγκλημα. Η αστυνομία δεν διαθέτει επαρκή στοιχεία για να τους καταδικάσει, εκτός κι αν ένας από του δυο ομολογήσει. Η αστυνομία κρατά τους υπόπτους σε ξεχωριστά κελιά και τους εξηγεί τις επιπτώσεις που θα έχουν οι πιθανές πράξεις τους. Αν κανείς τους δεν ομολογήσει, τότε και στους δυο θα απαγγελθεί ένας μήνας φυλάκιση. Αν ομολογήσουν και οι δυο, τότε και οι δυο θα καταδικαστούν σε έξι μήνες φυλάκιση. Τέλος, εάν ομολογήσει ο ένας αλλά όχι ο άλλος τότε αυτός που ομολόγησε θα αφεθεί ελεύθερος αμέσως, ο άλλος όμως θα καταδικαστεί σε εννέα μήνες φυλάκιση.

Η μοντελοποίηση του παραπάνω στρατηγικού παιγνίου είναι:

- Παίκτες είναι οι δυο ύποπτοι
- Ενέργειες (ή Στρατηγικές) για τον κάθε παίκτη είναι το σύνολο των ενεργειών {Ομολογώ, Δεν Ομολογώ}.
- Προτιμήσεις για τον κάθε ύποπτο είναι αυτές που διαμορφώνονται στον παρακάτω πίνακα αποδόσεων, όπου οι αριθμοί στα κελιά είναι οι αποδόσεις των υπόπτων (συγκεκριμένα εδώ οι μήνες φυλάκισης) για το προφίλ ενεργειών στο οποίο αντιστοιχεί το κελί.

Στρατηγικές		**Ύποπτος Β**	
		Δεν Ομολογεί (ΔΟ)	Ομολογεί (Ο)
Ύποπτος Α	Δεν Ομολογεί (ΔΟ)	(-1 , -1)	(-9 , 0)
	Ομολογεί (Ο)	(0 , -9)	(-6 , -6)

Επιλέγοντας συναρτήσεις χρησιμότητας u_1 και u_2 που αναπαριστούν τις προτιμήσεις των υπόπτων, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, έχουμε την παρακάτω διάταξη για τον ύποπτο Α από την καλύτερη στην χειρότερη:

$$u_1 (O, ΔO) > u_1 (ΔO, ΔO) > u_1(O, O) > u_1(ΔO, O)$$

Ομοίως για τον ύποπτο Β είναι:

$$u_2 (ΔO, O) > u_2 (ΔO, ΔO) > u_2(O, O) > u_2(O, ΔO)$$

Για να επιλύσουμε το παραπάνω πρόβλημα σκεφτόμαστε ότι ένας ορθολογικός παίκτης δεν θα επιλέξει ποτέ να παίξει μια αυστηρά κυριαρχούμενη στρατηγική. Αν ένας ύποπτος πρόκειται να παίξει «Ο» τότε ο άλλος ύποπτος θα προτιμούσε να παίξει «Ο» ώστε να βρεθεί στη φυλακή για έξι μήνες παρά εννέα εάν επέλεγε «ΔΟ». Αντίστοιχα, αν ένας ύποπτος πρόκειται να παίξει «ΔΟ», τότε ο άλλος ύποπτος θα προτιμούσε να παίξει «Ο» και έτσι να αφεθεί ελεύθερος αντί να παίξει «ΔΟ» και να βρεθεί στη φυλακή για έναν μήνα. Έτσι λοιπόν για τον ύποπτο i η επιλογή «ΔΟ» κυριαρχείται από την επιλογή «Ο». Αυτό συμβαίνει γιατί για κάθε στρατηγική που θα μπορούσε να επιλέξει ο ύποπτος j, το όφελος – κέρδος του υπόπτου i από την επιλογή «ΔΟ» είναι μικρότερο του οφέλους – κέρδους του υπόπτου i από την επιλογή «Ο».

Άρα καταλήγουμε ότι ένας ορθολογικός παίκτης θα επιλέξει την ενέργεια «Ο» και το (Ο, Ο) θα είναι το αποτέλεσμα στο οποίο θα καταλήξουν οι δυο ύποπτοι, παρόλο που το (Ο, Ο) καταλήγει και για τους δυο σε χειρότερα οφέλη – κέρδη από το (ΔΟ, ΔΟ).

Το «Δίλημμα του Φυλακισμένου» αποτελεί ένα βασικό παίγνιο στη Θεωρία Παιγνίων καθώς μοντελοποιεί περιστάσεις στις οποίες υπάρχουν κέρδη από τη συνεργασία (κάθε ύποπτος προτιμά να επιλέξουν και οι δυο «ΔΟ» παρά «Ο»), όμως ο κάθε ύποπτος έχει κίνητρο για αυτόνομη δράση (να επιλέξει δηλαδή «Ο») όποια επιλογή και να κάνει ο άλλος ύποπτος.

2.7. Συνάρτηση Καλύτερης Αντίδρασης

Στο κανονικής μορφής παίγνιο n-παικτών $G = \{s_1, \dots, s_n\ ;\ u_1, \dots, u_n\}$, αν ο παίκτης $\{1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, n\}$ επιλέξει στρατηγικές $s_1, s_2, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_n$ αντίστοιχα, τότε η συνάρτηση καλύτερης αντίδρασης του παίκτη i ορίζεται ως η συνάρτηση εκείνη που του επιφέρει τις καλύτερες επιλογές, δεδομένων των επιλογών των αντιπάλων του.

Εναλλακτικά, όταν η στρατηγική $s_i \in B_i\ (s_1, s_2, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_n)$ του παίκτη i, αποτελεί την βέλτιστη λύση στο παρακάτω πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού:

$$\textbf{Maximize}\ u_i(s_1, s_2, \dots, s_{i-1}, s_i', s_{i+1}, \dots, s_n)$$
$$\textbf{s.t}\ s_i' \in S_i, \text{ όπου } s_1, s_2, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_n \text{ είναι δεδομένα}$$

Για την καλύτερη κατανόηση της συνάρτησης καλύτερης αντίδρασης, παραθέτουμε το παρακάτω παράδειγμα:

Υπάρχουν δύο παίκτες, ο Α και ο Β, οι οποίοι έχουν στην κατοχή τους από ένα νόμισμα ο καθένας. Οι παίκτες παίζουν ταυτόχρονα επιλέγοντας αν θα δείξουν Κορώνα ή Γράμματα. Εάν δείξουν και οι δυο Κορώνα ή Γράμματα τότε ο παίκτης Α δίνει 1€ στον παίκτη Β. Εάν ο ένας παίκτης δείξει Κορώνα και ο άλλος Γράμματα τότε ο παίκτης Β δίνει 1€ στον παίκτη Α.

Ο πίνακας αποδόσεων του παραπάνω παιγνίου είναι:

Στρατηγικές		**Παίκτης Β**	
		Κορώνα	Γράμματα
Παίκτης Α	Κορώνα	(1 , -1)	(-1 , 1)
	Γράμματα	(-1 , 1)	(1 , -1)

Μπορούμε εύκολα να παρατηρήσουμε ότι το παίγνιο αυτό είναι δίκαιο, διότι κανείς από τους δύο παίκτες δεν έχει κάποιο πλεονέκτημα έναντι του άλλου. Ειδικά εάν το παίγνιο παιχτεί μια φορά, τότε κανείς από τους δυο παίκτες δε μπορεί να εφαρμόσει μια στρατηγική που θα βελτιώσει τη θέση του ή θα κάνει κάποια λανθασμένη κίνηση που θα την επιδεινώσει. Επίσης, παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει ισορροπία Nash σε αμιγείς στρατηγικές και ως εκ τούτου θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μικτές στρατηγικές από τους δύο παίκτες.

Ο νέος πίνακας αποδόσεων λοιπόν είναι ο παρακάτω:

Στρατηγικές		**Παίκτης Β**	
		Κορώνα (q)	Γράμματα (1 – q)
Παίκτης Α	Κορώνα (p)	(1 , -1)	(-1 , 1)
	Γράμματα (1 – p)	(-1 , 1)	(1 , -1)

Έστω *p* η πιθανότητα που αντιστοιχίζει η μικτή στρατηγική του παίκτη Α στην επιλογή Κορώνα και *q* η πιθανότητα που αντιστοιχίζει η μικτή στρατηγική του παίκτη Β στην επιλογή Κορώνα. Δεδομένης της μικτής στρατηγικής του παίκτη Β, τα αναμενόμενα κέρδη του παίκτη Α για την καθαρή στρατηγική Κορώνα είναι:

$$q * 1 + (1 - q) * (-1) = 2q - 1$$

και τα αναμενόμενα κέρδη του παίκτη Α για την καθαρή στρατηγική Γράμματα είναι:

$$q * (-1) + (1 - q) * 1 = 1 - 2q$$

- Αν q < ½, τότε τα αναμενόμενα κέρδη του παίκτη Α για την καθαρή στρατηγική Γράμματα είναι μεγαλύτερα από τα αναμενόμενα κέρδη του για την καθαρή στρατηγική Κορώνα και άρα είναι μεγαλύτερα και από τα αναμενόμενα κέρδη του για οποιαδήποτε μικτή στρατηγική που αντιστοιχίζει θετική πιθανότητα στην επιλογή Κορώνα.

- Αν q > ½, τότε τα αναμενόμενα κέρδη του παίκτη Α για την καθαρή στρατηγική Κορώνα είναι μεγαλύτερα από τα αναμενόμενα κέρδη του για την καθαρή στρατηγική Γράμματα και άρα είναι μεγαλύτερα και από τα αναμενόμενα κέρδη του για οποιαδήποτε μικτή στρατηγική που αντιστοιχίζει θετική πιθανότητα στην επιλογή Γράμματα.

- Αν q = ½, τότε και η καθαρή στρατηγική Κορώνα και η καθαρή στρατηγική Γράμματα, επομένως και όλες οι μικτές στρατηγικές, δίνουν τα ίδια αναμενόμενα κέρδη.

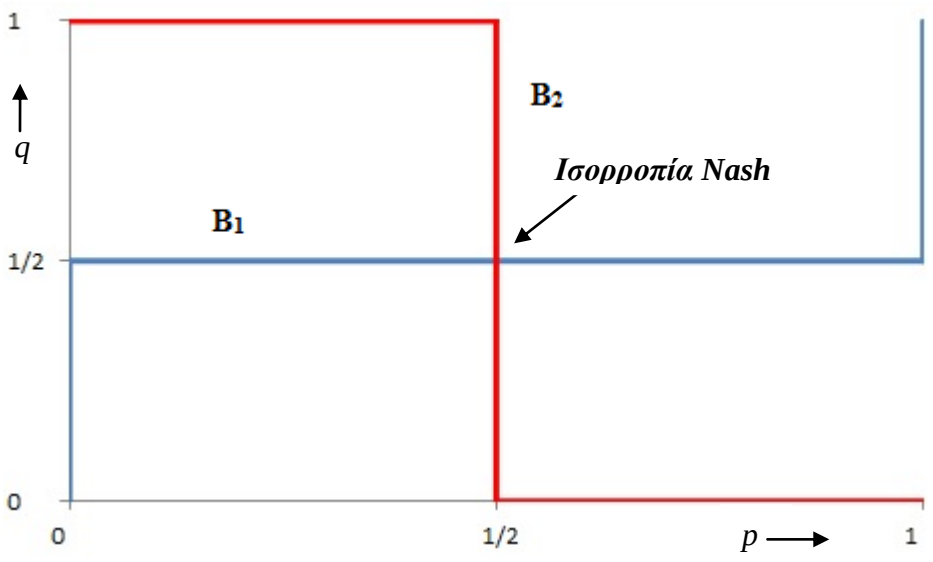
Άρα η συνάρτηση καλύτερης αντίδρασης του παίκτη Α είναι:

$$B_1(q) = \begin{cases} \{0\}, \text{αν } q < \frac{1}{2} \\ \{p: 0 \leq p \leq 1\}, \text{αν } q = \frac{1}{2} \\ \{1\}, \text{αν } q > \frac{1}{2} \end{cases}$$

Ομοίως, η συνάρτηση καλύτερης αντίδρασης του παίκτη Β είναι:

$$B_2(p) = \begin{cases} \{1\}, \text{ αν } p < \frac{1}{2} \\ \{q: 0 \leq q \leq 1\}, \text{αν } p = \frac{1}{2} \\ \{0\}, \text{αν } p > \frac{1}{2} \end{cases}$$

Οι συναρτήσεις καλύτερης αντίδρασης που υπολογίσαμε παρουσιάζονται στο παρακάτω γράφημα, όπου με μπλε γραμμή είναι σχεδιασμένη η συνάρτηση καλύτερης αντίδρασης του παίκτη Α και με κόκκινη γραμμή του παίκτη Β.



2.8. Παίγνια Συνεργασίας

2.8.1. Εισαγωγή

Στα παίγνια συνεργασίας ή αλλιώς συμμαχικά παίγνια είναι δυνατή η σύναψη συμφωνιών μεταξύ των παικτών, ώστε να επιλέξουν ενέργειες οι οποίες μεγιστοποιούν τα από κοινού κέρδη ή οφέλη. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της συγκρότησης *συμμαχιών*, ή αλλιώς *συνασπισμών*, μεταξύ των παικτών. Τα βασικά ερωτήματα στα οποία απαντά η θεωρία των παιγνίων συνεργασίας είναι τα εξής:

- Ποια ή ποιες συμμαχίες θα δημιουργηθούν μεταξύ των παικτών.
- Ποια είναι τα οφέλη από τη δημιουργία μιας συμμαχίας και πως θα κατανεμηθούν αυτά μεταξύ των μελών της.

Τα παίγνια συνεργασίας διακρίνονται σε παίγνια *μεταβιβάσιμης χρησιμότητας* και σε παίγνια *μη μεταβιβάσιμης χρησιμότητας*. Στην πρώτη κατηγορία παιγνίων η χρησιμότητα (αξία) που αποκτά μια συμμαχία είναι μεταβιβάσιμη και μπορεί να διανεμηθεί στα μέλη της. Δηλαδή, οι ενέργειες κάθε συμμαχίας προσδιορίζουν την απόδοση της συμμαχίας ως σύνολο. Στη δεύτερη κατηγορία παιγνίων, η παραπάνω υπόθεση δεν ισχύει και κατά συνέπεια οι συνεργατικές ενέργειες της συμμαχίας προσδιορίζουν τις αποδόσεις του κάθε μέλους της ξεχωριστά και όχι της συμμαχίας ως σύνολο.

Οι συμμαχίες, λοιπόν, αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν είτε όλους τους παίκτες που μετέχουν στο παίγνιο (περίπτωση ολικής συνεργασίας), είτε μόνο μερικούς από αυτούς (περίπτωση μερικής συνεργασίας). Η ωφέλεια που θα προκύψει για τα μέλη μιας συμμαχίας είτε θα είναι ανεξάρτητη από τις ενέργειες των μη μελών της, δηλαδή των παικτών που δεν ανήκουν στη συμμαχία, είτε θα εξαρτάται από αυτές. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε τα *παίγνια συνεργασίας χωρίς εξωτερικότητες* ενώ στη δεύτερη τα *παίγνια συνεργασίας με εξωτερικότητες*.

2.8.2. Βασικό Πλαίσιο

Το πρώτο βασικό στοιχείο είναι το σύνολο των παικτών, το οποίο συμβολίζεται ως $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Όπως αναφέραμε προηγουμένως, οι παίκτες μπορούν να δημιουργήσουν συμμαχίες ή συνασπισμούς. Οπότε μια τυπική συμμαχία συμβολίζεται ως S. Η συμμαχία που περιλαμβάνει όλους τους παίκτες του παιγνίου ονομάζεται *μεγάλη συμμαχία*. Το σύνολο όλων των συμμαχιών, ή διαφορετικά το σύνολο όλων των υποσυνόλων του N, συμβολίζεται με C.

Η ωφέλεια ή αξία που αποκομίζει κάθε συμμαχία προσδιορίζεται από την χαρακτηριστική συνάρτηση, η οποία είναι της μορφής $u: C \rightarrow \mathbb{R}$. Η ωφέλεια της συμμαχίας $S \in C$ θα συμβολίζεται ως $u(S)$. Η ωφέλεια αυτή είναι η μέγιστη ωφέλεια που μπορεί η συμμαχία S να εξασφαλίσει για τα μέλη της. Η ωφέλεια της μεγάλης συμμαχίας συμβολίζεται ως $u(N)$. Άρα ένα παίγνιο συνεργασίας θα παρουσιάζεται από το ζεύγος (N,u).

Για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω παραθέτουμε το παρακάτω παράδειγμα:

Έστω μια αγορά η οποία αποτελείται από ένα πωλητή (Παίκτης 1) και δύο αγοραστές (Παίκτες 2 και 3). Ο πωλητής παράγει και διαθέτει ένα αντικείμενο προς πώληση, το κόστος του οποίου ισούται με 5. Η αποτίμηση για το αντικείμενο εκ μέρους του αγοραστή 2 είναι ίση με 10, ενώ για τον αγοραστή 3 ίση με 15. Η χαρακτηριστική συνάρτηση για το παίγνιο αυτό περιγράφεται ως εξής:

$$u(\{1\}) = u(\{2\}) = u(\{3\}) = 0 \qquad (\alpha)$$
$$u(\{1,2\}) = 10 - 5 = 5 \qquad (\beta)$$
$$u(\{1,3\}) = 15 - 5 = 10 \qquad (\gamma)$$
$$u(\{2,3\}) = 0 \qquad (\delta)$$
$$u(\{1,2,3\}) = 15 - 5 = 10 \qquad (\varepsilon)$$

Η ερμηνεία της χαρακτηριστικής συνάρτησης έχει ως εξής: Πρώτον, ουδείς παίκτης έχει κάποιο όφελος δρώντας μόνος, [σχέση (α)]. Δεύτερον, η συμμαχία των αγοραστών, επίσης, δεν δημιουργεί όφελος, [σχέση (δ)]. Η συμμαχία των παικτών 1 και 2 δημιουργεί όφελος ίσο με τη διαφορά μεταξύ της αποτίμησης του αγοραστή για το αντικείμενο και του κόστους παραγωγής που πρέπει να καταβάλει ο πωλητής, δηλαδή είναι ίσο με 5, [σχέση (β)]. Ομοίως, η συμμαχία των παικτών 1 και 3 δημιουργεί όφελος ίσο με 10, [σχέση (γ)]. Τέλος, η συμμαχία όλων των παικτών δημιουργεί όφελος ίσο με 10, διότι ο πωλητής διαθέτει ένα μόνο αντικείμενο προς πώληση, το οποίο υποθέτουμε ότι θα πωλήσει στον αγοραστή με την υψηλότερη αποτίμηση, [σχέση (ε)].

2.8.3. Ιδιότητες

<u>Ορισμός 1:</u> Το παίγνιο (N, u) ονομάζεται υπεραθροιστικό εάν

$$u(S) + u(T) \leq u(S \cup T)$$

για όλες τις συμμαχίες S και T για τις οποίες ισχύει ότι $S \cap T = \emptyset$.

<u>Ορισμός 2:</u> Το παίγνιο (N, u) ονομάζεται κυρτό εάν

$$u(S) + u(T) \leq u(S \cup T) + u(S \cap T)$$

για όλες τις συμμαχίες S και T.

Ένας ισοδύναμος με τον παραπάνω ορισμό της κυρτότητας χρησιμοποιεί τη συνεισφορά ενός παίκτη στις διάφορες συμμαχίες. Δηλαδή, το παίγνιο (N,u) είναι κυρτό εάν για κάθε παίκτη i και για όλες τις συμμαχίες S και T τέτοιες ώστε $S \subseteq T \subset N \setminus \{i\}$ έχουμε ότι

$$u(S \cup \{i\}) - u(S) \leq u(T \cup \{i\}) - u(T)$$

Η διαφορά $u(T \cup \{i\}) - u(T)$ είναι η συνεισφορά του παίκτη i στη συμμαχία T ενώ αντίστοιχα ορίζεται και η διαφορά $u(S \cup \{i\}) - u(S)$. Συνεπώς, με τον παραπάνω ορισμό ένα παίγνιο θεωρείται κυρτό εάν η συνεισφορά ενός παίκτη σε μια συμμαχία είναι μεγαλύτερη από τη συνεισφορά του σε μια μικρότερη.

<u>Ορισμός 3</u>: Το παίγνιο (N, u) ονομάζεται μονοτονικό εάν η ωφέλεια των συμμαχιών είναι αύξουσα συνάρτηση του αριθμού των μελών τους, δηλαδή εάν ισχύει ότι

$$S \subseteq T \Rightarrow u(S) \leq u(T)$$

Σε ορισμένες εφαρμογές η αξία μιας συμμαχίας μπορεί να πάρει δυο μόνο τιμές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα *παίγνια ψηφοφορίας*, τα οποία μοντελοποιούν καταστάσεις όπου ένα σύνολο ατόμων λαμβάνει αποφάσεις μέσω ψηφοφορίας, π.χ το κοινοβούλιο. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν δυο ενδεχόμενα για κάθε συμμαχία, είτε να συγκεντρώσει την απαιτούμενη πλειοψηφία, είτε όχι. Στην περίπτωση της πλειοψηφίας η αξία της συμμαχίας ορίζεται ίση με τη μονάδα, ενώ στην αντίθετη περίπτωση ορίζεται ίση με το μηδέν.

Ορισμός 4:*Το παίγνιο (N, u) ονομάζεται απλό εάν για κάθε S, u(S)* $\in \{0,1\}$.

Παράδειγμα 2.8.3

Το κοινοβούλιο της χώρας Χ αποτελείται από τα κόμματα 1, 2, 3 και 4. Τα κόμματα αυτά ελέγχουν αντιστοίχως 45, 25, 15 και 15 κοινοβουλευτικές έδρες. Το κοινοβούλιο πρέπει να αποφασίσει για την έγκριση ενός δημοσιονομικού προγράμματος, η οποία απαιτεί τη θετική ψήφο του 80% των ψήφων. Κάθε συμμαχία κομμάτων η οποία μπορεί να εξασφαλίσει την υπερψήφιση του προγράμματος, έχει όφελος ίσο με 1. Συμμαχία κομμάτων που δεν εξασφαλίζει την απαιτούμενη πλειοψηφία, έχει όφελος 0.

Κατ' αρχάς, παρατηρούμε ότι ουδεμία μονομελής ή διμελής συμμαχία μπορεί να εξασφαλίσει την απαιτούμενη πλειοψηφία. Παρομοίως, συμμαχία που δεν περιλαμβάνει και τα δυο κόμματα 1 και 2, δεν εξασφαλίζει την πλειοψηφία. Συνεπώς έχουμε:

$$u(\{i\}) = 0, \text{ για } i = 1, 2, 3, 4$$
$$u(\{i, j\}) = 0, \text{ για } i, j = 1, 2, 3, 4$$
$$u(\{1, 3, 4\}) = u(\{2, 3, 4\}) = 0$$
$$u(\{1, 2, 3\}) = u(\{1, 2, 4\}) = 1$$
$$u(\{1, 2, 3, 4\}) = 1$$

Εάν μια συμμαχία εξασφαλίζει σ' ένα απλό παίγνιο ωφέλεια ίση με 1, τότε ονομάζεται *νικήτρια συμμαχία*. Αν μια συμμαχία είναι νικήτρια, το ίδιο θα ισχύει και για κάθε άλλη συμμαχία η οποία διαθέτει περισσότερα μέλη από αυτήν. Τέλος, όπως παρατηρούμε από το παραπάνω παράδειγμα, κάθε νικήτρια συμμαχία περιλαμβάνει τα κόμματα 1 και 2. Τα κόμματα 1 και 2 ονομάζονται *παίκτες με βέτο*. Συνοψίζοντας όλες τις παραπάνω παρατηρήσεις έχουμε τον παρακάτω ορισμό.

Ορισμός 5: Ένα παίγνιο (N, u) ονομάζεται απλό, εάν ισχύουν τα παρακάτω:

1. *Εάν u(S) = 1 τότε η συμμαχία S ονομάζεται νικήτρια συμμαχία.*
2. *Εάν u(S) = 1 και S ⊆ T τότε u(T) = 1.*
3. *Εάν ένας παίκτης ανήκει σε κάθε νικήτρια συμμαχία, τότε ο παίκτης αυτός ονομάζεται παίκτης με βέτο.*

2.8.4. Ο Πυρήνας

Όπως προαναφέραμε παραπάνω, βασικός μας στόχος είναι η εξέταση συνθηκών κάτω από τις οποίες δημιουργείται η μεγάλη συμμαχία. Η μεγάλη συμμαχία, εάν δημιουργηθεί, θα πρέπει να κατανείμει το όφελος u(N) μεταξύ των μελών της. Ως *κατανομή* ορίζουμε ένα διάνυσμα ωφελειών $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ τέτοιο ώστε:

$$\sum_{i \in N} x_i = u(N)$$

Η παραπάνω συνθήκη ονομάζεται *συνθήκη αποτελεσματικότητας* και μας λέει ότι η συνολική ακριβώς αξία (και τίποτε λιγότερο ή περισσότερο) της μεγάλης συμμαχίας πρέπει να κατανεμηθεί μεταξύ των παικτών. Όμως το ερώτημα που τίθεται είναι ποιες κατανομές ωφελειών μπορούν να οδηγήσουν σε συνεργασία μεταξύ όλων των παικτών. Αυτές που δεν δίνουν κίνητρο στους παίκτες να τις απορρίψουν δρώντας μέσω διαφόρων συμμαχιών. Το σύνολο αυτών των κατανομών ορίζει τον *πυρήνα* του παιγνίου, ο οποίος συμβολίζεται ως T.

Ορισμός: Ο πυρήνας T ενός παιγνίου (N, u) είναι το σύνολο όλων των κατανομών τις οποίες ουδεμία συμμαχία έχει κίνητρο να απορρίψει. Συνεπώς:

$$T = \{(x_1, x_2, \dots, x_n) : \sum_{i \in N} x_i = u(N) \text{ και } \sum_{i \in N} x_i \geq u(s), \forall S\}$$

Ας θεωρήσουμε μια κατανομή $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ και μια συμμαχία S. Η κατανομή x δίνει συνολικά οφέλη $\sum_{i \in N} x_i$ στα μέλη της συμμαχίας S. Εάν η συμμαχία αυτή λειτουργήσει αυτόνομα και απορρίψει την προτεινόμενη κατανομή, θα εξασφαλίσει ωφέλεια u(S). Αν συνεπώς $\sum_{i \in N} x_i \geq u(S)$, η συμμαχία S δεν θα έχει λόγο να απορρίψει τη συγκεκριμένη κατανομή και δεν θα λειτουργήσει αυτόνομα. Με άλλα λόγια, η συμμαχία S δεν θα αποσχιστεί από το σύνολο όλων των παικτών. Αν αντίστοιχες συνθήκες ισχύουν για

όλες τις πιθανές συμμαχίες, τότε η κατανομή x ανήκει στον πυρήνα του αντίστοιχου παιγνίου.

Για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας του πυρήνα ενός παιγνίου, θα επιστρέψουμε στο παράδειγμα 2.8.3 (κοινοβουλευτικά κόμματα). Ο πυρήνας του παιγνίου αυτού είναι μη κενός εάν υπάρχουν (x_1, x_2, x_3, x_4) τέτοια ώστε:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1 \qquad \text{(i)}$$

$$x_i \geq 0, \text{ για } i = 1, 2, 3, 4 \qquad \text{(ii)}$$

$$x_i + x_j \geq 0, i, j = 1, 2, 3, 4 \qquad \text{(iii)}$$

$$x_1 + x_3 + x_4 \geq 0 \qquad \text{(iv)}$$

$$x_2 + x_3 + x_4 \geq 0 \qquad \text{(v)}$$

$$x_1 + x_2 + x_3 \geq 1 \qquad \text{(vi)}$$

$$x_1 + x_2 + x_4 \geq 1 \qquad \text{(vi)}$$

Από τη σχέση (i) έχουμε $x_3 = 1 - x_1 - x_2 - x_4$, ενώ από τη σχέση (vii) $0 \geq 1 - x_1 - x_2 - x_4$. Κατά συνέπεια, οι δυο αυτές σχέσεις μας δίνουν την ανισότητα $x_3 \leq 0$, η οποία σε συνδυασμό με την (ii) μας δίνει $x_3 = 0$. Ομοίως βρίσκουμε ότι $x_4 = 0$. Συνεπώς, ο πυρήνας χαρακτηρίζεται από τις σχέσεις:

$$x_3 = 0, x_4 = 0, 0 \leq x_1 \leq 1, 0 \leq x_2 \leq 1, x_1 + x_2 = 1$$

Παρατηρούμε ότι ο πυρήνας δίνει όλη την αξία στους παίκτες με βέτο, δηλαδή στα κόμματα 1 και 2.

2.8.5. Κατανομή Shapley

Ο πυρήνας ενός παιγνίου μας δίνει όλες εκείνες τις κατανομές των ωφελειών της μεγάλης συμμαχίας οι οποίες δεν απορρίπτονται από τις διάφορες συμμαχίες. Η λύση του πυρήνα όμως, παρουσιάζει διάφορα προβλήματα, ένα εκ των οποίων έχει να κάνει με το γεγονός ότι για ορισμένα παίγνια ο πυρήνας είναι κενό σύνολο. Αντιθέτως όμως, σε άλλα παίγνια μπορεί να περιέχει πολλά στοιχεία.

Σε κάθε περίπτωση, ο πυρήνας εμπίπτει επί της περιγραφικής προσέγγισης της θεωρίας συνεργατικών παιγνίων, καθώς απλά περιγράφει πως *μπορούν* να μοιραστούν τα οφέλη που προκύπτουν από τη συνεργασία ενός συνόλου παικτών. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τα συνεργατικά παίγνια από κανονιστική σκοπιά και θα παρουσιάσουμε μια έννοια επίλυσης αυτών, η οποία μας υποδεικνύει πως *θα πρέπει* να μοιραστούν τα οφέλη της συμμαχίας.

Συγκεκριμένα, θα παρουσιάσουμε μια σειρά από αξιώματα τα οποία πρέπει να ικανοποιεί μια κατανομή των ωφελειών. Τα αξιώματα αυτά προτάθηκαν από τον Shapley (1953). Ο Shapley πρότεινε μια λίστα τεσσάρων αξιωμάτων και προσδιόρισε τη μοναδική κατανομή η οποία ικανοποιεί τα αξιώματα αυτά.

Έστω ένα συνεργατικό παίγνιο (N, u), του οποίου ως λύση ορίζουμε μια κατανομή των ωφελειών που δημιουργεί η ολική συνεργασία μεταξύ όλων των παικτών. Συμβολίζουμε τη λύση μ' ένα διάνυσμα της μορφής

$$\varphi(u) = (\varphi_1(u), \varphi_2(u), \ldots, \varphi_n(u))$$

όπου $\varphi_i(u)$ η ωφέλεια ή αμοιβή που αντιστοιχεί στον παίκτη $i \in N$.

Τα αξιώματα τα οποία ο Shapley απαιτεί από μια λύση φ(u) έχουν ως εξής:

(i) *<u>Αξίωμα αποτελεσματικότητας</u>*

Το άθροισμα των αμοιβών όλων των παικτών εξαντλεί επακριβώς την αξία της μεγάλης συμμαχίας, δηλαδή $\sum_{i \in N} \varphi_i(u) = u(N)$.

(ii) *<u>Αξίωμα συμμετρίας</u>*

Αν δυο παίκτες είναι ταυτόσημοι, υπό την έννοια ότι έχουν πάντα την ίδια συνεισφορά στις διάφορες συμμαχίες, τότε έχουν την ίδια αμοιβή. Δηλαδή, εάν για κάθε συμμαχία S που δεν περιλαμβάνει τους παίκτες i και j, ισχύει ότι $u(S \cup \{i\}) = u(S \cup \{j\})$, *τότε* $\varphi_i(u) = \varphi_j(u)$.

(iii) Αξίωμα ψευδοπαίκτη

Αν ένας παίκτης ουδέποτε συνεισφέρει στις διάφορες συμμαχίες τότε λαμβάνει μηδενική αμοιβή. Δηλαδή, εάν για κάθε συμμαχία S που δεν περιλαμβάνει τον παίκτη i, ισχύει ότι $u(S \cup \{i\}) - u(S) = 0$*, τότε* $\varphi_i(u) = 0$.

(iv) Αξίωμα αθροιστικότητας

Αν συνδυάσουμε δυο παίγνια, τα (N, u) και (N, w), λαμβάνοντας το παίγνιο (N, u + w), τότε η αμοιβή του κάθε παίκτη στο νέο παίγνιο είναι το άθροισμα των αμοιβών του στα επιμέρους παίγνια, δηλαδή $\varphi_i(u + w) = \varphi_i(u) + \varphi_i(w)$.

Τα παραπάνω αξιώματα οδηγούν σε μια κατανομή της αξίας u(N) σύμφωνα με την οποία κάθε παίκτης αμείβεται με τον *μέσο όρο των οριακών συνεισφορών* του σε κάθε δυνατή συμμαχία. Θεωρώντας τη γενική περίπτωση, δηλαδή την περίπτωση ενός παιγνίου όπου το σύνολο των παικτών είναι N = {1, 2, …, n}, συμβολίζουμε με *Π* το σύνολο όλων των διατάξεων των παικτών. Παρατηρούμε ότι όταν υπάρχουν *n* παίκτες, ο αριθμός όλων των διατάξεων είναι ίσος με $n! = 1 * 2 * \ldots * (n-1) * n$.

Θεώρημα Shapley: *Μια μόνο λύση του παιγνίου (N, u) ικανοποιεί τα παραπάνω (i) – (iv) αξιώματα, η οποία δίνεται από τη σχέση:*

$$\varphi_i(u) = \frac{1}{n!}\sum_{\pi \in \Pi}\left(u\left(S^i(\pi(i))\right) - u\left(S(\pi(i))\right)\right),\ i = 1, 2, 3, \ldots, n$$

Για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω παραθέτουμε το επόμενο παράδειγμα:

Δυο επενδυτές, οι 1 και 2, έχουν την δυνατότητα είτε να προβούν σε μια κοινή επένδυση, είτε να επενδύσει ο καθένας χωριστά. Η από κοινού επένδυση αποφέρει συνολικό κέρδος 4 εκ. ευρώ. Αν ο επενδυτής 1 επενδύσει αυτόνομα, θα έχει κέρδος 1 εκ. ευρώ. Το κέρδος από την αυτόνομη επένδυση του επενδυτή 2 είναι 2 εκ. ευρώ. Η κατασκευή του παιγνίου και ο υπολογισμός της κατανομής Shapley, υπολογίζονται όπως παρακάτω:

Το σύνολο των παικτών είναι N = {1,2}. Το σύνολο των δυνατών συμμαχιών είναι {{1,2}, {1}, {2}}. Οι ωφέλειες των συμμαχιών είναι:

S	u(S)
{1,2}	4
{1}	1
{2}	2

Οι οριακές συνεισφορές των παικτών, οι συνεισφορές δηλαδή που βρίσκονται αριστερά από τον εκάστοτε παίκτη συμπεριλαμβάνοντας, όμως, και τον ίδιο τον παίκτη, σε όλες τις διατάξεις έχουν ως εξής:

Διάταξη	Οριακή συνεισφορά του Παίκτη 1
12	$u(\{1\}) - u(\emptyset) = 1 - 0 = 1$
21	$u(\{1,2\}) - u(\{2\}) = 4 - 2 = 2$

Διάταξη	Οριακή συνεισφορά του Παίκτη 2
12	$u(\{1,2\}) - u(\{1\}) = 4 - 1 = 3$
21	$u(\{2\}) - u(\emptyset) = 2 - 0 = 1$

Με βάση τα παραπάνω οι αξίες κατά Shapley είναι οι εξής:

$$\varphi_1(u) = \frac{1}{2}(1 + 2) = \frac{3}{2}$$

$$\varphi_2(u) = \frac{1}{2}(3 + 2) = \frac{5}{2}$$

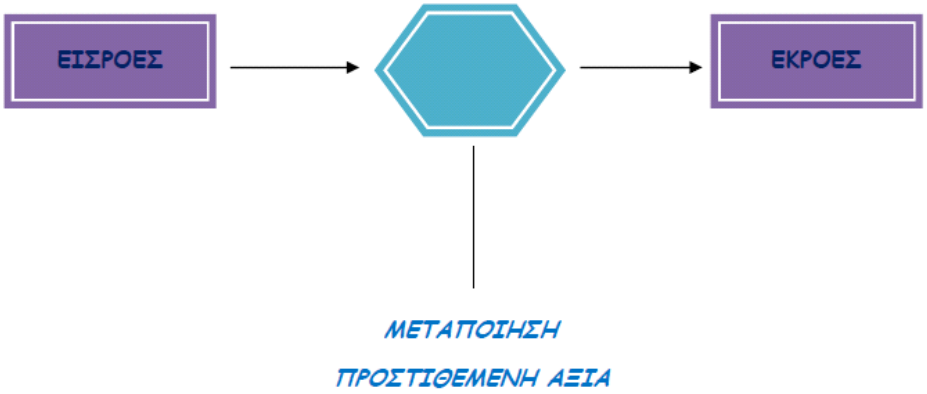
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

3.1. Ορισμοί & Βασικές Έννοιες

Ο όρος «Εφοδιαστική Αλυσίδα» περιγράφει το πλέγμα διαδικασιών που απαιτούνται ώστε ένα προϊόν να περάσει από τη φάση παραγωγής στη φάση της κατανάλωσης.

Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας αναφέρεται στον σχεδιασμό και τη διαχείριση όλων των ενεργειών – δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις διαδικασίες: προμήθειας, παραγωγής – μεταποίησης και διανομής. Επίσης, συμπεριλαμβάνει το συντονισμό και τη συνεργασία με όλους τους εταίρους του καναλιού εφοδιασμού, που μπορεί να είναι προμηθευτές, μεσάζοντες, εταιρείες παροχής υπηρεσιών (Third Party Logistics ή 3PL) και πελάτες.

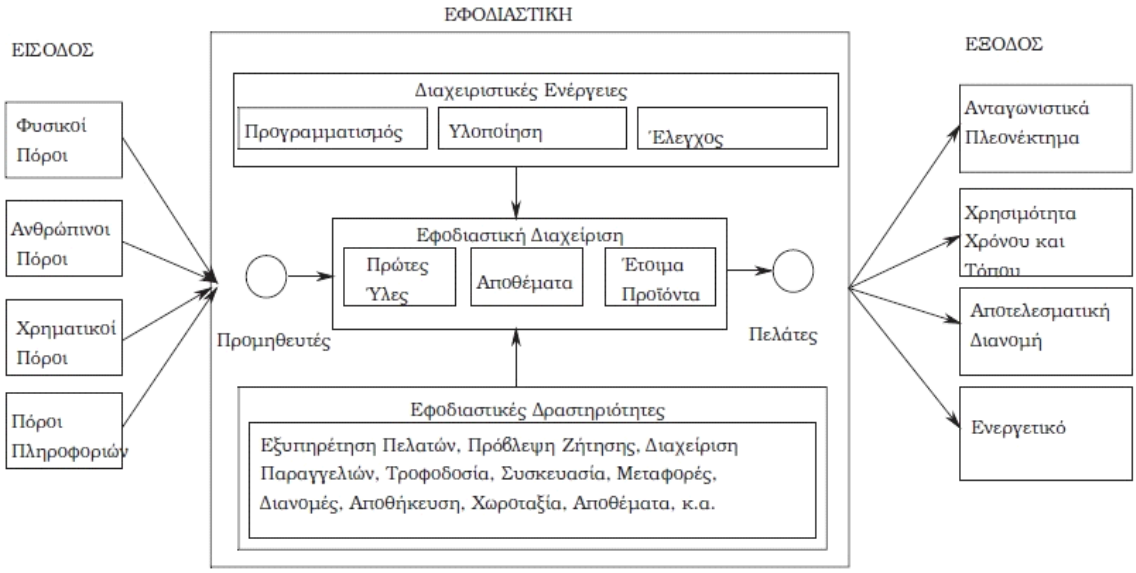


Σχήμα 3.1

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας σήμερα δεν περιορίζεται στην εκτέλεση των παραγγελιών, αλλά συνδέεται με στρατηγικά ζητήματα, όπως η δυνατότητα δημιουργίας και παράδοσης νέων προϊόντων ή η δημιουργία και η υλοποίηση νέων επιχειρησιακών μοντέλων (Kopczak & Johnson, 2003).

Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία, ο ορισμός της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain Management) διατυπώνεται ως εξής:

- Η διαδικασία της στρατηγικής διαχείρισης της απόκτησης, μεταφοράς και αποθήκευσης υλικών, εξαρτημάτων και τελικών προϊόντων (και της σχετικής ροής πληροφοριών) μέσα σε ένα οργανισμό και στα κανάλια προώθησης στην αγορά ώστε να εκτελεστούν οι παραγγελίες με το χαμηλότερο δυνατό κόστος (Gattorna, 1997).
- Ένα σύνολο μεθόδων και εργαλείων που χρησιμοποιούνται για τη συνολική αποδοτικότητα των πρώτων υλών στους προμηθευτές, στους παραγωγούς, στις αποθήκες και στο λιανεμπόριο προκειμένου να παραχθεί και να διανεμηθεί το εμπόρευμα στις κατάλληλες ποσότητες, στις κατάλληλες τοποθεσίες και στον κατάλληλο χρόνο υπό τη συνθήκη της ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους κατά μήκος της Εφοδιαστικής Αλυσίδας και της εξασφάλισης του επιθυμητού επιπέδου εξυπηρέτησης (D. Simchi – Levi, P. Kaminsky, E. Simchi – Levi, 2000).
- Η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από όλα τα στάδια που εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα στην εκπλήρωση της απαίτησης ενός πελάτη και περιλαμβάνει κατασκευαστές, προμηθευτές, μεταφορείς, αποθήκες, λιανέμπορους και πελάτες (Chopra & Meindl, 2001).
- Οι επιχειρήσεις συνεργάζονται με περισσότερες από μια επιχειρήσεις και κάθε επιχείρηση αποτελεί κρίκο της εφοδιαστικής αλυσίδας, σχηματίζοντας όλες μαζί ένα δίκτυο (Handfield Nichols, 2002).



Σχήμα 3.2 : Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας Ι

Πηγή: Διαφάνειες μαθήματος «Μοντελοποίηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας», Μαρινάκης Ι., 2016

3.2. Σκοπός

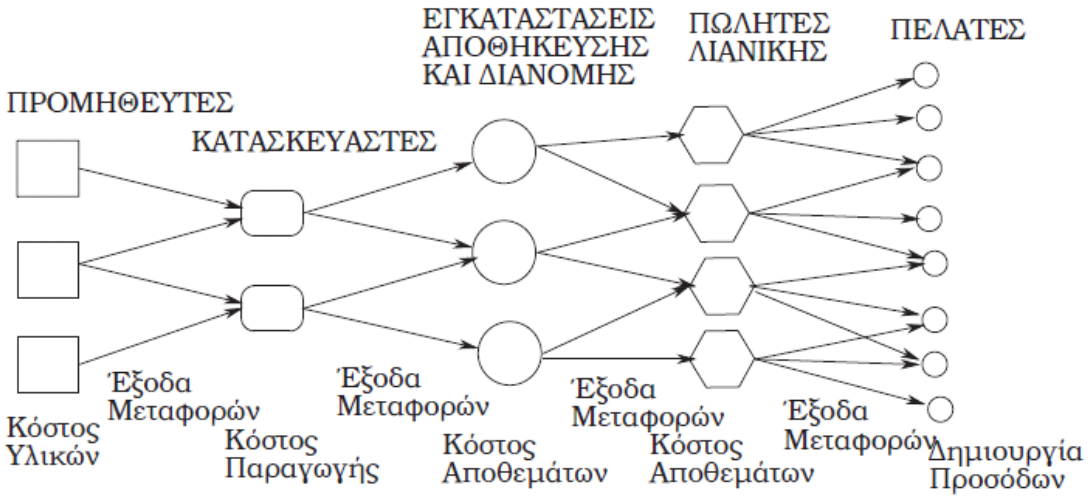
Η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας ενοποιεί και ολοκληρώνει το σχεδιασμό, τις προμήθειες, την παραγωγή, την αποθήκευση, τη μεταφορά και τις πωλήσεις τόσο μέσα στις επιχειρήσεις όσο και μεταξύ αυτών. Ο αντικειμενικός σκοπός λοιπόν της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι *η αύξηση της συνολικής κερδοφορίας κατά μήκος της αλυσίδας, που συνεπάγεται την αύξηση της κερδοφορίας όλων των εταίρων της*. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατανόηση και ικανοποίηση των πελατειακών αναγκών στον απαιτούμενο χρόνο, και με την προσφορά προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας και ανταγωνιστικού κόστους.

Γενικά, η Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας στοχεύει στην ενοποίηση και διαχείριση των βασικών επιχειρηματικών διαδικασιών κατά μήκος όλης της Εφοδιαστικής Αλυσίδας και όχι στην ενοποίηση των διαδικασιών στα διάφορα στάδια της Εφοδιαστικής Αλυσίδας.

Τα κυριότερα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας είναι:

- Βελτίωση επιπέδου εξυπηρέτησης
- Μείωση του κόστους
- Καλύτερη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων
- Χρονοδιάγραμμα παραγωγής και διανομής
- Δημιουργία αξίας για τον πελάτη (Φωλίνας, Μάνθου, Βλαχοπούλου, 2007)

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, απαραίτητα χαρακτηριστικά των εφοδιαστικών αλυσίδων που ανταγωνίζονται μέσα στο σύγχρονο παγκοσμιοποιημένο περιβάλλον είναι η *ευελιξία* και η *ταχεία προσαρμοστικότητά* τους στις δυναμικά μεταβαλλόμενες συνθήκες.



Σχήμα 3.3 : Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας ΙΙ

Πηγή: Διαφάνειες μαθήματος «Μοντελοποίηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας», Μαρινάκης Ι., 2016

Η ικανοποίηση των πελατών συνεπάγεται ότι η ανάπτυξη νέων προϊόντων, η προβολή των προϊόντων στην αγορά, η χρηματοδότηση, η εξυπηρέτηση πελατών κ.α., αποτελούν επίσης στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η εφοδιαστική αλυσίδα, δηλαδή, είναι δυναμική και εμπλέκει την ροή προϊόντων, πληροφοριών και κεφαλαίων μεταξύ των διαφόρων σταδίων. Κάθε στάδιο της αλυσίδας εκτελεί διαφορετικές διαδικασίες και αλληλεπιδρά με άλλα στάδια της αλυσίδας.

Κάθε στάδιο της αλυσίδας στο σχήμα 3.3 δεν είναι κατ' ανάγκη παρόν σε όλες τις εφοδιαστικές αλυσίδες. Ο κατάλληλος σχεδιασμός (*Design*) της εφοδιαστικής αλυσίδας εξαρτάται τόσο από τις απαιτήσεις των πελατών όσο και από τον ρόλο που διάφορα στάδια διαδραματίζουν στην ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων. Σε ορισμένες αλυσίδες, όπως πχ στην παραγωγή ηλεκτρονικών υπολογιστών, δεν υπάρχει παρουσία πωλητών ολικής και λιανικής ή διανομέων καθώς η παραγγελία του ίδιου του πελάτη θέτει σε κίνηση την διαδικασία παραγωγής.

Είναι εμφανές από το σχήμα 3.3 ότι η εφοδιαστική αλυσίδα λαμβάνει υπόψη της όλα τα έξοδα που δημιουργούνται στα διάφορα στάδια καθώς και από την αλληλεπίδραση διαφόρων σταδίων. Παρατηρούμε ότι σε κάθε εφοδιαστική αλυσίδα υπάρχει μόνο μια πηγή εσόδων, ο *πελάτης*. Από την άλλη, όλες οι ροές πληροφοριών, προϊόντων ή κεφαλαίων δημιουργούν δαπάνες.

Έτσι λοιπόν, τρία είναι κυρίως τα εν χρήσει κριτήρια για την απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας, το *ολικό κόστος*, το *ολικό κέρδος* και ο *χρονικός κύκλος*.

Αναλυτικότερα:

Ο βασικός σκοπός της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως αναφέραμε και παραπάνω, είναι να μεγιστοποιήσει την *ολική αξία (Overall Value)*, όπου η αξία αναφέρεται στη διαφορά μεταξύ του τι αξίζει το τελικό προϊόν για τον πελάτη και την προσπάθεια που καταβλήθηκε από την εφοδιαστική αλυσίδα για να ικανοποιήσει την απαίτηση του πελάτη. Συνεπώς, ο σκοπός της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι να την καταστήσει εφικτή και αποτελεσματική ως προς το κόστος καθ' όλο το μήκος του συστήματος Το *ολικό κόστος (Overall Cost)* που προέρχεται από τις μεταφορές, την διανομή, κλπ πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας βασίζεται σε μια συνολική προσέγγιση του συστήματος (*Systems Approach*) και όχι σε ξεχωριστή διαχείριση των επιμέρους στοιχείων του συστήματος (*Component Approach*). Η συνολική προσέγγιση του συστήματος προϋποθέτει την κατανόηση της κάθε δραστηριότητας και λειτουργίας που λαμβάνει χώρα στην εφοδιαστική αλυσίδα σε σχέση με την αλληλεπίδρασή της με άλλα στοιχεία της αλυσίδας. Η ιδέα αυτή βασίζεται στο ότι το αποτέλεσμα μιας σειράς δραστηριοτήτων, όπου οι αλληλεξαρτήσεις και αλληλεπιδράσεις λαμβάνονται υπόψη, είναι καλύτερο από το άθροισμα των ατομικών αποτελεσμάτων των επιμέρους δραστηριοτήτων. Έτσι λοιπόν, εάν μόνο οι επιμέρους δραστηριότητες βελτιστοποιούνται ατομικά, το συνολικό αποτέλεσμα θεωρείται *υποβέλτιστο (Suboptimal)* και περαιτέρω βελτίωση είναι δυνατή δια της συνολικής προσέγγισης του συστήματος, πχ μείωση του κόστους μεταφορών δύναται να οδηγήσει σε αύξηση του κόστους των αποθεμάτων ή και αντίστροφα.

Παρομοίως, το *ολικό κέρδος (Overall Profitability)* της εφοδιαστικής αλυσίδας αναφέρεται στο ολικό κέρδος που πρέπει να διανεμηθεί κατά μήκος της αλυσίδας. Και πάλι, η απόδοσή της δεν θα πρέπει να μετρηθεί με τα επιμέρους κέρδη των μεμονωμένων στοιχείων της. Συνεπώς, ο σκοπός της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας εμπεριέχει την διαχείριση των ροών μεταξύ των σταδίων της εφοδιαστικής αλυσίδας για να μεγιστοποιήσει το ολικό κέρδος.

Τέλος, ο *χρονικός κύκλος (Cycle Time)* είναι ο ολικός χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η ολική διαδικασία από τις πρώτες ύλες στο έτοιμο προϊόν στον πελάτη. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας θα πρέπει να αποσκοπεί στη βελτίωση αυτής της απόδοσης. Δυστυχώς, αυτή η ολική προσέγγιση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι αδύνατον να επιτευχθεί, διότι αν μια εταιρεία δύναται να επιτύχει σημαντική μείωση κόστους και ταυτόχρονα βελτίωση του επιπέδου των υπηρεσιών που προσφέρει, για δυο κυρίως λόγους:

- *Διάφορα στοιχεία της αλυσίδας δύναται να έχουν διαφορετικές και πιθανώς συγκρουόμενες στοχεύσεις*, πχ η επιθυμία των προμηθευτών για μεγάλες αγορές σε σταθερές ποσότητες με ελαστικές ημερομηνίες παράδοσης συγκρούεται με την ελαστική ζήτηση που αντιμετωπίζουν οι κατασκευαστές.
- *Η εφοδιαστική αλυσίδα είναι ένα δυναμικό σύστημα το οποίο εξελίσσεται συν τω χρόνω*, πχ η ζήτηση των πελατών και η δυνατότητα των προμηθευτών υπόκεινται σε διακυμάνσεις, αλλά ακόμη και οι σχέσεις μέσα στην αλυσίδα αλλάζουν δυναμικά. Έτσι καθώς η δύναμη των καταναλωτών αυξάνει, οι κατασκευαστές και οι προμηθευτές πιέζονται για την παραγωγή μεγαλύτερης ποικιλίας προϊόντων και υψηλότερης ποιότητας. Έχει επίσης παρατηρηθεί ότι ακόμη και η ζήτηση για κάποιο συγκεκριμένο προϊόν δεν μεταβάλλεται αισθητά, αποθέματα (*Inventory*) και ανικανοποίητες παραγγελίες (*Back-Order*) δύναται να υπόκεινται σε ουσιαστικές διακυμάνσεις κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας.

3.3. Αλυσίδα Αξίας

Η αλυσίδα αξίας βοηθάει στην ανάλυση συγκεκριμένων δραστηριοτήτων μέσω των οποίων οι επιχειρήσεις μπορούν να δημιουργήσουν αξία και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Κάθε επιχείρηση μπορεί να μελετηθεί ως μια σειρά από δραστηριότητες αξίας που εκτελούνται για το σχεδιασμό, την παραγωγή, τη διανομή και την υποστήριξη του προϊόντος της. Η αλυσίδα αξίας συνδέει τις δραστηριότητες μιας επιχείρησης με κύρια λειτουργικά της τμήματα. Εν συνεχεία, προσπαθεί να αξιολογήσει ξεχωριστά τη συνεισφορά κάθε λειτουργικού τμήματος στην συνολική προστιθέμενη αξία της επιχείρησης. Εν κατακλείδι, η αξία είναι τελικά το ποσό που ο αγοραστής είναι διατεθειμένος να πληρώσει για να αποκτήσει αυτό που του προσφέρεται. *Η αλυσίδα αξίας δεν αποτελεί ένα άθροισμα επιμέρους δραστηριοτήτων, αλλά ένα οργανικά συνδεδεμένο σύνολο.* Στην ουσία η Εφοδιαστική Αλυσίδα προσθέτει την αξία.

Ο Michael Porter το 1984 ήταν αυτός που εισήγαγε την έννοια της Αλυσίδας Αξίας (*Value Chain*). Η αλυσίδα αξίας λοιπόν είναι ένα σύστημα από ανεξάρτητες επιχειρησιακές λειτουργίες, οι οποίες συνδέονται με συσχετίσεις. Μια επιχείρηση δηλαδή εξετάζεται υπό το πρίσμα των δραστηριοτήτων που εκτελεί για να παρέχει στους πελάτες της το προϊόν ή την υπηρεσία της. Οι συσχετίσεις αυτές υπάρχουν όταν το αποτέλεσμα μιας δραστηριότητας επηρεάζει το κόστος ή την αποδοτικότητα μιας άλλης δραστηριότητας, έτσι ώστε να παράγεται μια σημαντική πηγή ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος και προστιθέμενης αξίας. Η αλυσίδα αξίας αναλύει την επιχείρηση στις στρατηγικά κύριες δραστηριότητές της, ούτως ώστε να εξετάζει την πορεία του κόστους που αντιμετωπίζει η επιχείρηση, καθώς και τις υπάρχουσες ή δυνητικές πηγές διαφοροποίησης της. Μελετάται, με άλλα λόγια, η φύση και ο βαθμός της συνέργειας που ενδεχομένως αναπτύσσεται μεταξύ των εσωτερικών λειτουργιών ενός οργανισμού.

Σύμφωνα με τον Porter, οι λειτουργίες μιας επιχείρησης μπορούν να χωριστούν σε δυο γενικές ομάδες, τις κύριες που έχουν να κάνουν κατά κανόνα με τη δημιουργία, τη διανομή, προώθηση και υποστήριξη του προϊόντος και τις υποστηρικτικές που περιβάλλουν τις κύριες και παρέχουν την απαραίτητη υποδομή για τη διασφάλιση τους. Τα προϊόντα ή οι υπηρεσίες διέρχονται όλων των λειτουργιών της αλυσίδας και σε κάθε στάδιο αυξάνουν την εσωτερική τους αξία.

Σχήμα 3.4 : Η Αλυσίδα Αξίας (Value Chain)

Πηγή: Porter M, "Competitive Creating & Sustaining Superior Performance", NY, The free Press, 1985

Έτσι μεταξύ των *κύριων* λειτουργιών συγκαταλέγονται οι εξής:

- *Λειτουργίες χειρισμού εισερχομένων (Inbound Logistics)*: Λειτουργίες που σχετίζονται με την υποδοχή, την αποθήκευση και τη διακίνηση πρώτων υλών, απογραφή, επιστροφές στους προμηθευτές, έλεγχο αποθεμάτων.
- *Λειτουργίες Παραγωγής (Operations)*: Δραστηριότητες που σχετίζονται με την μεταποίηση των εισροών σε τελικό προϊόν, όπως συσκευασία, συναρμολόγηση, έλεγχος, συντήρηση εξοπλισμού, εγκαταστάσεις.
- *Διαχείριση εξερχομένων (Outbound Logistics)*: Λειτουργίες που σχετίζονται με τη συλλογή, την αποθήκευση και τη φυσική διανομή του προϊόντος. Αν εστιάζουμε σε υλικά αγαθά τότε πρόκειται για χειρισμό υλικών, μεταφορές, αποθέματα κλπ.

Αν εστιάζουμε σε υπηρεσίες, τότε πρόκειται περισσότερο για τις διαδικασίες με τις οποίες έχει ο καταναλωτής πρόσβαση στην υπηρεσία.

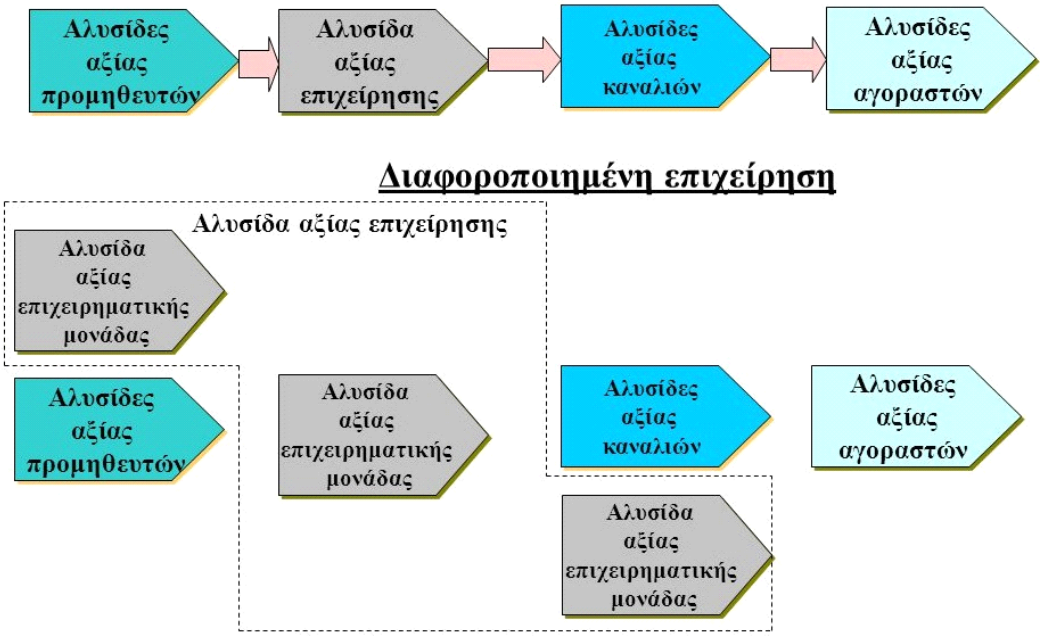
- *Εμπορία και πωλήσεις (Marketing and Sales)*: Δραστηριότητες που σχετίζονται με την παροχή των μέσων που επιτρέπουν στον καταναλωτή να ενημερωθεί για το προϊόν και να το αγοράσει, όπως διαφήμιση, διοίκηση πωλήσεων, προώθηση, τιμολόγηση, επιλογή καναλιών διανομής κλπ.
- *Υπηρεσίες μετά την πώληση (Services)*: Δραστηριότητες που σχετίζονται με την παροχή υπηρεσιών για την αύξηση ή διατήρηση της αξίας του προϊόντος, όπως εγκατάσταση, επισκευή, εκπαίδευση, παροχή ανταλλακτικών, προσαρμογή προϊόντος.

Στον εντοπισμό των *υποστηρικτικών* λειτουργιών μπορούμε να διακρίνουμε:

- *Προμήθειες – Αγορές (Procurement)*: Δραστηριότητες που συνδέονται με την απόκλιση υλικών που εισέρχονται στην παραγωγική διαδικασία όπως πρώτες ύλες, εξωτερικές υπηρεσίες, εξοπλισμός κλπ. Έχουν να κάνουν με την αλυσίδα αξίας στο σύνολό της, γιατί υποστηρίζουν όλες τις κύριες λειτουργίες.
- *Έρευνα και Ανάπτυξη (Technology)*: Δραστηριότητες που συνδέονται τόσο με το σχεδιασμό των προϊόντων όσο και με τη βελτίωση της εκτέλεσης των υπολοίπων λειτουργιών στην αλυσίδα αξίας. Κάθε δραστηριότητα περιλαμβάνει τεχνολογία και τεχνογνωσία σε κάποιο βαθμό.
- *Διοίκηση Ανθρωπίνων Πόρων (Human Resource Management)*: Δραστηριότητες που απαιτούνται για τη διασφάλιση της στελέχωσης, εκπαίδευσης και ανάπτυξης προσωπικού. Είναι εμφανής η σημασία αυτής της λειτουργίας σε όλη την αλυσίδα αξίας, καθώς όλες οι δραστηριότητες χρησιμοποιούν προσωπικό.
- *Εσωτερική Υποδομή (Firm Infrastructure)*: Δραστηριότητες όπως γενική διοίκηση, χρηματοδοτική διοίκηση, ανάπτυξη στρατηγικής – στρατηγικός προγραμματισμός, νομική υποστήριξη είναι απολύτως σημαντικές για όλες τις λειτουργίες σε μια επιχείρηση.

Παρ' όλη όμως τη σημασία των δραστηριοτήτων αξίας, η αλυσίδα αξίας δεν αποτελεί απλά ένα άθροισμα επιμέρους δραστηριοτήτων αλλά ένα οργανικά συνδεδεμένο σύνολο. Οι διάφορες διασυνδέσεις που προκύπτουν ορίζονται ως σχέσεις μεταξύ του τρόπου με τον οποίο εκτελείται κάποια δραστηριότητα και του κόστους ή της απόδοσης μιας άλλης.

Ωστόσο, η ανταγωνιστικότητα μιας επιχείρησης δε στηρίζεται αποκλειστικά στο κόστος ή την απόδοση των δραστηριοτήτων της δικής της αλυσίδας αξίας, αλλά και σε εκείνες των προμηθευτών της, των καναλιών διανομής, ακόμη και των αγοραστών. Υπάρχει συνήθως υιοθέτηση εξειδικευμένων ρόλων και η αλυσίδα αξίας μιας επιχείρησης αποτελεί τμήμα μιας μεγαλύτερης σειράς δραστηριοτήτων, του λεγόμενου Συστήματος Αξίας (*Value System*), το οποίο περιλαμβάνει και τις προαναφερθείσες αλυσίδες αξίας.



Σχήμα 3.5 : Το Σύστημα Αξίας (Value System)
Πηγή: Porter M, "Competitive Creating & Sustaining Superior Performance", NY, The free Press, 1985

3.4. Αποφάσεις στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτεί τη λήψη αποφάσεων που αφορούν την ροή υλικών, αγαθών, πληροφοριών και κεφαλαίων. Οι αποφάσεις αυτές αφορούν μια σειρά από δραστηριότητες και επιχειρηματικές στρατηγικές επιλογές. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2, οι δραστηριότητες αυτές επηρεάζουν την εφοδιαστική διαδικασία. Φυσικά δεν αντιμετωπίζουν όλες οι εταιρείες ούτε όλες αυτές τις δραστηριότητες, ούτε όλες τις στρατηγικές επιλογές.

Ενδεικτικά αναφέρουμε και συνοπτικά εξετάζουμε μερικές από αυτές τις επιμέρους δραστηριότητες:

- *Εξυπηρέτηση Πελατών (Customer Service)*: Σύμφωνα με το σχήμα 3.2, ο τελικός αποδέκτης των δραστηριοτήτων αυτών είναι ο πελάτης. Το όλο σύστημα αποσκοπεί στην παράδοση του σωστού προϊόντος στον σωστό πελάτη στον σωστό τόπο σε σωστή κατάσταση στην σωστή χρονική στιγμή σε σωστό κόστος. Καλή εξυπηρέτηση πελατών συνεπάγεται την ικανοποίηση των πελατών. Επίσης, υπενθυμίζεται ότι ο πελάτης είναι ο μόνος δημιουργός εσόδων στην εφοδιαστική αλυσίδα.

- *Ανταλλακτικά & Υπηρεσίες μετά την Πώληση (Parts & After Sale Support)*: Η δραστηριότητα αυτή αφορά κυρίως την παράδοση ανταλλακτικών, την διατήρηση αποθηκών με ανταλλακτικά, την παραλαβή ελαττωματικών προϊόντων από τους πελάτες, όπως και την επισκευή προϊόντων στον χώρο του πελάτη. Είναι όμως το ίδιο ουσιαστική στην υποστήριξη της παραγωγής και συναφών δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στο έτοιμο προϊόν. Απαιτεί επένδυση τρεχόντων κεφαλαίων ως ασφάλεια για πιθανές μελλοντικές ανάγκες.

- *Συσκευασία (Packaging)*: Η συσκευασία παρέχει προστασία κατά την διαδικασία αποθήκευσης και μεταφοράς. Επίσης, παίζει σημαντικό ρόλο στην προβολή του προϊόντος και στην έλξη πελατών.

- *Δημοσιεύσεις (Publications)*: Οι δημοσιεύσεις απαιτούνται για την ικανοποιητική και αποτελεσματική υποστήριξη του προϊόντος. Οι δημοσιεύσεις μπορεί να είναι από ένα μονοσέλιδο φυλλάδιο έως και πολύτομο τεχνικό εγχειρίδιο. Επίσης μπορεί να είναι παραδοσιακές, δηλαδή τυπωμένες σε χαρτί ή βασισμένες στην σύγχρονη τεχνολογία των πολυμέσων.

- *Τροφοδοσία (Procurement)*: Η δραστηριότητα αυτή αφορά την αγορά υλικών και υπηρεσιών από πηγές εκτός της εταιρείας με σκοπό την υποστήριξη των διαδικασιών παραγωγής, πωλήσεων, προβολής των προϊόντων κλπ.

- *Διαχείριση Υλικού (Material Handling)*: Η διαχείριση υλικού αφορά σχεδόν όλες τις κινήσεις των πρώτων υλών, την τρέχουσα επεξεργασία και τα έτοιμα προϊόντα μέσα στους χώρους παραγωγής ή αποθήκευσης. Επειδή τέτοιες κινήσεις δημιουργούν έξοδα αλλά όχι πρόσθετη αξία, ο αντικειμενικός σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση ή και η εξάλειψή τους.

- *Διαχείριση Αποθηκών & Κέντρων Διανομών (Warehousing & Storage)*: Ιδιαίτερες εγκαταστάσεις πιθανώς να απαιτούνται για την αποθήκευση πρώτων υλών στους προμηθευτές πριν την μεταφορά τους στην παραγωγή, στην επιχείρηση για την αποθήκευση των εισερχόμενων πρώτων υλών πριν την παραγωγή, για την αποθήκευση έτοιμων προϊόντων πριν την διανομή, για την αποθήκευση ανταλλακτικών με σκοπό την συντήρηση και επιδιόρθωση μηχανών και συσκευών αναγκαίων στην παραγωγή κ.α.

- *Διαχείριση Επιστρεφθέντων Προϊόντων (Return Goods Handling)*: Επιστροφή προϊόντων μπορεί να λάβει χώρα είτε λόγω ακαταλληλότητάς τους είτε διότι ο πελάτης έχει αλλάξει γνώμη εντός του χρονικού διαστήματος που η νομοθεσία για την προστασία του καταναλωτή έχει καθορίσει.

- *Αντίστροφη Εφοδιαστική (Reverse Logistics)*: Η αντίστροφη εφοδιαστική θεωρείται εκείνο το εφοδιαστικό κανάλι που είναι υπεύθυνο για την φυσική διανομή από τον πελάτη προς την επιχείρηση. Η δραστηριότητα αυτή αφορά την αφαίρεση και απόθεση απορριμμάτων και υπολοίπων από την παραγωγή, την διανομή και την συσκευασία. *Αυτή η διαδικασία θα αναλυθεί εκτενέστερα σε επόμενη ενότητα.*
- *Χωροθέτηση Εγκαταστάσεων (Plant & Warehouse Location)*: Η δραστηριότητα αυτή είναι στρατηγικής σημασίας καθώς επηρεάζει τα έξοδα μεταφοράς, τα επίπεδα εξυπηρέτησης των πελατών και την ταχύτητα αντίδρασης. Αφορά την επιλογή τόπων για τους χώρους αποθήκευσης και διανομής, όπως πιθανώς και για τις μονάδες παραγωγής. Αφορά επίσης τις επιλογές δυναμικότητας αυτών των εγκαταστάσεων, τις μεταφορές μεταξύ των εγκαταστάσεων και τις διανομές στους πελάτες.

- *Διαχείριση Αποθεμάτων (Inventory Management)*: Τα αποθέματα και όλες οι δραστηριότητες που σχετίζονται μ' αυτά αποτελούν ζωτικό τμήμα και κρίσιμο σύνδεσμο της εφοδιαστικής αλυσίδας, καθότι αποθέματα είναι δυνατόν να απαιτούνται σε όλες τις φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας και της διακίνησης του προϊόντος.

- *Μεταφορές και Διανομές (Transportation & Distribution)*: Η δραστηριότητα αυτή αφορά τον τρόπο και τα μέσα για την μεταβίβαση πχ του αποθέματος μέσω των φυσικών καναλιών. Για την μεταφορά υλικών και αγαθών θα πρέπει να γίνει η επιλογή μέσου πχ αεροπορικώς, σιδηροδρομικώς, οδικός κλπ, η επιλογή του οχήματος, ο καθορισμός των διαδρομών και των δρομολογήσεων, η επιλογή

μεταφορέων κλπ. Τα έξοδα μεταφοράς αποτελούν συνήθως το μεγαλύτερο κομμάτι της πίτας εξόδων της εφοδιαστικής αλυσίδας.

- *Επεξεργασία Παραγγελιών και Τεχνολογία Πληροφορικής (Order Processing & Information Technology)*: Η διαδικασία εκτέλεσης παραγγελιών αποτελεί την βασική και συχνά την μοναδική διεπαφή με τον πελάτη και συνεπώς έχει ρόλο κλειδί στην δημιουργία εντυπώσεων στον πελάτη σχετικά με τις προσφερόμενες υπηρεσίες και συνεπώς με την τελική του ικανοποίηση.

- *Εκπαίδευση Προσωπικού (Personnel Education)*: Το προσωπικό αντιπροσωπεύει συχνά ένα πολύ ακριβό στοιχείο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το κόστος του δύναται να ελαχιστοποιηθεί μέσω προσεκτικής επιλογής του και σωστής και αποτελεσματικής εκπαίδευσής του, ώστε συνεχώς να υπάρχει πρόσβαση σε πλήρως καταρτισμένο προσωπικό.

- *Εφοδιαστική τρίτου (Third Party Logistics ή 3PL) και Στρατηγικός Συνεταιρισμός (Strategic Partnering)*: Όπως έχουμε ήδη πει, η εφοδιαστική αλυσίδα είναι δυνατόν να μην ελέγχεται από μια μόνο εταιρεία, οπότε συγκρουόμενοι αντικειμενικοί στόχοι πιθανώς να υπάρχουν μεταξύ συνεργαζόμενων ή εγκαταστάσεων. Καθώς οι πελάτες θέτουν όλο και μεγαλύτερες απαιτήσεις στους προμηθευτές τους, οι απαιτήσεις στην παραγωγή και διανομή αυξάνουν. Οι εταιρείες θα πρέπει να λάβουν αποφάσεις ως προς το εάν θα διατηρήσουν όλες τις προαναφερθείσες δραστηριότητες ή θα διατηρήσουν μόνο δραστηριότητες κλειδιά και θα αναθέσουν τις υπόλοιπες σε τρίτους (*Outsourcing*). Αποθήκευση και μεταφορές είναι οι κυριότερες εφοδιαστικές δραστηριότητες που συνήθως αναθέτονται σε τρίτους. *Αυτή η διαδικασία θα αναλυθεί εκτενέστερα σε επόμενη ενότητα.*

3.5. Κατηγοριοποίηση Αποφάσεων στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Οι αποφάσεις που σχετίζονται με τις παραπάνω δραστηριότητες και στρατηγικές επιλογές δύναται να κατηγοριοποιηθούν με βάση τη συχνότητα που λαμβάνονται και το χρονικό πλαίσιο που αφορούν, δηλαδή αποφάσεις σε *στρατηγικό*, *τακτικό* και *επιχειρησιακό* επίπεδο.

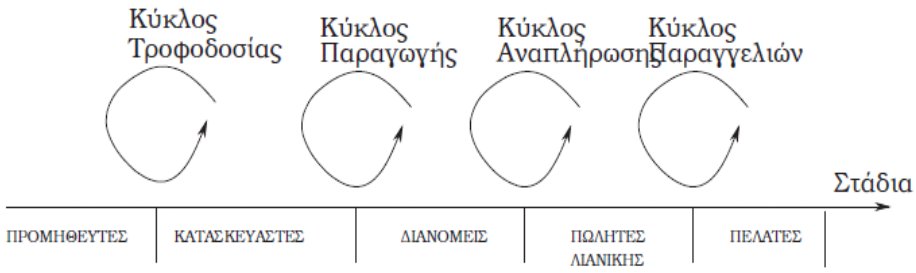
Σχήμα 3.6: Κατηγοριοποίηση Αποφάσεων Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας
Πηγή: www.idsc.com.sg/services_logistics.html

- Αποφάσεις σε *στρατηγικό* επίπεδο αφορούν τον δομικό σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας και έχουν συνεπώς μακρόχρονη επίδραση στην εταιρεία. Οι στρατηγικές αποφάσεις της εταιρείας αφορούν την χωροθέτηση, τον τόπο δηλαδή εγκατάστασης και την δυναμικότητα των παραγωγικών μονάδων, των αποθηκών και των κέντρων διανομής, την επιλογή προϊόντων, ποια προϊόντα δηλαδή θα κατασκευασθούν ή θα αποθηκευτούν και που, τις μεταφορές, τον τύπο και το είδος των συστημάτων επικοινωνίας και πληροφορικής που θα χρησιμοποιηθούν κ.α. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό αυτές οι αποφάσεις είναι μακροπρόθεσμες. Συνεπώς, η εταιρεία θα θελήσει να είναι βεβαία ότι η επιλεγείσα δομή της αλυσίδας υποστηρίζει τους μακροπρόθεσμους στρατηγικούς της στόχους και για το λόγο αυτό θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της την αβεβαιότητα στις συνθήκες της αγοράς για την μεγάλη χρονική περίοδο του προγράμματός της.
- Σε *τακτικό* επίπεδο οι αποφάσεις ανανεώνονται σε κάποια τακτικά χρονικά διαστήματα. Οι αποφάσεις αυτές λαμβάνονται με την δομή της αλυσίδας δεδομένη από το στρατηγικό επίπεδο αποφάσεων. Οι αποφάσεις αυτές λοιπόν, λαμβάνονται με βάση την πρόβλεψη της ζήτησης για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο και αφορούν τις μεταφορές και διανομές, τις πολιτικές αποθεμάτων και αναπλήρωσής των, τις πολιτικές παραγωγής και τροφοδοσίας, τις πολιτικές προβολής των προϊόντων κ.α. Οι αποφάσεις αυτές θέτουν, δηλαδή, ένα προγραμματικό πλαίσιο σύμφωνα με το οποίο θα λειτουργήσει η εφοδιαστική αλυσίδα για το δεδομένο χρονικό διάστημα.

- Σε *επιχειρησιακό* επίπεδο οι αποφάσεις λαμβάνονται εβδομαδιαία ή σε ημερήσια βάση. Οι αποφάσεις αυτές αφορούν κυρίως στην διεκπεραίωση παραγγελιών. Οι μεμονωμένες παραγγελίες καταχωρούνται στα αποθέματα ή στην παραγωγή, οι ημερομηνίες ικανοποίησης των παραγγελιών αποφασίζονται, τα κέντρα διανομής επιλέγονται και οι παραγγελίες καταχωρούνται στα οχήματα εκάστου κέντρου και η δρομολόγηση των οχημάτων αποφασίζεται. Οι αποφάσεις λαμβάνονται έτσι ώστε να βελτιστοποιείται η απόδοση με δεδομένους τους περιορισμούς που επιβάλλουν οι στρατηγικές και τακτικές επιλογές των προηγούμενων επιπέδων.

3.6. Κύκλοι Διεργασιών

Η εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να γίνει αντιληπτή σαν μια σειρά διεργασιών και ροών. Οι διεργασίες αυτές κατανέμονται σε μια σειρά κύκλων, που ο καθένας εκτελείται στην επαφή μεταξύ δυο διαδοχικών σταδίων της αλυσίδας. Η παράσταση της εφοδιαστικής αλυσίδας σε μορφή διαδοχικών κύκλων απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.7: Κύκλοι Διεργασιών της Εφοδιαστικής Αλυσίδας
Πηγή: Διαφάνειες μαθήματος «Μοντελοποίηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας», Μαρινάκης Ι., 2016

Η αντίληψη της αλυσίδας σε μορφή κύκλων διεργασιών είναι ιδιαιτέρως χρήσιμη στην λήψη αποφάσεων σε επιχειρησιακό επίπεδο διότι ορίζει λεπτομερώς τις ευθύνες κάθε μέλους της αλυσίδας και το επιθυμητό αποτέλεσμα της κάθε διαδικασίας.

Στην περίπτωση του σχήματος 3.7, η αλυσίδα αποτελείται από τέσσερις κύκλους, έναν για την τροφοδοσία, την παραγωγή, την αναπλήρωση και την παραγγελία, που αντιστοιχούν στις επαφές μεταξύ των σταδίων της αλυσίδας.

Αναλυτικότερα:

- Ο *κύκλος τροφοδοσίας (Procurement Cycle)* εμπεριέχει όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται για την εξασφάλιση των αναγκαίων πρώτων υλών που απαιτούνται από το πρόγραμμα παραγωγής. Στην διάρκεια του κύκλου αυτού, η παραγωγή θέτει παραγγελίες στους προμηθευτές. Η διαφοροποίησή του από τον κύκλο παραγωγής έγκειται στη βεβαιότητα. Ενώ δηλαδή οι παραγγελίες της διανομής στην παραγωγή βασίζονται στην αβέβαια ζήτηση των πελατών, οι παραγγελίες της παραγωγής στους προμηθευτές πρώτων υλών δύναται να υπολογιστούν με ακρίβεια από την στιγμή που το πρόγραμμα παραγωγής έχει καθοριστεί.
- Ο *κύκλος παραγωγής (Manufacturing Cycle)* εμπεριέχει όλες τις διαδικασίες, μεταξύ επαφής παραγωγής και διανομής, που σκοπεύουν στην αναπλήρωση των προς διανομή αποθεμάτων. Η έναρξη του σηματοδοτείται από την τοποθέτηση παραγγελιών ή από την πρόβλεψη της ζήτησης και το επίπεδο αποθεμάτων των έτοιμων προϊόντων. Οι βασικές διαδικασίες του κύκλου εμπεριέχουν την άφιξη της παραγγελίας, τον προγραμματισμό της παραγωγής, την παραγωγή και τέλος την παράδοση του προϊόντος στον πελάτη.
- Ο *κύκλος αναπλήρωσης (Replenishment Cycle)* εμπεριέχει τις διαδικασίες για την αναπλήρωση των αποθεμάτων λιανικής πώλησης. Η έναρξη του κύκλου σηματοδοτείται από την τοποθέτηση παραγγελίας αναπλήρωσης των αποθεμάτων λιανικής πώλησης για μελλοντική ζήτηση. Οι διαδικασίες αυτού του κύκλου μοιάζουν με αυτές του κύκλου παραγγελιών, με την διαφορά όμως ότι την θέση του πελάτη την έχει τώρα ο πωλητής λιανικής.
- Ο *κύκλος παραγγελιών (Customer Order Cycle)* εμπεριέχει όλες τις διαδικασίες, μεταξύ επαφής λιανικών πωλήσεων και πελατών, που αφορούν την λήψη και εκπλήρωση των παραγγελιών, πχ τοποθέτηση παραγγελίας, ικανοποίηση της παραγγελίας και παράδοση των αγαθών στον πελάτη.

3.7. Διεργασίες Έλξης και Ώθησης

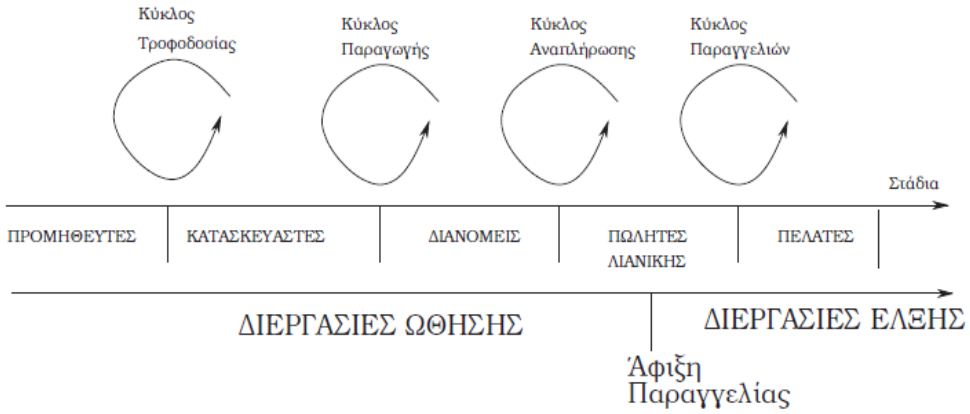
Όλες οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε μια εφοδιαστική αλυσίδα εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το εάν η έναρξή τους είναι αντίδραση *απόκρισης (Response)* ή *πρόληψης (Anticipation)* στις παραγγελίες του πελάτη. Οι πρώτες χαρακτηρίζονται ως *διεργασίες έλξης (Pull Processes)*, ενώ οι δεύτερες ως *διεργασίες ώθησης (Push Processes)*.

Κατά την εκτέλεση μιας διαδικασίας έλξης, η ζήτηση είναι γνωστή με πλήρη βεβαιότητα, αντίθετα, για τις διαδικασίες ώθησης η ζήτηση δεν είναι γνωστή και πρέπει να προβλεφθεί. Το *όριο ώθησης-έλξης (Push-Pull Boundary)* σε μια εφοδιαστική αλυσίδα

διαχωρίζει τα δυο είδη διεργασιών. Για την αλυσίδα του σχήματος 3.7, όλες οι διαδικασίες του κύκλου παραγγελιών έχουν έναρξη που χρονικά έπεται της τοποθέτησης παραγγελίας από τον πελάτη. Συνεπώς, όλες οι διαδικασίες του κύκλου παραγγελιών είναι διαδικασίες έλξης.

Από την άλλη πλευρά, οι παραγγελίες εκπληρώνονται από τα αποθέματα, τα επίπεδα των οποίων βασίζονται στην προσδοκία παραγγελιών και συνεπώς στην πρόβλεψη της ζήτησης των πελατών. Άρα όλες οι διαδικασίες του κύκλου αναπλήρωσης είναι διαδικασίες ώθησης, και το ίδιο ισχύει και για τους κύκλους που προηγούνται, πχ οι διαδικασίες του κύκλου παραγωγής έχουν έναρξη που χρονικά προηγείται την τοποθέτηση παραγγελίας από τον πελάτη και βασίζονται στην πρόβλεψη της ζήτησης. Στο σχήμα 3.8 το όριο ώθησης/έλξης είναι μεταξύ του κύκλου παραγγελιών και του κύκλου αναπλήρωσης.

Ο διαχωρισμός των διεργασιών στις δυο προαναφερθείσες κατηγορίες είναι ιδιαίτερα χρήσιμος κατά την διαδικασία λήψης στρατηγικών αποφάσεων που αφορούν τον σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας καθότι η σχέση μεταξύ του πλήθους των διεργασιών έλξης και του πλήθους διεργασιών ώθησης επηρεάζει σημαντικά την απόδοση της αλυσίδας.



Σχήμα 3.8: Διεργασίες Ώθησης/Έλξης

Πηγή: Διαφάνειες μαθήματος «Μοντελοποίηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας», Μαρινάκης Ι., 2016

3.8. Εφοδιαστική Τρίτου (Third Party Logistics, 3PL)

Με τον όρο «εφοδιαστική τρίτου» ορίζεται η ανάληψη από τρίτους, εκτός επιχείρησης, εφοδιαστικών υπηρεσιών που παραδοσιακά εκτελούνταν εντός της επιχείρησης.

Βασική αιτία ανάπτυξης της «εφοδιαστικής τρίτων» είναι η μετακίνηση των κέντρων παραγωγής σε χώρες χαμηλού εργατικού κόστους και η ανάγκη για άμεση πρόσβαση στους προμηθευτές και καταναλωτές. Η ίδρυση υποκαταστημάτων και κέντρων παραγωγής, αποθήκευσης και διανομής εγχώρια ή στην αλλοδαπή μπορεί να είναι πολύ δαπανηρή ή και απαγορευτική λύση. Η ανάπτυξη συμφωνιών συνεργασίας μεταξύ μιας επιχείρησης και μιας εταιρείας 3PL είναι συχνά η οικονομικότερη ή και η μόνη δυνατή λύση για την κάλυψη αυτών των υπηρεσιών.

Κύριος στόχος των υπηρεσιών αυτών είναι τα προϊόντα των πελατών τους να καταλήξουν στον τελικό χρήστη στον μικρότερο δυνατό χρόνο και το χαμηλότερο δυνατό κόστος, προσφέροντας εξαιρετικής ποιότητας εξυπηρέτηση και απόλυτη εξειδίκευση ανάλογα με το τι απαιτήσεις και ανάγκες έχουν τα αγαθά που μεταφέρουν.

Οι 3PL προμηθευτές ως επί το πλείστον ειδικεύονται στον τομέα της ολοκληρωμένης παροχής υπηρεσιών λειτουργίας, αποθήκευσης και μεταφοράς. Έχουν την δυνατότητα, όμως, να κλιμακωθούν και να προσαρμοστούν στις ανάγκες του κάθε πελάτη, βασιζόμενοι στις εκάστοτε συνθήκες που επικρατούν στην αγορά, στις απαιτήσεις και στις υπηρεσίες παράδοσης που χρειάζονται τα προϊόντα και τα υλικά τους.

Οι παρεχόμενες υπηρεσίες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων:

- Παραλαβή προμηθειών υλικών και εξαρτημάτων και μεταφορά τους στο σύστημα παραγωγής
- Συσκευασία, εκφόρτωση, αποσυσκευασία, ανασυσκευασία και επαναφόρτωση
- Αποθήκευση και φυσική διανομή προϊόντων
- Επικόλληση μηχανογραφημένης ετικέτας
- Διαχείριση αποθεμάτων
- Διατήρηση προϊόντων υπό ψύξη (συντήρηση, κατάψυξη)

- Διενέργεια απογραφών
- Παραγγελιοληψία και διεκπεραίωση παραγγελίας
- Έκδοση εγγράφων (δελτία αποστολής, τιμολόγια κ.α)
- Διαχείριση επιστροφών
- Εκτελωνισμοί
- Ασφαλιστική κάλυψη

Σύμφωνα με τους Hertz και Alfredsson (2003) περιγράφονται τέσσερις βασικές κατηγορίες για τις 3PL εταιρείες:

- *Ο σταθερός ή τυποποιημένος προμηθευτής 3PL (Standard 3PL Provider)*: Αυτή η κατηγορία συνιστά τη βασική μορφή των 3PL. Εκτελούν δραστηριότητες όπως η συλλογή και η συσκευασία, η αποθήκευση και η διανομή των εμπορευμάτων σε επιχειρήσεις.
- *Ο υπεύθυνος για την ανάπτυξη υπηρεσιών προμηθευτής 3PL (Service Developer 3PL Provider)*: Αυτή η κατηγορία έχει τη δυνατότητα να προσφέρει στους πελάτες του προηγμένες υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας, όπως η παρακολούθηση και ο εντοπισμός (*Tracking & Tracing*), το *Cross-Docking*, την άμεση δηλαδή επαναφόρτωση αντί αποθήκευση και ειδικευμένους τρόπους συσκευασίας, αλλά και η παροχή ενός πρωτότυπου και μοναδικού συστήματος ασφαλείας. Τα σύγχρονα πληροφοριακά συστήματα τους επιτρέπουν την εκτέλεση αυτών των καθηκόντων αποτελεσματικά και με ακρίβεια.
- *Ο εναρμονιστής προμηθευτής 3PL (The Customer Adapter 3PL Provider)*: Αυτή η κατηγορία έχει την δυνατότητα να εναρμονίζονται, δηλαδή προσαρμόζονται στις ανάγκες και τις επιθυμίες των πελατών τους. Αναλαμβάνει, μετά από απαίτηση του πελάτη, στην ουσία τον πλήρη έλεγχο και την διαχείριση της εφοδιαστικής της επιχείρησης.
- *Ο υπεύθυνος για την ανάπτυξη πελατών προμηθευτής 3PL (The Customer Developer 3PL Provider)*: Αυτό είναι το υψηλότερο δυνατό επίπεδο που ένας προμηθευτής 3PL μπορεί να επιτύχει σε σχέση με τις διαδικασίες και τις δραστηριότητές του. Το γεγονός αυτό εμφανίζεται όταν ο 3PL προμηθευτής ενσωματώνεται με τις δραστηριότητες του πελάτη του και αναλαμβάνει εξολοκλήρου την λειτουργία της εφοδιαστικής του. Όσοι προμηθευτές ανήκουν σε αυτή την κατηγορία έχουν λίγους πελάτες, αλλά εκτελούν εκτενή και λεπτομερή καθήκοντα για αυτούς.

3.9. Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα (Reverse Logistics)

3.9.1. Εισαγωγή

Όλοι μας, ως πελάτες έχει τύχει να έχουμε αγοράσει ένα προϊόν το οποίο είτε δεν ικανοποιεί πλήρως τις ανάγκες και τις απαιτήσεις μας είτε είναι ελαττωματικό και επιθυμούμε την επιστροφή και αντικατάστασή του. Αυτό απαιτεί από την επιχείρηση τη μέριμνα για τη συλλογή, τη μεταφορά, την αποθήκευση, τη λογιστική τακτοποίηση, την απόφαση για τον περαιτέρω χειρισμό και την επανεκατεργασία. Υπολογίζεται πως το κόστος αυτό μπορεί να φτάσει ως και το 7% των πωλήσεων μιας επιχείρησης. Υπάρχουν πολλές εταιρίες, οι οποίες αποφάσισαν να μην δέχονται επιστροφές. Υπάρχουν όμως και εταιρείες οι οποίες αποφάσισαν και απευθύνθηκαν στους συνεργάτες τους στην εφοδιαστική αλυσίδα και ζήτησαν κάλυψη με σταθερό κόστος. Ύστερα από αυτές τις συνθήκες οι εφοδιαστικές αλυσίδες επεκτάθηκαν ακόμη περισσότερο, ώστε να συμπεριλάβουν και τον κλάδο της αλυσίδας, ο οποίος σχετίζεται με τα προϊόντα που ακολουθούν αντίθετη πορεία, δηλαδή από τον πελάτη προς το παραγωγικό σύστημα. Μέσα σε αυτές τις συνθήκες γεννήθηκε ο όρος της *Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Reverse Logistics)* που περιγράφει την σύνθετη εφοδιαστική αλυσίδα.

Η Αντίστροφη Εφοδιαστική δημιουργήθηκε με σκοπό την επιστροφή και αξιοποίηση προϊόντων και συσκευασιών, μετά την χρήση τους, ώστε να αποφευχθεί η απώλεια χρήσιμων υλικών και η περιβαλλοντική ρύπανση. Στοχεύει επίσης στα πράσινα προϊόντα φιλικά προς το περιβάλλον που με αυτά συνεπάγονται λιγότερα απορρίμματα και μη ανακυκλώσιμα εξαρτήματα. Επιδιώκει την αποτελεσματική διαχείριση των επιστρεφόμενων ποσοτήτων με πρακτικές αποθήκευσης και μεταφορών που να διασφαλίζουν την οικιακή οικονομία, το περιβάλλον και την ποιότητα ζωής (*Kroon, 1995*).

3.9.2. Οφέλη και Χαρακτηριστικά

Η οργάνωση και η εκτέλεση όλων των δραστηριοτήτων της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας, σε συνδυασμό με την αυξημένη αβεβαιότητα, επιφέρει κάποιες ιδιομορφίες, κυριότερες των οποίων είναι:

- Αβεβαιότητα για το χρόνο και την ποσότητα των επιστρεφόμενων προϊόντων
- Ανάγκη εξισορρόπησης των επιστροφών με τη ζήτηση

- Ανάγκη αποσυναρμολόγησης, επιθεώρησης και διαλογής των επιστρεφόμενων προϊόντων
- Αβεβαιότητα όσον αφορά την ποιότητα των υλικών που ανακτώνται
- Απαίτηση για οργάνωση ενός αντίστροφου εφοδιαστικού δικτύου, όχι κατ' ανάγκη ανεξάρτητου από το κανονικό δίκτυο διανομής των προϊόντων
- Ποικίλες και διαφορετικές απαιτούμενες επεξεργασίες και αντίστοιχες δρομολογήσεις στην παραγωγή

Άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά της αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας είναι:

- Είναι μια συνεχής εγκατεστημένη διαδικασία, δηλαδή δεν πραγματοποιείται μόνο μια φορά αλλά αποτελεί σημαντικό στοιχείο της στρατηγικής μιας επιχείρησης.
- Υποστηρίζει τη συνολικά περιβαλλοντική πολιτική της επιχείρησης γεγονός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα ισχυρό εργαλείο Marketing.
- Στηρίζει στο κίνητρο του καταναλωτή και στη θεσπισμένη νομοθεσία.

Οι εταιρείες εφαρμόζοντας την αντίστροφη εφοδιαστική μπορούν να επιτύχουν έμμεσα και άμεσα κέρδη. Τα έμμεσα κέρδη προέρχονται από την μείωση των εξόδων. Αυτό συμβαίνει διότι δεν χρειάζεται πλέον, σε ορισμένο βαθμό, η διάθεση κεφαλαίων σε πρώτες ύλες, ανταλλακτικά, εξαρτήματα κλπ. Τα κεφάλαια αυτά παραμένουν στην εταιρεία και μπορούν να δαπανηθούν αλλού. Από την άλλη μεριά άμεσα κέρδη προέρχονται από τις απ' ευθείας πωλήσεις προϊόντων.

Αναλυτικότερα:

<u>Έμμεσα κέρδη</u>

- *Εξοικονόμηση κεφαλαίων από τη μείωση των εξόδων για πρώτες ύλες*: Επαναχρησιμοποιώντας ύλες, που για τους πελάτες είναι εντελώς άχρηστες μετά τη λήξη της ωφέλιμης ζωής του προϊόντος και αποτελούν απορρίμματα, επιτυγχάνεται ένας πολύ οικονομικός τρόπος απόκτησης πρώτων υλών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα θεωρείται τα αλουμινένια μπουκάλια, όπου το αλουμίνιο που χρησιμοποιείται προέρχεται ήδη από χρησιμοποιημένα μπουκάλια.
- *Εξοικονόμηση κεφαλαίων από τη μείωση του κόστους για την κατασκευή*: Δεν χρειάζεται να κατασκευαστεί εκ νέου το προϊόν, παρά μόνο να ανακτηθεί η αξία του, όπως πχ τα γυάλινα μπουκάλια, τα οποία όταν επιστρέφονται δεν προσφέρουν μόνο την πρώτη ύλη αφενός αλλά αφετέρου δεν χρειάζεται καν να ακολουθηθεί η διαδικασία μετατροπής του γυαλιού σε μπουκάλι.

Άμεσα κέρδη

- Μια επιχείρηση μπορεί να χρησιμοποιήσει την αντίστροφη εφοδιαστική για να ανακτήσει τα χρησιμοποιημένα προϊόντα από τους πελάτες της με αντίτιμο κάποια έκπτωση στα καινούργια της προϊόντα. Έτσι η επιχείρηση μπορεί να ανακατασκευάσει το προϊόν αυτό και να το πουλήσει σε κάποιο μερίδιο αγοράς με λιγότερες απαιτήσεις.
- Η εφαρμογή της αντίστροφη εφοδιαστικής σε μια επιχείρηση μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα σημαντική αύξηση στις πωλήσεις. Εάν μια επιχείρηση ανακτά προϊόντα από τους πελάτες της με κάποιο όφελος για αυτούς, αυτό οδηγεί σε αύξηση πωλήσεων αλλά και στην αφοσίωση των πελατών της.

Περιβαλλοντικά οφέλη

Τα αποτελέσματα της αντίστροφης εφοδιαστικής έχουν εκ των πραγμάτων οικολογικό χαρακτήρα. Κάτι τέτοιο είναι εύκολο αντιληπτό αφού όλη η λογική διαδικασία της βασίζεται στην επαναχρησιμοποίηση προϊόντων που επρόκειτο να απορριφθούν. Κάθε προϊόν που αγοράζουμε παράγεται με τη χρήση ενέργειας και κάθε επιπλέον κιλοβατώρα επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα κιλό διοξειδίου του άνθρακα. Η παραγωγή προϊόντων από ανακυκλωμένο υλικό απαιτεί λιγότερη ενέργεια απ' ότι η παραγωγή τους από πρώτες ύλες. Η ενέργεια που μπορεί να εξοικονομηθεί από την ανακύκλωση υλικών συσκευασίας και χάρτου αντιστοιχεί στην ενέργεια που καταναλώνει η Αττική σε τέσσερις μήνες.

3.9.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την Αντίστροφη Εφοδιαστική Αλυσίδα

Οι οικονομικοί παράγοντες, η νομοθεσία, η εταιρική υπηκοότητα και τα περιβαλλοντικά θέματα μπορούν άμεσα και έμμεσα να επηρεάσουν καθοριστικά τις διαδικασίες της αντίστροφη εφοδιαστικής αλυσίδας.

Αναλυτικότερα:

- *Οικονομικοί παράγοντες*: Είναι εμφανές ότι οι εταιρείες προσπαθούν συνεχώς να πετύχουν μείωση του κόστους στις παραγωγικές τους διαδικασίες. Αν μια εταιρεία αξιοποιήσει σωστά την αντίστροφη εφοδιαστική μπορεί να κερδίσει χρήματα και για το λόγο αυτό αντιμετωπίζεται πλέον ως μια «αποκατάσταση των επενδύσεων» σε αντιδιαστολή με την απλή ελαχιστοποίηση του κόστους της διαχείρισης των αποβλήτων. Ένα πρόγραμμα αντίστροφης εφοδιαστικής μπορεί να επιφέρει κέρδη στο κόστος των εταιρειών δίνοντας έμφαση στη μείωση των πόρων, προσθέτοντας αξία από την αποκατάσταση των προϊόντων ή από τη μείωση των δαπανών διάθεσης.

- *Νομοθεσία*: Η νομοθεσία υποχρεώνει τις επιχειρήσεις να ανακτούν τα προϊόντα τους ή να τα δέχονται πίσω μετά τον κύκλο ζωής τους. Σε αυτές τις αρμοδιότητες συμπεριλαμβάνονται η συλλογή και επαναχρησιμοποίηση των προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους, η επιβάρυνση του κόστους διαχείρισης των αποθεμάτων στους παραγωγούς, η μείωση του όγκου των παραγόμενων αποβλήτων και η χρήση των αυξανόμενων ανακυκλώσιμων υλικών. Παραδείγματος χάριν, υπάρχει μια απαγόρευση των επιβλαβών ουσιών στις διαδικασίες παραγωγής, η οποία διευκολύνει την αποσυναρμολόγηση και ανακύκλωση ηλεκτρονικών αποβλήτων. Έτσι για οποιαδήποτε εταιρεία ηλεκτρονικών, η αντίστροφη εφοδιαστική διασφαλίζει ότι τα προϊόντα που βρίσκονται εκτός κύκλου ζωής θα αποσύρονται σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία.
- *Εταιρική υπηκοότητα*: Η εταιρική υπηκοότητα αφορά ένα σύνολο αξιών και αρχών που ωθεί μια εταιρεία να δεσμευτεί υπεύθυνα με τις δραστηριότητες της αντίστροφης εφοδιαστικής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής αποτελεί η εταιρεία αθλητικών ειδών «NIKE», η οποία παροτρύνει τους πελάτες της να επιστρέφουν τα μεταχειρισμένα παπούτσια στο κατάστημα από το οποίο τα είχαν αγοράσει. Έπειτα, αυτά αποστέλλονται πίσω στα εργοστάσια όπου θρυμματίζονται και χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την κατασκευή γηπέδων καλαθοσφαίρισης ή αγωνιστικών διαδρόμων στο στίβο.
- *Περιβαλλοντικά θέματα*: Η αντίστροφη εφοδιαστική οδηγεί σε οφέλη για το περιβάλλον αλλά και για τις επιχειρήσεις γενικότερα. Η περιβαλλοντική διαχείριση κερδίζει συνεχώς ενδιαφέρον στο πεδίο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η οικολογική εικόνα της περιβαλλοντικά φιλικής παραγωγής προϊόντων έγινε ένα σημαντικό στοιχείο προώθησης (Marketing) το οποίο υποκίνησε ένα σύνολο επιχειρήσεων να ανακαλύψουν επιλογές προκειμένου να ανακτήσουν και να αποκαταστήσουν τα προϊόντα τους.

3.9.4. Πεδία Εφαρμογής της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Η αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στους παρακάτω τύπους βιομηχανιών:

- Εκδοτικοί Οίκοι (40 – 50% του συνόλου), για να λάβουν πίσω τα απούλητα προϊόντα προς επαναχρησιμοποίηση.
- Βιομηχανίες Ποτών, για συλλογή και επαναχρησιμοποίηση των χρησιμοποιημένων φιαλών.
- Βαριές Βιομηχανίες, για τη συλλογή και επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων.

- Βιομηχανίες καταναλωτικών αγαθών, προς εκπλήρωση των υποχρεώσεων των μετά πώλησης υπηρεσιών μέχρι να λήξει η εγγύησή τους.

3.9.5. Χαρακτηριστικά των Επιστρεφόμενων Προϊόντων και Τρόποι Ανάκτησης Αξίας αυτών

Τα προϊόντα τα οποία τίθενται σε επιστροφή για επαναχρησιμοποίηση είναι αυτά που διατηρούν την αξία τους μετά την παράδοσή τους και ενδεχομένως την χρήση τους. Αυτό είναι δυνατό είτε μεταποιώντας τα είτε ξαναχρησιμοποιώντας τα ως έχουν.

Η ανάκτηση της απομένουσας αξίας μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τη δομή του προϊόντος, την κατάστασή του κατά το χρόνο ανάκτησης, την αξία που αντιπροσωπεύει το προϊόν και τα συστατικά του, το κόστος ανάκτησης κλπ.

Ειδικότερα:

- *Ανακύκλωση*: Ανάκτηση υλικού χωρίς διατήρηση της ταυτότητας, αρχικής δομής και χαρακτηριστικών λειτουργίας, του προϊόντος. Σκοπός της είναι η επαναχρησιμοποίηση υλικών που ανακτώνται από χρησιμοποιημένα προϊόντα για να παραχθούν νέα, όμοια ή διαφορετικά με τα αρχικά.
- *Διάλυση ή κανιβαλισμός*: Αποσυναρμολόγηση του χρησιμοποιημένου προϊόντος, έλεγχος των εξαρτημάτων – μερών του και διαλογή εκείνων που μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν. Σκοπός της είναι η ανάκτηση κάποιων από τα εξαρτήματα – μέρη ενός χρησιμοποιημένου προϊόντος και η επαναχρησιμοποίηση τους σε περιπτώσεις επισκευής, αναβάθμισης ή ανακατασκευής.
- *Επισκευή*: Σκοπός της είναι η επαναφορά ενός προϊόντος που έχει υποστεί βλάβη σε κατάσταση λειτουργίας. Η ποιότητα τους είναι γενικά χαμηλότερη από την ποιότητα καινούριων, ενώ η επισκευή μπορεί να περιλαμβάνει αποκατάσταση – αντικατάσταση σπασμένων εξαρτημάτων.
- *Αναβάθμιση*: Σκοπός της είναι η επέκταση της διάρκειας ζωής ενός χρησιμοποιημένου προϊόντος, η οποία όμως γενικά είναι μικρότερη από τη διάρκεια ζωής ενός καινούριου, και η επίτευξη καλύτερης ποιότητας από την υφιστάμενη, χαμηλότερη όμως από εκείνη ενός καινούριου.

- *Ανακατασκευή*: Σκοπός της είναι η επαναφορά ενός προϊόντος στην αρχική του κατάσταση, διατηρώντας την ταυτότητά του, μέσω κατάλληλων επεμβάσεων όπως αποσυναρμολόγηση, έλεγχος, αντικατάσταση.
- *Άμεση επαναχρησιμοποίηση*: Σκοπός της είναι η επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος χωρίς επισκευή, μετά από κάποιου είδους επεξεργασία, όπως πχ πλύσιμο, αποστείρωση κτλ.

3.9.6. Δραστηριότητες της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Πρόκειται για τις δραστηριότητες και πρακτικές οι οποίες είναι γνωστές, δοκιμασμένες, δημιουργούν εισόδημα, θέσεις απασχόλησης και φυσικά κέρδος. Επιπλέον, είναι δραστηριότητες με ευεργετικές συνέπειες για το περιβάλλον. Πρόκειται για δραστηριότητες που στοχεύουν στην ανάκτηση και αξιοποίηση των ήδη χρησιμοποιημένων προϊόντων. Έτσι οι επιχειρήσεις συλλέγουν τα χρησιμοποιημένα, χαλασμένα, ανεπιθύμητα και ξεπερασμένα αγαθά από τον τελικό χρήστη.

Τέτοιες δραστηριότητες είναι:

- Συλλογή
- Έλεγχος
- Διαλογή
- Αποθήκευση
- Μεταφορά
- Μείωση όγκου, τεμαχισμού ή συμπύκνωσης
- Επικοινωνία με προμηθευτές και αγοραστές
- Επεξεργασία, διήθηση, ανακατασκευή κλπ.
- Αντίστροφη διανομή
- Έλεγχος αποθεμάτων
- Προγραμματισμός παραγωγής

Ένα σημαντικό θέμα για την αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα είναι οι δυσαρεστημένοι πελάτες, οι οποίοι για κάποιο λόγο θέλουν να επιστρέψουν ένα αγαθό. Τέτοιοι λόγοι μπορεί να είναι οι παρακάτω:

- Ελαττωματικό προϊόν
- Δεν ικανοποιεί τις ανάγκες του πελάτη
- Καταστράφηκε κατά τη μεταφορά
- Ξεπερασμένη συσκευασία
- Άδειασε και μπορεί να ξαναγεμιστεί πχ μελάνια
- Ολοκλήρωση του κύκλου ζωής του
- Χρειάζεται ανάκληση

Εάν η διαδικασία επιστροφής της επιχείρησης όμως είναι περίπλοκη, αργή ή δύσχρηστη η δυσαρέσκεια των πελατών θα αυξηθεί και αυτό σημαίνει ότι τίθεται σε κίνδυνο οποιαδήποτε μελλοντική συνεργασία. Σε αντίθεση, μια γρήγορη και ευέλικτη διαδικασία επιστροφής προϊόντος μπορεί να αποδειχθεί σε επιχειρησιακή ευκαιρία. Με χειρισμούς που χρήζουν επαγγελματισμό κατά τη διαδικασία επιστροφής εξασφαλίζεται η εμπιστοσύνη και η αφοσίωση των πελατών.

3.9.7. Σπουδαιότητα της Αντίστροφης Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Μια σωστή οργανωμένη διαδικασία αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας επιτρέπει στις επιχειρήσεις – κατασκευαστές να προσφέρουν στους πελάτες μειωμένο ρίσκο κατά την αγορά ενός προϊόντος, αυξάνοντας έτσι την αξιοπιστία των εμπορικών σημάτων – εταιρική εικόνα *(Carter & Ellram, 1998)*, και την ικανοποίησή του. Όμως απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή διότι μια κακώς διοικούμενη αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολικά κόστη και χαμένη αξία προϊόντων.

Η διαδικασία της αντίστροφης εφοδιαστικής είναι σημαντική για την επαναχρησιμοποίηση των αξιόλογων τμημάτων, την αποκατάσταση πλεονασμάτων των προϊόντων, τη μεγιστοποίηση του κέρδους, τη μείωση κόστους μέσω της ανακύκλωσης, την εκπλήρωση περιβαλλοντικών υποχρεώσεων, τη διαχείριση πελατειακών σχέσεων κα. Αν μια εταιρεία αξιοποιεί σωστά την αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα θα κερδίσει χρήματα *(Stock, 1998)*.

Η αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα είναι ένα αναπτυσσόμενο και σημαντικό πεδίο απόκτησης στρατηγικού πλεονάσματος. Έτσι, πολλές επιχειρήσεις αρχίζουν να το αντιλαμβάνονται και να ασχολούνται όλο και περισσότερο με τον τρόπο που θα την διαχειριστούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Εφαρμογές της Θεωρίας Παιγνίων στην Εφοδιαστική Αλυσίδα

4.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθεται ένα παράδειγμα συντονισμού της Εφοδιαστικής Αλυσίδας χρησιμοποιώντας την Θεωρία Παιγνίων. Στην πρώτη ενότητα επεξηγούμε το παράδειγμα και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν. Στην επόμενη ενότητα επεξηγούνται όλοι οι υπολογισμοί που χρειάστηκαν να γίνουν και αναλύονται διάφορα σενάρια.

4.2. Παράδειγμα και Δεδομένα

4.2.1. Παράδειγμα

Το παράδειγμά μας τοποθετείται στην ευρύτερη περιοχή των Logistics. Τα Logistics περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και τον έλεγχο της ροής των αγαθών, των υπηρεσιών και των σχετικών πληροφοριών (Arshinder et al. 2008). Η κεντρική διαχείριση αποθεμάτων είναι ένα τομέας των Logistics, όπου η εφαρμογή της Θεωρίας Παιγνίων στον συντονισμό της Εφοδιαστικής Αλυσίδας έχει μελετηθεί αρκετά στη διεθνή βιβλιογραφία (Wong et al. 2007). Επίσης, μια εκτενής μελέτη στις εφαρμογές των συνεργατικών παιγνίων στην κεντρική διαχείριση αποθεμάτων έχει πραγματοποιηθεί από τον Fiestras-Janeir et al. (2011). Ένα άλλο, λιγότερο μελετημένο πρόβλημα σχετικά με την εφαρμογή της Θεωρίας Παιγνίων στον συντονισμό της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, είναι εκείνο της μεταφοράς (T*ransportation*). Ωστόσο, η μεταφορά αποτελεί τον κινητήριο μοχλό της Εφοδιαστικής Αλυσίδας δεδομένου ότι συχνά τα προϊόντα παράγονται και καταναλώνονται σε διαφορετικές τοποθεσίες (Chopra & Meindl et al. 2010). Επειδή η μεταφορά είναι μια σημαντική συνιστώσα του κόστους της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, η συνεργασία στον τομέα αυτόν θα μπορούσε να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση κόστους.

Η μεταφορά προϊόντων από τις εταιρείες, συχνά, ανατίθεται σε έναν Πάροχο Υπηρεσιών Εφοδιαστικής (Logistics Service Provider ή LSP)με σκοπό τη μείωση του κόστους. Σύμφωνα με τον Cruijssen et al. (2010a) ο LSP πάροχος αναζητά ένα σύνολο αποστολέων με σκοπό την βέλτιστη προοπτική συνεργασίας μεταξύ τους. Έτσι λοιπόν, αντί κάθε αποστολέας να αναλαμβάνει την δική του μεταφορά, αυτή η δραστηριότητα ανατίθεται σε 3PLεταιρεία. Στο παράδειγμά μας θα επικεντρωθούμε σε οδικές μεταφορές, διότι αυτές είναι ο κύριος τύπος μεταφοράς, και θα διερευνήσουμε κατά πόσο η συνεργασία μεταξύ πολλαπλώνLSPπαρόχων θα ήταν αποδοτική. Μπορούμε, δηλαδή, να συμπεράνουμε ότι το παράδειγμά μας θεωρείται ως μια περίπτωση *οριζόντιας συνεργασίας* (Horizontal Cooperation). Αυτή η περίπτωση συνεργασίας λαμβάνει χώρα μεταξύ εταιριών οι οποίες δραστηριοποιούνται στον ίδιο τομέα αγοράς, και είναι πρόθυμες να μοιραστούν προσωπικές πληροφορίες αλλά και πόρους με στόχο την βελτίωση της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη μείωση του συνολικού κόστους(Cruijssen et al, 2007).

Στο παράδειγμά μας θα εργαστούμε με δύο Παρόχους Υπηρεσιών Εφοδιαστικής εκ των οποίων κάθε πάροχος εξυπηρετεί τέσσερις πελάτες. Αυτοί οι πελάτες θεωρούνται όλοι αποστολείς , οι οποίοι δραστηριοποιούνται στον ίδιο τομέα αγοράς και πωλούν προϊόντα με περίπου ίδια χαρακτηριστικά. Ενώ στην βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές συνεργασιών μεταξύ αποστολέων, οι οποίοι βρίσκονται στην ίδια γεωγραφική περιοχή, εμείς θα αναζητήσουμε συνεργασίες μεταξύ *όγκου* προϊόντων. Μεγάλες ποσότητες παραγγελιών προτιμούνται από τον υπεύθυνο αγοράς και από τον υπεύθυνο παραγωγής. Ο μεν πρώτος θέλει έκπτωση λόγω μεγάλου όγκου, ο δε δεύτερος θέλει να αποφύγει τον χρόνο αδρανείας της παραγωγής εάν υπάρχει μεγάλο απόθεμα.

Κάθε φορά που ένας αποστολέας δίνει εντολή αποστολής, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό κόστος, για κάθε προϊόν της παραγγελίας, λαμβάνει χώρα. Ανεξάρτητα από τον όγκο της παραγγελίας, το σταθερό κόστος θα χρεωθεί. Όταν οι πελάτες εξυπηρετούνται από κοινού, τότε η Οικονομική Ποσότητα Παραγγελίας (Economic Order Quantity ή EOQ) τους θα είναι χαμηλότερη. Ο δείκτης EOQ ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος του αποστολέα. Ένας χαμηλός EOQ θα επιφέρει εξοικονόμηση κόστους για τους πελάτες. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα στην από κοινού εξυπηρέτηση των πελατών είναι ο χαμηλός κύκλος αποθεμάτων. Ο μέσος όρος των αποθεμάτων σε μια εφοδιαστική αλυσίδα που οφείλονται είτε σε παραγωγή ή τις αγορές σε μεγέθη που είναι μεγαλύτερα από εκείνα που απαιτούνται από τους πελάτες, ονομάζεται *κύκλος αποθέματος*.

Η συνεργασία των πελατών επιτυγχάνεται μέσω των LSP παρόχων, με την διαφορά όμως όταν υπάρχουν πολλαπλοί LSP πάροχοι τότε και οι πελάτες αυτών των διαφορετικών LSP παρόχων μπορούν επίσης να συνεργαστούν από κοινού. Τα κέρδη της συγκεκριμένης περίπτωσης είναι η εξοικονόμηση του κόστους που δημιουργείται μέσω της κοινής οργάνωσης της μεταφοράς. Εδώ όμως, γεννάται το ερώτημα πως το κόστος και τα οφέλη, από αυτή την συνεργασία, μπορούν να κατανεμηθούν δίκαια στα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στην περίπτωση των αποστολέων, η εξοικονόμηση κόστους θα κατανεμηθεί

χρησιμοποιώντας την κατανομή Shapley, λόγω ευκολίας των υπολογισμών. Για την δίκαιη κατανομή του κέρδους στους LSP παρόχους, χρησιμοποιήσαμε την αναλογία καταμερισμού χρησιμότητας συνεργασίας των δυο παρόχων.

4.2.2. Δεδομένα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι όσο το δυνατόν ρεαλιστικά. Υπάρχουν δύο Πάροχοι Υπηρεσιών Εφοδιαστικής (LSP), ο LSP_1 και LSP_2 και κάθε πάροχος εξυπηρετεί τέσσερις πελάτες, δηλαδή A, B, C, D ο LSP_1 και E, F, G, H ο LSP_2 αντίστοιχα (Πίνακας 4.1). Η πρώτη στήλη του Πίνακα 4.2 απεικονίζει την ετήσια ζήτηση η οποία υπολογίζεται σε παλέτες. Η δεύτερη απεικονίζει το τελικό κόστος παραγγελίας του πελάτη στην περίπτωση που δεν αναθέσει την μεταφορά σε LSP πάροχο. Η τρίτη απεικονίζει το κόστος αποθέματος και η τέταρτη απεικονίζει το ακριβές κόστος παραγγελίας πελάτη στην περίπτωση που ο αποστολέας αναθέσει την μεταφορά σε LSP πάροχο. Στον Πίνακα 4.3 απεικονίζονται το κόστος και η τιμή χρέωσης για κάθε LSP πάροχο. Το κόστος είναι μεταβλητό αναλόγως με τον αριθμό των στάσεων και χρεώνεται ανά παλέτα.

LSP	ΠΕΛΑΤΕΣ
LSP_1	A
	B
	C
	D
LSP_2	E
	F
	G
	H

Πίνακας 4.1

Πελάτες	Αριθμός Παλετών	Τελικό Κόστος Παραγγελίας	Κόστος Αποθέματος	Ακριβές Κόστος Παραγγελίας Πελάτη
A	49000	202.67	2.29	20.00
B	45768	191.36	2.59	21.00
C	47404	205.48	2.21	19.50
D	47670	221.36	2.04	22.00
E	43800	197.77	2.48	21.00
F	42425	211.43	2.14	17.80
G	44342	200.76	2.36	20.00
H	49367	231.84	2.25	21.00

Πίνακας 4.2: Δεδομένα Πελατών

	LSP_1	LSP_2
Σταθερό Κόστος Μεταφοράς (1 Στάση)	50	50
Σταθερό Κόστος Μεταφοράς (2 Στάσεις)	100	90
Σταθερό Κόστος Μεταφοράς (3 Στάσεις)	150	130
Τιμή Μεταφοράς (Σταθερή)	15	13
Τιμή Μεταφοράς (Μεταβλητή)	0.07	0.08

Πίνακας 4.3: Δεδομένα LSP

4.3. Ανάλυση Σεναρίων

4.3.1. Υπολογισμοί Εξοικονόμησης Κόστους Μεταφοράς χωρίς ανάθεση σε LSP πάροχο

Σε αυτήν την υποενότητα θα εξηγήσουμε τον υπολογισμό εξοικονόμησης κόστους και πως αυτό κατανέμεται στους πελάτες. Προκειμένου να γνωρίσουμε την πραγματοποιηθείσα εξοικονόμηση κόστους για τους πελάτες θα πρέπει να υπολογίσουμε το συνολικό κόστος σε όλες τις περιπτώσεις. Γι' αυτό τον λόγο πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε τον δείκτη EOQ και τον αναμενόμενο αριθμό παραγγελιών.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2\ x\ D\ x\ F}{H}} \tag{4.1}$$

$$n = \frac{D}{EOQ} \tag{4.2}$$

με D = Ετήσια Ζήτηση, F = Σταθερό Κόστος Παραγγελίας και H = Κόστος Αποθέματος.

Το Συνολικό Κόστος (Total Cost ή TC) είναι το άθροισμα του ετήσιου κόστους παραγωγής, του ετήσιου κόστους παραγγελίας και του ετήσιου κόστους αποθέματος, δηλαδή:

$$TC = C\,x\,D + n\,x\,F + \frac{EOQ}{2}\,x\,H \tag{4.3}$$

με C = Κόστος ανά μονάδα.

Δεδομένου ότι το ετήσιο κόστος παραγωγής δεν επηρεάζεται από τον δείκτη EOQ, η διαφορά μεταξύ αυτού του κόστους σε διάφορα σενάρια θα είναι πάντα μηδέν. Ως εκ τούτου, δεν θα λάβουμε περαιτέρω υπόψη μας το εν λόγω κόστος.

Οι παραπάνω υπολογισμοί απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πελάτες	F	n	EOQ	TC
A	202.67	17	2945	6744.12
B	191.36	18	2601	6735.52
C	205.48	16	2969	6561.50
D	221.36	15	3216	6561.49
E	197.77	17	2643	6554.78
F	211.43	15	2895	6196.07
G	200.76	14	3154	6482.12
H	231.84	15	3190	7176.60

Πίνακας 4.4: Συνολικό Κόστος TC

4.3.2. Υπολογισμοί Εξοικονόμησης Κόστους Μεταφοράς με ανάθεση σε LSP πάροχο

Όταν οι πελάτες αναθέσουν την μεταφορά τους σ' έναν LSP πάροχο, το σταθερό κόστος παραγγελίας F δίνεται από το άθροισμα της σταθερής τιμής μεταφοράς (Πίνακας 4.3) και από το ακριβές κόστος παραγγελίας πελάτη (Πίνακας 4.2). Το αποτέλεσμα αυτό μας δίνει έναν νέο δείκτη EOQ, ένα νέο αναμενόμενο αριθμό παραγγελιών και επομένως ένα νέο συνολικό κόστος TC_0:

$$TC_0 = V \, x \, D + n \, x \, F + \frac{EOQ}{2} \, x \, H \tag{4.4}$$

με V = Μεταβλητή Τιμή Μεταφοράς εκάστοτε LSP παρόχου (Πίνακας 4.3).

Πελάτες	F	n	EOQ	TC_0
A	35.00	40	1224	6232.62
B	36.00	41	1128	6125.20
C	34.50	39	1217	6006.89
D	37.00	36	1315	6019.49
E	34.00	40	1096	6221.80
F	30.80	38	1105	5758.87
G	33.00	35	1279	6175.42
H	34.00	40	1221	6697.66

Πίνακας 4.5: Συνολικό Κόστος TC_0

Όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, ένα συνεργατικό παίγνιο περιλαμβάνει έναν αριθμό παικτών οι οποίοι αποτελούν ένα σύνολο N. Ο συνολικός αριθμός των παικτών μπορεί να διαιρεθεί σε διάφορα υποσύνολα ή συνασπισμούς. Κάθε υποσύνολο παικτών δημιουργεί ωφέλεια, η οποία προσδιορίζεται από την χαρακτηριστική συνάρτηση u(S), όπου η S αντιστοιχεί σε οποιοδήποτε τυχαίο υποσύνολο των παικτών, εκτός του συνόλου των N παικτών. Όταν λοιπόν, οι Πάροχοι Υπηρεσιών Εφοδιαστικής (LSP) εξυπηρετούν κάθε πελάτη ξεχωριστά, τότε το υποσύνολο S περιέχει έναν μόνο παίκτη. Η χαρακτηριστική συνάρτηση u(S) μας δίνει την εξοικονόμηση του κόστους μεταφοράς που δημιουργείται από την ανάθεσή του σε LSP πάροχο και δίνεται από την σχέση:

$$u(S) = max\{TC - TC_0 ; 0\} \tag{4.5}$$

Πελάτες	TC	TC_0	u(S)
A	6744.12	6232.62	511.50
B	6735.52	6125.20	610.32
C	6561.50	6006.89	554.61
D	6561.49	6019.49	542.00
E	6554.78	6221.80	332.98
F	6196.07	5758.87	437.19
G	5645.31	5836.15	306.70
H	7176.60	6697.66	478.94

Πίνακας 4.6: Εξοικονόμηση Κόστους Μεταφοράς από Ανάθεση σε LSP Πάροχο

Κάθε LSP πάροχος μπορεί να αποφασίσει να οργανώσει την μεταφορά μέρους ή του συνόλου των πελατών του μαζί. Αυτό θα οδηγήσει ξανά σε έναν νέο δείκτη EOQ, σ' ένα νέο αναμενόμενο αριθμό παραγγελιών και επομένως σ' ένα νέο συνολικό κόστος TC_{C0}:

$$TC_{C0} = n \times F + \sum_{i \in S} \left(\frac{EOQ_i}{2} \; x \; H_i \right) + \sum_{i \in S} (D_i \; x \; V) \qquad (4.6)$$

Εδώ, η χαρακτηριστική συνάρτηση u(S) δεν μας δείχνει μόνο την εξοικονόμηση κόστους που δημιουργείται μέσω της ανάθεσης σε LSP πάροχο, αλλά, επίσης και μέσω της οριζόντιας συνεργασίας, το επίπεδο συνεργασίας των πελατών. Επομένως, η χαρακτηριστική συνάρτηση u(S) υπολογίζεται ως η διαφορά από το άθροισμα του επιμέρους συνολικού κόστους του κάθε συνεργαζόμενου πελάτη και δίνεται από την σχέση:

$$u(S) = max \{ \sum_{i \in S} TC_i - TC_{C0} \; ; 0 \} \qquad (4.7)$$

Τα αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

LSP_1	F	n	EOQA	EOQB	EOQC	EOQD	TC_0	TC_{C0}	u(S)
AB	56.00	45	1060	1025	-	-	12357.82	11720.12	637.71
AC	54.50	45	1089	-	1072	-	12239.52	11611.053	628.46
AD	57.00	43	1136	-	-	1120	12252.11	11652.45	599.66
BC	55.50	45	-	1029	1047	-	12132.09	11502.378	629.71
BD	58.00	43	-	1071	-	1093	12144.69	11546.807	597.88
CD	56.50	42	-	-	1123	1126	12026.38	11433.084	593.29
ABCD	97.50	47	1023	989	1006	1009	24384.20	22478.155	1906.05
LSP_2	F	n	EOQE	EOQF	EOQG	EOQH	TC_0	TC_{C0}	u(S)
EF	51.80	44	991	975	-	-	11980.67	11441.912	538.76
EG	54.00	42	1053	-	1059	-	12057.95	11558.431	546.38
EH	55.00	45	1009	-	-	1071	12919.46	12372.932	546.53
FG	50.80	41	-	1047	1071	-	11595.03	11101.345	538.09
FH	51.80	44	-	1001	-	1079	12456.53	11914.30	542.23
GH	54.00	42	-	-	1089	1149	12533.81	12025.079	548.01
EFGH	92.80	46	969	954	975	1029	24514.48	22899.377	1680.88

Πίνακας 4.7: Πιθανές Συνεργασίες για κάθε LSP Πάροχο

Για την δίκαιη κατανομή της εξοικονόμησης κόστους στους συνεργαζόμενους πελάτες χρησιμοποιείται η Κατανομή Shapley, οι τιμές της οποίας απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

LSP_1	A	B	C	D
AB	269.44	368.26	-	-
AC	292.68	-	335.79	-
AD	284.58	-	-	315.08
BC	-	342.71	287.00	-
BD	-	333.10	-	264.78
CD	-	-	302.95	290.34
LSP_2	E	F	G	H
EF	217.28	321.48	-	-
EG	286.33	-	260.05	-
EH	200.28	-	-	346.24
FG	-	334.29	203.80	-
FH	-	250.24	-	291.99
GH	-	-	187.88	360.12

Πίνακας 4.8: Κατανομή Shapley

4.3.3. Υπολογισμοί Εξοικονόμησης Κόστους Μεταφοράς με ανάθεση σε LSP πάροχο, θεωρώντας ότι ο εκάστοτε LSP πάροχος αντιμετωπίζει τους πελάτες ως συνασπισμό ανά δύο

Μέχρι στιγμής έχουμε μελετήσει πιθανές συνεργασίες μεταξύ των πελατών κάθε LSP πάροχου, όπου κάθε πάροχος αντιμετωπίζει τον εκάστοτε πελάτη ως μοναδιαίο συνασπισμό. Στους Πίνακες 4.9 και 4.10 απεικονίζεται η Κατανομή Shapley όλων των πελατών θεωρώντας ότι ο εκάστοτε πάροχος τους αντιμετωπίζει ως συνασπισμό ανά δύο, ενώ στους Πίνακες 4.11 και 4.12 απεικονίζονται οι καταμερισμοί χρησιμότητας από τον εκάστοτε LSP πάροχο στους αντίστοιχους πελάτες.

Συνασπισμοί LSP_1	AB	AC	AD	BC	BD	CD
AB - CD	975.23	-	-	-	-	930.82
AC - BD	-	968.32	-	-	937.73	-
AD - BC	-	-	938.00	968.05	-	-

Πίνακας 4.9: Κατανομή Shapley LSP_1 Παρόχου

Συνασπισμοί LSP_2	EF	EG	EH	FG	FH	GH
EF - GH	835.82	-	-	-	-	845.06
EG - FH	-	842.51	-	-	838.37	-
EH - FG	-	-	844.66	836.22	-	-

Πίνακας 4.10: Κατανομή Shapley LSP_2 Παρόχου

Καταμερισμός LSP_1	A	B	C	D
AB	438.21	537.03	-	-
CD	-	-	471.72	459.10
AC	462.60	-	505.72	-
BD	-	503.03	-	434.70
AD	453.75	-	-	484.25
BC	-	511.88	456.17	-

Πίνακας 4.11: Καταμερισμός Χρησιμότητας LSP_1 Παρόχου

Καταμερισμός LSP_2	E	F	G	H
EF	359.18	463.39	-	-
GH	-	-	156.80	635.74
EG	559.59	-	226.61	-
FH	-	393.58	-	435.33
EH	344.01	-	-	489.97
FG	-	609.16	171.97	-

Πίνακας 4.12: Καταμερισμός Χρησιμότητας LSP_2 Παρόχου

4.3.4. Υπολογισμοί Εξοικονόμησης Κόστους Μεταφοράς όταν οι LSP πάροχοι συνεργάζονται μεταξύ τους

Μέχρι στιγμής έχουμε μελετήσει πιθανές συνεργασίες μεταξύ των πελατών κάθε LSP πάροχου. Όμως, μπορούν να δημιουργηθούν συνεργασίες μεταξύ πελατών πολλαπλών LSP παρόχων. Επομένως, οι LSP πάροχοι θα πρέπει να συνεργαστούν μεταξύ τους. Συνεπώς, η σταθερή και μεταβλητή τιμή μεταφοράς αλλάζουν, δηλαδή οι νέες τιμές μεταφοράς υπολογίζονται ως ο μέσος όρος αυτών. Για τον λόγο αυτό υπολογίζουμε τον σταθμισμένο μέσο όρο κόστους χρησιμοποιώντας την ζήτηση όγκου των πελατών ως συντελεστή βαρύτητας. Άρα το σταθερό κόστος παραγγελίας F υπολογίζεται από το άθροισμα του ακριβές κόστους παραγγελίας του εκάστοτε πελάτη και από τον μέσο όρο της νέας σταθερής τιμής μεταφοράς. Ομοίως υπολογίζεται και η μεταβλητή τιμή μεταφοράς V.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών των νέων EOQ, του νέου συνολικού κόστους αλλά και της νέας εξοικονόμησης αυτού απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Συνασπισμοί LSP_1 & LSP_2	F	n	EOQA	EOQB	EOQC	EOQD	EOQE	EOQF	EOQG	EOQH	TC_0	TC_{C0}	u(S)
AE	55	45	1063				1005				12454.42	11891.42	563.00
AF	52	44	1070					996			11991.50	11440.02	551.48
AG	54	45	1067						1015		12408.05	11841.04	567.01
AH	55	45	1090							1094	12930.28	12333.51	596.77
BE	56	45		1006			984				12347.00	11761.03	585.97
BF	53	44		1011				973			11884.08	11311.86	572.22
BG	55	45		1008					993		12300.62	11712.18	588.44
BH	56	45		1029						1069	12822.86	12209.68	613.18
CE	55	44			1050		1009				12228.69	11665.82	562.87
CF	51	44			1057			1000			11765.77	11215.43	550.34
CG	54	44			1054				1019		12182.31	11615.84	566.48
CH	55	44			1076					1098	12704.55	12108.01	596.54
DE	57	43				1096	1051				12241.28	11709.77	531.52
DF	54	42				1108		1045			11778.36	11256.77	521.59
DG	56	43				1102			1062		12194.91	11659.26	535.65
DH	57	42				1145				1145	12717.14	12149.14	568.00
ABCDEFGH	176	49	970	938	954	957	917	903	923	974	49237.96	45027.72	4210.24

Πίνακας 4.13: Συνεργασία LSP_1 & LSP_2 Παρόχων

Οι αντίστοιχοι καταμερισμοί χρησιμότητας στους πελάτες από την συνεργασία των δύο LSP παρόχων απεικονίζονται στον Πίνακα 4.14.

Καταμερισμός LSP_1 & LSP_2	A	B	C	D	E	F	G	H
AE	370.76	-	-	-	192.24	-	-	-
AF	312.89	-	-	-	-	238.58	-	-
AG	518.91	-	-	-	-	-	7.41	-
AH	314.66	-	-	-	-	-	-	282.11
BE	-	431.66	-	-	154.31	-	-	-
BF	-	372.67	-	-	-	199.54	-	-
BG	-	446.03	-	-	-	-	142.41	-
BH	-	372.28	-	-	-	-	-	240.90
CE	-	-	392.25	-	170.62	-	-	-
CF	-	-	333.88	-	-	216.46	-	-
CG	-	-	407.19	-	-	-	159.28	-
CH	-	-	336.11	-	-	-	-	260.44
DE	-	-	-	370.27	161.25	-	-	-
DF	-	-	-	313.20	-	208.39	-	-
DG	-	-	-	385.48	-	-	150.18	-
DH	-	-	-	315.53	-	-	-	252.47

Πίνακας 4.14: Καταμερισμός Χρησιμότητας Συνεργασίας LSP_1 & LSP_2 Παρόχων

4.3.5. Υπολογισμοί Εξοικονόμησης Κέρδους Συνεργασίας μεταξύ των LSP παρόχων

Ο κύριος στόχος κάθε Πάροχου Υπηρεσιών Εφοδιαστικής είναι να είναι κερδοφόρος. Για τον υπολογισμό του κέρδους (Profit) θα πρέπει να αφαιρέσουμε τα έξοδα από τα έσοδα που δημιουργούνται. Τα έσοδα από τις ετήσιες μεταφορές είναι το άθροισμα της σταθερής τιμής μεταφοράς για κάθε διαδρομή και της μεταβλητής τιμής μεταφοράς για κάθε μεταφερόμενη παλέτα. Οι σταθερές και μεταβλητές τιμές μεταφοράς απεικονίζονται στον πίνακα 4.3. Το κόστος μεταφοράς του κάθε παρόχου εξαρτάται από τον αριθμό των στάσεων που πραγματοποιούνται σε κάθε διαδρομή. Οι παραπάνω υπολογισμοί απεικονίζονται στον πίνακα 4.16.

Όπως και με την εξοικονόμηση κόστους μεταφοράς και την επακόλουθη δίκαιη κατανομή του στους πελάτες, έτσι λοιπόν και το κέρδος συνεργασίας των LSP παρόχων θα πρέπει να κατανεμηθεί δίκαια μεταξύ τους. Ωστόσο, εδώ δεν είναι δυνατή η χρήση της κατανομής Shapley ως της δικαιότερης κατανομής κέρδους στους LSP παρόχους, διότι όπως έχουμε προαναφέρει, η κατανομή Shapley είναι η οριακή αναμενόμενη συνεισφορά της προσθήκης ενός παίκτη i στο συνασπισμό. Σε αυτή την περίπτωση είναι αδύνατον να υπολογίσουμε την Αξία Shapley, δεδομένου ότι οι επιπλέον παίκτες στον συνασπισμό είναι στο επίπεδο των πελατών, ενώ εμείς πρέπει να υπολογίσουμε την πρόσθετη αξία που δημιουργείται στο επίπεδο των Παρόχων Υπηρεσιών Εφοδιαστικής. Ως εκ τούτου, για την δίκαιη κατανομή του κέρδους στους LSP παρόχους, χρησιμοποιήσαμε την αναλογία καταμερισμού χρησιμότητας συνεργασίας των δυο παρόχων, δηλαδή:

$$Ratio(LSP_j) = \frac{\sum_{i \in S,\ LSP_j} (SV_i)}{\sum_{i \in S} (SV_i)} \tag{4.8}$$

με SV_i = η τιμή Shapley του παίκτη i.

Οι αναλογίες για κάθε LSP πάροχο απεικονίζονται στον πίνακα 4.15. Για τον υπολογισμό του κέρδους κάθε LSP παρόχου, το ολικό κέρδος πολλαπλασιάζεται με την υπολογισθείσα αναλογία εκάστοτε LSP παρόχου. Οι παραπάνω υπολογισμοί απεικονίζονται στον πίνακα 4.16.

Καταμερισμός LSP_1 & LSP_2	A	B	C	D	E	F	G	H	Ratio LSP_1	Ratio LSP_2
AE	370.76				192.24				0.66	0.34
AF	312.89					238.58			0.57	0.43
AG	518.91						7.41		0.99	0.01
AH	314.66							282.11	0.53	0.47
BE		431.66			154.31				0.74	0.26
BF		372.67				199.54			0.65	0.35
BG		446.03					142.41		0.76	0.24
BH		372.28						240.90	0.61	0.39
CE			392.25		170.62				0.70	0.30
CF			333.88			216.46			0.61	0.39
CG			407.19				159.28		0.72	0.28
CH			336.11					260.44	0.56	0.44
DE				370.27	161.25				0.70	0.30
DF				313.20		208.39			0.60	0.40
DG				385.48			150.18		0.72	0.28
DH				315.53				252.47	0.56	0.44

Πίνακας 4.15: Αναλογίες Καταμερισμού Χρησιμότητας Συνεργασίας LSP_1 & LSP_2 Παρόχων

Συνασπισμοί LSP_1 & LSP_2	Κόστος	Έσοδα	Ολικό Κέρδος	Κέρδος (LSP_1)	Κέρδος (LSP_2)
AE	6204.07	7018.00	813.93	536.01	277.92
AF	6199.63	6908.00	708.37	401.91	306.46
AG	6244.89	7145.36	900.47	887.79	12.68
AH	6549.81	7547.36	997.55	525.98	471.57
BE	5967.49	6875.76	908.27	669.09	239.19
BF	5952.19	6765.76	813.57	529.86	283.71
BG	6003.48	6919.12	915.64	694.05	221.60
BH	6293.83	7321.12	1027.29	623.70	403.59
CE	6175.69	6990.28	814.59	567.67	246.92
CF	6173.15	6880.28	707.13	429.00	278.13
CG	6217.32	7033.64	816.32	586.79	229.53
CH	6524.28	7435.64	911.36	513.48	397.88
DE	6442.61	7008.90	566.29	394.49	171.80
DF	6458.33	6898.90	440.57	264.55	176.02
DG	6491.87	7052.26	560.39	403.27	157.11
DH	6872.16	7454.26	582.10	323.36	258.74

Πίνακας 4.16: Υπολογισμός Κέρδους Συνεργασίας μεταξύ των LSP Παρόχων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα & ενδείξεις για περαιτέρω έρευνα

Σε αυτήν την διατριβή εξετάσαμε την Εφοδιαστική Αλυσίδα, τα μέλη της οποίας συνεργάζονται κάνοντας μια συμφωνία με σκοπό να συντονίσουν τις στρατηγικές τους προκειμένου να βελτιώσουν, αφενός μεν την συνολική επίδοση της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, αφετέρου δε και το δικό τους ατομικό κέρδος (Leng & Parlar, 2005). Χρησιμοποιήσαμε την Θεωρία Παιγνίων για να αναλύσουμε τον συντονισμό της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, δεδομένου ότι είναι η καλύτερη μέθοδος για να απεικονίσουμε την διαδικασία λήψης αποφάσεων σε μια κατάσταση με πολλά αλληλοεξαρτώμενα μέρη όπου το αποτέλεσμα εξαρτάται από την ατομική επιλογή κάθε μέρους ξεχωριστά.

Υπάρχουν πάρα πολλά εμπειρικά στοιχεία που αποδεικνύουν τη σημασία της συνεργασίας μεταξύ των μελών της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, προκειμένου να βελτιωθεί η συνολική της απόδοση. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιήσαμε την Θεωρία των Παιγνίων Συνεργασίας, τα οποία μελετούν τι μπορούν να επιτύχουν οι παίκτες, τι και πως πιθανοί συνασπισμοί θα δημιουργηθούν, πως οι δημιουργηθέντες συνασπισμοί κατανέμουν δίκαια τα οφέλη στα μέλη του αντίστοιχου συνασπισμού και αν το αποτέλεσμα είναι σταθερό και εύρωστο (Nagarajan & Sošić, 2008). Τα Παίγνια Συνεργασίας επικεντρώνονται στην έκβαση του παιγνίου, όπου το αποτέλεσμα μετριέται με την αξία που δημιουργείται μέσω την συνεργασίας ενός υποσυνόλου παικτών (Cachon, 2004).

Ο συντονισμός της Εφοδιαστικής Αλυσίδας μπορεί να είναι μια από τις πιο δύσκολες πτυχές της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας. Ενώ πολλές επιχειρήσεις δεν συνειδητοποιούν την δυναμική της Εφοδιαστικής Αλυσίδας, άλλες που το συνειδητοποιούν δεν πετυχαίνουν την επίτευξη του ενδοεπιχειρησιακού συντονισμού (Arshinder, 2008). Για τον επιτυχή συντονισμό συνεργασίας, τα κέρδη της συνεργασίας θα πρέπει να κατανέμονται δίκαια μεταξύ των μελών του εκάστοτε συνασπισμού. Κανένα μέλος της Εφοδιαστικής Αλυσίδας δεν θα θελήσει να σχηματίσει έναν συνασπισμό συνεργασίας σε περίπτωση άδικης κατανομής των κερδών.

Στο παράδειγμά μας εργαστήκαμε με δύο Παρόχους Υπηρεσιών Εφοδιαστικής εκ των οποίων κάθε πάροχος εξυπηρετεί τέσσερις πελάτες. Αυτοί οι πελάτες θεωρούνται όλοι αποστολείς, οι οποίοι δραστηριοποιούνται στον ίδιο τομέα αγοράς και πωλούν προϊόντα με περίπου ίδια χαρακτηριστικά. Ενώ στην βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές συνεργασιών μεταξύ των αποστολέων, οι οποίοι βρίσκονται στην ίδια γεωγραφική περιοχή, εμείς θα αναζητήσουμε και συνεργασίες μεταξύ όγκου προϊόντων. Κάθε φορά που ένας αποστολέας δίνει εντολή αποστολής, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό κόστος, για κάθε προϊόν της

παραγγελίας, λαμβάνει χώρα. Ανεξάρτητα από τον όγκο της παραγγελίας, το σταθερό κόστος θα πραγματοποιηθεί. Όταν οι πελάτες εξυπηρετούνται από κοινού, τότε η Οικονομική Ποσότητα Παραγγελίας (Economic Order Quantity ή EOQ) τους θα είναι χαμηλότερη, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση κόστους για τους ίδιους τους πελάτες. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα στην από κοινού εξυπηρέτηση των πελατών είναι ο χαμηλός κύκλος αποθέματος. Η επιχείρηση θα είναι πιο προσεκτική στο να απαιτήσει αλλαγές στην αγορά, δεδομένου ότι ένας χαμηλός κύκλος αποθέματος έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει μικρότερο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της παραγωγής ενός προϊόντος και της πώλησής του.

Η συνεργασία των πελατών περνά μέσω των Παρόχων Υπηρεσιών Εφοδιαστικής, με την διαφορά όμως ότι υπάρχουν πολλαπλοί Πάροχοι Υπηρεσιών Εφοδιαστικής και ως εκ τούτου και οι πελάτες τους μπορούν να συνεργαστούν μεταξύ τους. Αυτό δίνει λύση σε επιχειρήσεις οριζόντιας συνεργασίας οι οποίες είναι απρόθυμες να μοιραστούν ευαίσθητες πληροφορίες. Φυσικά αυτό ισχύει μόνο για τους αποστολείς. Στο παράδειγμά μας, επίσης, οι Πάροχοι Υπηρεσιών Εφοδιαστικής πρέπει να συνεργαστούν μεταξύ τους, άρα μπορούμε να το θεωρήσουμε ως ένα διπλής οριζόντιας συνεργασίας παράδειγμα. Τα κέρδη εδώ είναι η εξοικονόμηση του κόστους που δημιουργείται μέσω της κοινής οργάνωσης της μεταφοράς των προϊόντων. Υποθέσαμε ότι οι Πάροχοι Υπηρεσιών Εφοδιαστικής είναι πρόθυμοι να μοιραστούν τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να επιτευχθεί η από κοινού συνεργασία, αν και αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως μια ισχυρή παραδοχή από μέρους μας, διότι εξακολουθούν να είναι ανταγωνιστές.

Για την δίκαιη κατανομή, που δημιουργήθηκε από την εξοικονόμηση κόστους μεταφοράς στους πελάτες χρησιμοποιήσαμε την Κατανομή Shapley λόγω της ευκολίας των υπολογισμών σε σχέση με άλλες μεθόδους. Επίσης, για την δίκαιη κατανομή του κέρδους στους LSP παρόχους, χρησιμοποιήσαμε την αναλογία καταμερισμού χρησιμότητας συνεργασίας των δυο παρόχων και καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι, αφενός για την εξοικονόμηση κόστους μεταφοράς, οι πελάτες θα πρέπει να την αναθέσουν σε κάποιο LSP πάροχο και αφετέρου, για την καλύτερη εξοικονόμηση κόστους μεταφοράς αλλά και εξοικονόμηση κέρδους οι LSP πάροχοι θα πρέπει να συνεργαστούν μεταξύ τους.

Είναι αξιοσημείωτο ότι το ενδιαφέρον της χρήσης της Θεωρίας Παιγνίων Συνεργασίας για να αναλύσει το πρόβλημα συντονισμού της Εφοδιαστικής Αλυσίδας έχει αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό. Υπάρχουν πάρα πολλές ευκαιρίες για περαιτέρω έρευνα, όπως η μελέτη διαφορετικού τύπου μεταφοράς, η μελέτη λόγω χιλιομετρικών αποστάσεων κ.ο.κ.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

Arshinder K. A. & Deshmukh S. (2008). Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. Int. J. Production Economics, 115: 316-335.

Cachon G. (2004). Game theory in supply chain analysis. In Smichi-Levi D., Wu S., and Shen Z., editors, Handbooks of Quantitative supply chain analysis: Modeling in the e Business Era., chapter 2, 13-66. Kluwer Academic Publishers.

Carter C. R., & Ellram L. M. (1998). Reverse Logistics: A Review of the Literature and Framework for Future Investigation. Journal of Business Logistics, 19 (1), 85-102.

Chopra S. & Meindl P. (2001). e-Business and the Supply Chain. In Supply Chain Management. Chopra S and Meindl P. (Eds.), Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, NJ.

Chopra S. & Meindl P. (2010). Supply Chain Management-Strategy, Planning and Operation. Pearson Education, 4th Edition.

Cruijssen F., Borm P., Fleuren H., &Hamers H. (2010a). Supplier-Initiated Outsourcing: A Methodology to Exploit Synergy in Transportation. European Journal of Operational Research, 207(2): 763-774.

Cruijssen F., Cools M., & Dullaert W. (2007). Horizontal Cooperation in Logistics: Opportunities and Impediments. Transportation Research Part E, 43:129-142.

Drechsel J. & Kimms, A. (2010). Computing Core Allocations in Cooperative Games with an Application to Cooperative Procurement. Int. J. Production Economics, 128:310-321.

Fiestras-Janeir M., Garcia-Jurado I., Meca A., & Mosquera M. (2011). Cooperative Game Theory and Inventory Management. European Journal of Operational Research, 210: 459-466.

Gattorna J. (1997). Fourth-Part Logistics: En route to Breakthrough Performance in the Supply Chain. Gattorna, J. (Ed.), Strategic Supply Chain Alignment, Gower, Aldershot, 425-445.

Handfield Nichols Supply Chain Redesign: Transforming Supply Chains into Integrated Value Systems, 2002.

Hennet J. & Arda Y. (2008). Supply Chain Coordination: A Game-Theory Approach. Egineering Applications of Artificial Intelligence, 21:399-405.

Hertz S., & Alfredsson M. (2003). Strategic Development of Third Party Logistics Providers. Industrial Marketing Management, 32, 139-149.

Kopczak L. R. & Johnson M. E. (2003), The Supply-Chain Management Effect, MIT Sloan Management Review, 44(3): 27

Kroon L. &Vrijens, G., (1995). Returnable Containers: An Example of Reverse Logistics. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 25 (2), 56-68.

Leng M. & Parlar M. (2005). Game Theoretic Applications in Supply Chain Management: A Review. ABI INFORM Global, 43(3).

Leng M. & Parlar M. (2009). Allocation of Cost Savings in a Three-Level Supply Chain with Demand Information Sharing: A Cooperative-Game Approach. INFORMS, 57(1): 200-213.

Lotte Van Meirvenne (2012). Master Thesis: "Applications of Game Theory in Supply Chain Coordination", University of Ghent, Faculty of Applied Economic Sciences.

Martin J. O. (2002). An Introduction to Game Theory, Oxford University Press.

Nagarajan M. & Sošic G. (2008). Game-Theoretic Analysis of Cooperation among Supply Chain Agents: Review and Extension. European Journal of Operational Reserach, 187: 719-745.

Nash J. (1953). Two-Person Cooperative Games. Econometrica, 21(1): 128-140.

Orshan G. & Sudhölter P. (2010). The Positive Core of a Cooperative Game. International Journal of Game Theory, 39: 113-136.

Porter M. (1985). Competitive Creating & Sustaining Superior Performance, NY, The Free Press.

Reinhardt G. & Dada, M. (2005). Allocating the Gains from Resource Pooling with the Shapley Value. Journal of the Operational Research Society, 56: 997–1000.

Shapley L. (1953). A Value for n-Person Games. In Kuhn H. & Tucker A., Contributions to the Theory of Games II, 307–317. Princeton University Press.

Simchi-Levi D., Simchi-Levi E. & Kaminsky P. (2000), Designing and Managing the Supply Chain, Mc Graw-Hill.

Stock J. R., (1998). Development and Implementation of Reverse Logistics Programs, 9-10, 20.

Theys C.Dullaert, W. & Notteboom T. (2008). Analyzing Cooperative Networks in Intermodal Transportation: A Game-Theoretic Approach. NECTAR Logistics and Freight Cluster Meeting, p. 22.

Von Neumann J. & Morgenstern O. (1944). Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press.

Wong H., Oudheusden D. V. & Cattrysse D. (2007). Cost Allocation in Spare Parts Inventory Pooling. Transportation Research Part E, 43:370-386.

Xiaozhou X., Shenle P. &Ballot E. (2012). Game Theoretic Contribution to Horizontal Cooperation in Logistics. 4th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain-ILS, p.10.

Ελληνική

Βαρουφάκης Γ. (2007). Θεωρία Παιγνίων-Η θεωρία που Φιλοδοξεί να Ενοποιήσει τις Κοινωνικές Επιστήμες. Εκδόσεις Gutenberg.

Δ. Φωλίνας, Β. Μάνθου, Μ. Βλαχοπούλου, (2007). Ολοκληρωμένα Πληροφοριακά Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρηματικών Πόρων. Εκδόσεις Ανικούλα, Θεσσαλονίκη.

Καϊμακάμης Γεώργιος, (2015). Σημειώσεις μαθήματος «Συλλογιστική των Αντίπαλων Μερών». Μ.Π.Σ «Εφαρμοσμένη Επιχειρησιακή Έρευνα & Ανάλυση», Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων – Πολυτεχνείο Κρήτης.

Μαρινάκης Ιωάννης, (2016). Σημειώσεις μαθήματος «Μοντελοποίηση Εφοδιαστικής Αλυσίδας». Μ.Π.Σ «Εφαρμοσμένη Επιχειρησιακή Έρευνα & Ανάλυση», Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων-Πολυτεχνείο Κρήτης.

Μηλολιδάκης Κωστής, (2009). Θεωρία Παιγνίων-Μαθηματικά Μοντέλα Σύγκρουσης & Συνεργασίας. Εκδόσεις Σοφία Α.Ε.

Ιστότοποι

https://en.wikipedia.org/wiki/Game_theory

https://en.wikipedia.org/wiki/Nash_equilibrium

https://en.wikipedia.org/wiki/Prisoner%27s_dilemma

https://en.wikipedia.org/wiki/Cooperative_game_theory

https://en.wikipedia.org/wiki/Supply_chain_management

https://en.wikipedia.org/wiki/Third-party_logistics

http://www.supply-chain.gr/