

Application of Game Theory in Supply Chain Management

Konstantinos Pavlidis

Department of Financial Accounting,
University of Macedonia, GR
k.pavlidis@thessaloniki.gr

Abstract

In this paper, a game theory problem is examined in the context of supply chain management and logistics. Game Theory is a well established research field and has become the foundation of all economic theory. A numerous game theory applications have surpassed the limits of economic theory and tend to "invade" in all social sciences, biology and philosophy. In the list of the applications, there are also well known games such as chess, poker, baseball, and computer games. The list is very diverse and almost endless. The competition among enterprises, the conflict between managers and workers, the power of the judiciary, war and peace negotiations between countries, and so on, are all examples of games in action. This paper presents the applicability of game theory problems in the supply chain management field, by examining the relations between manufacturers and suppliers.

Keywords: Game Theory, Supply Chain Management

Εφαρμογή της Θεωρίας Παιγνίων στη Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Κωνσταντίνος Παυλίδης

Τμήμα Χρηματοοικονομικής Λογιστικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
k.pavlidis@thessaloniki.gr

Περίληψη

Σε αυτή την εργασία εξετάζεται ένα πρόβλημα της θεωρίας παιγνίων στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας. Η θεωρία Παιγνίων είναι ένας τομέας της έρευνας ο οποίος έχει καθιερωθεί ως το θεμέλιο όλων των οικονομικών θεωριών. Αμέτρητες εφαρμογές της θεωρίας παιγνίων έχουν ξεπεράσει τα όρια της οικονομικής θεωρίας και τείνουν να εισβάλουν στις κοινωνικές επιστήμες, στη βιολογία και στη φιλοσοφία. Στη λίστα των εφαρμογών υπάρχουν πολύ γνωστά παιχνίδια όπως το σκάκι, το πόκερ, το μπέιζμπολ και τα παιχνίδια υπολογιστών. Η λίστα είναι πολυποικίλη και σχεδόν ατελείωτη. Ο ανταγωνισμός μεταξύ των επιχειρήσεων, η σύγκρουση μεταξύ διαχειριστών και εργατών, η ισχύς της δικαστικής εξουσίας, ο πόλεμος και οι ειρηνευτικές διαπραγματεύσεις μεταξύ των χωρών είναι όλα παραδείγματα παιγνίων στην δράση. Η παρούσα εργασία παρουσιάζει την εφαρμογή της θεωρίας παιγνίων στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ κατασκευαστών και προμηθευτών.

Λέξεις-κλειδιά: Θεωρία Παιγνίων, Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, Προμήθεια

Εισαγωγή

Η θεωρία Παιγνίων είναι ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα που έχει εισβάλει ολιστικά στη βιβλιογραφία κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών. Αυτό αποδεικνύει τη χρησιμότητα της επιστήμης αυτής σε ένα τεράστιο φάσμα εφαρμογών. Το 1944, οι Von Neumann και Morgenstern εισήγαγαν το στρατηγικό κανονικό παιχνίδι. Στα επόμενα χρόνια, η ανάπτυξη σημαντικών πτυχών της θεωρίας παιγνίων έλαβε χώρα, όπως το στρατηγικό εκτεταμένο παιχνίδι, η έννοια των καθαρών και μικτών στρατηγικών, τα coalition games και επίσης, η θεωρία της προσδοκώμενης ωφέλειας και η λύση maxmin. Οι εξελίξεις αυτές είχαν ως αποτέλεσμα την κατακόρυφη ανάπτυξη της θεωρίας παιγνίων.

Το 1950, εισήχθη η θεωρία της ισορροπίας (Nash equilibrium) από τον John Nash, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως η θεμελιώδης έννοια για τη θεωρία των παιγνίων. Ο ίδιος εξέδωσε περαιτέρω εργασίες, παρουσιάζοντας την διαπραγματευτική λύση του Nash (Nash bargaining solution). Στη συνέχεια, το 1953, ο Kuhn εισήγαγε παιχνίδια με ατελή πληροφόρηση, στα οποία ο παίκτης ξέρει τι κινήσεις έχουν ήδη γίνει από άλλους παίκτες [Shubik, M., 1962]. Σε παίγνια μη συνεργασίας, οι Luce και Raiffa (1957) εξέδωσαν μια πραγματεία με τίτλο «Μέθοδος της επαναλαμβανόμενη εξέλιψης των κυριαρχούμενων στρατηγικών» και εισήγαγαν την έννοια των επαναλαμβανόμενων παιγνίων. Τέσσερα χρόνια αργότερα, το 1961, η εισαγωγή των πλειστηριασμών πραγματοποιήθηκε από τον Vickrey [Vickrey, William., 1961]. Στη συνέχεια, ο Selten το 1965 θέσπισε την θεωρία της τέλει ισορροπίας και αργότερα έχουμε την μπαϋεσιανή Nash ισορροπία για τα παιχνίδια με ατελή πληροφόρηση από τον Harsanyi το 1968 [Rubinstein, A, 1982], [Harsanyi, John, T, 1967/1968].

Αρκετές δημοσιεύσεις πραγματοποιούνται για τα τυχερά παίγνια συνεργασίας. Το 1953 ο Shapley εισήγαγε τη θεωρία των τιμών Shapley (Shapley value) και του πυρήνα [Shapley, S, Lloyd., 1953]. Συνεχίζοντας, έχουμε τη θεωρία των συνεργατικών παιγνίων από τον Aumann (1959) και Shubik (1962) [Aumann, R. , J., 1959], [Shubik, M., 1962] .

Το 1973, η ιδέα της μικτής στρατηγικής παρουσιάστηκε από τον Harsanyi, ενώ το 1974, ο Aumann ορίζει τη συσχετισμένη ισορροπία [Harsanyi JC, 1973], [Aumann, RJ, 1974]. Την επόμενη χρονιά, το 1975, ο Selten εισήγαγε την ιδέα της ισορροπίας τρεμάμενου χεριού για μπαϋεσιανά παιχνίδια [Selten, R., 1975]. Επτά χρόνια αργότερα, το 1982, οι Kerps και Wilson εισήγαγαν την έννοια της διαδοχικής ισορροπίας για εκτεταμένα παίγνια με ατελή πληροφόρηση. Την ίδια χρονιά ο Rubinshtein (1982) διαφοροποίησε τη λύση διαπραγμάτευσης Nash σε ένα στρατηγικό παιχνίδι με εκτεταμένες διαδοχικές διαπραγματεύσεις [Rubinstein, A, 1982]. Το 1986, οι Kohlberg και Mertens ανέπτυξαν την πρόσθετη επαγωγή [Kohlberg, E, και Mertens, J.-F., 1986]. Το ίδιο έτος 1986, οι Fudenberg και Maskin δημοσίευσαν τη σχετική μελέτη επαναλαμβανόμενων παιγνίων [Fudenberg, D, και Maskin, E, 1986]. Στη συνέχεια, έχουμε τη θεωρία της επιλεκτικής ισορροπίας για όλους τους τύπους των παιγνίων από τους Harsanyi και Selten (1988) [Harsanyi, JC, και Selten R., 1988]. Τρία χρόνια αργότερα, το 1991, οι Fudenberg και Tirole ανέπτυξαν την τέλεια μπαϋεσιανή ισορροπία [Fudenberg, D, και Tirole, J., 1991]. Τέλος, το 1999, ο Myerson παρουσίασε μια επισκόπηση του έργου του Nash, θέλοντας να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη των θεμελιωδών ιδεών των μη συνεργατικών παιγνίων.

Αξίζει να αναφερθεί πως η θεωρία Παιγνίων βρήκε εφαρμογή και

χρησιμοποιείται σε πολλούς κλάδους όπως στη θεωρία των διεθνών σχέσεων, στην ανάλυση των δυνατοτήτων δυο υπερδυνάμεων, στην ανάλυση του ολιγοπωλιακού ανταγωνισμού στο πεδίο των επιχειρήσεων, στη διαδικασία λήψης αποφάσεων ανάμεσα σε επιχειρήσεις, ανάμεσα σε εργαζομένους και εργοδότες, στην εξελικτική βιολογία, στην πολιτική επιστήμη κτλ. Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει τη δυνατότητα εφαρμογής της θεωρίας παιγνίων στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας. Πιο συγκεκριμένα, η εργασία αυτή παρουσιάζει την αυστηρή - ασθενής κυριαρχία και την ισορροπία Nash στις διαδικασίες σύναψης συμβάσεων προμηθειών με την εξέταση του προβλήματος των προθεσμιών.

Πλαίσιο μεθοδολογίας

Ο όρος «θεωρία παιγνίων» παραπέμπει σε επιτραπέζια παιχνίδια, όπως το σκάκι, το τάβλι, τα χαρτιά κ.λ.π., διότι από μαθηματικής άποψης η μελέτη αυτών των παιγνίων μοιάζει με την μελέτη των περιστάσεων όπου λαμβάνονται σοβαρές οικονομικές, πολιτικές, στρατιωτικές ή άλλες αποφάσεις από περισσότερους από έναν αποφασίζοντες. Πιο αναλυτικά σε κάθε παίγνιο ο κάθε αντίπαλος αναφέρεται ως παίκτης. Κάθε παίκτης έχει στην διάθεση του έναν αριθμό, πεπερασμένο ή άπειρο, επιλογών, που αναφέρονται ως στρατηγικές. Τα αποτελέσματα ενός παιγνίου διατυπώνονται ως συναρτήσεις απώλειας ή συναρτήσεις κέρδους, μια για κάθε παίκτη, που όμως επηρεάζονται από τις αποφάσεις των άλλων παικτών. Ένα παίγνιο χαρακτηρίζεται από μια συλλογή κανόνων που το διέπουν και που είναι γνωστοί σε όλους τους παίκτες. Οι κανόνες αυτοί ορίζουν τι μπορεί και τι δεν μπορεί να κάνει ένας παίκτης. Οι ίδιοι κανόνες ορίζουν επίσης και τις αμοιβές ή απώλειες που απορρέουν από τις επιλογές των παικτών. Μία κίνηση είναι ένα σημείο του παιγνίου στο οποίο οι παίκτες πρέπει να κάνουν επιλογές ανάμεσα στις διαθέσιμες κάθε φορά επιλογές τους. Ένα σύνολο κινήσεων και επιλογών αποτελεί ένα «παίξιμο» του παιγνίου. Οι στρατηγικές είναι κεντρική έννοια στα παίγνια, τα οποία συχνά αναφέρονται ως παίγνια στρατηγικής. Μια στρατηγική μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα σύνολο αποφάσεων που διατυπώνεται πριν το «παίξιμο» και που ορίζει λεπτομερώς τις επιλογές που γίνονται σε κάθε δυνατή περίπτωση.

Σημαντικό ρόλο όμως στη λύση ενός παιγνίου παίζει και η κοινωνική υπόσταση των παικτών. Η κοινωνική μας ζωή στηρίζεται πάνω σε αυτό που στους αλγόριθμους ονομάζουμε βελτιστοποίηση. Με άλλα λόγια η ζωή αποτελεί ένα παιχνίδι στο οποίο ο καθένας προσπαθεί να κάνει τις σωστές κινήσεις ώστε να φτάσει σε ένα σκοπό του πιο εύκολα και πιο γρήγορα. Παρ' όλα αυτά όλοι γνωρίζουμε ότι η κοινωνική μας ζωή εξαρτάται και από την κοινωνική ζωή των άλλων. Άρα τα ερωτήματα περιπλέκονται.

Στις επόμενες παραγράφους θα εξετάσουμε ένα πρόβλημα μεταξύ ενός προμηθευτή και μιας επιχείρησης στο οποίο θα δούμε πόσο ακριβής πρέπει να είναι ένας προμηθευτής ώστε να επιτύχει το μέγιστο κέρδος.

Το πρόβλημα των προθεσμιών

Σε αυτό το κεφάλαιο, εξετάζεται ένα πρόβλημα που αφορά τις προμήθειες. Παρουσιάζει τη σημασία που έχει το πόσο ακριβής πρέπει να είναι ο προμηθευτής, προκειμένου να επιτευχθεί το μέγιστο κέρδος. Υπάρχουν δύο παίκτες που συμμετέχουν σε αυτό το παιχνίδι. Συγκεκριμένα, μια αυτοκινητοβιομηχανία A (παίκτης 1) χρειάζεται καθίσματα αυτοκινήτου για να ολοκληρώσει τη διαδικασία παραγωγής. Αυτά τα καθίσματα αυτοκινήτων παρέχονται στην αυτοκινητοβιομηχανία A από τον Προμηθευτή

B (παίκτης 2) σε ημερομηνία που καθορίζεται βάση προκαθορισμένων συμβάσεων. Υπάρχουν ορισμένες κυρώσεις στις συμβάσεις για τις περιπτώσεις των πρώιμων ή καθυστερημένων αφίξεων, οι οποίες οδηγούν σε μειώσεις πληρωμών. Ειδικές αμοιβές έχουν αναπτυχθεί ως εξής:

1 Για την περίπτωση που και οι δύο παίκτες έχουν καθυστερήσει. Ο κατασκευαστής έχει καθυστερήσει στην παραγωγική διαδικασία, ενώ ο προμηθευτής δεν είναι έτοιμος να παραδώσει τα αγαθά εγκαίρως. Σε αυτή την περίπτωση, ο κατασκευαστής λαμβάνει το μέγιστο των πιστώσεων (10), καθώς η κατάσταση είναι βολική για τις διαδικασίες του και ο προμηθευτής παίρνει τις ελάχιστες μονάδες (2), λόγω των προκαθορισμένων συμβάσεων.

2 Για την περίπτωση που ο κατασκευαστής είναι στην ώρα του και ο προμηθευτής έχει καθυστερήσει. Ο κατασκευαστής είναι στην ώρα του στη διαδικασία παραγωγής, ενώ ο προμηθευτής δεν είναι έτοιμος να παραδώσει τα αγαθά εγκαίρως. Σε αυτή την περίπτωση, ο κατασκευαστής λαμβάνει 5 μονάδες, γιατί δεν μπορεί να συνεχίσει την παραγωγή και ο προμηθευτής λαμβάνει 2 μονάδες λόγω των κυρώσεων που έχουν συμφωνηθεί στις συμβάσεις.

3 Για την περίπτωση που ο κατασκευαστής είναι έτοιμος νωρίτερα και ο προμηθευτής έχει καθυστερήσει. Ο κατασκευαστής είναι έτοιμος να χρησιμοποιήσει τα καθίσματα των αυτοκινήτων νωρίτερα από ό,τι είχε προβλέψει, ενώ ο προμηθευτής δεν είναι έτοιμος να παραδώσει τα αγαθά εγκαίρως. Σε αυτή την περίπτωση, ο κατασκευαστής παίρνει 2 πόντους γιατί πρέπει να καθυστερήσει τη διαδικασία παραγωγής και ο προμηθευτής λαμβάνει 2 μονάδες λόγω των κυρώσεων που έχουν συμφωνηθεί στις συμβάσεις.

4 Για την περίπτωση που ο κατασκευαστής έχει καθυστερήσει και ο προμηθευτής είναι στην ώρα του. Ο κατασκευαστής έχει αργήσει στην παραγωγική διαδικασία, ενώ ο προμηθευτής είναι έτοιμος να παραδώσει τα καθίσματα στην ώρα τους. Σε αυτή την περίπτωση, ο κατασκευαστής λαμβάνει 5 μονάδες γιατί δεν είναι έτοιμος να χρησιμοποιήσει τα καθίσματα αυτοκινήτων στον προκαθορισμένο χρόνο και ο προμηθευτής λαμβάνει τις μέγιστες μονάδες (10) σύμφωνα με την σύμβαση.

5 Για την περίπτωση που και οι δύο παίκτες είναι στην ώρα τους. Ο κατασκευαστής είναι έτοιμος να χρησιμοποιήσει τα καθίσματα των αυτοκινήτων, ενώ ο προμηθευτής είναι έτοιμος να παραδώσει τα αγαθά εγκαίρως. Στην περίπτωση αυτή και οι δύο παίρνουν τις μέγιστες μονάδες (10), διότι ο πρώτος είναι έτοιμος να χρησιμοποιήσει τα καθίσματα και ο δεύτερος μπορεί να παραδώσει τα αγαθά στην προκαθορισμένη ώρα.

6 Για την περίπτωση που ο κατασκευαστής είναι έτοιμος νωρίτερα και ο προμηθευτής είναι στην ώρα του. Ο κατασκευαστής είναι έτοιμος να χρησιμοποιήσει νωρίτερα τις θέσεις από τον προκαθορισμένο χρόνο, ενώ ο προμηθευτής μπορεί να τις παραδώσει στην ώρα τους. Σε αυτή την περίπτωση, ο κατασκευαστής λαμβάνει 5 μονάδες γιατί πρέπει να σταματήσει τη διαδικασία παραγωγής και ο προμηθευτής να λαμβάνει 10 μονάδες βάση τη συμφωνία.

7 Για την περίπτωση που ο κατασκευαστής έχει καθυστερήσει και ο προμηθευτής είναι έτοιμος νωρίτερα. Ο κατασκευαστής έχει αργήσει στη παραγωγική διαδικασία, ενώ ο προμηθευτής είναι σε θέση να παραδώσει τα εμπορεύματα νωρίτερα. Σε αυτή την περίπτωση ο κατασκευαστής παίρνει τις ελάχιστες μονάδες (2) γιατί χρειάζεται περισσότερος χρόνος για να επιτευχθεί το κρίσιμο σημείο που θα είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει τα καθίσματα και ο προμηθευτής λαμβάνει 5 μονάδες σύμφωνα με τις ποινές που υπάρχουν στις συμβάσεις.

8 Για την περίπτωση που ο κατασκευαστής είναι στην ώρα του και ο προμηθευτής είναι έτοιμος νωρίτερα. Ο κατασκευαστής είναι έτοιμος να χρησιμοποιήσει τα αγαθά εγκαίρως, ενώ ο προμηθευτής είναι έτοιμος να παραδώσει τα εμπορεύματα νωρίτερα. Σε αυτή την περίπτωση ο

κατασκευαστής λαμβάνει τις μέγιστες μονάδες (10), γιατί έχει ήδη τα καθίσματα του αυτοκινήτου στην αποθήκη, αλλά ο δεύτερος παίρνει 5 σύμφωνα με τις κυρώσεις της σύμβασης.

9 Τέλος, για την περίπτωση που και οι δύο παίκτες είναι έτοιμοι νωρίτερα. Ο κατασκευαστής είναι έτοιμος να χρησιμοποιήσει τα αγαθά νωρίς ενώ ο προμηθευτής μπορεί να παραδώσει τις θέσεις πριν από την προκαθορισμένη ώρα. Ο πρώτος παίρνει το μέγιστο αριθμό μονάδων (10), γιατί έχει ήδη τα καθίσματα των αυτοκινήτων στην αποθήκη, αλλά ο προμηθευτής λαμβάνει 5 μονάδες σύμφωνα με τις κυρώσεις της σύμβασης.

Ο πίνακας που ακολουθεί δείχνει τις αποδόσεις του κατασκευαστή και του προμηθευτή όπως εξηγούνται παραπάνω .

Table 1: Το πρόβλημα των προθεσμιών

Το πρόβλημα των προθεσμιών		Προμηθευτής		
		ΑΡΓΑ	ΣΤΗΝ ΩΡΑ	ΝΩΡΙΣ
Κατασκευαστής	ΑΡΓΑ	10 , 2	5 , 10	2 , 5
	ΣΤΗΝ ΩΡΑ	5 , 2	10 , 10	10 , 5
	ΝΩΡΙΣ	2 , 2	5 , 10	10 , 5

Το πρόβλημα αυτό θα εξεταστεί, πρώτον, αν η κυρίαρχη στρατηγική που έχουν και οι δύο παίκτες είναι ασθενής ή αυστηρή και δεύτερον θα λύσουμε το παιχνίδι βρίσκοντας τη Nash ισορροπία. Στον Πίνακα 2, βάζουμε τις αποδόσεις και παρατηρούμε ότι και οι δύο παίκτες έχουν κυρίαρχη στρατηγική. Τόσο για τον κατασκευαστή όσο για τον προμηθευτή είναι η δεύτερη στρατηγική, στην οποία και οι δύο πρέπει να είναι στην ώρα τους. Για τον κατασκευαστή, η δεύτερη στρατηγική είναι 25 μονάδες και για τον προμηθευτή είναι 30 μονάδες. Επίσης για τον κατασκευαστή, δύο στρατηγικές έχουν την ίδια πληρωμή (17 μονάδες), αλλά για τον προμηθευτή κάθε στρατηγική είναι διαφορετική. Δεν γνωρίζουμε ακόμη αν οι κυριαρχίες είναι αυστηρές ή ασθενείς. Αυτός ο διαχωρισμός γίνεται εύκολα αντιληπτός μέσα από τα διαγράμματα.

Table 2: Το πρόβλημα των προθεσμιών (αποδόσεις)

10	2	5	10	2	5	Payoff p1:17
5	2	10	10	10	5	Payoff p1:25
2	2	5	10	10	5	Payoff p1:17
	Payoff p2:5		Payoff p2:30		Payoff p2:15	

Στον πίνακα 3, παρατηρούμε τα ακριβή ποσοστά επί της % της κάθε απόδοσης και κάθε στρατηγικής του κατασκευαστή και του προμηθευτή. Αυτό το είδος των δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην οικονομετρική ανάλυση. Στα παιχνίδια όπου δεν υπάρχει ισορροπία κατά Nash, τα ποσοστά είναι ο μόνος τρόπος για να ελέγξουμε την βέλτιστη στρατηγική για κάθε παίκτη.

Table 3: Το πρόβλημα των προθεσμιών (ακριβή ποσοστά)

Player 1: Payoff p1 Strategy 1,1 : 58.82 % Payoff p1 Strategy 1,2 : 29.41 % Payoff p1 Strategy 1,3 : 11.76 % Payoff p1 Strategy 2,1 : 20 % Payoff p1 Strategy 2,2 : 40 % Payoff p1 Strategy 2,3 : 40 % Payoff p1 Strategy 3,1 : 11.76 % Payoff p1 Strategy 3,2 : 29.41 % Payoff p1 Strategy 3,3 : 58.82 %	Player 2: Payoff p2 Strategy 1,1 : 33.33 % Payoff p2 Strategy 1,2 : 33.33 % Payoff p2 Strategy 1,3 : 33.33 % Payoff p2 Strategy 2,1 : 33.33 % Payoff p2 Strategy 2,2 : 33.33 % Payoff p2 Strategy 2,3 : 33.33 % Payoff p2 Strategy 3,1 : 33.33 % Payoff p2 Strategy 3,2 : 33.33 % Payoff p2 Strategy 3,3 : 33.33 %
Efficient Payoff p2 Strategy 1,1 : 58.8235294117647 % Efficient Payoff p2 Strategy 1,2 : 29.41176470588235 % Efficient Payoff p2 Strategy 1,3 : 11.764705882352942 % Efficient Payoff p2 Strategy 2,1 : 20 % Efficient Payoff p2 Strategy 2,2 : 40 % Efficient Payoff p2 Strategy 2,3 : 40 % Efficient Payoff p2 Strategy 3,1 : 11.764705882352942 % Efficient Payoff p2 Strategy 3,2 : 29.41176470588235 % Efficient Payoff p2 Strategy 3,3 : 58.8235294117647 %	Efficient Payoff p1 Strategy 1,1 : 33.33333333333336 % Efficient Payoff p1 Strategy 1,2 : 33.33333333333336 % Efficient Payoff p1 Strategy 1,3 : 33.33333333333336 % Efficient Payoff p1 Strategy 2,1 : 33.33333333333336 % Efficient Payoff p1 Strategy 2,2 : 33.33333333333336 % Efficient Payoff p1 Strategy 2,3 : 33.33333333333336 % Efficient Payoff p1 Strategy 3,1 : 33.33333333333336 % Efficient Payoff p1 Strategy 3,2 : 33.33333333333336 % Efficient Payoff p1 Strategy 3,3 : 33.33333333333336 %
Payoff strategy 1 : 28.81 % Payoff strategy 2 : 42.37 % Payoff strategy 3 : 28.81 % Highest Payoff strategy:25 Lowest Payoff strategy:17	Payoff strategy 1 : 11.76 % Payoff strategy 2 : 58.82 % Payoff strategy 3 : 29.41 % Highest Payoff strategy:30 Lowest Payoff strategy:6
Efficient Payoff strategy 1 : 28.8135593220339 % Efficient Payoff strategy 2 : 42.3728813559322 % Efficient Payoff strategy 3 : 28.8135593220339 %	Efficient Payoff strategy 1 : 11.764705882352942 % Efficient Payoff strategy 2 : 58.8235294117647 % Efficient Payoff strategy 3 : 29.41176470588235 %

Τα διαγράμματα 1 και 2 είναι τα γραφήματα γραμμών του Παίκτη 1 και του Παίκτη 2. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι όταν οι γραμμές εφάπτονται ή τέμνονται η κυριαρχία είναι ασθενής. Από την άλλη πλευρά, όταν οι γραμμές διαχωρίζονται και δεν εφάπτονται η κυριαρχία είναι αυστηρή. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η δεύτερη στρατηγική για τον παίκτη 1 είναι ασθενώς κυρίαρχη στις άλλες δύο. Από την άλλη πλευρά, για τον παίκτη 2 η κυριαρχία της δεύτερης στρατηγικής είναι αυστηρή, δεδομένου ότι οι γραμμές δεν εφάπτονται, πράγμα που σημαίνει ότι το να είναι ακριβής στην παράδοση των αγαθών είναι η μόνη στρατηγική που θα πρέπει να ακολουθήσει.



Διάγραμμα 1: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Γραφών Παίκτη 1)



Διάγραμμα 2: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Γραφών Παίκτη 2)

Τα διαγράμματα 3 και 4 είναι τα διαγράμματα ραντάρ του Παίκτη 1 και του Παίκτη 2. Για τον κατασκευαστή, δεδομένου ότι οι γραμμές επικαλύπτονται έχουμε ασθενή κυριαρχία. Για τον προμηθευτή, δεδομένου ότι οι γραμμές δεν επικαλύπτονται έχουμε αυστηρή κυριαρχία.



Διάγραμμα 3: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα ραντάρ Παίκτη 1)

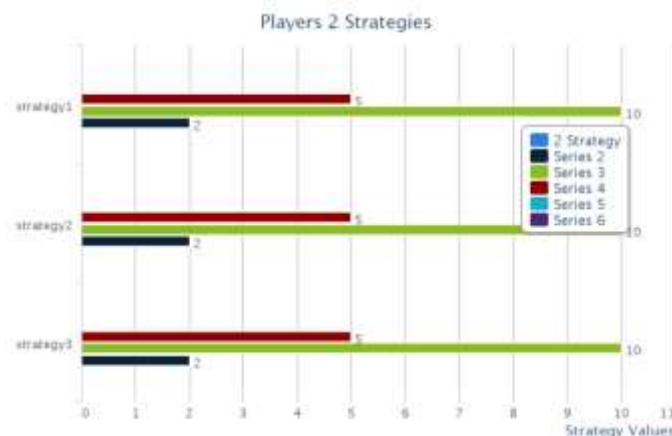


Διάγραμμα 4: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα ραντάρ Παίκτη 2)

Τα διαγράμματα 5 και 6 είναι τα ραβδόγραμμα για τον Παίκτη 1 και τον Παίκτη 2. Για τον κατασκευαστή, δεδομένου ότι οι γραμμές του ίδιου χρώματος δεν είναι μεγαλύτερες σε κάθε στρατηγική έχουμε ασθενή κυριαρχία. Για παράδειγμα, η πράσινη γραμμή είναι μικρότερη στην πρώτη στρατηγική από ό,τι η μπλε αλλά στη δεύτερη στρατηγική η πράσινη γραμμή είναι μεγαλύτερη. Από την άλλη πλευρά, για τον προμηθευτή η κυριαρχία είναι αυστηρή, αφού η πράσινη γραμμή είναι μεγαλύτερη από ό,τι η κόκκινη σε κάθε στρατηγική.



Διάγραμμα 5: Το πρόβλημα των προθεσμιών Game (Ραβδόγραμμα Παίκτη 1)



Διάγραμμα 6: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Ραβδόγραμμα Παίκτη 2)

Τα διαγράμματα 7 και 8 είναι τα διαγράμματα φύσκα για τον Παίκτη 1 και τον Παίκτη 2. Για τον παίκτη 1, δεδομένου ότι οι φυσαλίδες του ίδιου χρώματος δεν είναι υψηλότερες σε κάθε στρατηγική έχουμε ασθενή κυριαρχία. Για παράδειγμα, οι πράσινες φυσαλίδες είναι ψηλότερα από τις κόκκινες στα πρώτα δύο βήματα αλλά χαμηλότερα στο τρίτο βήμα. Από την άλλη πλευρά, για τον προμηθευτή η κυριαρχία είναι αυστηρή, αφού οι πράσινες φυσαλίδες είναι ψηλότερα από όλες τις άλλες σε κάθε βήμα των τριών στρατηγικών.

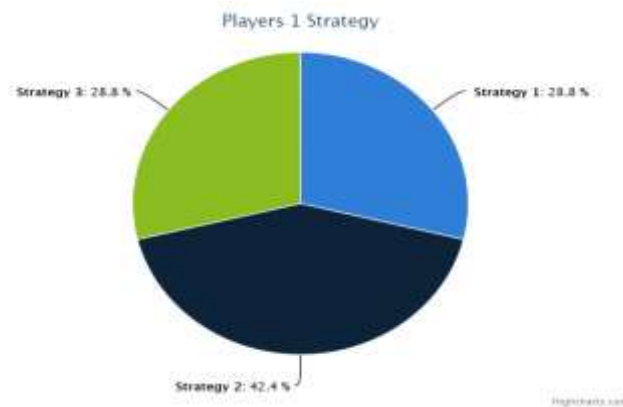


Διάγραμμα 7: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Φούσκας Παίκτη 1)

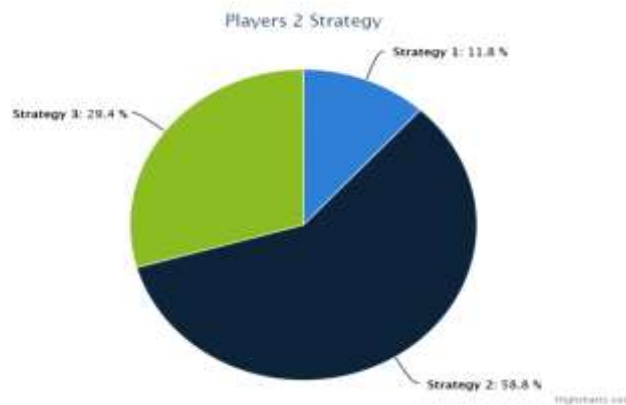


Διάγραμμα 8: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Φούσκας Παίκτη 2)

Τα διαγράμματα 9 και 10 είναι τα διαγράμματα πίτας για τον Παίκτη 1 και τον Παίκτη 2. Σε αυτά τα διαγράμματα, παρατηρούμε τα ποσοστά της κάθε στρατηγικής και για τους δύο παίκτες. Για τον Παίκτη 1, οι στρατηγικές 1 και 3 είναι 28,8 % η κάθε μια και η στρατηγική 2 το υπόλοιπο 42,4 %. Από την άλλη πλευρά, για τον Παίκτη 2, η στρατηγική 1 είναι η 11,8%, η στρατηγική 3 29,4% και τέλος η στρατηγική 2 πολύ μεγαλύτερη από ό, τι όλες οι άλλες 58,8 %.

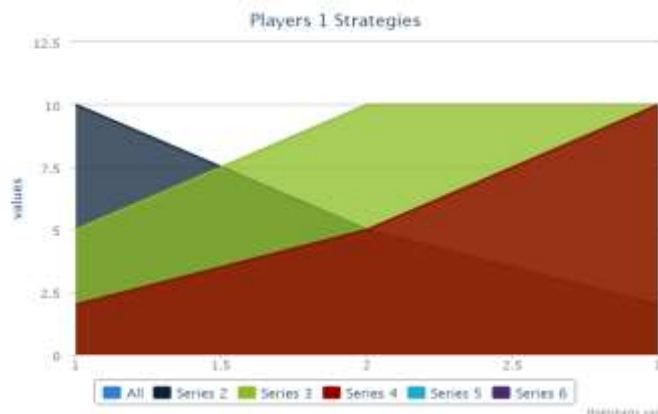


Διάγραμμα 9: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Πίτας Παίκτη 1)

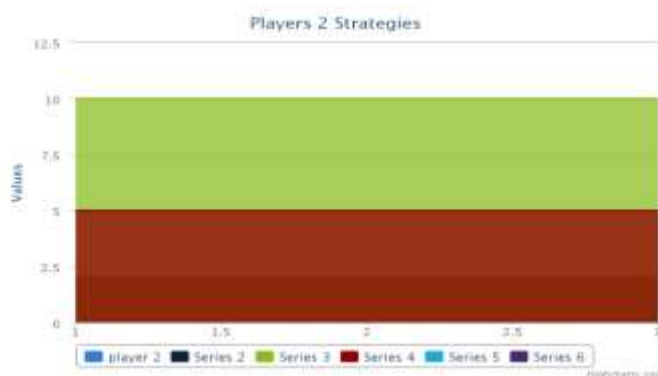


Διάγραμμα 10: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Πίτας Παίκτη 2)

Τα διαγράμματα 11 και 12 είναι τα γραφήματα περιοχής για τον Παίκτη 1 και τον Παίκτη 2. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι όταν οι γραμμές επικαλύπτονται η κυριαρχία είναι ασθενής. Από την άλλη πλευρά, όταν οι γραμμές είναι σαφείς και δεν επικαλύπτονται, η κυριαρχία είναι αυστηρή. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η δεύτερη στρατηγική για τον παίκτη 1 (πράσινη) είναι ασθενώς κυρίαρχη στις άλλες δύο. Από την άλλη πλευρά, για τον παίκτη 2 η κυριαρχία είναι αυστηρή, δεδομένου ότι η πράσινη γραμμή είναι σαφής και δεν επικαλύπτει τις άλλες δύο. Αυτό αποδεικνύει ότι το να είναι ακριβής στις προθεσμίες είναι η μόνη στρατηγική που πρέπει να ακολουθήσει.



Διάγραμμα 11: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Περιοχής Παίκτη 1)



Διάγραμμα 12: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Περιοχής Παίκτη 2)

Τα Διαγράμματα 13 και 14 είναι τα γραφήματα σωρευμένων στηλών για τον Παίκτη 1 και τον Παίκτη 2. Στους εν λόγω πίνακες είναι οι συνολικές και ατομικές αποδόσεις κάθε στρατηγικής. Για τον Παίκτη 1, η δεύτερη στρατηγική είναι κυρίαρχη, με απόδοση 25 πόντους. Η κυριαρχία είναι αδύναμη επειδή στο πρώτο στάδιο της δεύτερης και της τρίτης στρατηγικής, οι αποδόσεις είναι ίδιες (10). Από την άλλη πλευρά, για τον Παίκτη 2 η απόδοση της στρατηγικής 2, είναι μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες των άλλων στρατηγικών, ώστε η κυριαρχία είναι αυστηρή.

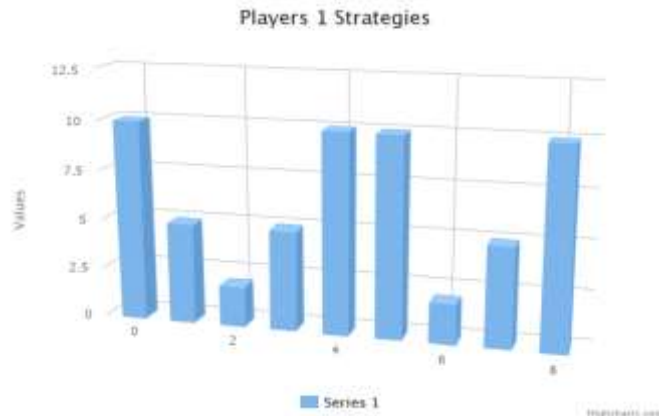


Διάγραμμα 13: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γραφήμα Σωρευμένων Στηλών Παίκτη 1)



Διάγραμμα 14: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γραφήμα Σωρευμένων Στηλών Παίκτη 2)

Τα διαγράμματα 15 και 16 είναι τα διαγράμματα Τρισδιάστατη Στήλη για τους Παίκτες 1 και 2. Στους εν λόγω πίνακες είναι οι απολαβές κάθε στρατηγικής. Για τον Παίκτη 1, βρίσκουμε τέσσερις φορές τη μέγιστη απόδοση (10), δύο εκ των οποίων στην δεύτερη στρατηγική. Από την άλλη πλευρά, για τον Παίκτη 2, η μέγιστη απόδοση των 10 μονάδων υφίσταται τρεις φορές, αλλά όλες στην ίδια στρατηγική (2) .

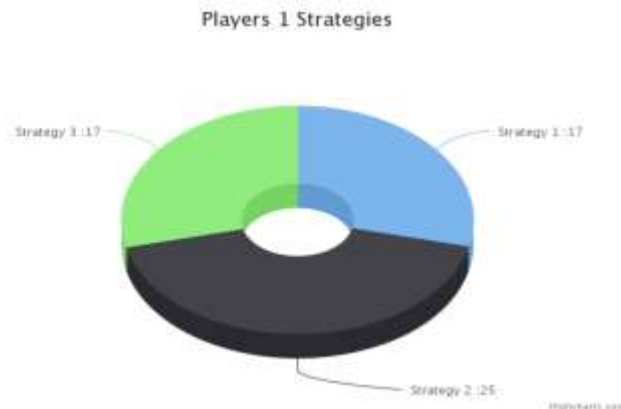


Διάγραμμα 15: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Τρισδιάστατης στήλης Παίκτη 1)

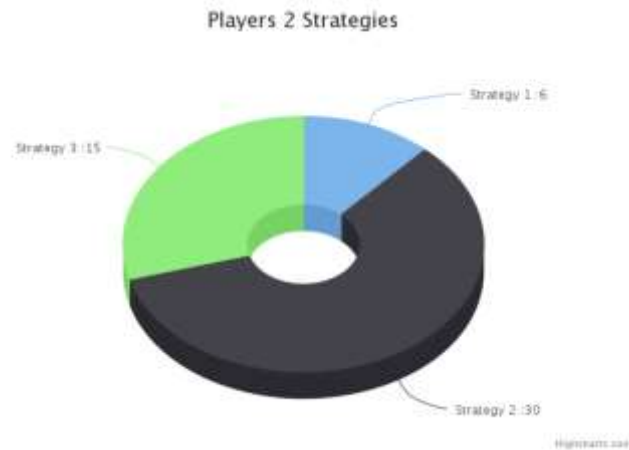


Διάγραμμα 16: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Τρισδιάστατης στήλης Παίκτη 2)

Τα διαγράμματα 17 και 18 είναι τα γραφήματα τρισδιάστατης πίτας για τον Παίκτη 1 και τον Παίκτη 2. Σε αυτά τα διαγράμματα είναι τα τμήματα και οι απολαβές της κάθε στρατηγικής του κάθε παίκτη. Για τον παίκτη 1 η στρατηγική 1 και 3 έχουν 17 μονάδες και η στρατηγική 2 έχει 25 μονάδες. Από την άλλη πλευρά, για τον παίκτη 2 η στρατηγική 1 έχει 6 μονάδες, η στρατηγική 2 έχει 30 μονάδες και η στρατηγική 3 έχει 15 μονάδες. Για άλλη μια φορά βλέπουμε ότι και για τους δύο παίκτες η δεύτερη στρατηγική έχει το μεγαλύτερο μέρος, πράγμα που μας πληροφορεί ότι είναι η κυρίαρχη στρατηγική είτε ασθενής είτε αυστηρή.



Διάγραμμα 17: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Τρισδιάστατης Πίτας Παίκτη 1)



Διάγραμμα 18: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Γράφημα Τρισδιάστατης Πίτας Παίκτη 2)

Στον Πίνακα 4, μπορούμε να δούμε την ισορροπία κατά Nash του παιχνιδιού. Η Ισορροπία κατά Nash αποδεικνύει το γεγονός ότι και οι δύο παίκτες (κατασκευαστής - προμηθευτής) πρέπει να είναι ακριβής, αν θέλουν να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη τους. Αρχικά, ο κατασκευαστής πρέπει να είναι σίγουρος για την ημερομηνία που χρειάζεται τα καθίσματα των αυτοκινήτων. Από την άλλη, ο προμηθευτής θα πρέπει να είναι 100 % σίγουρος ότι θα παρέχει τα καθίσματα στην συγκεκριμένη ημερομηνία στο εργοστάσιο του κατασκευαστή.

Πίνακας 4: Το πρόβλημα των προθεσμιών (Nash Equilibrium)

10	2	5	10	2	5	
5	2	10	10	10	5	
2	2	5	10	10	5	

Αξίζει να σημειωθεί ότι η λύση είναι βέλτιστη κατά Παρέτο. Δεδομένου ότι όλοι ωφελήθηκαν (10, 10) ώστε κανείς δεν θέλει ένα διαφορετικό αποτέλεσμα

Μια κατανομή ορίζεται ως « βέλτιστη κατά Παρέτο, όταν δεν μπορούν να γίνουν περαιτέρω βελτιώσεις κατά Παρέτο. Η Παρέτο είναι ένα ελάχιστο δείγμα αποτελεσματικότητας και δεν οδηγεί απαραίτητως σε κοινωνικά επιθυμητή κατανομή των πόρων: δεν κάνει καμία δήλωση σχετικά με την ισότητα, ή τη συνολική ευημερία μιας κοινωνίας [Pradyumn Kumar Shukla και Kalyanmoy Deb , 2007].

Επίλογος

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. Όπως είδαμε όμως πολύ μεγάλο ρόλο στην έκβαση ενός παιχνιδιού παίζει η ορθολογική σκέψη όλων των παικτών. Αυτό τις περισσότερες φορές είναι φανερό αλλά υπάρχουν και περιπτώσεις στις οποίες ο ανθρώπινος παράγοντας δεν μπορεί να προβλεφθεί. Λόγω αυτών των περιπτώσεων αντιλαμβανόμαστε πως η θεωρία

Παιγνίων μπορεί να γίνει ένα πολύτιμο εργαλείο μόνο σε όσους μπορούν να αντιληφθούν και να νιώσουν το σφυγμό του εκάστοτε προβλήματος, λαμβάνοντας υπόψη πολύ σοβαρά, παράγοντες όπως ο ψυχολογικός και ο συναισθηματικός κόσμος των παικτών. Εξίσου σημαντικός παράγοντας, ο οποίος πρέπει να ληφθεί πολύ σοβαρά υπόψη, είναι και η πληροφόρηση την οποία πιθανών να έχει ο ένας από τους παίκτες κατά τη διάρκεια του παιγνίου.

Συμπερασματικά, η συγκεκριμένη εργασία δεν έχει μόνο ακαδημαϊκή έννοια αλλά πάνω από όλα βρίσκει αναγνώριση στην αυξανόμενη ανάγκη των επιχειρήσεων για αποτελεσματικότητα. Γνωρίζοντας τις συγκεκριμένες πρακτικές, κατασκευαστές και προμηθευτές καταλήγουν στο συμπέρασμα πως μπορούν να ωφεληθούν σε ένα ευρύ φάσμα διαπραγματεύσεων, ενώ ακόμη και μια αποτελεσματική προμήθεια μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητά τους και να επιτύχει ταχεία απόσβεση, χρησιμοποιώντας τη θεωρία των παιγνίων .

Όλες οι λύσεις και τα διαγράμματα είναι διαθέσιμα για μελέτη στην παρακάτω ιστοσελίδα η οποία κατασκευάστηκε από τον συγγραφέα στο <http://nashequilibrium.edu.gr>

Ο Παυλίδης Κωνσταντίνος είναι υποψήφιος διδάκτορας του διατμηματικού των Πληροφοριακών Συστημάτων Διοίκησης του Πανεπιστημίου Μακεδονίας. Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα είναι η ανάπτυξη προγράμματος επίλυσης παιγνίων της Θεωρίας Παιγνίων και η διαγραμματική λύση των κυρίαρχων στρατηγικών.

References

- Aumann, R.J., 1959, Acceptable points in general cooperative n-person games in "Contributions to the Theory of Games IV", Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Aumann, R.J., 1974, Subjectivity and correlation in randomized strategies, *Journal of Mathematical Economics*, 1, 67-96
- Axelrod, R., 1984, The evolution of cooperation, New York: Basic Books
- Fudenberg, D. and Maskin, E., 1986, "The folk theorem in repeated games with discounting or with incomplete information," *Econometrica*, 52, 533-554
- Fudenberg, D. and Tirole, J., 1991, Game theory. MIT Press
- Harsanyi, John, C., 1967/1968, "Games with Incomplete Information Played by Bayesian Players, I-III," *Management Science*, 14(3), 159-183
- Harsanyi J.C., 1973, "Games with randomly disturbed payoffs: a new rationale for mixed- strategy equilibrium points," *International Journal of Game Theory*, 2
- Harsanyi, J.C. and Selten R., 1988, A general theory of equilibrium selection in games. Cambridge, MA and London, England, The MIT Press
- Kohlberg, E. and Mertens, J.F., 1986, On the strategic stability of equilibria. *Econometrica*, 54, 1003-1037
- Luce, R., Duncan, and Raiffa, Howard., 1957, Games and decisions: introduction and critical survey, New York: Wiley
- Pradyumn Kumar Shukla and Kalyan Ded., 2007, On Finding Multiple Pareto-Optimal Solutions Using Classical and Evolutionary Generating Methods, Kanpur Genetic Algorithms Laboratory (KanGAL) Indian Institute of Technology Kanpur
- Rhona, C. Free., 2010, A Reference Handbook, 21st Century Economics: 1
- Rubinstein, A., 1982, Perfect Equilibrium in a Bargaining Model, *Econometrica*, 50, 97-110

- Selten, R., 1975. Re-examination of the perfectness concept for equilibrium points in extensive games. *International Journal of Game Theory*, Vol.4, 25-55.
- Shapley, S., Lloyd., 1953, "A Value for n-person Games," In *Contributions to the Theory of Games*, volume II, by H.W. Kuhn and A.W. Tucker, editors. *Annals of Mathematical Studies* 28, 307-317 Princeton University Press
- Shubik, M., 1962, "Incentives, decentralized control, the assignment of joint costs and internal pricing," *Management Science*, 8, 325-343
- Vickrey, William., 1961, "Counter speculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders," *The Journal of Finance*, 16(1), 8-37
- Von Neumann, J. and Morgenstern O., 1944, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press