ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

-Εφαρμογή στην κλιματική αλλαγή-

ΣΤΑΥΡΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΡΑΛΛΑΚΗΣ

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού
διπλώματος ειδίκευσης στη Διοίκηση Επιχειρήσεων
Μάρτιος / Σεπτέμβριος 2010

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2010

στην Ελένη,

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου, στον καθηγητή μου στο MBA, κύριο Ευτύχιο Σαρτζετάκη, για την μεγάλη βοήθεια που μου προσέφερε στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας, τόσο στο θεωρητικό της κομμάτι όσο και στο πείραμα που διενεργήσαμε στο πανεπιστήμιο. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω ολόψυχα την οικογένεια μου για την πολύπλευρη στήριξη της όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου. Ευχαριστώ ακόμα τους φοιτητές του μαθήματος Οικονομικά του Περιβάλλοντος του ΠΑ.ΜΑΚ που πήραν μέρος στο πείραμα. Τέλος αλλά όχι τελευταία, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Ελένη Κετζάκη, την Δήμητρα Κετζάκη και τον Μάριο Μπάλλιο για την πολύτιμη βοήθεια τους ως μέλη της εφορευτικής επιτροπής του πειράματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία είναι το αποτέλεσμα βιβλιογραφικής και πειραματικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο τέταρτο και τελευταίο εξάμηνο σπουδών μου στα πλαίσια του διατμηματικού μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών στην διοίκηση επιχειρήσεων (MBA), του Πανεπιστημίου Μακεδονίας (ΠΑ.ΜΑΚ). Το αντικείμενο του πονήματος έχει σχέση με την Θεωρία Παιγνίων (Θ.Π) και ειδικότερα έναν νέο κλάδο της, την Εξελικτική Θεωρία Παιγνίων (Ε.Θ.Π.). Θα εισάγουμε στο πρώτο κεφάλαιο μερικές βασικές έννοιες γύρω από την παραδοσιακή Θ.Π. και την Ε.Θ.Π. και θα εξετάσουμε την μεταξύ τους σχέση. Μέσω παραδειγμάτων (παιγνίων) θα αναλύσουμε τον μηχανισμό την νέας θεωρίας και θα αναφερθούμε στους κανόνες που την διέπουν. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα μιλήσουμε για τα παίγνια κοινόκτητων πόρων και θα επικεντρωθούμε σε μια από τις κυριότερες εφαρμογές της Ε.Θ.Π., όπως είναι αυτή της κλιματικής αλλαγής. Σ’ αυτό το σημείο θα παραθέσουμε το πείραμα Milinski μαζί με μια ανάλυση των αποτελεσμάτων του. Αργότερα, στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο, θα ασχοληθούμε με το κομμάτι της εφαρμογής της παρούσας εργασίας. Η εφαρμογή έχει να κάνει με το κοινωνικό πείραμα που διενεργήθηκε στο ΠΑ.ΜΑΚ. με την βοήθεια των φοιτητών του πανεπιστημίου, στο μάθημα Οικονομικά του Περιβάλλοντος το οποίο εντάσσεται στο τρίτο έτος σπουδών του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών. Στο τέλος παραθέτουμε τα συμπεράσματα της έρευνας και κάποιους γενικότερους προβληματισμούς. Ο στόχος αυτής της εργασίας είναι να συνδέσει την Ε.Θ.Π. με το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής που αντιμετωπίζει σήμερα η ανθρωπότητα, προτείνοντας λύσεις καθώς και να αποτελέσει το πρώτο πόνημα που δημιουργείται γι’ αυτό τον σκοπό στα ελληνικά.

ABSTRACT

This work is the result of literature and experimental research conducted in the fourth and last semester of my studies in the interdepartmental postgraduate Program in Business Administration (MBA), of University of Macedonia (PA.MAK). The subject of this essay is related to Game Theory (GT) and especially to the new branch of it, the Evolutionary Game Theory (EGT). At the first chapter, we introduce some basic notions about the traditional GT and EGT and examine the relationship between them. Through examples (games) we will analyze the mechanism of the new theory and discuss the rules that govern it. In the second chapter we will talk about the games of commons resources and focus on one of the main applications of EGT, the climate change. In this section we will describe the Milinski's experiment with an analysis of the results. Later the third and final chapter deals with the experimental application of this work. The application is about the social experiment conducted in PA.MAK, with the help of the university's students in the Environmental Economics course which holds in the third year of studies in the Department of Economics. In the end we present the conclusions of the research and some general considerations. The aim of this work is to connect EGT to the problem of climate change, that humanity is facing today, proposing solutions, and also being the first piece created for this purpose in Greek.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Ραλλάκης Α. Σταύρος
Πτυχιούχος Μαθηματικός Α.Π.Θ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΑ ΠΑΙΓΝΙΑ

1.0 Εισαγωγή

Μέχρι την δεκαετία του 1970, οι προσπάθειες των παιγνιοθεωρητικών να περιορίσουν την *Απροσδιοριστία*[1], που εμφανίζονταν συχνά στα παίγνια, χρησιμοποιώντας το Σχέδιο Εκλέπτυνσης της ισορροπίας Nash, έμοιαζαν να μην αποδίδουν. Το μεγάλο πρόβλημα ήταν να επιτευχθεί η σύνδεση των θεωρητικών λύσεων, δηλαδή των ισορροπιών Nash, με τις πραγματικές λύσεις, οι οποίες τις περισσότερες φορές διέφεραν. Συχνά οι ισορροπίες που προτείνονταν ως λύση σε αρκετά και σημαντικά παίγνια αντιμετώπιζαν σοβαρά προβλήματα στην εφαρμογή τους σε πραγματικές συνθήκες. Τις περισσότερες φορές το εύρος των ισορροπιών σε ένα παίγνιο ήταν σημαντικό εμπόδιο στην κατανόηση της πραγματικής λύσης και άλλες πάλι φορές οι λύσεις που δίνονταν θεωρητικά δεν αντικατόπτριζαν την πραγματική συμπεριφορά των «παικτών», σε ένα αληθινό αγοραστικό παίγνιο. Αυτό συμβαίνει διότι στην κλασική Θεωρία Παιγνίων (ΘΠ) γίνεται η παραδοχή ότι, οι συμμετέχοντες σε ένα παίγνιο είναι ορθολογιστές και σκέφτονται όλοι με τον ίδιο τρόπο, κάτι το οποίο δεν μπορεί, βέβαια, να ισχύει στην πραγματικότητα. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ένας από τους σύγχρονους παιγνιοθεωρητικούς, ο Larry Samuelson (2002):

«*Κατά μεγάλο μέρος, η δυσκολία ερμηνείας των αντιμαχόμενων εκλεπτύνσεων της ισορροπίας Nash που παρήχθησαν την δεκαετία του 1980 οφείλεται στο γεγονός ότι τα υποδείγματα αυτά αποσπάστηκαν τελείως από το πλαίσιο της εφαρμογής τους σε μια*

[1] Δηλαδή το εύρος του συνόλου των ισορροπιών Nash που αντιστοιχούν σε σημαντικά οικονομικά και κοινωνικά παίγνια.

προσπάθεια να στηριχτούν αποκλειστικά στον ορθολογισμό. Τα υποδείγματα που προέκυψαν περιείχαν ανεπαρκείς πληροφορίες για την θεμελιώδη στρατηγική αλληλεπίδραση, πράγμα που δεν τους επέτρεπε να δώσουν απαντήσεις σε σημαντικά ερωτήματα, εφόσον βέβαια θέλουμε η Θεωρία Παιγνίων να εκφράζει πραγματικές αλληλεπιδράσεις αντί να εξαντλείται στην πραγμάτευση φιλοσοφικών ζητημάτων.» (σ. 75)

Έτσι λοιπόν οι αντιμαχόμενες εκλεπτύνσεις (π.χ. *διαδοχικές ισορροπίες, προς τα εμπρός επαγωγή, γνήσιες ισορροπίες* κ.λπ.), μπορεί θεωρητικά να ήταν άρτιες, υστερούσαν όμως στο να εξηγήσουν πρακτικά το τι συνέβαινε σε κάθε περίπτωση και έτσι μεγέθυναν την *Απροσδιοριστία*, αντί να την περιορίζουν. Η λύση για τους παιγνιοθεωρητικούς δόθηκε από μια επιστήμη που καθόλου δεν είχε να κάνει μέχρι τότε (τουλάχιστον όχι συνειδητά) με οικονομικά μαθηματικά και θεωρητικά παίγνια. Η Θεωρητική Βιολογία (1970), ήταν αυτή που ήρθε να προσθέσει μια νέα προσέγγιση στον τρόπο που οι θεωρητικοί των παιγνίων προσπαθούσαν να εξηγήσουν την συμπεριφορά των παικτών. Από το 1980 και μετά η πλειονότητα των επιστημόνων που ασχολούνταν με την Θεωρία Παιγνίων ακολούθησαν τον νέο κλάδο της, καθώς μπορούσε πολύ πιο εύκολα και αποτελεσματικά, όπως θα διαπιστώσουμε παρακάτω να εξηγήσει μαθηματικά τις παρατηρήσεις από τις εφαρμογές των παιγνίων. Η νέα αυτή θεώρηση της παραδοσιακής Θεωρίας Παιγνίων, ονομάστηκε *Εξελικτική Θεωρία Παιγνίων* (ΕΘΠ). Αν και γίνεται ακόμα αναφορά από ορισμένους παιγνιοθεωρητικούς ότι η ΕΘΠ είναι απλώς μια εφαρμογή της κλασικής ΘΠ, θα δούμε παρακάτω πως είναι κάτι πολύ περισσότερο από αυτό. Η ΕΘΠ μοιάζει να είναι ο κλάδος που θα ενοποιήσει τις κοινωνικές επιστήμες κάτω από ένα μαθηματικά θεωρητικό πρίσμα και που το αποτέλεσμα της διεργασίας αυτής θα μπορεί να έχει άμεση εφαρμογή στις διαπραγματεύσεις σε οικονομικό, πολιτικό και κοινωνικό επίπεδο.

1.1 Η Εξελικτική Θεωρία Παιγνίων

Θα αναφερθούμε παρακάτω στην Εξελικτική Θεωρία Παιγνίων (Ε.Θ.Π.). Θα δούμε τον μηχανισμό στον οποίο στηρίζεται η λογική της και τους κανόνες που την διέπουν, αλλά και τις νέες δυνατότητες που προσφέρει σε σχέση με την κλασική Θεωρία Παιγνίων στην λύση σύνθετων προβλημάτων. Επίσης, στα επόμενα κεφάλαια, η Ε.Θ.Π. θα αποτελέσει τον πυλώνα των πειραμάτων που θα αναλύσουμε, γιατί σύμφωνα με αυτή θα αντιληφθούμε καλύτερα τις αλλαγές των στρατηγικών που υιοθετούν οι παίκτες κατά την διάρκεια του παιχνιδιού.

1.1.1 Η προέλευση της νέας Θεωρίας Παιγνίων

Η σχέση της Οικονομικής Θεωρίας με την Βιολογία έχει τις ρίζες της έναν αιώνα πριν από την εισαγωγή της Θεωρίας Παιγνίων, σαν επιστήμη, στην υπάρχουσα γνώση. Με το μνημειώδες έργο του η *Καταγωγή των Ειδών*, ο Darwin (1859), έφερε επανάσταση στις θεωρίες για την προέλευση της διαφορετικότητας ή βιοποικιλότητας, όπως αργότερα αυτή ονομάστηκε, ή ακόμα και του ίδιου του ανθρωπίνου είδους. Ο ίδιος ο Darwin αναγνώρισε την επιρροή που άσκησε στην σκέψη του η κλασική Πολιτική Οικονομία και ιδιαίτερα η «καταθλιπτική» θεωρία του Malthus, σύμφωνα με την οποία ένας αγώνας για επιβίωση μεταξύ των ανθρώπων είναι αναπόφευκτος, αφού αργά ή γρήγορα η παγκόσμια αγροτική παραγωγή θα αδυνατούσε να συντηρήσει όλη την ανθρωπότητα. Πράγματι η θεωρία περί της εξέλιξης των ειδών του Darwin που σήμερα αποδεχόμαστε ολοκληρωτικά, καθώς φαίνεται να βασίζεται σε ισχυρές, πλέον, αποδείξεις, είναι μια επέκταση αυτής της οικονομικής θεώρησης σε όλο το ζωικό και φυτικό βασίλειο.

Η μάχη για επιβίωση όπως θα δούμε παρακάτω είναι αυτή που πυροδοτεί τον μηχανισμό της εξέλιξης, με σκοπό την διαφοροποίηση σε μια πιο αποδοτική από την προηγούμενη κατάσταση. Το πιο σημαντικό ίσως απ' όλα είναι ότι η θεωρία της εξέλιξης εφαρμόζει άψογα στα περισσότερα από τα σημαντικά παίγνια, δίνοντας εύκολες και πειστικές λύσεις σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά, αποδεικνύοντας ότι και ο ίδιος ο μηχανισμός της θεωρίας πρέπει να είναι εύκολος στην προσαρμογή των ειδικών συνθηκών του κάθε παιγνίου, χωρίς όμως αυτό να καταργεί την νομοτελειακή του φύση.

1.1.2 Η Εξελικτική και η κλασική Θεωρία Παιγνίων

Η κλασική θεώρηση της ΘΠ με μη-συνεργζόμενους παίκτες, είναι ότι το κάθε παιχνίδι που αναλύεται, παίζεται μόνο μια φορά από πλήρως ορθολογικούς παίκτες, οι οποίοι γνωρίζουν τόσο τους κανόνες του παιχνιδιού όσο και τις προτιμήσεις των άλλων παικτών για το αποτέλεσμα. Η ΕΘΠ ωστόσο θεωρεί πως το παιχνίδι παίζεται ξανά και ξανά, δηλαδή με αρκετές ή και άπειρες επαναλήψεις και μάλιστα με παίκτες που συμμετέχουν κάτω από υπαρκτές βιολογικές και κοινωνικές συνθήκες και οι οποίοι έχουν επιλεχθεί τυχαία από μεγάλους πληθυσμούς. Η κλασική ΘΠ, λοιπόν, επαναπαύεται στην λύση των στατικών παιγνίων, με τη εύρεση των ισορροπιών, που στην πλειοψηφία τους δεν μπορούν να ανταποκριθούν στην πραγματικότητα. Ακόμα και όταν επιχειρείται η προσέγγιση της δυναμικής εξέλιξης κάποιου οικονομικού φαινομένου, η ΘΠ συνενώνει αυτές τις ισορροπίες καρέ καρέ [2] δημιουργώντας μια επίφαση δυναμικού θεωρητικού παιγνίου και από τα οποία λείπει κάθε έννοια αυθεντικής εξέλιξης. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε βεβαίως να είναι βολικό για τους θεωρητικούς οικονομολόγους, αλλά δεν επιφέρει καμιά αξιόπιστη λύση στο πρόβλημα των οικονομικών της αγοράς.

Ποιός όμως είναι ο τρόπος με τον οποίο η θεωρία της εξέλιξης μπορεί να βοηθήσει την Θεωρία Παιγνίων να βγει από το «στατικό» αδιέξοδο; Η περιγραφή της μεθόδου

[2] Στην νεοκλασική οικονομική θεωρία, αυτή η μέθοδος αναφέρεται ως «comparative statics».

αποτυπώνεται στην κεντρική ιδέα της θεωρίας του Darwin (1859) : «(…) μου έκανε εντύπωση ότι οι ευνοϊκές παραλλαγές τείνουν να διατηρούνται και οι δυσμενείς να καταστρέφονται». Οι παραλλαγές για τις οποίες έκανε λόγο ο Darwin αναφέρονται βέβαια σε «είδη» του ζωικού και φυτικού βασιλείου. Αν όμως αντικαταστήσουμε τα «είδη» με τις «στρατηγικές», προκύπτει η ιδέα ότι οι στρατηγικές των παικτών είναι αυτές που ανταγωνίζονται μεταξύ τους και τελικά επικρατούν αυτές με τα πιο σωστά «εξελικτικά» χαρακτηριστικά. Σύμφωνα με τον Βαρουφάκη (2007) οι σημαντικές διαφορές αυτής της ιδέας από την μέθοδο Nash συνοψίζονται σε δύο κύρια σημεία

i. Η εξελικτική μέθοδος είναι εξαρχής δυναμική. Αντίθετα με την παραδοσιακή Θεωρία Παιγνίων, δεν ορίζει (και δεν μπορεί να ορίσει) «λύση» ή ισορροπία παιγνίου που παίζεται μόνο μια φορά. Από την στιγμή που, υπό το πρίσμα της εξελικτικής προσέγγισης, οι στρατηγικές επιλέγονται στην πορεία ανάλογα με την σχετική τους επιτυχία, αυτή η «επιλογή» είναι αδύνατη σε παίγνια μιας και μοναδικής κίνησης. Έχει νόημα μόνο όταν ο ιστορικός χρόνος κυλά αδιάκοπα. Αντίθετα λοιπόν με την παραδοσιακή θεωρία που εκμαιεύει τις «καλές» (ή «βέλτιστες») στρατηγικές στον λογικό χρόνο, η εξελικτική μέθοδος αφορά αμιγώς δυναμικές διαδικασίες, που εξελίσσονται στον ιστορικό ή πραγματικό χρόνο.
ii. Η εξελικτική μέθοδος αγνοεί τον ορθολογισμό και τις απαιτήσεις του. Ο λόγος είναι ότι το υποκείμενο της μελέτης δεν είναι οι παίκτες αλλά οι στρατηγικές. Ενώ ένας παίκτης δύναται να είναι έξυπνος, κουτός, όμορφος ή προβληματικός, μια στρατηγική δεν δύναται να είναι τίποτα από αυτά. Άρα ο ορθολογισμός δεν αφορά την Εξελικτική Θεωρία μιας και η τελευταία εστιάζει σε στρατηγικές και στο πως μπορούν αυτές να «επιβιώσουν», μέσω της εξέλιξης και του πόσο βοηθούν τους παίκτες που τις επιλέγουν να «ενισχυθούν» και να ικανοποιήσουν καλύτερα τις ανάγκες τους.

Για να καταλάβουμε πρακτικά την ΕΘΠ σε σχέση με την παραδοσιακή ΘΠ θα ασχοληθούμε παρακάτω με ένα πολύ απλό και συχνά εμφανιζόμενο στη σχετική βιβλιογραφία παίγνιο, το «γεράκι – περιστέρι» (hawk – dove game) ή όπως συχνά αναφέρεται ως “chicken game” (από τις «μηχανοκίνητες» κόντρες των αμερικανικών νεολαιών των δεκαετιών του ’50 και του ’60).

Παράδειγμα 1.1.2.1 : *«γεράκι – περιστέρι»*

Έστω λοιπόν ότι έχουμε δύο παίκτες, οι οποίοι επιλέγουν μεταξύ δύο στρατηγικών, *γ* και *π*, όπου *γ* είναι η στρατηγική «γεράκι» και *π* η στρατηγική «περιστέρι». Στα κελία του Πίνακα 1.1 αναγράφεται η ωφέλεια κάθε παίκτη, όταν ακολουθεί μια από τις δύο στρατηγικές, σε συνδυασμό με την στρατηγική που ακολουθεί ο αντίπαλος του. Σε κάθε κελί, ο πρώτος αριθμός αντιστοιχεί στην ωφέλεια του παίκτη 1.

Πίνακας 1.1
(Παίγνιο «γεράκι- περιστέρι»)

		Παίκτης 2	
		γ	π
Παίκτης 1	γ	-2,-2	2,0
	π	0,2	1,1

Σε καθαρές στρατηγικές εντοπίζουμε δύο Nash ισορροπίες : *γπ* και *πγ*, ενώ σε μεικτές στρατηγικές οι παίκτες επιλέγουν να παίξουν *γ* με πιθανότητα p=1/3. Η πιθανότητα αυτή προκύπτει ως εξής: έστω p η πιθανότητα ο παίκτης 2 να παίξει *γ* και (1-p) να παίξει *π*. Τότε ο παίκτης 1 επιλέγει στρατηγική *γ* με πιθανότητα : -2p + 2(1-p) και στρατηγική *π* με πιθανότητα: 0p + 1(1-p). Οπότε η στρατηγική *γ* υπερισχύει της *π*, όταν ισχύει η παρακάτω σχέση (1.1):

$$\boxed{\begin{aligned}&-2p+2(1-p)\geq 1-p\Rightarrow\\&\Rightarrow p-4p\geq 1-2\Rightarrow\\&\Rightarrow -3p\geq -1\Rightarrow\\&\Rightarrow p\geq \frac{1}{3}\end{aligned}}$$

Η ισορροπία όπως αναφέραμε προκύπτει για p=1/3. Στην παραπάνω περίπτωση αναφερόμαστε σε στατικό παίγνιο (καθαρές στρατηγικές), δηλαδή σε παίγνιο μίας επανάληψης το οποίο παίζεται από παίκτες ορθολογιστές ή επαγωγικά και σε δυναμικό παίγνιο με λίγες επαναλήψεις (μεικτές στρατηγικές). Το πρόβλημα εμφανίζεται όταν επιχειρήσουμε να επαναλάβουμε το παίγνιο αρκετές φορές, πόσο μάλλον για έναν απροσδιόριστο αριθμό επαναλήψεων, γιατί στην περίπτωση αυτή η πιθανότητα της επανάληψης είναι αρκετά μεγάλη και οι ισορροπίες που εμφανίζονται είναι πολλαπλάσιες σε σχέση με το στατικό παίγνιο. Σε αυτό το πρόβλημα (και όχι μόνο), έρχεται να δώσει την λύση η Εξελικτική Θεωρία. Θα μελετήσουμε παρακάτω το ίδιο παίγνιο «γερακιού - περιστεριού», αυτή τη φορά με βάση την Εξελικτική Θεωρία. Καταρχήν, θα παρατηρήσουμε ότι η διαφορά ενός εξελικτικού και ενός δυναμικού παιγνίου βρίσκεται σε δύο σημαντικά χαρακτηριστικά :

i. Το εξελικτικό παίγνιο δεν παίζεται, όπως ένα δυναμικό, επανειλημμένα από τους ίδιους παίκτες αλλά αυτοί επιλέγονται τυχαία από έναν μεγάλο πληθυσμό, ο οποίος περιέχει όχι μόνο ορθολογικούς αλλά και μη ορθολογικούς παίκτες. Ακόμα οι παίκτες παίζουν ανώνυμα εναντίων των νέων αντιπάλων τους, κάθε φορά. Έτσι, ακόμα και οι ορθολογιστές δεν έχουν λόγο να ενδιαφερθούν για την φήμη τους ή να σκεφτούν στρατηγικά αλλάζοντας κάθε φορά τις κινήσεις τους, προσπαθώντας να επηρεάσουν την συμπεριφορά του αντιπάλου τους για τον επόμενο γύρο.
ii. Για να μην θεωρηθεί ότι με το παραπάνω χαρακτηριστικό χωρίζουμε το παίγνιο σε ανεξάρτητα στατικά στιγμιότυπα, σημαντική είναι η δεύτερη διαφοροποίηση των εξελικτικών από τα δυναμικά παίγνια: Στα εξελικτικά παίγνια δεν μας ενδιαφέρει ο

παίκτης αλλά οι στρατηγικές επιλογές και αυτές είναι που θα μελετήσουμε. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι που διαφοροποιεί πλήρως την ΕΘΠ από την κλασική ΘΠ. Δεν ενδιαφερόμαστε πλέον για το αν ο παίκτης είναι ορθολογιστής, αν στοχάζεται σύμφωνα με κάποια πρότυπα ή το τι σκέπτεται σε κάθε του κίνηση. Αντίθετα αυτό που αναδεικνύει η Εξελικτική Θεωρία είναι οι διαθέσιμες στρατηγικές και τον τρόπο που αυτές εξελίσσονται ως απόρροια της σχετικής επιτυχίας τους.

Οι παίκτες λειτουργούν εδώ με δύο βασικά χαρακτηριστικά: α) σαν να είναι «προγραμματισμένοι» να επιλέγουν μια στρατηγική σε κάθε επανάληψη και β) σαν να έχουν την τάση να «αντιγράφουν» την στρατηγική άλλων παικτών σε σχέση με τις αποδόσεις τους. Το δεύτερο χαρακτηριστικό πηγάζει απευθείας από την εξελικτική βιολογία, διότι είναι αυτό που είχε κατά νου ο Darwin όταν διατύπωνε τη θεωρία του για την ερμηνεία της ωφέλειας. Αντίθετα με την παραδοσιακή ΘΠ που έχει τις βάσεις της στην Οικονομική Θεωρία και έτσι οι έννοιες της ωφέλειας είναι ταυτόσημες, στην ΕΘΠ η ωφέλεια έχει να κάνει το όφελος που προκύπτει σε παίγνια μεταξύ ζωντανών οργανισμών και ειδικά με την επιτυχία αναπαραγωγής του είδους. Στο παραπάνω παράδειγμα «γερακιού – περιστεριού» οι παίκτες που επιλέγουν να κινηθούν με στρατηγική *γ* έχουν απόδοση 2 όταν αντιμετωπίζουν παίκτη π ενώ -2 όταν αντιμετωπίζουν παίκτη *γ*. Αν συνεπώς υποθέσουμε πως αναφερόμαστε πραγματικά σε δύο πληθυσμούς πτηνών, γερακιών και περιστεριών τότε, την πρώτη φορά η στρατηγική θεωρείται επιτυχημένη και διασφαλίζει την συνέχιση του είδους των γερακιών ενώ την δεύτερη είναι αποτυχημένη καθώς επιβαρύνει με δύο μονάδες το γεράκι, κάνοντας δύσκολη την αναπαραγωγή του συγκεκριμένου πτηνού και κατ’ επέκταση ολόκληρου του πληθυσμού των γερακιών.

Όταν επεκτείνουμε την ΕΘΠ από τους ζωικούς οργανισμούς στις σύγχρονες ανθρώπινες κοινωνίες η επιτυχημένη στρατηγική μπορεί να μην αφορά την επιτυχή αναπαραγωγή του είδους αλλά την βελτιστοποίηση των αναμενόμενων ωφελειών που κάθε άνθρωπος προσδοκά. Το κοινό είναι πως για να λειτουργήσει η εξέλιξη μέσα σε πληθυσμούς χρειάζεται έναν μηχανισμό αντιγραφής, έτσι ώστε να μπορούν άτομα ενός πληθυσμού να διαφοροποιούνται από την πλειοψηφία υιοθετώντας διαφορετικές στρατηγικές. Αυτές θα δώσουν στα άτομα που τις επιλέγουν συγκριτικά πλεονεκτήματα στην αναπαραγωγή και την επιβίωση αν μιλάμε για ζωικούς πληθυσμούς και πλουτισμό, αναγνώριση και δόξα αν αναφερόμαστε σε ανθρώπινες κοινωνίες. Οι μέθοδοι αντιγραφής των επιτυχημένων στρατηγικών, όπως ερμηνεύονται από την εξελικτική βιολογία είναι οι ακόλουθες δύο:

a) ***Κληρονομική αντιγραφή:*** Οι παίκτες που υιοθετούν την στρατηγική που τους αποδίδει, τελικά, την μεγαλύτερη ωφέλεια, έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να επιβιώσουν και να αποκτήσουν απογόνους στους οποίους θα κληροδοτήσουν τον (σχετικά) επιτυχημένο κώδικα συμπεριφοράς ή φαινότυπο κατά την βιολογία. Έτσι από γενιά σε γενιά αυξάνεται το ποσοστό του πληθυσμού που χρησιμοποιεί την επιτυχημένη στρατηγική, μέχρι οι παίκτες αυτοί να κυριαρχήσουν στον πληθυσμό και αυτό έως ότου εμφανιστεί κάποια στρατηγική σχετικά πιο πετυχημένη από την κυριαρχούμενη, οπότε δημιουργείται πάλι από την αρχή η ίδια ροπή στην εξέλιξη.
b) ***Αντιγραφή μέσω μίμησης:*** Οι παίκτες μιμούνται στρατηγικές άλλων παικτών που αποκομίζουν μεγαλύτερη ωφέλεια, έχουν δηλαδή μεγαλύτερη σχετική απόδοση από την σχετική μέση. Έτσι η εξέλιξη των στρατηγικών επιταχύνεται (αφού ο χρόνος δεν κυλά πλέον με τις γενιές αλλά ανάμεσα στους παίκτες της ίδιας «γενιάς»). Αυτή η ερμηνεία φαίνεται να ταιριάζει καλύτερα στην ΕΘΠ αφού αφήνει ανοιχτό το ενδεχόμενο οι ορθολογιστές παίκτες να προσπαθούν μέσω της εμπειρικής παρατήρησης, να επισημαίνουν και να υιοθετούν τις σχετικά καλύτερες

στρατηγικές. Έτσι άρεται ένα μέρος της απροσδιοριστίας που προκύπτει στη κλασική ΘΠ και στην οποία παίκτες που είναι ορθολογιστές δεν μπορούν να καταλήξουν σε σχετικά συμπεράσματα, αφού δεν μπορούν να γνωρίζουν ποια είναι η βέλτιστη στρατηγική.

Ας δούμε (με βάση το *παράδειγμα 1.1.2.1*) την εξελικτική διαδικασία στην πράξη. Έστω ότι έχουμε ολόκληρο τον «πληθυσμό» των παικτών να συμπεριφέρεται σαν περιστέρι δηλαδή οι παίκτες του να ακολουθούν την στρατηγική *π*. Τότε κάθε παίκτης αποκομίζει όφελος 1 (μία μονάδα ωφέλειας) σε κάθε συνάντηση του με άλλον παίκτη *π* (αποτέλεσμα *ππ*), αφού και οι δύο «υποχωρούν». Έστω, ότι για κάποιον απροσδιόριστο λόγο ένας παίκτης *π* υιοθετεί την στρατηγική *γ*. Η αλλαγή στη στρατηγική αναφέρεται στην βιολογία και ως *μετάλλαξη* (*mutation*) και μπορεί να οφείλεται σε πολλούς λόγους, όπως για παράδειγμα στη γέννηση από γονείς *ππ* απογόνου *γ* ((*α*) κληρονομική αντιγραφή) ή απλώς στην αλλαγή στη νοοτροπία κάποιου παίκτη *π* και η δοκιμή να παίξει σαν *γ*. Ακόμα, στην γλώσσα των παιγνίων η διαδικασία αυτή αναφέρεται ως «τρέμουλο», δηλαδή ένα σφάλμα στον προγραμματισμό του παίκτη, ο οποίος ήθελε να παίξει παραδοσιακά σαν *π*, αλλά από «σφάλμα» έπαιξε σαν *γ*.

Όποιος και αν είναι ο λόγος που έγινε αυτή η μεταστροφή, το αποτέλεσμα θα είναι το ίδιο. Ο παίκτης που παίζει σαν γεράκι σε έναν πληθυσμό από περιστέρια, αποκομίζει 2 μονάδες ωφέλειας σε κάθε συνάντηση του με άλλον παίκτη (αποτέλεσμα *γπ*) ενώ ο αντίπαλος του θα έχει κέρδος 0. Επιπλέον, ο *γ* δεν κινδυνεύει να έχει απώλειες, δηλαδή -2 μονάδες ωφέλειας (αποτέλεσμα *γγ*), αφού δεν υπάρχει (τουλάχιστον σε πρώτο χρόνο) άλλος παίκτης που να ακολουθεί αυτή την στρατηγική. Τότε ακριβώς είναι που ο παίκτης *γ* αποκτά συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τους *π*. Όσο ο *γ* αποκτά περισσότερες μονάδες ωφέλειες τόσο η στρατηγική του θα φαίνεται να αποδίδει σχετικά καλύτερα. Οι παίκτες που παίζουν *π*, με βάση τον μηχανισμό της εξέλιξης θα προσπαθήσουν να υιοθετήσουν και αυτοί την στρατηγική *γ* ((*b*) αντιγραφή μέσω μίμησης), με σκοπό να αποκομίσουν μεγαλύτερα οφέλη.

Με βάση τα παραπάνω, οι βιολόγοι θεωρούν ότι ένας ομοιογενής πληθυσμός (δες παρακάτω, *ορισμός 1.1.2.1*) «περιστεριών» είναι ευάλωτος σε μεταλλάξεις *γ*. Έτσι η κατάσταση χαρακτηρίζεται ως *εξελικτικά ασταθής* (*evolutionary unstable*). Αντίστοιχα, ένας πληθυσμός που αποτελείται μόνο από παίκτες *γ* είναι ευάλωτος σε μεταλλάξεις τύπου *π* και αυτό γιατί, σε έναν ομοιογενή πληθυσμό *γ*, οι παίκτες έχουν απώλειες 2 μονάδων (αποτέλεσμα *γγ*, -2 μονάδες ωφέλειας), σε κάθε συνάντηση τους. Έτσι κάποια πιθανή μετάλλαξη ενός παίκτη *γ* σε *π* θα δώσει 0 μονάδες ωφέλειας στον *π*. Μπορεί να μην φαίνεται το όφελος του μεταλλαγμένου σε αυτή την υπόθεση αλλά οι εξελικτικοί «πόντοι» που αυτός κερδίζει είναι περισσότεροι, αφού $-2 < 0$ και έτσι ο παίκτης δεν κινδυνεύει να τραυματιστεί όπως οι *γ* στις μεταξύ τους συναντήσεις, έχοντας έτσι μια πιθανότητα να επιβιώσει και να αναπαραχθεί.

Ορισμός 1.1.2.1

Ομοιογενής πληθυσμός

Ένας πληθυσμός ονομάζεται *ομοιογενής* όταν οι παίκτες που ανήκουν σε αυτόν δεν μπορούν να διακρίνουν έναν αντίπαλο από έναν άλλο.

Σχόλιο

Έτσι ο παίκτης δεν διαφοροποιεί την στρατηγική του σύμφωνα με το ποιον παίκτη αντιμετωπίζει κάθε φορά αλλά με την στρατηγική που ακολουθεί το σύνολο των αντιπάλων του.

Ορισμός 1.1.2.2

Εξελικτική σταθερότητα

Σε έναν ομοιογενή πληθυσμό, ένας τύπος συμπεριφοράς είναι *εξελικτικά σταθερός*, όταν θεσπίζοντας τον, τα άτομα του πληθυσμού, αποκλείουν οποιονδήποτε άλλον τύπο συμπεριφοράς να εισβάλει στον πληθυσμό τους. Δηλαδή οποιοδήποτε άτομο ή ομάδα ατόμων του πληθυσμού υιοθετήσει έναν διαφορετικό τύπο συμπεριφοράς, τότε το μεταλλαγμένο αυτό είδος είναι καταδικασμένο να εκλείψει.

Ορισμός 1.1.2.3

Εξελικτική σταθερότητα (*Μαθηματική διατύπωση*)

Έστω $F(I,Q)$ μια συνάρτηση πραγματικής αξίας που υποδηλώνει την καλή φυσική κατάσταση ενός ατόμου τύπου I σε έναν πληθυσμό της σύνθεσης Q με τους τύπους J και I να έχουν πιθανότητες x και $(1-x)$ αντίστοιχα. Ένας πληθυσμός I θα είναι *εξελικτικά σταθερός* εάν, κάθε φορά που μια μικρή ποσότητα τύπου J εισέρχεται στον πληθυσμό, ο τύπος I αποδίδει καλύτερα από τον J. Για κάθε $I \neq J$ είναι :

$$F(I,\varepsilon J+(1-\varepsilon)I) > F(J,\varepsilon J+(1-\varepsilon)I) \text{, για όλα τα επαρκώς μικρά } \varepsilon > 0 . \qquad (1.2)$$

Θα υποθέσουμε ότι η $F(I,Q)$ είναι συνεχής στην μεταβλητή Q, έτσι ώστε μια μικρή αλλαγή στην σύνθεση του πληθυσμού να έχει μικρή επίδραση στην ικανότητα ενός ατόμου I.

Αν $\varepsilon \to 0$, τότε η (1.2) γίνεται: $F(I,I) \geq F(J,I)$, $\forall J$ (1.3).

Ως εκ τούτου κανένας πληθυσμός J δεν μπορεί να είναι καλύτερος από έναν πληθυσμό I.

Με βάση τον *Ορισμό 1.1.2.3* το παίγνιο «γεράκι – περιστέρι» που παρουσιάστηκε παραπάνω μπορεί να επαναδιατυπωθεί σε γενική μορφή όπως στον Πίνακα 1.2. Για λόγους απλοποίησης της παρουσίασης, στον Πίνακα αυτό αναγράφεται η ωφέλεια μόνον του παίκτη 1, καθώς η ωφέλεια του παίκτη 2 είναι συμμετρική.

Πίνακας 1.2
(Παίγνιο «γεράκι- περιστέρι», εξελικτική σταθερότητα)

	γεράκι (H)	περιστέρι (D)
γεράκι (H)	$\frac{\text{G-C}}{2}$	G
περιστέρι (D)	0	$\frac{G}{2}$

Όπως και πριν, υποθέτουμε ότι, όταν συναντηθούν ένας παίκτης γεράκι και ένας περιστέρι, τότε ο *γ* αποκομίζει κέρδος *G*, αφού ο *π* υποχωρεί και δεν έχει κανένα κέρδος, ούτε όμως και κάποια απώλεια. Στην περίπτωση που συναντηθούν δύο γεράκια, τότε μάχονται για να κερδίσουν τις *G* μονάδες ωφέλειας. Η μάχη τελειώνει όταν ένας από τους δύο παίκτες τραυματιστεί ή υποχωρήσει, το οποίο αναφέρεται στον πίνακα σαν απώλεια *C*. Ο κερδισμένος *γ* έχει όφελος *(G-C)/2*. Υποθέτουμε σε αυτό το σημείο ότι $G > C$. Σε συνάντηση δύο περιστεριών οι παίκτες μοιράζονται τις μονάδες ωφέλειας από μισές, δηλαδή *G/2*. Καταρχήν θα εξετάσουμε την περίπτωση που ο ομοιογενής πληθυσμός είναι πληθυσμός περιστεριών και οι παίκτες γεράκια οφείλουν την ύπαρξη τους σε μεταλλάξεις. Θα δούμε αν ένας από τους δύο πληθυσμούς, γερακιών (H) ή περιστεριών (D) είναι *εξελικτικά σταθερός*, δηλαδή αν ικανοποιείται η σχέση (1.3). Ο πληθυσμός των περιστεριών είναι εξελικτικά σταθερός εάν ισχύει η σχέση: $F(H,D) \le F(D,D)$. Καθώς όμως έχουμε ορίσει τις ωφέλειες ως: $F(H,D) = G$ και $F(D,D) = \frac{G}{2}$, τότε η σχέση: $F(H,D) \le F(D,D)$ δεν ισχύει.

Τώρα, ας υποθέσουμε ότι ο πληθυσμός αποτελείται κυρίως από γεράκια και ότι οι παίκτες περιστέρια οφείλονται σε μεταλλάξεις. Ο πληθυσμός των γερακιών είναι εξελικτικά σταθερός εάν ισχύει η σχέση: $F(D,H) \le F(H,H)$. Καθώς όμως έχουμε ορίσει τις ωφέλειες ως: $F(D,H) = 0$ και $F(H,H) = \frac{G-C}{2}$, τότε η σχέση: $F(D,H) \le F(H,H)$ είναι ψευδής, αφού $\frac{G-C}{2} < 0$.

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι τόσο ο τύπος γεράκι όσο και ο τύπος περιστέρι είναι εξελικτικά ασταθείς και στην πραγματικότητα το ένα είδος μπορεί να εισβάλει στο άλλο. Παρακάτω θα βρούμε την *Εξελικτικά Σταθερή Στρατηγική* για αυτό το παίγνιο. Πρώτα όμως θα αναφερθούμε σε κάποιες απλές μαθηματικές έννοιες της Θ.Π οι οποίες είναι απαραίτητες για την ανάλυση που θα ακολουθήσει.

1.1.3 Βασικές παιγνιοθεωρητικές έννοιες

Θα εξετάσουμε τώρα ένα παιγνιοθεωρητικό μοντέλο όπου ξεχωριστοί παίκτες επιλέγουν τις κινήσεις τους από ένα περιορισμένο αριθμό καθαρών στρατηγικών. Ας υποθέσουμε ότι υπάρχουν N τέτοιες στρατηγικές, R_1 έως R_N, και αντίστοιχα ορίζουμε ως p_1 μέχρι p_n τις πιθανότητες εμφάνισης τους. Προφανώς: $\sum_{i=1}^{N} p_i = 1$, και $p_i \ge 0$ για κάθε i. Στη συνέχεια κάθε στρατηγική που επιλέγεται αντιστοιχείται σε ένα σημείο p, το σύνολο των οποίων δημιουργεί το παρακάτω «πλέγμα» :

$$S_N = \{p = (p_1, ..., p_N) \in R^N : p_i \ge 0 \ and \ \sum_{i=1}^{N} p_i = 1\} \tag{1.4}$$

Οι «γωνίες» του πλέγματος S_N αντιστοιχούν στις N καθαρές στρατηγικές R_i. Αυτά είναι τα μοναδιαία διανύσματα e_i όπου η i συντεταγμένη αντιστοιχεί σε μονάδα (1) και οι υπόλοιπες είναι μηδενικές (0). Το εσωτερικό του «πλέγματος», το οποίο συμβολίζουμε με: *int* S_N, αποτελείται αποκλειστικά από μικτές στρατηγικές, για τις οποίες $p_i > 0$, για κάθε i. Το σύνορο του «πλέγματος», το οποίο συμβολίζουμε με: *bd* S_N, αποτελείται από όλα τα $\mathrm{p} \in S_N$ για τα οποία η «υποστήριξη» (support), το οποίο συμβολίζουμε με: supp(p) $= \{i : 1 \le i \le N \ and \ p_i > 0\}$ είναι ένα υποσύνολο S του $\{1,..,N\}$. Ορίζουμε *bd* S_N = { p: $p_i = 0$, όπου $\exists! i$ }. Για παράδειγμα, έστω ότι έχουμε $N = 4$ πλήθος στρατηγικών και S_N:

i. p=(1,0,0,0) να είναι το γωνιακό σημείο που αντιστοιχεί στο e_1 διάνυσμα. Τότε supp(p)={1}.
ii. p=(1/4,1/4,1/4,1/4) είναι μια τελείως μικτή στρατηγική και το p ανήκει στο *int* S_N. Έτσι το supp(p)={1,2,3,4}.
iii. p=(1/3,0,1/2,1/6) είναι μια μικτή στρατηγική και το p σε αυτή την περίπτωση ανήκει στο *bd* S_N. Τότε supp(p)={1,3,4}.

Ας εξετάσουμε το απλούστερο παράδειγμα παιγνίου με 2 παίκτες. Θα ορίσουμε u_{ij} να είναι το κέρδος ενός παίκτη που χρησιμοποιεί την στρατηγική R_i σε σχέση με τον παίκτη που επιλέγει στρατηγική R_j. Αφού υπάρχουν N καθαρές στρατηγικές για κάθε παίκτη, θα έχουμε έναν NxN πίνακα ωφέλειας, τον $U=(u_{ij})$. Τότε η αναμενόμενη ωφέλεια για τον παίκτη που επιλέγει μια R_i καθαρή στρατηγική, εναντίον παίκτη q στρατηγικής, θα είναι

$$(U\mathrm{q})_i = \sum_{j=1}^{N} u_{ij} q_j \qquad (1.5)$$

όπου βεβαίως q_j είναι οι πιθανότητες για τις στρατηγικές R_j. Αν οι στρατηγικές δεν είναι πάντα καθαρές αλλά μπορεί να είναι και μικτές η παραπάνω σχέση παίρνει την μορφή :

$$\mathrm{p}U\mathrm{q} = \sum_{j=1}^{N} [\sum_{i=1}^{N} (u_{ij} p_i q_j)] = \sum_{i,j} u_{ij} p_i q_j \qquad (1.6)$$

Αν σε ένα τέτοιο παίγνιο, κάθε παίκτης έχει επιλέξει μια στρατηγική και κανένας από του δύο δεν μπορεί να επωφεληθεί αλλάζοντας την έκβαση της, τότε το παίγνιο περιέρχεται σε κατάσταση Nash ισορροπίας. Αποδεικνύεται ότι κάθε παίγνιο ομαλής μορφής έχει τουλάχιστον μια Nash ισορροπία (Evolutionary games and population dynamics, σελ.159), που είναι η καλύτερη απάντηση στον εαυτό της.

Ορισμός 1.1.3.1

Ορίζουμε ως *β(q)* το σύνολο των καλύτερων απαντήσεων στην q που αποτελείται από στρατηγικές p για τις οποίες η απεικόνιση $p \to pUq$, αποκτά την μέγιστη αξία της.

Ορισμός 1.1.3.2

Μια στρατηγική q είναι *αυστηρά στρατηγική Nash ισορροπία* αν είναι η μοναδική καλύτερη απάντηση στον εαυτό της, δηλαδή:

$$pUq < qUq \, , \, \forall p \neq q \tag{1.7}$$

Αν ισχύει και για $p = q$, δηλαδή η ανισότητα δεν είναι γνήσια τότε η q δεν είναι *αυστηρά στρατηγική Nash ισορροπία* αλλά *μη-αυστηρά στρατηγική Nash ισορροπία*.

1.1.4 Εξελικτικά Σταθερές Στρατηγικές

Είδαμε παραπάνω τι συμβαίνει σε ένα παίγνιο δύο παικτών. Τώρα θα εξετάσουμε μεγάλους πληθυσμούς και θα ορίσουμε την έννοια των *Εξελικτικά Σταθερών Στρατηγικών*. Οι παίκτες επιλέγονται τυχαία και παίζουν κατ' επανάληψη. Όπως διαπιστώσαμε, αν υπάρχει μια *αυστηρά στρατηγική Nash ισορροπία*, τότε αυτή είναι η καλύτερη απάντηση στον εαυτό της, ώστε καμιά παρεκκλίνουσα συμπεριφορά δεν μπορεί να τα πάει καλύτερα από αυτήν. Μερικές φορές, δεν υπάρχει *αυστηρά στρατηγική Nash ισορροπία* και η *μη-αυστηρά στρατηγική Nash ισορροπία* μπορεί να προσβληθεί από έναν μεταλλαγμένο τύπο. Ωστόσο, αν μια *μη-αυστηρά στρατηγική Nash ισορροπία* είναι *εξελικτικά σταθερή*, τότε ο πληθυσμός δεν μπορεί να προσβληθεί. Έτσι για ένα σύνολο στρατηγικών ορίζουμε :

Ορισμός 1.1.4.1

Μια στρατηγική r είναι μια *Εξελικτικά Σταθερή Στρατηγική* (*ΕΣΣ*), αν για όλα τα $\mathrm{p} \in S_N$ με $p \neq r$, η ανισότητα:

$$\mathrm{p}U(\varepsilon \mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}) < \mathrm{r}U(\varepsilon \mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}) \tag{1.8}$$

ισχύει για όλα τα $\bar{\varepsilon}(\mathrm{p}) > \varepsilon > 0$, όπου $\bar{\varepsilon}(\mathrm{p}) > 0$ είναι το «φράγμα εισβολής» για την στρατηγική p, τέτοιο ώστε αν το ε γίνει μεγαλύτερο από $\bar{\varepsilon}(\mathrm{p})$, τότε η στρατηγική p θα εισβάλει στον πληθυσμό.

Σχόλιο

Η εξίσωση (1.8) μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$\begin{aligned}
&\mathrm{p}U(\varepsilon \mathrm{p}) + \mathrm{p}U((1-\varepsilon)\mathrm{r}) < \mathrm{r}U(\varepsilon \mathrm{p}) + \mathrm{r}U((1-\varepsilon)\mathrm{r}) \\
&\varepsilon \mathrm{p}U\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{p}U\mathrm{r} < \varepsilon \mathrm{r}U\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}U\mathrm{r} \\
&(1-\varepsilon)\mathrm{r}U\mathrm{r} - (1-\varepsilon)\mathrm{p}U\mathrm{r} + \varepsilon \mathrm{r}U\mathrm{p} - \varepsilon \mathrm{p}U\mathrm{p} > 0 \\
&(1-\varepsilon)(\mathrm{r}U\mathrm{r} - \mathrm{p}U\mathrm{r}) + \varepsilon(\mathrm{r}U\mathrm{p} - \mathrm{p}U\mathrm{p}) > 0
\end{aligned}$$

Τότε η στρατηγική r είναι μια *ΕΣΣ* αν οι ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

1.Κατάσταση Ισορροπίας

$$\mathrm{r}U\mathrm{r} \geq \mathrm{p}U\mathrm{r}\ ,\ \forall \mathrm{p} \in S_N \qquad (1.9)$$

2.Κατάσταση Σταθερότητας

$$\text{αν } \mathrm{r}U\mathrm{r} = \mathrm{p}U\mathrm{r} \ \text{ και } \mathrm{p} \neq \mathrm{r}\ , \text{τότε } \ \mathrm{p}U\mathrm{p} < \mathrm{r}U\mathrm{p} \qquad (1.10)$$

Η εξίσωση (1.9) είναι ο ορισμός της Nash ισορροπίας. Αν η ανισότητα είναι αυστηρή τότε είναι και αυστηρή Nash ισορροπία. Αν η ανισότητα δεν είναι αυστηρή, τότε η r είναι η καλύτερη απάντηση στον εαυτό της, αλλά μπορεί να μην είναι η μοναδική καλύτερη απάντηση. Αν ισχύει η ισότητα, τότε η p είναι επίσης μια καλύτερη απάντηση στην r. Εδώ χρησιμοποιούμε και την εξίσωση (1.10). Αν η p είναι και αυτή μια καλύτερη απάντηση τότε η r είναι καλύτερη απέναντι στην p απ' ότι η p στον εαυτό της. Μπορούμε να βγάλουμε δύο συμπεράσματα.

A) Η αυστηρή Nash ισορροπία είναι μια ΕΣΣ, αφού ικανοποιεί την συνθήκη ισορροπίας αυστηρά.

B) Μια ΕΣΣ είναι ισορροπία Nash, αφού ο ορισμός της Κατάστασης Ισορροπίας είναι ο ορισμός της Nash ισορροπίας.

Θα εξετάσουμε παρακάτω τις ιδιότητες των καθαρών, μεικτών και τελείως μεικτών στρατηγικών.

1.Καθαρές Στρατηγικές: Αν η p είναι μια καθαρή στρατηγική, τότε $\mathrm{p} = \mathrm{e_i}$ και η (1.9) γίνεται:

$$(U\mathrm{r})_i \leq \mathrm{r}U\mathrm{r} \quad , \text{έστω } \ \mathrm{r}U\mathrm{r} = c\,,$$

$(U\mathrm{r})_i \leq c$, για όλα τα *i,* πολλαπλασιάζοντας και τα δύο μέλη με r_i,

$$\mathrm{r}_i(U\mathrm{r})_i \le \mathrm{r}_i c$$, για όλα τα *i*, αθροίζοντας κατά *i*,

$$\sum_{i=1}^{N} \mathrm{r}_i(U\mathrm{r})_i \le \sum_{i=1}^{N} \mathrm{r}_i c$$

$$\mathrm{r}U\mathrm{r} \le c\sum_{i=1}^{N} \mathrm{r}_i$$, και επειδή $\sum_{i=1}^{N} \mathrm{r}_i = 1$, παίρνουμε

$$\mathrm{r}U\mathrm{r} \le c$$

Όμως είναι $\mathrm{r}U\mathrm{r} = c$, από υπόθεση, άρα δεν μπορεί να ισχύει $\mathrm{r}U\mathrm{r} < c$, άρα ισχύει η ισότητα. Έτσι ισχύει:

$$(U\mathrm{r})_i = \mathrm{r}U\mathrm{r} \text{ για όλα τα } i \text{ για τα οποία ισχύει: } \mathrm{p}_i > 0 \qquad (1.11)$$

Δείξαμε ότι για όλα τα *i* για τα οποία ισχύει: $\mathrm{p}_i > 0$ η ισότητα πρέπει να ισχύει στην κατάσταση ισορροπίας.

2.Μεικτές Στρατηγικές: Αν υπάρχει μεικτή στρατηγική, για όλα τα $i \in \mathrm{supp(p)}$ η ισότητα θα πρέπει και πάλι να ισχύει, καθώς όπως έχουμε δείξει, όποτε $\mathrm{p}_i > 0$ η ισότητα ισχύει.

3.Εντελώς Μεικτές Στρατηγικές: Ομοίως, αν υπάρχει μια εντελώς μεικτή στρατηγική, τότε $\mathrm{p}_i > 0$ για όλα τα *i* και τα $(U\mathrm{p})_i$ είναι ίσα μεταξύ τους.

Θεώρημα 1.1.4.2

Η στρατηγική $\mathrm{r} \in S_N$ είναι *ΕΣΣ* αν-ν $\mathrm{r}U\mathrm{q} > \mathrm{q}U\mathrm{q}$ ισχύει για όλα τα $\mathrm{q} \ne \mathrm{r}$ σε ένα υποσύνολο των r μέσα στο S_N.

Απόδειξη ($\Rightarrow$) Έστω ότι η r είναι εξελικτικά σταθερή. Θα δείξουμε ότι $\mathrm{r}U\mathrm{q} > \mathrm{q}U\mathrm{q}$ ισχύει για όλα τα $\mathrm{q} \neq \mathrm{r}$. Έστω $\mathrm{q} = \varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}$, αφού τα q ανήκουν σε ένα υποσύνολο των r. Έστω ότι $\mathrm{p} \in C = \{x \in S_N : x_i = 0, \text{ για } i \in \mathrm{supp(r)}\}$, τότε το C αποτελείται από εκείνα τα S_N τα οποία δεν περιέχουν το r. Η ισότητα (1.8) ισχύει για κάθε $\mathrm{p} \in C$ και για κάθε p υπάρχει ένα «φράγμα εισβολής» $\bar{\varepsilon}(\mathrm{p}) > 0$. Αφού το C είναι κλειστό και φραγμένο, το $\bar{\varepsilon}(\mathrm{p})$ θα έχει θετική ελάχιστη τιμή (min value). Έστω, τότε η ελάχιστη τιμή: $\bar{\varepsilon} = \min\{\bar{\varepsilon}(\mathrm{p}) : \mathrm{p} \in C\}$. Έτσι για κάθε p και με ε τέτοιο ώστε $\bar{\varepsilon} > \varepsilon > 0$ η (1.8) ισχύει.

$$\mathrm{p}U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}) < \mathrm{r}U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r})$$

Πολλαπλασιάζοντας και τα δύο μέλη με ε, παίρνουμε:

$$\varepsilon\mathrm{p}U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}) < \varepsilon\mathrm{r}U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r})$$

Προσθέτοντας $(1-\varepsilon)\mathrm{r}U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r})$ και στα δύο μέλη:

$$\varepsilon\mathrm{p}U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}) + (1-\varepsilon)\mathrm{r}U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}) < \varepsilon\mathrm{r}U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}) + (1-\varepsilon)\mathrm{r}U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}) \Leftrightarrow$$

$(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r})U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}) = (\varepsilon\mathrm{r} + (1-\varepsilon)\mathrm{r})U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}) \Leftrightarrow \mathrm{q}U\mathrm{q} < \mathrm{r}U\mathrm{q}$, αφού $\mathrm{q} = \varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}$. Άρα για όλα τα $\mathrm{q} \neq \mathrm{r}$, δείξαμε ότι ισχύει $\mathrm{r}U\mathrm{q} > \mathrm{q}U\mathrm{q}$. ■

Αντιστρόφως ($\Leftarrow$) Έστω ότι ισχύει: $\mathrm{r}U\mathrm{q} > \mathrm{q}U\mathrm{q}$ για κάθε $\mathrm{q} \neq \mathrm{r}$,σε μια γειτονιά της r του S_N. Θα δείξουμε ότι η r είναι μια ΕΣΣ, δηλαδή ότι η σχέση: $\mathrm{p}U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}) < \mathrm{r}U(\varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r})$ ισχύει για κάθε ε τέτοιο ώστε: $\bar{\varepsilon}(\mathrm{p}) > \varepsilon > 0$. Γράφουμε κάθε q ως: $\mathrm{q} = \varepsilon\mathrm{p} + (1-\varepsilon)\mathrm{r}$,με $\mathrm{p} \in C = \{x \in S_N : x_i = 0, \text{ για } i \in \mathrm{supp(r)}\}$. Τότε μπορούμε να γράψουμε την σχέση: $\mathrm{r}U\mathrm{q} > \mathrm{q}U\mathrm{q}$ όπως παρακάτω:

$$\mathrm{r}U(\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r}) > (\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r}U(\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r})$$
$$(\varepsilon \mathrm{r}+(1-\varepsilon)\mathrm{r})U(\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r}) > (\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r})U(\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r})$$
$$(\varepsilon \mathrm{r})U(\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r}) > (\varepsilon \mathrm{p})U(\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r})$$
$$\mathrm{r}U(\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r}) > \mathrm{p}U(\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r})$$

Τότε η τελευταία σχέση: $\mathrm{r}U(\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r}) > \mathrm{p}U(\varepsilon \mathrm{p}+(1-\varepsilon)\mathrm{r})$ ισχύει για όλα τα $\mathrm{p} \in S_N$,$\forall \mathrm{p} \neq \mathrm{r}$, για ένα ελάχιστο $\bar{\varepsilon}$. ■

Επιστρέφοντας τώρα και πάλι στο παράδειγμα μας (*παράδειγμα 1.1.2.1*), στο παίγνιο «γεράκι- περιστέρι», θα δείξουμε ότι η στρατηγική $\mathrm{r} = (\frac{G}{C}, \frac{C-G}{C})$, είναι μια ΕΣΣ σε αυτό, δηλαδή η ΕΣΣ που προκύπτει στο παίγνιο αυτό, παίζοντας την στρατηγική «γεράκι» με πιθανότητα $\frac{G}{C}$ και την στρατηγική «περιστέρι» με πιθανότητα: $(\frac{C-G}{C})$.

Ο πίνακας ωφέλειας θα είναι ο ίδιος με παραπάνω: (παραθέτουμε ξανά τον πίνακα για λόγους ευκολίας)

Πίνακας 1.2

	συναντάει γεράκι (H)	συναντάει περιστέρι (D)
γεράκι (H)	$\frac{G-C}{2}$	G
περιστέρι (D)	0	$\frac{G}{2}$

Θα πρέπει να δείξουμε ότι η σχέση: $\mathrm{r}U\mathrm{q} > \mathrm{q}U\mathrm{q}$ ισχύει για κάθε $\mathrm{q} \neq \mathrm{r}$,σε μια γειτονιά της $\mathrm{r} \in S_N$. Έστω $\mathrm{q} = (q, 1-q)$. Τότε έχουμε:

$$
\begin{aligned}
&\mathrm{r}U\mathrm{q} - \mathrm{q}U\mathrm{q} = \\
&= \frac{G}{C}[q\frac{G-C}{2} + (1-q)G] + \frac{C-G}{C}[(1-q)\frac{G}{2}] - q[q\frac{G-C}{2} + (1-q)G] + (1-q)[(1-q)\frac{G}{2}] \\
&= (\frac{G}{C} - q)[q\frac{G-C}{2} + (1-q)G] + (\frac{C-G}{C} - (1-q))[(1-q)\frac{G}{2}] \\
&= (\frac{G}{C} - q)[q\frac{G-C}{2} + (1-q)G] + (q - \frac{G}{C})[(1-q)\frac{G}{2}] \\
&= (\frac{G}{C} - q)[q\frac{G-C}{2} + (1-q)G - (1-q)\frac{G}{2}] \\
&= (\frac{G}{C} - q)[q\frac{G-C}{2} + (1-q)\frac{G}{2}] \\
&= (\frac{G}{C} - q)[q\frac{G}{2} - q\frac{C}{2} + \frac{G}{2} - q\frac{G}{2}] \\
&= (\frac{G}{C} - q)[\frac{G}{2} - q\frac{C}{2}] \\
&= (\frac{G}{C} - q)\frac{1}{2}(G - qC) \\
&= \frac{1}{2C}[G - qC]^2
\end{aligned}
$$

Όμως $\frac{1}{2C} > 0$ και $[G - qC]^2 > 0$, άρα ισχύει : $\mathrm{r}U\mathrm{q} - \mathrm{q}U\mathrm{q} > 0 \Rightarrow \mathrm{r}U\mathrm{q} > \mathrm{q}U\mathrm{q}$. Άρα η στρατηγική $\mathrm{r} = (\frac{G}{C}, \frac{C-G}{C})$ είναι μια ΕΣΣ για όλα τα $\mathrm{q} \neq \frac{G}{C}$. ■

Συνοψίζοντας, είδαμε ότι ένας ομοιογενής πληθυσμός περιστεριών είναι ευάλωτος σε μεταλλάξεις *γ* και αντίστοιχα ένας πληθυσμός γερακιών σε *π*. Έστω p ότι είναι το ποσοστό των γερακιών σε ένα μεικτό πληθυσμό. Αν το p είναι πολύ χαμηλό, με την βοήθεια της εξέλιξης αυτό το ποσοστό θα αυξάνεται και αν είναι πολύ υψηλό, όπως είδαμε, θα μειώνεται. Ποιό είναι το ποσοστό p που θα επιφέρει ισορροπία στον πληθυσμό; Η απάντηση είναι όταν το p=1/3, κάτι που συμπίπτει με την ισορροπία Nash μικτών στρατηγικών (ΙΝΜΣ). Αυτός είναι και ο πρώτος λόγος που η ΕΘΠ έκανε εντύπωση από την πρώτη στιγμή στους παιγνιοθεωρητικούς. Η σύγκλιση στη ισορροπία Nash έρχεται από μόνη της σαν φυσική επιλογή και όχι καταναγκαστικά με βάση πολύπλοκους ισχυρισμούς περί -υπέρ- ορθολογισμού των παικτών. Η δεύτερη συνεισφορά της Εξελικτική Θεωρίας στην Θεωρία Παιγνίων, είναι η άρση της απροσδιοριστίας, η οποία τόσο «ταλαιπώρησε» τους παιγνιοθεωρητικούς επιστήμονες του προηγούμενου αιώνα. Από την αρχή η νέα αυτή μέθοδος απέρριψε μια σειρά ισορροπιών Nash ως εξελικτικά ασταθείς, απομακρύνοντας έτσι την μέθοδο του «επίπονου» πρακτικά, Σχεδίου Εκλέπτυνσης της ισορροπίας Nash.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

2.0 Εισαγωγή

Η ΕΘΠ, είναι σήμερα ένας από τους πιο γρήγορα αναπτυσσόμενους τομείς της επιστημονικής γνώσης. Βρίσκει εφαρμογή σε μια μεγάλη κατηγορία επιστημών, από την βιολογία, την οικονομική θεωρία και τα μαθηματικά της αγοράς, μέχρι την κοινωνιολογία και τις ανθρωπιστικές επιστήμες. Επίσης αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της επιστήμης του διαδικτύου που βρίσκεται, βέβαια, ακόμα σε εμβρυακό στάδιο. Το ευρύ επιστημονικό πεδίο που αυτή καλύπτει, αναδεικνύει τον κυρίαρχο χαρακτήρα της. Για τον λόγο αυτό επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε την εξελικτική θεωρία παιγνίων στην ανάλυση ενός από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα, το πρόβλημα της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Το πρόβλημα επηρεάζει την ωφέλεια όλων των χωρών σε παγκόσμιο επίπεδο, και η επίλυσή του αναγκαστικά εξαρτάται από την συνεργασία τους.

Θα εξετάσουμε το φαινόμενο αυτό σαν ένα παίγνιο το οποίο θα βρίσκει «λύση» μέσα από την συνεργασία των παικτών (χωρών) και θα διαπιστώσουμε εάν η συζήτηση για την κλιματική αλλαγή μπορεί να οδηγήσει σε βραχυπρόθεσμους συμβιβασμούς και μακροπρόθεσμα αποτελέσματα. Το παίγνιο στο οποίο θα αναφερθούμε εκτενέστατα στην συνέχεια κατατάσσεται στα παίγνια *δημοσίων αγαθών (public goods games)* ή *παίγνια κοινόκτητων πόρων*, όπως αλλιώς ονομάζονται και πιο συγκεκριμένα είναι ένα *συλλογικού-κινδύνου κοινωνικού διλλήματος παίγνιο (collective - risk social dilemma game)*.

2.1 Παίγνια Κοινόκτητων Πόρων

Τα παίγνια κοινόκτητων πόρων είναι παίγνια κατά τα οποία μια ομάδα ατόμων προσπαθεί να πετύχει ένα συλλογικό στόχο, μέσα από ατομικές θυσίες ή συνεισφορές καθώς οι συνέπειες της μη επίτευξης του στόχου είναι εκτός από ομαδικές και ατομικές. Ένα τέτοιο είδος παιγνίων είναι τα συλλογικού-κινδύνου κοινωνικού διλλήματος παίγνια, όπως αυτά ονομάζονται, και τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν σε αρκετά διαφορετικά κοινωνικά σενάρια.

Συλλογικού-κινδύνου κοινωνικού διλλήματος παίγνια

Τα παίγνια συλλογικού-κινδύνου κοινωνικού διλλήματος, διαφέρουν από τα υπόλοιπα παίγνια κοινωνικών διλλημάτων σε 4 βασικά σημεία:

i. οι παίκτες πρέπει να λάβουν αποφάσεις κατ' επανάληψη προτού το αποτέλεσμα να είναι προφανές,
ii. οι επενδύσεις χάνονται (δηλαδή δεν υπάρχουν επιστροφές),
iii. η ανταποδοτική αξία του δημόσιου αγαθού που γίνεται προσπάθεια να σωθεί (στην προκειμένη περίπτωση η πρόληψη του κλίματος) είναι άγνωστη,
iv. το δημόσιο αγαθό διακυβεύεται με κάποια πιθανότητα αν το άθροισμα στόχος δεν συλλέγεται.

2.1.1 Το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής

Τα τελευταία χρόνια το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής είναι ένα από τα προβλήματα που απασχολούν περισσότερο την επιστημονική κοινότητα. Με το ζήτημα αυτό ασχολούνται όπως είναι αναμενόμενο, εκτός από τις άμεσα «ενδιαφερόμενες» επιστήμες, όπως μετεωρολογία, γεωλογία, βιολογία κ.ά., οι επιστήμες που αφορούν τον άνθρωπο. Καθώς το πρόβλημα της αλλαγής του κλίματος, δημιουργήθηκε από την ανθρώπινη συμπεριφορά προς το περιβάλλον και οι συνέπειες του αφορούν επίσης τον άνθρωπο που είναι μέρος του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο γίνονται οι αλλαγές, οι κοινωνικές και ανθρωπιστικές επιστήμες παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην διερεύνηση του προβλήματος. Μέσα από αυτή την κατεύθυνση της επιστημονικής γνώσης, η οποία προσφέρει μια διαφορετική διάσταση του ζητήματος, μπορούμε να εξετάσουμε τους λόγους που οδήγησαν στο «χείλος» της κατάρρευσης το οικοσύστημα καθώς επίσης να προσπαθήσουμε να βρούμε κάποιους τρόπους αντιμετώπισης των συνεπειών, μέσα από οργανωμένη προσπάθεια.

Η κλιματική αλλαγή είναι σήμερα και αναμένεται να είναι πολύ περισσότερο στο άμεσο μέλλον, ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα. Τα βίαια και εναλλασσόμενα καιρικά φαινόμενα, η λειψυδρία, η αύξηση της στάθμης της θάλασσας και η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη είναι από τα σημαντικότερα συστατικά του όρου «κλιματική αλλαγή», η οποία φαίνεται να οφείλεται στον μεγαλύτερο βαθμό της στον ανθρώπινο παράγοντα. Η αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων στις καλλιέργειες, δηλητηριάζουν το έδαφος και καταστρέφουν την χλωρίδα. Η εκτεταμένη άρδευση από λίμνες, ποτάμια και υπόγεια πηγάδια, για την πλήρωση των αναγκών σε πόσιμο νερό και πολύ περισσότερο για το πότισμα καλλιεργειών, έχουν σαν αποτέλεσμα την αποστράγγιση των δεξαμενών γλυκού νερού. Οι εκπομπές μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), καθώς και άλλων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, αυξάνουν την θερμοκρασία της και οδηγούν σε ξηρασία και ερημοποίηση μεγάλων εκτάσεων γης. Η αποψίλωση των δασών εντείνει το πρόβλημα της διάβρωσης του εδάφους αλλά και της περαιτέρω άνοδο της θερμοκρασίας. Η εναπόθεση στερεών και υγρών αποβλήτων, μολύνουν τις θάλασσες και καταστρέφουν κάθε μορφή υδρόβιας ζωής.

Τα παραπάνω είναι μερικά μόνο από τα κομμάτια του πάζλ που συνθέτουν την οικολογική καταστροφή. Στο μέλλον, η καταστροφή αναμένεται να είναι ακόμα μεγαλύτερη, καθώς η ανθρώπινη δραστηριότητα συνεχίζει να είναι ξεκομμένη από την φύση και ενάντια στο περιβάλλον μέσα στο οποίο αναπτύσσεται. Η έντονη αυτή αντιπεριβαλλοντική δραστηριότητα ουσιαστικά διαταράσσει το βιολογικό ρολόι του πλανήτης μας κάνοντας το να «τρέχει» γρηγορότερα από ποτέ. Η φύση αντιδρά πάντοτε στις βίαιες αλλαγές με επίσης βίαιο τρόπο, προσπαθώντας να επαναφέρει την «σχετική» τάξη. Όσο όμως ο άνθρωπος συνεχίσει την καταστροφική, για το παγκόσμιο οικοσύστημα, ανάπτυξη, τόσο πιο πολύ εντείνει το πρόβλημα και τόσο πιο συχνά θα γίνονται τα «ξεσπάσματα» της φύσης. Τελικά, το χειρότερο, αν και ρεαλιστικότερο όλων σενάριο, οδηγεί στην καταστροφή του πλανήτη όπως τον γνωρίζουμε. Μαζί αναμένεται η καταστροφή του μεγαλύτερου ποσοστού της πανίδας και της χλωρίδας και βεβαίως του ίδιου του ανθρώπου. Αδιαφορώντας, λοιπόν, για το πρόβλημα σήμερα, είναι σαν γράφουμε τον επίλογο στο αυτοκαταστροφικό μας έργο. Η άλλη και μόνη ορθολογική επιλογή, είναι να κατανοήσουμε επιτέλους τις συνέπειες των πράξεων μας, προσπαθώντας έστω και την ύστατη στιγμή να απαλύνουμε τις πληγές που δημιουργήσαμε στο περιβάλλον, προσμένοντας σε μια πιο ομαλή αντίδραση του πλανήτη μας.

Ποιός, λοιπόν, είναι ο λόγος που μέχρι σήμερα δεν υπάρχει μια οργανωμένη και σοβαρή παγκόσμια προσπάθεια για την σωτηρία του κλίματος του πλανήτη μας; Το παιχνίδι που θα αναλύσουμε στην συνέχεια, ξεκινάει από αυτό τον προβληματισμό και προσπαθεί να εξηγήσει με μαθηματικούς και ψυχολογικούς όρους τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Εκτός όμως από την εξαγωγή συμπερασμάτων, βαθύτερος στόχος όχι μόνο του συγκεκριμένου αλλά και άλλων πειραμάτων της ίδιας κατηγορίας, είναι να εντοπίσει τον ρόλο του επιστήμονα που ασχολείται με το περιβάλλον, αποσαφηνίζοντας την κατεύθυνση της έρευνας του έτσι ώστε να αποδώσει η τελευταία τα μέγιστα οφέλη προς το κοινό συμφέρον.

Αρχικά θα μπορούσαμε να αποδώσουμε την απροθυμία που διαφαίνεται σήμερα παγκόσμια, όσον αφορά την δημιουργία ενός ισχυρού φορέα περιβαλλοντικής προστασίας, στην δυσπιστία που επιδεικνύει η πλειοψηφία των ηγετών των χωρών προς αυτή την κατεύθυνση. Ο σκεπτικισμός που επικρατεί οφείλεται σε τρεις κυρίως παράγοντες. Πρώτον, ότι οι κυβερνήσεις παγκοσμίως δεν είναι διατεθειμένες να δαπανήσουν χρήματα του προϋπολογισμού της χώρας τους σήμερα, για ένα στόχο που υπερβαίνει τα όρια της εξουσίας τους, τόσο γεωγραφικά, όσο και χρονικά, αφού κάθε κόμμα που αναλαμβάνει την ηγεσία προσπαθεί να βελτιστοποιήσει την περίοδο διακυβέρνησης του και όχι να δημιουργήσει προοπτικές για το μέλλον, με σκοπό πάντα το άμεσο πολιτικό όφελος. Επιπλέον, η οικονομική κρίση που εδώ και μερικά χρόνια έχει μεταβάλλει τα οικονομικά των κρατών παγκόσμια, κάνει την κατάσταση ακόμη πιο δύσκολη. Δεύτερον, δεν έχει γίνει ακόμα αντιληπτό το μέγεθος του προβλήματος και αυτό λειτουργεί ανασταλτικά στο να παρθούν σημαντικές αποφάσεις, δαπανώντας ταυτόχρονα σημαντικά ποσά τόσο σε επίπεδο χώρας όσο και παγκοσμίως σε ένα κοινό ταμείο κλίματος.

Ο τρίτος λόγος είναι, ότι ακόμα και αν οι δύο προηγούμενοι παράγοντες επιλυθούν, παραμένει πάντα η διαφορά ανάμεσα στις χώρες σε επίπεδο βιομηχανικό, αναπτυξιακό και διπλωματικό. Είναι δύσκολο να υπάρξει η κατάλληλη συνεννόηση μεταξύ των χωρών, για την μείωση των ρύπων που προέρχονται από την βιομηχανία, καθώς τόσο οι ρυθμοί ανάπτυξης από χώρα σε χώρα είναι διαφορετικοί όσο και το είδος της βιομηχανίας σε αυτές. Οι αναπτυγμένες χώρες που διαθέτουν «βαριά» βιομηχανία είναι αμετακίνητες ως προς την μείωση των ρύπων πέρα από ένα μικρό ποσοστό, που δεν θα επηρεάζει την παραγωγική δυναμική τους και δεν αναγνωρίζουν συμφωνίες που αφορούν το περιβάλλον και την στροφή σε πράσινη ανάπτυξη. Επιπλέον, οι προηγμένες χώρες προσπαθούν να μετακυλήσουν το «βάρος» της οικολογικής ευθύνης σε χώρες που βρίσκονται στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης της οικονομίας τους και για τις οποίες, η βιομηχανική παραγωγή είναι ο βασικός συντελεστής για την αλλαγή του βιοτικού επιπέδου των πολιτών τους. Όπως είναι φυσικό, η κάθε χώρα αρνείται να κάνει αυτή πρώτη το βήμα της μείωσης της παραγωγής, και να θυσιάσει βραχυχρόνια την ανάπτυξη της οικονομίας της για ένα μακροχρόνιο οικολογικό παγκόσμιο σχέδιο.

Η παγκοσμιοποίηση της αγοράς θέτει τα οικονομικά συμφέροντα όλων των κρατών, αναπτυγμένων ή αναπτυσσόμενων υπό διαρκή ανταγωνισμό. Έτσι κάθε χώρα προσπαθεί πρώτα να διαφυλάξει τα οικονομικά κεκτημένα της και μετά να προσφέρει για το διεθνές συμφέρον. Το παίγνιο του Milinski πραγματεύεται ακριβώς αυτό το γεγονός. Δηλαδή πως μπορούν χώρες που βρίσκονται σε διαφορετικό στάδιο ανάπτυξης να έρθουν σε συμφωνία, έτσι ώστε να προσφέρουν χρήματα από τον προϋπολογισμό τους στο κοινό ταμείο του κλίματος. Ακόμα, αν θεωρήσουμε ότι κάθε παίκτης που παίρνει μέρος στο πείραμα, επαγωγικά αντιπροσωπεύει μια χώρα, το παιχνίδι προσπαθεί να εξετάσει την στρατηγική των παικτών, που έχουν σαν στόχο από τη μία να βοηθήσουν την ομάδα τους και από την άλλη να κρατήσουν τα περισσότερα χρήματα για προσωπικό τους όφελος.

2.2 Το πείραμα Milinski

Το πείραμα Milinski έγινε με σκοπό να διαπιστωθεί ποιο είναι κατά προσέγγιση το ποσοστό των ανθρώπων που θα συνεισέφεραν χρήματα που έχουν στην διάθεση τους σε ένα κοινό ταμείο για την σωτηρία του πλανήτη από την κλιματική αλλαγή. Οι παίκτες που παίρνουν μέρος θα πρέπει να αποφασίσουν για την σημαντικότητα της ομαδικής και της ατομικής επιτυχίας, «ζυγίζοντας» τις επιλογές τους.

2.2.1 Μέθοδοι και στόχοι του παιχνιδιού

Το παιχνίδι παίζεται ως εξής: 180 παίκτες χωρίζονται σε 30 ομάδες των 6 ατόμων η καθεμία. Οι 30 ομάδες χωρίζονται σε 3 υποομάδες των 10. Κάθε παίκτης «παίζει» από έναν προσωπικό υπολογιστή, χωρίς να γνωρίζει ποιοι είναι οι συμπαίκτες του (οι υπόλοιποι παίκτες της ομάδας του). Αυτό αποτελεί αρχή του παιγνίου, διότι οι παίκτες θα πρέπει να παίζουν ανώνυμα, έτσι ώστε να μην μπορούν να χρησιμοποιήσουν ή να δημιουργήσουν φήμη κατά την διάρκεια του παιχνιδιού. Οι παίκτες μπαίνουν στο παιχνίδι έχοντας έναν αριθμό ο καθένας (παίκτης 1, παίκτης 2,…, παίκτης 6), με τον οποίο γίνονται γνωστοί στα άτομα της ομάδας τους κατά την διάρκεια του παιχνιδιού, χωρίς όμως να γνωρίζουν, όπως είπαμε, οι υπόλοιποι την πραγματική τους ταυτότητα.

Κάθε παίκτης έχει στην διάθεση του 40€ στην αρχή του παιχνιδιού και με τα οποία θα συμμετέχει στο παιχνίδι. Τα χρήματα εμφανίζονται σαν πιστωτικές μονάδες στον υπολογιστή, αντιστοιχούν όμως σε πραγματικά χρήματα μετά το τέλος του παιχνιδιού. Έτσι οι παίκτες έχουν το κίνητρο των χρημάτων που μπορούν, υπό προϋποθέσεις όπως θα δούμε στην συνέχεια, να αποκομίσουν από το παιχνίδι στο τέλος. Έτσι κάθε ομάδα έχει στην διάθεση της: (6x40)x6=240€ στην αρχή. Το παιχνίδι έχει 10 γύρους. Σε κάθε γύρο οι παίκτες μπορούν να συνεισφέρουν από τον υπολογιστή τους στο κοινό ταμείο της ομάδας, τα ποσά των 4€ , 2€ ή 0€. Αφού όλοι οι παίκτες συνεισφέρουν στην ομάδα το ποσό που επιθυμούν, εμφανίζεται στην οθόνη του κάθε παίκτη το συνολικό ποσό που έχει καταφέρει να συγκεντρώσει η ομάδα του μέχρι εκείνο τον γύρο, αλλά και το ποσό που δαπανούν οι συμπαίκτες του ξεχωριστά. Έτσι ο παίκτης γνωρίζει το επίπεδο του ταμείου της ομάδας του και το πόσο μακριά είναι από τον στόχο της.

Στόχος του παιχνιδιού είναι να καταφέρει η ομάδα να συγκεντρώσει τουλάχιστον το ποσό των 120€ μετά το τέλος των 10 γύρων έτσι ώστε να διασώσει το κλίμα του πλανήτη με τα χρήματα από το ταμείο της. Οι παίκτες της ομάδας που καταφέρνει να «σώσει» το ταμείο της κερδίζουν ο καθένας ξεχωριστά όλα τα χρήματα που μπόρεσαν να διατηρήσουν στον προσωπικό τους λογαριασμό, δηλαδή το υπόλοιπο ποσό από τα χρήματα που δεν συνεισέφεραν στο κοινό ταμείο. Το παιχνίδι αυτό έχει μια Nash ισορροπία. Αν κάθε παίκτης επενδύει σε κάθε γύρο από 2€, δηλαδή τα μισά από το μέγιστο (4€) που έχει δικαίωμα να επενδύσει τότε θα συγκεντρωθεί το ελάχιστο ποσό των 120€ και το ταμείο της ομάδας θα «σωθεί». Οι παίκτες θα έχουν επενδύσει όλοι το ίδιο, δηλαδή από 20€, ποσό που αντιστοιχεί στο μισό των χρημάτων που έχουν στην διάθεση τους. Αν όλοι επέλεγαν αυτό τον τρόπο να αγωνιστούν θα έσωζαν το ταμείο τους και θα κέρδιζαν όλοι το ίδιο ποσό χρημάτων. Δεν υπάρχει όμως τέτοια περίπτωση, όπως θα δούμε και παρακάτω, αφού το προσωπικό όφελος που συνάδει με την ιδιοσυγκρασία του κάθε παίκτη είναι το συστατικό που διαφοροποιεί το αποτέλεσμα.

Σε αυτή την προσομοίωση κάθε παίκτης αντιμετωπίζει τα παρακάτω διλλήματα. Όσο περισσότερο επενδύει στο κοινό ταμείο, τόσο πιο μεγάλη είναι η πιθανότητα η ομάδα του να καταφέρει τελικά να συλλέξει το ποσό που απαιτείται για να πετύχει τον στόχο της αλλά παράλληλα τόσο πιο λίγα χρήματα παραμένουν στον προσωπικό του λογαριασμό, τα οποία μετά το τέλος του παιχνιδιού μπορεί να κερδίσει. Αντίθετα, επενδύοντας λίγα χρήματα, μειώνει τις πιθανότητες να καταφέρει η ομάδα του να πετύχει τον ελάχιστο στόχο, πράγμα που σημαίνει ότι σε τέτοια περίπτωση τα χρήματα που διατήρησε «πονηρά» στον λογαριασμό του χάνονται αυτόματα. Το συγκεκριμένο σενάριο του κοινωνικού αυτού διλλήματος, προσθέτει άλλη μια ενδιαφέρουσα πτυχή. Όσο περισσότερο επενδύουν οι συμπαίκτες ενός παίκτη σε μια ομάδα, τόσο πιο λίγο χρειάζεται να συνεισφέρει ο ίδιος, κάνοντας έτσι οικονομία και διατηρώντας χρήματα στον προσωπικό του λογαριασμό.

Σύμφωνα με την συμπεριφορά που επιδεικνύουν στον τρόπο παιχνιδιού τους οι παίκτες χωρίζονται σε αυτό το πείραμα σε 3 κατηγορίες: Αλτρουιστές (altruists), δίκαιους (fair sharers) και τζαμπατζήδες (free riders), ανάλογα με το αν συνεισφέρουν 4€ ,2€ ή 0€ σε κάθε γύρο, αντίστοιχα. Ακόμα, το παιχνίδι παίχτηκε με 3 διαφορετικές πιθανότητες «καταστροφής» του ταμείου των ομάδων. Δηλαδή, το πρώτο γκρουπ των 10 ομάδων θα παίξει με πιθανότητα 90% να χάσουν οι παίκτες τα χρήματα τους σε περίπτωση που δεν πετύχει η ομάδα το ελάχιστο όριο των 120€. Αντίστοιχα, το δεύτερο γκρουπ με 50% και το τρίτο με μόλις 10%. Με αυτό τον τρόπο ελέγχεται αν η συμπεριφορά των παικτών ως προς το ποσό που επενδύουν έχει σχέση με την κρισιμότητα του στόχου που επιχειρούν να πετύχουν.

2.2.2 Αποτελέσματα και παρατηρήσεις

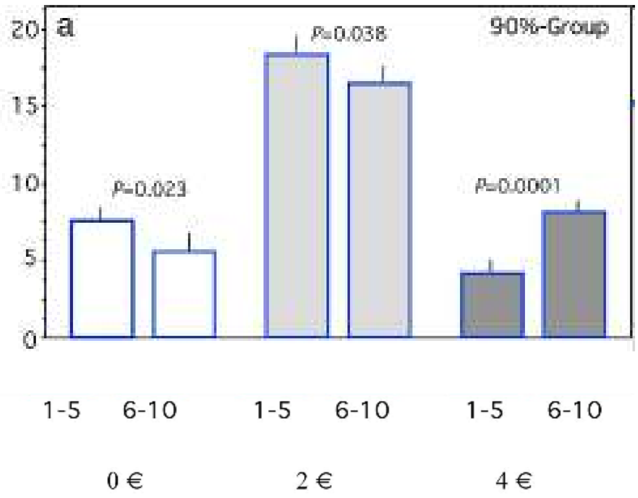
Στην πρώτη περίπτωση, όπου η πιθανότητα «καταστροφής» ήταν 90%, παρατηρήθηκε ότι το 50% των ομάδων κατάφεραν να πετύχουν τον στόχο των 120€. Λιγότερες ομάδες τα κατάφεραν στις δύο άλλες περιπτώσεις που η πιθανότητα αυτή ήταν μικρότερη. Όταν η πιθανότητα «καταστροφής» ήταν 50%, μόνο το 10% των ομάδων έφτασαν το ελάχιστο όριο και καμία ομάδα δεν συγκέντρωσε το απαιτούμενο ποσό στην περίπτωση που η πιθανότητα να καταστραφεί το ταμείο της ήταν μόλις 10%.

Αυτό δείχνει, σε πρώτη ανάγνωση, ότι η ψυχολογία των παικτών επηρεάζεται από την σημαντικότητα του στόχου. Ακόμα, φαίνεται ότι το ομαδικό πνεύμα δεν είναι εξαρχής συγκεκριμένο σε μια ομάδα, σύμφωνα με την προσωπικότητα των συμμετεχόντων, αλλά μεταβάλλεται και αυτό ανάλογα με την διάθεση των παικτών να πετύχουν τον ομαδικό στόχο. Άρα όλοι οι παίκτες που συμμετέχουν βρίσκονται σε μια δυναμική φάση κατά την διάρκεια του παιχνιδιού, δηλαδή μπορούν σε κάθε γύρο να μεταπηδήσουν από τον προηγούμενο γύρο σε μια διαφορετική κατάσταση.

Οι 3 κατηγορίες, αλτρουιστές, δίκαιοι και τζαμπατζήδες, που αναφέραμε πιο πάνω δεν είναι σαφώς διαχωρίσιμες, τις περισσότερες φορές, Έτσι, σπάνια βλέπουμε παίκτες που διατηρούν την ίδια στρατηγική σε όλο το παιχνίδι, ενώ η πλειοψηφία των παικτών αλλάζει αρκετές φορές στρατηγική κατά την διάρκεια του παιχνιδιού, όπως θα γίνει σαφές από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων που ακολουθεί.

Στον πίνακα 2.1, που αναφέρεται στο γκρουπ που έπαιξε με πιθανότητα «καταστροφής» 90%, παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των παικτών επέλεξε την «δίκαια» στρατηγική, τόσο στο πρώτο μισό του παιχνιδιού, όσο και στο δεύτερο μισό. Επίσης η «δίκαια» και η «τζαμπατζίδικη» στρατηγική, εμφανίζουν μείωση στους τελευταίους 5 γύρους. Αντίθετα η στρατηγική των «αλτρουιστών» σχεδόν διπλασιάζει το ποσοστό της καθώς το παίγνιο πλησιάζει στο τέλος. Αυτό συμβαίνει προφανώς, γιατί οι παίκτες που είχαν επιλέξει μέχρι τον 5ο γύρο τις δύο πρώτες στρατηγικές, αποφάσισαν να αλλάξουν και να παίξουν «αλτρουιστικά» με στόχο η ομάδα τους να πετύχει τον στόχο της που μέχρι εκείνο το σημείο και με αυτή την αναλογία στρατηγικών φαίνονταν, ίσως, δύσκολο να επιτευχθεί. Για να μην χάσουν όλα όσο αποταμίευσαν δηλαδή, μη προσφέροντας τίποτα ή βάζοντας λίγα στο ταμείο, αποφάσισαν να δαπανήσουν ένα ποσό για να «σώσουν» τα υπόλοιπα χρήματα τους.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το 50% των ομάδων κατάφεραν σε αυτή την περίπτωση, τελικά να σώσουν το ταμείο τους. Για τις υπόλοιπες 5 ομάδες ήταν απλά πολύ αργά, όταν η μεγάλη πλειοψηφία των παικτών αποφάσισε να συνεισφέρει στο ταμείο. Οι ομάδες που δεν κατάφεραν τελικά να φτάσουν το ελάχιστο ποσό, συγκέντρωσαν κατά μέσο όρο €112.8 ± 1.2, δηλαδή έφτασαν αρκετά κοντά στον στόχο, χωρίς όμως να καταφέρουν τελικά να επιτύχουν την σωτηρία τους.



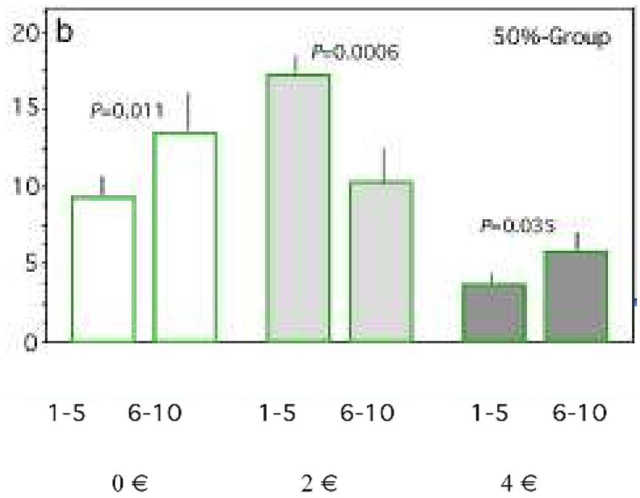
Διάγραμμα 2.1
Η συνεισφορά των παικτών (0€, 2€, 4€) στους γύρους 1-5 και 6-10, στην περίπτωση της 90% καταστροφής

Επεξήγηση Διαγραμμάτων 2.1 έως 2.3: Στον άξονα x εμφανίζονται οι γύροι του παιχνιδιού, χωρισμένοι σε δύο πεντάδες (οι πρώτοι 5 και οι επόμενοι 5 γύροι), στις 3 στρατηγικές που μπορούν οι παίκτες να επιλέξουν (αλτρουιστές-4€, δίκαιοι-2€, τζαμπατζήδες-0€). Στον άξονα y, αναγράφεται ο αριθμός των παικτών που έχουν επιλέξει την κάθε στρατηγική.

Ο πίνακας 2.2 παρουσιάζει τα αποτελέσματα στην περίπτωση της 50% «καταστροφής».

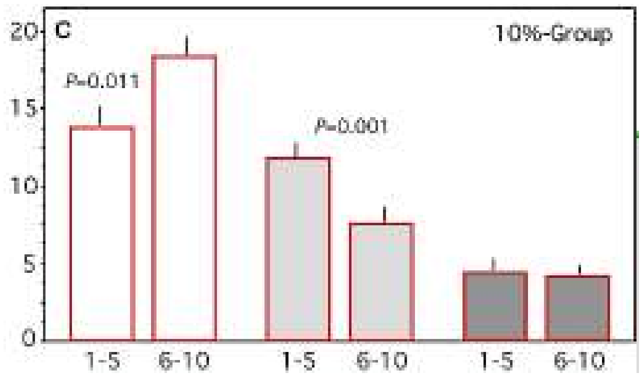
Ο αριθμός των παικτών που παίζει σαν «τζαμπατζής» είναι αυξημένος συγκρινόμενος με την προηγούμενη περίπτωση (πιθανότητα καταστροφής 90%). Όμως και πάλι η πλειοψηφία των παικτών έπαιξε «δίκαια». Βέβαια, το γεγονός αυτό δεν ήταν αρκετό για το 90% των ομάδων, οι οποίες δεν κατάφεραν να συγκεντρώσουν τελικά τα απαιτούμενα χρήματα. Οι ομάδες αυτές συγκέντρωσαν τελικά κατά μέσο όρο $€92.2 \pm 9.0$, ποσό που υπολείπεται σημαντικά από τον στόχο. Επίσης το μέσο αυτό ποσό είναι σημαντικά μικρότερο του μέσου ποσού των ομάδων που απέτυχαν στην περίπτωση της πιθανότητας καταστροφής κατά 90%..

Όσον αφορά την κατανομή, παρατηρούμε ότι οι παίκτες που έπαιξαν σαν «τζαμπατζήδες» αλλά και σαν «αλτρουιστές» στο δεύτερο μισό του παιχνιδιού αυξήθηκαν και οι παίκτες με «δίκαια» στρατηγική ήταν αυτοί που μειώθηκαν περίπου στο μισό. Κάποιοι από τους παίκτες πίστεψαν ότι μπορούν να σώσουν την ομάδα δαπανώντας περισσότερα, ενώ αντίθετα άλλοι περίμεναν τους υπολοίπους να δαπανήσουν περισσότερα και να την σώσουν, ενώ οι ίδιοι έκαναν αποταμίευση. Διαπιστώνουμε ότι, η στρατηγική των «τζαμπατζήδων» δρα καταλυτικά στο παιχνίδι και ανάλογα με το αν το ποσοστό των παικτών που την επιλέγει είναι μεγάλο, μπορεί να καταστρέψει την προσπάθεια της ομάδας.



Διάγραμμα 2.2
Η συνεισφορά των παικτών (0€, 2€, 4€) στους γύρους 1-5 και 6-10, στην περίπτωση της 50% καταστροφής

Τα παραπάνω αποτελέσματα ενισχύονται περισσότερο στην τρίτη περίπτωση, όπου το η πιθανότητα «καταστροφής» του ταμείου είναι μόλις 10%. Τα αποτελέσματα στην περίπτωση αυτή παρουσιάζονται στον πίνακα 2.3. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε ότι το ποσοστό των παικτών που παίζει με την στρατηγική των «τζαμπατζήδων» είναι μεγαλύτερο από το ποσοστά των άλλων στρατηγικών. Προφανώς, η σημαντικότητα του στόχου είναι αρκετά μικρή. Έτσι, οι περισσότεροι παίκτες επέλεξαν αυτή την στρατηγική, προσπαθώντας να αποταμιεύσουν όσο το δυνατόν περισσότερα χρήματα στον λογαριασμό τους. Παράλληλα, ποντάρουν στο να βρίσκεται η ομάδα τους στο 90% των ομάδων που θα διασωθούν αυτόματα και χωρίς να έχουν συγκεντρώσει το ποσό. Καμία ομάδα δεν κατάφερε όπως είπαμε να φτάσει τα 120€ και συγκέντρωσαν κατά μέσο όρο $€73.0 \pm 4.4$, ποσό που απέχει πολύ από τον στόχο. Παρατηρούμε ότι πολλοί από τους παίκτες που έπαιζαν «δίκαια» στους τελευταίους 5 γύρους αποφάσισαν να παίξουν σαν «τζαμπατζήδες».



0 € 2 € 4 €

Διάγραμμα 2.3
Η συνεισφορά των παικτών (0€, 2€, 4€) στους γύρους 1-5 και 6-10, στην περίπτωση της 10% καταστροφής

2.2.3 Συμπεράσματα

Το πείραμα του Milinski καταλήγει με την γενική παρατήρηση ότι όταν ο κίνδυνος της «απώλειας» (των χρημάτων) ή σε κάθε περίπτωση της μη επίτευξης του στόχου είναι μικρότερος από την απαιτούμενη μέση επένδυση, οι πειραματικές ομάδες δεν κατάφεραν στην πλειοψηφία τους να πετύχουν το άθροισμα στόχο, το οποίο αντιπροσώπευε ένα κατώτατο όριο για τον σχηματισμό ενός ταμείου αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών. Αντίθετα, οι ομάδες που αντιμετώπιζαν υψηλό κίνδυνο (90%), να χάσουν τα χρήματα τους από ενδεχόμενη καταστροφή, κατάφεραν τελικά στην πλειοψηφία τους να συγκεντρώσουν το ελάχιστο απαιτούμενο ποσό.

Μπορεί οι ομάδες των 6 ατόμων να μην αντιπροσωπεύουν με τον καλύτερο τρόπο το πραγματικό παγκόσμιο παιχνίδι για το κλίμα. Μπορεί επίσης οι πραγματικές πιθανότητες της μη επίτευξης του στόχου να είναι μεγαλύτερες, καθώς τα συμφέροντα τα οποία διακυβεύονται είναι αναλόγως μεγαλύτερα από αυτά του παιγνίου και η συνεργασία σε μεγαλύτερες ομάδες να είναι δυσκολότερη σε σχέση με τις μικρότερες.

Όμως αν συγκρίνουμε τις ομάδες που έπαιξαν σε αυτό το παίγνιο με ομάδες κρατών, όπως η G8, που κρίνουν με τις αποφάσεις τους μεγάλο μέρος των πολιτικών που ακολουθούν οι κυβερνήσεις των χωρών σε θέματα όπως είναι το περιβάλλον, θα βρούμε αρκετές ομοιότητες. Επιπλέον, σε αντίθεση με το πείραμα η G8 ή άλλες συναντήσεις κορυφής, δεν είναι ανώνυμες. Η ανωνυμία έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα πολύ σοβαρό εμπόδιο για την διατήρηση ενός δημοσίου αγαθού. Επίσης ο στόχος των 120€ και οι συνέπειες της μη επίτευξης του μπορεί να μην ανταποκρίνονται πλήρως στη πραγματικότητα. Σε αληθινά παίγνια, όπως η κλιματική αλλαγή, δεν θα επηρεαστούν όλοι το ίδιο. Στην πραγματικότητα μπορεί να υπάρξουν και κάποιοι που θα επωφεληθούν. Όμως σε μια γενικευμένη καταστροφή του κλίματος σε μεγάλο βαθμό, οι συνέπειες θα είναι το ίδιο οδυνηρές για όλους και έτσι το παίγνιο βρίσκει καλύτερη εφαρμογή. Τελικά, ο Milinski και οι συνεργάτες του καταλήγουν στα εξής τρία βασικά συμπεράσματα:

i. Για να επιτευχθεί ένα ικανό επίπεδο εθελοντικής προσωπικής συνεργασίας, οι άνθρωποι θα πρέπει να πειστούν για την μεγάλη πιθανότητα να επηρεαστούν ατομικά από τις κλιματικές αλλαγές που θα πραγματοποιηθούν αν δεν επιτευχθεί ο στόχος της μείωσης των εκπομπών CO_2 . Η πιθανότητα να επηρεαστούν θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 50% μέχρι το 2050. Αν πιστέψουν ότι η πιθανότητα αυτή είναι μικρότερη, αυτό θα έχει σαν συνέπεια να αποτύχουν, όπως συνέβη στην περίπτωση 50% και 10% στο πείραμα. Το υψηλό κίνητρο να επενδύσουν στο ταμείο, ακόμα και στην περίπτωση του 10%, υποδεικνύει ότι το να ενημερώνεις τους ανθρώπους αξίζει την προσπάθεια. Η αξία της πληροφόρησης αναδεικνύεται και από προηγούμενα πειράματα του ίδιου επιστήμονα (Milinski, M. (2005)). Σε αυτό το σημείο έγκειται και ο ρόλος του επιστήμονα, ο οποίος θα πρέπει να είναι ενημερωτικός και να περιγράφει λεπτομερώς το μέγεθος του κινδύνου που αναλαμβάνει ο άνθρωπος με κάθε του ενέργεια που στρέφεται ενάντια στο περιβάλλον.

ii. Δεν μπορούμε πάντοτε να στηριζόμαστε στην λογική συμπεριφορά από μέρους των ανθρώπων και να περιμένουμε να συμβάλουν όλοι για την προστασία του περιβάλλοντος. Θα πρέπει γι' αυτό τον σκοπό να δημιουργηθούν εξειδικευμένα προγράμματα, που θα ενέχουν την έννοια του δικαίου με τον τρόπο που το αντιλαμβάνονται οι παίκτες σε παιχνίδι όπως το παραπάνω και που θα δίνουν την δυνατότητα σε όλους να συμβάλουν ένα «δίκαιο» μερίδιο στον κοινό σκοπό. Έτσι είναι πολύ πιο πιθανό να αποφύγουμε παράλογες και εγωιστικές συμπεριφορές.

iii. Επειδή, ακόμα και οι μικρές σε αριθμό ατόμων ομάδες του πειράματος είχαν δυσκολία στο να συνεννοηθούν για να «σώσουν» με την μορφή προσομοίωσης το κλίμα συμπεραίνουμε ότι οι περισσότερο από 6 δις. παίκτες ανά τον κόσμο που καλούνται να προστατεύσουν στην πραγματικότητα το κλίμα, θα έχουν σίγουρα περισσότερα προβλήματα συντονισμού. Έτσι γίνεται επιτακτικός ο ρόλος των συνόδων κορυφής για το περιβάλλον και άλλων όπως η G8 που προαναφέραμε, διότι λόγω του μικρότερου μεγέθους των ομάδων που παίρνουν μέρος στις συζητήσεις είναι πολύ πιο εύκολο να χαραχθεί μια κοινή γραμμή πολιτικής για την προστασία του περιβάλλοντος.

Είδαμε παραπάνω την λογική ενός παιγνίου συλλογικού κινδύνου κοινωνικού διλλήματος. Εξετάσαμε το πείραμα Milinski και καταγράψαμε κάποια από τα συμπεράσματα των συγγραφέων. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε σε παρόμοιο παίγνιο, το οποίο με οδηγό το πείραμα Milinski, αλλά με κάποιες διαφοροποιήσεις, εφαρμόστηκε σε φοιτητές του Πανεπιστημίου Μακεδονίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

3.0 Εισαγωγή

Θα αναλύσουμε παρακάτω ένα εξελικτικό παίγνιο κοινόκτητων πόρων, με συνεργαζόμενους παίκτες και κοινό ταμείο. Το παιχνίδι εφαρμόστηκε σε φοιτητές του Πανεπιστημίου Μακεδονίας (στο μάθημα Οικονομικά του Περιβάλλοντος το οποίο εντάσσεται στο τρίτο έτος σπουδών του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών). Η εφαρμογή αυτή έχει σαν στόχο να προσδιορίσει, στην πράξη, την ικανότητα συνεργασίας των παικτών μιας ομάδας, έτσι ώστε να πετύχουν ομαδικούς και παράλληλα προσωπικούς στόχους. Το παιχνίδι, όπως θα αναλύσουμε στη συνέχεια, αφορά για κάθε ομάδα την διασφάλιση της ύπαρξης ενός κοινού ταμείου. Το ταμείο αυτό θα μπορούσε να είναι το παγκόσμιο ταμείο κλίματος που αφορά την προσπάθεια που γίνεται παγκοσμίως για την σωτηρία του πλανήτη από τις ραγδαίες κλιματικές αλλαγές ή το δημόσιο ταμείο ενός κράτους με δημοσιονομικά προβλήματα, (όπως για παράδειγμα η παρούσα δημοσιονομική κατάσταση της Ελλάδας). Είναι ένα συλλογικού κινδύνου κοινωνικού διλλήματος παίγνιο (collective - risk social dilemma game) της ευρύτερης οικογένειας των παιγνίων δημοσίων αγαθών (public goods games).

Στο Κεφάλαιο αυτό επικεντρωνόμαστε στην περιβαλλοντική προβολή του παιχνιδιού, καθώς πρώτον η καταστροφή του πλανήτη είναι ίσως σπουδαιότερη, από την οικονομική καταστροφή οποιασδήποτε χώρας, αφού έχει επιπτώσεις σε όλα τα έμβια όντα ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης και εθνικότητας και δεύτερον είναι μη αντιστρέψιμη, αντίθετα με κάθε οικονομική κατάσταση. Το παίγνιο που ακολουθεί είναι εμπνευσμένο από το πείραμα του Milinski το οποίο περιγράψαμε αναλυτικά στο προηγούμενο Κεφάλαιο (Milinski, et.al. (2008)).

3.1 Όροι και κανόνες του παιχνιδιού – Στόχοι

Το παιχνίδι παίχτηκε χωρίς την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών στην αίθουσα διδασκαλίας του μαθήματος. Όπως προαναφέρθηκε, οι συμμετέχοντες φοιτητές παρακολουθούσαν το μάθημα των Οικονομικών του Περιβάλλοντος και είχαν ήδη συζητήσει εκτενώς το πρόβλημα και τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Στο παιχνίδι συμμετέχουν 27 παίκτες, οι οποίοι χωρίζονται σε 5 ομάδες : δύο ομάδες των 6 ατόμων (πράσινη, κίτρινη) και τρεις ομάδες των 5 ατόμων καθεμιά (γαλάζια, ροζ και κόκκινη). Με αυτό τον τρόπο επιχειρούμε να ελέγξουμε αν ο αριθμός των ατόμων μιας ομάδας επηρεάζει σημαντικά την επίτευξη του στόχου ή όχι. Κάθε παίκτης λαμβάνει 20 κουπόνια των 2€ (δηλαδή συνολικά 40€), στο χρώμα της ομάδας του, τα οποία πάνω αναγράφουν εκτός από ην αξία (2€), τον αριθμό του κάθε παίκτη (δηλαδή κάθε αριθμός- κωδικός αντιστοιχεί σε ένα όνομα, που είναι γνωστό μόνο στον ίδιο τον παίκτη και την επιτροπή). Οι παίκτες που παίρνουν το πακέτο των «χρημάτων», θα πρέπει να κρατήσουν μυστικό από τους υπόλοιπους παίκτες τον αριθμό που τους δίνεται από την επιτροπή και με τον οποίο θα παίξουν στο παιχνίδι. Έτσι διασφαλίζεται η ομοιογένεια του πληθυσμού των παικτών. Οι παίκτες θα πρέπει να παίζουν ανώνυμα και χωρίς να αποκαλύπτουν το ποσό που «παίζουν» σε κάθε γύρο, έτσι ώστε να μην μπορούν να δημιουργήσουν καλή ή κακή «φήμη» κατά την διάρκεια του παιχνιδιού.

Οι ομάδες των 6 παικτών (πράσινη, κίτρινη) διαθέτουν προφανώς πριν την έναρξη του παιχνιδιού το ποσό των : 2 x 20€ x 6 = 240€, ενώ των 5 παικτών (γαλάζια, ροζ, κόκκινη) το ποσό των 2 x 20 x 5 = 200€. Το παιχνίδι έχει 10 γύρους και κάθε ομάδα παίζει μόνη της (στην δική της κάλπη) . Σε κάθε γύρο οι παίκτες της ομάδας πηγαίνουν ένας -ένας στην κάλπη της ομάδας τους όπου έχουν την δυνατότητα να ρίξουν 4€ (μέγιστο ποσό ανά γύρο), 2€, ή 0€ (ελάχιστο ποσό ανά γύρο) , συνεισφέροντας έτσι όσο επιθυμούν στο κοινό ταμείο της ομάδας.

Μετά το τέλος του κάθε γύρου, ανακοινώνεται από την επιτροπή το ποσό που έχει μαζευτεί ως εκείνο το σημείο στο ταμείο της κάθε ομάδας. Με αυτό τον τρόπο ενισχύεται ο ανταγωνισμός μεταξύ των ομάδων, ενώ παράλληλα οι παίκτες παρατηρούν την κίνηση στο ταμείο τους και αποφασίζουν την επόμενη δική τους κίνηση. Στόχος για κάθε μια από τις ομάδες των 6 παικτών είναι μετά από 10 γύρους να έχει μαζέψει στο ταμείο της τουλάχιστον 120€, δηλαδή τα μισά από τα χρήματα που έχει στην διάθεση της, έτσι ώστε να σώσει το ταμείο της. Για τις ομάδες των 5 παικτών ο στόχος είναι να μαζέψουν επίσης τα μισά, δηλαδή τουλάχιστον από 100€, , η καθεμία στο ταμείο της. Από τις ομάδες που καταφέρνουν να «σώσουν» το ταμείο τους, δηλαδή να συγκεντρώνουν το ελάχιστο ποσό που αναφέραμε, αναδεικνύεται η νικήτρια ομάδα.

Νικήτρια είναι η ομάδα που πετυχαίνει δύο παράλληλους στόχους. Πρώτον: να «σώσει» το ταμείο της και δεύτερον : να εξασφαλίσει το μεγαλύτερο υπόλοιπο χρημάτων [υπόλοιπο = (αρχικά χρήματα) – (ποσό που κατατέθηκε στο ταμείο)] σε σχέση με τις υπόλοιπες ομάδες που πέτυχαν τον πρώτο στόχο. Η νικήτρια ομάδα ανταμείβεται με 1 επιπλέον μονάδα για κάθε μέλος της, στην τελική βαθμολογία του μαθήματος.

Επιπλέον του ομαδικού υπάρχει και ο ατομικός στόχος που είναι το ίδιο σημαντικός. Σε κάθε ομάδα που καταφέρνει τον πρώτο στόχο, ο παίκτης ή οι παίκτες που έχουν ξοδέψει το μικρότερο ποσό χρημάτων για το κοινό ταμείο κερδίζουν μία επιπλέον μονάδα στην τελική βαθμολογία του μαθήματος. Έτσι αποτρέπεται η συνεννόηση των παικτών της ίδιας ομάδας κατά την διάρκεια του παιχνιδιού, ενώ ενισχύεται ο συναγωνισμός μεταξύ τους, αφού όλοι θέλουν να κερδίσουν το επιπλέον ατομικό βραβείο. Ουσιαστικά, ανταμείβεται ο παίκτης με την πιο «έξυπνη» στρατηγική. Τα μέλη των ομάδων που δεν καταφέρουν να επιτύχουν τον συλλογικό στόχο, αποκλείονται και από την ατομική επιβράβευση του πρώτου παίκτη. Δηλαδή η καταστροφή του κοινού ταμείου της ομάδας, σε περίπτωση που αυτή δεν καταφέρει τον συλλογικό στόχο της, συμβαίνει με πιθανότητα 100%. Θεωρήσαμε το ποσοστό αυτό ως το πιο ρεαλιστικό, σε περίπτωση αποτυχημένης προσπάθειας για την διάσωση του περιβάλλοντος από τους ρύπους του διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων στερεών και υγρών αποβλήτων που διαχέονται στο περιβάλλον.

3.2 Διαφορές με το πείραμα Milinski

Κάποιες σημαντικές διαφορές του πειράματος που διεξήγαμε σε σχέση με το πείραμα από το οποίο εμπνευστήκαμε, δηλαδή, αυτό του Milinski, όπως εύκολα μπορεί να παρατηρήσει κανείς είναι:

- Το πλήθος των ομάδων και συνολικά ο αριθμός των παικτών που παίρνουν μέρος στο πείραμα μας είναι πολύ μικρότερος από τον αντίστοιχο αριθμό παικτών στο πείραμα Milinski.
- Τα κίνητρα των παικτών δεν είναι χρηματικά αλλά βαθμολογικά (οι φοιτητές κερδίζουν επιπλέον μονάδες στην τελική βαθμολογία του μαθήματος). «Επωφελούμενοι» από το γεγονός ότι η έρευνα γίνεται σε πανεπιστημιακό ίδρυμα, προσπαθήσαμε να ξεπεράσουμε τα προβλήματα χρηματοδότησης, που είναι βασικός παράγοντας για την πραγματοποίηση πειραμάτων και έρευνας και στραφήκαμε σε εναλλακτικές μορφές κινήτρων. Τα κίνητρα από μόνα τους αποτελούν μια δύσκολη απόφαση για κάθε επιστήμονα που ασχολείται πειραματικά με την θεωρία των παιγνίων. Συνήθως η σοβαρότητα που δείχνουν οι παίκτες στις αποφάσεις τους κατά την διάρκεια του παιχνιδιού, επηρεάζεται από το υλικό κέρδος που θα λάβουν σε περίπτωση που καταφέρουν κάποιο στόχο και όχι τόσο με τα ιδεολογικά κίνητρα

που μπορεί κάποιος να έχει. Έτσι είναι αρκετά δύσκολο, όπως προαναφέραμε, να βρει ο ερευνητής καθαρό κίνητρο για τους πραγματιστές παίκτες πέρα από τα χρήματα. Η προσέγγιση στο δικό μας πείραμα διαφέρει. Το σημαντικό είναι ότι έχει περιορισμό ως προς την χρήση, αφού μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε φοιτητές, που ενδιαφέρονται για υψηλότερο βαθμό στο μάθημα.

- Το πείραμα Milinski πραγματοποιήθηκε με τρείς πιθανότητες καταστροφής του ταμείου. Αυτό έγινε γιατί: α) Υπάρχει διαφωνία ανάμεσα στους επιστήμονες για την πιθανότητα να οδηγηθεί το κλίμα του πλανήτη σε αδιέξοδο, αν συνεχίσει η ανθρωπότητα να αναπτύσσεται με αυτό τον ρυθμό. Έτσι: β) οι ερευνητές προσπάθησαν να παρατηρήσουν την συμπεριφορά των παικτών κάτω από διαφορετική πίεση για το αποτέλεσμα. Βεβαίως αποδείχθηκε το προφανές. Στη δική μας προσέγγιση η πιθανότητα αυτή είναι 100%. Δηλαδή σε περίπτωση που δεν επιτευχθεί ο στόχος που έχουμε θέσει για τις ομάδες, τότε το κλίμα θα καταστραφεί. Η πιθανότητα αυτή δεν απέχει πολύ από την πραγματική.

3.3 Αποτελέσματα και Παρατηρήσεις

Από τις 5 ομάδες που συμμετείχαν κατάφεραν να πετύχουν τον κύριο στόχο, δηλαδή να «σώσουν» το ταμείο τους, οι 4, ποσοστό: (4/5)=80%. Το υψηλό ποσοστό επιτυχίας είναι αναμενόμενο λόγω της μεγάλης πιθανότητας καταστροφής του ταμείου σε περίπτωση αποτυχίας. Επίσης συμφωνεί με το αποτέλεσμα του πειράματος Milinski, στο οποίο απεδείχθη ότι όσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα καταστροφής τόσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό των ομάδων που καταφέρνει να πετύχει τον κύριο στόχο. Ακολουθούν τα αποτελέσματα επεξεργασμένα σε Excel και η ανάλυση τους.

Ο πίνακας 3.1 παρουσιάζει αναλυτικά την συμπεριφορά των μελών της κόκκινης ομάδας. Στις πέντε πρώτες στήλες παρουσιάζεται η συμβολή κάθε παίκτη ξεχωριστά στο κοινό ταμείο κατά την διάρκεια και των 10 γύρων. Στην 6η στήλη απεικονίζεται το άθροισμα της ομάδας σε κάθε γύρο, ενώ στην τελευταία στήλη είναι το μερικό άθροισμα της ομάδας μέχρι εκείνο το σημείο του παιχνιδιού. Κατά την διάρκεια του παιχνιδιού μόνο η τελευταία στήλη, όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως, ανακοινώνεται σε όλους τους συμμετέχοντες στο παιχνίδι από την εφορευτική επιτροπή. Στην τελευταία γραμμή είναι το σύνολο των χρημάτων που ξοδεύτηκαν από κάθε παίκτη και από την ομάδα συνολικά. Στα κελιά με το ροζ χρώμα διακρίνουμε τις φορές που οι παίκτες προσήλθαν στην κάλπη για να συνεισφέρουν στο ταμείο 4€, ενώ με το πράσινο τις φορές που δεν προσέφεραν τίποτα στην ομάδα (0€). Εύκολα παρατηρούμε επίσης από τον πίνακα τον παίκτη με την μικρότερη συνεισφορά στην ομάδα, που χρωματίζεται με την μπλε μπάρα στην γραμμή του συνόλου. Το μικρότερο μήκος της μπάρας δείχνει την μικρότερη συνεισφορά στην ομάδα.

Πίνακας 3.1
Κόκκινη ομάδα

	Κόκκινη Ομάδα						
	Παίκτης1	Παίκτης2	Παίκτης3	Παίκτης4	Παίκτης5	Άθροισμα ομάδας/γύρο	Μερικό Άθροισμα Ομάδας
Γύρος 1	2,00 €	0,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	8,00 €	8,00 €
Γύρος 2	2,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	0,00 €	6,00 €	14,00 €
Γύρος 3	2,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	2,00 €	8,00 €	22,00 €
Γύρος 4	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	4,00 €	12,00 €	34,00 €
Γύρος 5	2,00 €	4,00 €	2,00 €	2,00 €	4,00 €	14,00 €	48,00 €
Γύρος 6	4,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	12,00 €	60,00 €
Γύρος 7	2,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	0,00 €	6,00 €	66,00 €
Γύρος 8	2,00 €	4,00 €	2,00 €	0,00 €	4,00 €	12,00 €	78,00 €
Γύρος 9	2,00 €	4,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	10,00 €	88,00 €
Γύρος 10	4,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	12,00 €	100,00 €
Σύνολο	24,00 €	24,00 €	20,00 €	12,00 €	20,00 €	100,00 €	100,00 €

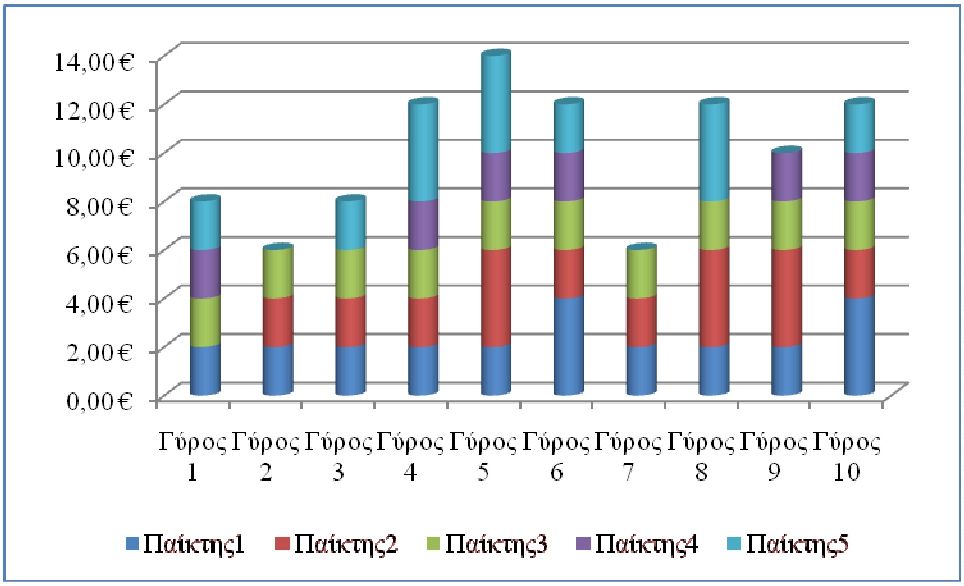
Θα προχωρήσουμε πρώτα στα συμπεράσματα που αφορούν τις ομάδες που είχαν ως στόχο τα 100€. Η κόκκινη ομάδα ήταν αυτή που πέτυχε τον ακριβή στόχο (και αναδείχθηκε νικήτρια). Κατάφερε να συγκεντρώσει 100€, πετυχαίνοντας έτσι να σώσει οριακά το ταμείο της, διατηρώντας 100€ στην διάθεση της. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η κίνηση στο ταμείο της κόκκινης ομάδας σε σχέση με τον μέσο όρο κατάθεσης σε αυτό.

Διάγραμμα 3.1

Στον 7ο γύρο (όπως και στον 2ο), παρατηρούμε την ελάχιστη συνεισφορά, όπου η ομάδα συγκέντρωσε μόνο 6€. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, μέχρι και τον 7ο η ομάδα να έχει στο ταμείο της 66€. Θα πρέπει δηλαδή να καταβάλει άλλα 34€ σε 3 γύρους εάν θέλει να σώσει το ταμείο της. Αυτό φαίνεται να το παρατήρησαν οι παίκτες και στους εναπομείναντες γύρους συγκέντρωσαν το απαιτούμενο ποσό.

Αν πάρουμε σαν ορόσημο τον γύρο 6, θα δούμε ότι μέχρι και αυτό τον γύρο η ομάδα έχει βάλει στο ταμείο της 60€, δηλαδή ακριβώς όσο χρειάζεται, αφού για να φτάσει το στόχο των 100€ θα πρέπει σε κάθε γύρο να επενδύει κατά μέσο όρο 10€. Τελικώς η ομάδα χρειάστηκε τους αλτρουιστές παίκτες, 1 και 2, στους τελευταίους γύρους για να πετύχει τον στόχο της. Αντίθετα ο παίκτης 4 επιδεικνύει μια «τζαμπατζίδικη» συμπεριφορά καθ' όλη την διάρκεια του παιχνιδιού, ακόμα και στους τελευταίους γύρους που η ομάδα «κυνηγά» τα 100€. Η συμπεριφορά του αυτή βέβαια τον αναδεικνύει νικητή όσον αφορά τον ατομικό στόχο. Ο παίκτης αυτός είχε την μικρότερη συμμετοχή στα κοινά, προσδοκώντας στο ότι οι υπόλοιποι συμπαίκτες του θα σώσουν το κοινό ταμείο. Στην περίπτωση του παίκτη αυτού επιβραβεύεται η πιο έξυπνη στρατηγική και όχι η πιο δίκαια, φαινόμενο που παρατηρείται συχνά στην πραγματικότητα.

Οι παίκτες 3 και 5 θα μπορούσαμε να πούμε ότι παίζουν «δίκαια» αφού στο τέλος το ποσό που έχουν επενδύσει είναι ακριβώς αυτό που είχαν την «κοινωνική υποχρέωση» να παίξουν (100/5 = 20€). Ο παίκτης 3 ειδικότερα, είναι ο ένας από τους τρεις στο σύνολο των 27 συμμετεχόντων στο πείραμα, που παίζει με την ίδια στρατηγική καθ' όλη την διάρκεια του παιχνιδιού, επενδύοντας 2€ σε κάθε γύρο. Στο διάγραμμα 3.2 είναι συγκεντρωμένα τα παραπάνω αποτελέσματα, για το πώς έπαιξαν οι παίκτες της κόκκινης ομάδας.



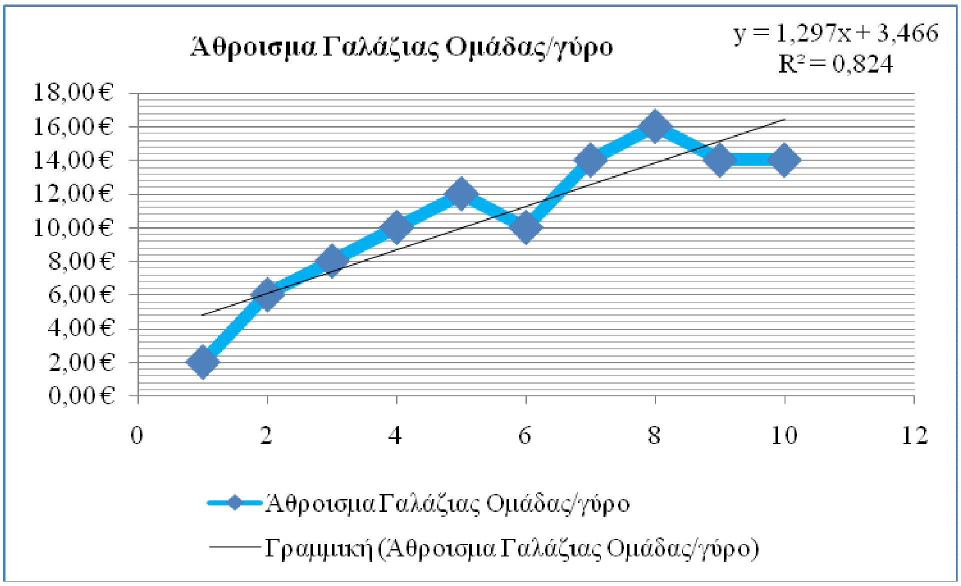
Διάγραμμα 3.2
Οι στρατηγικές των παικτών της κόκκινης ομάδας

Η γαλάζια ομάδα πέτυχε μεν τον στόχο των 100€, συγκεντρώνοντας τελικά 106€, έχασε δε από την κόκκινη ομάδα που πέτυχε το άριστο αποτέλεσμα. Η γαλάζια ομάδα παρόλο που γέμισε το ταμείο της με περισσότερα χρήματα, εντούτοις είχε δύο παίκτες με προσφορά κάτω από 20€, δηλαδή «τζαμπατζήδες». Το αξιοσημείωτο είναι ότι ενώ μέχρι και τα μισά του παιχνιδιού, δηλαδή τον $5^{ο}$ γύρο το ταμείο είχε μόνο 38€ ενώ λογικά θα έπρεπε να έχει 60€, στο δεύτερο μισό η ομάδα όχι μόνο κατάφερε να συγκεντρώσει το υπόλοιπο ποσό για τα 100€ αλλά και να το ξεπεράσει για 6€. Αυτό συνέβη γιατί όλοι οι παίκτες (εκτός από τον παίκτη 2 ο οποίος συνεισφέρει σταθερά 2€ σε κάθε γύρο) άλλαξαν τις στρατηγικές τους σε «αλτρουιστικές».

Πίνακας 3.2
Γαλάζια ομάδα

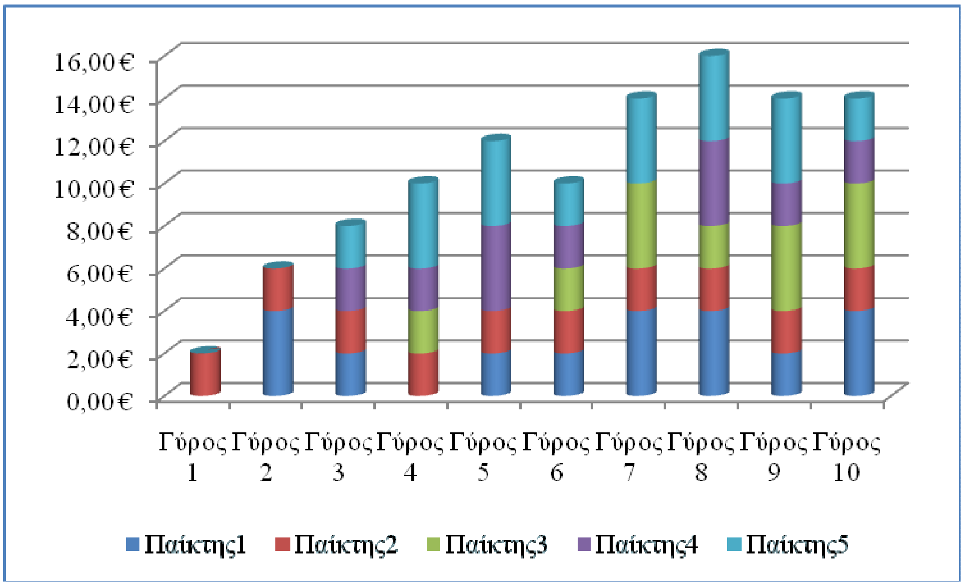
	Γαλάζια Ομάδα						
	Παίκτης1	Παίκτης2	Παίκτης3	Παίκτης4	Παίκτης5	Άθροισμα ομάδας/γύρο	Μερικό Άθροισμα Ομάδας
Γύρος 1	0,00 €	2,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2,00 €	2,00 €
Γύρος 2	4,00 €	2,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	6,00 €	8,00 €
Γύρος 3	2,00 €	2,00 €	0,00 €	2,00 €	2,00 €	8,00 €	16,00 €
Γύρος 4	0,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	4,00 €	10,00 €	26,00 €
Γύρος 5	2,00 €	2,00 €	0,00 €	4,00 €	4,00 €	12,00 €	38,00 €
Γύρος 6	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	10,00 €	48,00 €
Γύρος 7	4,00 €	2,00 €	4,00 €	0,00 €	4,00 €	14,00 €	62,00 €
Γύρος 8	4,00 €	2,00 €	2,00 €	4,00 €	4,00 €	16,00 €	78,00 €
Γύρος 9	2,00 €	2,00 €	4,00 €	2,00 €	4,00 €	14,00 €	92,00 €
Γύρος 10	4,00 €	2,00 €	4,00 €	2,00 €	2,00 €	14,00 €	106,00 €
Σύνολο	24,00 €	20,00 €	18,00 €	18,00 €	26,00 €	106,00 €	106,00 €

Η συμπεριφορά αυτή καταδεικνύεται από την μεγάλη κλίση στην ευθεία του μέσου όρου : $y= αx + β$, ($α = 1,297$ στο διάγραμμα 3.3), η οποία είναι η μεγαλύτερη σε σχέση με τις άλλες ομάδες. Οι παίκτες της γαλάζιας ομάδας, έπαιξαν σε κάθε γύρο «εξελικτικά», επηρεαζόμενοι από το άθροισμα του προηγούμενου γύρου. Έτσι παρατηρούμε στους τελευταίους 4 γύρους 10 αλτρουιστικές συμπεριφορές σε σύνολο 20 επενδύσεων, ποσοστό 50%. Οι πλειονότητα των παικτών της γαλάζιας ομάδας έπαιξαν αρχικά μία στρατηγική αναμονής, περιμένοντας από τους συμπαίκτες τους να συνεισφέρουν στο κοινό ταμείο. Καθώς όμως αυτό δεν συνέβη, μετά τον 5 γύρο του παιχνιδιού άλλαξαν την στρατηγική τους.



Διάγραμμα 3.3

Όπως παρατηρούμε στο διάγραμμα 3.4 αποκορύφωμα των προσπαθειών της γαλάζιας ομάδας αποτελεί ο 8ος γύρος, όπου έχουμε όλους τους παίκτες να συνεισφέρουν και μάλιστα οι τρεις από αυτούς συμπεριφέρονται αλτρουιστικά.



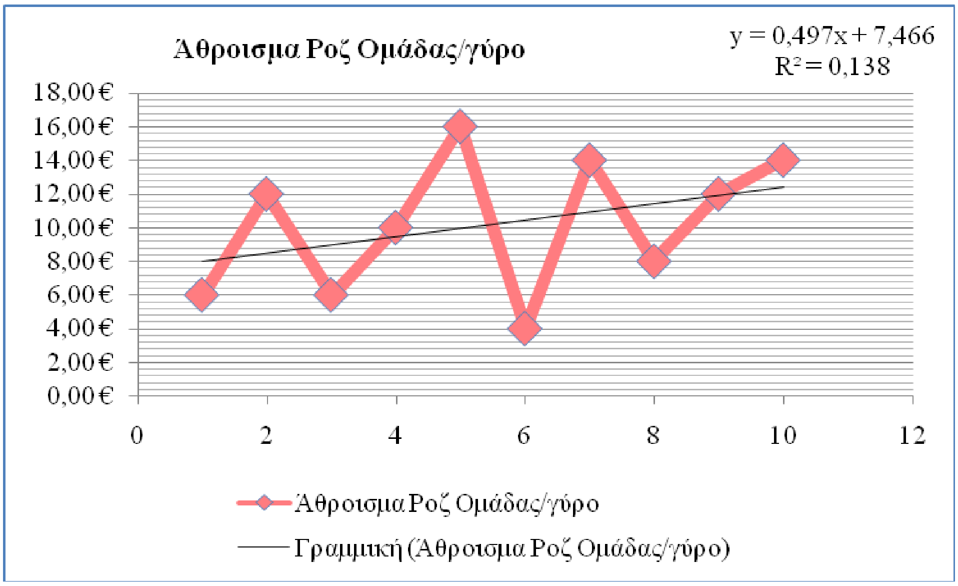
Διάγραμμα 3.4
Οι στρατηγικές των παικτών της γαλάζιας ομάδας

Η ροζ ομάδα ξεπέρασε και αυτή τον στόχο των 100€, συγκεντρώνοντας 102€. Παρόλο που είχε δύο «τζαμπατζήδες» παίκτες με πολύ μικρή συνεισφορά (μόλις 14€) ο καθένας, κατάφερε χάρις κυρίως στον παίκτη 4, ο οποίος έπαιξε εξαιρετικά αλτρουιστικά (28€) να πετύχει τον στόχο της. Ο παίκτης 3 έπαιξε «δίκαια», ενώ ο 5 είχε μεικτή στρατηγική, που θα μπορούσε εν τέλει να θεωρηθεί επίσης δίκαια.

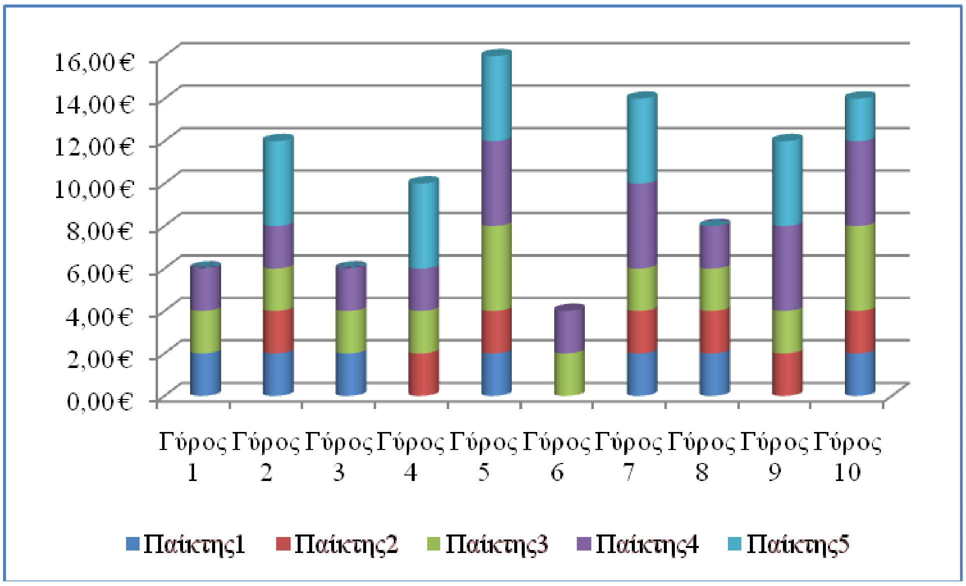
Πίνακας 3.3
Ροζ ομάδα

	Ροζ Ομάδα						
	Παίκτης1	Παίκτης2	Παίκτης3	Παίκτης4	Παίκτης5	Άθροισμα ομάδας/γύρο	Μερικό Άθροισμα Ομάδας
Γύρος 1	2,00 €	0,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	6,00 €	6,00 €
Γύρος 2	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	4,00 €	12,00 €	18,00 €
Γύρος 3	2,00 €	0,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	6,00 €	24,00 €
Γύρος 4	0,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	4,00 €	10,00 €	34,00 €
Γύρος 5	2,00 €	2,00 €	4,00 €	4,00 €	4,00 €	16,00 €	50,00 €
Γύρος 6	0,00 €	0,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	4,00 €	54,00 €
Γύρος 7	2,00 €	2,00 €	2,00 €	4,00 €	4,00 €	14,00 €	68,00 €
Γύρος 8	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	8,00 €	76,00 €
Γύρος 9	0,00 €	2,00 €	2,00 €	4,00 €	4,00 €	12,00 €	88,00 €
Γύρος 10	2,00 €	2,00 €	4,00 €	4,00 €	2,00 €	14,00 €	102,00 €
Σύνολο	14,00 €	14,00 €	24,00 €	28,00 €	22,00 €	102,00 €	102,00 €

Στα παρακάτω δύο διαγράμματα εύκολα παρατηρούμε μεγάλη ανομοιομορφία στον τρόπο που έπαιξε η ροζ ομάδα κατά την διάρκεια του παιχνιδιού. Για παράδειγμα στον $6^{ο}$ γύρο οι τρεις από τους πέντε παίκτες εκμεταλλεύτηκαν την πολύ καλή «συγκομιδή» του προηγούμενου γύρου, που έφερε την ομάδα να έχει συλλέξει 50€ σε 5 γύρους και αποφάσισαν να μην επενδύσουν τίποτα, ρίχνοντας έτσι το μερικό άθροισμα μόλις στα 4€. Αντίθετα στους τελευταίους δύο γύρους παρατηρείται η προσπάθεια από τους τρεις παίκτες που δεν έπαιξαν «τζαμπατζίδικα» να σώσουν το ταμείο, πράγμα που τελικά κατάφεραν οριακά, για λογαριασμό της ομάδας τους και των «τζαμπατζήδων» συμπαικτών τους. Σε αυτή την ομάδα δεν υπήρξε παίκτης που να ακολουθήσει μια σταθερή στρατηγική σε όλο το παιχνίδι. Επίσης είναι ενδεικτικό να αναφέρουμε ότι ο παίκτης 4 παίρνει «πάνω» του την ομάδα, θυσιάζοντας τις προσωπικές του καταθέσεις για το κοινό συμφέρον. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να έχει προσφέρει στο τέλος όσο οι παίκτες 1 και 2 μαζί.

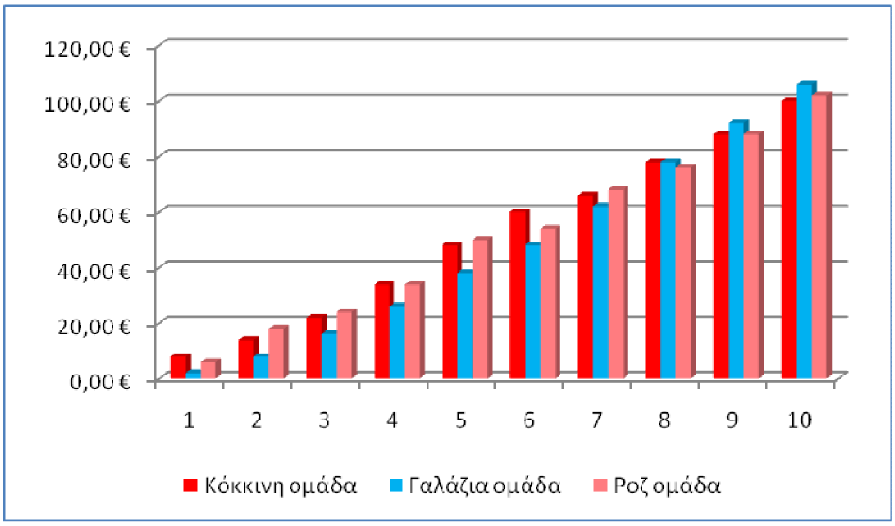


Διάγραμμα 3.5



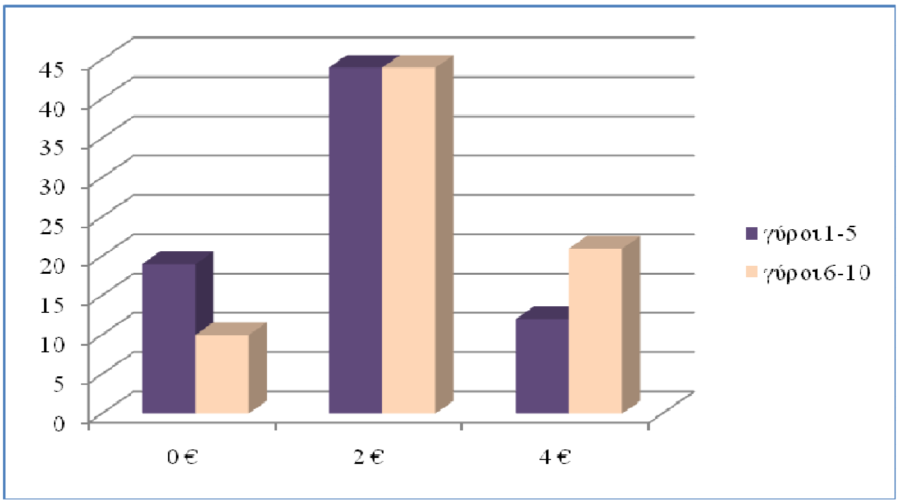
Διάγραμμα 3.6
Οι στρατηγικές των παικτών της ροζ ομάδας

Συνοπτικά η κίνηση στα ταμεία των 3^{ων} ομάδων που είχαν στόχο τα 100€ φαίνεται στα δύο παρακάτω διαγράμματα. Στο διάγραμμα 3.7 παρατηρούμε ότι η γαλάζια ομάδα μέχρι και τον 7 γύρο βρίσκεται χαμηλότερα αθροιστικά, από τις άλλες δύο ομάδες. Στους δύο τελευταίους γύρους όμως συγκεντρώνει περισσότερα χρήματα και τελικά έρχεται πρώτη σε συνεισφορά. Επίσης η ροζ ομάδα υστερεί σημαντικά της κόκκινης μόνο στον γύρο 6, ενώ σε όλους σχεδόν τους άλλους γύρους βρίσκεται αθροιστικά υψηλότερα.



Διάγραμμα 3.7
Το μερικό άθροισμα των ομάδων (κόκκινης, γαλάζιας και ροζ) στο παιχνίδι

Στο διάγραμμα 3.8 παρατηρούμε κάτι το αξιοσημείωτο. Ο αριθμός των παικτών που έπαιξαν «δίκαια» και στα δύο μισά του παιχνιδιού είναι ακριβώς ο ίδιος και αποτελεί και στις δύο περιπτώσεις το μεγαλύτερο σύνολο. Αντίθετα οι «τζαμπατζήδες» παίκτες μειώθηκαν στο μισό και οι «αλτρουιστές» αυξήθηκαν στο διπλάσιο από το πρώτο στο δεύτερο μισό του παιχνιδιού. Αυτό είναι άλλωστε και το στοιχείο που οδήγησε τις 3 αυτές ομάδες να συγκεντρώσουν τελικά το απαιτούμενο ποσό. Η παρατήρηση αυτή συμφωνεί με την συμπεριφορά των παικτών στο πείραμα του Milinski στην περίπτωση που η πιθανότητα καταστροφής είναι 90%, δηλαδή πολύ κοντά στο 100% που υποθέσαμε στο πείραμα.



Διάγραμμα 3.8
Ο αριθμός των παικτών (των 3 ομάδων : κόκκινη, γαλάζια και ροζ) που επέλεξαν την «τζαμπατζίδική», «δίκαια» ή «αλτρουιστική» στρατηγική στα δύο μισά του παιχνιδιού

Από τις δύο ομάδες που είχαν ως στόχο τα 120€, τα κατάφερε τελικά μόνο η μία. Η πράσινη ομάδα συγκέντρωσε 124€ ενώ η κίτρινη 118€ αποτυγχάνοντας για μόλις 2€ να φτάσει τον στόχο. Από τους δύο παρακάτω πίνακες (3.4 & 3.5) παρατηρούμε τα εξής: Στην κίτρινη ομάδα συμμετέχει ο παίκτης με την μικρότερη συνεισφορά στο παιχνίδι. Ο παίκτης 5 έχει συνεισφέρει μόνο 12€ ενώ θα έπρεπε, αν συμπεριφερόταν κοινωνικά δίκαια, να είχε συνεισφέρει 20€.

Πίνακας 3.4
Κίτρινη ομάδα

	Κίτρινη Ομάδα							
	Παίκτης1	Παίκτης2	Παίκτης3	Παίκτης4	Παίκτης5	Παίκτης6	Άθροισμα ομάδας/γύρο	Μερικό Άθροισμα Ομάδας
Γύρος 1	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	4,00 €	12,00 €	12,00 €
Γύρος 2	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	2,00 €	10,00 €	22,00 €
Γύρος 3	2,00 €	2,00 €	4,00 €	0,00 €	0,00 €	4,00 €	12,00 €	34,00 €
Γύρος 4	4,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	2,00 €	12,00 €	46,00 €
Γύρος 5	0,00 €	2,00 €	2,00 €	4,00 €	4,00 €	2,00 €	14,00 €	60,00 €
Γύρος 6	2,00 €	2,00 €	2,00 €	4,00 €	2,00 €	2,00 €	14,00 €	74,00 €
Γύρος 7	0,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	2,00 €	8,00 €	82,00 €
Γύρος 8	2,00 €	0,00 €	2,00 €	0,00 €	2,00 €	0,00 €	6,00 €	88,00 €
Γύρος 9	4,00 €	2,00 €	4,00 €	4,00 €	4,00 €	4,00 €	22,00 €	110,00 €
Γύρος 10	2,00 €	2,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	4,00 €	8,00 €	118,00 €
Σύνολο	20,00 €	18,00 €	22,00 €	20,00 €	12,00 €	26,00 €	118,00 €	118,00 €

Επίσης αν καταγράψουμε το ποσοστό των μηδενικών επενδύσεων ανά ομάδα θα διαπιστώσουμε ότι η κίτρινη έχει το υψηλότερο από αυτά. Στην κίτρινη ομάδα που απέτυχε να «πιάσει» τον στόχο που της τέθηκε, το ποσοστό των μηδενικών επενδύσεων είναι 23,3% , (δηλ. : 14/60). Ενώ η κόκκινη έχει 16% , (δηλ. : 8/50), η γαλάζια 22% , (δηλ. : 11/50), η ροζ 20% , (δηλ. : 10/50) και η πράσινη 18,3% , (δηλ. : 11/60). Τα δύο αυτά γεγονότα εντείνουν την άποψη ότι οι «τζαμπατζήδες» παίκτες επιδρούν καταλυτικά και εν τέλει καταστροφικά για την ομάδα τους.

Πίνακας 3.5
Πράσινη ομάδα

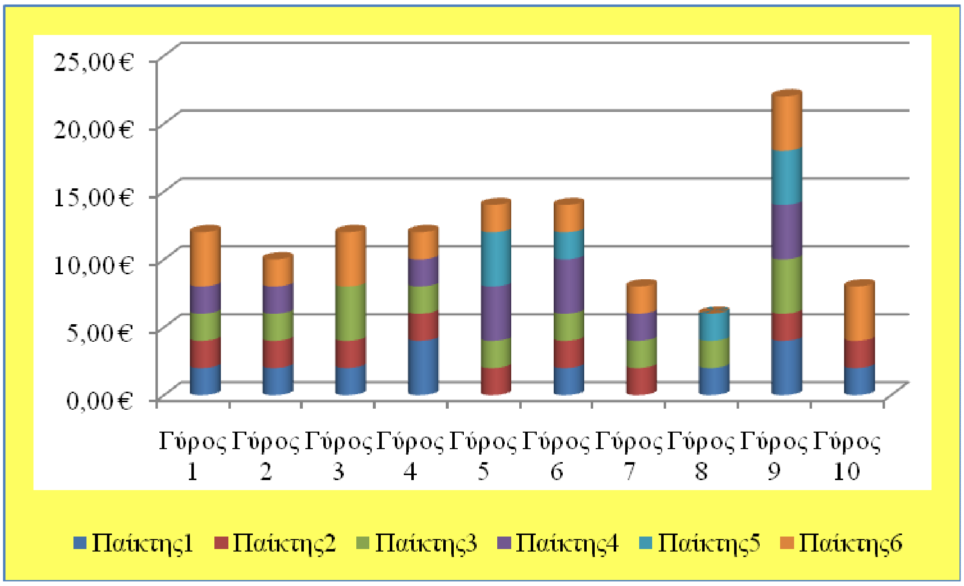
	Πράσινη Ομάδα							
	Παίκτης1	Παίκτης2	Παίκτης3	Παίκτης4	Παίκτης5	Παίκτης6	Άθροισμα ομάδας/γύρο	Μερικό Άθροισμα Ομάδας
Γύρος 1	2,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	2,00 €	0,00 €	8,00 €	8,00 €
Γύρος 2	2,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	4,00 €	2,00 €	12,00 €	20,00 €
Γύρος 3	2,00 €	2,00 €	2,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	6,00 €	26,00 €
Γύρος 4	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	12,00 €	38,00 €
Γύρος 5	2,00 €	2,00 €	2,00 €	4,00 €	0,00 €	2,00 €	12,00 €	50,00 €
Γύρος 6	2,00 €	4,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	2,00 €	14,00 €	64,00 €
Γύρος 7	2,00 €	0,00 €	4,00 €	2,00 €	0,00 €	0,00 €	8,00 €	72,00 €
Γύρος 8	2,00 €	4,00 €	4,00 €	4,00 €	2,00 €	4,00 €	20,00 €	92,00 €
Γύρος 9	2,00 €	2,00 €	4,00 €	4,00 €	2,00 €	4,00 €	18,00 €	110,00 €
Γύρος 10	2,00 €	4,00 €	2,00 €	0,00 €	4,00 €	2,00 €	14,00 €	124,00 €
Σύνολο	20,00 €	24,00 €	26,00 €	18,00 €	18,00 €	18,00 €	124,00 €	124,00 €

Παρότι η κίτρινη ομάδα είναι η μόνη που δεν πέτυχε τον συλλογικό στόχο, διακρίνεται από την πιο σταθερή συμπεριφορά κατά την διάρκεια του παιχνιδιού. Η κλίση της ευθείας του μέσου όρου: y= αx + β είναι μόλις α = 0,036, όπως διακρίνουμε στο διάγραμμα 3.9, παρόλο που στο δεύτερο μισό του παιχνιδιού παρατηρούνται έντονες αυξομειώσεις στο μερικό άθροισμα της ομάδας. Ωστόσο, παρά την «καλή» τάση που έχει δημιουργηθεί από την αρχή με β = 11,6 , η ομάδα δεν κατάφερε τον στόχο της. Στάθηκαν αρκετοί 3 γύροι (7,8,10) για να καταστρέψουν το παιχνίδι της, παρά την αγωνιώδη προσπάθεια που γίνεται στον γύρο 9, όπου η ομάδα συγκεντρώνει 22€ στο μερικά άθροισμα, που είναι και το maximum της αποταμίευσης των «κίτρινων».

Διάγραμμα 3.9

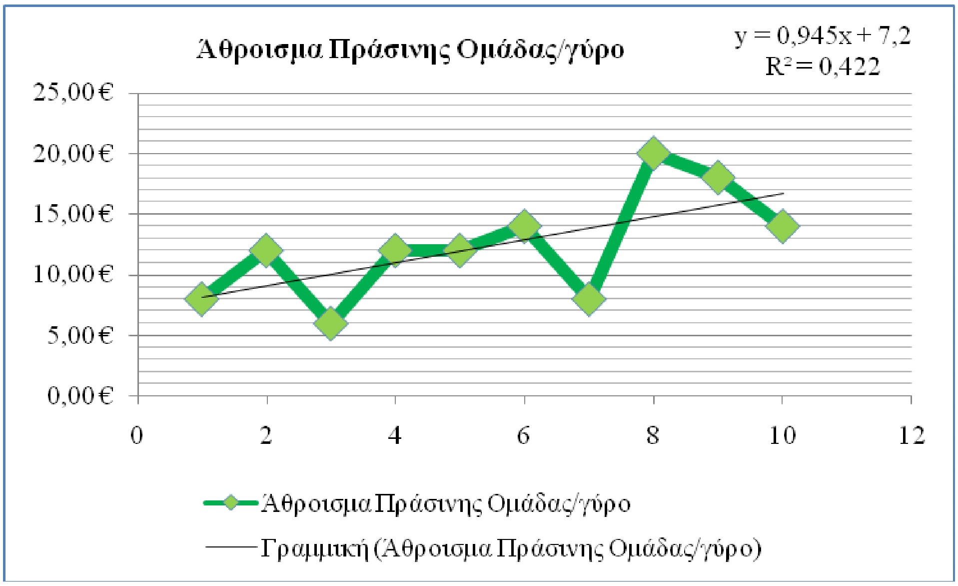
Οι παίκτες φαίνεται να έχουν εφησυχάσει στον $9^{ο}$ γύρο, έχοντας προφανώς πιστέψει ότι αφού έχουν συγκεντρώσει 110€ μέχρι εκείνο το σημείο θα μπορέσουν στον τελευταίο γύρο να φτάσουν τον στόχο που βρίσκεται μόλις 10€ μακριά. Έτσι οι 3 από τους 5 παίκτες επιλέγουν να κρατήσουν τα χρήματα τους αφήνοντας του «άλλους» να παίξουν. Αν και ο παίκτης 6 συνεχίζει να παίζει «αλτρουιστικά» μέχρι και τον τελευταίο γύρο, αυτό δεν είναι αρκετό για να σώσει την ομάδα του.

Ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά παρουσιάζει η συμπεριφορά του παίκτη 5. Ο παίκτης αυτός παρατηρεί την κίνηση στο ταμείο σε κάθε γύρο που περνάει και διαμορφώνει την στρατηγική του στον επόμενο. Στους 4 πρώτους γύρους, βλέποντας ότι η ομάδα τα πάει «καλά» και χωρίς την συνδρομή του αποφασίζει να μη καταθέσει τίποτα στο ταμείο. Στον $5^{ο}$ και $6^{ο}$ γύρο αποφασίζει να συμμετάσχει και αυτός στο παιχνίδι βάζοντας συνολικά 6€ μέχρι και τον γύρο 6. Στον $7^{ο}$ γύρο δεν συνεισφέρει τίποτα και πάλι, ενώ στον $8^{ο}$ και ακόμη περισσότερο στον $9^{ο}$ παρατηρώντας ότι η στρατηγική του έγινε αντιληπτή από τους συμπαίκτες του, οι οποίοι δεν συνεισφέρουν όπως στους πρώτους γύρους, κάτι που ίσως οδηγήσει την ομάδα στην αποτυχία, αποφασίζει να συνεισφέρει ακόμη 6€. Παράλληλα το μικρό άθροισμα του 8ου γύρου, μόλις 6€, κινητοποιεί και τους υπόλοιπους παίκτες. Έτσι παίζουν όλοι, εκτός από τον 2, αλτρουιστικά. Αυτό έχει καταστρεπτικό ουσιαστικά αποτέλεσμα για την ομάδα, αφού έχοντας συγκεντρώσει 22€ σε έναν γύρο, οι περισσότεροι παίκτες πίστεψαν ότι ο στόχος τον 120€ είναι αρκετά εύκολο να επιτευχθεί και συνεισέφεραν ελάχιστα έως καθόλου στον τελευταίο γύρο.



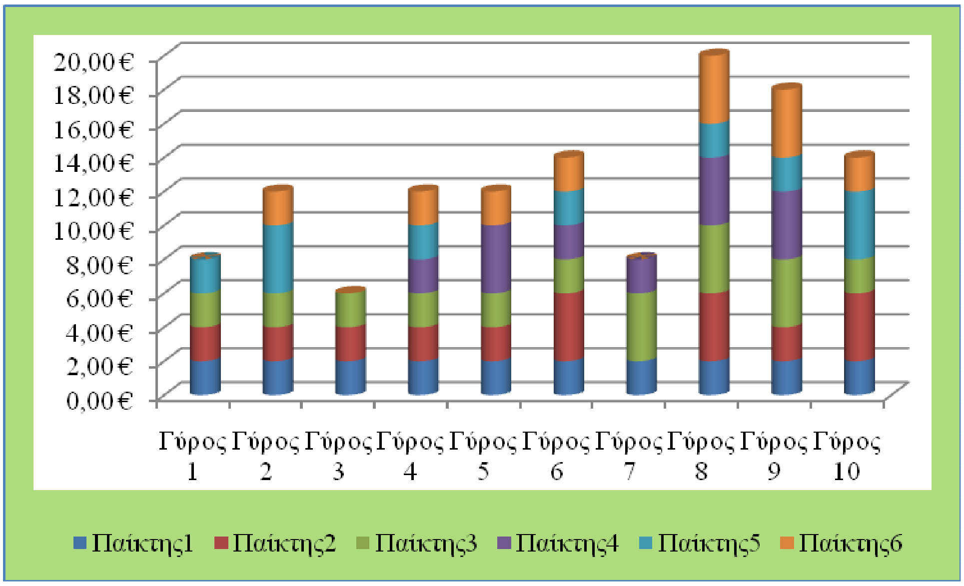
Διάγραμμα 3.10
Οι στρατηγικές των παικτών της κίτρινης ομάδας

Η πράσινη ομάδα δεν έχει κάποιον παίκτη που να υστερεί σημαντικά σε συνεισφορά. Σχεδόν όλοι οι παίκτες, θα μπορούσαμε να πούμε ότι παίζουν εν τέλει «δίκαια». Επίσης παρατηρούμε μια αυξητική τάση στα έσοδα από γύρο, με μικρές αποκλίσεις από τον μέσο όρο συνεισφοράς.



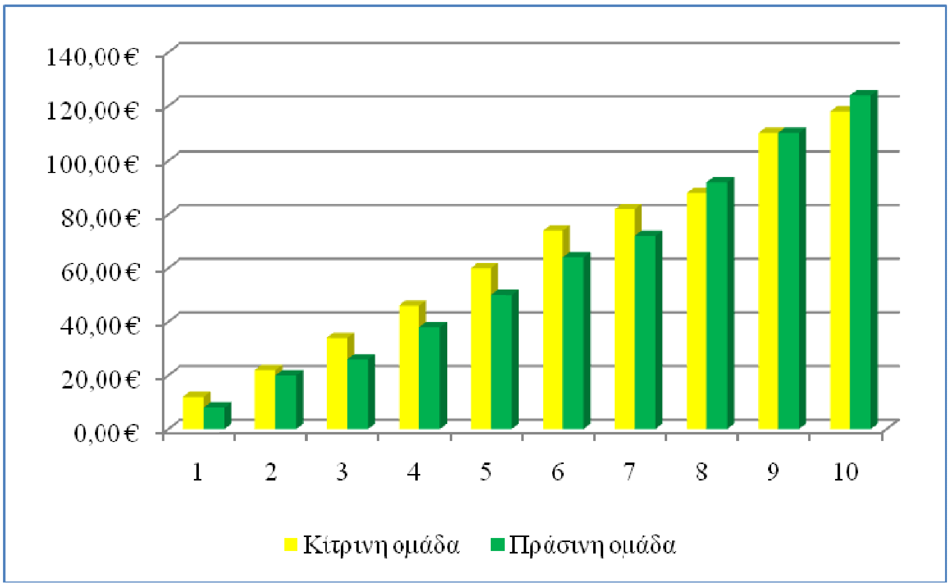
Διάγραμμα 3.11

Επίσης οι παίκτες 1 και 3 συνεισφέρουν σε κάθε γύρο, ενώ τα μεγαλύτερα ποσά μαζεύονται για την πράσινη ομάδα στους τρεις τελευταίους γύρους.



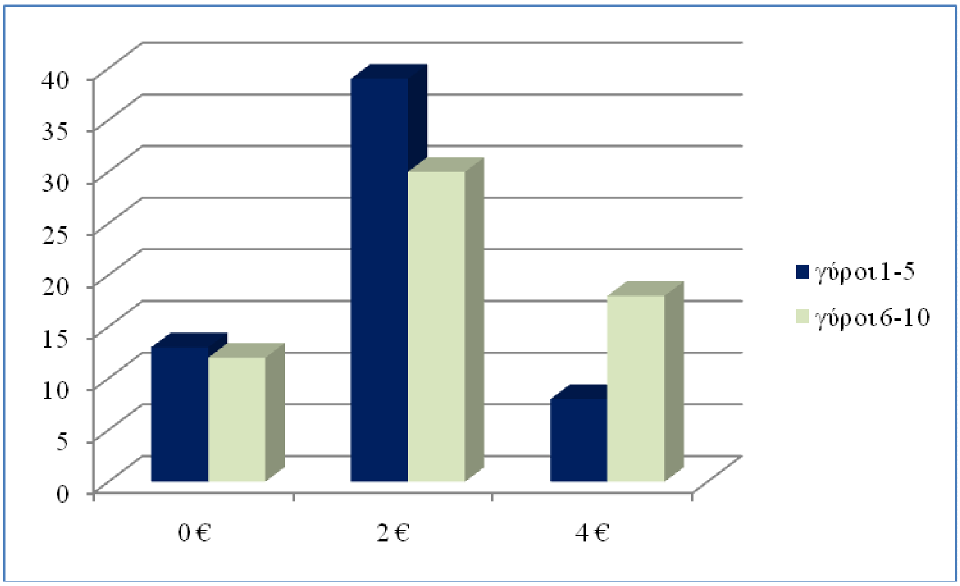
Διάγραμμα 3.12
Οι στρατηγικές των παικτών της πράσινης ομάδας

Στο διάγραμμα 3.13 παρατηρούμε ότι μέχρι και τον 7^{ο} γύρο η κίτρινη ομάδα προηγείται στο συνολικό ταμείο, ενώ μόνο στον 8 και 10 γύρο η πράσινη συγκεντρώνει περισσότερα χρήματα. Δηλαδή κατά την διάρκεια του παιχνιδιού η κίτρινη φαίνεται ότι θα πετύχει εύκολα τον στόχο ενώ η πράσινη να υστερεί. Παρόλα αυτά οι «πράσινοι» είναι αυτοί που τα κατάφεραν.



Διάγραμμα 3.13
Το μερικό άθροισμα των ομάδων (κίτρινης, πράσινης) στο παιχνίδι

Σε αντίθεση με το διάγραμμα 3.8 (το οποίο αναφέρεται στις ομάδες με 5 παίκτες) όπου υπήρχε ισορροπία στους «δίκαιους» παίκτες και στα δύο μισά του παιχνιδιού, στην περίπτωση των δύο ομάδων που εξετάζουμε τώρα (πράσινη και κίτρινη), οι παίκτες που έπαιξαν «δίκαια» μειώθηκαν στο δεύτερο μισό. Αν λάβουμε υπόψη ότι οι «τζαμπατζήδες» διατήρησαν το ίδιο αριθμό, τότε φανερά και από το διάγραμμα προκύπτει ότι οι «αλτρουιστές» παίκτες υπερδιπλασιάστηκαν σε αριθμό στους 5 τελευταίους γύρους (από 8 στους γύρους 1-5, έγιναν 18 στους γύρους 6-10). Στο γεγονός ότι αυξήθηκαν οι «αλτρουιστές» συνέβαλλαν και οι δύο ομάδες. Αντίθετα ο διατηρούμενος αριθμός των «τζαμπατζήδων» οφείλεται κυρίως στις στρατηγικές επιλογές κυρίως της κίτρινης ομάδας.



Διάγραμμα 3.14
Ο αριθμός των παικτών (των 2 ομάδων : πράσινη, κίτρινη) που επέλεξαν την «τζαμπατζίδική», «δίκαια» ή «αλτρουιστική» στρατηγική στα δύο μισά του παιχνιδιού

3.4 Συμπεράσματα από τα δύο παίγνια

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο παιγνίων που εξετάσαμε παραπάνω, του πειράματος Milinski και της εφαρμογής στους φοιτητές του Πανεπιστημίου Μακεδονίας, παρατηρούμε αδιαμφισβήτητο να παραμένει το γεγονός, ότι όσο πιο μεγάλη είναι η πιθανότητα να υποστούν καταστροφή οι υλικοί πόροι των παικτών τόσο πιο μεγάλη είναι η προσήλωση που δείχνουν στην επίτευξη του ομαδικού στόχου τους. Η πιθανότητα αυτή δεν είναι κάτι το αόριστο και υποκειμενικό παρά υπολογίζεται με βάση τα μοντέλα πιθανοτήτων που επεξεργάζονται τις παρατηρήσεις των κλιματικών μοντέλων. Αυτή η επισήμανση είναι σημαντική και περιέχει εν πολλοίς το απόσταγμα των συμπερασμάτων των επιστημόνων που ασχολούνται εντατικά με το θέμα της κλιματικής αλλαγής. Εάν ο παγκόσμιος πολίτης δεν πιστεί ότι το πρόβλημα της μεταστροφής του κλίματος είναι μια επικίνδυνη πραγματικότητα και όχι «επιστημονική φαντασία», όπως αρκετοί που εξυπηρετούν συμφέροντα διάφορων κύκλων υποστηρίζουν, τότε οι προσπάθειες των επιστημόνων για αποφυγή οδυνηρών συνεπειών, λόγω των βίαιων κλιματικών φαινομένων, θα πέσουν στο κενό. Από τα δύο παιχνίδια παρατηρούμε ότι οι παίκτες προσαρμόζονται σύμφωνα με την σημαντικότητα του στόχου που τους τίθεται να αντιμετωπίσουν και η συμπεριφορά τους δεν μπορεί να θεωρηθεί προβλέψιμη αλλά εξελίξιμη. Έτσι, οι απόψεις όπως ότι η κλιματική αλλαγή είναι ένα μεγάλο ψέμα και ότι υπάρχουν κάποιοι σκοτεινοί κύκλοι που επιβουλεύονται την δήθεν καταστροφή του κλίματος για προσωπικά οφέλη, όχι μόνο δεν προσφέρουν στην διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης εικόνας για το τι πραγματικά συμβαίνει σήμερα στον πλανήτη, αλλά αποπροσανατολίζουν τον κόσμο και δημιουργούν επιπλέον προβλήματα, με συνέπεια να μην εξελίσσεται με θετικό τρόπο η συμπεριφορά των «παικτών» . Όταν υπάρχουν πολλές απόψεις χωρίς καμία να κυριαρχεί είναι δύσκολο να συγκροτηθεί μια κοινή συνισταμένη δράσης και έτσι το πρόβλημα δεν βρίσκει λύση.

Οι σημερινοί άνθρωποι φαίνεται να εφησυχάζουν στις προσπάθειες που κάνουν οι επιστήμονες πιστεύοντας ότι η διάσωση του κλίματος είναι κάτι το οποίο ξεπερνάει τις δικές τους δυνατότητες. Πρέπει οι πολίτες να ενεργοποιηθούν και να αναλάβουν ένα σημαντικό μέρος των πρωτοβουλιών για την ανάδειξη του οικολογικού τρόπου ζωής. Βέβαια, αυτό δεν είναι κάτι που μπορεί να γίνει χωρίς να υπάρξει κάποιο πρότυπο ή φωτεινό παράδειγμα που θα εμπνεύσει τους ανθρώπους παγκοσμίως. Το αντίθετο συμβαίνει σήμερα. Οι συνεχείς οικολογικές καταστροφές όπως μεγάλες πυρκαγιές σε δασικές εκτάσεις, διαρροές αγωγών πετρελαίου από θαλάσσιες γεωτρήσεις, ρύπανση των υδάτων από απόβλητα εργοστασίων, μόλυνση του αέρα από δηλητηριώδη αέρια και άλλες καταστροφές που προκαλούν στο περιβάλλον μεγάλες βιομηχανίες, παράλληλα με την ανοχή, αν όχι την επικρότηση, των κυβερνήσεων και της πλειοψηφίας των πολιτικών φορέων παγκοσμίως, δημιουργούν στον απλό πολίτη μια αίσθηση ματαιότητας των όποιων προσπαθειών καταβάλει για την σωτηρία του πλανήτη. Χρειάζεται μια πιο οργανωμένη στάση της πολιτείας στο θέμα της οικολογίας και της παραβίασης των περιβαλλοντικών κανόνων, έτσι ώστε να αισθανθεί ο καθένας μέρος μιας σημαντικής προσπάθειας.

Το πείραμα του Milinski καταλήγει με την γενική παρατήρηση ότι όταν ο κίνδυνος της «απώλειας» (των χρημάτων) ή σε κάθε περίπτωση της μη επίτευξης του στόχου είναι μικρότερος από την απαιτούμενη μέση επένδυση, οι πειραματικές ομάδες δεν καταφέρνουν στην πλειοψηφία τους να πετύχουν τον στόχο τους. Επίσης θα μπορούσαμε να πούμε ότι μια συμπεριφορά που στρέφεται κατά του συνόλου (τζαμπατζήδες) και η οποία μπορεί να υιοθετείται έστω και από την μειοψηφία των παικτών, όταν η επικινδυνότητα της μη επίτευξής του στόχου είναι μεγάλη, είναι ακόμη και τότε αρκετή για να δημιουργήσει πρόβλημα σε ένα εξελικτικό παίγνιο. Αυτή την ιδιαιτερότητα πραγματεύονται επιστήμονες που ασχολούνται με την Θεωρία Παιγνίων και επιχειρούν να βρουν λύση εισάγοντας έναν ακόμη τύπο παίκτη στο παίγνιο που μελετούν, τον παίκτη «εκδικητή» (punisher) (Fowler J.H. (2005)). Επιγραμματικά να αναφέρουμε ότι ο παίκτης «εκδικητής», προτιμάει να χάσει μονάδες προσωπικής ωφέλειας κατά την διάρκεια του παιχνιδιού έτσι ώστε να τιμωρήσει τους «τζαμπατζήδες» συμπαίκτες του. Οπότε μετά από αρκετές επαναλήψεις παρατηρείται μια εξισορρόπηση δυνάμεων.

Στα παίγνια που μελετήσαμε σ’ αυτή την εργασία, με τους τρεις τύπους παικτών, χρειάζεται όπως παρατηρούμε, σχεδόν πάντα, η συνδρομή των αλτρουιστών παικτών για να επιτευχτεί ο στόχος. Στην πραγματικότητα το ποσοστό των αλτρουιστών είναι σχεδόν σίγουρα μικρότερο απ’ ότι θεωρητικά στα πειράματα, καθώς τα προσωπικά οφέλη είναι περισσότερα και διαφυλάττονται από τον καθένα με μεγαλύτερο εγωισμό. Οπότε η προσπάθεια που οφείλει να γίνει από μέρους των επιστημόνων, οι οποίοι θα ενημερώσουν τον απλό κόσμο αλλά και τους αρμόδιους σε θέματα περιβαλλοντικής προστασίας, πρέπει να στηρίζεται σε μια πιθανότητα καταστροφής του κλίματος κοντά στο 100%, όπως και στην εφαρμογή που πραγματοποιήσαμε με την βοήθεια των φοιτητών του ΠΑ.ΜΑΚ..

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Εξελικτική Θεωρία Παιγνίων αποδεικνύεται ένα πολύ χρήσιμο μαθηματικό εργαλείο στα χέρα των επιστημόνων που ασχολούνται με τις κοινωνικές και οικονομικές επιστήμες. Αυτό γιατί, ο μηχανισμός της, μπορεί με ευκολία να καταγράψει τους δεσμούς ανάμεσα στα μέλη μιας ομάδας, το ίδιο εύκολα με το να εξηγήσει τις αλλαγές στην συμπεριφορά που υφίστανται αυτά τα μέλη όταν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Είδαμε στο πρώτο κεφάλαιο την εξέλιξη της Θεωρίας Παιγνίων και κάποιους από τους νόμους που την διέπουν. Η εξέλιξη αυτή ήταν κάτι που μοιάζει να ήρθε φυσικά για να συμπληρώσει και πολλές φορές να απαλείψει τα όσα γνώριζαν μέχρι τότε οι παιγνιοθεωρητικοί και να τους βοηθήσει να ξεπεράσουν θεωρητικές δυσκολίες. Στο δεύτερο κεφάλαιο ασχοληθήκαμε με ένα από τα σημαντικότερα εξελικτικά κοινωνικά παίγνια, το πείραμα Milinski. Στο τελευταίο κεφάλαιο, ορμώμενοι από το πείραμα Milinski, τροποποιήσαμε και εφαρμόσαμε μια παραλλαγή του πειράματος σε φοιτητές του ΠΑ.ΜΑΚ.. Μία από τις σημαντικές διαφορές των δύο πειραμάτων ήταν το κίνητρο, όπου δεν χρησιμοποιήσαμε χρηματικές μονάδες αλλά μονάδες αξιολόγησης στο μάθημα στου οποίου τα πλαίσια πραγματοποιήθηκε το πείραμα. Επίσης παρατηρήσαμε ότι στις ομάδες με μικρότερο αριθμό ατόμων η επίτευξη του στόχου συμβαίνει με μεγαλύτερη πιθανότητα. Έτσι θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι σύνοδοι κορυφής για την διάσωση του κλίματος, όπου συμμετέχουν λίγα και ισχυρά μέλη αποκτούν περισσότερο νόημα με βάση αυτή την παρατήρηση, αφού οι αποφάσεις που παίρνονται παγκοσμίως είναι σε επίπεδο κορυφής. Ακόμη σημαντικό είναι το γεγονός, ότι ακόμα και με πιθανότητα καταστροφής 100%, όπως αυτή που εφαρμόσαμε στο πείραμα μας, ο στόχος που θέσαμε στις ομάδες όχι μόνο δεν επιτεύχθηκε ολοκληρωτικά αλλά και στις περιπτώσεις που αυτός κατακτήθηκε, έγινε οριακά. Γι' αυτό το λόγο καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει, η ενημέρωση που λαμβάνει χώρα από τους επιστήμονες, να βασίζεται σε μια πιθανότητα καταστροφής του κλίματος κοντά στο 100% και όχι απλά πάνω από το 50%, όπως αναφέρει ο Milinski.

Ακόμη, σε συνδυασμό με την παραπάνω πιθανότητα, οι άξονες πάνω στους οποίους θα πρέπει να στηριχτεί η πολιτική ενημέρωσης για το κλίμα είναι συνοπτικά οι εξής (Gowdy J.M. 2007): a) Αυξάνοντας την κατανάλωση δεν σημαίνει ότι αυξάνεις την κοινωνική ευημερία, b) το απόλυτο εισόδημα μπορεί να μην συσχετίζεται με την ευημερία αλλά το σχετικό μπορεί, c) η ανάπτυξη θα πρέπει να μην επικεντρώνεται αποκλειστικά στην αύξηση της κατακεφαλήν κατανάλωσης, d) η ικανότητα να συνεργαζόμαστε με άσχετους προς εμάς είναι ένα σχεδόν μοναδικό χαρακτηριστικό του ανθρώπινου γένους. Προτεραιότητα, λοιπόν, είναι να δημιουργηθούν ινστιτούτα που θα εφαρμόζουν τα παραπάνω σε τοπικά και θα συνεργάζονται μεταξύ τους παγκοσμίως. Υπάρχουν, σήμερα, οι κατάλληλες τεχνολογίες για την βελτίωση του περιβάλλοντος και του τρόπου ζωής, αλλά απλώς δεν εφαρμόζονται σε μεγάλη κλίμακα. Έργο των υπευθύνων είναι ακριβώς αυτό. Να δημιουργήσουν, δηλαδή, την βάση για την ανάπτυξη φιλικών προς το περιβάλλον πολιτικών. Ακόμα και αν είναι δύσκολο να υπάρξει συνεννόηση σε διπλωματικό επίπεδο μεταξύ των χωρών, μια κοινή περιβαλλοντική δράση μπορεί να επιτευχθεί από μη κυβερνητικούς παράγοντες, όπως κινήσεις πολιτών και επιχειρήσεων. Όπως αναφέρει και ο Milinski, με βάση την Εξελικτική Θεωρία Παιγνίων, η σταθεροποίηση του κλίματος του πλανήτη δεν είναι ένα χαμένο παιχνίδι.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Βαρουφάκης Γ.(2007). Θεωρία Παιγνίων. *GUTENBERG*

[2] Darwin C.(1859).On the Origins of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life. London : John Murray.

[3] Dreber A, Nowak M.A.(2008).Gambling for global goods. *PNAS*, vol 105, no 7, pp. 2261-2262.

[4] Fowler J.H.(2005).Altruistic punishment and the origins of cooperation. *PNAS*, vol 102, no 19, pp. 7047-7049.

[5] Gowdy J.M.(2007).Behavioral Economics and Climate Change Policy. *RENSSEALER*, no 0701.

[6] Gintis H.(2009).Game Theory Evolving, second edition. *Princeton University Press.*

[7] Milinski M, Sommerfeld RD, Krambeck H-J, Reed FA, Marotzke J.(2008).The collective-risk social dilemma and the prevention of simulated dangerous climate change. *PNAS*, vol 105, no 7, pp. 2291-2294.

[8] Milinski M, Semmann D, Krambeck H-J, Marotzke J.(2005).Stabilizing the Earth's climate is not a losing game: Supporting evidence from public goods experiments. *PNAS*, vol 103, no 11, pp 3994-3998.

[9] Samuelson L.(2002).Evolution and Game Theory, *Journal of Economics Perspectives*, no16, pp.47-66.

[10] Samuelson L.(1997).Evolutionary Games and Equilibrium Selection. *Massachusetts Institute of Technology.*

[11] Sigmund K., Nowak M.A.(2000).Evolutionary Game Theory. PRIMER MAGAZINE, Current Biology, vol 9,no 14, pp. 503-505.

[12] Smith M.J.(1982).Evolution and the Theory of Games. *Cambridge University Press.*

[13] Stanford Encyclopedia of Philosophy,\Evolutionary Game Theory, January 2002, rev. May 2003 (http://plato.stanford.edu/entries/gameevolutionary/).

[14] Vincent T.L, Brown J.S.(2005).Evolutionary Game Theory, Natural Selection and Darwinian Dynamics. *Cambridge University Press.*

[15] Walker B.(2009).Looming Global-Scale Failures and Missing Institutions. *SCIENCE*, vol 325, (http://www.sciencemag.org)

[16] Weibul J.W.(1997).Evolutionary game theory. *Massachusetts Institute of Technology.*