



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**Η ανάπτυξη της θεωρίας παιγνίων. Ιστορική αναδρομή και
εφαρμογές**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Σαρέλλα Αναστάσιου

Επιβλέπων : Δρ.Αλέξιος Καπόρης

**Μόνιμος Επίκουρος Καθηγητής , τμήμα Μηχανικών
Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων,
Πανεπιστήμιο Αιγαίου**

Σάμος, Φεβρουάριος 2022

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Ευχαριστίες

Η διπλωματική αυτή διεξήχθη υπό την επίβλεψη του Δρ,Αλέξιου Καπόρη τον οποίο σέβομαι για το ότι μου έδωσε την ευκαιρία να υλοποιήσω αυτή την εργασία. Εκτιμώ σε μεγάλο βαθμό την υπομονή του.

Επιπρόσθετα, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την ηθική, ψυχολογική και οικονομική στήριξη που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

2022

του

Σαρέλλα Αναστάσιου

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Η θεωρία παιγνίων – γενική παρουσίαση.....	1
1.2	Αντικείμενο διπλωματικής.....	3
1.3	Δομή της διπλωματικής	3
2	Ιστορική αναδρομή στη θεωρία παιγνίων	4
2.1	Ιστορική αναδρομή.....	4
2.1.1.	Οι απαρχές της θεωρίας παιγνίων	4
2.1.2.	Τύποι παιχνιδιών.....	5
2.2	Η έννοια της ισορροπίας στη θεωρία παιγνίων.....	11
2.2.1.	Το δίλημμα του φυλακισμένου	12
2.2.2.	Το φαινόμενο του λαθρεπιβάτη (wisdom pig game)	14
3	Σύγχρονες εφαρμογές της θεωρίας παιγνίων	16
3.1	Η θεωρία παιγνίων στην πολιτική επιστήμη.....	16
3.2	Η θεωρία παιγνίων στις επιχειρήσεις	16
3.2.1.	Η εφαρμογή του διλήμματος του φυλακισμένου στις επιχειρήσεις.....	19
3.3	Η θεωρία παιγνίων στην άμυνα.....	20
4	Συμπεράσματα	25
	Βιβλιογραφία.....	27

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 1. Παράδειγμα παιγνιδιού εκτεταμένης μορφής.....	6
Σχήμα 2. Μοντέλο θεωρίας παιγνίων με δύο παίκτες στις επιχειρήσεις 1	18
Σχήμα 3. Μοντέλο θεωρίας παιγνίων με δύο παίκτες στις επιχειρήσεις 2.....	18
Σχήμα 4. 100 Horsemen signaling game.....	23
Σχήμα 5. Empty city signaling game	24

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1. Τα δεδομένα στο «παιχνίδι του φυλακισμένου»	13
Πίνακας 2. Τα δεδομένα στο «wisdom pig game»	15

Ακρωνύμια

ESS	Evolutionary Stable Strategy
Θεωρία Παιγνίων	ΘΠ
M	Message
R	Receiver
S	Sender
t	type

Περίληψη

Η θεωρία παιγνίων ως κλάδος των μαθηματικών μας παρέχει μια γενική μέθοδο για τη μελέτη της ανθρώπινης ορθολογικής συμπεριφοράς. Χρησιμοποιώντας αυτές τις μεθόδους, είναι δυνατό να αναλυθούν με μεγαλύτερη σαφήνεια και πληρότητα τα φαινόμενα που παρατηρούνται από τα αλληλεπιδρώντα άτομα που λαμβάνουν αποφάσεις. Όπως προέκυψε από την ανάλυση, η θεωρία παιγνίων έχει τις απαρχές της στο 1944, με τη δημοσίευση του *The Theory of Games and Economic Behavior* των von Neumann και Morgenstern. Από τότε και στο εξής εξελίχθηκε έτσι ώστε να διαμορφωθεί στη μορφή που έχει λάβει σήμερα. Οι τύποι παιχνιδιών που αναγνωρίζονται περιλαμβάνουν παιχνίδια κανονικής μορφής και παιχνίδια εκτεταμένης μορφής, μη συνεργατικά παιχνίδια και συνεργατικά παιχνίδια, παιχνίδια με μηδενικό άθροισμα, τέλεια και ατελή πληροφοριακά παιχνίδια, ταυτόχρονα παιχνίδια και διαδοχικά παιχνίδια, διαφορεικά παιχνίδια, παιχνίδια Stackelberg, παιχνίδια κοινού ενδιαφέροντος, διαπραγματεύσεις Nash, υποπαιχνίδια, υποπαιχνίδι τέλειας ισορροπίας Nash, συμπεριφορική Θεωρία Παιγνίων, εξελικτική θεωρία παιγνίων και παιχνίδια σηματοδότησης. Η θεωρία παιγνίων μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικά πεδία, συμπεριλαμβανομένης της άμυνας, αλλά και της διοίκησης επιχειρήσεων.

Λέξεις Κλειδιά: θεωρία παιγνίων, ιστορική αναδρομή, εφαρμογές, σπουδαιότητα

Abstract

Game theory as a branch of mathematics provides us with a general method for studying human rational behavior. Using these methods, it is possible to analyze with greater clarity and completeness the phenomena observed by the interacting people who make decisions. According to the analysis, game theory has its origins in 1944, with the publication of *The Theory of Games and Economic Behavior* by von Neumann and Morgenstern. From then on it evolved to form the form it has taken today. Recognized types of games include regular and extended games, non-cooperative and cooperative games, zero-sum games, perfect and incomplete information games, concurrent and sequential games, differential games, Stackelberg games, common interest games, , sub-games, Nash Perfect Balance sub-game, Behavioral Game Theory, evolutionary game theory and signaling games. Game theory can be applied to a variety of fields, including defense and business administration.

Keywords: *game theory, historical background, applications, importance*

1

Εισαγωγή

1.1 Η θεωρία παιγνίων – γενική παρουσίαση

Αν και η θεωρία παιγνίων μπορεί και έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση παιχνιδιών, οι εφαρμογές της είναι πολύ ευρύτερες. Προχωρώντας στο παρελθόν, η θεωρία παιγνίων αναπτύχθηκε αρχικά από τον Ουγγρικής καταγωγής Αμερικανό μαθηματικό John von Neumann και τον συνάδελφό του στο Πανεπιστήμιο του Πρίνστον Oskar Morgenstern, έναν γερμανικής καταγωγής Αμερικανό οικονομολόγο, με στόχο την επίλυση προβλημάτων στο πεδίο των οικονομικών. Στο βιβλίο τους *The Theory of Games and Economic Behavior* (1944), οι von Neumann και Morgenstern υποστήριζαν ότι τα μαθηματικά που αναπτύχθηκαν για τις φυσικές επιστήμες, που περιγράφουν τη λειτουργία μιας αδιάφορης φύσης, δεν είχαν τη δυνατότητα να εξηγήσουν τα όσα συμβαίνουν στην οικονομία με εξίσου αποτελεσματικό τρόπο. Παρατήρησαν ότι η οικονομία μοιάζει πολύ με ένα παιχνίδι, όπου οι παίκτες προβλέπουν ο ένας τις κινήσεις του άλλου, και ως εκ τούτου απαιτεί ένα νέο είδος μαθηματικών, το οποίο ονόμασαν *θεωρία παιγνίων*, μια θεωρία που εφαρμόζεται σήμερα σε πολλές πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας και διαφορετικά επιστημονικά πεδία (Zhu & Dou, 2011).

Συνολικά, η θεωρία παιγνίων χρησιμοποιεί μαθηματική σκέψη για να μελετήσει την αλληλεπίδραση δύο ανθρώπων, ή, διαφορετικά, παικτών, σε διάφορες καταστάσεις της πραγματικής ζωής. Το πρόβλημα της θεωρίας παιγνίων περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία: Πρώτον, οι δύο πλευρές του παιχνιδιού βρίσκονται σε μια συγκρουσιακή σχέση, και αναμένεται να υπάρξουν συγκρούσεις συμφερόντων και αμοιβαία επιρροή. Δεύτερον, και οι δύο πλευρές του παιχνιδιού έχουν πολλαπλά πιθανά σχέδια δράσης. Τέλος, και οι δύο πλευρές του παιχνιδιού είναι άνθρωποι που σκέπτονται με βάση τη λογική. Σε περίπτωση πλήρους εξέτασης όλων των πιθανών εναλλακτικών του άλλου μέρους, ο παίκτης επιλέγει αυτή τη λύση που είναι πιο ωφέλιμη για τον

ίδιο και για την επίτευξη των στόχων του (Friedman, 1991). Κατά συνέπεια, στη θεωρία παιγνίων, είναι απαραίτητο όχι μόνο να εξετάσει κανείς όλες τις πιθανές εναλλακτικές στρατηγικές της δικής του πλευράς, αλλά και όλα τα πιθανά οφέλη του αντιπάλου του με βάση τις πληροφορίες, τις ενέργειες και τις στρατηγικές που αυτός εφαρμόζει ή μπορεί να εφαρμόσει, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα δικά του οφέλη όσο το δυνατόν περισσότερο (Xueshuang & Yuan, 2018).

Η θεωρία παιγνίων έχει εφαρμοστεί σε μια μεγάλη ποικιλία καταστάσεων στις οποίες οι επιλογές των παικτών αλληλεπιδρούν για να επηρεάσουν το αποτέλεσμα (Friedman, 1991). Τονίζοντας τις στρατηγικές πτυχές της λήψης αποφάσεων ή τις πτυχές που ελέγχονται από τους παίκτες και όχι από την τύχη, η θεωρία συμπληρώνει και υπερβαίνει την κλασική θεωρία των πιθανοτήτων (Freeman, 2014). Έχει χρησιμοποιηθεί, ενδεικτικά, για να προσδιορίσει ποιοι πολιτικοί συνασπισμοί ή επιχειρηματικοί όμιλοι είναι πιθανό να σχηματιστούν, τη βέλτιστη τιμή για την πώληση προϊόντων ή υπηρεσιών με βάση τις ενέργειες του ανταγωνισμού, τη δύναμη ενός ψηφοφόρου ή ενός μπλοκ ψηφοφόρων, στις εκλογικές αναμετρήσεις, την καλύτερη τοποθεσία όπου μπορεί να οικοδομηθεί ένα εργοστάσιο παραγωγής και τη συμπεριφορά ορισμένων ζώων και φυτών στον αγώνα τους για επιβίωση. Έχει χρησιμοποιηθεί ακόμη και για να αμφισβητήσει τη νομιμότητα ορισμένων συστημάτων ψηφοφορίας.

Η θεωρία παιγνίων εφαρμόζεται συχνά σε πολλαπλούς κλάδους όπως η στρατιωτική στρατηγική, τα οικονομικά, η μαθηματική μοντελοποίηση της στρατηγικής αλληλεπίδρασης μεταξύ ορθολογικών παραγόντων, π.χ. ορθολογισμός, φιλοσοφία, αγορά ολιγοπωλίου, παιχνίδι πόκερ, διοίκηση επιχειρήσεων και πολλά άλλα. Οι υπεύθυνοι χάραξης επιχειρηματικής στρατηγικής τη χρησιμοποιούν για να διαμορφώσουν τον προγραμματισμό τους ή για να προβλέψουν τη σκέψη των συνεργατών ή των ανταγωνιστών τους. Πρόκειται για ένα ισχυρό εργαλείο για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων ή των συνεπειών της αλληλεπίδρασης του ανταγωνιστή και του τρόπου με τον οποίο πρόκειται να διαμορφωθεί το τοπίο. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται από έναν διαγωνιζόμενο στην αγορά θα έχουν άμεσες επιπτώσεις στους άλλους παίκτες. Ως εκ τούτου, επηρεάζει τις ενέργειες των άλλων παικτών. Σύμφωνα με τους κανόνες που εφαρμόζονται μεταξύ δύο ή περισσότερων παικτών που εμπλέκονται σε αυτό το παιχνίδι, τα αποτελέσματα ή οι μετρήσιμες συνέπειές του διαμορφώνονται βάσει της θεωρίας παιγνίων και η λύση ονομάζεται οπισθοδρομική επαγωγή.

Η συγκεκριμένη θεωρία συνίσταται στη μελέτη της λήψης στρατηγικών αποφάσεων και αναπτύχθηκε για πρώτη φορά ως κλάδος της μικροοικονομικής (Barough et al., 2012). Ωστόσο, αργότερα υιοθετήθηκε σε διάφορους τομείς μελέτης, όπως η εξελικτική βιολογία, η κοινωνιολογία, η ψυχολογία, οι πολιτικές επιστήμες, η διαχείριση έργων, η οικονομική διαχείριση και η επιστήμη των υπολογιστών (Myerson, 2013, Kasthurirathna et al., 2013). Η θεωρία παιγνίων έχει αποκτήσει τόσο ευρεία εφαρμογή λόγω της επικράτησης των σεναρίων λήψης στρατηγικών αποφάσεων σε διαφορετικούς κλάδους. Η Θεωρία Παιγνίων παρέχει πληροφορίες για ιδιαίτερες συμπεριφορικές αλληλεπιδράσεις όπως οι συνεργατικές αλληλεπιδράσεις εντός ομάδων ζώων (Bshary & Oliveira, 2013), οι διαπραγματεύσεις και οι ανταλλαγές σε έναν γάμο ή η παροχή κινήτρων στις επιχειρήσεις και τους παραγωγούς κοκ (Murray, 2014). Ένα τυπικό παιχνίδι που καθορίζεται από τους κανόνες που παρουσιάζονται στη θεωρία παιχνιδιών έχει δύο ή περισσότερους παίκτες, ένα σύνολο στρατηγικών που είναι διαθέσιμες σε αυτούς τους παίκτες και ένα αντίστοιχο σύνολο τιμών ανταμοιβής, που μερικές φορές ονομάζονται τιμές χρησιμότητας, για κάθε παίκτη (Gibbons, 1992).

1.2 Αντικείμενο διπλωματικής

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει την ανάπτυξη της θεωρίας παιγνίων, τα αποτελέσματα και τις εφαρμογές της στις διάφορες εκφάνσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι που αναμένεται να επιτευχθούν με την ολοκλήρωση του συγκεκριμένου πονήματος είναι οι εξής:

- Η ιστορική αναδρομή στα βασικά σημεία της ανάπτυξης της θεωρίας παιγνίων.
- Η παρουσίαση των σημαντικών θεωρητικών που συνέβαλαν στην ανάπτυξη της θεωρίας παιγνίων.
- Η καταγραφή των κυριότερων αποτελεσμάτων της ανάπτυξης της συγκεκριμένης θεωρίας.
- Η παρουσίαση των εφαρμογών της θεωρίας παιγνίων σε διαφορετικά πεδία και δραστηριότητες.

Οι παραπάνω στόχοι αναμένεται να επιτευχθούν μέσω της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας και της καταγραφής των σχετικών δεδομένων που αφορούν στο πώς και από ποιους αναπτύχθηκε η θεωρία παιγνίων, τα αποτελέσματά της και τις βασικές της εφαρμογές σε διαφορετικές δραστηριότητες και πεδία. Τα δεδομένα αναζητήθηκαν σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων χρησιμοποιώντας τις λέξεις κλειδιά: *θεωρία παιγνίων, ανάπτυξη, θεωρητικοί, αποτελέσματα, εφαρμογές*.

1.3 Δομή της διπλωματικής

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας έχει ως εξής: στο παρόν, πρώτο κεφάλαιο καταγράφονται εισαγωγικές παρατηρήσεις σχετικά με το υπό εξέταση ζήτημα και, συνολικά, την συγγραφή της εργασίας. Στη συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ιστορική αναδρομή στην ανάπτυξη της θεωρίας παιγνίων, τα βασικά ορόσημα σε αυτή την πορεία και οι σημαντικότεροι θεωρητικοί που τη θεμελίωσαν και την εξέλιξαν, καθώς και τα πεδία από όπου ξεκίνησε η εφαρμογή της. Έπειτα, στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στις εφαρμογές της θεωρίας παιγνίων στη σύγχρονη εποχή και, τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο καταγράφονται τα τελικά συμπεράσματα της έρευνας.

2

Ιστορική αναδρομή στη θεωρία παιγνίων

2.1 Ιστορική αναδρομή

Η σύγχρονη Θεωρία Παιγνίων αναγνωρίζεται παγκοσμίως ότι ξεκίνησε το 1944, με τη δημοσίευση του *The Theory of Games and Economic Behavior* των von Neumann και Morgenstern. Προηγούμενες μελέτες δεν είχαν εισαχθεί στο πλαίσιο της ακριβούς επιστήμης, που δημιουργήθηκε έπειτα από την έκδοση του παραπάνω βιβλίου. Ωστόσο, υπήρχαν όντως παλαιότερες μελέτες, όπου μπορεί να θεωρηθεί ότι βασίστηκε η συγκεκριμένη θεωρία ή ότι είχε τις ρίζες και τα θεμέλιά της. Όπως είναι σαφές από την εισαγωγή, ένας από τους πυλώνες της θεωρίας παιγνίων είναι η έννοια της μικτής στρατηγικής που βασίζεται στην έννοια της πιθανότητας. Η αρχή του λογισμού πιθανοτήτων συνδέεται με την αλληλογραφία των Pierre de Fermat (1607 – 1665) και Blaise Pascal (1623 – 1662) που χρονολογείται το 1654. Ως εκ τούτου, η αληθινή προϊστορία μπορεί να ξεκινήσει μόνο μετά από αυτό το γεγονός που συνέβη μόλις πριν από 350 χρόνια και αντιπροσωπεύει το πρώτο βασικό ορόσημο στην ιστορία της θεωρίας παιγνίων (Zhu & Dou, 2011).

2.1.1. Οι απαρχές της θεωρίας παιγνίων

Ο James Waldegrave (1684 – 1741), γεννημένος πριν από 320 χρόνια, έδωσε την πρώτη γνωστή λύση μικτής στρατηγικής ενός παιχνιδιού matrix. Σχετίστηκε με το παιχνίδι le Her και περιγράφεται στην επιστολή του Waldegrave προς τον Pierre R'emonde de Montmort (1678 – 1719) με ημερομηνία 13 Νοεμβρίου 1713. Ας αναφερθεί εν συντομία ότι το παιχνίδι le Her παίζεται από δύο άτομα, που συνήθως ονομάζονται Peter και ο Paul. Ξεκινά όταν ο Peter μοιράζει στον Paul ένα μόνο φύλλο τυχαία από μια συνηθισμένη τράπουλα και μετά μοιράζει ένα μόνο φύλλο στον εαυτό του. Κανένας παίκτης δεν βλέπει τα φύλλα που έχουν μοιραστεί στον άλλο. Το αντικείμενο του παιχνιδιού είναι ο παίκτης να κρατήσει το φύλλο της μεγαλύτερης αξίας από αυτό του αντιπάλου. Εάν ο Paul δεν είναι ικανοποιημένος με το φύλλο που του μοιράστηκε, μπορεί να αναγκάσει τον Peter να ανταλλάξει μαζί του. Εάν ο Peter δεν είναι ικανοποιημένος με το φύλλο που κρατά μετά, του επιτρέπεται να το ανταλλάξει με ένα φύλλο που μοιράστηκε από την τράπουλα τυχαία. Στη συνέχεια, οι δύο παίκτες συγκρίνουν τα φύλλα και αυτός με το μεγαλύτερο κερδίζει. Αν και οι δύο παίκτες κρατούν φύλλα της ίδιας αξίας, τότε ο Peter κερδίζει.

Το παιχνίδι le Her είχε ήδη ερευνηθεί από τους de Montmort και Nicholas Bernoulli (1687 – 1759) στην αμοιβαία αλληλογραφία τους το 1713. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο Paul έπρεπε να αλλάζει κάθε φύλλο που ήταν μικρότερο από 7 και να κρατήσει όλα τα φύλλα που ήταν μεγαλύτερα από 7, ενώ ο Peter έπρεπε να αλλάζει κάθε φύλλο μικρότερο από 8 και να κρατήσει όλα τα φύλλα που ήταν μεγαλύτερα από 8. Σε αμφισβητούμενες περιπτώσεις, ο Bernoulli πίστευε ότι έπρεπε να γίνεται αλλαγή, ενώ ο de Montmort πίστευε ότι δεν μπορούσε να δοθεί εντολή. Ο James Waldegrave έψαχνε για μια στρατηγική που μεγιστοποιεί την πιθανότητα νίκης του παίκτη, όποια στρατηγική κι αν είχε επιλέξει ο αντίπαλος, δηλαδή ακριβώς με την έννοια της σύγχρονης αρχής minimax. Κατέληξε στην ακόλουθη λύση μικτής στρατηγικής: Ο Paul θα πρέπει να επιλέξει τη στρατηγική αλλαγής των φύλλων που είναι ίσα ή μικρότερα από το 7 με πιθανότητα $5/8$ και τη στρατηγική διατήρησης των φύλλων που είναι ίσα ή μεγαλύτερα από το 7 με πιθανότητα $3/8$. Ο Peter θα πρέπει να επιλέξει τη στρατηγική αλλαγής των ίσων ή μεγαλύτερων από το 8 φύλλων με πιθανότητα $3/8$ και τη στρατηγική διατήρησης των φύλλων που είναι ίσα ή μεγαλύτερα από το 8 με πιθανότητα $5/8$. Αν και ο de Montmort δημοσίευσε την αλληλογραφία που σχετίζεται με το le Her, συμπεριλαμβανομένης της λύσης του Waldegrave, σε ένα παράρτημα στη δεύτερη έκδοση του βιβλίου (de Montmort, 1713), η λύση του Waldegrave παρέμεινε σχεδόν απαρατήρητη για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα (Weintraub, 1992).

Ένα ακόμη σημαντικό ορόσημο αντιπροσωπεύεται από τη δημοσίευση της εκτεταμένης μονογραφίας Theory of Games and Economic Behavior (von Neumann & Morgenstern, 1944), η οποία ήταν το αποτέλεσμα μιας γόνιμης συνεργασίας του von Neumann και του οικονομολόγου Oskar Morgenstern (1902 – 1976). Αυτό το χρονικό σημείο θεωρείται συνήθως ως η αρχή της ύπαρξης της θεωρίας παιγνίων ως «πλήρως» μαθηματικού κλάδου. Οι Von Neumann και Morgenstern ξεκίνησαν με μια λεπτομερή διατύπωση του οικονομικού προβλήματος και κατέδειξαν τις εξαιρετικά ευρείες δυνατότητες εφαρμογής της θεωρίας παιγνίων στην οικονομία, ενώ, στη συνέχεια, οριοθέτησαν τα θεμέλια μιας αξιωματικής θεωρίας χρησιμότητας. Η μονογραφία προκάλεσε μια μαζική ανάπτυξη της θεωρίας παιγνίων και των εφαρμογών της σε διάφορους τομείς. Ωστόσο, παρέμειναν πολλά ανοιχτά προβλήματα. Τα ανταγωνιστικά παιχνίδια, εξάλλου, αποτελούν μόνο ένα μικρό μέρος όλων των καταστάσεων λήψης αποφάσεων, ενώ οι παίκτες μπορεί να μην έχουν καμία ευκαιρία να συνεργαστούν ή να αναδιανείμουν τα οφέλη.

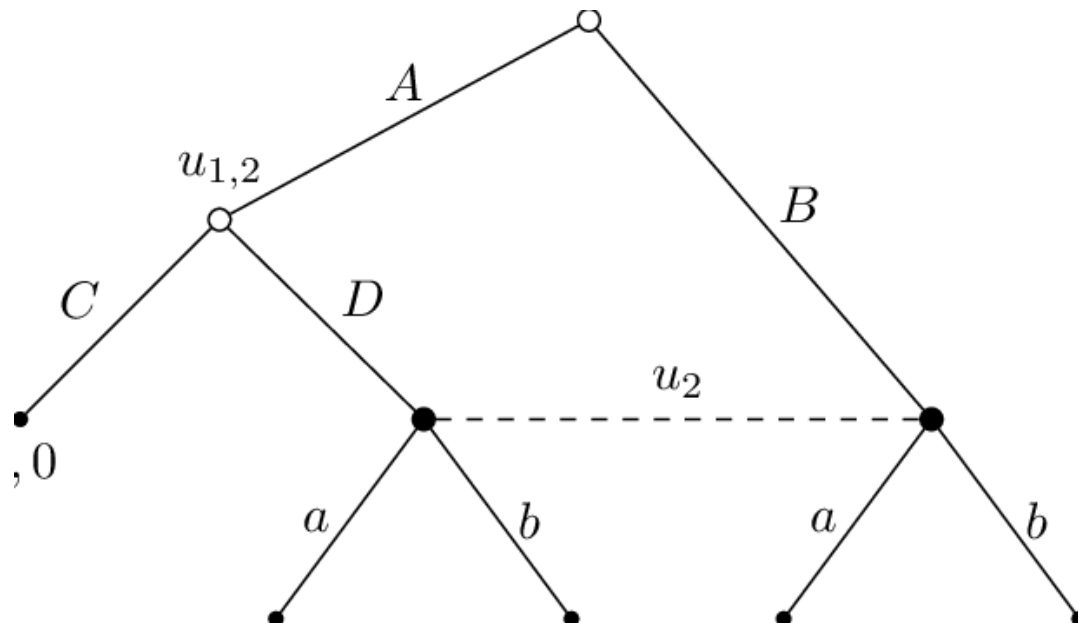
2.1.2. Τύποι παιχνιδιών

Ανάλογα με τον τύπο τους, τα παιχνίδια μπορούν να ταξινομηθούν με διαφορετικούς τρόπους, όπως φαίνεται στη συνέχεια:

➤ Παιχνίδια κανονικής μορφής και παιχνίδια εκτεταμένης μορφής

Σε ένα παιχνίδι κανονικής μορφής, λαμβάνει χώρα μόνο ένας γύρος λήψης αποφάσεων, όπου όλοι οι παίκτες λαμβάνουν αποφάσεις ταυτόχρονα. Ένα παιχνίδι εκτεταμένης μορφής είναι, από την άλλη πλευρά, ένα επαναλαμβανόμενο παιχνίδι όπου υπάρχουν αρκετοί γύροι λήψης αποφάσεων (Binmore, 2007). Σε κάθε γύρο, οι παίκτες μπορούν να λάβουν αποφάσεις ταυτόχρονα ή με κάποια προκαθορισμένη σειρά. Ένα παιχνίδι εκτεταμένης μορφής αντιπροσωπεύεται συχνά από ένα δέντρο παιχνιδιού, όπου κάθε κόμβος (εκτός από τους τερματικούς κόμβους) είναι ένα σημείο απόφασης και κάθε σύνδεσμος αντιστοιχεί σε μια απόφαση ή σε ένα σύνολο αποφάσεων που θα μπορούσαν να ληφθούν από τον αντίστοιχο παίκτη ή παίκτες στο συγκεκριμένο σημείο. Οι τερματικοί κόμβοι

αντιπροσωπεύουν το τέλος του παιχνιδιού εκτεταμένης μορφής, με τις αντίστοιχες απολαβές για κάθε παίκτη που συμμετέχει.



Σχήμα 1. Παράδειγμα παιχνιδιού εκτεταμένης μορφής
(Gatti et al., 2020)

➤ Μη συνεργατικά παιχνίδια και συνεργατικά παιχνίδια

Συνήθως, τα παιχνίδια θεωρείται ότι παίζονται για το συμφέρον των παικτών, και, ακόμη και όταν οι παίκτες συνεργάζονται, αυτό συμβαίνει επειδή η συνεργασία είναι η καλύτερη στρατηγική υπό τις περιστάσεις για τη μεγιστοποίηση των ατομικών κερδών των παικτών. Σε τέτοια παιχνίδια, η συνεργατική συμπεριφορά, εάν προκύψει, καθοδηγείται από εγωιστικούς στόχους και είναι παροδική. Αυτά τα παιχνίδια μπορούν να ονομαστούν «μη συνεργατικά παιχνίδια». Αυτά μερικές φορές αναφέρονται, μάλλον ανακριβώς, ως «ανταγωνιστικά παιχνίδια». Η μη συνεργατική θεωρία παιγνίων είναι ο κλάδος της θεωρίας παιγνίων που αναλύει τέτοια παιχνίδια. Από την άλλη πλευρά, σε ένα παιχνίδι συνεργασίας, που μερικές φορές ονομάζεται επίσης παιχνίδι συνασπισμού, οι παίκτες σχηματίζουν συνασπισμούς ή ομάδες, συχνά λόγω εξωτερικής επιβολής της συνεταιριστικής συμπεριφοράς και ο ανταγωνισμός είναι μεταξύ αυτών των συνασπισμών (Nash, 1950, Myerson, 2013, Kasthurirathna et al., 2013).

Τα συνεργατικά παιχνίδια αναλύονται χρησιμοποιώντας τη συνεταιριστική θεωρία παιγνίων, η οποία προβλέπει ποιοι συνασπισμοί θα σχηματιστούν και τα κέρδη αυτών των συνασπισμών. Η θεωρία των συνεταιριστικών παιγνίων εστιάζει στην κατανομή πλεονασμάτων ή κερδών μεταξύ των μελών του συνασπισμού (Peleg & Sudhölter, 2007), όπου ο συνασπισμός είναι εγγυημένος ένα ορισμένο ποσό ανταμοιβής λόγω του σχηματισμού του. Συχνά, το αποτέλεσμα ενός συνεργατικού παιχνιδιού που παίζεται σε ένα σύστημα είναι ισοδύναμο με το αποτέλεσμα μιας περιορισμένης διαδικασίας βελτιστοποίησης (Bell et al., 2007), και ως εκ τούτου, σε ορισμένες περιπτώσεις

χρησιμοποιείται ένα πλαίσιο γραμμικού προγραμματισμού για την επίλυση των συνεργατικών παιγνιδιών που μοντελοποιούνται.

➤ Παιχνίδια με μηδενικό άθροισμα

Τα παιχνίδια μηδενικού αθροίσματος είναι μια κατηγορία ανταγωνιστικών παιγνιδιών όπου το σύνολο των κερδών όλων των παικτών είναι ίσα με το μηδέν. Σε παιχνίδια δύο παικτών, αυτό υποδηλώνει ότι η απώλεια ενός παίκτη στην αποπληρωμή είναι ίση με το κέρδος ενός άλλου παίκτη. Ένα παιχνίδι μηδενικού αθροίσματος δύο παικτών μπορεί επομένως να αναπαρασταθεί από έναν πίνακα αποπληρωμών που δείχνει μόνο τις αποδόσεις ενός παίκτη. Τα παιχνίδια μηδενικού αθροίσματος μπορούν να λυθούν με το θεώρημα mini-max (Kuhn et al., 1953), το οποίο δηλώνει ότι σε ένα παιχνίδι μηδενικού αθροίσματος υπάρχει ένα σύνολο στρατηγικών που ελαχιστοποιεί τις μέγιστες απώλειες ή μεγιστοποιεί την ελάχιστη απόδοση κάθε παίκτη. Αυτή η λύση μερικές φορές αναφέρεται ως «pure saddle point». Μπορεί να υποστηριχθεί ότι το χρηματιστήριο είναι ένα παιχνίδι μηδενικού αθροίσματος. Αντίθετα, οι περισσότερες έγκυρες οικονομικές συναλλαγές είναι μη μηδενικού αθροίσματος, καθώς κάθε συμβαλλόμενο μέρος θεωρεί ότι αυτό που λαμβάνει είναι πιο πολύτιμο σε σχέση με αυτό που χάνει.

➤ Τέλεια vs Ατελής Πληροφοριακά Παιχνίδια

Σε ένα τέλειο παιχνίδι πληροφοριών, κάθε παίκτης γνωρίζει το πλήρες ιστορικό των προηγούμενων ενεργειών όλων των άλλων παικτών, καθώς και την αρχική κατάσταση του παιχνιδιού. Στα ατελή παιχνίδια πληροφοριών, ορισμένοι ή όλοι οι παίκτες δεν έχουν πρόσβαση στο σύνολο των πληροφοριών σχετικά με τις προηγούμενες ενέργειες άλλων παικτών.

➤ Ταυτόχρονα παιχνίδια και διαδοχικά παιχνίδια

Ένα ταυτόχρονο παιχνίδι είναι είτε ένα παιχνίδι κανονικής μορφής είτε ένα παιχνίδι εκτεταμένης μορφής όπου σε κάθε επανάληψη, όλοι οι παίκτες λαμβάνουν αποφάσεις ταυτόχρονα. Επομένως, κάθε παίκτης αναγκάζεται να πάρει την κάθε απόφαση χωρίς να γνωρίζει τις αποφάσεις που έλαβαν άλλοι παίκτες σε αυτήν την επανάληψη. Αντίθετα, ένα διαδοχικό παιχνίδι είναι ένας τύπος παιχνιδιού εκτεταμένης μορφής όπου οι παίκτες παίρνουν τις αποφάσεις τους ή επιλέγουν τις στρατηγικές τους με κάποια προκαθορισμένη σειρά (Binmore, 2007).

Για παράδειγμα, μια διαδικασία διαπραγμάτευσης μπορεί να διαμορφωθεί ως διαδοχικό παιχνίδι εάν ένα μέρος έχει πάντα το προνόμιο να κάνει την πρώτη προσφορά και τα άλλα μέρη κάνουν τις προσφορές ή τις αντιπροσφορές τους μετά από αυτό. Σε ένα διαδοχικό παιχνίδι, τουλάχιστον μερικοί παίκτες μπορούν να παρατηρήσουν τουλάχιστον μερικές από τις ενέργειες άλλων παικτών πριν πάρουν τις δικές τους αποφάσεις, διαφορετικά, το παιχνίδι γίνεται ταυτόχρονο, ακόμα κι αν οι κινήσεις των παικτών δεν γίνονται ταυτόχρονα στο χρόνο. Ωστόσο, δεν είναι απαραίτητο κάθε κίνηση κάθε προηγούμενου παίκτη να είναι παρατηρήσιμη σε έναν συγκεκριμένο παίκτη. Εάν ένας παίκτης μπορεί να παρατηρήσει κάθε κίνηση κάθε προηγούμενου παίκτη, ένα τέτοιο διαδοχικό παιχνίδι είναι γνωστό ότι έχει «τέλειες πληροφορίες». Διαφορετικά, το παιχνίδι είναι γνωστό ότι έχει «ατελείς πληροφορίες». Τα διαδοχικά παιχνίδια χρησιμοποιούνται συχνά για τη μοντελοποίηση των διαδικασιών διαπραγμάτευσης.

➤ Διαφορικά παιχνίδια

Τα διαφορικά παιχνίδια είναι συχνά παιχνίδια εκτεταμένης μορφής, αλλά αντί να έχουν διακριτά σημεία απόφασης, μοντελοποιούνται σε ένα συνεχές χρονικό πλαίσιο (Kamien & Schwartz, 2012). Σε τέτοια παιχνίδια, η κάθε μεταβλητή κατάστασης εξελίσσεται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου σύμφωνα με μια διαφορική εξίσωση. Τέτοια παιχνίδια είναι ιδανικά για τη μοντελοποίηση ταχέως εξελισσόμενων σεναρίων άμυνας όπου κάθε παίκτης εμπλέκεται σε μονομερή βελτιστοποίηση κάποιας παραμέτρου. Για παράδειγμα, σε προβλήματα εντοπισμού πυραύλων, ο διώκτης και ο στόχος προσπαθούν να ελέγξουν την απόσταση μεταξύ τους, ενώ ο διώκτης προσπαθεί συνεχώς να ελαχιστοποιήσει αυτήν την απόσταση και ο στόχος προσπαθεί συνεχώς να την αυξήσει. Σε ένα τέτοιο σενάριο, οι επαναληπτικοί γύροι λήψης αποφάσεων έχουν ως στόχο να μοντελοποιήσουν τις συνεχείς κινήσεις και τους υπολογισμούς κάθε παίκτη. Τα διαφορικά παιχνίδια είναι ιδανικά για τη μοντελοποίηση τέτοιων σεναρίων.

➤ Παιχνίδια Stackelberg

Ένα παιχνίδι Stackelberg είναι ένας συγκεκριμένος τύπος διαδοχικού παιχνιδιού δύο παικτών που χρησιμοποιείται συνήθως στα οικονομικά (Von Stackelberg, 2010). Σε ένα παιχνίδι Stackelberg, υπάρχει ένας ηγέτης και ένας ακόλουθος, που είναι συνήθως εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε μια αγορά. Η ηγέτιδα εταιρεία έχει κάποιου είδους πλεονέκτημα στην αγορά που της επιτρέπει να κινηθεί πρώτη και να λάβει την πρώτη απόφαση, και η βέλτιστη απόφαση του ακολούθου εξαρτάται από την απόφαση του ηγέτη. Εάν ένας ακόλουθος επιλέξει μια μη βέλτιστη ενέργεια δεδομένης της δράσης του ηγέτη, θα επηρεάσει αρνητικά όχι μόνο την ανταμοιβή του ιδίου, αλλά και την ανταμοιβή του ηγέτη. Επομένως, η βέλτιστη απόφαση του ηγέτη λαμβάνεται με την παραδοχή ότι ο ακόλουθος είναι σε θέση να δει τη δράση του ηγέτη και θα ενεργήσει για να μεγιστοποιήσει τη δική του ανταμοιβή δεδομένης της δράσης του ηγέτη. Σε αρκετές περιπτώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί παιχνίδια Stackelberg για τη μοντελοποίηση σεναρίων διαχείρισης έργων, ενώ αυτά τα παιχνίδια μπορεί να είναι σχετικά σε εφαρμογές άμυνας όπου υπάρχουν ηγέτες και οπαδοί, όπως σχηματισμοί ναυτικών, αεροπλάνων ή τανκ.

➤ Παιχνίδια κοινού ενδιαφέροντος

Τα παιχνίδια κοινού ενδιαφέροντος είναι μια άλλη κατηγορία μη συνεργατικών παιχνιδιών στα οποία υπάρχει ένα προφίλ δράσης που όλοι οι παίκτες προτιμούν αυστηρά από όλα τα άλλα προφίλ (Calcagno et al., 2014). Με άλλα λόγια, στα παιχνίδια κοινού ενδιαφέροντος, τα ενδιαφέροντα των παικτών είναι απόλυτα ευθυγραμμισμένα. Μπορεί να υποστηριχθεί ότι τα παιχνίδια αυτά είναι το αντίθετο των παιχνιδιών μηδενικού αθροίσματος, στα οποία τα συμφέροντα των παικτών είναι απολύτως αντίθετα, έτσι ώστε οποιαδήποτε αύξηση της περιουσίας για έναν παίκτη πρέπει απαραίτητα να έχει ως αποτέλεσμα τη συλλογική μείωση της περιουσίας για άλλους. Τα παιχνίδια κοινού ενδιαφέροντος μελετήθηκαν για πρώτη φορά στο πλαίσιο της ψυχροπολεμικής πολιτικής, για να κατανοήσουν και να διαμορφώσουν στρατηγικές για το χειρισμό των διεθνών σχέσεων (Lewis, 2008).

Είναι λογικό να ταξινομούνται τα μη συνεργατικά παιχνίδια σε παιχνίδια κοινού ενδιαφέροντος και παιχνίδια μη κοινού ενδιαφέροντος, όπως είναι λογικό να ταξινομούνται σε παιχνίδια μηδενικού αθροίσματος και παιχνίδια μη μηδενικού αθροίσματος, καθώς αυτές οι δύο έννοιες αντιπροσωπεύουν ακραίες περιπτώσεις μη συνεργατικών παιχνιδιών.

➤ Διαπραγματεύσεις Nash

Σε ένα παιχνίδι διαπραγμάτευσης Nash (Myerson, 1999), που μερικές φορές αναφέρεται ως πρόβλημα διαπραγμάτευσης ή παιχνίδι διαπραγμάτευσης, δύο παίκτες μπορούν να επιλέξουν από ένα πανομοιότυπο σύνολο εναλλακτικών λύσεων, ωστόσο κάθε εναλλακτική έχει διαφορετικές αποδόσεις για τους παίκτες. Συνήθως, ορισμένες εναλλακτικές έχουν καλύτερη απόδοση για έναν παίκτη, ενώ άλλες εναλλακτικές έχουν καλύτερη απόδοση για τον άλλο παίκτη. Εάν και οι δύο παίκτες επιλέξουν την ίδια εναλλακτική, τότε ο καθένας από αυτούς θα λάβει την ανταμοιβή που αντιστοιχεί σε αυτήν. Εάν επιλέξουν διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις, τότε δεν υπάρχει συμφωνία και ο καθένας λαμβάνει μια σταθερή ανταμοιβή που αντιστοιχεί στο κόστος της μη συμφωνίας, και επομένως είναι συνήθως αρνητική. Έτσι, υπάρχει κίνητρο για να επιλέξουν μια εναλλακτική που μπορεί να μην είναι απαραίτητα η καλύτερη για έναν παίκτη. Εάν υπάρχουν τέλει πληροφορίες, δηλαδή το πλήρες σύνολο των εναλλακτικών λύσεων και των κερδών είναι γνωστό και στους δύο παίκτες, τότε υπάρχει μια λύση ισορροπίας στο διαπραγματευτικό παιχνίδι Nash (Rubinstein, 1982).

➤ Υποπαιχνίδια

Ένα υποπαιχνίδι είναι ένα υποσύνολο ενός διαδοχικού παιχνιδιού έτσι ώστε στην αρχή του κάθε παίκτης γνωρίζει όλες τις ενέργειες των παικτών που προηγήθηκαν (Osborne, 2004). Αυτό σημαίνει ότι ένα υποπαιχνίδι είναι ένα τμήμα του δέντρου παιχνιδιού ενός διαδοχικού παιχνιδιού όπου ο πρώτος κόμβος απόφασης που ανήκει σε αυτό το τμήμα έχει τέλει πληροφορίες.

➤ Υποπαιχνίδι τέλει ισορροπίας Nash

Σε ένα διαδοχικό παιχνίδι, ένα υποπαιχνίδι τέλει ισορροπίας Nash (η οποία θα παρουσιαστεί εκτενώς στο κεφάλαιο που ακολουθεί) συνιστά ένα σύνολο στρατηγικών που αντιπροσωπεύουν κάθε παίκτη έτσι ώστε να αποτελούν μια ισορροπία Nash για κάθε υποπαιχνίδι αυτού του διαδοχικού παιχνιδιού (Osborne, 2004). Έτσι, όταν εξετάζεται ένα δέντρο παιχνιδιών του διαδοχικού παιχνιδιού, είναι σημαντικό να προσδιοριστεί ένα σύνολο στρατηγικών έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν μια ισορροπία Nash για κάθε κλάδο του δέντρου παιχνιδιού, που προέρχεται από έναν κόμβο που αντιπροσωπεύει ένα σημείο όπου κάθε παίκτης γνωρίζει όλες τις προηγούμενες ενέργειες όλων των παικτών. Ένα τέτοιο σύνολο στρατηγικών αντιπροσωπεύει μια τέλεια ισορροπία Nash για αυτό το διαδοχικό παιχνίδι. Για παράδειγμα, όταν δύο παίκτες διαπραγματεύονται, βρίσκονται σε τέλεια ισορροπία Nash σε ένα υποπαιχνίδι, εάν επί του παρόντος χρησιμοποιούν ένα σύνολο στρατηγικών, οι οποίες θα αντιπροσωπεύουν μια ισορροπία Nash μεταξύ τους σε οποιοδήποτε μελλοντικό στάδιο της διαδικασίας διαπραγμάτευσης, δεδομένου ότι γνωρίζουν και οι δύο το πλήρες ιστορικό της διαδικασίας διαπραγμάτευσης μέχρι εκείνο το σημείο.

➤ Συμπεριφορική Θεωρία Παιγνίων

Η Συμπεριφορική Θεωρία Παιγνίων συνδυάζει την κλασική θεωρία παιγνίων με την πειραματική οικονομία και την πειραματική ψυχολογία και, με αυτόν τον τρόπο, ακυρώνει πολλές απλουστευτικές υποθέσεις που γίνονται στην κλασική θεωρία παιγνίων που δεν είναι ρεαλιστικές. Αποκλίνει από πολλές απλοποιητικές υποθέσεις που αναφέρονται στην κλασική θεωρία παιγνίων, όπως ο τέλει ορθολογισμός (Kasthurirathna et al., 2015), το αξίωμα της ανεξαρτησίας και η μη θεώρηση του αλτρουισμού ή της δικαιοσύνης ως παραγόντων της ανθρώπινης λήψης αποφάσεων (Aumann, 2008). Οι προσεγγίσεις που σχετίζονται με τη συμπεριφορική θεωρία παιγνίων είναι κρίσιμες για τη μοντελοποίηση στρατιωτικών σεναρίων, όπως στα παιχνίδια σηματοδότησης.

➤ Εξελικτική θεωρία παιγνίων

Η εξελικτική θεωρία παιγνίων είναι αποτέλεσμα της υιοθέτησης της θεωρίας παιγνίων στο πεδίο της εξελικτικής βιολογίας (Le & Boyd, 2007). Μερικά από τα κρίσιμα ερωτήματα που τίθενται στην εξελικτική θεωρία παιγνίων περιλαμβάνουν το ποιοι πληθυσμοί ή στρατηγικές χαρακτηρίζονται από σταθερότητα, ποιες στρατηγικές μπορούν να «εισβάλλουν» ή να γίνουν δημοφιλείς σε πληθυσμούς όπου επικρατούν άλλες στρατηγικές, με ποιον τρόπο ανταποκρίνονται οι παίκτες σε άλλους παίκτες που λαμβάνουν ή θεωρείται ότι λαμβάνουν καλύτερες αποδόσεις σε ένα επαναλαμβανόμενο παιχνίδι κ.λπ. Τα εξελικτικά παιχνίδια μοντελοποιούνται συχνά ως επαναληπτικά παιχνίδια όπου ένας πληθυσμός παικτών παίζει το ίδιο παιχνίδι επαναληπτικά σε ένα μικτό ή χωρικά κατανομημένο περιβάλλον (Kasthurirathna et al., 2015).

Μια στρατηγική μπορεί να αναγνωριστεί ως μια εξελικτική σταθερή στρατηγική (Evolutionary Stable Strategy - ESS) εάν, όταν επικρατεί, έχει τη δυνατότητα να αποτρέψει οποιαδήποτε μεταλλαγμένη στρατηγική από το να διεισδύσει στο περιβάλλον της (Kasthurirathna et al., 2015). Εναλλακτικά, μία ESS είναι η στρατηγική η οποία, εάν υιοθετηθεί από έναν πληθυσμό σε ένα δεδομένο περιβάλλον, δεν μπορεί να προσβληθεί από καμία εναλλακτική στρατηγική. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει κανένα όφελος για έναν παίκτη να αλλάξει από μια στρατηγική ESS σε άλλη στρατηγική και, κατά συνέπεια, μια ESS εξασφαλίζει μια εκτεταμένη ισορροπία Nash.

➤ Παιχνίδια σηματοδότησης

Ένα παιχνίδι σηματοδότησης (Cho & Kreps, 1987) είναι ένα ελλιπές παιχνίδι πληροφοριών όπου ένας παίκτης έχει τέλειες πληροφορίες και ένας άλλος όχι. Μία συσκευή αναπαραγωγής με τέλειες πληροφορίες (ο αποστολέας S - Sender) αναμεταδίδει μηνύματα στην άλλη συσκευή αναπαραγωγής (τον Δέκτη R - Receiver) μέσω σημάτων και η άλλη συσκευή αναπαραγωγής θα ενεργήσει σε αυτά τα σήματα αφού συναγάγει τις πληροφορίες που κρύβονται στα μηνύματα. Ο Αποστολέας S έχει πολλούς πιθανούς τύπους, από τους οποίους ο ακριβής τύπος t στο παιχνίδι είναι άγνωστος στον Παραλήπτη. Το t καθορίζει την ανταμοιβή για τον S . Ο R έχει μόνο έναν τύπο και η απόδοσή του είναι γνωστή και στους δύο παίκτες. Το παιχνίδι χωρίζεται σε στάδιο αποστολής και στάδιο υποκριτικής. Ο S θα στείλει ένα από τα μηνύματα $M = \{m_1, m_2, m_3, \dots, m_j\}$. Ο R θα λάβει αυτό το μήνυμα και θα απαντήσει με μια ενέργεια από ένα σύνολο ενεργειών $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_k, \}$. Η ανταμοιβή που λαμβάνει κάθε παίκτης καθορίζεται από το συνδυασμό του τύπου και του μηνύματος του Αποστολέα, καθώς και από την ενέργεια με την οποία απαντά ο Παραλήπτης.

2.2 Η έννοια της ισορροπίας στη θεωρία παιγνίων

Το 1949 ο John Forbes Nash συνέγραψε τη διδακτορική του διατριβή με τον τίτλο «Non-Cooperative Games», όπου εισήχθη η έννοια του σημείου ισορροπίας, που ονομάζεται σήμερα και σημείο ισορροπίας Nash και αποδείχθηκε η ύπαρξή του. Τα σημαντικότερα αποτελέσματα της διατριβής δημοσιεύτηκαν σε ένα σύντομο σημείωμα και σε μια πιο λεπτομερή εργασία το 1950 και το 1951. Η δεύτερη έννοια που σχετίζεται με το όνομα του John F. Nash είναι η διαπραγματευτική λύση Nash που αφορά δύο παίκτες συνεργατικά παιχνίδια χωρίς μεταβιβάσιμες απολαβές. Ο Nash πρότεινε ένα σύστημα αξιωμάτων που μια λύση πρέπει να ικανοποιεί και τους δύο και απέδειξε την ύπαρξη μοναδικής λύσης με αυτές τις ιδιότητες και διατύπωσε τη θέση ότι αν κάθε παίκτης έχει επιλέξει μια στρατηγική και κανένας παίκτης δεν μπορεί να ωφεληθεί αλλάζοντας στρατηγικές, ενώ οι άλλοι παίκτες διατηρούν τη δική τους αμετάβλητη, τότε το τρέχον σύνολο επιλογών στρατηγικής και οι αντίστοιχες αποδόσεις τους συνιστούν μια ισορροπία Nash. (Nash, 1951· 1951).

Μια καθαρή στρατηγική σε ένα παιχνίδι παρέχει έναν πλήρη ορισμό του πώς ένας παίκτης θα παίξει αυτό το παιχνίδι. Το σύνολο της στρατηγικής ενός παίκτη αποτελεί το σύνολο των καθαρών στρατηγικών που είναι διαθέσιμες γι' αυτόν. Μια μικτή στρατηγική είναι ένας συνδυασμός καθαρών στρατηγικών όπου μια συγκεκριμένη πιθανότητα p (όπου $0 \leq p \leq 1$) σχετίζεται με καθεμία από αυτές τις καθарές στρατηγικές. Δεδομένου ότι οι πιθανότητες είναι άπειρες, υπάρχουν άπειρες μικτές στρατηγικές διαθέσιμες σε έναν παίκτη. Μια αμιγώς μικτή στρατηγική είναι μια μικτή στρατηγική στην οποία ο παίκτης εκχωρεί μια αυστηρά θετική πιθανότητα σε κάθε καθαρή στρατηγική. Επομένως, οποιαδήποτε καθαρή στρατηγική είναι, στην πραγματικότητα, μια εκφυλισμένη περίπτωση μιας μικτής στρατηγικής, στην οποία η συγκεκριμένη στρατηγική επιλέγεται με πιθανότητα 1 και κάθε άλλη στρατηγική επιλέγεται με πιθανότητα 0. Μια αμιγώς μικτή στρατηγική είναι μια μικτή στρατηγική στην οποία κάθε καθαρή στρατηγική έχει μια αυστηρά θετική (μη μηδενική) τιμή. Η ισορροπία Nash είναι μια από τις βασικές έννοιες στη θεωρία παιγνίων. Είναι μια κατάσταση ή, διαφορετικά, ένα σύνολο στρατηγικών, σε ένα στρατηγικό παιχνίδι από το οποίο κανένας παίκτης δεν έχει κίνητρο να παρεκκλίνει μονομερώς, όσον αφορά τις αποδόσεις. Μπορούν να οριστούν τόσο καθαρή στρατηγική όσο και μικτή, ενώ ένα στρατηγικό παιχνίδι μπορεί να έχει περισσότερες από μία ισορροπίες Nash (Kasthurirathna et al., 2015). Είναι αποδεδειγμένο ότι κάθε παιχνίδι με πεπερασμένο αριθμό παικτών στο οποίο κάθε παίκτης μπορεί να επιλέξει από πεπερασμένα πολλές καθарές στρατηγικές έχει τουλάχιστον μία ισορροπία Nash.

Αναμφίβολα, η έννοια της ισορροπίας έχει μεγάλη σημασία σε πολλά επιστημονικά πεδία. Η λεγόμενη ισορροπία δείχνει ότι τα πράγματα βρίσκονται σε μια ισορροπημένη ή σταθερή κατάσταση. Η σταθερότητα είναι η βασική έννοια της κατανόησης πολλών φυσικών διεργασιών, και είναι επίσης πολύ συχνά η επιθυμητή κατάσταση σε όλες τις πτυχές της ζωής του ανθρώπου, προσωπικής και επαγγελματικής, αλλά και στις διαπροσωπικές του σχέσεις. Η ισορροπία Nash αναφέρεται σε έναν συνδυασμό στρατηγικών. Αυτός ο συνδυασμός στρατηγικών αποτελείται από τις βέλτιστες στρατηγικές όλων των ατόμων στο παιχνίδι. Με άλλα λόγια, δεδομένων των στρατηγικών των άλλων, κανένας παίκτης δεν έχει την πρόθεση να επιλέξει άλλες στρατηγικές, και,

με αυτόν τον τρόπο, κανείς δεν έχει την πρόθεση να σπάσει αυτή την ισορροπία. Η ισορροπημένη λύση είναι το αποτέλεσμα που μπορεί να ικανοποιήσει όλες τις πλευρές, ακόμη και αν δεν έχουν επιτευχθεί όλοι τους οι αρχικοί στόχοι. Στην περίπτωση ανταγωνιστικών συμφερόντων, είναι μία λύση που συχνά επιδιώκεται. Παράλληλα, εάν οι άλλοι παίκτες δεν αλλάξουν τις στρατηγικές τους, είναι αδύνατο να αυξήσουν τα δικά τους συμφέροντα, στην περίπτωση που ένας μόνο παίκτης αλλάζει μονομερώς την τακτική του. Αυτό οδηγεί σε μια κατάσταση ισορροπίας, κατά την οποία οποιαδήποτε μεμονωμένη απόκλιση δεν θα οδηγήσει σε βελτίωση του υφιστάμενου πεδίου (Xueshuang & Yuan, 2018).

Η ισορροπία Nash είναι ένας σημαντικός όρος για τη θεωρία παιγνίων. Αναφέρεται στην υπόθεση ότι υπάρχουν n παίκτες που συμμετέχουν στο παιχνίδι. Δεδομένων των στρατηγικών που υιοθετούνται από τους άλλους, κάθε παίκτης επιλέγει την καλύτερη στρατηγική του για να μεγιστοποιήσει τα δικά του συμφέροντα και να πετύχει τους στόχους του. Αυτό σημαίνει ότι, δεδομένης της στρατηγικής των άλλων, κανείς δεν έχει αρκετούς λόγους να διαταράξει αυτή την ισορροπία (Friedman, 1991). Η θεωρία παιγνίων περιγράφει μια κατάσταση στην οποία τα αντίπαλα μέρη αντιμετωπίζουν πολλαπλές στρατηγικές σε περίπτωση σύγκρουσης συμφερόντων. Σε αυτή την περίπτωση, είναι σημαντικό να διαπιστωθεί το τί είδους επιλογή θα κάνουν τελικά τα δύο μέρη σε αυτήν την περίπτωση. Η ισορροπία Nash απαντά σε αυτό το ερώτημα. Το μη συνεργατικό παιχνίδι υποθέτει ότι και οι δύο πλευρές προχωρούν σε αντικρουόμενες και αντιφατικές ενέργειες, και ότι τα μέρη που συμμετέχουν στη σύγκρουση συμφερόντων δεν έχουν την πρόθεση να συνεργαστούν. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα, και τα δύο μέρη αναμένεται να αποφασίσουν για τη διαμόρφωση ενός σχεδίου μεγιστοποίησης των δικών τους συμφερόντων με βάση τις πιθανές επιλογές του άλλου μέρους. Αυτή η μεγιστοποίηση συμφερόντων είναι ο βασικός παράγοντας στη λήψη των σχετικών αποφάσεων. Όταν και τα δύο μέρη πιστέψουν ότι δεν πρόκειται μελλοντικά να υπάρξει καλύτερη επιλογή από την παρούσα, δηλαδή, η βελτίωση της τρέχουσας κατάστασης δεν μπορεί να ενισχύσει τα δικά τους συμφέροντα, τότε και τα δύο μέρη δεν έχουν κίνητρο ώστε να αλλάξουν τις τρέχουσες αποφάσεις τους και είναι προτιμότερη η λύση της ισορροπίας Nash. Δηλαδή, με την προϋπόθεση ότι οι άνθρωποι έχουν ήδη κάνει ορισμένες στρατηγικές επιλογές σε άλλα πεδία, ο κάθε παίκτης θα επιλέξει την καλύτερη στρατηγική για τον εαυτό του σύμφωνα με τη στρατηγική των άλλων. Ο καλύτερος συνδυασμός στρατηγικής για όλους τους παίκτες είναι η ισορροπία Nash.

2.2.1. Το δίλημμα του φυλακισμένου

Ένα παράδειγμα από τα πλέον γνωστά παραδείγματα της θεωρίας παιγνίων είναι το δίλημμα του φυλακισμένου. Σε αυτό το σενάριο, υποτίθεται ότι η αστυνομία συλλαμβάνει δύο εγκληματίες ληστές, ωστόσο δεν υπάρχουν στοιχεία για να τους καταδικάσει, εάν τουλάχιστον ένας από αυτούς δεν παραδεχτεί την ενοχή τους. Σε αυτή την περίπτωση, χωρίς ομολογία η αστυνομία έχει μόνο αρκετά στοιχεία για να καταδικάσει τους δύο απατεώνες για μία λιγότερο σημαντική κατηγορία. Για να πάρουν την ομολογία οι δυο τους θα ανακριθούν χωριστά. Η αστυνομία προσφέρει και στους δύο κρατούμενους την ίδια συμφωνία: αν ένας ομολογήσει ότι και οι δύο μαζί διέπραξαν το σοβαρό έγκλημα και ο συνεργάτης του δεν ομολογήσει, τότε η ποινή του πρώτου θα ανασταλεί και ο άλλος θα καταδικαστεί σε 6 χρόνια στη φυλακή (4 για το έγκλημα και 2 για παρεμπόδιση της δικαιοσύνης). Αν και οι δύο ομολογήσουν, τότε θα λάβουν και οι δύο την ποινή των 4 ετών, ενώ

αν κανένας από τους δύο δεν το κάνει, και οι δύο θα καταδικαστούν σε 2 χρόνια στη φυλακή για τη λιγότερο σημαντική κατηγορία.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα δεδομένα του παιχνιδιού:

Πίνακας 1. Τα δεδομένα στο «παιχνίδι του φυλακισμένου»

		C	
		Με ομολογία	Χωρίς ομολογία
R	Με ομολογία	-4, -4	0, -6
	Χωρίς ομολογία	-6, 0	-2, -2

Το δίλημμα, σε αυτή την περίπτωση, συνίσταται στο τί θα πρέπει να κάνει κάθε κρατούμενος ώστε να ξεπεράσει αυτό το δίλημμα και ποια είναι, για τον καθένα, η πλέον ορθή επιλογή. Σε αυτή την κατάσταση, δεν μπορεί να γνωρίζει τί πρόκειται να κάνει ο συνεργάτης του, αλλά μπορεί να προσπαθήσει να εξετάσει τόσο τις πιθανότητες στο σύνολό τους, όσο και τα αποτελέσματά τους. Εάν ο συνεργάτης του δεν ομολογήσει, τότε θα πρέπει ο ίδιος να το κάνει, γιατί αυτό θα οδηγήσει σε αποφυλάκισή του άμεσα, χωρίς να χρειαστεί να περάσει κάποιο διάστημα στη φυλακή. Από την άλλη πλευρά, εάν ο συνεργάτης του ομολογήσει, τότε θα πρέπει να ομολογήσει και ο ίδιος, γιατί αυτό θα οδηγήσει σε 4 έτη φυλάκισης αντί για 6. Επομένως, ό,τι κι αν κάνει ο συνεργάτης του, είναι καλύτερα για τον ίδιο να ομολογήσει το έγκλημα. Ωστόσο βρίσκονται και οι δύο στην ίδια θέση. Η πιο λογική στρατηγική λοιπόν και για τους δύο κρατούμενους είναι να ομολογήσουν. Τότε οι κρατούμενοι καταλήγουν στην ακόλουθη «λύση του παιχνιδιού»: και οι δύο ομολογούν και καταδικάζονται σε 4 χρόνια φυλάκιση (Khadjavi & Lange, 2013).

Τόσο η εμπειρία όσο και ο πειραματισμός μαρτυρούν ότι αυτή είναι στην πραγματικότητα η απόφαση που λαμβάνουν συχνά άνθρωποι σε τέτοιες περιστάσεις. Το θέμα είναι ότι παρόλο που κάθε παίκτης προσπαθεί να μεγιστοποιήσει τα δικά του οφέλη, το τελικό αποτέλεσμα και για τους δύο είναι μια κατάληξη λιγότερο ικανοποιητική από τη βέλτιστη, καθώς οι κρατούμενοι θα μπορούσαν να καταλήξουν σε καλύτερο αποτέλεσμα και για τους δύο εάν δεν ομολογούσαν το έγκλημα και, επομένως, θα καταδικάζονταν σε μόνο 2 έτη φυλάκισης. Αυτό το παράδοξο αποτέλεσμα ενσωματώνει τη σημαντική διαφορά μεταξύ διαδραστικών και μη διαδραστικών μοντέλων απόφασης. Μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι, ακόμη κι αν είχαν συμφωνήσει πριν από τη σύλληψη ότι δεν θα ομολογούσαν, κάθε κρατούμενος δεν έχει κανέναν τρόπο να διασφαλίσει ότι ο άλλος θα ακολουθήσει αυτή τη συμφωνία και δεν θα προχωρήσει στην ομολογία, που διαφοροποιεί το τελικό αποτέλεσμα.

Σε αυτό το παράδειγμα, κανείς δεν πρόκειται να διαφοροποιήσει ενεργά τη στρατηγική του για να αποκομίσει μεγαλύτερα οφέλη. Η επιλογή του διλήμματος του φυλακισμένου έχει ευρεία και βαθιά σημασία. Η τελική έκβαση της σύγκρουσης μεταξύ της ατομικής ορθολογικότητας και της συλλογικής ορθολογικότητας, και η επιδίωξη της ιδιοτελούς συμπεριφοράς, είναι μια εφαρμογή της ισορροπίας Nash, και αποτελεί μια δυσμενή έκβαση και για τις δύο πλευρές. Και οι δύο κρατούμενοι σκέφτονται πρώτα απ' όλα τον εαυτό τους και την κατάληξη που θα είναι η πλέον ευνοϊκή για τους ίδιους γι' αυτό και επιλέγουν την τακτική της ομολογίας. Όμως, παράλληλα είναι

υποχρεωμένοι να συνυπολογίσουν και την αντίδραση του συνεργάτη τους, καθώς από αυτή εξαρτάται και η δική τους κατάληξη.

Συνολικά, το δίλημμα του φυλακισμένου δείχνει ότι η αλληλεξάρτηση μεταξύ των δύο υπόπτων έχει αντίκτυπο στο αποτέλεσμα και για τους δύο. Αυτό που επιλέγει ένας ύποπτος έχει σχέση με το ποια θα είναι η επιλογή και του συνεργάτη του. Εάν ένας ύποπτος εξετάσει κάθε επιλογή με τη σειρά του, η επιλογή που πρέπει πάντα να επιλέξει είναι να ομολογήσει, ανεξάρτητα από το τι θα επιλέξει ο συνεργάτης του. Αν επιλέξει να μην ομολογήσει, τότε αντιμετωπίζει το ενδεχόμενο να λάβει τη μέγιστη ποινή φυλάκισης των 6 ετών, εάν ο συνεργάτης του ομολογήσει. Αν και οι δύο επιλέξουν να μην ομολογήσουν, τότε και οι δύο θα αντιμετωπίσουν ποινή φυλάκισης δύο ετών. Ωστόσο, αν είχε επιλέξει να ομολογήσει, ενώ ο συνεργάτης του όχι, τότε ο ίδιος θα είχε αφεθεί ελεύθερος. Ως εκ τούτου, ένας ύποπτος δεν πρέπει ποτέ να επιλέξει την επιλογή της μη ομολογίας, αφού πάντα υπάρχει μια άλλη επιλογή που θα οδηγήσει σε καλύτερο αποτέλεσμα, ανεξάρτητα από το τι θα επιλέξει ο συνεργάτης του. Σε αυτή την περίπτωση, η επιλογή της ομολογίας είναι γνωστή ως η κυρίαρχη στρατηγική, η στρατηγική που θα επιλέξει πάντα ένας παίκτης ανεξάρτητα από το τι θα επιλέξει ο σύντροφός του. Δεδομένου ότι και οι δύο εγκληματίες περνούν από την ίδια διαδικασία σκέψης, και οι δύο θα επιλέξουν την ομολογία και θα καταλήξουν σε βετή κάθετη (Byun, 2014).

Το αποτέλεσμα αυτό θυμίζει τις αρχές της Ισορροπίας Nash, αφού κανένα από τα δύο μέρη δεν έχει μετανιώσει για την επιλογή που έκανε στο παιχνίδι μετά την αποκάλυψη του αποτελέσματος του παιχνιδιού. Αν κάποιος παίκτης είχε επιλέξει διαφορετικά, θα είχε μετανιώσει για την επιλογή που είχε κάνει. Σε αυτήν την περίπτωση, η επιλογή της ομολογίας είναι γνωστή ως η κυρίαρχη στρατηγική, καθώς υπερέχει όλων των άλλων πιθανών επιλογών. Για παράδειγμα, εάν ο παίκτης Α είχε επιλέξει να μην ομολογήσει ενώ ο παίκτης Β επέλεγε να ομολογήσει, ο παίκτης Α θα λάμβανε την ποινή των 6 ετών και ο Β θα είχε απελευθερωθεί. Προφανώς ο παίκτης Α θα είχε μετανιώσει που δεν διάλεξε επίσης να ομολογήσει. Εάν και οι δύο παίκτες επιλέξουν να παραμείνουν σιωπηλοί, αυτό θα σήμαινε μικρότερες ποινές και για τους δύο, αντί για την πιθανή απελευθέρωση. Έτσι, η καλύτερη απόκριση κάθε παίκτη είναι να επιλέξει να ομολογήσει, και η ισορροπία Nash είναι το βέλτιστο αποτέλεσμα αφού κανένας παίκτης δεν θα μπορούσε να έχει καλύτερη έκβαση αλλάζοντας την απάντησή του (Doebeli & Hauert, 2005).

Στο συγκεκριμένο παιχνίδι, υπάρχει ένα στοιχείο αλληλεξάρτησης, καθώς το αποτέλεσμα κάθε παίκτη εξαρτάται από το τι θα επιλέξει ο σύντροφός του. Το παιχνίδι απεικονίζει τις ιδέες τόσο του ανταγωνισμού με στόχο τη μεγαλύτερη ανταμοιβή, όσο και της αλληλεξάρτησης, αφού η ανταμοιβή του θα εξαρτηθεί όχι μόνο από την επιλογή του αλλά από την επιλογή του συνεργάτη του. Πρόκειται για ένα ζήτημα που σχετίζεται με τα θέματα των oligopolιών και του μονοπωλιακού ανταγωνισμού και δείχνει πώς οι μεγάλες επιχειρήσεις μπορούν να λειτουργήσουν στον πραγματικό κόσμο (Byun, 2014).

2.2.2. Το φαινόμενο του λαθρεπιβάτη (*wisdom pig game*)

Οι πιθανότητες και το καθεστώς και των δύο συμμετεχόντων στο δίλημμα των φυλακισμένων είναι ίσες, αλλά εάν η ιδιότητα του συμμετέχοντος δεν είναι ίση, όπως το *wisdom pig game*, αν υποθεθεί ότι υπάρχει ένα μεγάλο γουρούνι και ένα μικρό γουρούνι στο χοιροστάσιο. Το ένα άκρο του χοιροστασίου έχει τροφοδοσία χοίρων και το άλλο είναι εξοπλισμένο με κουμπί για τον έλεγχο της

παροχής χοιροτροφής. Όταν πατηθεί το κουμπί, 10 μονάδες χοιροτροφής θα εισέλθουν στον χώρο τροφής, αλλά όποιος πατήσει το κουμπί θα πληρώσει πρώτα 2 μονάδες κόστους. Όταν οι χοίροι φτάνουν πρώτα στον χώρο τροφής, η αναλογία κέρδους για τα μεγάλα και τα μικρά γουρούνια από την κατανάλωση τροφής είναι 9:1. Όταν φτάνουν στο κατώφλι την ίδια στιγμή, ο λόγος κέρδους είναι 7:3. Όταν το μικρό γουρούνι φτάσει πρώτο στην τροφή, τότε η αναλογία κέρδους είναι 6:4. Έτσι, με την προϋπόθεση ότι και τα δύο γουρούνια κάνουν τη σωστή επιλογή, το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι το μικρό γουρούνι επιλέγει να περιμένει.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα δεδομένα του παιχνιδιού:

Πίνακας 2. Τα δεδομένα στο «wisdom pig game»

		C	
		Δράση	Αναμονή
R	Δράση	5, 1	4, 4
	Αναμονή	9, -1	0, 0

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, όταν το μεγάλο γουρούνι επιλέγει να δράσει, εάν το μικρό γουρούνι, επίσης, δράσει, το κέρδος του είναι 1, ενώ εάν το μικρό γουρούνι περιμένει, τότε το κέρδος είναι 4. Κατά συνέπεια, η βέλτιστη επιλογή είναι να περιμένει. Εάν το μεγάλο γουρούνι επιλέξει να δράσει, τότε το κέρδος του είναι -1, ενώ εάν περιμένει, η επιστροφή είναι 0, οπότε αυτή είναι η βέλτιστη επιλογή. Σε γενικές γραμμές, ανεξάρτητα από το αν το μεγάλο γουρούνι επιλέξει να ενεργήσει ή να περιμένει, η αναμονή είναι η κυρίαρχη στρατηγική του άλλου.

Το παράδειγμα αυτό μπορεί να εφαρμοστεί σε πλήθος καταστάσεων της πραγματικής ζωής, όταν υπάρχουν δύο παίκτες διαφορετικής ισχύος σε ένα παιχνίδι και ο καθένας καλείται να διαμορφώσει τη στρατηγική του με βάση και τις επιλογές του άλλου, έτσι ώστε να αποκομίσει τα βέλτιστα οφέλη από τη συνολική διαδικασία.

3

Σύγχρονες εφαρμογές της θεωρίας παιγνίων

3.1 Η θεωρία παιγνίων στην πολιτική επιστήμη

Το 1954 οι Lloyd Shapley και Martin Shubik δημοσίευσαν μία εργασία που αντιπροσωπεύει μια από τις πρώτες σαφείς εφαρμογές της θεωρίας παιγνίων στις πολιτικές επιστήμες. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν την τιμή Shapley, που εισήγαγε ο ίδιος ένα χρόνο νωρίτερα, για να καθορίσουν τη δύναμη των μελών του Συμβουλίου Ασφαλείας των Ηνωμένων Εθνών (Shapley & Shubik, 1954). Στη συνέχεια εμφανίστηκαν πολλά άλλα έργα. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η εργασία των R. D. Luce και A. A. Rogow (1956), και την εργασία του W. H. Riker (1959).

Σύντομα η θεωρία παιγνίων βρήκε μια σημαντική θέση στις πολιτικές επιστήμες. Σήμερα χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση διαφόρων καταστάσεων που σχετίζονται με εκλογές, νομοθετικά σώματα, πολιτικές ομάδων συμφερόντων, λόμπι, διαπραγματεύσεις, κ.λπ. Σε αυτό το πλαίσιο, όχι μόνο το διευκολύνει στην επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων, αλλά παρέχει την ακριβή ορολογία και τις μεθόδους που απαιτούνται γι' αυτή. Πολλές από τις σύγχρονες μονογραφίες για τις πολιτικές επιστήμες θεωρούν τη θεωρία παιγνίων ως αναπόσπαστο μέρος του συγκεκριμένου επιστημονικού πεδίου. Για παράδειγμα, στις δημοσιεύσεις του J. D. Morrow (1994) ή του P. Ordershook (1986) η θεωρία παιγνίων βρίσκεται στη βάση των πολιτικών επιστημών. Ασφαλώς, δεν πρόκειται για μία θεωρία που μπορεί να υπηρετήσει όλες τις ανάγκες ή να προσφέρει τη βέλτιστη λύση σε όλα τα προβλήματα, ωστόσο συνιστά ένα ισχυρό εργαλείο για την ανάλυση μιας δεδομένης κατάστασης και παρακινεί τον λήπτη της απόφασης ώστε να σκεφτεί ορθολογικά και χωρίς συναισθήματα. Αυτό, από μόνο του, συχνά αποφέρει μια γενικά αποδεκτή λύση.

3.2 Η θεωρία παιγνίων στις επιχειρήσεις

Η θεωρία παιγνίων μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία στον χώρο των επιχειρήσεων, στις επιχειρηματικές και αναπτυξιακές στρατηγικές που υιοθετούνται (Zhu & Dou, 2011). Σε περίπτωση που δεν παραβιαστούν τα κοινά συμφέροντα των εταιρειών/παικτών, δεν βλάπτεται η συνεργασία με τους ανταγωνιστές και η επίτευξη του στόχου (Brickley et al., 2005). Υπάρχουν τρία βασικά

στοιχεία που είναι θεμελιώδη για τη θεωρία παιγνίων, όπως εφαρμόζεται στις επιχειρήσεις (Khan, 2020):

- Παιχνίδι: Υπάρχουν δύο ή περισσότερες εταιρείες ως παίκτες των οποίων οι ενέργειες είναι αποτέλεσμα γνωστών περιστάσεων.
- Στρατηγική: Αποτελεί το σύνολο των στρατηγικών που θα χρησιμοποιούσαν οι παίκτες κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Ως εκ τούτου, οι επιχειρήσεις θα αποφασίσουν το σχέδιο δράσης σύμφωνα με τις συνθήκες του παιχνιδιού.
- Αποτέλεσμα: Τα αποτελέσματα κάθε συνόλου στρατηγικών εξαρτώνται από το αναμενόμενο κέρδος που αποδέχονται οι συμμετέχοντες στο παιχνίδι. Όταν και οι δύο παίκτες καταλήγουν σε συναίνεση ή / και σε συγκεκριμένες αποφάσεις, τότε είναι εφικτό το αποτέλεσμα και η λύση είναι η βέλτιστη.

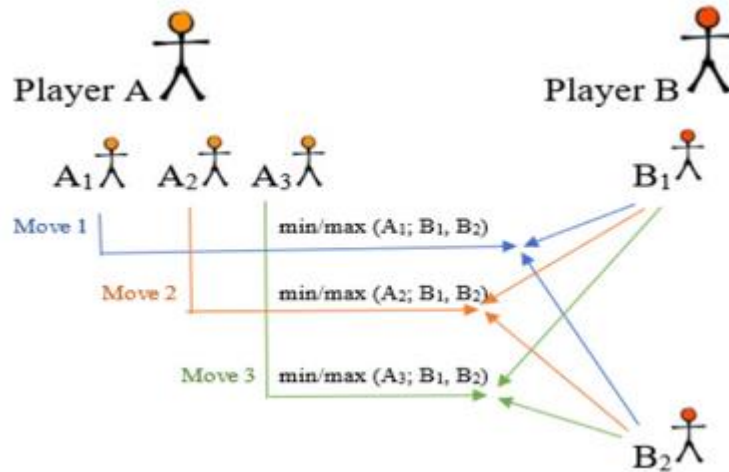
Υπάρχουν πολλές υποθέσεις σχετικά με τη στρατηγική του προβλήματος της θεωρίας παιγνίων. Όλοι οι παίκτες αναλαμβάνουν στρατηγικές ενέργειες για το δικό τους συμφέρον και παρακολουθούν προσεκτικά τις κινήσεις άλλων ανταγωνιστών. Κάθε παίκτης κατανοεί τις αποδόσεις τόσο σε θετικό όσο και σε αρνητικό στρατηγικό πλαίσιο. Λαμβάνοντας ένα υποθετικό παράδειγμα μιας εταιρείας που επιδιώκει να δώσει λύση στο επιχειρηματικό της πρόβλημα χρησιμοποιώντας τη θεωρία παιγνίων, επιδιώκεται ο προσδιορισμός των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Η στρατηγική της επιχείρησης με στόχο την ανάπτυξη διαμορφώνεται χρησιμοποιώντας τη θεωρία παιγνίων για πολλές εταιρείες ως διαφορετικούς παίκτες.

Ενδεικτικά, μια συγκεκριμένη επιχείρηση, η Α σχεδιάζει να αυξήσει τις δραστηριότητές της και θέλει να εισαγάγει ένα νέο προϊόν στην αγορά. Οι επιχειρηματικές στρατηγικές και οι στρατηγικές ανάπτυξης μπορούν να συμβάλουν στην πρόβλεψη των εσόδων που είναι δυνατό να αποφέρει το συγκεκριμένο προϊόν υπό ορισμένες συνθήκες, ορίζοντας ένα παιχνίδι. Είναι πολύ πιθανό οι ανταγωνιστές B1 ή/και B2 (κοκ, καθώς ίσως να υπάρχουν περισσότεροι από ένας) να κυκλοφορήσουν παρόμοια είδη προϊόντων στην αγορά στο εγγύς μέλλον. Οι πιο σημαντικές ερωτήσεις που θα πρέπει να διατυπωθούν είναι:

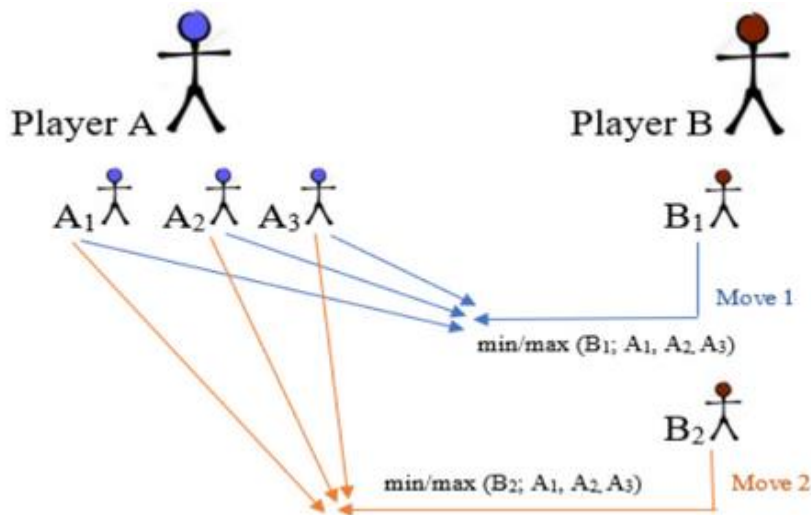
- Ποιες είναι οι διαδικασίες σκέψης των ανταγωνιστών;
- Ποια είναι τα κίνητρα;
- Ποια είναι τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία του ανταγωνιστή;

Με βάση αυτές τις πληροφορίες, η ομάδα διαχείρισης της επιχείρησης Α μπορεί να προγραμματίσει προληπτικά τις ενέργειές της, έτσι ώστε να οδηγήσει το παιχνίδι προς όφελός της και να αυξήσει την εμπορική κίνηση του νέου προϊόντος. Αυτό το πλαίσιο που υιοθετήθηκε από τα στελέχη της επιχείρησης Α, αναμένεται να αποφέρουν το βέλτιστο κέρδος σε αυτή την περίπτωση με βάση τα όσα ορίζονται από τη θεωρία παιγνίων. Στο παρόν παράδειγμα, ο αριθμός των παικτών που αντιστοιχεί στις ανταγωνιστικές εταιρείες είναι δύο. Κάθε παίκτης γνωρίζει τους κανόνες παιχνιδιού και θα κινηθεί λογικά και έξυπνα στο παιχνίδι μηδενικού αθροίσματος, κατά το οποίο το άθροισμα των κερδών και των απωλειών είναι ίσο με μηδέν. Εάν ο Παίκτης Α κερδίσει σε αριθμό πελατών για την εταιρεία του, τότε ο Παίκτης Β θα χάσει τον ίδιο αριθμό πελατών για την δική του εταιρεία.

Ας υποθεθεί ότι δύο εταιρείες A και B ανταγωνίζονται και ότι ο Player A μιας Εταιρείας έχει υιοθετήσει τρεις στρατηγικές A1, A2 και A3, ενώ ο Player B της ανταγωνιστικής Εταιρείας είχε στρατηγικές B1 και B2 ως απάντηση στις στρατηγικές του Player A. Δεύτερον, ο Player B μιας Εταιρείας υιοθέτησε δύο στρατηγικές B1 και B2 και ως απάντηση σε αυτές ο Player A της ανταγωνιστικής Εταιρείας είχε στρατηγικές A1, A2 και A3 (Khan, 2020). Τότε το μαθηματικό μοντέλο των παραπάνω μπορεί να αναπαρασταθεί όπως φαίνεται στα ακόλουθα σχήματα:



Σχήμα 2. Μοντέλο θεωρίας παιγνίων με δύο παίκτες στις επιχειρήσεις 1
(Khan, 2020)



Σχήμα 3. Μοντέλο θεωρίας παιγνίων με δύο παίκτες στις επιχειρήσεις 2
(Khan, 2020)

Με βάση το παραπάνω μοντέλο:

- Η καλύτερη στρατηγική για τον παίκτη Α εξαρτάται από το αποτέλεσμα των $\min/\max$ ($A1, B1, B2$), $\min/\max$ ($A2, B1, B2$) και $\min/\max$ ($A3, B1, B2$). Για παράδειγμα στο ($A1, B1, B2$), ($A2, B1, B2$) και ($A3, B1, B2$), ο μέγιστος αριθμός επιτυγχάνεται με το ($A3, B1, B2$) και στη συνέχεια η καλύτερη στρατηγική για τον παίκτη Α είναι η $A3$.
- Η καλύτερη στρατηγική για τον παίκτη Β εξαρτάται από το αποτέλεσμα των $\min/\max$ ($B1, A1, A2, A3$) και $\min/\max$ ($B2, A1, A2, A3$). Για παράδειγμα, στα ($B1, A1, A2, A3$) και ($B2, A1, A2, A3$), ο μέγιστος αριθμός επιτυγχάνεται με το ($B2, A1, A2, A3$) τότε η καλύτερη στρατηγική για τον παίκτη Β είναι η $B2$.

Σε κάθε περίπτωση, καταδεικνύεται ότι η επιτυχία στο παιχνίδι εξαρτάται από τη στάση της επιχειρηματικής ηγεσίας και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούν το παιχνίδι και τα δεδομένα που έχουν στη διάθεσή τους. Το παραπάνω παιχνίδι παρέχει τη βέλτιστη λύση. Κλείνοντας, μπορεί να ειπωθεί ότι η επίτευξη της κερδοφόρας ανάπτυξης σε οποιαδήποτε επιχείρηση ενισχύεται εάν η επιχείρηση έχει θετική στρατηγική ανάπτυξης και ισχυρή υποδομή εκτέλεσης (Khan, 2020). Σε περίπτωση που ο αριθμός των παικτών ξεπεράσει τους δύο, τότε η λύση μέσω της θεωρίας παιγνίων γίνεται πιο δύσκολη αλλά και εξακολουθεί να μπορεί να επιτευχθεί (Gong et al., 2015).

3.2.1. Η εφαρμογή του διλήμματος του φυλακισμένου στις επιχειρήσεις

Ένα απλό παράδειγμα του διλήμματος του φυλακισμένου όπως εφαρμόζεται στη βιομηχανία είναι η εισαγωγή του iPhone της Apple. Οι εικασίες για τη νέα κυκλοφορία κινητών τηλεφώνων της Apple ήταν από τις πιο προσεκτικές στον κλάδο και πιστές στις προβλέψεις, ενώ η εισαγωγή το iPhone άλλαξε το πρόσωπο της βιομηχανίας κινητής τηλεφωνίας, καθώς άλλες εταιρείες έσπευσαν να παράγουν παρόμοιες συσκευές με δυνατότητες smartphone και τεχνολογία οθόνης αφής (Mehta, 2006). Σε αυτή την περίπτωση, η Apple ήταν ο ηγέτης του κλάδου και άλλες εταιρείες την ακολουθούσαν. Αυτό φάνηκε από το έντονο ενδιαφέρον γύρω από τη νέα κυκλοφορία κινητών τηλεφώνων υψηλής τεχνολογίας της Apple και το πώς πυροδότησε την επιθυμία από άλλους παραγωγούς κινητών τηλεφώνων να κυκλοφορήσουν μια παρόμοια συσκευή. Με βάση αυτό το παράδειγμα του κλάδου της τεχνολογίας, οι ενέργειες και οι απολαβές που προκύπτουν για τους κατασκευαστές κινητών τηλεφώνων μπορούν να προσδιοριστούν από το δίλημμα του φυλακισμένου με τον ακόλουθο τρόπο.

Δύο κατασκευαστές κινητών τηλεφώνων παίζουν ένα παιχνίδι ταυτόχρονης κίνησης στο οποίο η απόφαση είναι να παράγουν είτε ένα κινητό τηλέφωνο υψηλής τεχνολογίας είτε ένα χαμηλής τεχνολογίας. Ένας κατασκευαστής κινητών τηλεφώνων μπορεί να συνεχίσει να παράγει ένα κινητό τηλέφωνο χαμηλής τεχνολογίας, το οποίο έχει χαμηλότερο κόστος παραγωγής με την υπάρχουσα τεχνολογία και υποδομή. Εάν η ανταγωνιστική του εταιρεία κάνει το ίδιο, τότε οι εταιρείες αναμένεται να λάβουν ίσο μερίδιο αγοράς πωλήσεων και η καθεμία θα λάβει ένα μεσαίο επίπεδο κέρδους. Ωστόσο, εάν μια εταιρεία αποφασίσει να παράγει ένα κινητό τηλέφωνο υψηλής τεχνολογίας (σε αυτήν την περίπτωση, η Apple με το smartphone της με τεχνολογία οθόνης αφής), οι καταναλωτές θα προσελκύσουν τη νέα τεχνολογία και θα το αγοράσουν αντί για το παλιό κινητό τηλέφωνο χαμηλής τεχνολογίας (Byun, 2014).

Η Apple, έπειτα από αυτή την κίνηση, θα καταλάβει την αγορά των κινητών τηλεφώνων, θα λάβει υψηλά κέρδη, ενώ ο ανταγωνιστής της δεν θα λάβει κανένα. Το κινητό τηλέφωνο υψηλής τεχνολογίας είναι ακριβό στην ανάπτυξη και κατασκευή. Εάν και οι δύο εταιρείες επιλέξουν να το παράγουν, θα χωρίσουν την αγορά και η καθεμία θα λάβει χαμηλά κέρδη. Έχοντας αυτή τη γνώση, θα πρέπει οι ανταγωνιστικές εταιρείες κινητής τηλεφωνίας να επιλέξουν να παράγουν συσκευές χαμηλής τεχνολογίας; Στο δίλημμα του φυλακισμένου, η απάντηση είναι όχι. Εάν μια εταιρεία επιλέξει την παραγωγή συσκευών χαμηλής τεχνολογίας ενώ οι ανταγωνιστές της επιλέξουν την επιλογή υψηλής τεχνολογίας, η εταιρεία χαμηλής τεχνολογίας θα λάβει μηδενικά κέρδη. Η παραγωγή του τηλεφώνου υψηλής τεχνολογίας, αν και ακριβή, έχει είτε χαμηλό ή υψηλό κέρδος, και τα δύο είναι καλύτερα από μηδενικό κέρδος. Επομένως, δεν υπάρχει κίνητρο για μια εταιρεία να επιλέξει να παράγει ένα τηλέφωνο χαμηλής τεχνολογίας, επειδή η παραγωγή του τηλεφώνου υψηλής τεχνολογίας αποφέρει πάντα μεγαλύτερη απόδοση από την επιλογή χαμηλής τεχνολογίας, ανεξάρτητα από το τι επιλέγει ο αντίπαλος. Οι εταιρείες, σε αυτό το πλαίσιο, θα πρέπει να επιλέξουν να παράγουν το τηλέφωνο υψηλής τεχνολογίας, ακόμα κι αν αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερο κόστος στην έρευνα, την ανάπτυξη και την παραγωγή. Ως εκ τούτου, και οι δύο εταιρείες θα παράγουν το τηλέφωνο υψηλής τεχνολογίας, θα διαχωρίσουν την αγορά και η καθεμία θα αποκομίσει χαμηλό κέρδος. Ένας παίκτης θα τείνει πάντα στην επιλογή που του δίνει την υψηλότερη ανταμοιβή δεδομένου του τι θα μπορούσε να επιλέξει ο αντίπαλός του. Με λίγα λόγια, θα διάλεγε την κυρίαρχη στρατηγική στο παιχνίδι. Σε αυτήν την περίπτωση, κάθε εταιρεία κινητής τηλεφωνίας θα πρέπει να επιλέξει να παράγει το τηλέφωνο υψηλής τεχνολογίας (Byun, 2014). Το παραπάνω παράδειγμα μπορεί να εξηγήσει τον τρόπο με τον οποίο το παιχνίδι του φυλακισμένου μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη, σε πραγματικές συνθήκες στον κόσμο των επιχειρήσεων.

3.3 Η θεωρία παιγνίων στην άμυνα

Η εφαρμογή της θεωρίας παιγνίων στην άμυνα έχει μακρά και διαφοροποιημένη ιστορία που κυμαίνεται από το σχεδιασμό στρατιωτικών συστημάτων σε πραγματικό χρόνο (π.χ. συστημάτων με εφαρμογή στην αναχαίτιση πυραύλων) έως την υποστήριξη στρατηγικών αποφάσεων για μεγάλες αμυντικές επενδύσεις και εξαγορές. Η θεωρία παιγνίων εξυψώνει τις στρατιωτικές στρατηγικές και αποφάσεις με μια πιο ολιστική και με αξίες ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης (Myerson, 2013). Για τον στρατό, τα πιθανά σενάρια που επιδέχονται θεωρητική ανάλυση με βάση τη θεωρία παιγνίων περιλαμβάνουν τις ταχέως αναπτυσσόμενες εφαρμογές αυτόνομων ευφυών συστημάτων, ενώ η θεωρία παιγνίων παρέχει ένα ολοκληρωμένο μαθηματικό πλαίσιο που ενισχύει σημαντικά τις δυνατότητες λήψης αποφάσεων από τα στελέχη που χρησιμοποιούν αυτά τα συστήματα.

Αν και δεν είναι υπερβολικά εκτενές, το σώμα της βιβλιογραφίας γύρω από τη θεωρία παιγνίων στον στρατό έχει καλύψει ένα αξιοσημείωτο μέρος των διαφορετικών μορφών εμπλοκής και μάχης. Η θεωρία παιγνίων έχει αποδείξει την ικανότητά της να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε τέτοιο στρατιωτικό σενάριο. Ωστόσο, η ταχεία τεχνολογική πρόοδος έχει οδηγήσει σε διαρκώς διαφοροποιούμενα όρια της στρατιωτικής εμπλοκής, καθένα από τα οποία διαθέτει τα δικά του πολύπλοκα συστήματα. Οι γενικοί τομείς που έχουν εξεταστεί είναι τα συστήματα

παρακολούθησης κάθε είδους, η εναέρια μάχη, η μάχη εδάφους, ο πόλεμος, ο κυβερνοπόλεμος και τα συστήματα διαστήματος. Σε καθέναν από αυτούς τους τομείς υπάρχουν πολλές και διαφορετικές δυνατότητες για νέα και καινοτόμα συστήματα: διαφορετικοί φορείς, διαφορετικά όπλα, διαφορετικές δομές ελέγχου - και καθένα από αυτά θα μπορούσε να εμπλουτιστεί με θεωρητική ανάλυση με βάση τη θεωρία παιγνίων.

Ιδεολογίες, πεποιθήσεις και γνώσεις για τον πόλεμο διαμορφώνουν την ανθρώπινη γνώση και φιλοσοφία εδώ και αιώνες. Τα σπουδαία έργα του Sun Tzu, του Homer και του Machiavelli όχι μόνο έχουν δημιουργήσει ένα θεμέλιο για τη γνώση που είναι χαραγμένη στην ουσία της λήψης στρατιωτικών αποφάσεων, αλλά έχουν, επίσης, συμβάλει σε διαφορετικά πεδία, όπως είναι αυτό της κοινωνιολογίας και της κοινωνικής ψυχολογίας (Andrzejewski, 2013). Ο στρατός αποτελεί ένα βασικό πεδίο ισχύος για πολλούς πολιτισμούς και είναι καθοριστικός τόσο για την αύξηση της επιρροής των υπαρχόντων εθνών όσο και για τη γέννηση νέων, ενώ ασχολείται με τις συγκρούσεις σε πραγματικό χρόνο, τα σχέδια για το μέλλον, καθώς και ανασκοπεί τις προηγούμενες δεσμεύσεις και κάθε μία από αυτές τις δραστηριότητες έχει αντίκτυπο στην κοινωνία (DeGrasse, 2016).

Στις εφαρμογές της θεωρίας παιγνίων που σχετίζονται με τον πόλεμο της ξηράς, οι περισσότερες μελέτες επικεντρώνονται στον αμυντικό πόλεμο, όπου ο στρατός λαμβάνει αποφάσεις για το πώς να κατανείμει καλύτερα την επίγεια άμυνά του σε πολλαπλές απειλές. Ορισμένες μελέτες επικεντρώνονται επίσης σε ιστορικές συγκρούσεις ξηράς και παρέχουν εκ των υστέρων θεωρητική ανάλυση με βάση τη θεωρία παιγνίων, αποκαλύπτοντας πώς ορισμένες αποφάσεις που ελήφθησαν με βάση τη διαίσθηση σε ιστορικές συγκρούσεις είχαν μια λογική και μαθηματική αιτιολόγηση. Ο πόλεμος ξηράς μπορεί να οδηγήσει σε πολύ βαριές απώλειες, επομένως η κατανόηση του πώς είναι δυνατό να ελαχιστοποιηθούν καλύτερα οι ανθρώπινες απώλειες είναι ένα βασικό συστατικό, αν και όχι ο μοναδικός στόχος, αυτής της μορφής πολέμου. Αρκετά συχνά, η ιεράρχηση των στρατιωτικών πόρων είναι εξίσου θεμελιώδης για την επιτυχία και κατέχει εξέχουσα θέση στις στρατηγικές αποφάσεις.

Επιπλέον, συχνά σε σενάρια που περιλαμβάνουν πόλεμο εδάφους, είναι σημαντικό να αξιολογούνται οι γνώσεις για τους αντιπάλους, τις πιθανές τακτικές τους ή το έδαφος και τα χαρακτηριστικά του. Έτσι, μπορεί να καταστεί απαραίτητο να καταπολεμηθούν οι αερομεταφερόμενες δυνάμεις που εισάγονται σε ορισμένα σημεία ή μπορεί να χρειαστεί οι μονάδες να διασχίσουν αβέβαιο έδαφος. Σε καθεμία από αυτές τις καταστάσεις, η κατανόηση του πού μια δύναμη έχει ατελείς πληροφορίες θα βοηθήσει αυτή τη δύναμη να λάβει ορθολογικές αποφάσεις.

Οι Bier et al. (2007) σχεδίασαν ένα παιχνίδι για να αντιστοιχίσουν πιο ορθά και αποτελεσματικά τους αμυντικούς πόρους σε ένα σύνολο τοποθεσιών / πόρων που πρέπει να προστατευτούν από τις χερσαίες δυνάμεις. Ο εισβολέας πρέπει στη συνέχεια να αποφασίσει πώς θα επιλέξει να κατανείμει τη δύναμή του για να επιτεθεί στους διαφορετικούς στόχους. Το παιχνίδι διαμορφώνεται ως ένα παιχνίδι δύο παικτών κανονικής μορφής. Η αποπληρωμή σε αυτό το παιχνίδι είναι απόλυτη και μια επίθεση σε μια τοποθεσία είναι είτε επιτυχία είτε αποτυχία, όπου ο επιτιθέμενος κερδίζει και ο αμυνόμενος χάνει. Εφόσον οι εντολές για μια επίθεση επιβεβαιώνονται πριν από αυτή, οι επιτιθέμενοι πρέπει να χρησιμοποιήσουν ένα σύνολο καθαρών στρατηγικών. Το παιχνίδι μπορεί να παιχτεί ταυτόχρονα ή διαδοχικά. Αυτό σημαίνει ότι το παιχνίδι μπορεί να παιχτεί ανάλογα με το αν ο επιτιθέμενος γνωρίζει ή όχι πώς ο αμυνόμενος έχει εκχωρήσει τους πόρους του πριν πάρει την απόφασή του. Η γνώση αυτή οδηγεί στην ιδανική στρατηγική της εγκατάλειψης

ορισμένων στόχων χωρίς υπεράσπιση και της συγκέντρωσης της άμυνας σε βασικούς τομείς, αφήνοντας ορισμένες περιοχές ευάλωτες.

Υπάρχουν αρκετές μελέτες που αναλύουν ιστορικές συγκρούσεις, οι οποίες συνέβησαν κυρίως στην ξηρά, χρησιμοποιώντας ένα θεωρητικό πρίσμα της θεωρίας παιγνίων. Για παράδειγμα, οι Cotton και Liu's (2011) περιγράφουν δύο αρχαίους κινεζικούς στρατιωτικούς θρύλους και τους μοντελοποιούν ως παιχνίδια σηματοδότησης. Και στα δύο παιχνίδια, οι θρυλικοί στρατιωτικοί ηγέτες έρχονται αντιμέτωποι με σημαντικούς αντίπαλους στρατούς με πολύ μεγαλύτερο αριθμό και δύναμη από τους δικούς τους, αλλά αντί να υποχωρήσουν, ετοιμάζονται να εμπλακούν, ενεργώντας σαν να στήνουν ενέδρα. Οι αντίπαλοί τους με ατελείς πληροφορίες μένουν μόνο με τα μηνύματα που μπορούν να εξάγουν από τις ενέργειες των αντιπάλων τους. τρομαγμένοι από την αντιληπτή φήμη που είχαν αυτοί οι στρατηγοί, οι αντίπαλοι στρατοί, αν και στην πραγματικότητα είναι ανώτερης ισχύος, επιλέγουν να μην εμπλακούν. Μέσα από μια γενναία και έξυπνη τακτική, και οι δύο στρατηγοί πετυχαίνουν μια λύση ισορροπίας υπέρ τους με το να στέκονται στη θέση τους. Αυτό το κάνουν δημιουργώντας την εξαπάτηση χωρίς άμεση επικοινωνία.

Το πρώτο παιχνίδι που περιγράφεται από τους Cotton και Liu (2011) είναι το παιχνίδι "100 Horsemen". Περιγράφουν ένα κομμάτι της ιστορίας όπου εκατό ιππείς Han που ταξιδεύουν μόνοι συναντούν μια μεγάλη δύναμη Xiongnu που αριθμεί χιλιάδες άνδρες. Οι διαθέσιμες στρατηγικές τους είναι να υποχωρήσουν ή να εμπλακούν. Εάν υποχωρήσουν, και ο εχθρός εμπλακεί, πολύ πιθανόν να καταρρεύσουν και να ηττηθούν. και αν εμπλακούν και εμπλακεί και ο εχθρός, θα ηττηθούν στη μάχη. Το καλύτερο αποτέλεσμα για αυτούς είναι να αναγκάσουν με κάποιο τρόπο τον εχθρό να υποχωρήσει. Ο εχθρός δεν μπορεί να γνωρίζει αν οι ιππείς ταξιδεύουν με μεγαλύτερο στρατό. Βλέπουν τους ιππείς να κινούνται για να εμπλακούν και αποφασίζουν να μην πάρουν το ρίσκο και υποχωρούν. Η κατάσταση μεταφράζεται σε παιχνίδι δύο παικτών, με δύο στρατηγικές.

Στο σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα παρακάτω:

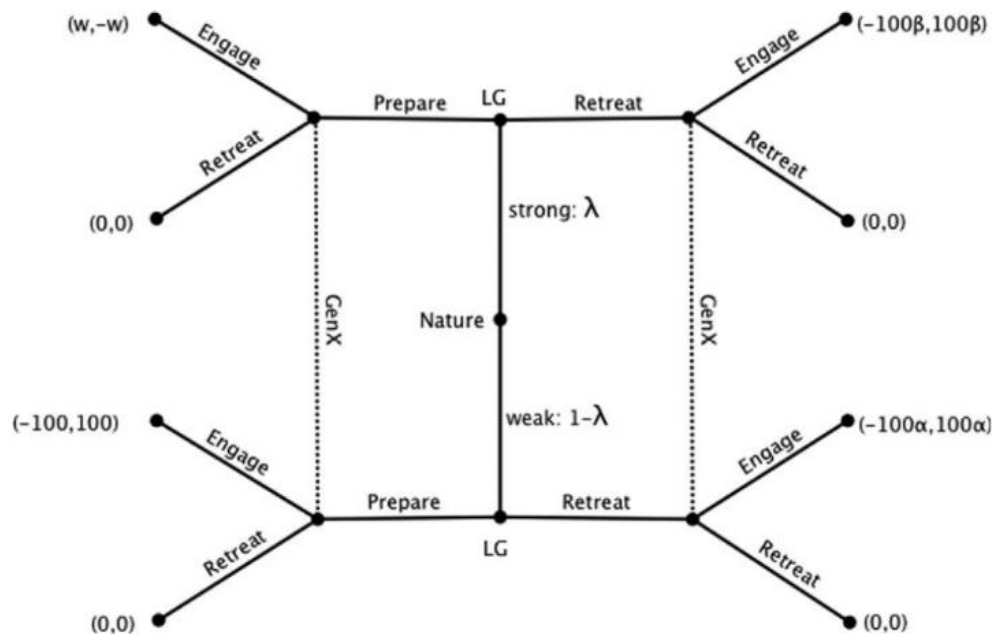
Η LG αντιπροσωπεύει το σημείο απόφασης για τον Στρατηγό Li Guang, των δυνάμεων των Han.

Το GenX αντιπροσωπεύει το σημείο απόφασης για την αντίπαλη δύναμη Xiongnu.

Οι πληρωμές αναφέρονται ως (LG, GenX)

Το $\lambda \in (0, 1)$ αντιπροσωπεύει την ικανότητα του Στρατηγού, είτε ως ισχυρή είτε ως αδύναμη

Τα α και β αντιπροσωπεύουν το ποσοστό των ιππέων Han που χάνουν τη ζωή τους σε μια υποχώρηση.



Σχήμα 4. 100 Horsemen signaling game

(Ho et al., 2021)

Το δεύτερο παιχνίδι μοιάζει πολύ με το πρώτο. Σε αυτό το παιχνίδι, μια μικρή πόλη φυλάσσεται από τον Στρατηγό Zhuge Liang. Αυτός μαθαίνει ότι ένας μεγάλος εχθρικός στρατός πλησιάζει την πόλη. Είναι αντιμέτωπος με δύο επιλογές. Θα μπορούσε να διαφύγει και πιθανότατα να τον κυνηγήσει ο στρατός που πλησίαζε, ή θα μπορούσε να μείνει και να υπερασπιστεί την πόλη. Εάν επέλεγε το δεύτερο, και ο στρατός επρόκειτο να συμμετάσχει, πιθανότατα θα έχανε τη ζωή του, τον στρατό του και την πόλη. Μπροστά σε αυτό το δίλημμα, διατάζει τους άντρες του να κρυφτούν μακριά, έτσι ώστε η πόλη να φαίνεται άδεια από έξω. Σκαρφαλώνει στην κορυφή του πρώτου πύργου της πόλης και παίζει μουσική. Ο αντίπαλος στρατηγός, έχοντας επίγνωση της εμπειρίας και της ανδρείας του στρατηγού Liang, υποψιάζεται ότι ο Στρατηγός πήρε αυτή την ανεπιτήδευτη θέση στον πύργο της άδειας πόλης για να στήσει ενέδρα στον στρατό του, και απομακρύνεται από την πόλη για να αποφύγει την ενέδρα. Ο στρατηγός Liang έστειλε ουσιαστικά δύο σήματα εδώ.

Το πρώτο ήταν η φήμη του, ένα σήμα που περιλάμβανε τη στρατηγική και στρατιωτική του δύναμη. Το δεύτερο ήταν η επιλογή του να μείνει και να υπερασπιστεί την πόλη. Με αυτές τις δύο πληροφορίες, και τίποτα άλλο για το πού βρίσκεται ή το μέγεθος του στρατού του στρατηγού Liang, ο αντίπαλος στρατός επιλέγει την ασφαλή επιλογή της μηδενικής απώλειας και φεύγει. Αυτό το κομμάτι της ιστορίας διαμορφώνεται ως ένα άλλο παιχνίδι σηματοδότησης δύο παικτών, που εμφανίζεται παρακάτω:

Στο σχήμα 5 που ακολουθεί:

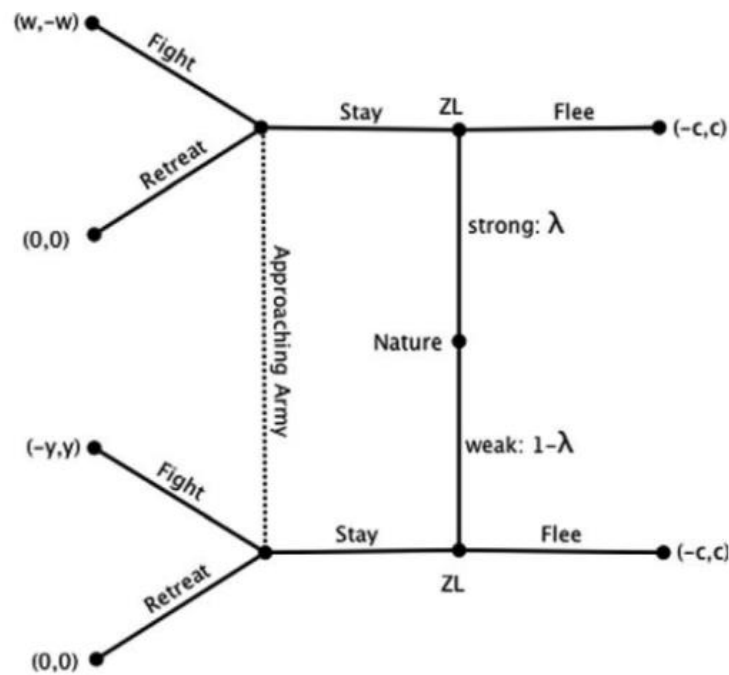
Το ZL αντιπροσωπεύει το σημείο απόφασης για τον Στρατηγό Zhuge Liang

Οι πληρωμές αναφέρονται ως (ZL, Αντίπαλος Στρατός)

Το $\lambda \in (0, 1)$ αντιπροσωπεύει την ικανότητα του Στρατηγού, είτε ως ισχυρή είτε ως αδύναμη

Το c αντιπροσωπεύει την αξία της πόλης

Το w αντιπροσωπεύει τα κέρδη εάν ο στρατός του ZL αντιμετωπίσει τον αντίπαλο στρατό



Σχήμα 5. Empty city signaling game

(Ho et al., 2021)

Με βάση τα παραπάνω, διαπιστώνεται ότι, πράγματι, η θεωρία παιγνίων μπορεί να έχει εφαρμογή στην περίπτωση του πολέμου και να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων.

4

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, η θεωρία παιγνίων, ως σημαντικός κλάδος των μαθηματικών, είναι ένα σημαντικό ζήτημα με απήχηση σε πολλά επιστημονικά και ερευνητικά πεδία και διαφορετικές εκφάνσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας. Έχει μεγάλη σημασία σε ό,τι αφορά την καθοδήγηση της παραγωγής και των πρακτικών ζωής των ανθρώπων και αυτή τη στιγμή είναι μια από τις εφαρμογές αιχμής στα εφαρμοσμένα μαθηματικά. Η παραδοσιακή οικονομική θεωρία τείνει να μην εξετάζει τη διαπροσωπική συμπεριφορά ή την αλληλεπίδραση των παραγόντων κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, κάτι που γίνεται μέσω της εφαρμογής των αρχών της θεωρίας παιγνίων, που μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα επίπεδα, όταν αναγνωρίζεται ότι η επιλογή στρατηγικής για τη μελέτη ενός θέματος επηρεάζεται από άλλα θέματα και, με τη σειρά της, επηρεάζει την επιλογή άλλων παραγόντων στο συγκεκριμένο πεδίο. Δίνει, κατά συνέπεια, έμφαση στην αλληλεπίδραση μεταξύ όλων αυτών των παραγόντων και στον τρόπο με τον οποίο οι ενέργειες διαφορετικών παικτών είναι αλληλοεξαρτώμενες.

Η οικονομική θεωρία παιγνίων συνδυάζει τις αρχές της θεωρίας παιγνίων με οικονομικά ζητήματα και αναλύει τις επιλογές παιχνιδιών διαφόρων παικτών σε οικονομικές δραστηριότητες. Η παραδοσιακή οικονομία τείνει να αγνοεί τις αντιδράσεις διαφόρων πτυχών των οικονομικών δραστηριοτήτων στις ενέργειες ή τις αποφάσεις που λαμβάνονται σχετικά με αυτές. Η θεωρία παιγνίων αντισταθμίζει αυτήν την ανεπάρκεια των παραδοσιακών οικονομικών. Στη μέθοδο ανάλυσης, η μέθοδος που βασίζεται στην ατομική λήψη αποφάσεων της παραδοσιακής οικονομικής ανάλυσης άλλαξε και επικεντρώθηκε στην αλληλεπίδραση και την επιρροή των συμπεριφορών πολλαπλών συμφερόντων στις οικονομικές δραστηριότητες, έτσι ώστε η οικονομική ανάλυση να αντικατοπτρίζει καλύτερα την φύση του οικονομικού συστήματος. Δεύτερον, η θεωρία αυτή αναδεικνύει τον ορθολογικό ανθρώπινο παράγοντα στην οικονομική ανάλυση. Η θεωρία παιγνίων ξεκινά από το πεδίο της ανάλυσης συμπεριφοράς, και συνεχίζει αναδεικνύοντας τον ρόλο του ατομικού ορθολογισμού στην οικονομική ανάλυση, ενώ διερευνά τη δυνατότητα συνεργασίας μέσα από συνεχείς διαδικασίες μάθησης στην αλληλεπίδραση συμπεριφορών.

Η θεωρία παιγνίων έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί ένα ευέλικτο και ισχυρό εργαλείο για την απόκτηση ζωτικής σημασίας γνώσεων σχετικά με τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων των φορέων και των παικτών σε διάφορους τομείς. Σε αυτή την εργασία εξετάστηκαν διαφορετικές εφαρμογές της θεωρίας σε πεδία που εκτείνονται από τον πόλεμο έως τη διοίκηση επιχειρήσεων. Καθώς ο κόσμος αντιμετωπίζει τις αναδυόμενες προκλήσεις για την ειρήνη και τη σταθερότητα, το μέλλον της ανθρωπότητας εξαρτάται από την ικανότητα των υπευθύνων να επιλύουν τα υφιστάμενα προβλήματα ειρηνικά. Αν και αυτός είναι ένας υψηλός στόχος που πρέπει να επιτευχθεί, η προβολή της δύναμης είναι αναμφισβήτητα καλύτερη από μια πραγματική ένοπλη σύγκρουση που θα είναι πολύ δαπανηρή σε πολλά επίπεδα, και η θεωρία παιγνίων θα μπορούσε πράγματι να παίξει ρόλο στην απόφαση ορισμένων από τις «ήπιες συγκρούσεις» που θα μπορούσαν να αναδειχθούν στα

επόμενα χρόνια και δεκαετίες. Καθώς η εστίαση στις αμυντικές στρατηγικές και δυνατότητες είναι πιθανό να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια, η θεωρία παιγνίων μπορεί να χρησιμεύσει ως πρόσθετο εργαλείο που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι επιστήμονες της άμυνας σε πολλά επίπεδα αφαίρεσης για την επίλυση προβλημάτων ανάπτυξης, ανίχνευσης, παρακολούθησης και κατανομής πόρων. Εξίσου σημαντική είναι η συνεισφορά της και στο πεδίο των επιχειρήσεων, καθώς μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση των κινήσεων των υπολοίπων παικτών της αγοράς και να οδηγήσει στη λήψη των πλέον κατάλληλων αποφάσεων.

Βιβλιογραφία

- Andrzejewski, S. (2013). *Military organization and society*. London: Routledge.
- Aumann, R. (2008). Game theory. In S. N. Durlauf, & L. E. Blume (Eds.). *The New Palgrave Dictionary of Economics*, (2 ed.). Palgrave-Macmillan.
- Barough A S, Shoubi M V, Skardi M J E (2012). Application of game theory approach in solving the construction project conflicts. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 58, 1586–1593.
- Bell, M., Perera, S., Piraveenan, M. *et al.* (2007). Network growth models: A behavioural basis for attachment proportional to fitness. *Scientific Reports*, 7, 42431.
- Bier, V.M., Oliveros, S., & Samuelson, L. (2007). Choosing What to protect: strategic defensive allocation against an unknown attacker. *Journal of Public Economic Theory*, 9, 563.
- Binmore, K. (2007). *Playing for real: a text on game theory*. Oxford university press.
- Brickley, J., Smith, C., & Zimmerman, J. (2005). An introduction to game theory and business strategy. *Journal of Applied Corporate Finance*, 13(2), 84-98.
- Bshary, R., & Oliveira, R. F. (2015). Cooperation in animals: toward a game theory within the framework of social competence. *Current Opinions in Behavioral Science*, 3, 31-37.
- Byun, C.H.C. (2014). The prisoner's dilemma and economics 101: Do active learning exercises correlate with student performance? *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 14(5), 79-91.
- Calcagno, R., Kamada, Y., Lovo, S. & Sugaya, T. (2014). Asynchronicity and Coordination in Common and Opposing Interest Games, *Theoretical Economics* 9(2), 409-434.
- Cho, I. K. & Kreps, D. M. (1987). Signalling Games and Stable Equilibria . *Quarterly Journal of Economics*, 102, 179–221.
- Cotton, C., & Liu, C. (2011). 100 Horsemen and the empty city: A game theoretic examination of deception in Chinese military legend. *Journal of Peace Research*, 48(2), 217–223.
- DeGrasse, R.W. (2016). *Military expansion, economic decline: Impact of military spending on United States economic performance*. New York: Routledge.
- de Montmort, P. R. (1713). *Essai d'analyse sur les jeux de hasard*. 2nd ed.: Quilau, Paris.
- Doebeli, M., & Hauert, C. (2005). Models of cooperation based on the Prisoner's Dilemma and the Snowdrift game. *Ecology Letters*, 8, 748-766.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415.
- Friedman, D. (1991). Evolutionary game in economics. *Econometrica*, 03, 637-666.
- Gibbons, R.S. (1992). *Game theory for applied economists*. Princeton University Press.
- Gong, Z.,Q., Xie, Z., & Dai, L. (2015). A bargaining model of mutual deterrence between three players. *Journal of Quantitative Economics*, 02, 87-92.
- Kamien, M.I. & Schwartz, N.L. (2012). *Dynamic optimization: the calculus of variations and optimal control in economics and management*. Courier Corporation.

- Kasthurirathna, D., Mahendra, P., & Harré, M.S. (2013). Evolution of coordination in scale-free and small world networks under information diffusion constraints. *2013 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM 2013)*, 183-189.
- Kasthurirathna, D., Piraveenan, M., & Uddin, S. (2015). Evolutionary stable strategies in networked games: the influence of topology. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, 5(2), 83-95.
- Khan, M.H. (2020). Game theory: Business and growth strategies. *World Journal of Business and Management*, 6(1), 81-86.
- Khadjavi, M., & Lange, A. (2013). Prisoners and their dilemma. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 92, 163-175.
- Kuhn, H., Arrow, K. & Tucker, A. (1953). Contributions to the Theory of Games, *Annals of Mathematics Studies*, 2, Princeton University Press.
- Le, S., & Boyd, R. (2007). Evolutionary dynamics of the continuous iterated prisoner's dilemma. *Journal of theoretical biology*, 245(2), 258–267.
- Lewis, D. (2008). *Convention: A philosophical study*. John Wiley & Sons.
- Luce, R. D. & Rogow, A. A. (1956). A Game-Theoretic Analysis of Congressional Power Distributions for a Stable Two-Party System. *Behavioral Science* 1, 83-95.
- Mehta, S. (2006). *How Apple could rock wireless*. Fortune Magazine.
- Morrow, J. D. (1994). *Game Theory for Political Scientists*. Princeton: Princeton University Press.
- Murray A. G. (2014). A game theory based framework for assessing incentives for local area collaboration with an application to Scottish salmon farming. *Preventive veterinary medicine*, 115(3-4), 255–262.
- Myerson, R. B. (1999). Nash equilibrium and the history of economic theory. *Journal of Economic Literature* 37, 1067–1082.
- Myerson, R.B. (2013). *Game theory*. Cambridge: Harvard university press.
- Nash, J. F. (1950). Equilibrium Points in n-Person Games. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 36, 48–49.
- Nash, J. F. (1951). Non-Cooperative Games. *Annals of Mathematics* 54, 286–295.
- Ordeshook, P. (1986). *Game Theory and Political Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Osborne, M.J. (2004). *An introduction to game theory; Vol. 3*. Oxford university press New York.
- Peleg, B., & Sudhölter, P. (2007). *Introduction to the theory of cooperative games* (Vol. 34). Springer Science & Business Media.
- Riker, W. H. (1951). A Text of the Adequacy of the Power Index. *Behavioral Sciences* 4, 120–131.
- Rubinstein, A. (1982). Perfect Equilibrium in a Bargaining Model. *Econometrica*, 50, 97-109.
- Shapley, L. & Shubik, M. (1954). A Method for Evaluating the Distribution of Power in a Committee System. *American Political Science Review* 48, 787–792.
- von Neumann, J. & Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press.
- Von Stackelberg, H. (2010). *Market structure and equilibrium*. Springer Science & Business Media.

Weintraub, E. R. (1992). Toward a History of Game Theory. History of Political Economy, *Annual Supplement to Vol. 24*, Durham and London: Duke University Press.

Xueshuang, G., & Yuan, Y. (2018). The application of economic game theory – Taking the actual phenomenon as an example. *European Journal of Research and Reflection in Management Sciences*, 6(1), 116-122.

Zhu, Q.H., & Dou, Y J. (2011). A game model for green supply chain management based on government subsidies. *Journal of Management Science in China*, 06, 86-95.

