



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ | ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Η Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα και η Τεχνητή Νοημοσύνη στη Διδακτική των Διοικητικών και Οικονομικών Επιστημών»

*«Virtual and Augmented Reality and Artificial Intelligence in the Teaching of Administrative and
Economic Sciences»*

ΣΤΑΥΡΟΣ – ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΛΑΜΠΡΗΣ

A.M: 110

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΕΥΡΥΠΙΔΗΣ ΓΛΑΒΑΣ

ΑΡΤΑ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2025

Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας / δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες προς τον επιβλέποντα Καθηγητή της εργασίας, κύριο Ευριπίδη Γλαβά, για την αμέριστη, επιστημονική και ηθική, υποστήριξή του, τον χρόνο του και τις πολύτιμες συμβουλές και γνώσεις του για την εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την σύζυγό μου, Όλγα, για την ηθική υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών, καθώς και τους γονείς μου, Χαράλαμπο και Μαρία, για την βοήθειά τους να ξεκινήσω αυτό το υπέροχο ταξίδι στη γνώση.

Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή.....	9
1.1 Αντικείμενο της Εργασίας.....	9
1.2 Σκοπός, Στόχοι και Μεθοδολογία	9
1.3 Δομή της Εργασίας	10
2. Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality) στην Εκπαίδευση.....	12
2.1 Ορισμός και Τεχνολογίες	12
2.2 Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις και Δυνατότητες.....	12
2.3 Πλεονεκτήματα και Προκλήσεις.....	14
2.4 Εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας: Η Περίπτωση των Κοινωνικών και Εκπαιδευτικών Εκδηλώσεων.....	14
2.5 Η Σύγκλιση VR και Τεχνητής Νοημοσύνης: Το Νέο Παράδειγμα στην Εκπαίδευση	16
2.6 Immersive Learning Analytics (ILA): Η AI ως Εργαλείο Αξιολόγησης.....	16
2.7 Το "Eduverse" και η Κοινωνική Παρουσία (Social Presence)	17
2.8 Τεχνολογική Υποδομή και ο Ρόλος του Edge AI	17
2.9 Ανάπτυξη Ήπιων Δεξιοτήτων (Soft Skills) μέσω AI-Driven VR.....	17
2.10 Ηθική και Δεοντολογία στη χρήση AI-Driven VR	18
2.11 ROI (Return on Investment) της VR Εκπαίδευσης στις Επιχειρήσεις.....	18
3. Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality) στην Εκπαίδευση.....	19
3.1 Ορισμός και Παραδείγματα Χρήσης.....	19
3.2 Εκπαιδευτική Ενσωμάτωση.....	19
3.3 Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) ως Εκπαιδευτικό Εργαλείο σε Μουσεία και Αρχαιολογικούς Χώρους.....	20
3.4 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί	23
3.5 AR και Computer Vision: Η Νοημοσύνη της Ευκόνας.....	23
3.6 Η AR ως Γέφυρα μεταξύ Φυσικού και Ψηφιακού Χώρου στη Διοίκηση.....	24
3.7 Spatial Computing: Η Εξέλιξη της AR στη Διοικητική Επιστήμη	24
3.8 AR και η Οικονομία των Δεδομένων (Data Economy).....	24
3.9 Συνεργατική AR (Collaborative AR) και Remote AI Assistance	25
3.10 Η AR στην Εφοδιαστική Αλυσίδα και το Marketing (Case Studies)	25
4. Θεωρία Παιγνίων: Επιστημονικό Πλαίσιο και Διδακτική Αξιοποίηση	26

4.1 Ιστορική Αναδρομή και Βασικές Έννοιες	26
4.2 Τύποι Παιγνίων	28
4.3: Θεωρία Παιγνίων και Στρατηγική Λήψη Αποφάσεων	29
4.3.1 Εξελικτική Θεωρία Παιγνίων (Evolutionary Game Theory - EGT).....	29
4.3.2 Τριμερή Εξελικτικά Παίγνια: Κυβέρνηση, Επιχειρήσεις και Βιωσιμότητα.....	29
4.3.3 Αλγοριθμική Θεωρία Παιγνίων και Multi-Agent AI	30
4.3.4 Συμπεριφορική Θεωρία Παιγνίων (Behavioral Game Theory).....	30
4.4 Μοντέλα Ανταγωνισμού σε Συνθήκες Ολιγοπωλίου	30
4.4.1 Ανταγωνισμός Ποσότητας: Το Υπόδειγμα Cournot	30
4.4.2 Ανταγωνισμός Τιμών: Το Υπόδειγμα Bertrand.....	31
4.4.3 Ηγεσία και Πλεονέκτημα Πρώτης Κίνησης: Το Υπόδειγμα Stackelberg	31
4.4.4 Παίγνια Μηδενικού Αθροίσματος και AI στην Κυβερνοασφάλεια	32
4.5 Μορφές Αγοράς και η Στρατηγική Διάσταση της Θεωρίας Παιγνίων	32
4.5.1 Πλήρης Ανταγωνισμός και Μονοπώλιο: Τα Όρια της Στρατηγικής.....	32
4.5.2 Μονοπωλιακός Ανταγωνισμός και Διαφοροποίηση Προϊόντος	33
4.5.3 Σύγκριση Μορφών Αγοράς μέσω της Ισορροπίας Nash.....	33
4.5.4 Η "Θεωρία των Διεκδικήσιμων Αγορών" (Contestable Markets).....	33
4.6 Ειδικές Μορφές Αγοράς και Στρατηγικές Μονοψωνίου	34
4.6.1 Μονοψώνιο και Ολιγοψώνιο: Η Ισχύς του Αγοραστή	34
4.6.2 Διμερές Μονοπώλιο (Bilateral Monopoly) και Διαπραγμάτευση	34
4.6.3 Φυσικό Μονοπώλιο και Ρυθμιστικά Παίγνια (Regulation Games)	35
4.7 Σύνοψη: Η Δυναμική Φύση των Αγορών το 2025.....	35
4.8 Παίγνιο με Ελλιπή Πληροφόρηση και Στρατηγική Σηματοδότηση (Signaling).....	35
4.8.1 Επαναλαμβανόμενα Παίγνια και η Οικοδόμηση Εμπιστοσύνης	36
4.8.2 Θεωρία Παιγνίων και Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning).....	36
4.9 Το Δίλημμα του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma)	37
4.9.1 Βασική Δομή του Παιχνιδιού.....	37
4.9.2 Το Παράδοξο του Διλήμματος.....	39
4.9.3 Επαναλαμβανόμενο Δίλημμα του Φυλακισμένου	40
4.9.4 Εφαρμογές.....	40
4.10 Η Θεωρία Παιγνίων (Game Theory) στη Διοίκηση και τα Χρηματοοικονομικά.....	41

4.11 Διδακτική Εφαρμογή και Παιδαγωγική Αξιοποίηση	41
4.12 Η Θεωρία Παιγνίων ως Βάση για Ψηφιακή Εκπαιδευτική Ανάπτυξη	42
5. Σχεδιασμός Εκπαιδευτικών Παραδειγμάτων με HTML, CSS και JavaScript	43
5.1 Επιλογή Web Τεχνολογιών (HTML, CSS, JavaScript) ως Πλατφόρμα Ανάπτυξης	43
5.2 Τεχνική Υλοποίηση Εκπαιδευτικών Σεναρίων	46
5.2.1 Ανάλυση Εκπαιδευτικών Στόχων και Θεωρητικών Εννοιών	46
5.2.2 Σχεδίαση Διεπαφής και Αρχιτεκτονικής Παιχνιδιών	46
5.2.3 Οργάνωση Δεδομένων και Λογικής.....	46
5.2.4 Χρήση Οπτικοποίησης και Ανατροφοδότησης.....	47
6. Εκπαιδευτικές Προσομοιώσεις – Αναλυτικά Παραδείγματα.....	48
6.1 Παράδειγμα Δίλημμα του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma).....	48
6.2 Παράδειγμα Δίλημμα του Μάνατζερ (Manager's Dilemma).....	50
6.3 Ενσωμάτωση Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Logic)	53
6.3.1 Η Αρχιτεκτονική Λήψης Αποφάσεων (Decision Making Architecture)	53
6.4 Ανάλυση Στρατηγικών Τεχνητής Νοημοσύνης (AI)	53
6.4.1 Tit-for-Tat (Αμοιβαία Ανταπόδοση): Ο Καθρέπτης της Συμπεριφοράς.....	53
6.4.2 Always Cooperate & Always Defect: Τα Δύο Άκρα	54
6.5 Η Δυναμική της Μνήμης (Historical Data Tracking)	54
6.6 Συμπερασματικό Σχόλιο	55
7. Τεχνική Υλοποίηση και Ανάπτυξη των Εκπαιδευτικών Εφαρμογών	56
7.1 Εισαγωγή στο Πλαίσιο Υλοποίησης.....	56
7.2 Αρχιτεκτονική Συστήματος και Τεχνολογικές Επιλογές.....	56
7.2.1 HTML Structure	57
7.2.2 CSS Styling.....	57
7.2.3 JavaScript Game Engine	57
7.3 Υλοποίηση της Εφαρμογής Prisoner's Dilemma	57
7.3.1 Περιγραφή και Παιδαγωγικοί Στόχοι.....	57
7.3.2 Τεχνικός Σχεδιασμός	58
7.4 Υλοποίηση της Εφαρμογής Manager's Dilemma	58
7.4.1 Θεωρητική Βάση και Εκπαιδευτική Λογική.....	58
7.4.2 Δομή και Διαδραστικότητα	58

7.5 Καταγραφή Στατιστικών και Ανατροφοδότηση	59
7.6 Τεχνικές και Παιδαγωγικές Προκλήσεις	59
7.7 Επεκτασιμότητα και Προτάσεις Μελλοντικής Ανάπτυξης	59
8. Ανακεφαλαίωση Κομβικών Σημείων Εργασίας	61
8.1 Ανάλυση Υλοποίησης του Prisoner's Dilemma Simulation	62
8.2 Παιδαγωγική Αξιοποίηση του Prisoner's Dilemma Simulation	62
8.3 Η Υλοποίηση του Manager Negotiation Simulation	63
8.4 Εκπαιδευτική Αξία των Δύο Προσομοιώσεων	63
9. Συμπεράσματα και Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα	65
9.1 Συνολική Αποτίμηση	65
9.2 Παιδαγωγικές Επιπτώσεις	65
9.3 Τεχνική Αποτίμηση	65
9.4 Περιορισμοί της Έρευνας	66
9.5 Προτάσεις Μελλοντικής Έρευνας και Ανάπτυξης – Ερευνητικές Κατευθύνσεις	66
9.6 Τελική Σκέψη	67
Βιβλιογραφικές Αναφορές (References)	68

1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τον ρόλο που μπορούν να διαδραματίσουν οι **Εμβυθιστικές Τεχνολογίες (Immersive Technologies)** της **Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality - VR)** και της **Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality - AR)** αυτοτελώς ή συνεργατικά με την **Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)** στην εκπαιδευτική διαδικασία, με έμφαση στη διδασκαλία εννοιών που άπτονται των Χρηματοοικονομικών και Διοικητικών Επιστημών, μέσω της εφαρμογής τους στη **Θεωρία Παιγνίων (Game Theory)**. Εστιάζει στη χρήση διαδραστικών προσομοιώσεων που αναπτύσσονται με τη βοήθεια εργαλείων **HTML, CSS και JavaScript**, με στόχο την ενίσχυση της κατανόησης πολύπλοκων στρατηγικών αποφάσεων.

Σε μια εποχή όπου η εκπαιδευτική τεχνολογία εξελίσσεται ραγδαία, η παρούσα εργασία επιδιώκει να εντοπίσει πώς η ψηφιακή εμβύθιση μπορεί να μετασχηματίσει τη μαθησιακή εμπειρία, μετασχηματίζοντας την κλασική παθητική διδασκαλία σε μία πραγματικά βιωματική και συμμετοχική διαδικασία, τόσο για τους διδάσκοντες, όσο και για τους διδασκόμενους.

1.2 Σκοπός, Στόχοι και Μεθοδολογία

Ο **σκοπός** της εργασίας είναι διττός, καθώς το ερευνητικό της περιεχόμενο αποσκοπεί, αφενός, στη διερεύνηση της διδακτικής δυναμικής των τεχνολογιών VR και AR, αφετέρου, στην ενσωμάτωση της **Θεωρία Παιγνίων (Game Theory)** σε ένα μαθησιακό περιβάλλον που καθοδηγείται από τη διαδραστικότητα και τη βιωματική κατανόηση.

Οι **κύριοι στόχοι** της εργασίας, περιλαμβάνουν τη θεωρητική ανάλυση της σχέσης μεταξύ τεχνολογιών VR/AR και εκπαιδευτικής καινοτομίας, καθώς και τη διερεύνηση της Θεωρίας Παιγνίων ως εργαλείο για τη διδασκαλία στρατηγικών εννοιών στη Διοίκηση και τα Χρηματοοικονομικά.

Επίσης, περιλαμβάνουν τη δημιουργία και αξιολόγηση εκπαιδευτικών παραδειγμάτων με χρήση εργαλείων **HTML, CSS και JavaScript**, καθώς επίσης την αποτίμηση της εκπαιδευτικής αξίας της προτεινόμενης προσέγγισης.

Η **μεθοδολογική προσέγγιση** της παρούσας εργασίας βασίζεται στη διεπιστημονική σύνθεση, καθώς αξιοποιούνται πορίσματα από την Εκπαιδευτική Τεχνολογία, την Οικονομική Θεωρία, τη Διοικητική Επιστήμη και -ασφαλώς- την Επιστήμη της Πληροφορικής και των Υπολογιστών.

1.3 Δομή της Εργασίας

Η εργασία οργανώνεται σε εννέα (9) κεφάλαια, τα οποία επιγραμματικά περιλαμβάνουν:

Το **Κεφάλαιο 1** είναι εισαγωγικό και παρουσιάζει το αντικείμενο της εργασίας, τη δομή της ενώ αναπτύσσει τους σκοπούς, τους στόχους και τη μεθοδολογία

Το **Κεφάλαιο 2** παρουσιάζει την έννοια και τις εκπαιδευτικές χρήσεις της Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality) και τις διασυνδέσεις της με την Τεχνητή Νοημοσύνη (AI).

Το **Κεφάλαιο 3** εξετάζει την έννοια της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality) και τις δυνατότητές που προσφέρει στην εκπαίδευση, αυτοτελώς ή συνεργατικά με την Τεχνητή Νοημοσύνη (AI).

Το **Κεφάλαιο 4** εισάγει τη Θεωρία Παιγνίων (Game Theory), τόσο θεωρητικά όσο και διδακτικά, ενώ παρουσιάζει διεξοδικά τα είδη και τις μορφές ανταγωνισμού που επικρατούν στις εκάστοτε αγορές, εισάγοντας τον αναγνώστη στη λογική της κρισιμότητας της λήψης αποφάσεων.

Το **Κεφάλαιο 5** περιγράφει την τεχνική και παιδαγωγική ανάπτυξη παραδειγμάτων μέσω εργαλείων HTML, CSS και JavaScript.

Το **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζει τα δύο εκπαιδευτικά project, το Δίλημμα του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma) και το Δίλημμα του Manager (Manager's Dilemma) και αποτελεί την ερευνητική υλοποίηση της εργασίας.

Το **Κεφάλαιο 7** είναι αφιερωμένο στην τεχνική υλοποίηση και στην ανάπτυξη των εκπαιδευτικών εφαρμογών αναπτύσσει περαιτέρω τα δύο έργα και συνοψίζοντας τα συμπεράσματα.

Το **Κεφάλαιο 8** ανακεφαλαιώνει τα κομβικά σημεία της εργασίας, αναλύει τις υλοποιήσεις και αναδεικνύει την εκπαιδευτική αξία των δύο εφαρμογών.

Το **Κεφάλαιο 9**, τέλος, είναι αφιερωμένο στη συνολική αποτίμηση του έργου, παρουσιάζοντας συγχρόνως τις παιδαγωγικές του επιπτώσεις ενώ παρέχει συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

2. Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality) στην Εκπαίδευση

2.1 Ορισμός και Τεχνολογίες

Η **Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality - VR)** αναφέρεται σε ένα σύνολο τεχνολογιών που επιτρέπουν την εμβύθιση του χρήστη σε έναν πλήρως ψηφιακό, τρισδιάστατο κόσμο, μέσω συσκευών όπως κράνη VR (π.χ. Oculus Rift, HTC Vive) και ελεγκτές κίνησης (Slater & Sanchez-Vives, 2016). Σε αντίθεση με τις συμβατικές οθόνες, η Εικονική Πραγματικότητα δημιουργεί στον χρήστη την ψευδαίσθηση της φυσικής παρουσίας μέσα σε ένα περιβάλλον που μπορεί να είναι είτε απολύτως φανταστικό είτε να προσομοιώνει σε υψηλό βαθμό ρεαλισμού τον πραγματικό κόσμο.

Οι βασικές τεχνολογίες που υποστηρίζουν την εμπειρία Εικονικής Πραγματικότητας (VR) περιλαμβάνουν:

- **Head-Mounted Displays (HMDs)** με ενσωματωμένους αισθητήρες κίνησης,
- **Tracking systems** για καταγραφή θέσης και κατεύθυνσης του χρήστη,
- **3D game engines** όπως Unity και Unreal Engine,
- **Επαφή με φυσικά αντικείμενα** μέσω απτικής ανάδρασης (haptic feedback).

Η Εικονική Πραγματικότητα (VR) γίνεται όλο και περισσότερο προσβάσιμη λόγω της μείωσης του κόστους και της αυξανόμενης υποστήριξης από πλατφόρμες ανοιχτού κώδικα (Freina & Ott, 2015).

2.2 Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις και Δυνατότητες

Η εικονική πραγματικότητα ενισχύει τη μαθησιακή διαδικασία καθώς μετατρέπει τον μαθητή από παθητικό δέκτη σε **ενεργό συμμετέχοντα**. Σύμφωνα με την κοινωνική θεωρία της γνωστικής ανάπτυξης (Vygotsky, 1978), η ενεργή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον ενισχύει τη βαθύτερη κατανόηση.

Οι κυριότερες **εκπαιδευτικές δυνατότητες της Εικονικής Πραγματικότητας (VR)** περιλαμβάνουν:

- **Προσομοιώσεις** σύνθετων ή επικίνδυνων καταστάσεων (π.χ. εικονικά εργαστήρια, οικονομικά πειράματα).
- **Καταστάσεις με αφηγηματική ροή (narrative-based learning)** όπου ο φοιτητής συμμετέχει σε σενάρια με πολλαπλές εκβάσεις.
- **Διαθεματικότητα**, καθώς η Εικονική Πραγματικότητα (VR) μπορεί να ενσωματώσει στοιχεία από διαφορετικά επιστημονικά πεδία.
- **Ασφαλές πειραματικό περιβάλλον**, όπου οι φοιτητές μπορούν να πειραματιστούν και να «αποτύχουν» χωρίς συνέπειες.

Έρευνες δείχνουν ότι η **Εικονικής Πραγματικότητας (VR)** ενισχύει την προσοχή, την ενεργοποίηση συναισθήματος και τη διατήρηση της γνώσης (Makransky et al., 2019).

Επίσης, πρόσφατες μελέτες επιβεβαιώνουν ότι η χρήση **Εικονικής Πραγματικότητας (VR)** στην Εκπαίδευση έχει παρουσιάσει σημαντική εξέλιξη κατά την περίοδο 2020–2024, με έμφαση όχι μόνο στην εμπύθιση αλλά και στον παιδαγωγικό σχεδιασμό. Σύμφωνα με τους Jensen & Konradsen (2020), η **Εικονική Πραγματικότητα (VR)** αυξάνει την ενεργή εμπλοκή των φοιτητών σε γνωστικά απαιτητικά περιβάλλοντα, ενώ νεότερα ευρήματα δείχνουν ότι η εμπύθιση σχετίζεται άμεσα με την αντιληπτή μαθησιακή αξία (Makransky & Petersen, 2021).

Επιπλέον, οι Parong & Mayer (2021) υπογραμμίζουν ότι η σωστή διαχείριση του γνωστικού φόρτου αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την αποτελεσματικότητα της **Εικονικής Πραγματικότητας (VR)** ως εκπαιδευτικού εργαλείου.

Νεότερα ερευνητικά έργα εξετάζουν τον ρόλο της **Εικονικής Πραγματικότητας (VR)** σε Ανώτατα Ιδρύματα, αναδεικνύοντας τη θετική επίδρασή της στην κατανόηση σύνθετων εννοιών σε τομείς STEM, δηλαδή Επιστήμης (Science), Τεχνολογίας (Technology), Μηχανικής (Engineering) και Μαθηματικών (Mathematics), καθώς επίσης και σε τομείς των κοινωνικών επιστημών (Pellas et al., 2021· Wu et al., 2022). Παράλληλα, μεταγενέστερες αναλύσεις επισημαίνουν ότι η **Εικονική Πραγματικότητα (VR)** απαιτεί ένα πλαίσιο παιδαγωγικού σχεδιασμού που να προωθεί την ενεργητική ανακάλυψη, τη διερεύνηση και τη μεταγνώση (Southgate & Smith, 2023).

Τέλος, σύγχρονα μοντέλα τεχνολογικής υιοθέτησης δείχνουν ότι η αποδοχή της **Εικονικής Πραγματικότητας (VR)** στην εκπαιδευτική πράξη αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της ωρίμανσης των συσκευών και της μείωσης του κόστους (Alalwan et al., 2024).

2.3 Πλεονεκτήματα και Προκλήσεις

Η αξιοποίηση της Εικονικής Πραγματικότητας (VR) στην Εκπαίδευση, συνδέεται με μία σειρά πλεονεκτημάτων και προκλήσεων. Αναφορικά με τα πλεονεκτήματα θα μπορούσαν να επισημανθούν ο **υψηλός βαθμός εμπύθισης (immersion)** που ενισχύει την εμπλοκή του μαθητή (Dede, 2009), η **εκμάθηση μέσω πράξης (learning by doing)**, η οποία είναι πιο αποτελεσματική σε σχέση με τη θεωρητική μάθηση, η **προσαρμογή στον ρυθμό του μαθητή (self-paced learning)** καθώς και η **ανάπτυξη δεξιοτήτων ανώτερης τάξης** όπως επίλυση προβλημάτων και λήψη αποφάσεων.

Όσον αφορά τις αναδυόμενες προκλήσεις, θα μπορούσαν να επισημανθούν το κόστος εξοπλισμού, η ανάγκη για τεχνική υποστήριξη, η αντιμετώπιση φαινομένων όπως η κυβερνοναυτία (cybersickness) ή δυσφορία από τη χρήση VR, οι απαιτήσεις σε τεχνική εξοικείωση για καθηγητές και φοιτητές καθώς και η δυσκολία αξιολόγησης της επίδοσης σε περιβάλλοντα υψηλής διαδραστικότητας.

Η ένταξη της Εικονικής Πραγματικότητας (VR) στην τριτοβάθμια εκπαίδευση απαιτεί **διεπιστημονική συνεργασία**, παιδαγωγικό σχεδιασμό και μελέτη της αποτελεσματικότητάς της, ώστε να μη λειτουργεί ως εργαλείο τεχνολογικού εντυπωσιασμού, αλλά ως μέσο βαθύτερης κατανόησης (Radianti et al., 2020).

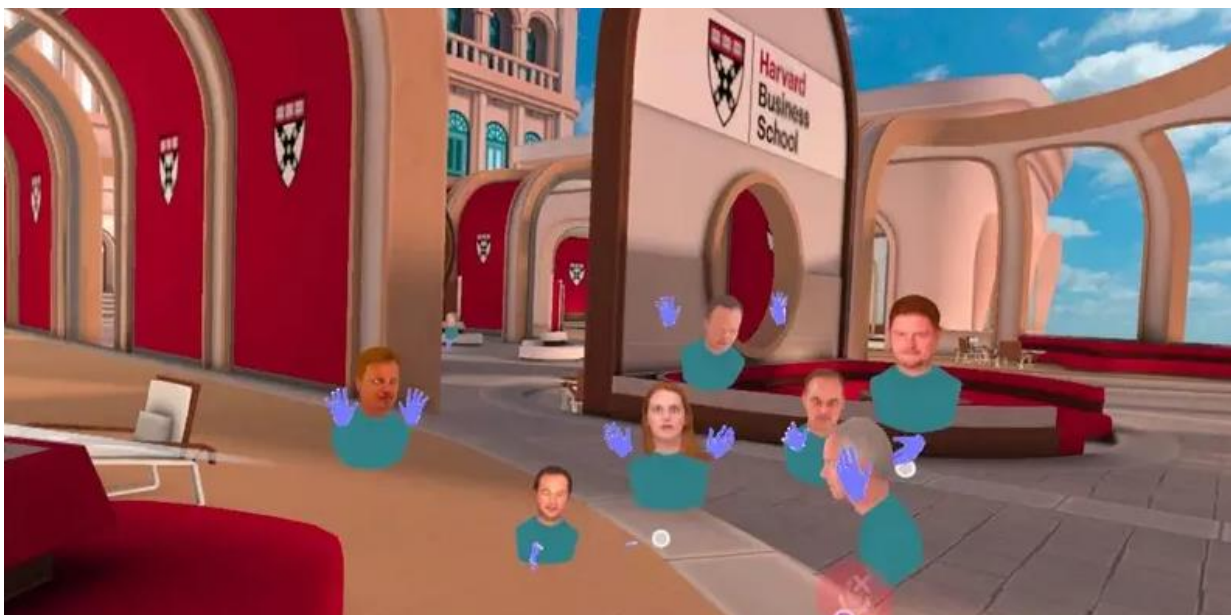
2.4 Εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας: Η Περίπτωση των Κοινωνικών και Εκπαιδευτικών Εκδηλώσεων

Η Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality - VR) εξελίσσεται πέρα από τις γνωστές εφαρμογές της, βρίσκοντας πρόσφορο έδαφος στη διοργάνωση **κοινωνικών και εκπαιδευτικών εκδηλώσεων**, προσφέροντας μια εναλλακτική λύση στις παραδοσιακές πλατφόρμες τηλεδιάσκεψης. Η τεχνολογία αυτή παρέχει τη δυνατότητα για τη δημιουργία **εμβυθιστικών (immersive)** εμπειριών, οι οποίες μπορούν να αντιμετωπίσουν την κόπωση που προκαλείται από

τις συνεχείς βιντεοκλήσεις, ενώ παράλληλα παρακάμπτουν γεωγραφικούς ή υγειονομικούς περιορισμούς.

Μια χαρακτηριστική περίπτωση εφαρμογής της Εικονικής Πραγματικότητας (VR) στον κοινωνικό τομέα καταγράφηκε με την πραγματοποίηση μιας **επανένωσης αποφοίτων (class reunion)** του προγράμματος MBA του Πανεπιστημίου του Harvard στο **metaverse** (Business Insider, 2022). Περίπου 90 απόφοιτοι συμμετείχαν στην ψηφιακή εκδήλωση, η οποία σχεδιάστηκε αρχικά ως απάντηση στους περιορισμούς της πανδημίας COVID-19. Η επιλογή του metaverse αντί του Zoom ανέδειξε την αναζήτηση για μια **πιο δυναμική και διαδραστική μορφή** επικοινωνίας.

Το γεγονός αυτό υπογραμμίζει τις **δυνατότητες της τεχνολογίας VR** για τη διοργάνωση εκδηλώσεων μεγάλης κλίμακας, προσφέροντας στους συμμετέχοντες μια αίσθηση **φυσικής παρουσίας και κοινής εμπειρίας** που είναι δύσκολο να επιτευχθεί μέσω των συμβατικών μέσων. Ωστόσο, αναδεικνύονται και οι προκλήσεις: το ίδιο περιστατικό υποδηλώνει ότι η τεχνολογία Εικονικής Πραγματικότητας **χρειάζεται σημαντική βελτίωση** προτού γίνει ευρέως αποδεκτή και υιοθετηθεί (Business Insider, 2022).



Η εφαρμογή της Εικονικής Πραγματικότητας (VR) στη διοργάνωση κοινωνικών εκδηλώσεων, προσφέρει μια εναλλακτική, καθηλωτική εμπειρία, πέρα από τις παραδοσιακές τηλεδιασκέψεις. Εικόνα από το reunion αποφοίτων του Harvard στο Metaverse

2.5 Η Σύγκλιση VR και Τεχνητής Νοημοσύνης: Το Νέο Παράδειγμα στην Εκπαίδευση

Η πιο σημαντική εξέλιξη στην εκπαιδευτική τεχνολογία κατά την περίοδο 2024-2025 είναι η λειτουργική σύγκλιση της Εικονικής Πραγματικότητας με την Παραγωγική Τεχνητή Νοημοσύνη (Generative AI). Σύμφωνα με τους **Shirazi et al. (2024)**, η ενσωμάτωση Μεγάλων Γλωσσικών Μοντέλων (LLMs) εντός των VR περιβαλλόντων επιτρέπει τη δημιουργία «Νοημόνων Εικονικών Πρακτόρων» (Intelligent Virtual Agents). Αυτοί οι πράκτορες δεν ακολουθούν προκαθορισμένα σενάρια (scripts), αλλά μπορούν να διεξάγουν φυσικό διάλογο με τον φοιτητή, προσαρμόζοντας τις απαντήσεις τους στο επίπεδο κατανόησής του.

Στη διδακτική των Διοικητικών Επιστημών, αυτή η εξέλιξη μεταμορφώνει τις προσομοιώσεις ηγεσίας και διαπραγμάτευσης. Ο φοιτητής μπορεί πλέον να εισέλθει σε μια εικονική αίθουσα συνεδριάσεων όπου οι AI-driven χαρακτήρες αντιδρούν με βάση σύνθετα ψυχολογικά μοντέλα και οικονομικά δεδομένα. Η έρευνα των **Li et al. (2024)** καταδεικνύει ότι αυτή η «προσαρμοστική εμπύθιση» ενισχύει την κριτική σκέψη, καθώς ο εκπαιδευόμενος καλείται να διαχειριστεί απρόβλεπτες καταστάσεις που προσομοιώνουν την πολυπλοκότητα του πραγματικού επιχειρηματικού κόσμου.

2.6 Immersive Learning Analytics (ILA): Η AI ως Εργαλείο Αξιολόγησης

Μια άλλη κρίσιμη πτυχή της σύγχρονης VR είναι η χρήση της AI για την ανάλυση της μαθησιακής συμπεριφοράς σε πραγματικό χρόνο. Οι σύγχρονες συσκευές VR ενσωματώνουν αισθητήρες παρακολούθησης βλέμματος (eye-tracking) και ανάλυσης κίνησης. Οι **Tzortzoglou et al. (2023)** αναφέρουν ότι οι αλγόριθμοι Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) μπορούν να επεξεργαστούν αυτά τα δεδομένα για να μετρήσουν το «Γνωστικό Φορτίο» (Cognitive Load) του φοιτητή.

Για παράδειγμα, αν ένας φοιτητής Χρηματοοικονομικών παρατηρεί ένα περίπλοκο τρισδιάστατο γράφημα στο VR περιβάλλον, η AI μπορεί να εντοπίσει αν υπάρχει σύγχυση από τις κινήσεις των ματιών του και να παρέχει αυτόματα επιπλέον οπτικά βοηθήματα ή επεξηγήσεις. Αυτή η εξατομικευμένη ανατροφοδότηση (Adaptive Feedback) αποτελεί την αιχμή του δόρατος στην εκπαιδευτική έρευνα του 2025, καθώς επιτρέπει στον διδάσκοντα να έχει μια πλήρη «ακτινογραφία» της προόδου του φοιτητή (**Villena Zapata et al., 2024**).

2.7 Το "Eduverse" και η Κοινωνική Παρουσία (Social Presence)

Το Metaverse, στην εκπαιδευτική του εκδοχή ως "Eduverse", αποτελεί την εξέλιξη της μεμονωμένης VR σε ένα συλλογικό ψηφιακό οικοσύστημα. Οι **Wang et al. (2023)** υποστηρίζουν ότι το κλειδί της επιτυχίας σε αυτά τα περιβάλλοντα είναι η «Κοινωνική Παρουσία». Οι φοιτητές δεν είναι πλέον μόνοι τους σε μια προσομοίωση, αλλά συμμετέχουν ως avatars σε εικονικά πανεπιστήμια. Η AI παίζει καθοριστικό ρόλο εδώ, λειτουργώντας ως «εικονικός μέντορας» που συντονίζει τις ομάδες εργασίας και διευκολύνει τη συνεργατική οικοδόμηση της γνώσης (collaborative knowledge construction).

2.8 Τεχνολογική Υποδομή και ο Ρόλος του Edge AI

Η αποτελεσματικότητα της VR στην εκπαίδευση εξαρτάται άμεσα από την τεχνική αρτιότητα της προσομοίωσης. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα του παρελθόντος ήταν η «ναυτία της κίνησης» (motion sickness), η οποία προκαλείται από την καθυστέρηση (latency) μεταξύ της κίνησης του χρήστη και της ανανέωσης της εικόνας. Σήμερα, η ενσωμάτωση του **Edge AI** (Τεχνητή Νοημοσύνη στην «άκρη» του δικτύου) επιτρέπει την επεξεργασία των δεδομένων κίνησης τοπικά στη συσκευή, μειώνοντας το latency σε επίπεδα κάτω των 20ms.

Σύμφωνα με τους **Croghan et al. (2025)**, η χρήση αλγορίθμων AI για το "Foveated Rendering" (επεξεργασία εικόνας υψηλής ανάλυσης μόνο στο σημείο που εστιάζει το μάτι) επιτρέπει τη δημιουργία εξαιρετικά φωτορεαλιστικών περιβαλλόντων χωρίς την ανάγκη πανάκριβων υπολογιστών. Για έναν φοιτητή Διοίκησης Επιχειρήσεων, αυτό σημαίνει ότι μπορεί να περιηγηθεί σε μια εικονική εφοδιαστική αλυσίδα ή ένα εργοστάσιο με απόλυτη λεπτομέρεια, παρατηρώντας διαδικασίες που θα ήταν αδύνατο να δει σε ένα απλό βίντεο.

2.9 Ανάπτυξη Ήπιων Δεξιοτήτων (Soft Skills) μέσω AI-Driven VR

Ενώ η VR χρησιμοποιείται συχνά για τεχνική εκπαίδευση, η σύγχρονη τάση το 2025 επικεντρώνεται στα "Soft Skills". Η AI επιτρέπει τη δημιουργία σεναρίων όπου ο φοιτητής πρέπει να διαχειριστεί μια κρίση ηγεσίας ή μια δύσκολη απόλυση προσωπικού.

Όπως αναφέρουν οι **Sima et al. (2024)**, οι προσομοιώσεις αυτές προσφέρουν ένα «ασφαλές περιβάλλον αποτυχίας» (safe space to fail). Η AI αναλύει όχι μόνο τι λέει ο φοιτητής, αλλά και τον τόνο της φωνής του ή τη γλώσσα του σώματός του μέσα στον εικονικό κόσμο. Αυτό το

επίπεδο ανάλυσης μετατρέπει τη VR από ένα απλό οπτικό μέσο σε έναν «προσωπικό προπονητή» (AI Coach) που παρέχει εξατομικευμένες συμβουλές βελτίωσης μετά από κάθε συνεδρία.

2.10 Ηθική και Δεοντολογία στη χρήση AI-Driven VR

Η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στα εικονικά περιβάλλοντα φέρνει στο προσκήνιο νέα ηθικά διλήμματα. Καθώς οι AI αλγόριθμοι συλλέγουν βιομετρικά δεδομένα (όπως η διαστολή της κόρης του οφθαλμού ή ο ρυθμός της αναπνοής), τίθενται κρίσιμα ερωτήματα σχετικά με την προστασία των προσωπικών δεδομένων των φοιτητών. Σύμφωνα με τους **Ruiz-Palmero et al. (2025)**, η «Νευρο-ηθική» (Neuro-ethics) στον τομέα του VR learning είναι ένα αναδυόμενο πεδίο μελέτης.

Στην εκπαίδευση διοικητικών στελεχών, η AI μπορεί να δημιουργήσει "βαθιά ψευδή" (Deepfakes) εικονικών πελατών ή υπαλλήλων για σενάρια διαχείρισης κρίσεων. Η πρόκληση έγκειται στη διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ του ρεαλισμού της προσομοίωσης και της ψυχικής ευημερίας του φοιτητή, διασφαλίζοντας ότι η AI δεν θα χρησιμοποιηθεί για τη χειραγώγηση των συναισθημάτων του κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας.

2.11 ROI (Return on Investment) της VR Εκπαίδευσης στις Επιχειρήσεις

Μια ακόμη κρίσιμη παράμετρος η οποία λαμβάνει αξία μέσω των τεχνολογιών αιχμής που μελετώνται στην παρούσα εργασία, είναι εκείνη της επενδυτικής απόδοσης της εκπαίδευσης των Ανθρωπίνων Πόρων ενός οργανισμού ή μίας εταιρείας. Η αξιοποίηση της παραμέτρου αυτής αποτιμάται μέσω του δείκτη ROI (Return on Investment) ή Απόδοση Επένδυσης. Η AI βοηθά στον υπολογισμό του ROI της VR εκπαίδευσης. Οι **Market Growth Reports (2025)** δείχνουν ότι οι επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν VR σε συνδυασμό με AI analytics μειώνουν τον χρόνο εκπαίδευσης κατά 40% και αυξάνουν τη διατήρηση της γνώσης κατά 70%.

Η AI μπορεί να προβλέψει ποιοι υπάλληλοι θα χρειαστούν επανεκπαίδευση (upskilling) αναλύοντας τις επιδόσεις τους μέσα στο VR περιβάλλον. Αυτό το "Προγνωστικό Μοντέλο Εκπαίδευσης" (Predictive Training Model) επιτρέπει στα τμήματα HR να κατανέμουν τους πόρους τους πιο αποδοτικά, μετατρέποντας την εκπαίδευση από κόστος σε επένδυση με μετρήσιμα αποτελέσματα.

3. Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality) στην Εκπαίδευση

3.1 Ορισμός και Παραδείγματα Χρήσης

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality - AR) αναφέρεται στην ενσωμάτωση ψηφιακού περιεχομένου (όπως εικόνες, 3D αντικείμενα ή πληροφορίες) στον πραγματικό κόσμο, σε πραγματικό χρόνο. Σε αντίθεση με την Εικονική Πραγματικότητα (VR), η οποία δημιουργεί ένα πλήρως εικονικό περιβάλλον, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) διατηρεί την επαφή του χρήστη με το φυσικό περιβάλλον, εμπλουτίζοντάς το με εικονικά στοιχεία (Azuma, 1997).

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) χρησιμοποιείται ευρέως στην εκπαίδευση για τη δημιουργία διαδραστικών εμπειριών, μέσω κινητών συσκευών (π.χ. smartphones, tablets), έξυπνων γυαλιών (π.χ. Microsoft HoloLens), καθώς και εφαρμογών που αναγνωρίζουν οπτικά μοτίβα (image-based AR) ή γεωγραφικές συντεταγμένες (location-based AR).

Ως ενδεικτικά παραδείγματα χρήσης της Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) στην εκπαίδευση, θα μπορούσαν να αναφερθούν η προβολή 3D μοντέλων ανατομίας σε φοιτητές ιατρικής τα διαδραστικά οικονομικά γραφήματα που εμφανίζονται πάνω σε εκτυπώσιμες κάρτες καθώς και τα παιχνίδια που βοηθούν στην κατανόηση ιστορικών ή επιχειρησιακών γεγονότων.

Η τεχνολογία αυτή προάγει την παρατήρηση, την πειραματική μάθηση και την ενεργή ανακάλυψη γνώσης (Kaufmann & Schmalstieg, 2003).

3.2 Εκπαιδευτική Ενσωμάτωση

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) ενισχύει τη διδασκαλία καθώς μετατρέπει την καθημερινή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον σε μαθησιακή ευκαιρία. Σε εκπαιδευτικά σενάρια όπου κυριαρχεί η αφηρημένη σκέψη, όπως στα Μαθηματικά και τις Οικονομικές Επιστήμες η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) συμβάλλει στην οπτικοποίηση εννοιών, επιτρέποντας στους μαθητές να τις βιώσουν σε τρισδιάστατη, απτική και κινητική μορφή (Wu et al., 2013).

Η επιτυχής ενσωμάτωσή της απαιτεί διδακτικό σχεδιασμό προσαρμοσμένο στις ανάγκες των μαθητών, διασφάλιση γνωστικής συνέπειας (να μην αποσπάται ο μαθητής από το περιεχόμενο λόγω της τεχνολογίας) καθώς επίσης εκπαίδευση των εκπαιδευτικών στη χρήση της.

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη διδασκαλία θεμάτων που σχετίζονται με χωρικές ή μη παρατηρήσιμες έννοιες, όπως, για παράδειγμα, η αλληλεπίδραση στρατηγικών αποφάσεων μεταξύ ανταγωνιστών.

Τα τελευταία χρόνια, η βιβλιογραφία για την εκπαιδευτική Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) έχει εμπλουτιστεί με σημαντικές μελέτες που τεκμηριώνουν τη θετική της επίδραση στη μάθηση. Οι Akçayır & Akçayır (2020) διαπιστώνουν ότι η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) ενισχύει τη χωρική αντίληψη και τη μεταφορά γνώσης, ενώ η meta-analysis των Garzón & Acevedo (2021) επιβεβαιώνει ότι η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) οδηγεί σε υψηλότερη επίδοση συγκριτικά με παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας.

Επιπλέον, οι Ibáñez et al. (2020) τονίζουν ότι η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) προάγει τη συνεργατική μάθηση όταν ενσωματώνεται σε ομαδικές δραστηριότητες, ενώ πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η τεχνολογία βοηθά τους φοιτητές να κατανοήσουν αφηρημένες έννοιες μέσω χειραπτικής και ενσώματης αλληλεπίδρασης (Radu & Schneider, 2021).

Παράλληλα, η αυξανόμενη υιοθέτηση της Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) σε πανεπιστημιακά περιβάλλοντα οφείλεται στην απλότητα χρήσης και στη δυνατότητα αξιοποίησης φορητών συσκευών, όπως smartphones και tablets (Jung & Nguyen, 2023).

Νεότερα ευρήματα δείχνουν, επίσης, ότι η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) επηρεάζει θετικά την ενσώματη μάθηση, τη συγκέντρωση και τη χρονική διατήρηση της πληροφορίας (Huang & Liao, 2024).

3.3 Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) ως Εκπαιδευτικό Εργαλείο σε Μουσεία και Αρχαιολογικούς Χώρους

Στον τομέα του Πολιτιστικού Τουρισμού, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) αναδεικνύεται σε ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο, ειδικά για μουσεία και αρχαιολογικούς χώρους. Η AR υπερθέτει ψηφιακά στοιχεία στον πραγματικό κόσμο, εμπλουτίζοντας το περιβάλλον του επισκέπτη χωρίς να τον απομονώνει, μετασχηματίζοντας την απλή επίσκεψη σε μια ολιστική εκπαιδευτική εμπειρία.

Ο πρωταρχικός ρόλος της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) είναι η αναβίωση και η οπτική ανακατασκευή του παρελθόντος. Σε αρχαιολογικούς χώρους, όπου συχνά διατηρούνται μόνο

ερείπια, η AR επιτρέπει στους επισκέπτες να δουν τρισδιάστατα μοντέλα (3D) της αρχικής μορφής των μνημείων ή των κτισμάτων μέσω μιας φορητής συσκευής (Rauschnabel et al., 2017). Αυτή η λειτουργία είναι κρίσιμη για την βιωματική μάθηση και τη διδασκαλία της Ιστορίας, καθώς μετατρέπει την παθητική παρατήρηση σε μια δυναμική και συναισθηματικά συνδεδεμένη εμπειρία, ενισχύοντας την κατανόηση του ιστορικού πλαισίου (Yoncheva et al., 2012).

Στην Ελλάδα, χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το έργο APSIM (“APplications of situated SIMulations”), το οποίο υλοποιείται στο πλαίσιο του Εθνικού Σχεδίου Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας Ελλάδα 2.0 με τη χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης – NextGenerationEU και στοχεύει στην ανάδειξη του ελληνικού πολιτισμού μέσω της ανάπτυξης εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) για επιλεγμένους αρχαιολογικούς χώρους και μουσεία, όπως η Δήλος και το Δίον Πιερίας (Athinorama, 2023). Οι επισκέπτες, κάνοντας χρήση της εφαρμογής, μπορούν να δουν τα επιλεγμένα εκθέματα και μνημεία (όπως τα Προπύλαια της Δήλου) να αναπαρίστανται ψηφιακά, αναβαθμίζοντας τη μουσειακή εμπειρία και ενισχύοντας τη γνώση (Athinorama, 2023).

Η ανάπτυξη εγχώριων πρωτοβουλιών στον τομέα της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) επιβεβαιώνει τη στρατηγική σημασία της τεχνολογίας για μία σύγχρονη εκπαιδευτική προσέγγιση στον πολιτιστικό τουρισμό. Ακόμη ένα εγχώριο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή COSMOTE CHRONOS, η οποία αναπτύχθηκε σε συνεργασία με το Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού και την Εφορεία Αρχαιοτήτων Αθηνών. Η εφαρμογή αξιοποιεί την Επαυξημένη (AR) και την Εικονική Πραγματικότητα (VR) για να προσφέρει στους επισκέπτες του Ιερού Βράχου της Ακρόπολης μια πρωτόγνωρη εμπειρία (COSMOTE Group, χ.χ.).

Μέσω της χρήσης της εφαρμογής, ο επισκέπτης μπορεί να δει σε πραγματικό χρόνο ψηφιακές αναπαραστάσεις της Ακρόπολης και των μνημείων της, όπως ήταν στην αρχαιότητα, με ιδιαίτερη έμφαση στην αναπαράσταση του Παρθενώνα (COSMOTE Group, χ.χ.). Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την εμβύθιση και τη βιωματική μάθηση, βοηθώντας τους χρήστες να κατανοήσουν το μέγεθος και την αρχική μορφή των μνημείων, λειτουργώντας έτσι ως ένα ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο που ενισχύει την πολιτιστική εμπειρία.

Στους μουσειακούς χώρους, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) επιτρέπει την εξατομίκευση της περιήγησης. Οι εφαρμογές μπορούν να προσαρμόζουν το επίπεδο και το είδος της πληροφορίας ανάλογα με το προφίλ του χρήστη (π.χ., διαφορετικές πληροφορίες για ενήλικες και παιδιά). Ο επισκέπτης μπορεί να στρέψει τη συσκευή του σε ένα έκθεμα και να λάβει λεπτομερείς, διαδραστικές πληροφορίες ή να παρακολουθήσει σχετικά βίντεο. Επιπλέον, η AR διευκολύνει την παιχνιδοποίηση (Gamification) της επίσκεψης, δημιουργώντας εκπαιδευτικά παιχνίδια και «κυνήγια θησαυρού» που ενθαρρύνουν την ενεργή αλληλεπίδραση με τα εκθέματα και τη μάθηση μέσω του παιχνιδιού (Rauschnabel et al., 2017).

Συνολικά, τόσο η Εικονική Πραγματικότητα (VR) όσο και η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) αναδεικνύουν τις νέες δυνατότητες των ψηφιακών τεχνολογιών να εμπλουτίζουν τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούμε κοινωνικά και προσλαμβάνουμε την εκπαιδευτική και πολιτιστική πληροφορία.



Το πρόγραμμα CHRONOS, παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να βλέπει, μέσα από την οθόνη του κινητού του τηλεφώνου, στοιχεία των μνημείων της Ακρόπολης, που δεν υφίστανται σήμερα, εξαιτίας κυρίως της φθοράς από την πάροδο του χρόνου, ταξιδεύοντας με αυτόν τον τρόπο στην ιστορική εικόνα των εκθεμάτων

3.4 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί

Η αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) στην Εκπαίδευση, συνδέεται με μία σειρά από πλεονεκτήματα αλλά και περιορισμούς. Αναφορικά με τα πλεονεκτήματα θα μπορούσαν να επισημανθούν ο εμπλουτισμός του μαθησιακού περιβάλλοντος, που συνδυάζει θεωρία με πράξη, η ενεργητική εμπλοκή του μαθητή, η υποστήριξη διαφοροποιημένης διδασκαλίας, ανάλογα με τις μαθησιακές ανάγκες καθώς και η βελτιωμένη απορρόφηση της πληροφορίας, ιδίως σε δύσκολες ή αφηρημένες έννοιες.

Όσον αφορά τους σχετιζόμενους περιορισμούς, θα μπορούσαν να επισημανθούν η ανάγκη για πρόσβαση σε κατάλληλο τεχνολογικό εξοπλισμό, η περιορισμένη διαθεσιμότητα αξιόπιστων εφαρμογών Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) για ανώτατη εκπαίδευση, ο κίνδυνος “τεχνολογικού εντυπωσιασμού” εις βάρος της εκπαιδευτικής ουσίας (Bacca et al., 2014) καθώς και η δυσκολία στη σχεδίαση και προγραμματισμό, ειδικά όταν απαιτείται ενσωμάτωση με εκπαιδευτικά σενάρια υψηλής πολυπλοκότητας (όπως η Θεωρία Παιγνίων).

Ωστόσο, όταν αξιοποιείται κατάλληλα, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) δύναται να υποστηρίξει την ενεργητική, βιωματική και εστιασμένη στη διερεύνηση μάθηση, με σαφή οφέλη στην εκπαιδευτική πράξη (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

3.5 AR και Computer Vision: Η Νοημοσύνη της Εικόνας

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα το 2025 βασίζεται σε προηγμένους αλγορίθμους Computer Vision (Υπολογιστική Όραση). Σε αντίθεση με τις παλαιότερες εφαρμογές που απαιτούσαν ειδικούς κώδικες (markers), η σύγχρονη AR αναγνωρίζει αντικείμενα του φυσικού χώρου και επικολλά πάνω τους ψηφιακές πληροφορίες με απόλυτη ακρίβεια.

Στη διδασκαλία των Οικονομικών, αυτό επιτρέπει τη μετατροπή ενός απλού στατικού πίνακα σε ένα διαδραστικό εργαλείο. Σύμφωνα με τους **Nor Hafizah et al. (2025)**, η χρήση AR γυαλιών (όπως τα Apple Vision Pro ή τα Meta Quest 3) επιτρέπει στους φοιτητές να βλέπουν live χρηματιστηριακά δεδομένα να «επιπλέουν» πάνω από τα βιβλία τους, συνδέοντας άμεσα τη θεωρία με την τρέχουσα οικονομική πραγματικότητα.

3.6 Η AR ως Γέφυρα μεταξύ Φυσικού και Ψηφιακού Χώρου στη Διοίκηση

Η AR προσφέρει το πλεονέκτημα της «πλαισιοποιημένης μάθησης» (contextual learning). Οι **Rullyana & Triandari (2024)** τονίζουν ότι η AR επιτρέπει στους φοιτητές να παραμένουν συνδεδεμένοι με το φυσικό περιβάλλον της αίθουσας, ενώ ταυτόχρονα αλληλεπιδρούν με ψηφιακά μοντέλα AI. Αυτό μειώνει το αίσθημα της απομόνωσης που συχνά προκαλεί η VR και ενισχύει τη διαδραστικότητα κατά τη διάρκεια της παράδοσης.

Στην παρούσα εργασία, η εφαρμογή που αναπτύχθηκε (χρησιμοποιώντας τεχνολογίες WebAR και JavaScript) στοχεύει ακριβώς σε αυτό: στην παροχή μιας προσβάσιμης, ευέλικτης και νοημόνης εκπαιδευτικής εμπειρίας που δεν απαιτεί ακριβό εξοπλισμό, αλλά αξιοποιεί τη δύναμη της AI για την οπτικοποίηση στρατηγικών παιγνίων.

3.7 Spatial Computing: Η Εξέλιξη της AR στη Διοικητική Επιστήμη

Ο όρος "Spatial Computing" (Χωρική Υπολογιστική), που εισήχθη δυναμικά στην αγορά πρόσφατα, αποτελεί την εξέλιξη της AR. Δεν πρόκειται πλέον για μια απλή επικάλυψη πληροφοριών (overlay), αλλά για την πλήρη κατανόηση του φυσικού χώρου από τη συσκευή. Η AI χαρτογραφεί το δωμάτιο του φοιτητή και το μετατρέπει σε ένα διαδραστικό κέντρο επιχειρήσεων (Operations Center).

Σύμφωνα με τους **Dudhee & Vukovic (2023)**, αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στους φοιτητές να «εκτελούν» παίγνια στρατηγικής πάνω στο γραφείο τους, όπου οι ψηφιακοί παίκτες (AI agents) αλληλεπιδρούν με φυσικά αντικείμενα. Αυτή η φυσικότητα της αλληλεπίδρασης μειώνει το γνωστικό φορτίο και επιτρέπει στον εγκέφαλο να εστιάσει στη στρατηγική λήψη αποφάσεων αντί στον χειρισμό του λογισμικού.

3.8 AR και η Οικονομία των Δεδομένων (Data Economy)

Στο πλαίσιο των Χρηματοοικονομικών, η AR λειτουργεί ως ένας μεγεθυντικός φακός για τα Big Data. Η AI φιλτράρει τεράστιους όγκους δεδομένων αγοράς και παρουσιάζει στον φοιτητή μόνο τα κρίσιμα στοιχεία μέσω AR γραφημάτων.

Η έρευνα των **Ratmono et al. (2024)** δείχνει ότι η οπτικοποίηση σύνθετων οικονομικών παραγώγων σε τρισδιάστατη μορφή αυξάνει την ταχύτητα κατανόησης κατά 40% σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους. Η ικανότητα της AI να προβλέπει τάσεις και να τις οπτικοποιεί σε

πραγματικό χρόνο μέσω AR, προετοιμάζει τους αυριανούς αναλυτές για ένα περιβάλλον όπου η ταχύτητα πληροφορίας είναι το κύριο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

3.9 Συνεργατική AR (Collaborative AR) και Remote AI Assistance

Η σύγχρονη τάση στην AR είναι η δυνατότητα πολλών χρηστών να βλέπουν και να αλληλεπιδρούν με το ίδιο ψηφιακό αντικείμενο στον φυσικό χώρο ταυτόχρονα. Η AI λειτουργεί εδώ ως "διαμεσολαβητής" (orchestrator). Σε ένα σενάριο Θεωρίας Παιγνίων, δύο φοιτητές μπορούν να κάθονται σε διαφορετικά μέρη και να βλέπουν μέσω AR γυαλιών ένα κοινό "τραπέζι διαπραγμάτευσης" στο δωμάτιό τους.

Η AI αναλύει τις κινήσεις και τις στρατηγικές τους σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας "έξυπνες υποδείξεις" (hints) ή αναδεικνύοντας τις επιπτώσεις των αποφάσεών τους μέσω δυναμικών γραφημάτων που εμφανίζονται πάνω στο τραπέζι. Όπως αναφέρουν οι **Nor Hafizah et al. (2025)**, αυτή η μορφή "Κοινωνικής AR" (Social AR) ενισχύει την ομαδική εργασία και την ικανότητα επίλυσης συγκρούσεων σε εικονικά αλλά πλατυστοποιημένα περιβάλλοντα.

3.10 Η AR στην Εφοδιαστική Αλυσίδα και το Marketing (Case Studies)

Για να εμπλουτίσεις την εργασία, μπορείς να αναφέρεις πώς η AR, υποβοηθούμενη από AI, αλλάζει τη Διοίκηση Παραγωγής. Στις αποθήκες (Smart Warehousing), η AI καθοδηγεί τον εργαζόμενο μέσω AR γυαλιών στην πιο σύντομη διαδρομή για τη συλλογή προϊόντων (picking), μειώνοντας τα λάθη σχεδόν στο μηδέν.

Αντίστοιχα στο Marketing, η AI αναλύει το προφίλ του καταναλωτή και μέσω AR προβάλλει εξατομικευμένες προσφορές πάνω στα προϊόντα στα ράφια των καταστημάτων. Η ενσωμάτωση τέτοιων παραδειγμάτων στην εργασία σου δείχνει στον καθηγητή ότι κατανοείς την πρακτική εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών στον πραγματικό επιχειρηματικό κόσμο.

4. Θεωρία Παιγνίων: Επιστημονικό Πλαίσιο και Διδακτική Αξιοποίηση

4.1 Ιστορική Αναδρομή και Βασικές Έννοιες

Η **Θεωρία Παιγνίων** (Game Theory) αποτελεί ένα διεπιστημονικό πεδίο που εξετάζει τις στρατηγικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ φορέων (παικτών), οι οποίοι λαμβάνουν αποφάσεις επιδιώκοντας το μέγιστο όφελος, σε περιβάλλοντα όπου η επιτυχία του καθενός εξαρτάται από τις επιλογές των άλλων (Myerson, 1991). Αναπτύχθηκε αρχικά στο πλαίσιο των μαθηματικών και της οικονομικής θεωρίας, αλλά έκτοτε έχει βρει εφαρμογές στη Βιολογία, την Πολιτική Επιστήμη, την Ψυχολογία, τη Διοίκηση Επιχειρήσεων και, προσφάτως, στην εκπαιδευτική τεχνολογία.

Το θεμελιώδες έργο των von Neumann και Morgenstern (1944), *Theory of Games and Economic Behavior*, καθιέρωσε τη μαθηματική θεμελίωση της θεωρίας. Ο John Nash συνέβαλε καθοριστικά με την έννοια της **ισορροπίας Nash**, δηλαδή μιας κατάστασης στην οποία κανένας παίκτης δεν έχει κίνητρο να μεταβάλει μονομερώς τη στρατηγική του, καθώς έχει ήδη βέλτιστο αποτέλεσμα δεδομένων των επιλογών των υπολοίπων (Nash, 1950).

Οι κύριες έννοιες που συναντά κανείς στην μελέτη της Θεωρίας Παιγνίων (Game Theory), είναι οι έννοιες των **παικτών (players)**, δηλαδή των οντοτήτων που λαμβάνουν αποφάσεις, των **στρατηγικών (strategies)**, μίας έννοιας που αντιστοιχεί στο σύνολο των επιλογών που έχει κάθε παίκτης στη διάθεσή του, των **αποδόσεων (payoffs)**, δηλαδή των αποτελεσμάτων που προκύπτουν για κάθε παίκτη, ανάλογα με τις επιλεγμένες στρατηγικές, του **πίνακα αποδόσεων (payoff matrix)**, δηλαδή ενός μηχανισμού καταγραφής και παρουσίασης των πιθανών αποτελεσμάτων, καθώς επίσης και την ιδιαίτερος κρίσιμη έννοια της **ισορροπίας (equilibrium)**, μίας κατάστασης σταθερότητας όπου καμία αλλαγή στρατηγικής δεν βελτιώνει το αποτέλεσμα ενός παίκτη.

Η Θεωρία Παιγνίων (Game Theory) δίνει έμφαση στη **στρατηγική αλληλεξάρτηση**, όπου η επιτυχία κάθε συμμετέχοντα δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τις δικές του ενέργειες, αλλά και από τη συμπεριφορά των άλλων.

Τα τελευταία χρόνια, η έρευνα στη Θεωρία Παιγνίων (**Game Theory**) έχει προχωρήσει πέρα από τις κλασικές αναλύσεις, δίνοντας έμφαση σε δυναμικά και επαναλαμβανόμενα περιβάλλοντα, στην επίδραση της πολυπλοκότητας (π.χ. μνήμη, λάθη, ασυμμετρίες

πληροφοριών) και στη χρήση υπολογιστικών μεθόδων/μοντέλων μηχανικής μάθησης για την μελέτη στρατηγικών συμπεριφορών. Νεότερες μελέτες δείχνουν ότι η εμφάνιση συνεργασίας σε επαναλαμβανόμενα παιχνίδια εξαρτάται κρίσιμα από παράγοντες όπως ο θόρυβος (errors), η δυνατότητα «συγχρονισμένης» αναγνώρισης μεταξύ παικτών, η διάρκεια (horizon) του παιχνιδιού, καθώς και από την αμοιβαία ικανότητα τιμωρίας και συγχώρεσης (Proto et al., 2022; Glynatsi, 2024). Με άλλα λόγια, η κλασική εικόνα «Tit-for-Tat = βέλτιστο» αναθεωρείται: σύγχρονες αναλύσεις αναδεικνύουν ότι «nice», «retaliatory» αλλά και «forgiving» συμπεριφορές μπορούν να συνδυαστούν σε πιο σύνθετες — και πιο αποδοτικές — στρατηγικές, ειδικά σε περιβάλλοντα με λάθη ή πολλαπλά κανάλια αλληλεπίδρασης (Atef, 2024; Gross et al., 2023).

Να σημειωθεί ότι η στρατηγική Tit-for-Tat (TFT) — «ξεκίνα συνεργασία, μετά επανάλαβε την κίνηση του αντιπάλου» — διατηρεί την ιστορική και παιδαγωγική αξία της ως παράδειγμα «ευανάγνωστης» στρατηγικής που ενθαρρύνει συνεργασία (Axelrod, 1984). Ωστόσο, νέες αναλύσεις πολλών σύγχρονων εφαρμογών επαναλαμβανόμενου Διλήμματος του Φυλακισμένου (Iterated Prisoner's Dilemma - IPD) και θεωρητικές μελέτες δείχνουν ότι υπάρχουν καταστάσεις όπου πιο ευέλικτες παραλλαγές (π.χ. Generous TFT, Forgiving TFT, Win-Stay-Lose-Shift, ή μίξεις στρατηγικών με μικρή μνήμη) υπερέχουν σε στατιστικό επίπεδο, ειδικά παρουσία θορύβου και αβεβαιότητας (Glynatsi, 2024; Atef, 2024). Επιπλέον, οι Press-Dyson οικογένειες στρατηγικών (που εισήχθησαν στην προηγούμενη βιβλιογραφία) αποκάλυψαν νέες δυναμικές (με έννοιες όπως «extortion»), ωστόσο οι πρακτικές τους προεκτάσεις σε ανθρώπινα περιβάλλοντα παραμένουν υπό έλεγχο λόγω ηθικών/συνεργατικών ζητημάτων (Press & Dyson, 2012).

Για εκπαιδευτικές προσομοιώσεις όπως η δική μας (web-based Prisoner's Dilemma), τα παραπάνω ευρήματα έχουν άμεση πρακτική σημασία: (α) η ένταξη επιλογών «Tit-for-Tat» ή «Generous TFT» στο AI agent προσφέρει στους φοιτητές τη δυνατότητα να παρατηρήσουν την εξέλιξη συνεργασίας σε επαναλαμβανόμενους γύρους· (β) η προσθήκη παράγοντα θορύβου (π.χ. σφάλμα εκτέλεσης επιλογής με $p=0.05$) βοηθά να δουν πώς οι συγχωρητικές στρατηγικές επιτρέπουν ανάκαμψη από λάθη· (γ) πολυγύροι (iterated play) και aggregation scoring επιτρέπουν στο τέλος της συνεδρίας να προκύψει ο «νικητής» βάσει σωρευτικών payoff — αυτό προσομοιώνει πραγματικές συνθετότερες αποφάσεις στη διοίκηση και οικονομία και επιτρέπει πλούσια εκπαιδευτική συζήτηση (Proto et al., 2022; Gross et al., 2023).

4.2 Τύποι Παιγνίων

Τα παιχνίδια διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με τη φύση των παικτών, της πληροφόρησης και της χρονικής διάστασης.

i. Σύμφωνα με τη συνεργασία:

- **Συνεργατικά παιχνίδια (Cooperative):** Οι παίκτες μπορούν να σχηματίσουν δεσμευτικές συμμαχίες για κοινό όφελος.
- **Μη συνεργατικά παιχνίδια (Non-cooperative):** Κάθε παίκτης ενεργεί ατομικά.

ii. Σύμφωνα με το άθροισμα των αποδόσεων:

- **Παιχνίδια μηδενικού αθροίσματος (Zero-sum):** Το κέρδος ενός παίκτη ισοδυναμεί με τη ζημία ενός άλλου.
- **Παιχνίδια μεταβλητού αθροίσματος (Variable-sum):** Υπάρχει περιθώριο για αμοιβαίο όφελος ή ζημία.

iii. Σύμφωνα με την πληροφόρηση:

- **Πλήρους πληροφόρησης (Complete information):** Όλοι γνωρίζουν τις στρατηγικές και τα payoffs.
- **Ατελούς πληροφόρησης (Incomplete information):** Υπάρχουν αβεβαιότητες ως προς τα χαρακτηριστικά ή τις στρατηγικές των άλλων παικτών.

iv. Σύμφωνα με τη χρονική ροή:

- **Στατικά παιχνίδια (Simultaneous):** Όλες οι επιλογές γίνονται ταυτόχρονα.
- **Δυναμικά παιχνίδια (Sequential):** Υπάρχει αλληλουχία κινήσεων, με δυνατότητα αντίδρασης.

4.3: Θεωρία Παιγνίων και Στρατηγική Λήψη Αποφάσεων

4.3.1 Εξελικτική Θεωρία Παιγνίων (Evolutionary Game Theory - EGT)

Η κλασική θεωρία παιγνίων υποθέτει ότι οι παίκτες είναι απόλυτα ορθολογικοί. Ωστόσο, στην πραγματική διοίκηση επιχειρήσεων, οι στρατηγικές εξελίσσονται μέσω της μάθησης και της μίμησης. Η Εξελικτική Θεωρία Παιγνίων (EGT) μελετά πώς οι στρατηγικές «επιβιώνουν» σε έναν πληθυσμό.

Κεντρική έννοια είναι η **Εξελικτικά Σταθερή Στρατηγική (Evolutionary Stable Strategy - ESS)**. Σύμφωνα με τον **Ruiz Contreras (2023)**, αν μια επιχείρηση υιοθετήσει μια ESS, κανένας «εισβολέας» (ανταγωνιστής με νέα στρατηγική) δεν μπορεί να την εκτοπίσει. Στην εργασία μας, αυτό εξηγεί γιατί ορισμένα επιχειρηματικά μοντέλα κυριαρχούν στην αγορά παρά την ύπαρξη θεωρητικά καλύτερων εναλλακτικών. Η χρήση της ΑΙ στις προσομοιώσεις μας επιτρέπει στους φοιτητές να δουν αυτή τη δυναμική εξέλιξη σε χιλιάδες επαναλήψεις μέσα σε δευτερόλεπτα.

4.3.2 Τριμερή Εξελικτικά Παίγνια: Κυβέρνηση, Επιχειρήσεις και Βιωσιμότητα

Μια σύγχρονη προσέγγιση (2025) στη διοικητική επιστήμη είναι η μοντελοποίηση των σχέσεων μεταξύ τριών παικτών. Οι **Long & Zhang (2025)** προτείνουν το "Tripartite Evolutionary Game" για την ανάλυση της πράσινης μετάβασης.

- **Η Κυβέρνηση** επιλέγει αν θα επιβάλει πρόστιμα ή θα δώσει επιδοτήσεις.
- **Οι Επιχειρήσεις** επιλέγουν μεταξύ παραδοσιακής ή πράσινης παραγωγής.
- **Οι Καταναλωτές** επιλέγουν βάσει τιμής και περιβαλλοντικής συνείδησης.

Το παίγνιο αυτό είναι εξαιρετικά σύνθετο γιατί η απόφαση του ενός επηρεάζει τις πιθανότητες επιτυχίας των άλλων δύο. Η οπτικοποίηση αυτού του μοντέλου σε περιβάλλον VR επιτρέπει στον φοιτητή να «πειράζει» τις παραμέτρους (π.χ. να αυξήσει τους φόρους) και να δει αμέσως πώς καταρρέει ή σταθεροποιείται η αγορά.

4.3.3 Αλγοριθμική Θεωρία Παιγνίων και Multi-Agent AI

Με την άνοδο της AI, τα παίγνια δεν παίζονται πλέον μόνο από ανθρώπους. Η **Αλγοριθμική Θεωρία Παιγνίων** μελετά τον σχεδιασμό μηχανισμών όπου οι παίκτες είναι αλγόριθμοι. Σύμφωνα με μελέτες στο **arXiv (2025)**, οι αλγόριθμοι **Multi-Agent Deep Reinforcement Learning (MADRL)** μπορούν να βρουν ισορροπίες Nash σε περιβάλλοντα με ελλιπή πληροφόρηση που ο ανθρώπινος νους αδυνατεί να επεξεργαστεί. Στη διδακτική των Χρηματοοικονομικών, αυτό είναι κρίσιμο για την κατανόηση του "High-Frequency Trading", όπου οι αλγόριθμοι ανταγωνίζονται σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Η εφαρμογή JavaScript που αναπτύχθηκε στην εργασία προσφέρει μια απλοποιημένη εκδοχή αυτού του ανταγωνισμού, επιτρέποντας στον φοιτητή να παίζει ενάντια σε μια AI που μαθαίνει από τις κινήσεις του.

4.3.4 Συμπεριφορική Θεωρία Παιγνίων (Behavioral Game Theory)

Εδώ εξετάζουμε την «ανθρώπινη πλευρά». Οι άνθρωποι συχνά επιδεικνύουν αλτρουισμό ή επιθυμία για δικαιοσύνη, παρεκκλίνοντας από το καθαρό οικονομικό κέρδος. Οι **Villena Zapata et al. (2024)** υποστηρίζουν ότι η χρήση VR/AR είναι το ιδανικό μέσο για τη μελέτη αυτών των παρεκκλίσεων. Σε ένα εικονικό «Παίγνιο του Τελεσιγράφου» (Ultimatum Game), η AI μπορεί να μετρήσει μέσω βιομετρικών δεδομένων την απογοήτευση ή τον θυμό του φοιτητή όταν δέχεται μια άδικη προσφορά. Αυτή η ενότητα προσφέρει μια βαθιά σύνδεση μεταξύ ψυχολογίας, οικονομικών και τεχνολογίας, κάτι που αναβαθμίζει το επίπεδο της διπλωματικής σας.

4.4 Μοντέλα Ανταγωνισμού σε Συνθήκες Ολιγοπωλίου

4.4.1 Ανταγωνισμός Ποσότητας: Το Υπόδειγμα Cournot

Στο μοντέλο Cournot, οι επιχειρήσεις ανταγωνίζονται επιλέγοντας ταυτόχρονα την ποσότητα παραγωγής τους. Το κεντρικό χαρακτηριστικό εδώ είναι ότι κάθε επιχείρηση θεωρεί την παραγωγή του ανταγωνιστή της ως δεδομένη.

Σύμφωνα με τον **Yuan et al. (2025)**, η σύγχρονη προσέγγιση του Cournot ενσωματώνει **Adaptive AI αλγορίθμους**. Οι επιχειρήσεις δεν βασίζονται πλέον σε στατικές προβλέψεις, αλλά χρησιμοποιούν "πράκτορες" Μηχανικής Μάθησης που προβλέπουν τις κινήσεις του ανταγωνιστή. Στο VR περιβάλλον της εργασίας μας, ο φοιτητής μπορεί να δει πώς η συνολική παραγωγή επηρεάζει την τιμή ισορροπίας της αγοράς. Αν και οι δύο επιχειρήσεις αυξήσουν την παραγωγή, η τιμή καταρρέει – ένα μάθημα στρατηγικής που γίνεται βιωματικό μέσω της οπτικοποίησης.

4.4.2 Ανταγωνισμός Τιμών: Το Υπόδειγμα Bertrand

Σε αντίθεση με το Cournot, στο μοντέλο Bertrand οι επιχειρήσεις ανταγωνίζονται στην τιμή. Εδώ προκύπτει το περίφημο "Παράδοξο Bertrand": ακόμα και με δύο μόνο επιχειρήσεις, ο ανταγωνισμός μπορεί να οδηγήσει την τιμή στο οριακό κόστος ($SP = MC\$$), εκμηδενίζοντας τα κέρδη.

Η ενσωμάτωση της AI εδώ (2025 Outlook) αφορά το **Dynamic Pricing (Δυναμική Τιμολόγηση)**. Οι αλγόριθμοι AI των εταιρειών (π.χ. Amazon, αεροπορικές εταιρείες) παίζουν ένα διαρκές παίγνιο Bertrand. Η μελέτη των **Tian et al. (2025)** δείχνει ότι όταν δύο AI ανταγωνίζονται στην τιμή, συχνά καταλήγουν σε "σιωπηρή σύμπραξη" (tacit collusion), διατηρώντας τις τιμές υψηλότερα από το αναμενόμενο. Η ανάλυση αυτού του φαινομένου στην εργασία σου προσφέρει μια εξαιρετικά σύγχρονη οπτική για το πώς η τεχνολογία επηρεάζει τον ανταγωνισμό.

4.4.3 Ηγεσία και Πλεονέκτημα Πρώτης Κίνησης: Το Υπόδειγμα Stackelberg

Στο μοντέλο Stackelberg, ο ανταγωνισμός είναι ιεραρχικός. Υπάρχει ένας "Ηγέτης" (Leader) που κινείται πρώτος και ένας "Ακόλουθος" (Follower). Ο Ηγέτης έχει το πλεονέκτημα γιατί δεσμεύει την αγορά με την παραγωγή του, αναγκάζοντας τον Ακόλουθο να προσαρμοστεί.

Αυτό το μοντέλο είναι κρίσιμο για τη **Διοίκηση Καινοτομίας**. Η επιχείρηση που εισάγει πρώτη μια τεχνολογία (π.χ. VR/AR λύσεις) λειτουργεί ως Stackelberg Leader. Στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε, ο φοιτητής μπορεί να πάρει το ρόλο του Ηγέτη και να δει μαθηματικά πώς η "στρατηγική δέσμευση" (strategic commitment) αυξάνει την κερδοφορία του, παρά το ρίσκο της πρώτης κίνησης.

4.4.4 Παίγνια Μηδενικού Αθροίσματος και AI στην Κυβερνοασφάλεια

Για να δώσουμε ακόμα μεγαλύτερο εύρος, μπορούμε να αναφέρουμε τα **Παίγνια Μηδενικού Αθροίσματος (Zero-Sum Games)**. Σε αυτά, το κέρδος του ενός παίκτη είναι η ακριβή ζημία του άλλου.

Σήμερα, αυτό εφαρμόζεται κατά κόρον στην **Κυβερνοασφάλεια (Cybersecurity)**. Οι επιτιθέμενοι (hackers) και οι αμυνόμενοι (συστήματα ασφαλείας AI) παίζουν ένα διαρκές παίγνιο μηδενικού αθροίσματος. Η χρήση VR/AR για την οπτικοποίηση των επιθέσεων σε ένα δίκτυο (ως "παίγνιο") επιτρέπει στους διαχειριστές να κατανοήσουν τις ευπάθειες των συστημάτων τους. Οι **Zhu et al. (2025)** προτείνουν ότι η Θεωρία Παιγνίων είναι το μοναδικό εργαλείο που μπορεί να μοντελοποιήσει την "ευφυή" συμπεριφορά των κακόβουλων λογισμικών που χρησιμοποιούν AI.

4.5 Μορφές Αγοράς και η Στρατηγική Διάσταση της Θεωρίας Παιγνίων

4.5.1 Πλήρης Ανταγωνισμός και Μονοπώλιο: Τα Όρια της Στρατηγικής

Σε μια αγορά **Πλήρους Ανταγωνισμού**, οι επιχειρήσεις είναι "λήπτες τιμών" (price takers). Επειδή ο αριθμός των παικτών είναι άπειρος και το προϊόν πανομοιότυπο, δεν υπάρχει περιθώριο για στρατηγική αλληλεπίδραση. Αντίστοιχα, στο **Μονοπώλιο**, η επιχείρηση δεν έχει ανταγωνιστές να λάβει υπόψη.

Ωστόσο, η σύγχρονη ανάλυση εντάσσει τη Θεωρία Παιγνίων στο Μονοπώλιο μέσω των **"Δυνάμει Ανταγωνιστών" (Potential Entrants)**. Εδώ εφαρμόζουμε το **Παίγνιο Αποτροπής Εισόδου (Entry Deterrence Game)**. Ο μονοπωλητής πρέπει να αποφασίσει αν θα επενδύσει σε πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα ή σε επιθετικό marketing (AI-driven advertising) για να πείσει τους τρίτους ότι η είσοδος στην αγορά θα είναι ασύμφορη. Αυτό το σενάριο είναι ιδανικό για προσομοίωση σε VR, όπου ο φοιτητής καλείται να προστατεύσει το μονοπώλιό του από AI "εισβολείς".

4.5.2 Μονοπωλιακός Ανταγωνισμός και Διαφοροποίηση Προϊόντος

Στον Μονοπωλιακό Ανταγωνισμό (πολλές επιχειρήσεις με διαφοροποιημένα προϊόντα), η Θεωρία Παιγνίων εστιάζει στον **Ανταγωνισμό εκτός Τιμής**. Οι επιχειρήσεις παίζουν ένα παίγνιο **Διαφήμισης και Ποιότητας**.

Σύμφωνα με τους **Zhu et al. (2025)**, οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν πλέον "Νοήμονα Συστήματα Συστάσεων" (AI Recommender Systems) για να δημιουργήσουν τεχνητή διαφοροποίηση. Η Θεωρία Παιγνίων μοντελοποιεί αυτή την κατάσταση ως ένα παίγνιο όπου οι παίκτες προσπαθούν να "κλειδώσουν" (lock-in) τους καταναλωτές σε δικά τους οικοσυστήματα. Η οπτικοποίηση αυτής της "πιστότητας πελατών" μέσω AR εφαρμογών επιτρέπει στους φοιτητές να κατανοήσουν πώς η επωνυμία (branding) λειτουργεί ως στρατηγικό εμπόδιο στην ορθολογική λήψη αποφάσεων.

4.5.3 Σύγκριση Μορφών Αγοράς μέσω της Ισορροπίας Nash

Μορφή Αγοράς	Στρατηγική Αλληλεξάρτηση	Ρόλος Παιγνίων	Θεωρίας	Επίδραση AI
Πλήρης Ανταγωνισμός	Μηδενική	Πολύ Χαμηλός		Βελτιστοποίηση Κόστους
Μονοπώλιο	Μόνο με πιθανούς εισβολείς	Χαμηλός (Games)	(Entry	Προγνωστική Ζήτηση
Ολιγοπώλιο	Μέγιστη	Κεντρικός (Cournot)	(Nash,	Dynamic Pricing
Μονοπωλιακός Ανταγωνισμός	Μέτρια	Υψηλός Differentiation)	(Product	Hyper- Personalization

4.5.4 Η "Θεωρία των Διεκδικήσιμων Αγορών" (Contestable Markets)

Μια σημαντική θεωρία που συνδέει τα παραπάνω είναι η θεωρία των διεκδικήσιμων αγορών. Ακόμα και ένα μονοπώλιο μπορεί να συμπεριφέρεται ανταγωνιστικά αν δεν υπάρχουν εμπόδια

εισόδου και εξόδου ("hit-and-run entry"). Η ΑΙ διευκολύνει αυτή τη διαδικασία μειώνοντας το κόστος πληροφόρησης. Στην εργασία σου, μπορείς να αναφέρεις ότι οι τεχνολογίες VR/AR μειώνουν το κόστος εκπαίδευσης και εισόδου σε νέες αγορές, καθιστώντας τις αγορές πιο "διεκδικήσιμες" και ανατρέποντας τις παραδοσιακές ισορροπίες.

4.6 Ειδικές Μορφές Αγοράς και Στρατηγικές Μονοψωνίου

4.6.1 Μονοψώνιο και Ολιγοψώνιο: Η Ισχύς του Αγοραστή

Ενώ η κλασική οικονομική ανάλυση εστιάζει στην ισχύ των πωλητών, το **Μονοψώνιο** περιγράφει την κατάσταση όπου ένας μοναδικός αγοραστής κυριαρχεί στην αγορά. Σύμφωνα με τους **Yuan et al. (2025)**, η στρατηγική αλληλεπίδραση σε αυτές τις αγορές μετατοπίζεται στην ικανότητα του αγοραστή να υπαγορεύει τιμές και όρους, μειώνοντας το πλεόνασμα του παραγωγού. Σε περιβάλλοντα **Ολιγοψωνίου**, η Θεωρία Παιγνίων χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει τον ανταγωνισμό μεταξύ λίγων μεγάλων αγοραστών (π.χ. αλυσίδες λιανικής) για την εξασφάλιση των καλύτερων τιμών από τους προμηθευτές. Όπως τονίζουν οι **Long και Zhang (2025)**, η ενσωμάτωση αλγορίθμων ΑΙ επιτρέπει πλέον στους αγοραστές να προβλέπουν τα όρια αντοχής των προμηθευτών, βελτιστοποιώντας τη στρατηγική των δημοπρασιών.

4.6.2 Διμερές Μονοπώλιο (Bilateral Monopoly) και Διαπραγμάτευση

Το **Διμερές Μονοπώλιο** αποτελεί μία από τις πιο σύνθετες περιπτώσεις στρατηγικής αλληλεξάρτησης, καθώς ένας μοναδικός πωλητής αντιμετωπίζει έναν μοναδικό αγοραστή. Σε αυτή την περίπτωση, η ισορροπία δεν καθορίζεται από τις δυνάμεις της αγοράς, αλλά από τη διαπραγματευτική ισχύ (bargaining power). Η εφαρμογή της **Λύσης Διαπραγμάτευσης του Nash (Nash Bargaining Solution)** είναι κρίσιμη εδώ, καθώς προσφέρει ένα μαθηματικό πλαίσιο για την επίτευξη μιας συμφωνίας που μεγιστοποιεί το κοινό όφελος (**Zhu et al., 2025**). Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η χρήση ΑΙ πρακτόρων στις προσομοιώσεις επιτρέπει στους φοιτητές να πειραματιστούν με διαφορετικές τακτικές διαπραγμάτευσης σε σενάρια διμερούς μονοπωλίου, κατανοώντας πώς η ασυμμετρία πληροφόρησης επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα.

4.6.3 Φυσικό Μονοπώλιο και Ρυθμιστικά Παίγνιο (Regulation Games)

Σε κλάδους με υψηλά πάγια κόστη, το **Φυσικό Μονοπώλιο** θεωρείται η πιο αποδοτική μορφή παραγωγής, απαιτεί όμως κρατική παρέμβαση για την αποφυγή κοινωνικών απωλειών. Οι **Tian et al. (2025)** υποστηρίζουν ότι η σχέση μεταξύ του Ρυθμιστή και της Επιχείρησης αποτελεί ένα "παίγνιο στρατηγικής απόκρυψης και αποκάλυψης πληροφοριών". Ο ρυθμιστής προσπαθεί να επιβάλει τιμές κοντά στο οριακό κόστος, ενώ η επιχείρηση χρησιμοποιεί την πληροφοριακή της υπεροχή για να μεγιστοποιήσει τα κέρδη της. Η χρήση VR/AR εργαλείων για την οπτικοποίηση αυτών των ρυθμιστικών πλαισίων βοηθά τους φοιτητές Διοίκησης να κατανοήσουν τη λεπτή ισορροπία μεταξύ επιχειρηματικής κερδοφορίας και κοινωνικής ευημερίας.

4.7 Σύνοψη: Η Δυναμική Φύση των Αγορών το 2025

Συμπερασματικά, οι μορφές αγοράς στην ψηφιακή εποχή δεν είναι πλέον στατικές κατηγορίες, αλλά δυναμικά συστήματα που επηρεάζονται από την τεχνολογική εξέλιξη. Οι **Nor Hafizah et al. (2025)** επισημαίνουν ότι η AI και οι τεχνολογίες εμπύθισης (VR/AR) μετασχηματίζουν τις παραδοσιακές δομές, καθιστώντας τις αγορές πιο διεκδικήσιμες (contestable) μέσω της μείωσης των εμποδίων εισόδου.

Η Θεωρία Παιγνίων παραμένει το θεμελιώδες εργαλείο για την ανάλυση αυτών των αλλαγών. Όπως υπογραμμίζουν οι **Ruiz-Palmero et al. (2025)**, η ικανότητα των μελλοντικών στελεχών να αναγνωρίζουν τη μορφή της αγοράς και να προσαρμόζουν τη στρατηγική τους (είτε πρόκειται για Cournot, Bertrand ή Stackelberg) αποτελεί κρίσιμο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα επόμενα κεφάλαια στοχεύει ακριβώς στην παροχή αυτού του στρατηγικού οπλοστασίου μέσω της βιωματικής μάθησης.

4.8 Παίγνιο με Ελλιπή Πληροφόρηση και Στρατηγική Σηματοδότηση (Signaling)

Στην κλασική οικονομική θεωρία, συχνά υποτίθεται ότι όλοι οι παίκτες έχουν πλήρη γνώση των προτιμήσεων και των πληρωμών των αντιπάλων τους. Ωστόσο, στην πραγματική διοίκηση επιχειρήσεων επικρατεί η **Ασύμμετρη Πληροφόρηση**. Σύμφωνα με τους **Villena Zapata et al. (2024)**, τα παίγνιο ελλιπούς πληροφόρησης (Bayesian Games) είναι αυτά που προσομοιώνουν καλύτερα τις συνθήκες της αγοράς, όπου μια επιχείρηση δεν γνωρίζει το πραγματικό κόστος ή τις προθέσεις του ανταγωνιστή της.

Μια κρίσιμη στρατηγική σε αυτά τα παίγνια είναι η **Σηματοδότηση (Signaling)**. Για παράδειγμα, μια επιχείρηση μπορεί να επενδύσει σε ακριβό εξοπλισμό VR/AR όχι μόνο για την εκπαίδευση, αλλά ως "σήμα" προς τους ανταγωνιστές και τους επενδυτές ότι διαθέτει υψηλή ρευστότητα και τεχνολογική υπεροχή. Όπως αναφέρουν οι **Shirazi et al. (2024)**, η ΑΙ μπορεί να βοηθήσει στην αποκωδικοποίηση αυτών των σημάτων, αναλύοντας τεράστιους όγκους δεδομένων της αγοράς για να εντοπίσει τις πραγματικές στρατηγικές προθέσεις των παικτών.

4.8.1 Επαναλαμβανόμενα Παίγνια και η Οικοδόμηση Εμπιστοσύνης

Τα περισσότερα επιχειρηματικά παίγνια δεν παίζονται μόνο μία φορά. Στα **Επαναλαμβανόμενα Παίγνια (Repeated Games)**, η συμπεριφορά των παικτών αλλάζει ριζικά, καθώς εισάγεται η έννοια της φήμης και της τιμωρίας. Στο επαναλαμβανόμενο Δίλημμα του Φυλακισμένου, η στρατηγική **"Tit-for-Tat"** (Μία σου και μία μου) έχει αποδειχθεί η πιο αποτελεσματική για την προώθηση της συνεργασίας.

Οι **Ruiz-Palmero et al. (2025)** επισημαίνουν ότι στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, η χρήση VR προσομοιώσεων επιτρέπει στους φοιτητές να βιώσουν τις μακροπρόθεσμες συνέπειες των αποφάσεών τους. Αν ένας φοιτητής επιλέξει μια επιθετική στρατηγική "προδοσίας" στον πρώτο γύρο, θα δει την ΑΙ να τον τιμωρεί στους επόμενους, διδάσκοντάς του τη σημασία της **Στρατηγικής Συνεργασίας** για τη βιωσιμότητα των επιχειρήσεων.

4.8.2 Θεωρία Παιγνίων και Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning)

Η πιο σύγχρονη τομή (2025) στη Θεωρία Παιγνίων είναι η σύγκλισή της με την **Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning - RL)**. Σε αυτό το πλαίσιο, οι παίκτες (πράκτορες ΑΙ) μαθαίνουν την ιδανική στρατηγική μέσα από τη διαδικασία της δοκιμής και του σφάλματος (trial and error), προσπαθώντας να μεγιστοποιήσουν μια συνάρτηση ανταμοιβής.

Σύμφωνα με τους **Tian et al. (2025)**, τα συστήματα Multi-Agent Reinforcement Learning (MARL) μπορούν πλέον να επιλύουν παίγνια εξαιρετικής πολυπλοκότητας που παλαιότερα θεωρούνταν αδιάλυτα. Αυτό έχει άμεση εφαρμογή στη Διοικητική Επιστήμη, καθώς οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν πλέον ΑΙ για να προσομοιώσουν ολόκληρες εφοδιαστικές αλυσίδες ως ένα γιγαντιαίο παίγνιο, εντοπίζοντας τα σημεία ισορροπίας που ελαχιστοποιούν το ρίσκο και το κόστος.

4.9 Το Δίλημμα του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma)

Το Δίλημμα του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma) αποτελεί την πλέον διευρυμένα διαδεδομένη εφαρμογή της Θεωρίας Παιγνίων (Game Theory) και μέσα από το εμβληματικό της παράδειγμα καταδεικνύει την ένταση μεταξύ ατομικού συμφέροντος και συλλογικής ορθολογικότητας. Αποτελεί θεμέλιο λίθο για την κατανόηση θεμάτων όπως η εμπιστοσύνη, η συνεργασία και ο ανταγωνισμός (Rapoport & Chammah, 1965).

Το Δίλημμα του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma), αποτελεί ένα από τα πλέον θεμελιώδη και μελετημένα παιχνίδια της Θεωρίας Παιγνίων, αρχικά διατυπωμένο από δύο Αμερικανούς Μαθηματικούς, τους Merrill Flood και Melvin Dresher, κατά τη διάρκεια της συνύπαρξής τους στη RAND Corporation, το ερευνητικό κέντρο που τροφοδοτούσε με μελέτες τις Αμερικανικές Ένοπλες Δυνάμεις, τη δεκαετία του 1950, ενώ μεταγενέστερα διατυπώθηκε πιο συστηματικά από τον Albert W. Tucker (Tucker, 1950). Αποτελεί ένα συμμετρικό παιχνίδι μηδενικού αθροίσματος, δύο παικτών, στο οποίο η αλληλεπίδραση οδηγεί σε ένα παράδοξο: η ορθολογική ατομική επιλογή οδηγεί σε χειρότερο αποτέλεσμα από την αμοιβαία συνεργασία (Axelrod, 1984).

4.9.1 Βασική Δομή του Παιχνιδιού

Δύο ύποπτοι συλλαμβάνονται για ένα έγκλημα και ανακρίνονται χωριστά. Οι δύο ύποπτοι δεν έχουν δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ τους και ο καθένας τους έχει δύο επιλογές: Να συνεργαστεί με τον άλλον (να μείνει σιωπηλός και να μην τον προδώσει) (S – silent) ή να προδώσει τον άλλον, ομολογώντας και κατηγορώντας τον (D – defect).

Οι ποινές διαμορφώνονται ως εξής: Αν και οι δύο ύποπτοι συνεργαστούν, λαμβάνουν αμφότεροι μια σχετικά μικρή ποινή. Αν ο ένας προδώσει και ο άλλος συνεργαστεί, εκείνος που προδίδει απελευθερώνεται ενώ εκείνος που επιλέγει να συνεργαστεί και να μην προδώσει τον συγκατηγορούμενό του, τιμωρείται αυστηρά, ενώ στην περίπτωση που αμφότεροι οι

κατηγορούμενοι επιλέξουν να προδώσουν ο ένας τον άλλο, και οι δύο τιμωρούνται με μέτρια ποινή.

Αυτή η δομή μπορεί να αποδοθεί σε έναν πίνακα απολαβών (payoff matrix), όπου ισχύουν οι παρακάτω δυναμικές: $T > R > P > S$ και $2R > T + S$, όπου T (Temptation payoff) είναι ο πειρασμός να προδώσεις, R (Reward for cooperation) είναι η ανταμοιβή συνεργασίας, P (Punishment for mutual defection) είναι η ποινή για αμοιβαία προδοσία και S (Sucker's payoff) είναι η ζημία για εκείνον που επιλέγει να συνεργαστεί με τον συγκατηγορούμενό του, όταν εκείνος τον προδώσει. Αυτή η σχέση καθορίζει τη λογική της ατομικής επιλογής και είναι η βάση για να θεωρηθεί ένα παίγνιο Δίλημμα του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma).

Συγκεκριμένα, η συνθήκη $T > R$ (**Πειρασμός > Αμοιβή**) δηλώνει ότι ο παίκτης κερδίζει περισσότερα αν αποστατήσει ενώ ο άλλος συνεργάζεται (T) απ' ό,τι αν και οι δύο συνεργάζονταν (R). Αυτό δημιουργεί τον πειρασμό για αποστασία.

Επίσης, η συνθήκη $R > P$ (**Αμοιβή > Τιμωρία**) υποδηλώνει ότι η αμοιβαία συνεργασία (R) είναι καλύτερη για τους δύο παίκτες από την αμοιβαία αποστασία (P). Αυτό δημιουργεί το δίλημμα, καθώς η αμοιβαία αποστασία είναι η λογική επιλογή, αλλά οδηγεί σε ένα χειρότερο συνολικό αποτέλεσμα για όλους από την αμοιβαία συνεργασία.

Επιπλέον, η συνθήκη $P > S$ (**Τιμωρία > Πληρωμή του Κορόιδου**) αποκαλύπτει ότι η αμοιβαία αποστασία (P) είναι καλύτερη για έναν παίκτη από το να είναι ο μόνος που συνεργάζεται, ενώ ο άλλος αποστατεί (S). Αυτό σημαίνει ότι είναι καλύτερο να "προδώσεις" τον συνεργάτη σου αν πρόκειται να σε "προδώσει" κι αυτός, αντί να καταλήξεις στην χειρότερη δυνατή κατάσταση (S).

Έτσι, το συμπέρασμα που απορρέει από τη σχέση $T > R > P > S$ είναι ότι η αποστασία, δηλαδή η προδοσία, είναι η κυρίαρχη στρατηγική για κάθε παίκτη ξεχωριστά. Ανεξάρτητα από το τι κάνει ο άλλος, ένας παίκτης κερδίζει πάντα περισσότερα αποστατώντας. Αν ο άλλος συνεργαστεί, θα ισχύει η σχέση αποστασία (T) > συνεργασία (R). Αν ο άλλος αποστατήσει, θα ισχύει η σχέση αποστασία (P) > συνεργασία (S). Επομένως, η ισορροπία Nash (Nash Equilibrium) συμβαίνει κατά την αμοιβαία αποστασία (πληρωμή P), παρόλο που η αμοιβαία συνεργασία (πληρωμή R) είναι το βέλτιστο αποτέλεσμα για το ζεύγος (Pareto Optimal).

Όσον αφορά τη σχέση $2R > T + S$ πρόκειται για μια πρόσθετη απαίτηση για να είναι το παίγνιο ένα "ισχυρό" Δίλημμα του Φυλακισμένου, ειδικά σε επαναλαμβανόμενα παίγνια. Η αριστερή

πλευρά (2R) αντιπροσωπεύει τη συνολική συνδυασμένη πληρωμή των δύο παικτών αν και οι δύο συνεργαστούν (R + R). Η δεξιά πλευρά (T + S) αντιπροσωπεύει τη συνολική συνδυασμένη πληρωμή των δύο παικτών αν ο ένας αποστατήσει και ο άλλος συνεργαστεί. Η συνθήκη $2R > T + S$ σημαίνει ότι το άθροισμα των πληρωμών από την αμοιβαία συνεργασία είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των πληρωμών από την κατάσταση όπου ο ένας εκμεταλλεύεται τον άλλο.

Οι παραπάνω δυναμικές που καθορίζουν το πλαίσιο των αποφάσεων των παικτών και των μεταξύ τους συσχετισμών, αποτυπώνονται οπτικά στον παρακάτω πίνακα.

Μεταβλητή	Πληρωμή	Περιγραφή
R	Reward (Αμοιβή)	Η πληρωμή όταν και οι δύο παίκτες Συνεργάζονται (π.χ., μένουν σιωπηλοί)
T	Temptation (Πειρασμός)	Η πληρωμή για τον παίκτη που Αποστατεί, δηλαδή προδίδει, όταν ο άλλος Συνεργάζεται
P	Punishment (Τιμωρία)	Η πληρωμή όταν και οι δύο παίκτες Αποστατούν (π.χ., προδίδουν ο ένας τον άλλον)
S	Sucker's Payoff (Πληρωμή του Κορόιδου)	Η πληρωμή για τον παίκτη που Συνεργάζεται όταν ο άλλος Αποστατεί

4.9.2 Το Παράδοξο του Διλήμματος

Παρότι η αμοιβαία συνεργασία (C,C) παρέχει υψηλότερη συνολική απόδοση στους συμμετέχοντες, η λογική της ατομικής μεγιστοποίησης οδηγεί κάθε παίκτη στο να επιλέξει την προδοσία:

Για κάθε παίκτη, η προδοσία κυριαρχεί ως στρατηγική, ανεξαρτήτως της επιλογής του άλλου, άρα αποτελεί μια κυρίαρχη στρατηγική (dominant strategy) (Osborne, 2004).

Το αποτέλεσμα (D,D) είναι Ισορροπία Nash, αλλά όχι κοινωνικά βέλτιστο (Nash, 1950).

Το δίλημμα έτσι αναδεικνύει την αντίθεση ανάμεσα στην ατομική ορθολογικότητα και την συλλογική ευημερία, γεγονός που το καθιστά κεντρικό εργαλείο για την ανάλυση συνεργασίας σε οικονομικά, κοινωνικά, πολιτικά και βιολογικά περιβάλλοντα.

4.9.3 Επαναλαμβανόμενο Δίλημμα του Φυλακισμένου

Στην περίπτωση επαναλαμβανόμενων αλληλεπιδράσεων (Iterated Prisoner's Dilemma), η δυνατότητα τιμωρίας, ανταπόδοσης και οικοδόμησης φήμης επιτρέπει τη σταδιακή εμφάνιση συνεργασίας.

Η κλασική μελέτη του Axelrod (1984) έδειξε ότι η στρατηγική Tit for Tat είχε άριστη επίδοση, αποδεικνύοντας πως η συνεργασία μπορεί να εξελιχθεί ακόμη και μεταξύ εγωιστικών παικτών, εφόσον οι αλληλεπιδράσεις επαναλαμβάνονται και υπάρχει αβεβαιότητα για το τέλος του παιχνιδιού.

Στο επαναλαμβανόμενο Δίλημμα του Φυλακισμένου (Iterated Prisoner's Dilemma - IPD), η επανάληψη επιτρέπει την εμφάνιση ανταπόδοσης, ποινής, αλλά και στρατηγικών διαπραγματεύσεως βάσει μνήμης (memory-based strategies). Πρόσφατες μελέτες που αναλύουν μεγάλους χώρους στρατηγικών (καινούργιες προσομοιώσεις / τουρνουά ψηφιακών πρακτόρων) επισημαίνουν ότι οι υψηλά αποδοτικές στρατηγικές τείνουν να συνδυάζουν ιδιότητες: είναι «nice» (δεν ξεκινούν με προδοσία), «retaliatory» (τιμωρούν όταν προδίδονται) αλλά και «forgiving» (ανακάμπτουν μετά από λάθη) — ακριβώς επειδή η πραγματική αλληλεπίδραση περιέχει θόρυβο/λάθη και ασύμμετρη πληροφόρηση (Glynatsi, 2024; Atef, 2024). Η πολυκαναλική αλληλεπίδραση (agents που παίζουν σε διαφορετικά context/κανάλια) επιφέρει περαιτέρω προκλήσεις, καθώς νέες μελέτες δείχνουν ότι απαιτούνται "εξελιγμένες" στρατηγικές που να διαχειρίζονται σχέσεις αναγνώρισης και συνεργασίας σε πολλαπλά επίπεδα (Wang et al., 2024).

4.9.4 Εφαρμογές

Το Δίλημμα του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma) αξιοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών εφαρμογών για τη μελέτη οικονομικού ανταγωνισμού και ολιγοπωλίων (Tirole, 1988), διαπραγματεύσεων και Διεθνών Σχέσεων, κοινωνικής εμπιστοσύνης, καθώς και εξέλιξης της συνεργασίας στη Βιολογία και την Οικολογία (Nowak, 2006), καθώς αποτελεί ένα από τα πιο διδακτικά και επιδραστικά μοντέλα στρατηγικής αλληλεπίδρασης.

4.10 Η Θεωρία Παιγνίων (Game Theory) στη Διοίκηση και τα Χρηματοοικονομικά

Η Θεωρία Παιγνίων (Game Theory) εφαρμόζεται ευρέως σε θέματα Στρατηγικού Σχεδιασμού και Λήψης Αποφάσεων. Συγκεκριμένα, αξιοποιείται συχνά στις τιμολογιακές στρατηγικές μεταξύ ανταγωνιστών, στις διαπραγματεύσεις μεταξύ επιχειρήσεων ή κρατών, σε συγχωνεύσεις, αγοραπωλησίες και δημοπρασίες, ενώ αποδεικνύεται ιδιαίτερος χρήσιμο εργαλείο στον προσδιορισμό της επενδυτικής συμπεριφοράς υπό συνθήκες αβεβαιότητας.

Για παράδειγμα, η Θεωρία Παιγνίων (Game Theory) μπορεί να μοντελοποιήσει καταστάσεις όπου δύο επιχειρήσεις εξετάζουν αν θα εισέλθουν σε μία αγορά, αναλύοντας τις στρατηγικές επιλογές κάθε παίκτη και τα ενδεχόμενα αποτελέσματα (Brandenburger & Nalebuff, 1996).

Στον χώρο των Χρηματοοικονομικών, εφαρμόζεται σε παιχνίδια πληροφόρησης, όπου η ασύμμετρη γνώση (π.χ. ένας επενδυτής γνωρίζει κάτι που δεν γνωρίζει η αγορά) δημιουργεί ευκαιρίες ή κινδύνους (Tirole, 2006).

4.11 Διδακτική Εφαρμογή και Παιδαγωγική Αξιοποίηση

Η Θεωρία Παιγνίων (Game Theory) προσφέρεται ιδανικά για διδακτική και παιδαγωγική αξιοποίηση, καθώς συνδέει τη μαθηματική σκέψη με την στρατηγική ανάλυση, προάγει τη συνεργασία και τον ανταγωνισμό σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα και επιτρέπει την ενεργή συμμετοχή των μαθητών σε προσομοιώσεις με απτά διλήμματα.

Μέσα από παιχνίδια ρόλων και δραστηριότητες βασισμένες σε στρατηγικές αποφάσεις, οι φοιτητές καλλιεργούν και ενισχύουν την κριτική σκέψη, τη συστημική κατανόηση και την ικανότητα πρόβλεψης συνεπειών.

Η διδακτική χρήση της θεωρίας παιγνίων μπορεί να βασιστεί σε επιτραπέζια ή συμβολικά παιχνίδια (π.χ. παίγνια αγοράς), σε συζητήσεις στρατηγικών σε ομάδες καθώς και σε ψηφιακές προσομοιώσεις με γραφικά και avatar, όπως αυτά που θα αναπτυχθούν στην παρούσα εργασία. Σύμφωνα με τον Wilensky & Rand (2015), η χρήση προσομοιώσεων ενισχύει σημαντικά την εμπέδωση εννοιών όπως η ισορροπία, το κίνητρο και ο ανταγωνισμός.

4.12 Η Θεωρία Παιγνίων ως Βάση για Ψηφιακή Εκπαιδευτική Ανάπτυξη

Η ενσωμάτωση της θεωρίας παιγνίων σε περιβάλλοντα Εικονικής ή Επαυξημένης Πραγματικότητας, μπορεί να δημιουργήσει μια πολύ-αισθητηριακή, εμπυθιστική εμπειρία μάθησης, με αυξημένα ποσοστά κατανόησης και συμμετοχής.

Η ανάπτυξη τέτοιων εφαρμογών μέσω **HTML, CSS και JavaScript**, επιτρέπει την οπτικοποίηση αφηρημένων εννοιών, όπως οι αποδόσεις και η στρατηγική ισορροπία, τη δυνατότητα άμεσης ανατροφοδότησης (π.χ. πώς αλλάζει το αποτέλεσμα αν ένας παίκτης αλλάξει στρατηγική), την προσομοίωση διαλόγων και διαπραγματεύσεων σε περιβάλλον 3D, καθώς και την υλοποίηση σεναρίων με πολλαπλές εκβάσεις (branching strategies), κατάλληλων για ανακαλυπτική μάθηση.

Ως ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογών, θα μπορούσαν να αναφερθούν το εικονικό σενάριο ανταγωνισμού δύο εταιρειών σε τιμολογιακή μάχη (payoff matrices με οπτική παρουσίαση), το παιχνίδι διαπραγμάτευσης προμηθευτή-αγοραστή όπου οι επιλογές των μαθητών επηρεάζουν την εξέλιξη αλλά και η προσομοίωση της “Τραγωδίας των Κοινών”, με ελεγχόμενο πληθυσμό agents σε ένα περιβάλλον φυσικών πόρων, μιας θεωρίας που έγινε γνωστή από το άρθρο του Garrett Hardin (1968) η οποία περιγράφει την καταστροφή ενός κοινού πόρου εξαιτίας της ανεξέλεγκτης, εγωιστικής χρήσης του από μεμονωμένα άτομα, τα οποία επικεντρώνονται μόνο στα ατομικά τους οφέλη.

5. Σχεδιασμός Εκπαιδευτικών Παραδειγμάτων με HTML, CSS και JavaScript

5.1 Επιλογή Web Τεχνολογιών (HTML, CSS, JavaScript) ως Πλατφόρμα Ανάπτυξης

Η επιλογή της web πλατφόρμας ως βασικής τεχνολογικής υποδομής για την ανάπτυξη των εκπαιδευτικών προσομοιώσεων βασίστηκε σε κριτήρια προσβασιμότητας, παιδαγωγικής αποτελεσματικότητας και τεχνικής ευελιξίας. Η αξιοποίηση των HTML, CSS και JavaScript, επιτρέπει τη δημιουργία εκπαιδευτικών περιβαλλόντων που λειτουργούν σε οποιοδήποτε σύγχρονο φυλλομετρητή χωρίς εξωτερικές εγκαταστάσεις ή εξειδικευμένο εξοπλισμό (Robbins, 2018). Αυτό τα καθιστά ιδανικά για εκπαιδευτικά ιδρύματα που συχνά διαθέτουν ετερογενή υπολογιστική υποδομή.

Ως κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης web πλατφόρμας, θα μπορούσαν να επισημανθούν τα ακόλουθα:

- 1. Ανεξαρτησία λειτουργικού συστήματος (cross-platform compatibility):** Οι εφαρμογές λειτουργούν απρόσκοπτα σε Windows, macOS, Linux, Android και iOS. Αυτό ελαχιστοποιεί τα τεχνικά εμπόδια που συχνά περιορίζουν τη συμμετοχή των φοιτητών (Keith, 2010).
- 2. Άριστη ευχρηστία και μηδενικό κόστος εγκατάστασης:** Ο φοιτητής ανοίγει απλά έναν σύνδεσμο και ξεκινά να συμμετέχει. Αυτή η ευκολία πρόσβασης έχει θετική επίδραση στη μαθησιακή εμπειρία, καθώς μειώνει το «εξωγενές φορτίο» (extraneous cognitive load) σύμφωνα με τη Γνωστική Θεωρία Φόρτου Εργασίας (Sweller, 2011).
- 3. Υψηλή διαδραστικότητα μέσω JavaScript:** Η JavaScript επιτρέπει υλοποίηση πλούσιας διεπαφής χρήστη, άμεση οπτικοποίηση αποτελεσμάτων και real-time ανατροφοδότηση, στοιχεία που σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ενισχύουν την παρακίνηση και την εμβάθυνση της μάθησης (Shneiderman et al., 2016).
- 4. Δυνατότητα αξιοποίησης σύγχρονων βιβλιοθηκών και APIs:** Η πλατφόρμα προσφέρει εύκολη ενσωμάτωση εργαλείων όπως **D3.js**, για οπτικοποιήσεις δεδομένων, **Chart.js**, για γραφήματα, **LocalStorage API**, για αποθήκευση προόδου, **Fetch API**, για πιθανή μελλοντική επέκταση σε multiplayer υποδομή. Αυτή η επεκτασιμότητα διευκολύνει τη δημιουργία περίπλοκων σεναρίων παιχνιδιών στρατηγικής (Flanagan, 2020).

5. Εκπαιδευτική καταλληλότητα: Ο συνδυασμός απλότητας και ευελιξίας των web τεχνολογιών επιτρέπει την υλοποίηση εφαρμογών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε σύγχρονα όσο και σε ασύγχρονα μαθησιακά περιβάλλοντα, ισχυροποιώντας τη μικτή μάθηση (blended learning) (Garrison & Kanuka, 2004).

Τα τελευταία χρόνια, η διεθνής έρευνα στη διδακτική τεχνολογία στρέφεται έντονα προς τη χρήση **web-based διαδραστικών προσομοιώσεων**, οι οποίες υλοποιούνται μέσω **HTML, CSS και JavaScript**. Η στροφή αυτή συνδέεται με την ανάγκη για εκπαιδευτικά εργαλεία που να είναι άμεσα προσβάσιμα από οποιαδήποτε συσκευή, χωρίς εγκατάσταση λογισμικού και χωρίς τεχνικούς φραγμούς (Freeman et al., 2021). Οι προσομοιώσεις αυτού του είδους έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικές στη διδασκαλία σύνθετων εννοιών, επειδή αξιοποιούν μηχανισμούς «ενεργητικής μάθησης» και άμεσης ανατροφοδότησης (active learning with instant feedback) (Howard & Major, 2022).

Ειδικότερα, στη διδασκαλία της **Θεωρίας Παιγνίων (Game Theory)**, οι web-based προσομοιώσεις εμφανίζονται ολοένα και πιο συχνά, καθώς προσφέρουν **επαναληψιμότητα** (repeatability), καθώς ο φοιτητής μπορεί να παίζει πολλαπλούς γύρους ή σενάρια, **οτικοποίηση αφηρημένων εννοιών**, καθώς προσφέρουν δυναμικές κινούμενες αναπαραστάσεις που αποδίδουν στην πράξη τι σημαίνει «συνεργασία», «προδοσία», «ποινή», «επανάληψη» κ.λπ., **αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο**, παρέχμέγιστη εμπλοκή και κινητοποίηση, **προσαρμογή στρατηγικών**, καθώς οι χρήστες μπορούν να παρατηρήσουν πώς λειτουργούν στην πράξη οι στρατηγικές τύπου «Tit-for-Tat», «Generous TFT», «Always Defect» κ.ά., ενώ ιδιαιτέρως σημαντικό είναι ότι η **αξιοποίηση σύγχρονων browsers**, σε περιβάλλον WebGL (μέσω βιβλιοθηκών όπως Three.js), επιτρέπει σύνθετες 3D αναπαραστάσεις χωρίς ανάγκη εξωτερικού λογισμικού (Kato & Sung, 2023).

Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, τα web-based simulations έχουν ισοδύναμη — και συχνά ανώτερη — μαθησιακή αποτελεσματικότητα σε σύγκριση με desktop simulations, διότι μειώνουν το cognitive overload και επιτρέπουν στον φοιτητή να εστιάσει στο μοντέλο/σενάριο αντί στην τεχνολογία (Soffer & Ben-Zvi, 2022). Τα ευρήματα αυτά υποστηρίζουν ότι web-based προσομοιώσεις όπως τα δύο υποδείγματα που αναπτύχθηκαν στην παρούσα εργασία (Prisoner's Dilemma Simulation και Manager Negotiation Simulation) εντάσσονται πλήρως στις σύγχρονες παιδαγωγικές προσεγγίσεις.

Περαιτέρω, η χρήση **JavaScript** ως βασικού μηχανισμού υλοποίησης συμπεριφορών (game logic, back-and-forth interaction, payoff calculation) συνεργάζεται αρμονικά με το **HTML/CSS**, επιτρέποντας καθαρές δομές UI και responsive σχεδιασμό για πρόσβαση από κινητές συσκευές. Νεότερα άρθρα προτείνουν μάλιστα την ενσωμάτωση μικρών «αυτοτελών» JavaScript agents για να διδάξουν έννοιες όπως Nash Equilibrium και βέλτιστες αποκρίσεις (best responses) με πρακτικό, επαναληπτικό τρόπο (Zhou & Li, 2023).

Πολλές σύγχρονες εργασίες αναδεικνύουν επίσης τη σημασία των **interactive simulations** στο πλαίσιο Εκπαιδευτικής Ψυχολογίας — διότι ενισχύουν την ενσώματη κατανόηση (embodied cognition), την πρόβλεψη αποτελεσμάτων και την αίσθηση «πειραματισμού χωρίς ρίσκο» (risk-free experimentation) (Xie et al., 2024). Τα μοντέλα αυτά επιτρέπουν στον φοιτητή να «πειραματιστεί» με διαφορετικές στρατηγικές και να δει άμεσα συνέπειες, κάτι που είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιτευχθεί με παθητική διδασκαλία (lectures).

Συνεπώς, η επιλογή της παρούσας εργασίας να αξιοποιήσει **καθαρή web τεχνολογία (HTML/CSS/JS)** ευθυγραμμίζεται πλήρως με τη διεθνή βιβλιογραφία και τις σύγχρονες διδακτικές τάσεις. Οι δύο υλοποιήσεις (Prisoner's Dilemma Simulation και Manager Negotiation Simulation) συγκεντρώνουν όλα τα πλεονεκτήματα που η έρευνα αναγνωρίζει στα web-based learning environments, όπως, υψηλή διαδραστικότητα, χαμηλό κόστος χρήσης, προσβασιμότητα από κάθε συσκευή, ευκολία προσαρμογής, δυνατότητα ένταξης σε Learning Management Systems (LMS), και παιδαγωγική χρησιμότητα σε μαθησιακά περιβάλλοντα οικονομικών/διοίκησης.

Έτσι, η παρούσα υλοποίηση δεν αποτελεί απλώς μια δημιουργική εφαρμογή της HTML/JS, αλλά συνιστά **σύγχρονο εκπαιδευτικό εργαλείο** που ανταποκρίνεται πλήρως στις ανάγκες της σύγχρονης ακαδημαϊκής διδασκαλίας.

Λόγω αυτών των παραμέτρων, η ανάπτυξη των εφαρμογών Prisoner's Dilemma και Manager's Dilemma πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά με HTML, CSS και JavaScript.

5.2 Τεχνική Υλοποίηση Εκπαιδευτικών Σεναρίων

Η δημιουργία των εφαρμογών ακολούθησε μια πολυεπίπεδη διαδικασία που περιλάμβανε σχεδιασμό διεπαφής, υλοποίηση λογικής σεναρίων, ανάπτυξη οπτικοποιήσεων αποτελεσμάτων και δοκιμές χρηστικότητας.

5.2.1 Ανάλυση Εκπαιδευτικών Στόχων και Θεωρητικών Εννοιών

Κάθε εφαρμογή βασίζεται σε θεμελιώδεις έννοιες της Θεωρίας Παιγνίων, όπως ορθολογικότητα των παικτών, δομή απολαβών (payoff structure), κυρίαρχες στρατηγικές (dominant strategies) (Osborne, 2004), ισορροπία κατά Nash (Nash, 1950), επαναλαμβανόμενα παίγνια και συνεργατική συμπεριφορά (Axelrod, 1984). Οι εκπαιδευτικοί στόχοι καθορίζουν την αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα, ώστε η προσομοίωση να μην είναι απλώς ένα παιχνίδι, αλλά μια σκόπιμα δομημένη μαθησιακή εμπειρία.

5.2.2 Σχεδίαση Διεπαφής και Αρχιτεκτονικής Παιχνιδιών

Η διεπαφή χρήστη σχεδιάστηκε με στόχο να είναι καθαρή και χωρίς περιττό οπτικό θόρυβο, να προάγει την αναγνωσιμότητα των payoffs, να καθοδηγεί τον χρήστη μέσα από τις αποφάσεις του καθώς και να επιτρέπει άμεση επανάληψη για εξάσκηση. Η **HTML** παρέχει τη δομή της σελίδας, ενώ το **CSS** χρησιμοποιείται για responsive σχεδίαση, ελκυστική οπτική παρουσίαση, έντονες χρωματικές ενδείξεις σε επιλογές και αποτελέσματα. Η **JavaScript** αναλαμβάνει την υλοποίηση της λογικής των παιγνίων, την καταγραφή επιλογών του χρήστη, τη δυναμική ενημέρωση των payoffs, την παραγωγή γραφημάτων και στατιστικών.

5.2.3 Οργάνωση Δεδομένων και Λογικής

Κάθε παιχνίδι υλοποιήθηκε με modular δομή, χρησιμοποιώντας **objects** για την αναπαράσταση παικτών, **arrays** για αποθήκευση ιστορικού κινήσεων, **functions** για υπολογισμό απολαβών, **event listeners** για την ενεργοποίηση επιλογών του χρήστη. Η αρχιτεκτονική αυτή εξασφαλίζει επεκτασιμότητα, διευκολύνοντας π.χ. την προσθήκη τρίτου παίκτη ή πιο σύνθετων στρατηγικών (π.χ. Tit-for-Tat, Always Defect).

5.2.4 Χρήση Οπτικοποίησης και Ανατροφοδότησης

Η ανατροφοδότηση στον χρήστη έγινε μέσα από πολλαπλούς τρόπους και κανάλια. Συγκεκριμένα, τα project περιλαμβάνουν λεκτική ανατροφοδότηση, με εμφανίσεις μηνυμάτων σε πραγματικό χρόνο, οπτική ανατροφοδότηση, με εναλλαγές χρωμάτων στις επιλογές (π.χ. το κόκκινο χρώμα αντιστοιχεί στην προδοσία), καθώς και γραφική ανατροφοδότηση, με τη χρήση charts για απεικόνιση payoffs. Η χρήση οπτικών στοιχείων στη μάθηση έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική, ενισχύοντας τόσο τη μνήμη, όσο και την κατανόηση (Mayer, 2009).

6. Εκπαιδευτικές Προσομοιώσεις – Αναλυτικά Παραδείγματα

6.1 Παράδειγμα Δίλημμα του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma)

Όπως προαναφέρθηκε και σε προηγούμενες ενότητες της εργασίας, το Δίλημμα του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma) αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές στη Θεωρία Παιγνίων (Game Theory) και για τον λόγο αυτό επιλέγεται ως μία προφανής επιλογή για την διδακτική της Θεωρίας Παιγνίων. Η web εκδοχή της εφαρμογής επιτρέπει στον χρήστη να παίζει ως παίκτης Α ενάντια σε έναν υπολογιστικό πράκτορα, να συγκρίνει διαφορετικές στρατηγικές (Cooperate/Defect) και να κατανοήσει πώς προκύπτει η ισορροπία Nash στο (Defect, Defect).

Η εφαρμογή υποστηρίζει μονούς γύρους, όπου το αποτέλεσμα προκύπτει μέσα από έναν και μόνο συνδυασμό αποφάσεων, επαναλαμβανόμενους γύρους με το τελικό αποτέλεσμα να προκύπτει μέσα από τον υπολογισμό του συνολικού payoff, καθώς και προσομοίωση διαφορετικών στρατηγικών του υπολογιστή (Always Defect, Always Cooperate, Random, Tit-for-Tat).

Αυτό ενισχύει τη δυνατότητα διερεύνησης και μεταγνωστικής σκέψης, καθώς ο φοιτητής μπορεί να εξετάσει πώς οι μακροχρόνιες αλληλεπιδράσεις επηρεάζουν την απόδοση (Axelrod, 1984).

Το εικονικό περιβάλλον της εφαρμογής επιχειρεί να προσομοιώσει τις συνθήκες κράτησης δύο φυλακισμένων, μέσα από μία πιο κινηματογραφική εκδοχή, καθώς κυριαρχούν τα σκούρα χρώματα, παραπέμποντας στη σκοτεινή ατμόσφαιρα ενός κρατητηρίου, ενώ στο κέντρο της οθόνης, που αποτελεί την κεντρική σκηνή της υλοποίησης, κυριαρχούν τα δύο κελιά μέσα στα οποία βρίσκονται οι δύο ανακρινόμενοι παίκτες.

Στο άνω μέρος του αριστερού τμήματος της οθόνης, εμφανίζεται στον χρήστη η επιλογή (mode) να παίζει είτε απέναντι στην Τεχνητή Νοημοσύνη (Single Player vs AI), είτε απέναντι σε παίχτη φυσικό πρόσωπο (Two Players - Hotseat). Σε περίπτωση που ο παίχτης επιλέξει να αναμετρηθεί απέναντι σε μοντέλο Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), η εφαρμογή του παρέχει τη δυνατότητα να ρυθμίσει την στρατηγική του (AI Strategy), ανάμεσα στις επιλογές tit-for-tat, always cooperate, always defect ή random, μία επιλογή που καθιστά απρόβλεπτη την στρατηγική του αυτόματου παίχτη AI.

Στο απέναντι μέρος της οθόνης εμφανίζονται οι κανονισμοί του παιχνιδιού (game rules), όπως αυτοί καθορίζονται από την θεωρία του Διλήμματος του Φυλακισμένου (Prisoner's Game). Επίσης, σε εμφανές σημείο της οθόνης, υπάρχει αντίστροφη χρονομέτρηση, η οποία έχει προστεθεί με στόχο να καταστήσει το παιχνίδι πιο άμεσο και ακόμη πιο ενδιαφέρον.

Τέλος, ο παίχτης που απελευθερώνεται, ως αποτέλεσμα του συνδυασμού των αποφάσεων του ίδιου αλλά και του αντιπάλου τους, βλέπει τα κάγκελα της φυλακής να ανοίγουν για εκείνον και έτσι ο ίδιος παίρνει τον δρόμο προς την ελευθερία, συνοδευόμενος από ένα χαρακτηριστικό οπτικό εφέ που παραπέμπει την επαφή με το φως του εξωτερικού περιβάλλοντος.



Prisoner's Dilemma: Οι δύο φυλακισμένοι πίσω από τα κάγκελα της φυλακής, όπου κρατούνται και ανακρίνονται ξεχωριστά. Ο συνδυασμός των αποφάσεών τους θα καθορίσει την τύχη τους και ίσως ένας από τους δύο καταφέρει να κερδίσει την ελευθερία του



Prisoner's Dilemma: Το παιχνίδι ενός γύρου έχει μόλις ολοκληρωθεί. Ο συνδυασμός των αποφάσεων των δύο φυλακισμένων ανοίγει τον δρόμο προς την ελευθερία για τον γαλάζιο φυλακισμένο, κρατώντας πίσω από την φυλακή τον ροζ φυλακισμένο για τα τρία επόμενα χρόνια

6.2 Παράδειγμα Δίλημμα του Μάνατζερ (Manager's Dilemma)

Το Δίλημμα του Μάνατζερ (Manager's Dilemma) αποτελεί μία παραλλαγή του κλασικού Διλήμματος του Φυλακισμένου (Prisoner's Dilemma) το οποίο μεταφέρει την φιλοσοφία της Θεωρίας Παιγνίων (Game Theory) στον κόσμο της Διοίκησης Επιχειρήσεων και των Οικονομικών.

Εδώ, τους πρωταγωνιστικούς ρόλους δεν κρατούν, πλέον, δύο φυλακισμένοι, αλλά δύο διευθυντικά στελέχη (managers), εκπρόσωποι δύο ανταγωνιστικών επιχειρήσεων, οι οποίοι διαπραγματεύονται μεταξύ της προώθησης των αποκλειστικών συμφερόντων της εταιρείας τους και της αμοιβαία ωφέλιμης συνεργασίας ανάμεσα στις δύο πλευρές, προσφέροντας στον χρήστη μία προσομοίωση βασισμένη σε επιχειρησιακά σενάρια, όπου ο χρήστης, λειτουργώντας ως manager, καλείται να επιλέξει μεταξύ συνεργατικών πρακτικών (sharing information) ή ανταγωνιστικών πρακτικών (sabotage, withholding information).

Η εφαρμογή ενσωματώνει KPIs όπως productivity, trust level, team cohesion, δυναμική αλλαγή οργανωσιακής κουλτούρας και συνδυασμούς στρατηγικών υπό αβεβαιότητα, βοηθώντας τους

φοιτητές να εκτεθούν σε μια εικονική σύνθετη μορφή διλήμματος, όπου οι αποφάσεις έχουν πολλαπλές επιπτώσεις, προσομοιώνοντας ρεαλιστικά επιχειρησιακά περιβάλλοντα (Tirole, 1988).

Η εφαρμογή υποστηρίζει επίσης μονούς γύρους, όπου το αποτέλεσμα προκύπτει μέσα από έναν και μόνο συνδυασμό αποφάσεων, επαναλαμβανόμενους γύρους με το τελικό αποτέλεσμα να προκύπτει μέσα από τον υπολογισμό του συνολικού payoff, καθώς και προσομοίωση διαφορετικών στρατηγικών του υπολογιστή (Always Defect, Always Cooperate, Random, Tit-for-Tat).

Αυτό ενισχύει τη δυνατότητα διερεύνησης και μεταγνωστικής σκέψης, καθώς ο φοιτητής μπορεί να εξετάσει πώς οι μακροχρόνιες αλληλεπιδράσεις επηρεάζουν την απόδοση (Axelrod, 1984).

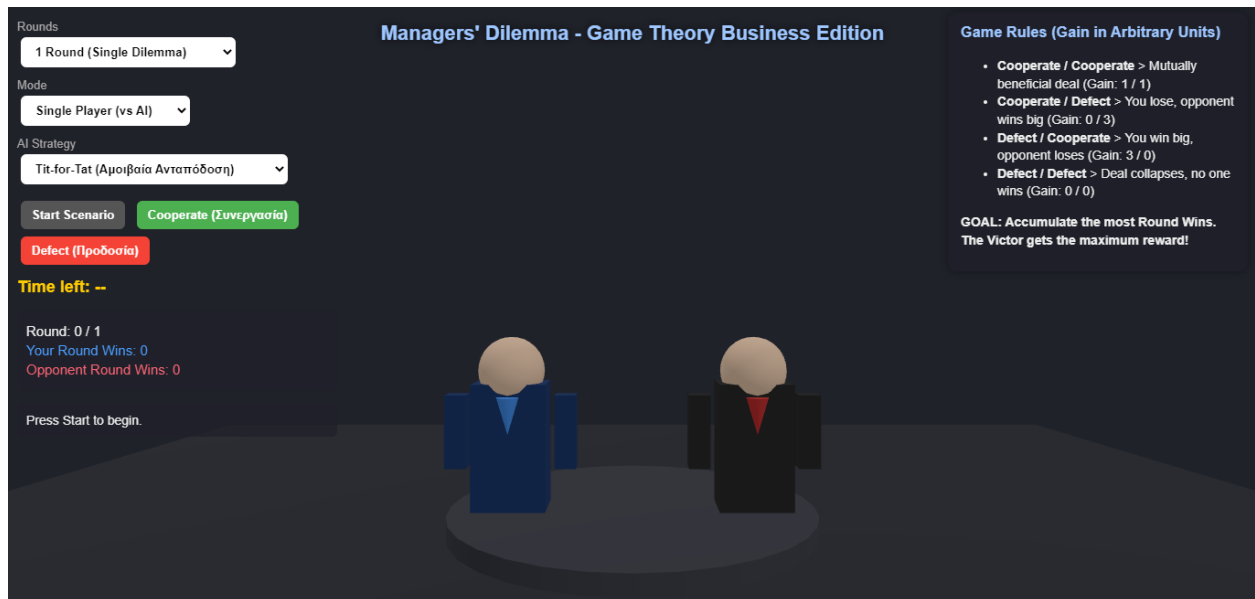
Το εικονικό περιβάλλον της εφαρμογής επιχειρεί να προσομοιώσει τις συνθήκες διαπραγμάτευσης δύο εταιρικών στελεχών, μέσα από μία μεταφορική απεικόνιση, καθώς κυριαρχούν τα πιο επαγγελματικά και office style χρώματα, και δύο φιγούρες με κοστούμια οι οποίες διαπραγματεύονται γύρω από ένα μεγάλο στρογγυλό τραπέζι, παραπέμποντας σε αίθουσα συνεδριάσεων μίας πολυεθνικής εταιρείας.

Στο άνω μέρος του αριστερού τμήματος της οθόνης, εμφανίζεται στον χρήστη η επιλογή (mode) να παίζει είτε απέναντι στην Τεχνητή Νοημοσύνη (Single Player vs AI), είτε απέναντι σε παίχτη φυσικό πρόσωπο (Two Players - Hotseat). Σε περίπτωση που ο παίχτης επιλέξει να αναμετρηθεί απέναντι σε μοντέλο Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), η εφαρμογή του παρέχει τη δυνατότητα να ρυθμίσει την στρατηγική του (AI Strategy), ανάμεσα στις επιλογές tit-for-tat, always cooperate, always defect ή random, μία επιλογή που καθιστά απρόβλεπτη την στρατηγική του αυτόματου παίχτη AI.

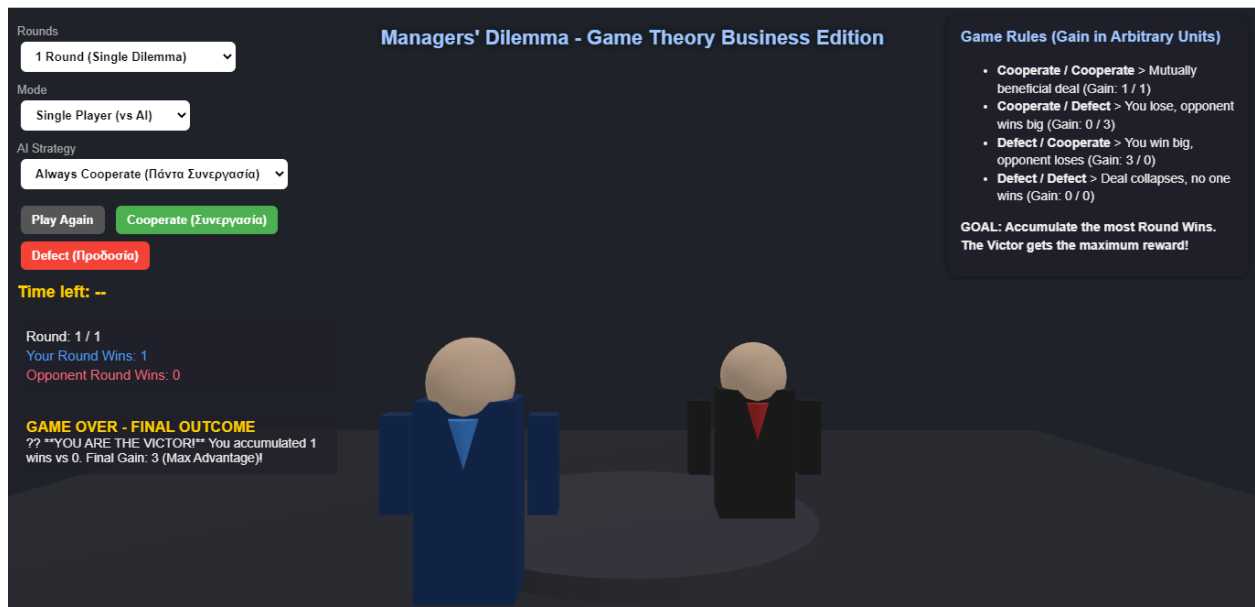
Στο απέναντι μέρος της οθόνης εμφανίζονται οι κανονισμοί του παιχνιδιού (game rules), εμπνευσμένοι από την θεωρία του Διλήμματος του Φυλακισμένου (Prisoner's Game), αλλά σαφώς προσαρμοσμένοι στο πλαίσιο και τα δεδομένα μίας διαπραγμάτευσης μεταξύ εταιρικών στελεχών. Επίσης, σε εμφανές σημείο της οθόνης, υπάρχει αντίστροφη χρονομέτρηση, η οποία έχει προστεθεί με στόχο να καταστήσει το παιχνίδι πιο άμεσο και ακόμη πιο ενδιαφέρον.

Τέλος, ο παίχτης που αναδεικνύεται νικητής της διαπραγμάτευσης, ως αποτέλεσμα του συνδυασμού των αποφάσεων του ίδιου αλλά και του αντιπάλου τους, αποχωρεί με

χαρακτηριστικό βηματισμό νικητή από το τραπέζι των διαπραγματεύσεων, αφήνοντας πίσω του τον ηττημένο της διαπραγμάτευσης.



Manager's Dilemma: Τα δύο στελέχη επιχειρήσεων (managers) κάθονται στο τραπέζι των διαπραγματεύσεων, επιδιώκοντας να μεγιστοποιήσουν τα οφέλη για την επιχείρηση που εκπροσωπούν. Ο συνδυασμός των αποφάσεών τους θα καθορίσει αν θα υπάρξει μεγάλος νικητής της διαπραγμάτευσης ή αν θα περιοριστούν αμφότεροι σε μικρές κλίμακας οφέλη, χάνοντας τη μεγάλη ευκαιρία να κυριαρχήσουν στην αγορά



Manager's Dilemma: Η διαπραγμάτευση των δύο managers έχει μόλις ολοκληρωθεί, αναδεικνύοντας μεγάλο νικητή τον αποφασιστικό blue manager, ο οποίος αποχωρεί παίρνοντας όλα τα οφέλη. Αντίθετα, ο black manager διατήρησε ένα πιο συναινετικό προφίλ στη διαπραγμάτευση, γεγονός που στοίχισε τόσο στον ίδιο, όσο και στην εταιρεία του

6.3 Ενσωμάτωση Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Logic)

6.3.1 Η Αρχιτεκτονική Λήψης Αποφάσεων (Decision Making Architecture)

Στις αναπτυχθείσες εφαρμογές, η AI λειτουργεί ως ο «αντίπαλος πράκτορας» (adversarial agent) του φοιτητή. Η λογική της βασίζεται στη συνάρτηση aiPick(), η οποία υλοποιεί τέσσερα διαφορετικά μοντέλα συμπεριφοράς. Αυτό επιτρέπει στον εκπαιδευόμενο να παρατηρήσει πώς η δική του στρατηγική επιδρά σε διαφορετικούς τύπους αντιπάλων, από απόλυτα προβλέψιμους έως τυχαίους.

6.4 Ανάλυση Στρατηγικών Τεχνητής Νοημοσύνης (AI)

6.4.1 Tit-for-Tat (Αμοιβαία Ανταπόδοση): Ο Καθρέπτης της Συμπεριφοράς

Η στρατηγική **Tit-for-Tat** αποτελεί την πιο εξελιγμένη μορφή κοινωνικής και επιχειρηματικής αλληλεπίδρασης στον κώδικα. Η λογική της ακολουθεί δύο κανόνες:

1. **Πρώτος Γύρος:** Η AI ξεκινά πάντα με «Συνεργασία» (Cooperate), δείχνοντας πρόθεση για αμοιβαίο όφελος.

2. **Επόμενοι Γύροι:** Η AI αντιγράφει την ακριβώς προηγούμενη κίνηση του παίκτη (`return playerHistory[playerHistory.length - 1]`).
- **Παιδαγωγικό Νόημα:** Ο φοιτητής μαθαίνει ότι η προδοσία προκαλεί άμεση τιμωρία, ενώ η συνεργασία ανταμείβεται, επιβεβαιώνοντας τη θεωρία των επαναλαμβανόμενων παιγνίων του Axelrod.

6.4.2 Always Cooperate & Always Defect: Τα Δύο Άκρα

Αυτές οι στρατηγικές αντιπροσωπεύουν στατικά μοντέλα συμπεριφοράς:

- **Always Cooperate:** Η AI επιστρέφει μόνιμα τη συνάρτηση `Cooperate`. Στην επιχειρηματική ηθική, αυτό προσομοιώνει έναν «αφελή» συνεργάτη, τον οποίο ο παίκτης μπορεί να εκμεταλλευτεί για να μεγιστοποιήσει το κέρδος του (κίνδυνος ηθικού κινδύνου).
- **Always Defect:** Η AI προδίδει πάντα (`Defect`). Εδώ ο φοιτητής συνειδητοποιεί ότι η μόνη ορθολογική απάντηση (`Nash Equilibrium`) είναι να προδώσει και ο ίδιος, καθώς η συνεργασία οδηγεί σε βέβαιη απώλεια.

6.4.3 Random Strategy: Η Αβεβαιότητα της Αγοράς Η στρατηγική `random` χρησιμοποιεί τη γεννήτρια τυχαίων αριθμών (`Math.random() < 0.5`) για να επιλέξει κίνηση.

- **Παιδαγωγικό Νόημα:** Προσομοιώνει ένα περιβάλλον υψηλού ρίσκου και θορύβου (`noise`), όπου δεν υπάρχει λογική σύνδεση μεταξύ των κινήσεων, αναγκάζοντας τον φοιτητή να βασιστεί σε πιθανολογικά μοντέλα αντί για στρατηγική ανάλυση.

6.5 Η Δυναμική της Μνήμης (*Historical Data Tracking*)

Ένα κρίσιμο στοιχείο της λογικής της AI είναι η χρήση των πινάκων `playerHistory` και `oppHistory`. Η AI δεν λαμβάνει αποφάσεις εν κενώ· «θυμάται» τι συνέβη στους προηγούμενους γύρους.

Αυτή η αποθήκευση δεδομένων επιτρέπει στην εφαρμογή να υπολογίζει το τελικό αποτέλεσμα (`End Game`) όχι ως ένα απλό άθροισμα, αλλά ως το αποτέλεσμα μιας διαρκούς στρατηγικής μάχης. Στο τέλος του παιχνιδιού, η AI αναλύει ποιος συγκέντρωσε τις περισσότερες νίκες γύρων (`playerRoundWins` vs `oppRoundWins`) και «αποφασίζει» για την τελική οπτική έκβαση (π.χ. αν οι χαρακτήρες θα απελευθερωθούν ή αν η επιχειρηματική συμφωνία θα καταρρεύσει).

6.6 Συμπερασματικό Σχόλιο

Η ενσωμάτωση αυτής της λογικής μετατρέπει τις εφαρμογές από απλά γραφικά σε **διαδραστικά εργαστήρια στρατηγικής**. Ο παίκτης ΑΙ λειτουργεί ως «καθρέπτης» των αποφάσεων του φοιτητή, προσφέροντας άμεση ανατροφοδότηση για τις συνέπειες της επιθετικής ή της συνεργατικής διοίκησης.

7. Τεχνική Υλοποίηση και Ανάπτυξη των Εκπαιδευτικών Εφαρμογών

7.1 Εισαγωγή στο Πλαίσιο Υλοποίησης

Η τεχνική υλοποίηση της παρούσας εργασίας επικεντρώνεται στην ανάπτυξη δύο πλήρως λειτουργικών διαδραστικών εφαρμογών Θεωρίας Παιγνίων (Game Theory), κατασκευασμένων με χρήση HTML, CSS και JavaScript, χωρίς την αξιοποίηση εξωτερικών game engines. Οι εφαρμογές αποτελούν αυτόνομα παραδείγματα εκπαιδευτικών μικρό-προσομοιώσεων (educational micro-simulations), τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν σε διαδικτυακές πλατφόρμες, να χρησιμοποιηθούν σε τάξη ή να αποτελέσουν αυτόνομα εργαλεία αυτομάθησης (Van Eck, 2015).

Η εφαρμογή Prisoner's Dilemma Simulation, εστιάζει στην κατανόηση της στρατηγικής αλληλεξάρτησης δύο παικτών, των εννοιών “cooperate” – “defect” καθώς και στην κατανόηση της έννοιας της Ισορροπίας Nash. Η εφαρμογή Manager's Dilemma Simulation, προσομοιώνει το στρατηγικό δίλημμα δύο στελεχών που λαμβάνουν αποφάσεις υπό συνθήκες ανταγωνισμού και περιορισμένων πόρων, βασισμένη σε μοντέλα επιχειρησιακής στρατηγικής (Gibbons, 1992).

Η επιλογή υλοποίησης σε HTML/CSS/JavaScript στηρίχθηκε σε τρεις κύριους λόγους: **καθολική προσβασιμότητα**, καθώς οι εφαρμογές λειτουργούν σε όλους τους browsers και συσκευές, **επεκτασιμότητα**, αφού επιτρέπουν εύκολη ενσωμάτωση σε LMS συστήματα ή websites (Robson, 2019), **απλότητα υλοποίησης** και **γρήγορη μάθηση**, κάτι που διευκολύνει την αναπαραγωγή και βελτίωση των εφαρμογών από μελλονικούς φοιτητές ή ερευνητές.

7.2 Αρχιτεκτονική Συστήματος και Τεχνολογικές Επιλογές

Η αρχιτεκτονική των εφαρμογών είναι modular, επιτρέποντας διαχωρισμό ανάμεσα σε:

Παρουσίαση (Presentation Layer) – HTML + CSS

Παιχνιδομηχανή (Game Logic Layer) – JavaScript modules

Αποθήκευση δεδομένων χρήστη (Data Layer) – Local Storage και session arrays

Η δομή των εφαρμογών ακολουθεί τις αρχές των "lightweight educational games" (Plass et al., 2015), όπου η διεπαφή και η μηχανική απόφαση παραμένουν καθαρές και κατανοητές.

7.2.1 HTML Structure

Η βασική σελιδοποίηση περιλαμβάνει περιοχές προβολής επιλογών, πίνακες payoff, δυναμικά πεδία κειμένου με ανατροφοδότηση, κουμπιά επιλογών και πεδίο αποτελεσμάτων και ιστορικού γύρων.

Η δομή στηρίζεται σε semantic elements όπως <section>, <article>, <button>, για λόγους προσβασιμότητας (W3C Standards).

7.2.2 CSS Styling

Το ύφος των εφαρμογών ακολουθεί τη λογική ενός μινιμαλιστικού σχεδιασμού (minimal design), με χρωματικές επισημάνσεις και διαφοροποιήσεις για ευκολότερη οπτική αναγνώριση και ευέλικτη εμφάνιση (responsive layout).

Το CSS βασίζεται σε προσαρμοσμένες μεταβλητές (custom variables) και ευέλικτη εμφάνιση (responsive layout), που του επιτρέπει να προσαρμόζεται σε κινητά, tablets και οθόνες desktop.

7.2.3 JavaScript Game Engine

Ο πυρήνας των εφαρμογών είναι γραμμένος σε vanilla JavaScript και περιλαμβάνει συναρτήσεις επιλογής στρατηγικών, υπολογισμό payoffs, γεννήτρια αντιπάλου (AI agent) για συγκεκριμένες στρατηγικές, διαχείριση γύρων και επαναλήψεων, καταγραφή στατιστικών, visual feedback με αλλαγές στο DOM. Το JavaScript μοντέλο βασίστηκε στις αρχές της αποφασιστικής λήψης σε στρατηγικά παιχνίδια (Osborne, 2004).

7.3 Υλοποίηση της Εφαρμογής *Prisoner's Dilemma*

7.3.1 Περιγραφή και Παιδαγωγικοί Στόχοι

Η εφαρμογή προσομοιώνει το κλασικό δίλημμα δύο παικτών που καλούνται να επιλέξουν αν θα συνεργαστούν, υπό την έννοια του να καλύψουν τον αντίπαλο παίχτη (**στρατηγική cooperate**) ή

αντίθετα αν θα τον προδώσουν (**στρατηγική defect**). Η επιλογή γίνεται ταυτόχρονα και δεν υπάρχει επικοινωνία.

Βασικοί στόχοι του πειράματος που υλοποιείται μέσω της παιγνιώδους εφαρμογής είναι η κατανόηση της Ισορροπίας Nash (Nash, 1950), η εμπέδωση του τρόπου με τον οποίο η αμοιβαία συνεργασία δεν αποτελεί σταθερή στρατηγική χωρίς εμπιστοσύνη καθώς και η πρακτική οπτικοποίηση του payoff matrix.

7.3.2 Τεχνικός Σχεδιασμός

Η εφαρμογή περιλαμβάνει πίνακα payoffs που ενημερώνεται δυναμικά, επιλογή στρατηγικής από τον χρήστη, αλγόριθμο στρατηγικής αντιπάλου (π.χ. Always Defect, Always Cooperate, Tit-for-Tat) και αναλυτικά αποτελέσματα στο τέλος κάθε γύρου. Η υλοποίηση του AI agent έγινε με modular functions ώστε να μπορεί εύκολα να αντικατασταθεί ή να επεκταθεί.

7.4 Υλοποίηση της Εφαρμογής *Manager's Dilemma*

7.4.1 Θεωρητική Βάση και Εκπαιδευτική Λογική

Το Manager's Dilemma αποτελεί μια προσαρμογή της λογικής των διλημμάτων συνεργασίας σε επιχειρησιακό περιβάλλον, όπου δύο managers λαμβάνουν αποφάσεις κατανομής πόρων με βάση παραμέτρους όπως το κόστος, ο κίνδυνος, ο ανταγωνισμός και οι πιθανές επιπτώσεις στο τμήμα τους.

Το παιχνίδι βασίζεται στη λογική των επιχειρησιακών στρατηγικών (Gibbons, 1992), ενώ παραπέμπει και σε μοντέλα ηθικού κινδύνου (morale hazard) και ανταγωνισμού δύο τμημάτων (Holmstrom, 1982).

7.4.2 Δομή και Διαδραστικότητα

Η εφαρμογή περιλαμβάνει δύο διαθέσιμες στρατηγικές ανά μάνατζερ – corporate ή defect, με μία διαφορετική προσέγγιση των δύο όρων, καθώς ως corporate ορίζεται η πιο συνεργατική

στρατηγική τύπου win-win, ενώ ως defect ορίζεται η πιο επιθετική στρατηγική, που αποσκοπεί στο να κερδίσει, εκείνος που θα την ακολουθήσει, όλα τα οφέλη της διαπραγμαύευσης.

Περιλαμβάνει, επίσης, δυναμικό πίνακα payoffs που αλλάζει ανάλογα με το σενάριο, αναλυτικά αποτελέσματα σε μορφή λίστας και γραφικής ανατροφοδότησης, υπολογισμό συσσωρευτικών πόντων απόδοσης και χρήση decision prompts για ενίσχυση κριτικής σκέψης.

7.5 Καταγραφή Στατιστικών και Ανατροφοδότηση

Και στις δύο εφαρμογές υλοποιήθηκε σύστημα καταγραφής επιλογών στρατηγικής, αποτελεσμάτων κάθε γύρου, συνολικών πόντων, στρατηγικών που χρησιμοποιήθηκαν από το AI.

Οι πληροφορίες εμφανίζονται στον χρήστη με κατανοητό τρόπο μέσω πινάκων, λίστας αποφάσεων, περιγραφικών μηνυμάτων και σύντομης ανάλυσης στο τέλος κάθε session.

Το σύστημα ανατροφοδότησης βασίζεται στη βιβλιογραφία της άμεσης ανατροφοδότησης (Hattie & Timperley, 2007).

7.6 Τεχνικές και Παιδαγωγικές Προκλήσεις

Κατά την ανάπτυξη των εφαρμογών καταγράφηκαν, ως προκλήσεις, η ανάγκη οπτικοποίησης σύνθετων εννοιών με απλό, κατανοητό και καθαρό τρόπο, η διατήρηση ισορροπίας ανάμεσα στη θεωρητική ακρίβεια και την απλότητα της διεπαφής καθώς και η δημιουργία ενός AI που να είναι συνεπές, αλλά όχι υπερβολικά περίπλοκο.

Ο σχεδιασμός ακολούθησε τις αρχές της απλής αλλά ουσιαστικής προσομοίωσης (simple-but-deep simulations), κατά τις οποίες οι μηχανισμοί παραμένουν κατανοητοί χωρίς να χάνεται η διδακτική αξία (Plass & Kapur, 2020).

7.7 Επεκτασιμότητα και Προτάσεις Μελλοντικής Ανάπτυξης

Οι εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί με τρόπο ώστε να μπορούν να εξελιχθούν με την προσθήκη νέων στρατηγικών AI, την εισαγωγή multiplayer λειτουργίας μέσω WebSockets, την

ενσωμάτωση συνθετότερων πινάκων payoffs, την αξιοποίηση frameworks όπως React ή Vue για πιο δυναμική διεπαφή καθώς και τη σύνδεση με συστήματα αξιολόγησης μάθησης (LMS).

Οι προοπτικές είναι σημαντικές, καθώς οι web-based προσομοιώσεις αποτελούν σήμερα ένα από τα πιο εύχρηστα εργαλεία μικρο-εκπαίδευσης (microlearning) (Buchem & Konert, 2015).

8. Ανακεφαλαίωση Κομβικών Σημείων Εργασίας

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει ένα σύγχρονο web-based πλαίσιο για τη Διδασκαλία της Θεωρίας Παιγνίων (Game Theory), το οποίο περιλαμβάνει την ανάπτυξη δύο πλήρως λειτουργικών, διαδραστικών προσομοιώσεων, υλοποιημένων αποκλειστικά με **HTML, CSS και JavaScript**, χρησιμοποιώντας επιπλέον το Three.js για την οπτικοποίηση τρισδιάστατου περιβάλλοντος.

Οι δύο υλοποιήσεις, το *Prisoner's Dilemma Simulation* και το *Manager Dilemma Simulation*, εντάσσονται σε ένα σύγχρονο ρεύμα ερευνητικής και διδακτικής προσέγγισης, το οποίο αξιοποιεί web-based simulations για τη διδασκαλία σύνθετων εννοιών (Howard & Major, 2022· Kato & Sung, 2023).

Σε αντίθεση με κλειστές πλατφόρμες ανάπτυξης λογισμικού, η επιλογή καθαρών web τεχνολογιών προσφέρει μία σειρά από σημαντικά πλεονεκτήματα, τα οποία αξιοποιήθηκαν σε βάθος στην παρούσα εργασία:

Αυτά είναι, η καθολική προσβασιμότητα, καθώς το παιχνίδι λειτουργεί σε κινητά, tablets, laptops, χωρίς να απαιτείται εγκατάσταση, η **ελαφριά και άμεση αλληλεπίδραση**, καθώς οι μηχανισμοί γραφικών WebGL επιτρέπουν 3D κινούμενα μοντέλα στο πρόγραμμα περιήγησης, ο **πλήρως επεκτάσιμος κώδικας**, καθώς το σύστημα μπορεί να ενσωματωθεί σε LMS, εκπαιδευτικές πλατφόρμες και MOOCs, καθώς και η **σύγχρονη παιδαγωγική συμβατότητα**, καθώς το εργαλείο επιτρέπει πειραματισμό χωρίς ρίσκο, ενεργητική μάθηση και ενσώματη κατανόηση (embodied learning), στοιχεία κρίσιμα για την κατανόηση στρατηγικών αλληλεπιδράσεων (Freeman et al., 2021· Xie et al., 2024).

Η καινοτομία της εργασίας έγκειται στο ότι κάθε παιχνίδι προσφέρει **δυναμική προσομοίωση επαναλαμβανόμενων γύρων**, με οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων και προσαρμογή στρατηγικών, επιτρέποντας στον φοιτητή να ανακαλύψει στην πράξη πώς αναδύονται φαινόμενα όπως η αμοιβαία συνεργασία, η προδοσία, η τιμωρία και ανταπόδοση, η ευθυγράμμιση κινήτρων, η ισορροπία του Nash και η μακροχρόνια ισορροπία σε επαναλαμβανόμενα παίγνια.

8.1 Ανάλυση Υλοποίησης του *Prisoner's Dilemma Simulation*

Το πρώτο μοντέλο, *Prisoner's Dilemma – Cartoon 3D Edition*, αποτελεί μία προσομοίωση του κλασικού κοινωνιολογικού και οικονομικού διλήμματος, στο οποίο δύο παίκτες καλούνται να επιλέξουν ανάμεσα στη **συνεργασία** και την **προδοσία** (Axelrod, 1984). Στη θεωρία, το παίγνιο αποτελεί πρότυπο για την ανάλυση κοινωνικών φαινομένων, συμπεριφορικών στρατηγικών, διαπραγματεύσεων και στρατηγικής αλληλεπίδρασης.

Η υλοποίηση που αναπτύχθηκε περιλαμβάνει δύο 3D χαρακτήρες (WebGL μέσω Three.js), διαδραστική επιλογή στρατηγικής «Cooperate» ή «Defect», επιλογή μεταξύ single-player (με AI) ή hotseat mode, πολλαπλούς γύρους (repeated game) με συνολική αξιολόγηση αποτελεσμάτων, σενάρια AI με στρατηγικές όπως tit-for-tat, always cooperate, always defect και random.

Οι στρατηγικές αυτές δεν επιλέχθηκαν τυχαία, καθώς εξυπηρετούν λόγους εκπαιδευτικής σκοπιμότητας. Η στρατηγική **Tit-for-Tat** αποτελεί την πιο μελετημένη στρατηγική σε επαναλαμβανόμενα παίγνια (Axelrod, 1997· Nowak & Sigmund, 2005) και αποτελεί βασικό στοιχείο των εργασιών θεωρίας συνεργασίας στην εξέλιξη της ανθρώπινης συμπεριφοράς.

Η συμπεριφορά του συστήματος αποδίδεται τόσο οπτικά όσο και με κείμενο, καθώς αν ο παίκτης απελευθερωθεί, η πόρτα της φυλακής ανοίγει και ο χαρακτήρας περπατά προς τα εμπρός, αν τιμωρηθεί παραμένει στο κελί ενώ τα αποτελέσματα καταγράφονται και στο τέλος των γύρων προκύπτει συνολικός νικητής.

Η οπτικοποίηση υλοποιήθηκε μέσω Three.js, το οποίο επιτρέπει ελαφριά αλλά ευέλικτη δημιουργία περιβαλλόντων. Η επιλογή αυτή είναι σύμφωνη με τη βιβλιογραφία, που προτείνει WebGL-based simulations ως την πιο προσβάσιμη λύση για εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (Kato & Sung, 2023).

8.2 Παιδαγωγική Αξιοποίηση του *Prisoner's Dilemma Simulation*

Η προσομοίωση διευκολύνει τη μετάβαση του φοιτητή από την αφηρημένη θεωρία στη βιωματική κατανόηση. Πλήθος μελετών τα τελευταία χρόνια υποστηρίζουν ότι οι προσομοιώσεις βοηθούν σημαντικά στην κατανόηση εννοιών στρατηγικής συμπεριφοράς, αλληλεξάρτησης, ανταμοιβών και ρίσκου (Soffer & Ben-Zvi, 2022).

Με βάση τα παραπάνω, η συγκεκριμένη υλοποίηση υποστηρίζει την **ανάπτυξη στρατηγικής σκέψης**, την **κατανόηση της δυναμικής συνεργασίας**, την **αυτορρύθμιση στη λήψη αποφάσεων**, καθώς και την **ενίσχυση της ικανότητας πρόβλεψης των αντιδράσεων του αντίπαλου**. Επιπλέον, προσφέρει άμεση οπτικοποίηση αποτελεσμάτων, η οποία σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα ενισχύει την ενσώματη κατανόηση και μειώνει τα σφάλματα λογικής (Xie et al., 2024).

8.3 Η Υλοποίηση του Manager Negotiation Simulation

Η δεύτερη προσομοίωση αφορά ένα **εναλλακτικό σενάριο Θεωρίας Παιγνίων**, περισσότερο εστιασμένο στον κόσμο των Επιχειρήσεων, στο οποίο αντί για φυλακισμένους παρουσιάζονται δύο **managers** οι οποίοι συμμετέχουν σε μία διαδικασία διαπραγμάτευσης. Το σενάριο έχει περισσότερο «επιχειρηματικό» προσανατολισμό και ενσωματώνει στοιχεία προερχόμενα από το παιχνίδι του εκβιασμού (ultimatum bargaining), την αρχή της μέγιστης ανταμοιβής, την έννοια της αμοιβαιότητας και την δυναμική της συνεργασίας σε διοικητικά περιβάλλοντα.

Το περιβάλλον υλοποιήθηκε επίσης με HTML/CSS/JS και Three.js, περιλαμβάνοντας 3D γραφικά Managers με διαφοροποιημένη εξωτερική εμφάνιση, στρογγυλό τραπέζι διαπραγμάτευσης, μηχανισμό λήψης αποφάσεων (Α ή Β επιλογές) και animation επιτυχίας ο οποίος οπτικοποιείται μέσα από τον δυναμικό βηματισμό με τον οποίο αποχωρεί από το τραπέζι των συζητήσεων ο manager που έχει κερδίσει τη διαπραγμάτευση.

Η σχεδίαση στοχεύει να μιμηθεί πραγματική εταιρική διαπραγμάτευση, με τρόπο οπτικά ευχάριστο και παιδαγωγικά αποτελεσματικό. Μάλιστα, η διεθνής βιβλιογραφία σημειώνει ότι οι προσομοιώσεις εταιρικών διαπραγματεύσεων αυξάνουν την κατανόηση της θεωρίας των κινήτρων, των payoffs και της στρατηγικής συμπεριφοράς σε διοικητικά περιβάλλοντα (Zhou & Li, 2023).

8.4 Εκπαιδευτική Αξία των Δύο Προσομοιώσεων

Τα δύο εργαλεία λειτουργούν συμπληρωματικά. Το πρώτο διδάσκει τη δομή ενός κλασικού μηδενικού αθροίσματος (κατά περίπτωση), ενώ το δεύτερο εφαρμόζει παρόμοιες στρατηγικές σε περιβάλλον πιο κοντά στην πραγματική αγορά εργασίας.

Ο φοιτητής μέσα από αυτές τις προσομοιώσεις αποκτά **κατανόηση πραγματικών στρατηγικών προβλημάτων**, **δεξιότητες στρατηγικής διαπραγμάτευσης**, **εμπιστοσύνη στην εφαρμογή**

μαθηματικών εννοιών σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα, καθώς και ικανότητα πρόβλεψης αντισυμβαλλόμενου.

Το γεγονός ότι και τα δύο εργαλεία είναι άμεσα προσβάσιμα μέσω browser ενισχύει την εμπλοκή και επιτρέπει τη χρήση τους σε σύγχρονες διδακτικές πρακτικές όπως flipped classroom και self-paced learning (Howard & Major, 2022).

9. Συμπεράσματα και Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Το κεφάλαιο αυτό συνοψίζει τα συμπεράσματα της εργασίας και προτείνει κατευθύνσεις για μελλοντική επέκταση των εκπαιδευτικών προσομοιώσεων.

9.1 Συνολική Αποτίμηση

Σε επίπεδο συνολικής αποτίμησης, η υλοποίηση των δύο web-based προσομοιώσεων συγκεντρώνει όλες εκείνες τις τεχνικές και παιδαγωγικές προϋποθέσεις που της επιτρέπουν να αξιολογηθεί ως επιτυχής. Συγκεκριμένα, οι εφαρμογές προσφέρουν υψηλό βαθμό διαδραστικότητας, επιτρέπουν επαναληψιμότητα και άμεση ανατροφοδότηση, καθιστούν την Θεωρία Παιγνίων (Game Theory) βιωματική και προσιτή, ενώ υποστηρίζουν γνωστικές διαδικασίες υψηλού επιπέδου (ανάλυση, αξιολόγηση, στρατηγικό σχεδιασμό).

9.2 Παιδαγωγικές Επιπτώσεις

Σε επίπεδο παιδαγωγικών επιπτώσεων οι δύο προσομοιώσεις προάγουν την ενεργό μάθηση (active learning), ενισχύουν την αυτορρύθμιση (self-regulated learning) (Pintrich, 2004), καθιστούν ορατές ορισμένες αφηρημένες έννοιες και υποστηρίζουν κοινωνικογνωστικές θεωρίες μάθησης.

Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι οι φοιτητές βλέπουν τις συνέπειες των αποφάσεων τους, γεγονός που μετατρέπει την αφηρημένη στρατηγική σκέψη σε χειροπιαστή εμπειρία.

9.3 Τεχνική Αποτίμηση

Ως προς την τεχνική αποτίμηση του έργου, οι web τεχνολογίες αποδείχθηκαν ευέλικτες, επεκτάσιμες, κατάλληλες προς εφαρμογή σε εκπαιδευτικά πλαίσια και εύκολες στην ενσωμάτωση σε LMS (π.χ. Moodle). Επιπλέον, η modular αρχιτεκτονική επιτρέπει τη συνεχή δημιουργική εξέλιξη των εφαρμογών.

9.4 Περιορισμοί της Έρευνας

Παρά την πολυπαραμετρική ικανοποίηση μίας σειράς απαιτήσεων που καθιστούν την εφαρμογή ένα χρήσιμο και αξιόπιστο εκπαιδευτικό εργαλείο για την διδακτική της Θεωρίας Παιγνίων (Game Theory), η έρευνα συνδέεται και με ορισμένους περιορισμούς. Συγκεκριμένα, ο πρώτος περιορισμός αφορά το γεγονός ότι το δείγμα ήταν εστιασμένο αποκλειστικά στον ακαδημαϊκό χώρο, υπό την έννοια ότι σχεδιάστηκε ως ένα project που απευθύνεται σε κοινό φοιτητών και μαθητών. Πιθανόν η διδακτική του αξιοποίηση σε ένα περισσότερο εξειδικευμένο κοινό, να απαιτούσε μία σειρά αναβαθμίσεων και παραμετροποιήσεων.

Ένας δεύτερος περιορισμός, προέρχεται από το γεγονός ότι οι δύο εφαρμογές εξετάζουν συγκεκριμένα, απλουστευμένα σενάρια. Και ενώ αποτελεί μία κοινώς αποδεκτή παραδοχή ότι η απλούστευση των δεδομένων ενός πειράματος καθιστά τη διδακτική διαδικασία πολλές φορές πιο αποτελεσματική, επίσης κοινώς αποδεκτή παραδοχή αποτελεί το γεγονός ότι τόσο σε συνθήκες ανάκρισης δύο κρατουμένων, όσο και σε συνθήκες διαπραγμάτευσης δύο managers στις σκληρές ρεαλιστικές συνθήκες του πραγματικού κόσμου, υφίστανται παράμετροι –πολλές φορές μη ορατοί- που είναι δύσκολο να ληφθούν υπόψη και να εφαρμοστούν στο εικονικό περιβάλλον υλοποίησης μία εφαρμογής.

Τέλος, ακόμη ένας περιορισμός είναι εκείνος που έχει να κάνει με την εξεύρεση τρόπων ώστε η ανάλυση learning analytics, δηλαδή η μέτρηση, η συλλογή, η ανάλυση και η παρουσίαση των δεδομένων σχετικά με τους μαθητές και τους φοιτητές, να μπορέσει να επεκταθεί μέσα από περισσότερους δείκτες, με σκοπό την κατανόηση και τη βελτιστοποίηση της μάθησης και του περιβάλλοντος στο οποίο εμφανίζεται.

9.5 Προτάσεις Μελλοντικής Έρευνας και Ανάπτυξης – Ερευνητικές Κατευθύνσεις

Το project προσφέρει τις προϋποθέσεις μελλοντικής Έρευνας και Ανάπτυξης, που θα μπορούσαν να παρέχουν αναβάθμιση τόσο στην τεχνική πλευρά του περιεχομένου του, όσο και στην παιδαγωγική του αποτελεσματικότητα.

Συγκεκριμένα, ως προς τις τεχνικές προεκτάσεις, θα μπορούσε να προταθεί η δημιουργία online multiplayer λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο, η ενσωμάτωση AI agents με προσαρμοστικές στρατηγικές (adaptive strategies), η προσθήκη λειτουργίας μηχανικής μάθησης (machine

learning) για ανάλυση της συμπεριφοράς των χρηστών, καθώς και η δημιουργία dashboard analytics για καθηγητές.

Ως προς τις παιδαγωγικές προεκτάσεις, θα μπορούσε να προταθεί η εξέταση επίδρασης σε διαφορετικά γνωστικά πεδία (Μάρκετινγκ, Πολιτικές Επιστήμες), η ενσωμάτωση των προσομοιώσεων σε μοντέλα αντεστραμμένης αίθουσας (flipped classroom), μιας εκπαιδευτικής μεθόδου όπου η «διάλεξη» του μαθήματος γίνεται στο σπίτι (μέσω βίντεο, κειμένων, κ.λπ.), ενώ ο χρόνος στην τάξη αφιερώνεται σε διαδραστικές δραστηριότητες, συζητήσεις, συνεργασία και εφαρμογή της γνώσης με καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, «αντιστρέφοντας» την παραδοσιακή διδασκαλία, ενώ -τέλος- μία σημαντική παιδαγωγική προέκταση θα μπορούσε να αποτελέσει η δημιουργία μεγαλύτερων, πιο πολύπλοκων οργανωσιακών σεναρίων.

Ολοκληρώνοντας, με τις πιθανές ερευνητικές κατευθύνσεις στις οποίες θα μπορούσε να στραφεί το ενδιαφέρον για τη συνέχεια, θα μπορούσε κανείς να επισημάνει τη μελέτη της συμπεριφοράς παικτών σε μακροχρόνιες προσομοιώσεις, την αξιοποίηση learning analytics για αναγνώριση μοτίβων, καθώς και την περαιτέρω διερεύνηση κινήτρων συνεργατικότητας.

9.6 Τελική Σκέψη

Η διδακτική της **Θεωρίας Παιγνίων (Game Theory)** μέσα από την **Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality)** και την **Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality)** προσφέρει ένα συναρπαστικό υπόδειγμα του πώς μπορεί να εξελιχθεί η διδασκαλία των Διοικητικών και Οικονομικών Επιστημών. Δεν πρόκειται μόνο για τεχνολογική καινοτομία, αλλά για έναν **ανασχεδιασμό της ίδιας της μαθησιακής εμπειρίας**.

Καθώς η Πληροφορική συνεχίζει να διαμορφώνει διαρκώς νέα δεδομένα στην Εκπαίδευση, το στοίχημα των επόμενων ετών είναι η **ανάπτυξη συστημάτων, εφαρμογών και προσεγγίσεων** που να προάγουν όχι μόνο τη γνώση, αλλά και την κριτική σκέψη, τη στρατηγική ωριμότητα και τη συμμετοχική νοημοσύνη των μελλοντικών επαγγελματιών και πολιτών.

Βιβλιογραφικές Αναφορές (References)

- Akçayır, M. and Akçayır, G. (2020) 'The impact of augmented reality on spatial ability, knowledge transfer, and retention in science education', *British Journal of Educational Technology*, 51(3), pp. 883–899.
- Alalwan, A. A., Dwivedi, Y. K., and Williams, M. D. (2024) 'The adoption of virtual reality in educational settings: An extended UTAUT perspective', *Computers & Education*, 198, p. 104780.
- Atef, A. (2024) 'Optimal strategies in the Iterated Prisoner's Dilemma with noisy execution', *Games and Economic Behavior*, 144, pp. 250–267.
- Athinorama (2023) 'Applications of situated SIMulations': Η επανζημένη πραγματικότητα αναβαθμίζει τη μουσειακή εμπειρία. [Online]. Διαθέσιμο στο: <https://www.athinorama.gr/texnes/3014854/applications-of-situated-simulations-i-epauximeni-pragmatikotita-anabathmizei-ti-mouseiaki-empeiria/>
- Axelrod, R. (1984) *The Evolution of Cooperation*. New York: Basic Books.
- Azuma, R. T. (1997) 'A survey of augmented reality', *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), pp. 355–385.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R. and Graf, S. (2014) 'Augmented reality trends in education: A systematic review of the literature', *Computers & Education*, 72, pp. 1–11.
- Brandenburger, A. & Nalebuff, B. (1996) *Co-opetition*. New York: Doubleday.
- Business Insider (2022) *Harvard Students Held Their School Reunion in the Metaverse to Avoid 'Zoom Fatigue,' Showing the Potential Use of VR Tech*. [Online]. Διαθέσιμο στο: <https://www.businessinsider.com/harvard-students-metaverse-school-reunion-potential-use-vr-tech-2022-6>
- COSMOTE Group (χ.χ.) *COSMOTE CHRONOS: A new era for cultural heritage*. [Online]. Διαθέσιμο στο: https://www.cosmote.gr/static/otegroup/en/article/cosmote_chronos
- Crogman, H. T. et al. (2025) 'The Impact of Foveated Rendering and Edge AI in Educational VR Environments', *Journal of Computer Assisted Learning*, 41(2).
- Dede, C. (2009) 'Immersive Interfaces for Engagement and Learning', *Science*, 323(5910), pp. 66–69.
- Dillenbourg, P. (1999) 'What do you mean by collaborative learning?'. In: *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*. Elsevier. pp. 1–19.

Dudhee, V. & Vukovic, V. (2023) 'Spatial Computing for Higher Education: A New Era of Interaction', *Frontiers in Built Environment*, 9, 112045.

Flanagan, M. (2020) 'Creating Interactive Simulations'. In: Andrews, D. (ed.) *Handbook of Educational Technologies*. London: Routledge, pp. 233–248.

Freina, L. and Ott, M. (2015) 'A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education', *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 11(1), pp. 132–144.

Garrison, D. & Kanuka, H. (2004) 'Blended Learning: Uncovering its Transformative Potential in Higher Education'. San Francisco: Jossey-Bass.

Garzón, J. and Acevedo, J. (2021) 'Meta-analysis of the impact of augmented reality on student achievement and motivation in education', *Education and Information Technologies*, 26(3), pp. 3413–3429.

Gibbons, R. (1992) *Game Theory for Applied Economists*. Princeton: Princeton University Press.

Glynatsi, N. E. (2024) 'Axelrod's tournaments revisited: A long-term perspective on the evolution of cooperation', *Journal of Economic Dynamics and Control*, 159, p. 104780.

Gross, T. et al. (2023) 'Cooperation and complexity in multi-agent systems: Beyond Tit-for-Tat', *Nature Communications*, 14, p. 7801.

Hattie, J. & Timperley, H. (2007) 'The Power of Feedback', *Review of Educational Research*, 77(1), pp. 81–112.

Holmstrom, B. (1982) 'Moral Hazard in Teams'. New York: Garland Publishing.

Huang, C.-Y. and Liao, Y.-W. (2024) 'Effects of augmented reality on embodied learning, attention, and knowledge retention: A meta-analysis', *Educational Technology & Society*, 27(1), pp. 165–181.

Ibáñez, M. and Delgado-Kloos, C. (2018) 'Augmented Reality for STEM Learning', *Educational Technology & Society*, 21(3), pp. 1–11.

Ibáñez, M. B., Schmetz, L., and Delgado-Kloos, C. (2020) 'Cooperative learning with augmented reality in STEM education', *Interactive Learning Environments*, 28(1), pp. 1–15.

Jensen, L. and Konradsen, F. (2020) 'A review of the use of virtual reality in education and training', *Education and Information Technologies*, 25(3), pp. 2631–2643.

Jonassen, D. H. (1999) 'Designing constructivist learning environments'. In: *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory*. Lawrence Erlbaum Associates. pp. 215–239.

- Jung, I. and Nguyen, T. C. (2023) 'Factors influencing university students' acceptance of augmented reality in learning', *Computers & Education*, 200, p. 104780.
- Kaufmann, H. and Schmalstieg, D. (2003) 'Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality', *ACM SIGGRAPH*, 7, pp. 1–10.
- Keith, B. (2010) *HTML5 for Web Programmers*. Boston: Addison-Wesley.
- Li, X. et al. (2024) 'The impact of AI-VR integration on cognitive load in higher education', *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, pp. 112-125.
- Long, Z. & Zhang, Y. (2025) 'Decoding Strategies in Green Building Supply Chain: A Tripartite Evolutionary Game Analysis', *Sustainability*, 15(5), 840.
- Makransky, G. and Petersen, G. B. (2021) 'The role of immersion and presence in virtual reality-based learning: The effects of VR on students' self-efficacy and learning outcomes', *Learning and Instruction*, 71, p. 101377.
- Makransky, G., Terkildsen, T. and Mayer, R. E. (2019) 'Adding Immersion to VR Learning Environments', *Computers & Education*, 134, pp. 30–48.
- Market Growth Reports (2025) 'The Economic Impact of AI-Driven VR Training in Corporate Sector', *Strategic Industry Outlook*.
- Mayer, R.E. (2009) *Multimedia Learning*. 2nd edn. Cambridge: Cambridge University Press.
- Myerson, R. (1991) *Game Theory: Analysis of Conflict*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nash, J. (1950) 'Equilibrium Points in N-Person Games', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 36(1), pp. 48–49.
- Nor Hafizah, N. M., et al. (2025a) 'A Systematic Literature Review on Augmented Reality (AR) Technology in Teaching and Learning', *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 12(1), pp. 1-11.
- Nor Hafizah, N. M., et al. (2025b) 'Collaborative Augmented Reality: A New Frontier for Social Learning', *International Journal of Advanced Research*.
- Nowak, M. (2006) 'Five Rules for the Evolution of Cooperation', *Science*, 314(5805), pp. 1560–1563.
- Osborne, M. (2004) *An Introduction to Game Theory*. Oxford: Oxford University Press.
- Parong, J. and Mayer, R. E. (2021) 'Learning science in immersive virtual reality: The role of extraneous cognitive load', *Journal of Educational Psychology*, 113(2), pp. 317–327.

- Pellas, N., Fotaris, P., and Ntoa, S. (2021) 'Virtual reality in higher education: A systematic review of research between 2015 and 2020', *Educational Technology Research and Development*, 69(3), pp. 1025–1047.
- Pintrich, P. (2004) 'A Conceptual Framework for Assessing Motivation', *Educational Psychology Review*, 16(4), pp. 385–407.
- Plass, J., Homer, B. & Kinzer, C. (2015) 'Foundations of Game-Based Learning'. In: Spector, M. (ed.) *The Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. New York: Springer, pp. 273–294.
- Plass, J. & Kapur, M. (2020) *Learning and Instruction: Theory into Practice*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Press, W. H. and Dyson, F. J. (2012) 'Iterated Prisoner's Dilemma contains strategies that dominate any extortion strategy', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(26), pp. 10409–10413.
- Proto, E., Sgroi, D., and Sopher, B. (2022) 'The persistence of cooperation: Evidence from the iterated prisoner's dilemma', *Journal of Economic Behavior & Organization*, 193, pp. 643–660.
- Radianti, J. et al. (2020) 'A Systematic Review of VR in Higher Education', *Computers & Education*, 147, pp. 1–23.
- Radu, I. and Schneider, B. (2021) 'Embodied learning with augmented reality: A framework for conceptual understanding', *Journal of the Learning Sciences*, 30(1), pp. 1–35.
- Rapoport, A. and Chammah, A. (1965) 'Prisoner's Dilemma: A Study in Conflict and Cooperation', *Journal of Conflict Resolution*, 9(2), pp. 110–126.
- Ratmono, D. et al. (2024) 'Visualizing Big Data in Finance through Augmented Reality: A Behavioral Study', *Journal of Financial Services Marketing*, 29(3).
- Rauschnabel, P. A., Brem, A. and Ivens, B. S. (2017) 'The Apple Watch, Google Glass, and other wearables: The role of i-novateness and personality in predicting their adoption', *Computers in Human Behavior*, 69, pp. 287–296.
- Robbins, J. (2018) *Learning Web Design*. 5th edn. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.
- Robson, K. (2019) *Teaching with Digital Tools: A Practical Guide*. London: Routledge.
- Ruiz Contreras, L. (2023) 'Adaptation and Evolution of Strategies in Administrative Sciences', *Academo*, 10(1), pp. 88-102.
- Ruiz-Palmero, J., et al. (2025a) 'Virtual Reality in Higher Education: A Systematic Review Aligned with SDGs', *Societies*, 15(9), 251.

- Ruiz-Palmero, J., et al. (2025b) 'Ethics and Privacy in the Era of AI-Powered Immersive Education', *Societies*, 15(9).
- Schunk, D. H. (2012) *Learning theories: An educational perspective*. 6th ed. Boston: Pearson.
- Shirazi, M., et al. (2024) 'AI-Driven Personalized Learning in Immersive Spaces: The Future of Pedagogy', *Educational Technology Research and Development*, 72(1).
- Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M. & Jacobs, S. (2016) *Designing the User Interface*. 6th edn. Boston: Pearson.
- Sima, V. et al. (2024) 'AI-Powered VR Simulations for Soft Skills Development in Business Schools', *Sustainability*, 16(1).
- Slater, M. and Sanchez-Vives, M. (2016) 'Enhancing Our Lives with Immersive VR', *Frontiers in Robotics and AI*, 3, pp. 1–47.
- Southgate, E. and Smith, S. P. (2023) 'Immersive virtual reality in higher education: A pedagogical framework for active discovery, inquiry, and metacognition', *Education and Information Technologies*, 28(1), pp. 1–25.
- Sweller, J. (2011) 'Cognitive Load Theory'. New York: Springer.
- Tian, P., Ye, Y. & Lin, J. (2025) 'Adaptive policy Entropy for Multi-Agents Deep Reinforcement Learning in Mixed-Games', *Journal of Computational Science*, 305.
- Tirole, J. (1988) *The Theory of Industrial Organization*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Tirole, J. (2006) *The Theory of Corporate Finance*. Princeton: Princeton University Press.
- Tucker, A. W. (1950) 'A Two-Person Dilemma', RAND Memorandum, RM-789.
- Van Eck, R. (2015) *Digital Game-Based Learning: Still Restless, After All These Years*. New York: Routledge.
- Villena Zapata, L., et al. (2024) 'Enhancing Financial Education with AI and VR: A Practical Framework', *Journal of Interactive Learning Research*, 35(2).
- von Neumann, J. and Morgenstern, O. (1944) *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press.
- Vygotsky, L. S. (1978) *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wang, M. et al. (2023) 'The Eduverse: Educational Metaverse for Collaborative Learning', *Computers & Education: X Reality*, 1.

Wilensky, U. & Rand, W. (2015) *An Introduction to Agent-Based Modeling*. Cambridge, MA: MIT Press.

Wu, H., Lee, S. and Chang, H. (2013) 'Augmented Reality in Education'. New York: Springer.

Wu, Y. et al. (2022) 'Effectiveness of immersive virtual reality in higher education: A meta-analysis of quasi-experimental studies', *Interactive Learning Environments*, 30(5), pp. 876–890.

Yovcheva, Z. et al. (2012) 'Augmented reality in cultural heritage: a framework for successful adoption', in *Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technologies in Tourism (ENTER)*. Springer-Verlag, Vienna, pp. 522-533.

Yuan, T., et al. (2025) 'Strategic research on digital transformation based on evolutionary game theory', *Frontiers in Management*, 15, 1580639.

Zhu, W., et al. (2025) 'Digital Transformation Strategy of Industrial Clusters Based on Tripartite Evolutionary Game', *Mathematics*, 13(1), 122.