



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ ΠΤΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΑΝΤΩΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΤΣΑΛΑΠΑΤΑ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ

ΒΟΛΟΣ, 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ ΠΤΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΑΝΤΩΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΤΣΑΛΑΠΑΤΑ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ

ΒΟΛΟΣ, 2023



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

3D FLIGHT SIMULATOR

DIPLOMA THESIS

KONSTANTINOS ANTONIS

SUPERVISOR: CHARIKLEIA TSALAPATA

VOLOS, 2023

Εγκρίνεται από την επιτροπή εξέτασης:

Επιβλέπουσα: Χαρίκλεια Τσαλαπάτα

Ε.ΔΙ.Π., Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος: Αλέξανδρος Χροναίος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος: Σπυρίδων Λουτρίδης

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υποστήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, αλλά και σε κάθε βήμα της ζωής μου. Επίσης, χρωστάω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους μου τους φίλους που όλα αυτά τα χρόνια με βοήθησαν, ο κάθε ένας με τον τρόπο του, στην ολοκλήρωση της πορείας των σπουδών μου.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας αυτής, αποτελούν αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλουν οποιασδήποτε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχουν έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο Δηλών

Κωνσταντίνος Αντώνης

Παρασκευή, 10 Φεβρουαρίου 2023

DISCLAIMER ON ACADEMIC ETHICS AND INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

Being fully aware of the implications of copyright laws, I expressly state that this diploma thesis, as well as the electronic files and source codes developed or modified in the course of this thesis, are solely the product of my personal work and do not infringe any rights of intellectual property, personality and personal data of third parties, do not contain work / contributions of third parties for which the permission of the authors / beneficiaries is required and are not a product of partial or complete plagiarism, while the sources used are limited to the bibliographic references only and meet the rules of scientific citing. The 11 points where I have used ideas, text, files and / or sources of other authors are clearly mentioned in the text with the appropriate citation and the relevant complete reference is included in the bibliographic references section. I fully, individually and personally undertake all legal and administrative consequences that may arise in the event that it is proven, in the course of time, that this thesis or part of it does not belong to me because it is a product of plagiarism.

The Declarant

Konstantinos Antonis

Friday, February 10th 2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται αναλυτικά ένας Τρισδιάστατος Προσομοιωτής Πτήσης που έχει δημιουργηθεί σε περιβάλλον Unity. Πρόκειται για ένα μοντέλο αεροσκάφους που σχεδιάστηκε λαμβάνοντας υπ' όψιν τις δυνάμεις που δρουν σε ένα πτητικό σώμα σε πραγματικές συνθήκες. Αρχικά, γίνεται μια εισαγωγή στα παιχνίδια και πως αυτά μέσω της παιχνιδοποίησης της μάθησης προσφέρουν ψυχαγωγία και ταυτόχρονα αποτελούν εργαλεία της εκπαίδευσης. Ύστερα, γίνεται αναφορά στους προσομοιωτές και ειδικά στους προσομοιωτές πτήσης, μιας και αποτελούν είδη σοβαρών παιγνίων (serious games) που χρησιμοποιούνται εκτενώς στην εκπαίδευση. Έπειτα, αφού αναφερθούν συνοπτικά οι δυνάμεις της φυσικής που δρουν σε ένα ιπτάμενο σώμα, γίνεται η παρουσίαση του προσομοιωτή, των επιμέρους στοιχείων του περιβάλλοντος του παιχνιδιού και σχολιάζεται ο κώδικας, μέσω του οποίου γίνεται η σύνδεση των δυνάμεων της φυσικής που αναφέρθηκαν, με τον προσομοιωτή στη Unity.

ABSTRACT

In this thesis, a 3D Flight Simulator created in Unity environment is presented in detail. It is an aircraft model designed taking into account the forces acting on a flying body in real conditions. First, there is an introduction to games and how they, through the gamification of learning, provide entertainment and at the same time are educational tools. Then, reference is made to simulators and especially to flight simulators, since they are types of serious games that are used extensively in education. Then, after briefly mentioning the forces of physics that act on a flying body, the presentation of the simulator, the individual elements of the game environment is made and the code is commented, through which the connection of the mentioned forces of physics is made with the simulator in Unity.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	xi
Abstract	xii
Κατάλογος Σχημάτων	xv
Κατάλογος Εικόνων	xvi
Πίνακας Συμβόλων και Συντομογραφιών.....	xviii
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στα παιχνίδια.....	1
1.1 Ορισμός	1
1.2 Ιστορική Αναδρομή.....	2
1.3 Είδη παιχνιδιών	8
Κεφάλαιο 2: Σοβαρά παιχνίδια και παιχνιδοποίηση της μάθησης.....	9
2.1 Ορισμός	9
2.2 Ιστορία παιχνιδοποίησης στην εκπαίδευση	11
2.3 Εφαρμογές σοβαρών παιγνίων.....	13
2.4 Οφέλη παιχνιδοποίησης στη μάθηση.....	15
2.5 Εφαρμογή της παιχνιδοποίησης στην εκπαίδευση	17
2.6 Αποτελέσματα της παιχνιδοποίησης στους εκπαιδευόμενους	18
2.7 Νομικοί περιορισμοί της παιχνιδοποίησης στη μάθηση	19
Κεφάλαιο 3: Προσομοίωση στην εκπαίδευση.....	20
3.1 Ορισμοί.....	20
3.1.1 Ορισμός προσομοίωσης	20
3.1.2 Ορισμός προσομοιωτή πτήσης	21
3.2 Ιστορική αναδρομή.....	22
3.3 Περιορισμοί της προσομοίωσης.....	26
3.4 Προσομοίωση στην εκπαίδευση.....	27
3.5 Η διαδικασία της προσομοίωσης.....	28
3.6 Προσομοιωτές πτήσης.....	34
3.6.1 Οικιακοί προσομοιωτές πτήσης.....	36
Κεφάλαιο 4: Δυναμική πτήσης	39
4.1 Υπολογισμός των δυνάμεων που δρουν σε ένα πτητικό σώμα	39
4.2 Υπολογισμός των συντελεστών των δυνάμεων	42
Κεφάλαιο 5: Τρισδιάστατος προσομοιωτής πτήσης σε Unity	45

5.1 Γενικά για τη Unity.....	45
5.2 Στοιχεία του προσομοιωτή	47
5.3 Αντικείμενα παιχνιδιού του προσομοιωτή	52
5.4 Ο κώδικας του προσομοιωτή.....	57
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα – Προτάσεις - Επίλογος.....	60
Βιβλιογραφία.....	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1	Διαδικασία ανάπτυξης προσομοίωσης.	2
Σχήμα 2	Διαδικασία VV&A.	2
Σχήμα 3	Γραφική συνάρτηση οπισθέλκουσας, δύναμης ανύψωσης με τη γωνία α.	3

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1	Μια αίθουσα arcade της δεκαετίας του '70.	2
Εικόνα 2	Το πρώτο παιχνίδι τρίλιζας του A.S. Douglas.	2
Εικόνα 3	Το παιχνίδι Tennis for two, στην οθόνη ενός παλμογράφου.	3
Εικόνα 4	Το παιχνίδι SpaceWar!	3
Εικόνα 5	Το παιχνίδι Atari VCS/2600.	4
Εικόνα 6	Η παιχνιδομηχανή Game&Watch της Nintendo.	4
Εικόνα 7	Η παιχνιδομηχανή Playstation της Sony.	5
Εικόνα 8	Ο υπολογιστής Apple III της εταιρίας Apple το 1980.	5
Εικόνα 9	Ένα κινητό τηλέφωνο σημερινής τεχνολογίας, σαν παιχνιδομηχανή. ...	6
Εικόνα 10	Ταξινόμηση της παιχνιδοποίησης της μάθησης.	9
Εικόνα 11	Ο προσομοιωτής πτήσης Sanders Teacher.	19
Εικόνα 12	Ο προσομοιωτής πτήσης Link Trainer.	20
Εικόνα 13	Ο προσομοιωτής πτήσης Celestial Navigation Trainer.	20
Εικόνα 14	Προσομοιωτής πτήσης σημερινής τεχνολογίας.	31
Εικόνα 15	Microsoft Flight Simulator.	34
Εικόνα 16	Οι δυνάμεις που δρουν σε ένα αεροπλάνο.	36
Εικόνα 17	Η οπισθόκλιση πτέρυγας.	38
Εικόνα 18	Γραφικά βουνών από το Unity Asset Store.	42
Εικόνα 19	Γραφικά πλέγματος από το Unity Asset Store.	42
Εικόνα 20	Γραφικά ουρανού-ηλίου-συννέφων από το Unity Asset Store.	42
Εικόνα 21	Μοντέλο αεροσκάφους «Super Spitfire» από το Unity Asset Store.	43
Εικόνα 22	Τοποθέτηση όλων των γραφικών στο Unity Editor.	43
Εικόνα 23	Τοποθέτηση πολλών γειτονικών βουνών και αεροδιαδρόμου (άξονας γ).	43
Εικόνα 24	Τα γραφικά του σκηνικού του προσομοιωτή (άξονας χ)	44
Εικόνα 25	Τοποθέτηση μοντέλου αεροσκάφους στον αεροδιαδρόμο.	44
Εικόνα 26	Τα επιμέρους αντικείμενα του αεροσκάφους.	45
Εικόνα 27	Το αντικείμενο Main Camera.	46
Εικόνα 28	Το αντικείμενο FollowCam.	46

Εικόνα 29	Το Directional Light στον άξονα z.	47
Εικόνα 30	Το αεροπλάνο σαν αντικείμενο με τα επιμέρους κομμάτια του.	48
Εικόνα 31	Ο αεροδιάδρομος (plane) στον άξονα γ.	49

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

Sega	Service Games
MIT	Massachusetts Institute of Technology
VCS	Video Computer System
IBM	International Business Machines Corporation
Lan	Local area network
PII	Personal Identifiable Information
XP	Experience Point
DES	Data Encryption Standard
WIDE	Wide-angle Infinity Display Equipment
VV&A	Verification, Validation, and Accreditation
UPSVAC	Uninterruptible Power Supply Virtual Air Cargo

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ

1.1 Ορισμός

Τα παιχνίδια αποτελούν σήμερα μέσο ψυχαγωγίας για όλες τις ηλικίες, με σχεδόν ολοκληρωτική διείσδυση στο νεανικό κοινό και τεράστια απήχηση στους ενήλικες. Είναι διαθέσιμα σε κάθε μορφής ψηφιακή συσκευή. Σταδιακά αλλάζουν τον τρόπο που επικοινωνούμε, που αλληλεπιδρούμε, που μαθαίνουμε, που εργαζόμαστε. Είναι ένα μέσο με σημαντική ιστορία αλλά και ακόμα σημαντικότερο μέλλον. Στις επόμενες σελίδες θα παρουσιαστούν τα σοβαρά παιχνίδια και ο ρόλος τους στην εκπαίδευση και ως ένα σοβαρό παιχνίδι, ο προσομοιωτής πτήσης και πως σχεδιάστηκε ένας σε περιβάλλον Unity.

1.2 Ιστορική αναδρομή

Τα ηλεκτρονικά παιχνίδια απέχουν πολύ από την εικόνα που έχει σχηματίσει γι' αυτά ο μέσος άνθρωπος. Πρόκειται πλέον για ολόκληρη βιομηχανία, η οποία συναγωνίζεται σε εισπράξεις και σε δημοτικότητα τις βιομηχανίες κινηματογράφου και μουσικής.

Το 1951 ο Martin Bromley αγοράζει τη μοναδική μορφή ηλεκτρονικού περιεχομένου με σκοπό τη ψυχαγωγία, τις μηχανές φλίπερ και τις διαθέτει σε Κέντρα Ψυχαγωγίας Μονάδων σε αμερικανικά στρατόπεδα στη Χαβάη, ιδρύοντας παράλληλα τη SEGA (Service Games) που αργότερα θα παίξει σημαντικό ρόλο στη βιομηχανία βιντεοπαιχνιδιών. Ταυτόχρονα, τη δεκαετία του '50, φοιτητές και ερευνητές μεγάλων ερευνητικών ιδρυμάτων ψάχνοντας ψυχαγωγική διέξοδο δημιούργησαν στα μεγάλα συστήματα υπολογιστών (mainframes) των ιδρυμάτων τους τα πρώτα ψηφιακά παιχνίδια.

Βέβαια, το ευρύ κοινό, αγνοώντας τις εξελίξεις αυτές, γνώρισε τα ηλεκτρονικά παιχνίδια μέσω των αιθουσών (arcades) τη δεκαετία του '70. Οι πρώτες μορφές τέτοιων παιχνιδιών ήταν τα φλιπεράκια (pinballs) που σημείωσαν μεγάλη επιτυχία σε παιδιά και εφήβους. Λίγο αργότερα εμφανίστηκαν ηλεκτρονικά παιχνίδια με ενσωματωμένες οθόνες τηλεόρασης που μπορούσαν να απεικονίσουν γραφικά, εκτοξεύοντας τη δημοτικότητα τους και εδραιώνοντας τα βιντεοπαιχνίδια στην κουλτούρα των νέων.



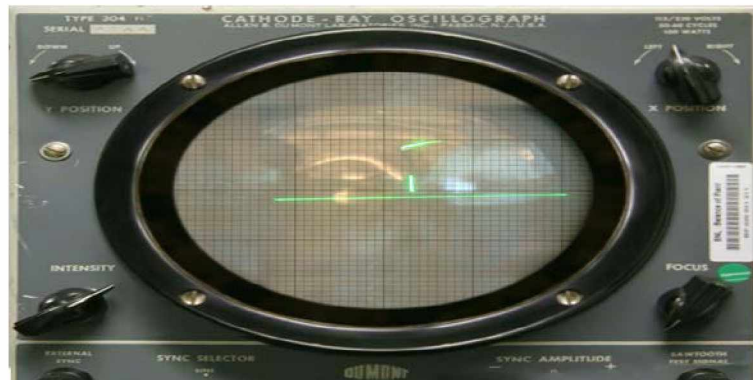
Εικόνα 1: Μια αίθουσα arcade της δεκαετίας του '70^[1]

Το πρώτο ηλεκτρονικό παιχνίδι με γραφικά ήταν βασισμένο στο παιχνίδι τρίλιζα και δημιουργήθηκε το 1952 από τον A.S. Douglas ως τμήμα της διδακτορικής του διατριβής στο Πανεπιστήμιο του Cambridge.



Εικόνα 2: Το πρώτο παιχνίδι τρίλιζας του A.S. Douglas^[2]

Το πρώτο παιχνίδι για κονσόλα (videogame) δημιουργήθηκε το 1958 από τον William Higinbotham. Ήταν το Tennis for two, ένα παιχνίδι τένις 2 παικτών, για την οθόνη ενός παλμογράφου.



Εικόνα 3: Το παιχνίδι Tennis for two, στην οθόνη ενός παλμογράφου^[3]

Το πρώτο πλήρες παιχνίδι για υπολογιστή δημιουργήθηκε το 1962 από τον Steve Russell στο μεγάλο υπολογιστικό σύστημα του MIT. Ήταν το SpaceWar! το οποίο γνώρισε μεγάλη διάδοση και επιτυχία στα ερευνητικά και πανεπιστημιακά ιδρύματα.



Εικόνα 4: Το παιχνίδι SpaceWar!^[4]

Το πρώτο εμπορικά πετυχημένο βιντεοπαιχνίδι ήταν το ATARI το 1972, μια παιχνιδιομηχανή με κέρματα, παραλλαγή του παιχνιδιού Pong. Η κυκλοφορία της πρώτης οικιακής παιχνιδιομηχανής με όνομα Magnavox Odyssey το 1972 καθέστησε δυνατή για πρώτη φορά την χρήση βιντεοπαιχνιδιών σε τηλεόραση και όχι με κέρματα σε αίθουσες με ηλεκτρονικά, όπως συνηθιζόταν. Η συγκεκριμένη δεν γνώρισε μεγάλη επιτυχία, μιας και είχε ενσωματωμένο μόνο ένα παιχνίδι, κάτι που το 1977 οδήγησε στο Atari VCS/2600, το οποίο έλυσε το παραπάνω πρόβλημα και αντίκρυσε τεράστια αποδοχή από το κοινό.



Εικόνα 5: Το παιχνίδι Atari VCS/2600^[5]

Το 1977 ο Shigeru Miyamoto προσελήφθη από την Ιαπωνική εταιρία Nintendo, ο οποίος σχεδίασε το Donkey Kong. Αυτό είχε μεγάλη επιτυχία και εισήγαγε την εταιρία στην Αμερικανική αγορά. Έτσι, τη δεκαετία του '80, η Nintendo διέθεσε για πρώτη φορά στην αγορά τη σειρά φορητών παιχνιδιομηχανών Game&Watch, τα οποία υποστήριζαν μόνο ένα παιχνίδι ανά συσκευή με χαμηλή ποιότητα γραφικών. Το 1989 έλυσε το πρόβλημα

αυτό και κυκλοφόρησε τη φορητή παιχνιδομηχανή GameBoy, που υποστήριζε πολλά παιχνίδια, κάτι που έφερε μεγάλη επιτυχία και εδραίωσε την Nintendo στην αγορά ως κυρίαρχο των φορητών παιχνιδομηχανών, μέχρι και σήμερα.



Εικόνα 6: Η παιχνιδομηχανή Game&Watch της Nintendo^[6]

Στις αρχές της δεκαετίας του '90 δεν άργησε να έρθει ο ανταγωνισμός, μιας και η Sony κυκλοφόρησε τη δική της παιχνιδομηχανή, το Playstation, το 1994, ύστερα από συνεργασία με την Nintendo, η οποία ματαιώθηκε λόγω ασυμφωνίας ως προς τα δικαιώματα.



Εικόνα 7: Η παιχνιδομηχανή Playstation της Sony^[7]

Στον ανταγωνισμό προστέθηκε το 2001 και η Microsoft, με τη δική της οικιακή κονσόλα, το Xbox.

Πέρα από τις τρεις αυτές κυρίαρχες εταιρίες παιχνιδιομηχανών, στον χώρο αυτό προστέθηκαν και οι προσωπικοί υπολογιστές. Από τα μέσα της δεκαετίας του '80, εταιρίες όπως η IBM, η Apple και η Commodore κυκλοφόρησαν στην αγορά υπολογιστές γενικού σκοπού με πληκτρολόγιο και οδηγό δισκέτας, όχι μόνο για παιχνίδια, αλλά και για εκμάθηση προγραμματισμού, συγγραφή κειμένου και για άλλες εφαρμογές. Η ραγδαία αύξηση της τεχνολογίας τη περίοδο 1994-1999 επωφέλησε τις εταιρίες αυτές, μιας και στα παιχνίδια προστέθηκαν τρισδιάστατα γραφικά, περισσότερος αποθηκευτικός χώρος και ταχύτεροι επεξεργαστές. Εκεί αναπτύχθηκαν τα πρώτα παιχνίδια μέσω τοπικού δικτύου (LAN), αλλά και τα πρώτα παιχνίδια μέσω Διαδικτύου. Επίσης, για πρώτη φορά δημιουργήθηκαν παιχνίδια περιπέτειας, στρατηγικής – ρόλων και βολών πρώτου προσώπου (first person shooters).



Εικόνα 8: Ο υπολογιστής Apple III της εταιρίας Apple το 1980^[8]

Μια άλλη πλατφόρμα για παιχνίδια αποτελεί και ο Παγκόσμιος Ιστός. Μπορεί εκεί να μην βρίσκει κανείς παιχνίδια με τις δυνατότητες που θα έβρισκε σε κάποια κονσόλα, αλλά μπορεί να βρει πολλά, εύκολα, φθηνά και γρήγορα.

Τέλος, τα κινητά τηλέφωνα, που όταν πρωτοεμφανίστηκαν κάποιος έβρισκε παιχνίδια όπως το φιδάκι ή το Tetris, πλέον έχουν εξελιχθεί σε μια κυρίαρχη πηγή για παιχνίδια, μιας και είναι φορητά, εξυπηρετούν πολλές ανάγκες, έχουν μεγάλη ισχύ και σύνδεση στο διαδίκτυο.



Εικόνα 9: Ένα κινητό τηλέφωνο σημερινής τεχνολογίας, σαν παιχνιδιομηχανή ^[9]

1.3 Είδη παιχνιδιών

Σήμερα, ένας χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε ένα μεγάλο εύρος παιχνιδιών, ανάλογα το θέμα του, ακριβώς όπως θα επέλεγε και μια ταινία για να παρακολουθήσει, αλλά και με το στυλ του και τον τρόπο που αυτό παίζεται. Έτσι, έχουμε τις παρακάτω κατηγορίες παιχνιδιών:

- Παιχνίδια δράσης
 - Παιχνίδια βολών πρώτου προσώπου (first person shooters)
 - Παιχνίδια βολών τρίτου προσώπου (third person shooters)
 - Παιχνίδια πάλης (fighting)
 - Παιχνίδια πλαφόρμας
- Παιχνίδια περιπέτειας
- Παιχνίδια στρατηγικής
- Παιχνίδια ρόλων
- Παιχνίδια σκέψης/γρίφων
- Παιχνίδια εξομοίωσης
 - Οδηγικής εξομοίωσης, στα οποία βασίζονται και οι Εξομοιωτές πτήσεων (εκτενής αναφορά θα γίνει στα επόμενα κεφάλαια)
 - Αθλητικά παιχνίδια
 - Παιχνίδια κατασκευής και management
 - Μουσικά παιχνίδια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

ΣΟΒΑΡΑ ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΠΑΙΧΝΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

2.1 Ορισμοί

Σοβαρό παιχνίδι ονομάζεται ένα παιχνίδι που δεν έχει σχεδιαστεί με βασικό στόχο την ψυχαγωγία^[10]. Ο όρος "σοβαρό" χρησιμοποιείται γιατί πρόκειται για ηλεκτρονικά παιχνίδια που είναι χρήσιμα σε βιομηχανίες όπως η εκπαίδευση, οι επιστήμες, η υγεία ή η τέχνη.^[11] Η ιδέα των σοβαρών παιχνιδιών συμπίπτει με την προσομοίωση γενικά, συμπεριλαμβανομένης της προσομοίωσης πτήσης και της ιατρικής προσομοίωσης, αλλά προσθέτει τον παιδαγωγικό παράγοντα, παράλληλα με διασκέδαση και ανταγωνισμό.

Η παιχνιδοποίηση της μάθησης αποτελεί μια μορφή εκπαίδευσης, που έχει στόχο να εισάγει τους εκπαιδευόμενους σε περιβάλλοντα μάθησης, με χρήση σοβαρών παιχνιδιών.^[12] Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο μαθητής να έλκεται από το περιεχόμενο του μαθήματος, να ψυχαγωγείται κατά τη διάρκεια της εκμάθησης και να έχει κίνητρο ώστε να συνεχίζει να μαθαίνει.^[13] Κατά τη παιχνιδοποίηση της μάθησης καθορίζονται τα στοιχεία που περιέχουν παιχνίδια, με σκοπό να τα κάνουν πιο ενδιαφέροντα, ώστε οι μαθητευόμενοι να θέλουν να παίζουν, αλλά και προσθέτοντας αυτά τα στοιχεία εκτός του παιχνιδιού για να διαπιστώσουν πως μπορεί να επηρεαστεί η συμπεριφορά τους.^[14] Με άλλα λόγια, παιχνιδοποίηση είναι η προσθήκη στοιχείων παιχνιδιού σε μια διαδικασία εκμάθησης, που κανονικά δεν περιέχει παιχνίδι.

Αυτά τα παιχνίδια χωρίζονται σε δομικά (χωρίς αλλαγές στο θέμα) και αλλαγμένου περιεχόμενου (με αλλαγές στο θέμα).^[15] Προφανώς, τα παιχνίδια που χρησιμοποιούνται προς όφελος της μάθησης είναι σοβαρά παιχνίδια ή αλλιώς παιχνίδια που το περιεχόμενο τους βασίζεται σε σοβαρά θέματα. Αυτά τα θέματα πρέπει να είναι και «εντυπωσιακά σε ποιότητα» και «μέρος μιας στοχαστικής διαδικασίας» για την επίτευξη μαθησιακών στόχων.^[16]

Όσον αφορά την εκπαίδευση, ο σκοπός θεωρείται επιτυχής αν οι μαθητές είναι παρόντες σε όλα τα μαθήματα, συγκεντρώνονται σε ουσιώδεις εργασίες και αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες. [17]



Εικόνα 10: Ταξινόμηση της παιχνιδοποίησης της μάθησης [19]

Βέβαια, ορισμένοι συγγραφείς συγκρίνουν την παιχνιδοποίηση της μάθησης με τη μάθηση που βασίζεται στα παιχνίδια. Υποστηρίζουν ότι η παιχνιδοποίηση μπορεί να συμβεί μόνο όταν η διαδικασία λαμβάνει χώρα στη σχολική τάξη. Έτσι, όταν μια σειρά από τα στοιχεία του παιχνιδιού ταξινομείται σε ένα «στρώμα παιχνιδιού», τότε συμβαίνει η παιχνιδοποίηση της μάθησης. [20]

Κάποια στοιχεία παιχνιδιών που χρησιμοποιούνται για να προκαλέσουν τη μάθηση και να δώσουν κίνητρο στους μαθητές είναι:

- Μηχανισμοί καταγραφής προόδου (πόντοι, πίνακες κατάταξης)
- Αφήγηση και χαρακτήρες
- Έλεγχος παίκτη
- Άμεση ανατροφοδότηση
- Ευκαιρίες για συνεργατική επίλυση προβλημάτων
- Διαβάθμιση μάθησης με αυξανόμενες προκλήσεις
- Ευκαιρίες για κυριαρχία
- Κοινωνική σύνδεση

2.2 Ιστορία παιχνιδοποίησης στην εκπαίδευση

Κάποια πρώιμα στοιχεία της παιχνιδοποίησης της μάθησης υπήρχαν ήδη από τον 18^ο αιώνα. Από τότε στο σχολείο υπήρχε η δυνατότητα για τους μαθητές που ήταν συνεπείς και ολοκλήρωναν τις εξετάσεις να κερδίσουν περισσότερους βαθμούς, κάτι που μπορούμε να αντιστοιχίσουμε με το σημερινό σύστημα πόντων ανταμοιβής.^[21] Από τις αρχές του 1900, η ψυχαναλυτική θεωρία έφερε το σύστημα ανταμοιβών στην εκπαίδευση.

Τα παιχνίδια στον κλάδο της εκπαίδευσης χρησιμοποιούνται τουλάχιστον από τον 20^ο αιώνα. Στη δεκαετία του '60 και του '70 ήταν ιδιαίτερα δημοφιλή τα εκπαιδευτικά παιχνίδια πάνω σε χαρτί, μέχρι που καθιερώθηκε το κίνημα Back to Basics, στις αρχές της δεκαετίας του '70.^[22] Αυτό ξεκίνησε μόλις διαπιστώθηκε ότι οι αποδόσεις των μαθητών στα διαγωνίσματα μειώθηκαν. Το κίνημα αυτό εστίασε στην ανάγνωση, τη γραφή και την αριθμητική, αλλά και στην εντατικοποίηση του προγράμματος σπουδών.^[23]

Τη δεκαετία του '70, καθιερώνεται ο όρος «σοβαρά παιχνίδια» από τον Clark C. Abt. Όρισε λοιπόν τα σοβαρά παιχνίδια ως παιχνίδια με «ρητό και προσεκτικά μελετημένο εκπαιδευτικό σκοπό που δεν έχουν σκοπό να παίζονται κυρίως για διασκέδαση». Επίσης διατύπωσε ότι αυτό «δεν σημαίνει ότι τα σοβαρά παιχνίδια δεν είναι ή δεν πρέπει να είναι διασκεδαστικά».^[24]

Από το 1956 και μετά, ο κυβερνοδιαιτολόγος Gordon Pask ανέπτυξε την πρώτη συσκευή που «μπορούσε να βοηθήσει να χειριστή για την εκτέλεση μιας δεξιότητας». Ήταν το πρώτο εργαλείο διδασκαλίας, που είχε στοιχεία παιχνιδοποίησης.^[25] Αργότερα, σε συνεργασία με τον Robin McKinnon-Wood δημιούργησε το SAKI (Αυτοπροσαρμοστικός Εκπαιδευτής Πληκτρολογίου), το οποίο βοήθησε στη διδασκαλία εκμάθησης του Hollerith key punch, μιας συσκευής εισαγωγής δεδομένων που χρησιμοποιούσε διάτρητες κάρτες. Το SAKI κρατούσε τους χρόνους των μαθητών για διάφορες ασκήσεις, ώστε να βάλει τον μαθητή σε διαδικασία να επαναλάβει τις ασκήσεις που είχε χαμηλό χρόνο, αλλά και να αυξήσει το επίπεδο δυσκολίας για όσες είχε εκτελέσει γρήγορα. Έτσι, το μηχάνημα αυτό οδήγησε στη δημιουργία λογισμικών παιχνιδοποίησης, όπως ο δάσκαλος δακτυλογράφησης Mavis Beacon.^[26]

Με την έλευση του 21^{ου} αιώνα αυξήθηκαν τα είδη των εκπαιδευτικών παιχνιδιών, με έμφαση σε αυτά που δημιουργήθηκαν για τους μαθητές των πρώτων τάξεων. Κάποια υλοποιήθηκαν για χρήση σε υπολογιστές, άλλα όμως ακολούθησαν τα παλαιότερα πρότυπα, σε κονσόλες ή στο χέρι. Ύστερα, επεκτάθηκαν στο τομέα της βιώσιμης ανάπτυξης (Learning Sustainable Development – 2000, Climate Challenge – 2006).^[27]

Εκτός από την εκπαίδευση, τα σοβαρά βιντεοπαιχνίδια προχώρησαν και σε άλλους τομείς, όπως τον Αμερικανικό Στρατό, που το 2002 ανέπτυξε ένα shooter πρώτου προσώπου, ως μέσο στρατολόγησης αλλά και βασικής εκπαίδευσης των νεοσύλλεκτων στρατιωτών.^[28]

Την επόμενη δεκαετία, τα σοβαρά παιχνίδια έφτασαν στο σημείο να προσομοιώνουν πραγματικές οικονομίες, όπως το παιχνίδι Second Life, όπου οι παίκτες έχουν τη δυνατότητα να σχηματίσουν επιχειρήσεις με εικονικά προϊόντα και υπηρεσίες, με νόμισμα το δολάριο Linden, ανταλλάξιμο με το αμερικανικό δολάριο.^[29] Το 2015, το σοβαρό παιχνίδι Project Discovery κυκλοφόρησε ως ένα όχημα με το οποίο γενετιστές και αστρονόμοι του Πανεπιστημίου της Γενεύης δρουν ως επιστήμονες που αξιολογούν πραγματικά γενετικά δείγματα ή αστρονομικά δεδομένα.

Διαπιστώθηκε, λοιπόν, ότι η παιχνιδοποίηση στη μάθηση υπήρχε στην εκπαίδευση από παλαιότερα.^[30] Δεν αποτελούσε απλά μια μονόπλευρη προσέγγιση της εκπαίδευσης που απλά προσέφερε επιβράβευση, αλλά μια διαδικασία που συμβαδίζει με τη πρόοδο της τεχνολογίας, με σκοπό να φέρει όλο και πιο καινούργια εργαλεία στη μάθηση και κάθε φορά να θέτει μεγάλες προκλήσεις στον εκπαιδευόμενο και να φέρνει κοντά τους ανθρώπους.^[31] Η παιχνιδοποίηση είναι μια διαδικασία πολλών ταχυτήτων και μορφών, που λαμβάνει υπόψη την ψυχολογία, το σχεδιασμό, τη στρατηγική και την τεχνολογία.^[32] Είναι δύσκολο να προσδιοριστεί πότε ο όρος παιχνιδοποίηση άρχισε να χρησιμοποιείται στην εκπαίδευση, αν και τέτοια φαινόμενα σε σχολείο εμφανίζονται στο διαδίκτυο από το 2010.

2.3 Εφαρμογές σοβαρών παιχνιδιών:

- Στον τομέα της υγείας: Ένας εκπαιδευόμενος γιατρός μπορεί να εκπαιδευτεί για μια επέμβαση, αλλά και ο υπόλοιπος κόσμος μπορεί να χρησιμοποιήσει εργαλεία για έναν πιο υγιεινό τρόπο ζωής, διατροφή ή για σκοπούς αποκατάστασης. Επιπλέον, τα σοβαρά παιχνίδια δύνανται να χρησιμοποιηθούν ως μέσο εκπαίδευσης για ασθενείς που θέλουν να έχουν εικόνα για τη κλινική τους κατάσταση και πιθανές θεραπευτικές επιλογές.
- Σαν εργαλεία συλλογής επιστημονικών δεδομένων: Το 2021 η μεταπτυχιακή φοιτήτρια Heather R. Campbell στο Πανεπιστήμιο του Κεντάκι, μέσω της διδακτορικής της διατριβής ανέπτυξε ένα εικονικό εργοστάσιο παραγωγής φαρμακευτικών προϊόντων και χρησιμοποίησε τα σοβαρά βιντεοπαιχνίδια για να προσομοιώσει διάφορα σενάρια πραγματικής ζωής και έτσι κατάφερε να συγκεντρώσει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το ποια θα μπορούσε να είναι η επόμενη απειλή στον κλάδο του εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων.^[33]
- Σαν θεραπεία άσκησης: Ως μέσο παρακίνησης του παίκτη για κίνηση και αθλητισμό.^[34]
- Πολιτική, πολιτισμός και διαφήμιση: Πειστικά παιχνίδια αναπτύσσονται με πολιτικούς και κοινωνικούς σκοπούς. Αφορούν την πολιτική, τη θρησκεία, το περιβάλλον, τον τουρισμό, ώστε να υπάρξει ζήτηση για το διαφημιζόμενο μέσο λόγω της έκθεσης στο παιχνίδι.
- Ασφάλεια: Πολλά σοβαρά παιχνίδια προσομοιώνουν καταστάσεις όπως φυσικές καταστροφές, τρομοκρατικές ενέργειες, πρόληψη κινδύνων και επείγουσα περίθαλψη.
- Στρατιωτικά παιχνίδια: Γίνονται προσομοιώσεις εκπαίδευσης στρατιωτών, με ρεαλιστική προσέγγιση των συνθηκών του πολέμου.

- Παιχνίδια στρατολόγησης: Ο παίκτης προσελκύεται από μια εταιρία, η οποία μέσω του παιχνιδιού παρουσιάζει τις δυνατότητές της.
- Παιχνίδια δημιουργίας προϊόντων: Γίνεται μια προσομοίωση των προϊόντων μιας εταιρίας, με σκοπό να γίνουν αντιληπτές από τον χρήστη οι λειτουργίες τους.
- Εκπαίδευση ενηλίκων: Τα σοβαρά παιχνίδια προστίθενται στα μαθήματα των πανεπιστημίων, επ' ωφέλεια των φοιτητών.^[35]
- Εκπαίδευση των νέων: Στον παίκτη δίνονται εργασίες που μπορεί να εκτελέσει με πληροφορίες που αποκτά κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού.
- Παιχνίδια τέχνης: Για τη δημιουργία διαδραστικής τέχνης με χρήση πολυμέσων.^[36]

2.4 Οφέλη παιχνιδοποίησης στη μάθηση

Μέσω των εκπαιδευτικών παιχνιδιών και των σεναρίων που υπάρχουν στα παιχνίδια, οι μαθητές δρουν αυτόνομα και αναπτύσσουν ικανότητες. Αποτελούν επίσης έναν πολύ αποτελεσματικό τρόπο επικοινωνίας μεταξύ εκπαιδευτικών και εκπαιδευόμενων.

Όταν ένας εκπαιδευτικός προσθέτει παιχνίδια στις δραστηριότητες της τάξης, τότε είναι δυνατό να μπορέσει να προκαλέσει στους μαθητές το αίσθημα της αυτοπεποίθησης, της συμμετοχής στη διαδικασία της μάθησης. Οι μαθητές βρίσκουν σκοπό και νόημα στο μάθημα και συμμετέχουν με τη θέληση τους σε αυτή τη διαδικασία, χωρίς να νιώθουν ότι είναι αναγκασμένοι να συμμετέχουν. Τα κίνητρα τους αυξάνονται και ο αρχικός στόχος, που είναι η μάθηση, εν τέλει επιτυγχάνεται.^[37]

Μερικά από τα πιθανά οφέλη από τις επιτυχείς πρωτοβουλίες των παιχνιδιών στην τάξη περιλαμβάνουν:

- Κυριότητα της μάθησης ^[38]
- Ελευθερία αποτυχίας και προσπάθεια χωρίς αρνητικές επιπτώσεις ^[38]
- Αύξηση της διασκέδασης στη τάξη ^[39]
- Διαφοροποιημένη διδασκαλία ^[39]
- Ορατή μάθηση ^[39]
- Διαχειρίσιμες εργασίες
- Έμπνευση των μαθητών να ανακαλύψουν εγγενή κίνητρα για μάθηση

Σύμφωνα με την σχεδιάστρια παιχνιδιών Amy Jo Kim, κάθε μηχανικός παιχνιδιών πρέπει να παρακολουθεί τη μάθηση και την ανάδραση των μαθητών στο παιχνίδι, προκειμένου να ρυθμίζει το επίπεδο δυσκολίας του παιχνιδιού ταυτόχρονα με τις αποδόσεις των παικτών, ώστε να μην αντιμετωπίζουν εργασίες που δεν είναι του επιπέδου τους. Αυτό οδηγεί στο να αποθαρρύνονται αν δεν μπορούν να τις φέρουν εις πέρας ή να χάνουν τον ενθουσιασμό τους, καθώς οι εργασίες είναι πολύ εύκολες για αυτούς. Οι προκλήσεις αυτές κρατούν ενεργό το ενδιαφέρον τους, απορροφώνται από τη μάθηση και δεσμεύονται με το μάθημα. ^[40]

Μια τέτοια καταγραφή είναι εύκολο να γίνει σε παιχνίδια που αναπτύσσονται σε πλατφόρμες ηλεκτρονικής μάθησης παιχνιδιών, μιας τα δεδομένα των χρηστών δειγματίζονται, καταγράφονται και αναλύονται ακριβώς. Όλα αυτά τα δεδομένα μπορούν να μελετηθούν από τους δασκάλους και τους μαθητές για τη καταγραφή της εξέλιξης των μαθητών, αλλά και τους προγραμματιστές για να προσαρμόσουν το έργο τους. Όλοι μαζί εργάζονται με κοινό σκοπό τη βελτίωση της μάθησης.

2.5 Εφαρμογή της παιχνιδοποίησης στην εκπαίδευση

Η παιχνιδοποίηση της μάθησης μπορεί να συμβεί εφαρμόζοντας τα παρακάτω: Τρεις βασικοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να παιχνιδοποιηθεί μια τάξη, ένα μάθημα ή μια ενότητα είναι η αλλαγή της γλώσσας, η προσαρμογή της διαδικασίας βαθμολόγησης και η τροποποίηση της δομής του μαθησιακού περιβάλλοντος.

- Γλώσσα: Ένας αποτελεσματικός τρόπος για να παιχνιδοποιηθεί ένα μάθημα είναι η εναλλαγή των τυπικών όρων με περιγραφές παιχνιδιού. Για παράδειγμα, μια νέα εργασία μπορεί να αναφέρεται ως «ξεκίνημα μιας αποστολής», η επιτυχία σε μια εξέταση ως «εξόντωση τέρατος» και η ολοκλήρωση ενός μαθήματος ως "ολοκλήρωση αποστολής".
- Βαθμολόγηση: Η εφαρμογή ενός συστήματος βαθμολόγησης για ένα μάθημα μπορεί να αντιστοιχιστεί με τη χρήση πόντων εμπειρίας (XP) όπως στα παιχνίδια δράσης. Ξεκινώντας στην αρχή με μηδέν πόντους, ο παίκτης εκπληρώνει μαθησιακούς στόχους και κερδίζει πόντους. Ύστερα, με ένα γράφημα απεικονίζονται τα xp και αντιστοιχίζονται σε βαθμούς μαθήματος. Για παράδειγμα, 1500 XP μεταφράζονται σε C, οι 2000 σε B και οι 2500 σε A.
- Δομή μαθησιακού περιβάλλοντος: Σε ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι, οι ρόλοι κάθε χαρακτήρα μπορούν να σχεδιαστούν διαφορετικά, ανάλογα τον σκοπό τους. Ο ρόλος ενός μαθητή μπορεί να απεικονίζεται με ένα avatar και ένα όνομα, ανάλογα το κίνητρο του, το οποίο μπορεί να είναι: κοινωνικός, ελεύθερο πνεύμα, πετυχημένος, φιλάνθρωπος.^[41] Ο ρόλος του δασκάλου είναι να σχεδιάσει ένα παιχνίδι με σκοπό να αγγίξει κάθε είδος μαθητή με το ανάλογο περιεχόμενο, αλλά και τις ανάλογες ανταμοιβές, που είναι ιδανικές για κάθε κίνητρο του μαθητή.^[42] Αυτό προϋποθέτει οι δάσκαλοι να γνωρίζουν καλά τους μαθητές τους, για να σχεδιάζουν ένα παιχνίδι με ελκυστικό περιεχόμενο, αλλά

και να παρέχουν ενθάρρυνση και να κατευθύνουν τους μαθητές όσο βρίσκονται στο παιχνιδιοποιημένο περιβάλλον.

2.6 Αποτελέσματα της παιχνιδιοποίησης στους εκπαιδευόμενους

Σε έρευνα που πραγματοποίησε ο Domínguez και οι συνάδελφοι του για την επιρροή των εκπαιδευτικών παιχνιδιών στον μαθητή, η αποτελεσματικότητα της παιχνιδιοποίησης της μάθησης αμφισβητήθηκε. Οι μαθητές που ακολούθησαν την παιγνιοποιημένη μάθηση έλαβαν καλύτερες βαθμολογίες στις πρακτικές εργασίες και στη συνολική βαθμολογία, όμως είχαν χειρότερη επίδοση στις γραπτές εργασίες και εν τέλει συμμετείχαν λιγότερο στις δραστηριότητες της τάξης, αν και το αρχικό τους κίνητρο ήταν υψηλότερο. Η έρευνα καταλήγει στο ότι η παιχνιδιοποιημένη μάθηση μπορεί να δίνει αρχικά υψηλότερο κίνητρο στους μαθητές, κάτι που δεν πρέπει να αγνοείται, καθώς χρειάζεται μεγάλη προσπάθεια στο σχεδιασμό του παιχνιδιού για να λειτουργήσει πλήρως σαν κίνητρο για τους συμμετέχοντες.

Από την μία, η ποιοτική ανάλυση δείχνει ότι η παιχνιδιοποίηση μπορεί να βοηθά συναισθηματικά και κοινωνικά τον μαθητή, καθώς τα συστήματα ανταμοιβής, αλλά και η συνεργασία και ο ανταγωνισμός φαίνεται να αποδίδουν και να δίνουν κίνητρο. Ωστόσο, η ποσοτική ανάλυση υποδηλώνει ότι η παιχνιδιοποίηση δεν είναι πολύ σημαντική για τους μαθητές, καθώς οι μαθητές που ακολούθησαν τον παραδοσιακό τρόπο μάθησης είχαν παρόμοια συνολική βαθμολογία με όσους ακολούθησαν την παιχνιδιοποίηση. 57 μαθητές απέρριψαν τη παιγνιοποιημένη εμπειρία, χωρίς να την δοκιμάσουν, με κύριο επιχείρημα ότι δεν είχαν διαθέσιμο χρόνο. Ο δεύτερος σημαντικότερος λόγος ήταν τα τεχνικά προβλήματα.^[43]

2.7 Νομικοί περιορισμοί της παιχνιδοποίησης στη μάθηση

Οι αποκλίσεις στους νόμους από χώρα σε χώρα μπορεί να επιφέρει νομικούς περιορισμούς στη παιχνιδοποίηση της μάθησης. Βέβαια, υπάρχουν κοινοί νόμοι που βοηθούν την υποστήριξη αυτής της διαδικασίας.

Οι σχεδιαστές των παιχνιδιών αλλά και οι εκπαιδευτές που τα χρησιμοποιούν πρέπει να εξασφαλίζουν ότι τα προσωπικά δεδομένα των μαθητών προστατεύονται. Η χρήση Προσωπικών Πληροφοριών Αναγνώρισης (PII) των μαθητών και άλλων δεδομένων που δημιουργούνται από τους χρήστες θα πρέπει να δηλώνονται εξ' αρχής σε μια πολιτική απορρήτου που διατίθεται σε όλους τους μαθητές.

Επίσης, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να γνωρίζουν την προστασία πνευματικών δικαιωμάτων που έχουν τα αντικείμενα που χρησιμοποιούν στα παιχνίδια τους και να λαμβάνεται άδεια για τη χρήση τους από τους δημιουργούς τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

3.1 Ορισμοί

3.1.1 Ορισμός προσομοίωσης

Προσομοίωση ονομάζεται η διαδικασία σχεδιασμού ενός μοντέλου ενός πραγματικού ή φανταστικού συστήματος και η διεξαγωγή πειραμάτων με αυτό το μοντέλο. Τα πειράματα προσομοίωσης γίνονται για τη κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος. Το μοντέλο αποτελούν οι αλγόριθμοι που περιγράφουν τις υποθέσεις που γίνονται για το σύστημα.

Ένα απλό σύστημα μπορεί να περιγραφεί και να λυθεί αναλυτικά. Όμως, στον πραγματικό κόσμο τα προβλήματα δεν είναι τόσο απλά. Είναι τόσο σύνθετα, που μπορεί να χρειάζονται παραπάνω από ένα μοντέλα για να το περιγράψουν. Συνεπώς, για να την αναπαράσταση ενός τέτοιου μοντέλου, χρειάζεται να γίνει προσομοίωση. Προκειμένου να αναπαρασταθεί με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια, πρέπει να γίνουν κάποιες παραδοχές για προσεγγίσεις που είναι αποδεκτές για τη μελέτη που πραγματοποιείται. Πλέον, έχουν δημιουργηθεί μοντέλα για κάθε σύστημα, όπως εργοστάσια, δίκτυα επικοινωνιών και υπολογιστών, ολοκληρωμένα κυκλώματα, συστήματα αυτοκινητοδρόμων, δυναμική πτήσης, εθνικές οικονομίες, κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και φανταστικούς κόσμους.

Οι προσομοιώσεις διακρίνονται σε διακριτού χρόνου ή συνεχείς, ανάλογα το πως αλλάζουν οι μεταβλητές κατάστασης. Σε ένα διακριτό συμβάν, οι μεταβλητές κατάστασης αλλάζουν στιγμιαία σε διαφορετικά χρονικά σημεία. Σε ένα συνεχές συμβάν, αυτές μεταβάλλονται συνεχώς, συνήθως μέσω μιας συνάρτησης στην οποία ο χρόνος είναι μεταβλητή. Στην ουσία, οι περισσότερες προσομοιώσεις χρησιμοποιούν διακριτές και συνεχείς μεταβλητές κατάστασης, όπου μια από τις δυο κυριαρχεί και επηρεάζει την ταξινόμηση όλης της προσομοίωσης.

Κατά την προσομοίωση γίνεται μελέτη της συμπεριφοράς ενός συστήματος, χωρίς να χρειάζεται να εμπλακεί το ίδιο το πραγματικό σύστημα. Κάτι τέτοιο εξοικονομεί πόρους και σε ορισμένες περιπτώσεις αποφεύγεται ο κίνδυνος που μπορεί να διέπει η υλοποίηση του συστήματος (πχ προσομοίωση πολέμου).^[44]

3.1.2 Ορισμός προσομοιωτή πτήσης

Ένας προσομοιωτής πτήσης είναι ένα σύστημα μοντελοποίησης της εμπειρίας πτήσης ενός αεροσκάφους. Οι προσομοιωτές μπορεί να ποικίλλουν από απλά ηλεκτρονικά παιχνίδια έως ακριβή αντίγραφα πιλοτηρίου πλήρους μεγέθους που είναι εγκατεστημένα σε υδραυλικές (ή ηλεκτρομηχανικές) κονσόλες υπολογιστή.

Οι προσομοιωτές πτήσης χρησιμοποιούνται ευρέως από την αεροπορική βιομηχανία για σχεδιασμό και ανάπτυξη και για την εκπαίδευση πιλότων και άλλων πληρωμάτων θαλάμου πτήσης, τόσο σε πολιτικά όσο και σε στρατιωτικά αεροσκάφη. Οι μηχανικοί προσομοιωτές πτήσης χρησιμοποιούνται επίσης από κατασκευαστές αεροδιαστημικής για την ανάπτυξη και τη δοκιμή υλικού πτήσης, λογισμικού πτήσης και συστημάτων αεροσκαφών. Προφανώς είναι πολύ πιο ασφαλές να εκτελούνται αυτές οι δοκιμές σε προσομοιωτές παρά σε αεροσκάφη κατά την πτήση.

Οι προσομοιωτές ακατέργαστων πτήσεων ήταν από τους πρώτους τύπους προγραμμάτων που αναπτύχθηκαν για πρώιμους προσωπικούς υπολογιστές. Οι προσομοιωτές subLOGIC του Bruce Artwick ήταν γνωστοί για τη λειτουργικότητα που κατάφεραν να χρησιμοποιήσουν σε μηχανές 8-bit.

Ένας δημοφιλής τύπος προσομοιωτή πτήσης είναι οι προσομοιωτές πτήσης μάχης, οι οποίοι προσομοιώνουν αεροπορικές επιχειρήσεις μάχης από την πλευρά του πιλότου και του πληρώματος. Οι τίτλοι προσομοίωσης πτήσης μάχης είναι πιο πολλοί από τους προσομοιωτές μη στρατιωτικής πτήσης λόγω της ποικιλίας των διαθέσιμων θεμάτων και της ζήτησης της αγοράς.^[45]

3.2 Ιστορική αναδρομή

Στα τέλη της δεκαετίας του 1940, ο John von Neumann εισήγαγε πρώτος την έννοια της προσομοίωσης. Εκτέλεσε πολλές επαναλήψεις ενός μοντέλου, σύλλεξε στατιστικά δεδομένα και της εξήγαγε συμπεράσματα για τη λειτουργία του πραγματικού συστήματος, με βάση τη συμπεριφορά των μοντέλων αυτών. Η μέθοδος των τυχαίων παραλλαγών που αναπαραστούν συμπεριφορές που δεν μπορούν να μοντελοποιηθούν ακριβώς, αλλά μπορούν να χαρακτηριστούν στατιστικά ονομάστηκε μέθοδος Monte Carlo.

Ο von Neumann εκμεταλλεύτηκε αργότερα αυτή τη μέθοδο για να μελετήσει τις τυχαίες ενέργειες των νετρονίων, με σκοπό να παρατηρήσει πόσο ακριβείς ήταν οι αποστολές βομβαρδισμού αεροσκαφών. Επίσης, η μέθοδος Monte Carlo χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο χώρο της βιομηχανίας για τον προσδιορισμό της μέγιστης δυνητικής παραγωγικότητας των εργοστασίων.^[46]

Στα τέλη της δεκαετίας του '50, για την προσομοίωση των διακριτών γεγονότων δημιουργήθηκαν οι πρώτες έννοιες, γνωστές ως DES. Η πρώτη γλώσσα ειδική για το DES αναπτύχθηκε στη General Electric από τις Tocher και Owen. Το Πρόγραμμα Γενικής Προσομοίωσης (GSP) δημιουργήθηκε για να μελετήσει τα κατασκευαστικά προβλήματα στη General Electric και κοινοποιήθηκε με τον υπόλοιπο κόσμο στο Δεύτερο Διεθνές Συνέδριο για την Έρευνα Επιχειρήσεων.^[47]

Η προσομοίωση στις πτήσεις χρησιμοποιούνταν σε πρώιμη μορφή στους πρώτους πιλότους. Κανένας πιλότος δεν εκπαιδεύτηκε να πετάξει με ασφάλεια χωρίς τη χρήση προσομοίωσης. Τον πρώτο καιρό γινόταν χρήση σχημάτων, ώστε οι νέοι πιλότοι να συνηθίσουν τα χειριστήρια του αεροπλάνου από την επίγεια εκπαίδευσή τους. Για παράδειγμα, το Sanders Teacher ήταν ένα μοντέλο αεροσκάφους τοποθετημένο σε μια γενική άρθρωση και στραμμένο με κατεύθυνση προς τον άνεμο, ώστε να δέχεται τις δυνάμεις του αέρα, με σκοπό να περιστρέφεται και να γέρνει ελεύθερα. Ένας άλλος πρώιμος προσομοιωτής πτήσης το 1910 κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας ένα τμήμα κάννης τοποθετημένο σε ένα στεφάνι.



Εικόνα 11: Ο προσομοιωτής πτήσης Sanders Teacher^[48]

Το 1929, κατά τη διάρκεια του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου έγινε πρώτη φορά χρήση ηλεκτρομηχανικών συσκευών, με πιο γνωστό να είναι το Link Trainer του Edwin Link στις ΗΠΑ. Αυτό είχε μια πλατφόρμα κίνησης που οδηγούνταν από φυσούνες που έδιναν βήμα, κύλιση και εκτροπή, πάνω στο οποίο ήταν τοποθετημένο ένα αντίγραφο γενικού πιλοτηρίου. Σχεδιάστηκε για τη διδασκαλία του οργάνου που πετάει σε λιγότερο επικίνδυνο περιβάλλον από το αεροσκάφος. Μετά από μια περίοδο, η Πολεμική Αεροπορία του Στρατού των ΗΠΑ αγόρασε τέσσερα Link Trainers το 1934, μετά από μια σειρά θανατηφόρων ατυχημάτων σε πτήση με άλλα όργανα. Αυτό ήταν το σημείο που η παγκόσμια βιομηχανία προσομοίωσης πτήσης γεννήθηκε. Περίπου 10.000 Link Trainers πωλήθηκαν στον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο για την εκπαίδευση νέων πιλότων σε συμμαχικά έθνη με τις ΗΠΑ. Ήταν ακόμη σε χρήση σε πολλές Πολεμικές Αεροπορίες μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970.



Εικόνα 12: Ο προσομοιωτής πτήσης Link Trainer^[49]

Το Celestial Navigation Trainer του 1941, ήταν μια κατασκευή ύψους 13,7 μέτρων, ικανή να φιλοξενήσει ένα ολόκληρο πλήρωμα βομβαρδιστικών που προσομοίωνε τη πτήση σε νυχτερινές αποστολές. Στη δεκαετία του 1940, για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκαν αναλογικοί υπολογιστές για την επίλυση των εξισώσεων της πτήσης. Έτσι, δημιουργήθηκαν οι πρώτοι ηλεκτρονικοί προσομοιωτές.



Εικόνα 13: Ο προσομοιωτής πτήσης Celestial Navigation Trainer ^[50]

Το 1948, ο Curtiss-Wright παρέδωσε το Stratocruiser στην Pan American, τον πρώτο ολοκληρωμένο προσομοιωτή που ανήκει σε αεροπορική εταιρεία. Αν και δεν υπήρχε μοντελοποίηση κίνησης ή οπτική απεικόνιση, ολόκληρο το πιλοτήριο και τα όργανα λειτουργούσαν κανονικά. Τα συστήματα πλήρους κίνησης εμφανίστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1950.

Τα πρώτα οπτικά συστήματα χρησιμοποιούσαν ένα πραγματικό μικρό μοντέλο του εδάφους. Μια κάμερα πετούσε πάνω από το έδαφος του μοντέλου και η εικόνα εμφανιζόταν στον πιλότο. Βέβαια, μόνο συγκεκριμένες περιοχές του εδάφους μπορούσαν να προσομοιωθούν με αυτόν τον τρόπο, συνήθως μόνο η περιοχή γύρω από ένα αεροδρόμιο ή, στους στρατιωτικούς προσομοιωτές, έδαφος και μερικές φορές στόχοι. Η χρήση ψηφιακών υπολογιστών για προσομοίωση πτήσης ξεκίνησε τη δεκαετία του 1960.

Το 1954, η General Precision Inc., αργότερα μέρος της Singer Corporation, ανέπτυξε έναν προσομοιωτή κίνησης που στέγαζε ένα πιλοτήριο μέσα σε ένα μεταλλικό πλαίσιο. Παρείχε 3 μοίρες (γωνία) βήματος, κύλισης και εκτροπής, αλλά μέχρι το 1964, οι βελτιωμένες, συμπαγείς εκδόσεις αύξησαν αυτή τη γωνία σε 10 μοίρες. Μέχρι το 1969, αναπτύχθηκαν προσομοιωτές αεροπορικών εταιρειών όπου οι υδραυλικοί ενεργοποιητές

έλεγχαν κάθε άξονα κίνησης και άρχισαν να κατασκευάζονται προσομοιωτές με έξι βαθμούς ελευθερίας (ρολό, βήμα, εκτροπή για γωνιακή κίνηση και κύμα, ανύψωση και ταλάντευση για διαμήκη, κατακόρυφη και πλευρική μετατόπιση) . Ξεκινώντας το 1977, οι προσομοιωτές αεροπορικών εταιρειών άρχισαν να υιοθετούν τη σύγχρονη διαμόρφωση "καμπίνας", όπου οι υπολογιστές τοποθετούνται στην περιοχή του πιλοτηρίου (και όχι σε ράφια εκτός προσομοιωτή) και η πρόσβαση στον εξοπλισμό γίνεται μέσω μιας περιτυλιγμένης πασαρέλας όταν το σύστημα κίνησης του προσομοιωτή δεν λειτουργεί.

Περίπου αυτή την εποχή, έγιναν επίσης μεγάλα βήματα στην τεχνολογία της οθόνης. Το 1972, ο Singer ανέπτυξε μια συσκευή φακού ευθυγράμμισης, χρησιμοποιώντας έναν καμπύλο καθρέφτη και έναν διαχωριστή δέσμης, ο οποίος πρόβαλλε όψεις από το παράθυρο του πιλοτηρίου (OTW) στον πιλότο σε μακρινή εστίαση. Αυτές οι ευθυγραμμισμένες οθόνες βελτίωσαν σημαντικά τον ρεαλισμό της προσομοίωσης πτήσης. Ωστόσο, κάθε οθόνη πρόσφερε μόνο οπτικό πεδίο 28 μοιρών και χρειαζόνταν αρκετές για ένα ρεαλιστικό οπτικό πεδίο. Το 1976, οθόνες ευρείας γωνίας ευθυγραμμισμένες εισήχθησαν, αποκαλούμενα "WAC windows". Τέλος, το 1982, η εταιρεία Rediffusion του Crawley, εισήγαγε το WIDE που χρησιμοποιούσε έναν καμπύλο καθρέφτη μεγάλης οριζόντιας έκτασης για να επιτρέπει την μακρινή εστίαση (συναρμολογημένη) θέαση από πιλότους δίπλα-δίπλα σε μια απρόσκοπτη οθόνη.^[51]

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, ακόμη και οι προσομοιωτές πτήσης για οικιακή ψυχαγωγία είχαν γίνει τόσο ρεαλιστικοί που μετά τα γεγονότα της 11ης Σεπτεμβρίου 2001, ορισμένοι δημοσιογράφοι και ειδικοί υπέθεσαν ότι οι αεροπειρατές μπορεί να είχαν αποκτήσει αρκετή γνώση για να κατευθύνουν ένα επιβατικό αεροσκάφος από προγράμματα όπως το Microsoft Flight Simulator . Η Microsoft , ενώ απέρριψε τέτοιες επικρίσεις, καθυστέρησε την κυκλοφορία της έκδοσης του 2002 του προσομοιωτή χαρακτηριστικών της για να διαγράψει το Παγκόσμιο Κέντρο Εμπορίου από το τοπίο της Νέας Υόρκης και μάλιστα παρείχε μια ενημερωμένη έκδοση κώδικα για να διαγράψει τους πύργους αναδρομικά από προηγούμενες εκδόσεις του προσομοιωτή.^[52]

3.3 Περιορισμοί της προσομοίωσης

Η διαδικασία της προσομοίωσης είναι εξαιρετικά περίπλοκη και η υλοποίηση της ενέχει κάποιους περιορισμούς. Κατ' αρχάς είναι απαραίτητο κατά τη δημιουργία του μοντέλου που αντιπροσωπεύει το σύστημα, να είναι σχεδιασμένο με απόλυτη ακρίβεια. Η πολυπλοκότητα του συστήματος απαιτεί αρκετό χρόνο στο σχεδιασμό, ώστε να ληφθούν υπ' όψιν όλες οι απαιτήσεις του λεπτομερώς. Ο σχεδιαστής της προσομοίωσης πρέπει να υπολογίσει τυχόν ανακρίβειες που θα προκύψουν, να μελετήσει τις συνέπειές της και να προβλέψει για τη διαθεσιμότητα των δεδομένων, μιας και συχνά κατά τη προσομοίωση μοντέλων προκύπτει η ανάγκη για μη επαρκή δεδομένα. Έτσι, ο σχεδιασμός οδηγείται σε μια προσομοίωση που δεν είναι απόλυτα ακριβής και περιγράφεται στατιστικά.

Το κύριο πρόβλημα με τα οικιακά συστήματα προσομοιωτών πτήσης είναι η εύρεση πραγματικού λογισμικού και υλικού για πλοήγηση GPS που μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για εκπαίδευση πιλότων και επίσης διασυνδέσεις με προσομοιωτές πτήσης. Ορισμένες εταιρείες προσφέρουν διάφορα λογισμικά για να βοηθήσουν στην επίλυση αυτού του προβλήματος.

3.4 Προσομοίωση στην εκπαίδευση

Η προσομοίωση χρησιμοποιείται σχεδόν σε κάθε επιστημονικό κλάδο. Σήμερα, συναντάται ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών της προσομοίωσης. Τεχνικές της προσομοίωσης έχουν εδραιωθεί στον σχεδιασμό νέων συστημάτων, στην μελέτη των υπαρχόντων, στην εκπαίδευση αλλά και στη ψυχαγωγία.

Οι προσομοιώσεις αποτελούν πλέον μεγάλο κομμάτι στο κλάδο της εκπαίδευσης. Οπτικοποιούνται σενάρια που μπορεί να αντιμετωπίσει ένας εργαζόμενος, ώστε εκείνος να κληθεί να αντιδράσει και να πάρει αποφάσεις. Ένα από τα πιο γνωστά αντικείμενα της προσομοίωσης στην εκπαίδευση είναι οι προσομοιωτές πτήσης, οι οποίοι μοντελοποιούν καταστάσεις υψηλού κινδύνου που μπορούν να αποφευχθούν με τη βοήθεια της μάθησης. Οι στρατιωτικοί προσομοιωτές απεικονίζουν τα χαρακτηριστικά απόδοσης του αεροσκάφους, τα όργανα στο πιλοτήριο, τα αποτελέσματα των όπλων, την υποστήριξη από άλλα συστήματα μάχης, τις επικοινωνίες με άλλους πιλότους και το έδαφος στο οποίο συμβαίνουν τα γεγονότα.

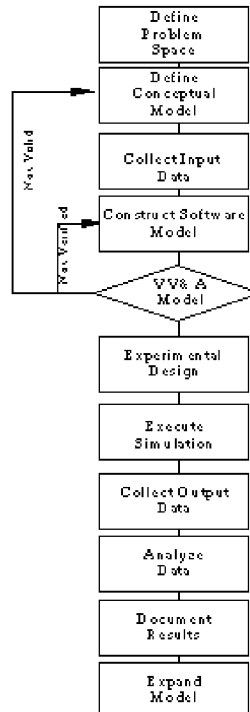
Η βιομηχανία της ψυχαγωγίας κάνει ευρεία χρήση της προσομοίωσης για να δημιουργήσει παιχνίδια που είναι ευχάριστα και ενδιαφέροντα. Αυτά περιέχουν πολλά από τα στοιχεία της προσομοίωσης που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τα παιχνίδια arcade, τα παιχνίδια υπολογιστή, τα επιτραπέζια παιχνίδια πολέμου και τα παιχνίδια ρόλων απαιτούν τη δημιουργία ενός συνεπούς μοντέλου ενός φανταστικού κόσμου και συσκευών για την αλληλεπίδραση με αυτόν τον κόσμο. Αυτές οι προσομοιώσεις συχνά φαίνονται παρόμοιες με τις προσομοιώσεις εκπαίδευσης, αλλά διαφέρουν ως προς το ότι σκοπός τους είναι η ψυχαγωγία και όχι η πρακτική για γεγονότα πραγματικού κόσμου. Αυτό το γεγονός επιτρέπει στους προγραμματιστές παιχνιδιών την ελευθερία να τροποποιούν τους νόμους της φυσικής και άλλες συμπεριφορές, αντί να αποτυπώνουν με ακρίβεια τα αντίστοιχα του πραγματικού κόσμου. Αν και ο σκοπός αυτών των προσομοιώσεων είναι η ψυχαγωγία, οι τεχνικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι προγραμματιστές τους είναι εξίσου δύσκολες με αυτές των άλλων κατηγοριών.

3.5 Η διαδικασία της προσομοίωσης

Η διαδικασία της προσομοίωσης αφορά την σχεδίαση και την ανάλυση. Αρχικά, οι σχεδιαστές της προσομοίωσης προσπαθούν να δώσουν μια εικόνα ενός συστήματος που μπορεί και να μην υπάρχει και προσπαθούν να το πετύχουν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

Έπειτα, γίνεται η ανάλυση των δυνατοτήτων του πραγματικού συστήματος. Αντίθετα με την σχεδίαση, η ανάλυση μπορεί να περιέχει τη συλλογή δεδομένων του υπάρχοντος συστήματος, για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά του μοντέλου. Έτσι, διαμορφώνεται το μοντέλο ώστε να προκύψουν τα βέλτιστα αποτελέσματα από την προσομοίωση.

Μπορεί κάποτε η προσομοίωση να ήταν εφικτή για έμπειρους επαγγελματίες και μόνο, όμως τα τελευταία χρόνια έχει καθοριστεί επακριβώς η διαδικασία για μια πλήρη προσομοίωση. Αυτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και αναλύεται παρακάτω.



Σχήμα 1: Διαδικασία ανάπτυξης προσομοίωσης

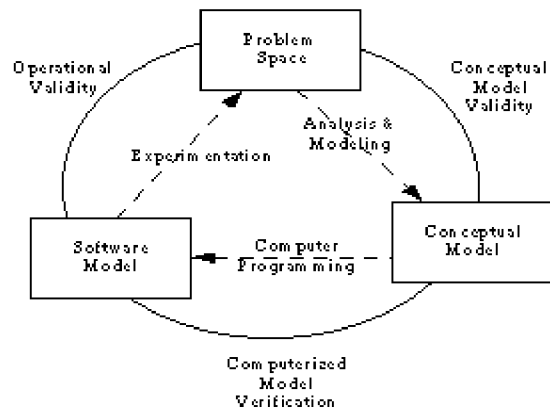
- Ορισμός χώρου προβλήματος: Το πρώτο βήμα για την ανάπτυξη μιας προσομοίωσης είναι να οριστεί ρητά το πρόβλημα που θα αντιμετωπίσει το μοντέλο. Αναφέρονται οι στόχοι, οι απαιτήσεις του έργου και η απαιτούμενη ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Εδώ καθορίζονται τα όρια μεταξύ του προβλήματος που θα σχεδιαστεί και του πραγματικού προβλήματος, τα οποία καθορίζονται με χρήση εξωτερικών συστημάτων. Ένα μοντέλο δεν μπορεί να κατασκευαστεί με βάση τους ασαφείς ορισμούς των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων.
- Εννοιολογικό μοντέλο: Αφού οριστεί το πρόβλημα, μπορούν να οριστούν ένα ή περισσότερα κατάλληλα εννοιολογικά μοντέλα. Αυτά περιλαμβάνουν τους αλγόριθμους που θα χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή του συστήματος, την απαιτούμενη είσοδο και τις εξόδους που παράγονται. Εδώ τεκμηριώνονται οι υποθέσεις που γίνονται για το σύστημα, παρατίθενται οι πιθανές επιπτώσεις αυτών των υποθέσεων στα αποτελέσματα ή την ακρίβεια της προσομοίωσης. Οι περιορισμοί που βασίζονται στο μοντέλο, τα δεδομένα και τις παραδοχές, ορίζονται με σαφήνεια, ώστε να μπορούν να προσδιοριστούν οι κατάλληλες χρήσεις της προσομοίωσης.

Το εννοιολογικό μοντέλο περιλαμβάνει μια περιγραφή του χρόνου, του αριθμού του προσωπικού και του εξοπλισμού που θα απαιτηθούν για την παραγωγή και τη λειτουργία του μοντέλου. Όλα τα πιθανά μοντέλα συγκρίνονται και γίνονται αντισταθμίσεις έως ότου οριστεί μια ενιαία λύση που να πληροί τους στόχους και τις απαιτήσεις του προβλήματος και για την οποία μπορούν να κατασκευαστούν αλγόριθμοι και να ληφθούν δεδομένα εισόδου.

- Συλλογή δεδομένων εισόδου: Μόλις καθοριστεί ο χώρος λύσης, πρέπει να συλλεχθούν τα δεδομένα που απαιτούνται για τη λειτουργία και τον καθορισμό του μοντέλου. Αυτό περιλαμβάνει πληροφορίες που θα χρησιμεύσουν ως παράμετροι εισόδου, θα βοηθήσουν στην ανάπτυξη

αλγορίθμων και θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της απόδοσης των εκτελέσεων προσομοίωσης. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν γνωστές συμπεριφορές λειτουργικών συστημάτων και πληροφορίες για τις στατιστικές κατανομές των τυχαίων παραλλαγών που θα χρησιμοποιηθούν. Η συλλογή ακριβών δεδομένων εισόδου είναι μια από τις πιο δύσκολες φάσεις στη διαδικασία προσομοίωσης και η πιο επιρρεπής σε σφάλματα και εσφαλμένη εφαρμογή.

- Κατασκευή του μοντέλου λογισμικού: Το μοντέλο προσομοίωσης κατασκευάζεται με βάση τη λύση που ορίστηκε και τα δεδομένα που συλλέγονται. Οι μαθηματικές και λογικές περιγραφές του πραγματικού συστήματος κωδικοποιούνται σε μορφή που μπορεί να εκτελεστεί από υπολογιστή. Η δημιουργία μιας προσομοίωσης υπολογιστή, όπως και με οποιοδήποτε άλλο προϊόν λογισμικού, θα πρέπει να διέπεται από τις αρχές της μηχανικής λογισμικού.
- Επαλήθευση, επικύρωση και πιστοποίηση του μοντέλου: Η επαλήθευση, η επικύρωση και η διαπίστευση (VV&A), είναι μια ουσιαστική φάση για τη διασφάλιση ότι οι αλγόριθμοι του μοντέλου, τα δεδομένα εισόδου και οι υποθέσεις σχεδιασμού είναι σωστά και επιλύουν το πρόβλημα που εντοπίστηκε στην αρχή της διαδικασίας. Δεδομένου ότι ένα μοντέλο προσομοίωσης και τα δεδομένα του είναι η κωδικοποίηση εννοιών που είναι δύσκολο να καθοριστούν πλήρως, είναι εύκολο να δημιουργηθεί ένα μοντέλο που είτε είναι ανακριβές είτε που επιλύει ένα πρόβλημα διαφορετικό από αυτό που καθορίζεται. Η διαδικασία VV&A έχει σχεδιαστεί για τον εντοπισμό αυτών των προβλημάτων πριν το μοντέλο τεθεί σε λειτουργία.



Σχήμα 2. Διαδικασία VV&A

Για τους σκοπούς του VV&A, η διαδικασία ανάπτυξης προσομοίωσης χωρίζεται στον χώρο προβλημάτων, το εννοιολογικό μοντέλο και το μοντέλο λογισμικού με σαφείς μεταβάσεις και αξιολογήσεις ποιότητας μεταξύ αυτών των σταδίων, όπως φαίνεται στο Σχήμα. Η επικύρωση είναι η διαδικασία προσδιορισμού ότι το εννοιολογικό μοντέλο αντικατοπτρίζει τις πτυχές του προβληματικού χώρου που πρέπει να αντιμετωπιστεί και το κάνει έτσι ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της μελέτης. Η επικύρωση χρησιμοποιείται επίσης για να προσδιοριστεί εάν οι λειτουργίες του τελικού μοντέλου λογισμικού είναι συνεπείς με τον πραγματικό κόσμο, συνήθως μέσω πειραματισμού και σύγκρισης με ένα σύνολο γνωστών δεδομένων. Η επαλήθευση είναι η διαδικασία προσδιορισμού ότι το μοντέλο λογισμικού αντικατοπτρίζει με ακρίβεια το εννοιολογικό μοντέλο. Η διαπίστευση είναι η επίσημη αποδοχή του μοντέλου λογισμικού για συγκεκριμένο σκοπό.

- Πειράματα σχεδίασης: Αυτή η φάση προσδιορίζει τις πιο παραγωγικές και ακριβείς μεθόδους για την εκτέλεση της προσομοίωσης για τη δημιουργία των επιθυμητών απαντήσεων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στατιστικές τεχνικές για το σχεδιασμό πειραμάτων που παράγουν τα πιο ακριβή και ασυμβίβαστα δεδομένα με τον μικρότερο αριθμό εκτελέσεων προσομοίωσης. Όταν οι εκτελέσεις προσομοίωσης είναι ακριβές και δύσκολο να προγραμματιστούν, ο

πειραματικός σχεδιασμός μπορεί να εξασφαλίσει απαντήσεις με το χαμηλότερο κόστος και με τα συντομότερα χρονοδιαγράμματα.

- Εκτέλεση προσομοίωσης: Αυτή είναι η πραγματική εκτέλεση του σχεδιασμένου, κατασκευασμένου και επικυρωμένου μοντέλου σύμφωνα με τον πειραματικό σχεδιασμό. Οι εκτελέσεις προσομοίωσης δημιουργούν τα δεδομένα εξόδου που απαιτούνται για την απάντηση στο πρόβλημα που προτάθηκε αρχικά. Στην περίπτωση των μοντέλων του Μόντε Κάρλο, μπορεί να απαιτηθούν πολλές εκατοντάδες ή χιλιάδες επαναλήψεις, ώστε να υπάρξουν στατιστικά αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Συλλογή δεδομένων εξόδου: Ταυτόχρονα με την εκτέλεση του μοντέλου, τα δεδομένα εξόδου συλλέγονται, οργανώνονται και αποθηκεύονται. Αυτό μερικές φορές θεωρείται ως αναπόσπαστο μέρος του μοντέλου, αλλά θα πρέπει να διαχωρίζεται σαφώς, καθώς είναι δυνατή η αλλαγή των δεδομένων που συλλέγονται χωρίς αλλαγή των αλγορίθμων ή του σχεδιασμού του μοντέλου.
- Ανάλυση δεδομένων: Τα δεδομένα που συλλέγονται κατά την εκτέλεση μιας προσομοίωσης μπορούν να είναι ογκώδη και να διανέμονται στο χρόνο. Πρέπει να γίνουν λεπτομερείς αναλύσεις για να εξαχθούν μακροπρόθεσμες τάσεις και να ποσοτικοποιηθούν οι απαντήσεις στα βασικά ερωτήματα που οδήγησαν στην κατασκευή της προσομοίωσης. Η ανάλυση μπορεί να παράγει πληροφορίες σε μορφή πινάκων, γραφικών, χαρτών, κινούμενων εικόνων και σύνοψης κειμένου. Οι σύγχρονες διεπαφές χρήστη έχουν βελτιώσει σημαντικά αυτή τη φάση εμφανίζοντας δεδομένα σε μορφές που μπορούν να γίνουν εύκολα κατανοητές από διαφορετικά κοινά.

- Αποτελέσματα εγγράφων: Τα αποτελέσματα της μελέτης προσομοίωσης ή της εκπαιδευτικής συνεδρίας πρέπει να τεκμηριωθούν και να διαδοθούν στα ενδιαφερόμενα μέρη. Αυτά τα μέρη προσδιορίζουν τον βαθμό στον οποίο η προσομοίωση έχει απαντήσει σε συγκεκριμένες ερωτήσεις και τομείς για μελλοντικές βελτιώσεις.
- Ανάπτυξη μοντέλου: Τα μοντέλα προσομοίωσης είναι ακριβά και δύσκολο να κατασκευαστούν. Ως αποτέλεσμα, μόλις κατασκευαστεί ένα μοντέλο, θα τροποποιηθεί για χρήση σε πολλά σχετικά έργα. Θα επιβληθούν νέες απαιτήσεις, οι νέοι χρήστες θα το υιοθετήσουν και ολόκληρη η διαδικασία ανάπτυξης θα διεξαχθεί πολλές φορές.^[53]

3.6 Προσομοιωτές πτήσης

Για την εκπαίδευση πιλότων χρησιμοποιούνται διάφορες κατηγορίες προσομοιωτών πτήσης και συσκευές εκπαίδευσης πτήσης. Από σχετικά απλούς Εκπαιδευτές Part-Task (PTT) που καλύπτουν ένα ή περισσότερα συστήματα αεροσκαφών, Cockpit Procedures Trainers (CPT) για εξάσκηση ασκήσεων και ελέγχων, έως τους λεγόμενους προσομοιωτές πλήρους πτήσης (FFS). Τα υψηλότερα επίπεδα των προσομοιωτών πλήρους πτήσης έχουν πλατφόρμες κίνησης ικανές να κινούνται και στους έξι βαθμούς ελευθερίας (6-DoF). Οι τρεις περιστροφές είναι Pitch (μύτη πάνω και κάτω), Roll (το ένα φτερό επάνω, το άλλο φτερό κάτω) και Yaw (μύτη αριστερά και δεξιά). Οι τρεις γραμμικές κινήσεις έχουν μια σειρά από ονόματα ανάλογα με την περιοχή της μηχανικής που εμπλέκεται, αλλά στην προσομοίωση ονομάζονται Heave (πάνω και κάτω), Sway (πλάγια αριστερά και δεξιά) και Surge (διαμήκης επιτάχυνση και επιβράδυνση).

Οι προσομοιωτές πτήσης χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση των πληρωμάτων πτήσης σε κανονικές και επείγουσες διαδικασίες λειτουργίας. Χρησιμοποιώντας προσομοιωτές, οι πιλότοι είναι σε θέση να εκπαιδεύονται για καταστάσεις που δεν είναι ασφαλείς στο ίδιο το αεροσκάφος. Αυτές οι καταστάσεις περιλαμβάνουν αστοχίες κινητήρα και αστοχίες ή δυσλειτουργίες συστημάτων αεροσκαφών όπως ηλεκτρικά, υδραυλικά, πίεση, όργανα πτήσης κ.λπ.

Οι εκπαιδευτές συστημάτων χρησιμοποιούνται για να διδάξουν στους πιλότους πώς να χειρίζονται διάφορα συστήματα αεροσκαφών. Μόλις οι πιλότοι εξοικειωθούν με τα συστήματα των αεροσκαφών, θα μεταβούν σε εκπαιδευτές διαδικασιών πιλοτηρίου ή CPT. Πρόκειται για συσκευές σταθερής βάσης (χωρίς πλατφόρμα κίνησης) και είναι ακριβή αντίγραφα των οργάνων, των διακοπών και άλλων χειριστηρίων του πιλοτηρίου. Χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση πληρωμάτων πτήσης σε ελέγχους και ασκήσεις και αποτελούν μέρος μιας ιεραρχίας συσκευών εκπαίδευσης πτήσης (FTD). Οι FTD υψηλότερου επιπέδου είναι "μίνι προσομοιωτές". Ορισμένα μπορεί επίσης να είναι εξοπλισμένα με οπτικά συστήματα. Ωστόσο, τα FTD δεν διαθέτουν πλατφόρμες κίνησης και δεν έχουν την πιστότητα των προσομοιωτών πλήρους πτήσης.

Ένας πλήρης προσομοιωτής πτήσης (FFS) αντιγράφει όλες τις πτυχές του αεροσκάφους και του περιβάλλοντός του, συμπεριλαμβανομένης της κίνησης και στους έξι βαθμούς ελευθερίας. Το προσωπικό του προσομοιωτή πρέπει να φοράει ζώνες ασφαλείας όπως και στο πραγματικό αεροσκάφος.

Οι περισσότεροι προσομοιωτές διαθέτουν Instructor Operating Stations (IOS). Στο IOS, ένας εκπαιδευτής μπορεί γρήγορα να δημιουργήσει οποιαδήποτε φυσιολογική και μη φυσιολογική κατάσταση στο προσομοιωμένο αεροσκάφος ή στο προσομοιωμένο εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό μπορεί να κυμαίνεται από πυρκαγιές κινητήρα, δυσλειτουργία του εξοπλισμού προσγείωσης, ηλεκτρικά σφάλματα, καταιγίδες, εκρήξεις, κεραυνούς, επερχόμενα αεροσκάφη, ολισθηρούς διαδρόμους, βλάβες του συστήματος πλοήγησης και αμέτρητα άλλα προβλήματα με τα οποία το πλήρωμα πρέπει να γνωρίζει και να ενεργεί.

Πολλοί προσομοιωτές επιτρέπουν στον εκπαιδευτή να ελέγχει τον προσομοιωτή από το πιλοτήριο, είτε από μια κονσόλα πίσω από τα καθίσματα του πιλότου, είτε, σε ορισμένους προσομοιωτές, από τη θέση του συγκυβερνήτη σε εξόδους όπου ένας συγκυβερνήτης δεν εκπαιδεύεται.



Εικόνα 14: Προσομοιωτής πτήσης σημερινής τεχνολογίας^[54]

Οι προσομοιωτές πτήσης αποτελούν ουσιαστικό στοιχείο στην εκπαίδευση μεμονωμένων πιλότων καθώς και στην εκπαίδευση του πληρώματος πτήσης. Εξοικονομούν χρόνο, χρήματα και ζωές. Το κόστος λειτουργίας ακόμη και ενός ακριβού προσομοιωτή πλήρους πτήσης επιπέδου D είναι πολλές φορές μικρότερο από ό,τι αν η εκπαίδευση επρόκειτο να γίνει στο ίδιο το αεροσκάφος.

3.6.1 Οικιακοί προσομοιωτές πτήσης

Η έλευση των προσομοιωτών πτήσης ως βιντεοπαιχνίδια οικιακής ψυχαγωγίας ώθησε πολλούς χρήστες να γίνουν «σχεδιαστές αεροπλάνων» για αυτά τα συστήματα. Ως εκ τούτου, μπορούν να δημιουργήσουν τόσο στρατιωτικά όσο και εμπορικά αεροπλάνα και μπορούν ακόμη και να χρησιμοποιούν ονόματα πραγματικών αεροπορικών εταιρειών, αρκεί να μην αποκομίζουν κέρδη από τα σχέδιά τους. Πολλοί άλλοι χρήστες προσομοιωτή πτήσεων κατ' οίκον δημιουργούν την προσωπική, εικονική εκδοχή της αγαπημένης τους αεροπορικής εταιρείας πραγματικού κόσμου και έτσι εικονικές αεροπορικές εταιρείες όπως Virtual Delta, Mexicana Virtual, Virtual Aeroflot, Viasa Virtual, UPS VAC, κλπ. Αυτές οι τροποποιήσεις σε μια προσομοίωση (γνωστές ως mods) γενικά προσθέτουν πολλά σε μια προσομοίωση και συχνά παρέχουν μια σημαντικά διευρυμένη εμπειρία παιχνιδιού με νέες καταστάσεις και περιεχόμενο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μια προσομοίωση προχωρά πολύ περισσότερο σε ό,τι αφορά τα χαρακτηριστικά της από ό,τι είχε προβλεφθεί ή ακόμη και οραματιστεί από τους αρχικούς προγραμματιστές της. Το Falcon 4.0 είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα τέτοιας τροποποίησης. Προστέθηκαν ολόκληρες νέες εμπόλεμες ζώνες, μαζί με τη δυνατότητα πτήσης εκατοντάδων διαφορετικών αεροσκαφών, σε αντίθεση με το αρχικό ενιαίο πέταγμα αεροσκάφους.

Οι δημοφιλείς προσομοιωτές για οικιακούς υπολογιστές περιλαμβάνουν:

- Flight Unlimited, σειρά προσομοιωτών υπολογιστή
- FlightGear, ένας προσομοιωτής πτήσης GPL με ολόκληρο τον κόσμο και πολλά μοντέλα αεροσκαφών
- Fly!
- Microsoft Flight Simulator, ένας από τους πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους προσομοιωτές μη στρατιωτικών πτήσεων
- X-Plane, ένας προσομοιωτής πτήσης υψηλής ακρίβειας πολλαπλών πλατφορμών και ο μόνος που έχει πιστοποιηθεί από την FAA για εκπαιδευτικούς σκοπούς

- Aerowinx Precision Simulator, ένας προσομοιωτής Boeing 747-400 υψηλού επιπέδου, κατασκευασμένος από τον Hardy Heinlin.
- Aces High, προσομοιωτής πτήσης μάχης και μαζικά διαδικτυακό παιχνίδι για πολλούς παίκτες για υπολογιστή
- Fighter Ace, προσομοιωτής πτήσης μάχης και μαζικά διαδικτυακό παιχνίδι για πολλούς παίκτες για υπολογιστή
- Falcon 4.0 (και το νεότερο Falcon 4.0: Allied Force), μια εξαιρετικά λεπτομερής "study sim" του F-16 Fighting Falcon
- Su-27 Flanker, ένα ρεαλιστικό και λεπτομερές μοντέλο πτήσης σε ένα λιγότερο ανταγωνιστικό κέλυφος γραφικών στον υπολογιστή
- IL-2 Sturmovik, ένας από τους κορυφαίους προσομοιωτές πτήσης του Β' Παγκοσμίου Πολέμου
- Lock On: Modern Air Combat, Jet Combat simulator.
- Combat Flight Simulator Σειρά WWII Europe, το πρώτο της Microsoft στη σειρά (από 3) Aircombat του Β' Παγκοσμίου Πολέμου
- B-17 Flying Fortress, B-17 Bomber προσομοιωτής στον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο
- European Air War, μια προσομοίωση υψηλής βαθμολογίας στο ΕΤΟ στον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο
- Gunship, ένας προσομοιωτής που εστιάζει στο επιθετικό ελικόπτερο AH-64 Apache
- Battle of Britain II: Wings of Victory, μια σύνθετη προσομοίωση της Μάχης της Βρετανίας
- YS Flight Simulation System 2000, ένας δωρεάν προσομοιωτής πτήσης που περιέχει τόσο πολιτικά όσο και μαχητικά στοιχεία

Πολύ πιο σπάνιοι αλλά αξιοσημείωτοι είναι οι προσομοιωτές πτήσης που διατίθενται για διάφορες κονσόλες παιχνιδιών. Τα πιο αξιοσημείωτα από αυτά ήταν το Pilotwings, που διατέθηκε για το Super Nintendo, το sequel του Pilotwings 64 για το Nintendo 64 και η σειρά Ace Combat στο Playstation 1&2. Το πολύ σπάνιο Sky Odyssey είναι ένα ακόμη παράδειγμα προσομοιωτών πτήσης κονσόλας. Λόγω της περιοριστικής φύσης της ικανότητας μιας κονσόλας παιχνιδιών να προσομοιώνει σωστά περιβάλλοντα γενικά και των περιορισμών επεξεργασίας αυτών των συστημάτων ειδικότερα, οι

προσομοιωτές πτήσης που βασίζονται σε κονσόλα παιχνιδιών τείνουν να είναι απλοϊκοί και να έχουν μια αίσθηση πιο "arcade".



Εικόνα 15: Microsoft Flight Simulator ^[55]

Καθώς το διάστημα είναι μια φυσική επέκταση του εναέριου χώρου, οι προσομοιωτές διαστημικών πτήσεων μπορούν να θεωρηθούν ως επέκταση του είδους των προσομοιωτών πτήσης. Υπάρχει μια σημαντική αλληλεξάρτηση μεταξύ αυτών των δύο ειδών προσομοιωτών, καθώς ορισμένοι προσομοιωτές πτήσης διαθέτουν διαστημόπλοιο ως επέκταση και από την άλλη πλευρά, ορισμένοι προσομοιωτές διαστημικής πτήσης μπορεί να διαθέτουν μια αρκετά ρεαλιστική μηχανή προσομοίωσης ατμοσφαιρικής πτήσης.^[56]

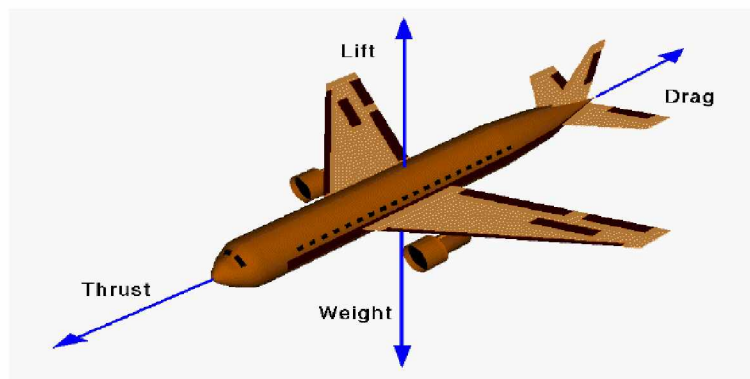
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΤΗΣΗΣ

4.1 Υπολογισμός των δυνάμεων που δρουν σε ένα πτητικό σώμα

Ένα σύστημα πτήσης, ανάλογα με τον στόχο που υπάρχει, μπορεί να μοντελοποιηθεί σε διαφορετικούς βαθμούς ρεαλισμού. Για την μελέτη της προσομοίωσης της πτήσης ενός αεροπλάνου στο παιχνίδι παρακάτω, καλό θα ήταν να γίνει αναφορά στο πως πετάει ένα αεροπλάνο στον πραγματικό κόσμο.

Παρακάτω περιγράφονται οι δυνάμεις που δρουν σε ένα αεροπλάνο και θα χρησιμοποιηθούν για τη μοντελοποίησή του. Μια δύναμη μπορεί να θεωρηθεί ως ώθηση ή έλξη προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Σε ένα σώμα που πετά, ασκείται η δύναμη της βαρύτητας (weight), που τραβάει το αεροπλάνο προς τα κάτω. Έπειτα, υπάρχει η δύναμη ώθησης (thrust), που το ωθεί εμπρός. Δημιουργείται με διάφορους τρόπους, όπως τις προπέλες ή τη μηχανή του. Για τη συγκεκριμένη προσομοίωση, θα εφαρμοστεί αργότερα μια δύναμη στη μύτη του αεροπλάνου, που θα αντιπροσωπεύει την δύναμη της ώθησης. Τέλος, ασκούνται η δύναμη ανύψωσης (lift) και η οπισθέλκουσα (drag), σαν αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του αεροπλάνου με τον αέρα, καθώς κινείται μέσα σε αυτόν. Η οπισθέλκουσα είναι παράλληλη στη ροή της κίνησης, ενώ η δύναμη ανύψωσης είναι κάθετη.



Εικόνα 16: Οι δυνάμεις που δρουν σε ένα αεροπλάνο ^[57]

Προκειμένου να γίνει μελέτη των δυνάμεων που δρουν στο αεροπλάνο, θα ήταν ωφέλιμο να χωριστεί σε επιμέρους κομμάτια, στα οποία εφαρμόζονται αυτές οι δυνάμεις. Έτσι, απορρίπτονται οι αλλαγές της ροής του αέρα σε ένα κομμάτι του σώματος, που δημιουργούνται από κάποιο άλλο κομμάτι. Για παράδειγμα, οι διαταράξεις του αέρα πίσω από το φτερό ή το κατώρευμα μπορούν να τροποποιήσουν τη συμπεριφορά της ουράς. Για τον υπολογισμό των δυνάμεων που δρουν σε ένα συγκεκριμένο κομμάτι του αεροπλάνου, όπως το φτερό, αν γίνει απλοποίηση στις εξισώσεις Navier-Stokes, τότε:

$$\text{Για τη δύναμη της ανύψωσης:} \quad L = C_L \frac{\rho v^2}{2} S \quad (1)$$

$$\text{Για την οπισθέλκουσα:} \quad D = C_D \frac{\rho v^2}{2} S \quad (2)$$

$$\text{Για την ροπή:} \quad M = C_M \frac{\rho v^2}{2} SL \quad (3)$$

όπου C_L , ο συντελεστής ανύψωσης,
 C_D , ο συντελεστής οπισθέλκουσας,
 C_M , ο συντελεστής ροπής,
 ρ , η πυκνότητα του αέρα,
 u , η ταχύτητα του αέρα,
 S , το εμβαδόν του φτερού,
 L , το μήκος του φτερού

Έστω ότι το φτερό του αεροπλάνου είναι ένα επίπεδο κομμάτι στη ροή του αέρα με ταχύτητα u και πυκνότητα ρ , κάθετες στην επιφάνειά του. Σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, ισχύει ότι:

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} \quad (4)$$

Αν γίνει μια εκτίμηση για την μεταβολή του ΔP σε ένα μικρό χρονικό διάστημα Δt , τότε η ώθηση που δέχεται το φτερό είναι ανάλογη της συνολικής ώθησης του αέρα που δέχεται εκείνη τη στιγμή, δηλαδή:

$$\Delta P \propto P_{air} \quad (5)$$

Βέβαια, ισχύει ότι:

$$\Delta P = \frac{1}{2} C P_{air} \quad (6)$$

Άρα, λόγω της σχέσης (6), η σχέση (4) γίνεται:

$$F = \frac{C P_{air}}{2 \Delta t} \quad (7)$$

Και επειδή ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$P_{air} = m v \quad (8)$$

$$m = \rho V = \rho v \Delta t S \quad (9)$$

Από τη σχέση (9), η σχέση (8) γίνεται:

$$P_{air} = \rho v^2 S \Delta t \quad (10)$$

Λαμβάνοντας υπ' όψιν την σχέση (10), η σχέση (7) γίνεται:

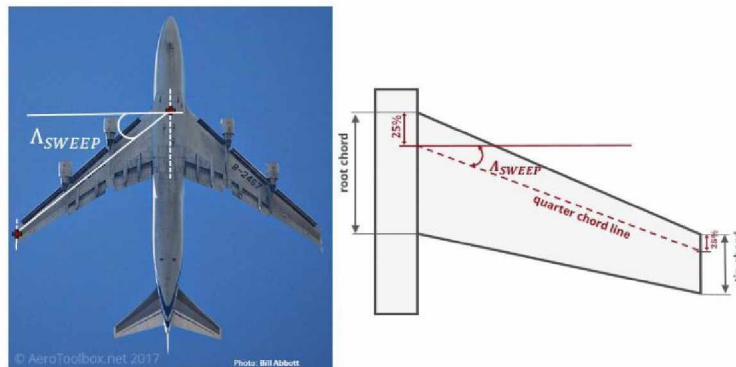
$$F = \frac{C \rho v^2 S \Delta t}{2 \Delta t} = C \frac{\rho v^2}{2} S \quad (11)$$

Έτσι, η σχέση (11) έχει έρθει στην μορφή των εξισώσεων (1), (2), (3).

4.2 Υπολογισμός των συντελεστών των δυνάμεων

Οι συντελεστές της δύναμης ανύψωσης, της οπισθέλκουσας και της ροπής δεν είναι σταθερές, αλλά εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Οι πιο σημαντικοί είναι:

- Η οπισθόκλιση πτέρυγας - γωνία α . Πρόκειται για τη γωνία μεταξύ της ροής του αέρα και της κατεύθυνσης του φτερού.



Εικόνα 17: Η οπισθόκλιση πτέρυγας [58]

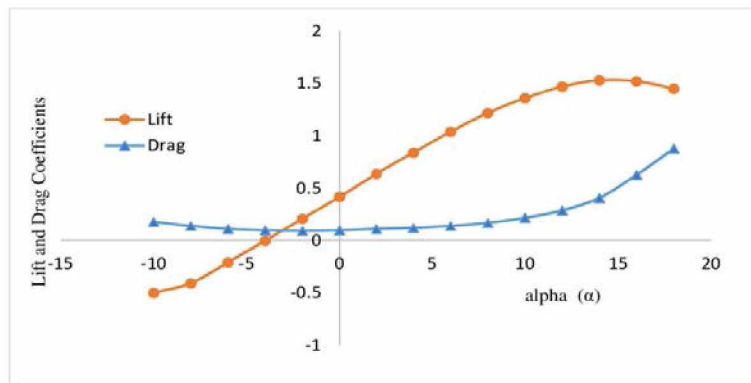
- Ο αριθμός Reynolds – Re . Περιγράφει πόσο τυρβώδης είναι ο αέρας και εξαρτάται από τη πυκνότητα, τη ταχύτητα, τις δυνάμεις ιξώδους του υγρού και το μέγεθος του φτερού. Δηλαδή, ισχύει ότι:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (12)$$

- Ο αριθμός M (αριθμός Mach). Είναι ο λόγος της ταχύτητας του αέρα προς τη ταχύτητα του ήχου, δηλαδή:

$$M = \frac{v}{c} \quad (13)$$

Στη προσομοίωση θα ληφθεί υπ' όψιν μόνο η γωνία α , με πολύ χαμηλά Re και M .



Σχήμα 3: Γραφική συνάρτηση οπισθέλκουσας, δύναμης ανύψωσης με τη γωνία α [59]

Στην γραφική παράσταση του Σχήματος 3 απεικονίζεται η σχέση της δύναμης ανύψωσης και της οπισθέλκουσας με τη γωνία α . Εδώ φαίνεται ότι όσο η γωνία α είναι μικρή, η οπισθέλκουσα και η δύναμη ανύψωσης διατηρούνται σε μικρές τιμές. Προσθέτοντας αεροτομές σε ένα αεροπλάνο, μεγιστοποιείται η δύναμη ανύψωσης και ελαχιστοποιείται η οπισθέλκουσα. Σε μεγάλες γωνίες α , η δύναμη ανύψωσης αυξάνεται, αλλά αυξάνεται και η οπισθέλκουσα.

Σε μια κρίσιμη τιμή της γωνίας α , περίπου γύρω στις 15 μοίρες, συμβαίνει το φαινόμενο της απώλειας στήριξης. Ο τρόπος που ο αέρας ρέει στο φτερό αλλάζει και η δύναμη ανύψωσης μειώνεται. Οι επιφάνειες ελέγχου πτήσης επίσης μειώνονται, με αποτέλεσμα το φτερό να κινείται σα να είναι επίπεδο.

Όμως, στη πραγματικότητα το φτερό δεν είναι επίπεδο και πίσω του έχει το πτερύγιο. Η κίνηση του πτερυγίου αλλάζει τις δυνάμεις όπως υπολογίστηκαν παραπάνω. Προκειμένου η προσομοίωση του μεγέθους και του σχήματος ενός φτερού να είναι ακριβής, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπ' όψιν τα παρακάτω μεγέθη:

- Κλίση της δύναμης ανύψωσης (*liftSlope*), που περιγράφει πόση δύναμη ανύψωσης παράγεται στην επιφάνεια σε χαμηλές γωνίες α .
- Τριβή επιφάνειας (*skinFriction*), που περιγράφει πόση τριβή παράγεται στην επιφάνεια από τον αέρα.

- Μηδενική γωνία προσβολής (*zeroLiftAoA*) είναι η γωνία α για οποία η επιφάνεια παράγει μηδενική δύναμη ανύψωσης.
- Γωνία απώλειας στήριξης (*stallAngle*) είναι η κρίσιμη γωνία α κατά την οποία συμβάνει η απώλεια στήριξης.
- Μέγεθος χορδής (*chord*) είναι το μέγεθος του φτερού.
- Κλάσμα πτερυγίου (*flapFraction*) είναι ο λόγος του εύρους των πτερυγίων προς το εύρος της χορδής.
- Λόγος διαστάσεων (*aspectRatio*) είναι η αναλογία του πλάτους της χορδής προς το εύρος της.

Λαμβάνοντας όλα αυτά υπ' όψιν, τώρα μπορεί να γίνει η μοντελοποίηση ενός αεροπλάνου, υπολογίζοντας στον κώδικα τη δύναμη ανύψωσης, την οπισθέλκουσα και τη ροπή που δρουν στο φτερό κατά τη πτήση, ώστε ο προσομοιωτής να είναι όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικός.^[60]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ ΠΤΗΣΗΣ ΣΕ UNITY

5.1 Γενικά για τη Unity

Η Unity είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης παιχνιδιών για διάφορες πλατφόρμες που αναπτύχθηκε από την Unity Technologies. Κυκλοφόρησε τον Ιούνιο του 2005 στο Παγκόσμιο Συνέδριο προγραμματιστών της Apple σαν μηχανή παιχνιδιών για λογισμικό MacOS X. Σκοπός ήταν να εισάγει στον τομέα της σχεδίασης παιχνιδιών όλους τους προγραμματιστές^[61]. Αργότερα προστέθηκε η υποστήριξη για Microsoft Windows και για προγράμματα περιήγησης Ιστού.^[62] Από τότε, η Unity έχει εξελιχθεί στο να υποστηρίζει πλατφόρμες επιτραπέζιων υπολογιστών, κινητών, κονσόλων και εικονικής πραγματικότητας. Θεωρείται εύκολη στη χρήση και γι' αυτό είναι ιδιαίτερα δημοφιλής για την ανάπτυξη παιχνιδιών για κινητά iOS και Android.^[63]

Η Unity μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη παιχνιδιών σε δισδιάστατο (2D) όσο και σε τρισδιάστατο (3D) περιβάλλον, καθώς και για διαδραστικές προσομοιώσεις και άλλες εμπειρίες.^[64] Σαν κύρια γλώσσα προσφέρεται η C#, με χρήση της Mono. Μεγάλο μέρος του σχεδιασμού ενός παιχνιδιού μπορεί να γίνει με τη λειτουργία drag and drop.^[65] Στο παρελθόν υποστηριζόταν η γλώσσα Boo, το οποίο καταργήθηκε με την κυκλοφορία του Unity 5, και μια εφαρμογή JavaScript που βασίζεται σε Boo που ονομάζεται UnityScript, το οποίο καταργήθηκε τον Αύγουστο του 2017, μετά την κυκλοφορία του Unity 2017.1, για την C#.^[66]

Η πλατφόρμα χρησιμοποιείται και εκτός του κλάδου των βιντεοπαιχνιδιών, στον κινηματογράφο, την αυτοκινητοβιομηχανία, την αρχιτεκτονική, τη μηχανική, τις κατασκευές και τον Αμερικανικό Στρατό.^[67]

Το Unity Hub είναι μια αυτόνομη εφαρμογή, μέσω της οποίας είναι προσβάσιμα όλα τα αρχεία της Unity. Εκεί μπορεί να γίνει λήψη περισσότερων από μια εκδόσεων του

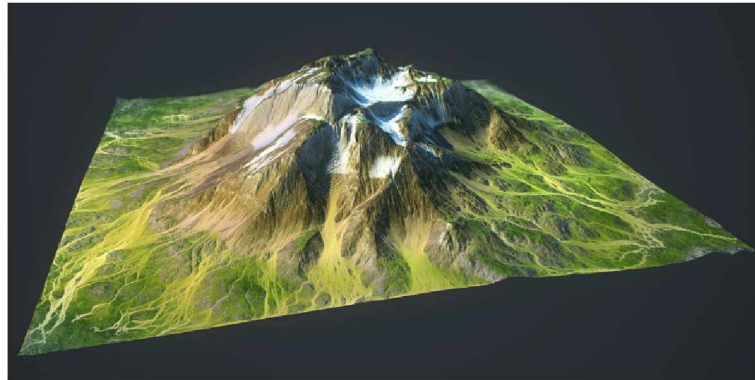
Editor της Unity, αλλά και του Visual Studio, στο οποίο γίνεται η επεξεργασία των scripts που χρησιμοποιούνται στη Unity.

Παρακάτω θα αναλυθεί η λειτουργία του προσομοιωτή μέσα από τις κυριότερες λειτουργίες της πλατφόρμας της Unity. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με κάθε λειτουργία της πλατφόρμας μπορούν να αναζητηθούν στο επίσημο Documentation της Unity.^[68]

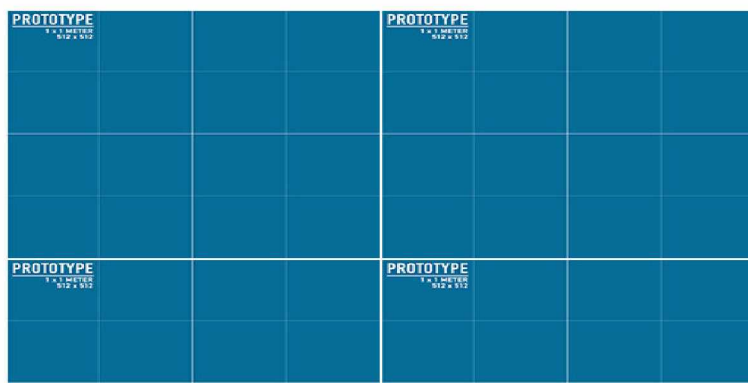
5.2 Στοιχεία του προσομοιωτή

Στοιχείο (asset) είναι η αναπαράσταση οποιουδήποτε αντικειμένου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο παιχνίδι. Ένα στοιχείο μπορεί να προέρχεται από ένα αρχείο που δημιουργήθηκε εκτός του Unity, όπως ένα τρισδιάστατο μοντέλο, ένα αρχείο ήχου, μια εικόνα ή οποιονδήποτε από τους άλλους τύπους αρχείων που υποστηρίζει το Unity. Υπάρχουν επίσης ορισμένοι τύποι στοιχείων που μπορούν να δημιουργηθούν στο Unity, όπως ένας Ελεγκτής Animator, ένας Μείκτης ήχου ή μια υφή απόδοσης.^[69]

Για την δημιουργία των γραφικών του περιβάλλοντος του προσομοιωτή, έγινε λήψη των επιμέρους κομματιών από το Unity Asset Store. Συγκεκριμένα, το σκηνικό του παιχνιδιού αποτελείται από τα βουνά (Εικόνα 18), τον αεροδιάδρομο, που αποτελείται από το πλέγμα (gridbox) (Εικόνα 19), και τον ουρανό – τον ήλιο – τα σύννεφα (Εικόνα 20). Επίσης, στο παιχνίδι υπάρχει το μοντέλο του αεροσκάφους (Εικόνα 21).



Εικόνα 18: Γραφικά βουνών από το Unity Asset Store ^[70]



Εικόνα 19: Γραφικά πλέγματος από το Unity Asset Store [71]

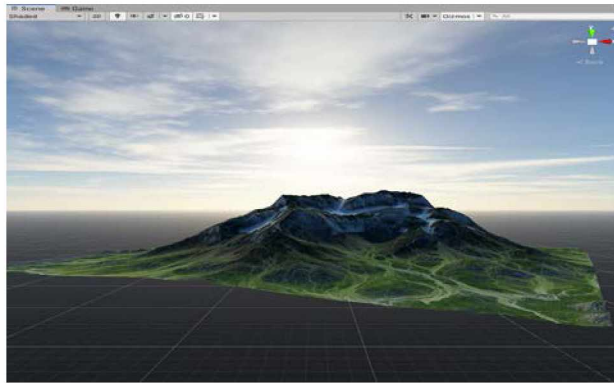


Εικόνα 20: Γραφικά ουρανού-ηλίου-συννέφων από το Unity Asset Store [72]

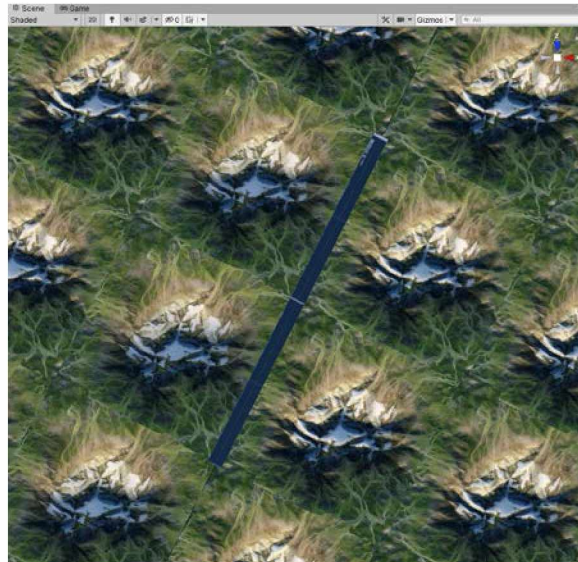


Εικόνα 21: Μοντέλο αεροσκάφους «Super Spitfire» από το Unity Asset Store [73]

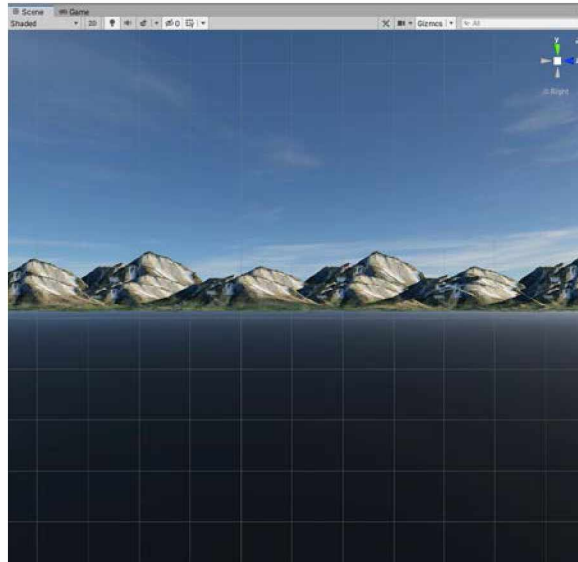
Τα παραπάνω αντικείμενα τοποθετήθηκαν ώστε να δημιουργηθεί το σκηνικό του προσμοιωτή, όπως φαίνεται στις Εικόνες 22, 23, 24, 25.



Εικόνα 22: Τοποθέτηση όλων των γραφικών στο Unity Editor



Εικόνα 23: Τοποθέτηση πολλών γειτονικών βουνών και αεροδιαδρόμου (άξονας γ)



Εικόνα 24: Τα γραφικά του σκηνικού του προσομοιωτή (άξονας x)

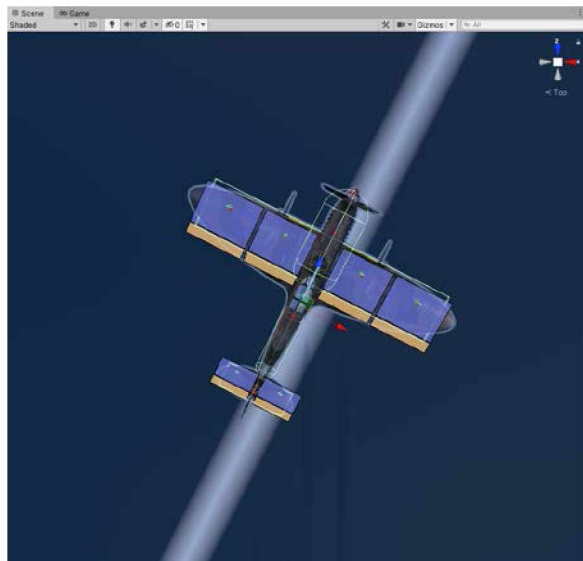


Εικόνα 25: Τοποθέτηση μοντέλου αεροσκάφους στον αεροδιαδρόμο

Πέραν του μοντέλου του αεροπλάνου, στο Aircraft/Aerodynamics βρίσκονται τα επιμέρους κομμάτια του αεροπλάνου, τα οποία είναι αντικείμενα που μέσω της πλατφόρμας και του κώδικα γίνεται η διαχείρισή τους. Αυτά είναι τα:

- Wing_L (αριστερό φτερό)

- Wing_R (δεξί φτερό)
- Tail_H_L (αριστερό κομμάτι οριζόντιας ουράς)
- Tail_H_R (δεξί κομμάτι οριζόντιας ουράς)
- Tail_V (κατακόρυφη ουρά)
- Body_1 (πίσω κομμάτι κορμού)
- Body_2 (εμπρός κομμάτι κορμού).



Εικόνα 26: Τα επιμέρους αντικείμενα του αεροσκάφους

Όλα είναι άδεια αντικείμενα (empty objects). Το μπλε τους κομμάτι είναι στατικό (Control Surfaces) και όλες οι αλλαγές γίνονται στο κίτρινο μέρος. Οι δυνάμεις που υπολογίζονται, εφαρμόζονται στη χορδή, για να έχουν επίδραση απευθείας στο αεροπλάνο.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι στον προσομοιωτή δεν γίνεται χρήση των τροχών της Unity, μιας και δεν βοηθούν στην εφαρμογή φρένων. Αντί αυτών, στο Aircraft/Collision βρίσκονται οι σφαιρικοί επιταχυντές (sphere colliders), ως:

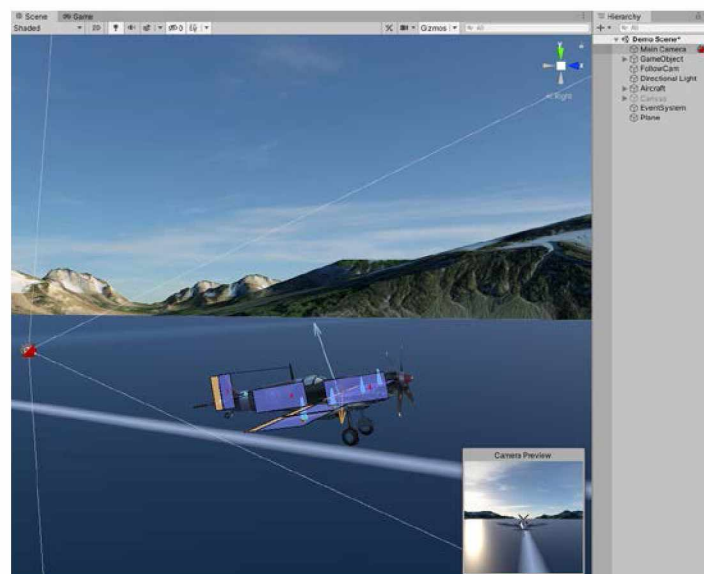
- Gear_L (αριστερός τροχός)
- Gear_R (δεξής τροχός)
- Gear_Back (πίσω τροχός).

5.3 Αντικείμενα παιχνιδιού του προσομοιωτή

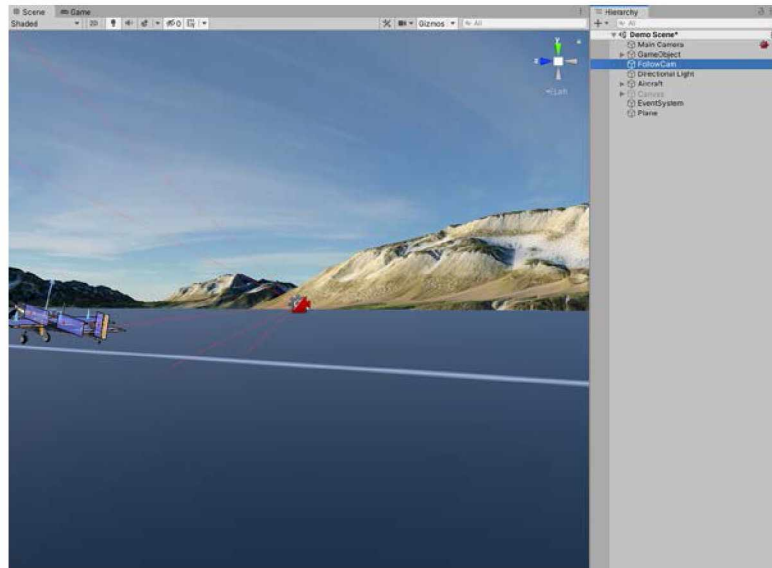
Τα GameObjects είναι τα πιο σημαντικά κομμάτια του Unity Editor. Κάθε αντικείμενο που υπάρχει στο παιχνίδι, είναι ένα GameObject (χαρακτήρες, αντικείμενα περιβάλλοντος, φώτα, κάμερες). Για την μετατροπή ενός στοιχείου (asset) σε GameObject, χρειάζεται πρώτα να δοθούν ορισμένες ιδιότητες. Παρακάτω γίνεται περιγραφή όλων των αντικειμένων παιχνιδιού της σκηνής του προσομοιωτή:^[74]

- Main Camera – Follow Cam:

Μια κάμερα απεικονίζει τον κόσμο στον χρήστη. Η προσαρμογή των καμερών προσαρμόζει και την εμπειρία θέασης. Γίνεται ακόμα να τοποθετηθούν άπειρες κάμερες σε ένα παιχνίδι, με συγκεκριμένη σειρά, σε συγκεκριμένο σημείο της οθόνης.^[75]



Εικόνα 27: Το αντικείμενο Main Camera



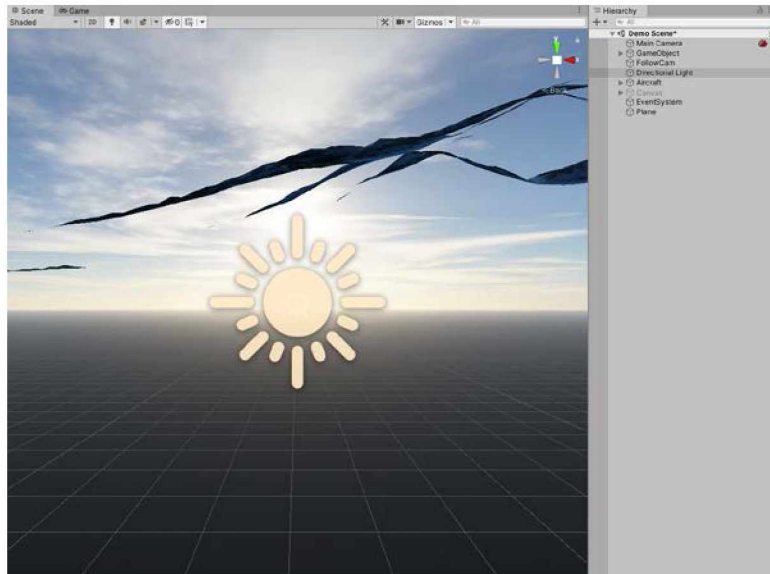
Εικόνα 28: Το αντικείμενο FollowCam

- Game object:

Στον προσομοιωτή, στα game objects είναι τα αντικείμενα του σκηνικού (βουνά, αεροδιάδρομος, ουρανός, σύννεφα, ήλιος), το αεροπλάνο και τα επιμέρους κομμάτια του.

- Directional light:

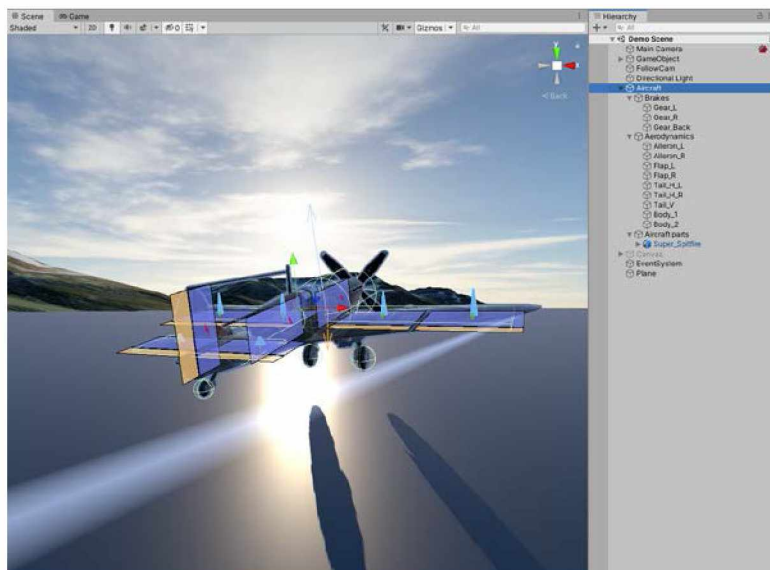
Τα φώτα κατεύθυνσης (Directional Lights) δημιουργούν ρεαλισμό σε ένα παιχνίδι, μιας και λειτουργούν ως πηγές φωτός (χωρίς να υπάρχει ουσιαστικά πηγή), που φωτίζουν όλα τα αντικείμενα του παιχνιδιού, με το φως να είναι πάντα από την ίδια κατεύθυνση. Η απόσταση του φωτός από τα αντικείμενα δεν ορίζεται, άρα το φως δεν μειώνεται. Μπορούν να προσομοιώσουν το φως του ήλιου ή της σελήνης, ή και να προσθέσουν σκίαση, χωρίς να φαίνεται από πού προέρχεται το φως.^[76]



Εικόνα 29: Directional Light στον άξονα z

- Aircraft:

Όπως αναφέρθηκε, άλλο ένα GameObject στον προσομοιωτή είναι το ίδιο αεροπλάνο και τα επιμέρους κομμάτια του. Αποτελείται από το Aircraft (το μοντέλο του αεροσκάφους), το Aircraft parts (φτερά, κορμός, ουρά) και το Brakes (τροχοί-φρένα).



Εικόνα 30: Το αεροπλάνο σαν αντικείμενο με τα επιμέρους κομμάτια του

- Canvas:

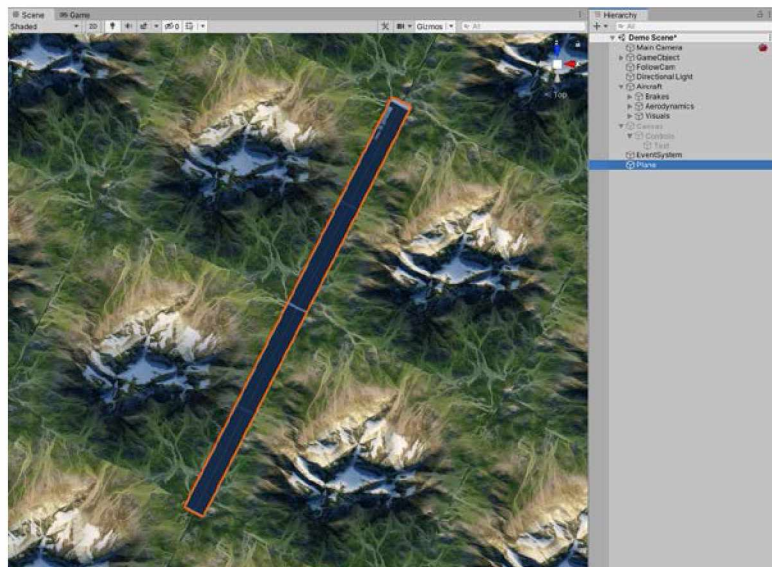
Ο Καμβάς είναι η περιοχή όπου βρίσκονται όλα τα στοιχεία που συμμετέχουν στο παιχνίδι. Ο Καμβάς είναι ένα GameObject με την ιδιότητα `Canvas` πάνω του και όλα τα στοιχεία διεπαφής χρήστη πρέπει να είναι «παιδιά» ενός τέτοιου καμβά.^[77]

- Event system:

Το Σύστημα συμβάντων αποστέλλει συμβάντα σε αντικείμενα της εφαρμογής βάσει εισόδου (πληκτρολόγιο, ποντίκι, κλπ).^[78]

- Plane:

Το τελευταίο GameObject του προσομοιωτή αποτελεί ο αεροδιάδρομος (plane). Στην ουσία πρόκειται για ένα ορθογώνιο αντικείμενο που αποτελείται από το αντικείμενο Gridbox.



Εικόνα 31: Ο αεροδιάδρομος (plane) στον άξονα γ

- Inspector

Στο παράθυρο Inspector μπορεί να γίνει η επεξεργασία των ρυθμίσεων για κάθε στοιχείο του Unity Editor, όπως τα GameObjects. Αυτό μπορεί να γίνει χειροκίνητα (με εκχώρηση σταθερών τιμών στα μεγέθη) ή με τη σύνδεση των αντικειμένων με scripts.

5.4 Ο κώδικας του προσομοιωτή

Στον προσομοιωτή υπολογίζονται οι δυνάμεις που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, που δρουν σε κάθε κομμάτι του αεροπλάνου. Αυτό γίνεται μέσω τριών scripts, το `AirplaneController`, το `AeroSurface` και το `AircraftPhysics`. Προκειμένου να υλοποιηθούν τα scripts όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά στη προσομοίωση, στα αντικείμενα προστίθεται το στοιχείο `Rigidbody`.

- `Rigidbody`

Το `Rigidbody` είναι ένα στοιχείο ελέγχου της θέσης ενός αντικείμενου μέσω της προσομοίωσης φυσικής. Βοηθά στην εφαρμογή δυνάμεων στο αντικείμενο, ώστε η προσομοίωση να είναι ρεαλιστική.

Προσθέτοντας ένα στοιχείο `Rigidbody` σε ένα αντικείμενο, ο έλεγχος της κίνησής του γίνεται με τη βοήθεια του `Unity Physics`. Ακόμα και χωρίς κάποιο script, ένα αντικείμενο με `Rigidbody` θα δέχεται τις δυνάμεις της βαρύτητας και θα αντιδρά σε συγκρούσεις με άλλα αντικείμενα.

Στα scripts, η συνάρτηση `FixedUpdate` είναι χρήσιμη για την εφαρμογή των δυνάμεων και την τροποποίηση του `Rigidbody`. Η `FixedUpdate` καλείται αμέσως πριν από τις αλλαγές των φυσικών μεγεθών, οπότε κάθε αλλαγή ενημερώνεται άμεσα.^[79]

- `AeroSurface.cs`

Στο `AeroSurface` υπολογίζονται οι δυνάμεις για κάθε επιφάνεια. Αυτό γίνεται για κάθε κομμάτι του αεροπλάνου (φτερά, ουρά, πηδάλιο). Αποτελείται από τις συναρτήσεις:

- `setFlapAngle`: Υπολογίζονται οι αλλαγές στα μεγέθη που δρουν στα κομμάτια του αεροπλάνου.

- `CalculateForces`: Υπολογίζονται οι δυνάμεις, όπως αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η συνάρτηση επιστρέφει την μεταβλητή `forceAndTorque`, δηλαδή τη ροπή που δρα στα κομμάτια.
- `CalculateCoefficients`: Κυρίως υπολογίζει τις δυνάμεις ανύψωσης και την οπισθέλκουσα.

- `Aircraft Physics.cs`

Εδώ εφαρμόζονται οι δυνάμεις και η ώθηση στο `Rigidbody`, υπολογίζεται η συνολική δύναμη και η ροπή που ασκείται σε ένα αεροπλάνο ως άθροισμα δυνάμεων σε όλα του τα μέρη (μέσω της λίστας `aerodynamicSurfaces`). Αποτελείται από:

- `Aerodynamic Surfaces`: Είναι και τα 7 κομμάτια του αεροπλάνου, αλλά και τα `Control Surfaces` που είναι 5 αντί για 7, δηλαδή όσα κομμάτια δεν έχουν πτερύγια (δηλαδή τα 2 κομμάτια του κορμού).
- `setThrust`: Προσθέτει την δύναμη ώθησης στο `RigidBody` για τη κίνηση του αεροπλάνου.
- `SetControlSurfacesAngles`: Εδώ αναπτύσσεται ο κώδικας για τον έλεγχο των `Control Surfaces` και των βασικών περιστροφικών κινήσεων του αεροπλάνου.
- `CalculateAerodynamicForces`: Υπολογίζει συνολικά όλες τις δυνάμεις. Αυτό που έχει ως έξοδο χρειάζεται για είσοδο στο `RigidBody`.
- `Brake`: Μέσω του κώδικα, είναι δυνατόν να επιλεγεί η αύξηση της τριβής με το πάτημα συγκεκριμένου κουμπιού. Σε αυτή τη συνάρτηση, αν η μεταβλητή `isBraking` είναι αληθής, (πάτημα φρένου), τότε η τριβή παίρνει τιμή 0,2, ενώ αν είναι ψευδής, τότε παίρνει τιμή 0. Κάτι που

εφαρμόζεται στους τροχούς. Αυτή η συνάρτηση καλείται αργότερα στο `AirplaneController.cs`, με τον τρόπο που αντιστοιχήσαμε την ώθηση και την μείωση της με τα πλήκτρα `space` και `shift` αντίστοιχα. Έτσι, αντιστοιχίζουμε το πάτημα του κουμπιού `B` με το πάτημα των φρένων.

- `AircraftController.cs`

Αλληλεπιδρά με τα παραπάνω `scripts` για την εφαρμογή εισόδων ελέγχου στο αεροπλάνο. Τα `scripts` `AircraftPhysics` και `AeroSurface` είναι τα βασικά μέρη του συστήματος και δεν χρειάζεται να αλλάζουν τις περισσότερες φορές. Οπότε, οι αλλαγές γίνονται εδώ.

Για τον έλεγχο της ώθησης που δίνει ο παίκτης της προσομοίωσης, ορίζονται οι μεταβλητές `rollControlSensitivity`, `pitchControlSensitivity` και `yawControlSensitivity`, `flapControlSensitivity`, που δίνουν τον έλεγχο στον χρήστη να κάνει τις λειτουργίες `roll`, `pitch`, `yaw`, `flap`, αντίστοιχα. Έχουν τη `default` τιμή `0,2`.

- `Update`: Εδώ ρυθμίζεται η ώθηση που δίνει ο χρήστης στο αεροπλάνο.
- `setThrust`: Εδώ δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να ελέγχει την ώθηση πατώντας το `space`. Αντίστοιχα, για να μπορεί να μειώσει την ώθηση, ώστε να προσγειώσει το αεροπλάνο, υλοποιείται η αντίστροφη συνάρτηση της `SetThrust` και αυτό γίνεται πατώντας το `shift`. Έτσι, κάθε φορά που ο χρήστης πατάει το `shift`, η μεταβλητή `thrustControlSensitivity` πολλαπλασιάζεται με `-1`, άρα αντιστρέφεται και το αεροπλάνο επιβραδύνει. Πολλαπλασιάζοντας το `flapControlSensitivity` με `-1`, τα πτερύγια κατεβαίνουν και το αεροπλάνο επιβραδύνει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ - ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Όπως όλες οι εφαρμογές υπολογιστών, η μοντελοποίηση και η προσομοίωση επεκτείνονται ως αποτέλεσμα των βελτιώσεων στις τεχνολογίες υλικού και λογισμικού υπολογιστών. Υπήρξε μια εποχή που η προσομοίωση γινόταν εξ' ολοκλήρου από εξειδικευμένο προσωπικό χρησιμοποιώντας ακριβά, ειδικά συστήματα υπολογιστών. Όμως, σήμερα μπορούν να πραγματοποιηθούν σημαντικές προσομοιώσεις σε προσωπικούς υπολογιστές από ειδικούς σε συγκεκριμένο τομέα, χωρίς να απαιτείται προσωπικό ειδικών προσομοίωσης.

Καθώς ο κόσμος εξελίσσεται σε μια κοινωνία της πληροφορίας, όλο και περισσότερες επιχειρηματικές, ψυχαγωγικές και κυβερνητικές δραστηριότητες θα ορίζονται με τη μορφή ψηφιακών δεδομένων που μπορούν να οργανωθούν, να αναλυθούν και να προβλεφθούν χρησιμοποιώντας προσομοίωση. Αυτή η δύναμη θα οδηγήσει στην ευρεία υιοθέτηση της προσομοίωσης από όλες τις μορφές επιχειρήσεων και κυβέρνησης.

Ο Τρισδιάστατος Προσομοιωτής Πτήσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί μια ρεαλιστική προσέγγιση ενός συστήματος πτήσης, λειτουργεί με βάση τους νόμους της φυσικής σε ένα περιβάλλον φιλικό για τον χρήστη.

Ο κώδικας του Τρισδιάστατου Προσομοιωτή βρίσκεται στον υπερσύνδεσμο:
<https://github.com/k-antonis/thesis>

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] https://dangerousminds.net/comments/growing_up_in_arcades_1979_1989
- [2] <https://www.lifewire.com/oxo-aka-noughts-and-crosses-729624>
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Tennis_for_Two
- [4] <https://www.thoughtco.com/history-of-spacewar-1992412>
- [5] <https://sites.google.com/site/comphist101/atari-2600>
- [6] <https://www.retromobe.com/2020/04/nintendo-game-watch-1980.html>
- [7] <https://hiscoga.wordpress.com/playstation-1994-2005/>
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Apple_III
- [9] <https://www.xda-developers.com/best-android-games/>
- [10] Djaouti, Damien; Alvarez, Julian; Jessel, Jean-Pierre: "Classifying Serious Games: the G/P/S model"
- [11] cs.gmu.edu: "Serious Games"
- [12] Kapp, Karl: "The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education" (2012)
- [13] Huang, Wendy Hsin-Yuan; Soman, Dilip: "A Practitioner's Guide To Gamification Of Education" (Report). Research Report Series Behavioural Economics in Action - Rotman School of Management, University of Toronto (2013)

- [14] Deterding, Sebastian; Dixon, Dan; Khaled, Rilla; Nacke, Lennart: "From game design elements to gamefulness: defining 'gamification'". 15th International MindTrek Conference. New York: ACM. pp. 9–15. (2011)
- [15] Kapp, Karl: "The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education". San Francisco: Pfeiffer. (2012)
- [16] Lugmayr, Artur; Suhonen, Jarkko; Hlavacs, Helmut; Montero, Calkin; Suutinen, Erkki; Sedano, Carolina: "Serious storytelling – a first definition and review". Multimedia Tools and Applications. (2016)
- [17] Borys, Magdalena; Laskowski, Maciej: "Implementing game elements into didactic process: A case study". Management, Knowledge and Learning International Conference. Zadar, Croatia. pp. 819–824 (2013)
- [18] https://en.wikipedia.org/wiki/File:Gamification_Taxonomy.png
- [19] Toda, Armando; Klock, Ana; Oliveira, Wilk; Palomino, Paula; Rodrigues, Luiz; Shi, Lei; Bittencourt, Ig; Gasparini, Isabela; Isotani, Seiji; Critea, Alexandra: "Analysing gamification elements in educational environments using an existing Gamification taxonomy". Smart Learning Environments (2019)
- [20] Werbach, Kevin; Hunter, Dan: For the Win: "How Game Thinking Can Revolutionize Your Business". Philadelphia, PA: Wharton Digital Press (2012)
- [21] Reisner, Edward: "Nationalism and Education since 1789: A Social and Political History of Modern Education". Macmillan (1922)
- [22] Rice, J. W.: "Assessing higher order thinking in video games". Journal of Technology and Teacher Education (2007)
- [23] Dr. Carole G. Hankin and Randi T. Sachs: "Education Update; Back To Basics;" (2002)
- [24] Djaouti, Damien; Alvarez, Julian; Jessel, Jean-Pierre; Rampnoux, Olivier: "Origins of serious games". Serious Games and Edutainment Applications (2011)
- [25] US patent 2984017, Gordon Pask: "APPARATUS FOR ASSISTING AN OPERATOR IN PERFORMING A SKILL" (2016)
- [26] Andrew Pickering: The Cybernetic Brain: Sketches of Another Future. University of Chicago Press (2010)
- [27] Katsaliaki, Korina; Mustafee, Navonil: "A survey of serious games on sustainable development" (2012)
- [28] Zyda, Michael: "From visual simulation to virtual reality to games". (2005)

- [29] https://en.wikipedia.org/wiki/Second_Life
- [30] Kirk, Terry; Harris, Christopher: "It's all fun and games in the library" (2011)
- [31] Rughiniş, Răzvan: "Gamification for productive interaction: Reading and working with the gamification debate in education". Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Information Systems and Technologies (Cisti), Iberian Conference on. Lisboa (2013)
- [32] Werbach, Kevin; Hunter, Dan: "For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. Philadelphia" PA: Wharton Digital Press (2012)
- [33] Campbell, Heather: Towards a Holistic Risk Model For Safeguarding the Pharmaceutical Supply Chain: Capturing the Human-Induced Risk to Drug Quality (PhD dissertation). University of Kentucky (2021)
- [34] "The Seriousness of Life"
- [35] Moro, Christian; Phelps, Charlotte; Stromberga, Zane: "Utilizing serious games for physiology and anatomy learning and revision" (2014)
- [36] Holmes, Tiffany: "Arcade Classics Spawn Art? Current Trends in the Art Game Genre" (2020)
- [37] Ryan, Richard M.; Deci, Edward L.: "Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being". American Psychologist (2000)
- [38] Pavlus, John: "The Game of Life". Scientific American (2010)
- [39] Lee, J.; Hammer, J.: "Gamification in education: What, how, why bother?". Academic Exchange Quarterly (2011)
- [40] Csikszentmihalyi, Mihaly: "Finding Flow: The psychology of engagement with everyday life" (1997)
- [41] Marczewski, Andrej: "Gameification: A Simple Introduction and a Bit More". Self-published on Amazon Digital Services (2013)
- [42] Kirk, Terry; Harris, Christopher: "It's all fun and games in the library" (2011)
- [43] Domínguez, Adrián; Saenz-de-Navarrete, Joseba; de-Marcos, Luis; Fernández-Sanz, Luis; Pagés, Carmen; Martínez-Herráiz, José-Javier: "Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes" (2013)

- [44] Law, A. and Kelton W.: "Simulation Modeling and Analysis". New York: McGraw Hill (1991)
- [45] Lee, Alfred T.: "Flight Simulation: Virtual Environments In Aviation" Aldershot, Hampshire UK: Ashgate Publishing (2005)
- [46] Schriber, T.: "An Introduction to Simulation Using GPSS/H" New York: John Wiley (1991)
- [47] Cassandras, C.: "Discrete Event Systems". Boston: Aksen Associates (1993)
- [48] <https://www.filfre.net/2021/01/the-dream-of-flight/sanders/>
- [49] <https://www.britannica.com/technology/Link-Trainer>
- [50] <https://airandspace.si.edu/multimedia-gallery/wave-6jpg>
- [51] Williams, Bruce: "Microsoft Flight Simulator as a Training Aid: A Guide for Pilots, Instructors, and Virtual Aviators" (2007)
- [52] [https://www.theguardian.com/technology/2001/sep/13/games.terrorismandth
emedia](https://www.theguardian.com/technology/2001/sep/13/games.terrorismandth
emedia)
- [53] Roger D. Smith: Simulation Article (1998)
- [54] [https://en.wikipedia.org/wiki/Flight_simulator#/media/File:980310-N-7355H-
003_Simulator_Training.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Flight_simulator#/media/File:980310-N-7355H-
003_Simulator_Training.jpg)
- [55] [https://www.gamespot.com/reviews/microsoft-flight-simulator-review-head-in-
the-xbox-clouds/1900-6417537/](https://www.gamespot.com/reviews/microsoft-flight-simulator-review-head-in-
the-xbox-clouds/1900-6417537/)
- [56] https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Flight_simulator

- [57] <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/forces.html>
- [58] <https://aerotoobox.com/intro-sweep-angle/>
- [59] https://www.researchgate.net/figure/Graph-of-lift-and-drag-coefficient-versus-angle-of-attack-at-Re-6-x-10-6_fig3_317430315
- [60] W. Khan and M. Nahon: "Real-time modeling of agile fixed-wing UAV aerodynamics" (2015)
- [61] Axon, Samuel: "Unity at 10: For better—or worse—game development has never been easier" (2016)
- [62] Brodtkin, Jon: "How Unity3D Became a Game-Development Beast" (2013)
- [63] Dealessandri, Marie: "What is the best game engine: is Unity right for you?" (2020)
- [64] Axon, Samuel: "Unity at 10: For better—or worse—game development has never been easier" (2016)
- [65] unity3d.com: "UNITY: Unity Whitepaper".
- [66] Fine, Richard: "UnityScript's long ride off into the sunset" (2017)
- [67] Unity: "Government & Aerospace"
- [68] <https://docs.unity.com/>
- [69] <https://docs.unity3d.com/560/Documentation/Manual/AssetWorkflow.html>
- [70] <https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/landscapes/free-background-mountain-157924#content>
- [71] <https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/gridbox-prototype-materials-129127>

- [72] <https://assetstore.unity.com/packages/2d/textures-materials/sky/wispy-skybox-21737>

- [73] <https://assetstore.unity.com/packages/3d/vehicles/air/super-spitfire-53217>

- [74] <https://docs.unity3d.com/Manual/ GameObjects.html>

- [75] <https://docs.unity3d.com/Manual/class-Camera.html>

- [76] <https://docs.unity3d.com/Manual/Lighting.html>

- [77] <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.ugui@1.0/manual/UITCanvas.html>

- [78] <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.ugui@1.0/manual/EventSystem.html>

- [79] <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Rigidbody.html>