



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**Σχολή Τεχνολογίας**

**Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων**

# **Φωνητική Διεπαφή Καταχώρισης Βαθμολογιών**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Καρκάλας Ιωάννης, 3120052**

**Επιβλέπων: Κόκκορας Φώτιος, Επίκουρος Καθηγητής**

**ΛΑΡΙΣΑ, Ιούνιος 2025**





**UNIVERSITY OF THESSALY**  
**School of Technology**  
**Digital Systems Department**

# **Voice-based grading Interface**

**BACHELOR THESIS**

**Karkalas Ioannis, 3120052**

***Supervisor: Kokkoras Fotios, Assistant Professor***

**LARISSA, June 2025**



## **Υπεύθυνη Δήλωση περί Ακαδημαϊκής Δεοντολογίας και Πνευματικών Δικαιωμάτων**

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει 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

(Υ-

πογραφή)

Καρκάλας Ιωάννης

27/6/2025

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπων/πουσα

**Κόκκορας Φώτιος**

Επίκουρος Καθηγητής,

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Μέλος

Ημερομηνία έγκρισης: dd-mm-yyyy

# Περίληψη

Η εργασία αναπτύσσει ένα δια-πλατφορμικό εργαλείο βαθμολόγησης που συνδυάζει αναγνώριση ομιλίας εκτός σύνδεσης με άμεση επεξεργασία αρχείων Excel, επιδιώκοντας να μειώσει χρόνο της χειροκίνητης καταχώρισης βαθμών. Ακολουθήθηκε modular μεθοδολογία: ανάλυση απαιτήσεων, σχεδίαση σε επιμέρους ροές, υλοποίηση σε Unity με δυναμικό grid κελιών, ενσωμάτωση βιβλιοθηκών Excel και φωνητικού μοντέλου Whisper, καθώς και ολοκλήρωση διάλογου επιλογής αρχείων για ενιαία λειτουργία σε Windows και Linux.



# Abstract

This thesis presents a cross-platform grading tool that merges offline speech recognition with direct Excel file manipulation, aiming to shorten the time required for manual grade entry. A modular methodology was adopted—requirements analysis, decomposition into separate workflows, implementation in Unity with a dynamic cell grid, and integration of Excel libraries and the Whisper speech model—culminating in a unified file-selection dialog that enables seamless operation on Windows και Linux.



# Ευχαριστίες

Εκφράζω τις θερμές ευχαριστίες μου στον καθηγητή κ. Φώτιο Κόκκορα για την πολύτιμη καθοδήγηση και την αμέριστη υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας. Χωρίς τη δική του εμπειρία, υπομονή και ενθάρρυνση, η ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας δεν θα ήταν δυνατή.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας για τις ακαδημαϊκές και υλικοτεχνικές υποδομές που μου παρείχε, καθώς και για το γόνιμο εκπαιδευτικό περιβάλλον που συνέβαλε ουσιαστικά στην ανάπτυξη των γνώσεών μου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην οικογένειά μου για την αδιάκοπη υποστήριξή τους, την κατανόηση και την αγάπη τους. Η παρουσία και η εμπιστοσύνη τους αποτέλεσαν πηγή δύναμης και έμπνευσης σε κάθε στάδιο της προσπάθειάς μου. Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά όλους τους αγαπημένους μου φίλους για την ενθάρρυνση, το χιούμορ και τη συντροφιά τους, που έκαναν αυτή τη διαδρομή πιο ευχάριστη και δημιουργική.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον συμφοιτητή και συνάδελφό μου Παναγιώτη Τσομπανόγλου για την πολύτιμη βοήθεια και την σημαντική συμβολή του στην ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, καθώς και για την αδιάκοπη υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου.

Καρκάλας Ιωάννης

Ιούνιος 2025



# Περιεχόμενα

|                                                                 |          |
|-----------------------------------------------------------------|----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....                                                  | VII      |
| ABSTRACT .....                                                  | IX       |
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....                                                | XI       |
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....                                                | XIII     |
| <b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>                                         | <b>1</b> |
| <b>2 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΈΡΕΥΝΑΣ.3</b> | <b>3</b> |
| 2.1 ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΟΙΤΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ..... | 3        |
| 2.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΝΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ .....     | 4        |
| 2.2.1 Google Cloud Speech-to-Text ASR .....                     | 4        |
| 2.2.2 OpenAI Whisper .....                                      | 4        |
| 2.2.3 Kaldi ASR .....                                           | 4        |
| 2.2.4 Συμπεράσματα .....                                        | 4        |
| 2.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΚΑΙ ΆΜΕΣΗ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ EXCEL.....         | 5        |
| 2.3.1 Unity ως Περιβάλλον διεπαφής.....                         | 5        |
| 2.3.2 Λογισμικά ενσωμάτωσης Excel.....                          | 5        |
| <b>3 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΑ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....</b>            | <b>7</b> |
| 3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ.....                                    | 7        |
| 3.1.1 Unity .....                                               | 7        |
| 3.1.2 Whisper.cpp .....                                         | 7        |
| 3.1.3 ExcelDataReader .....                                     | 8        |
| 3.1.4 NPOI.....                                                 | 8        |
| 3.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ .....           | 8        |
| 3.2.1 Λειτουργικές απαιτήσεις .....                             | 8        |
| 3.2.2 Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις .....                          | 9        |
| 3.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....                                | 9        |
| 3.3.1 ExcelLoader .....                                         | 9        |
| 3.3.2 SpeechToTextManager.....                                  | 9        |

|          |                                                                |           |
|----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3.3    | <i>ColumnSettingsUIManager</i> .....                           | 10        |
| 3.3.4    | <i>AutoSaveController</i> .....                                | 10        |
| 3.3.5    | <i>LanguageToggle</i> και <i>ToggleFlag</i> .....              | 10        |
| 3.4      | ΒΑΣΙΚΗ ΡΟΗ ΧΡΗΣΤΗ .....                                        | 10        |
| <b>4</b> | <b>ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΩΝΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ (WHISPER)..</b> | <b>13</b> |
| 4.1      | ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗΣ & ΕΝΑΛΛΑΓΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ .....            | 13        |
| 4.2      | ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΉΧΟΥ ΜΕ OPENAI WHISPER .....                       | 14        |
| 4.3      | REGULAR EXPRESSION PATTERNS.....                               | 14        |
| 4.4      | ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΑΓΡΑΦΗΣ & ΕΞΑΓΩΓΗ ΚΕΙΜΕΝΟΥ.....                     | 15        |
| 4.4.1    | Αναγνώριση φοιτητή.....                                        | 15        |
| 4.4.2    | Αναγνώριση βαθμού.....                                         | 15        |
| 4.5      | ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ & ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ .....              | 16        |
| 4.5.1    | Διαχείριση Σφαλμάτων.....                                      | 16        |
| 4.5.2    | Παράγοντες Ακρίβειας.....                                      | 16        |
| 4.6      | ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΜΟΙΟΤΗΤΑΣ.....                        | 16        |
| 4.6.1    | Απόσταση Levenshtein.....                                      | 16        |
| 4.6.2    | Approximate String Matching.....                               | 17        |
| 4.6.3    | Υλοποίηση .....                                                | 18        |
| <b>5</b> | <b>ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΟ UNITY .....</b>                  | <b>21</b> |
| 5.1      | ΡΥΘΜΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ .....                          | 21        |
| 5.1.1    | Επιλογή <i>Unity Editor</i> & <i>Package Setup</i> .....       | 21        |
| 5.1.2    | Δόμηση Δέντρου Διευθύνσεων.....                                | 21        |
| 5.1.3    | Versioning με <i>Git</i> .....                                 | 21        |
| 5.2      | ΣΚΕΛΕΤΟΣ ΣΚΗΝΗΣ (UNITY SCENE) .....                            | 22        |
| <b>6</b> | <b>ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ .....</b>                                 | <b>27</b> |
| 6.1      | ΟΔΗΓΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....                                      | 27        |
| 6.2      | ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ (SETTINGS) .....                           | 27        |
| 6.2.1    | Εναλλαγή γλώσσας .....                                         | 28        |
| 6.2.2    | <i>Auto Save</i> .....                                         | 29        |
| 6.2.3    | Παραμετροποίηση στηλών .....                                   | 29        |
| 6.2.4    | Επιλογή μοντέλου <i>Whisper</i> .....                          | 29        |
| 6.3      | ΔΙΑΤΑΞΗ ΟΘΟΝΗΣ (UI LAYOUT) .....                               | 29        |

|          |                                                                |           |
|----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.4      | ΟΔΗΓΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (HOW TO USE).....                           | 30        |
| 6.4.1    | Άνοιγμα αρχείου Excel .....                                    | 30        |
| 6.4.2    | Εύρεση Φοιτητή με Φωνητική Εισαγωγή.....                       | 31        |
| 6.4.3    | Επιλογή Φοιτητή.....                                           | 31        |
| 6.4.4    | Καταχώριση Βαθμού.....                                         | 31        |
| 6.4.5    | Χειροκίνητη Επεξεργασία και Undo.....                          | 32        |
| 6.4.6    | Αποθήκευση τροποποιήσεων.....                                  | 32        |
| <b>7</b> | <b>ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ, ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .</b> | <b>33</b> |
| 7.1      | ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΤΟΧΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΤΕΥΓΜΑΤΩΝ.....                        | 33        |
| 7.2      | ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ .....                                               | 33        |
| 7.3      | ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ .....                                 | 34        |
| 7.4      | ΤΕΛΙΚΕΣ ΣΚΕΨΕΙΣ .....                                          | 35        |
|          | <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>                                      | <b>37</b> |



# 1 Εισαγωγή

Η ψηφιοποίηση των ακαδημαϊκών διαδικασιών έχει επιταχυνθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια· ωστόσο, η καταχώριση και διαχείριση βαθμολογιών παραμένει κατά κύριο λόγο μη αυτοματοποιημένη. Οι διδάσκοντες εισάγουν τους βαθμούς μέσω συμβατικών web forms ή υποβάλλουν αρχεία CSV/Excel στο πληροφοριακό σύστημα του ιδρύματος, διαδικασία που είναι επιρρεπής σε σφάλματα, χρονοβόρα και συχνά επαναλαμβανόμενη. Η απουσία εργαλείων φωνητικής εισαγωγής, ειδικά για γλώσσες πέραν της αγγλικής, υπονομεύει την αποδοτικότητα και περιορίζει την προσβασιμότητα για εκπαιδευτικούς με κινητικές δυσκολίες.

Η παρούσα εργασία προτείνει μια ενοποιημένη λύση που

- επιτρέπει offline φωνητική καταχώριση βαθμών στα ελληνικά και αγγλικά,
- προσφέρει δυναμική επεξεργασία Excel in-app,
- ενσωματώνει λειτουργίες Undo/Auto-Save για ελαχιστοποίηση λαθών,
- υποστηρίζει διπλό γλωσσικό περιβάλλον (EN/GR) με άμεση εναλλαγή.

Το σύστημα στοχεύει σε εκπαιδευτικά ιδρύματα πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, συμπεριλαμβανομένων προγραμμάτων εξ αποστάσεως αξιολόγησης (e-learning). Η δυνατότητα εκτέλεσης χωρίς σύνδεση στο διαδίκτυο καθιστά το εργαλείο κατάλληλο για αίθουσες χωρίς μόνιμη πρόσβαση, ενώ το cross-platform build (Windows, Linux) επιτρέπει εύκολη διάθεση σε ποικίλα περιβάλλοντα.

Διαπιστώσαμε ότι η μη αυτοματοποιημένη καταχώριση βαθμών είναι μια ιδιαίτερα μονότονη και χρονοβόρα διαδικασία, απορροφώντας σημαντικό τμήμα του διαθέσιμου χρόνου. Παράλληλα, η έλλειψη ελληνόφωνων φωνητικών λύσεων ενέπνευσε την ενσωμάτωση του μοντέλου OpenAI Whisper ως open-source πολυγλωσσική μηχανή αναγνώρισης ομιλίας. Στόχος μας είναι να μειώσουμε τον διοικητικό φόρτο και να επιδείξουμε τη βιωσιμότητα συνδυασμού game-engine (Unity) με εργαλεία παραγωγικότητας (Excel).

## **Δομή της εργασίας:**

- Κεφ. 2: Εξετάζει τα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης δεδομένων, τις τεχνολογίες ASR και τη σχετική βιβλιογραφία.

- Κεφ. 3: Περιγράφει τις μεθοδολογικές επιλογές σχεδίασης.
- Κεφ. 4: Αναλύει τα αλγοριθμικά εργαλεία φωνητικής αναγνώρισης (Whisper, NPOI, Levenshtein matching).
- Κεφ. 5: Παρουσιάζει αναλυτικά την υλοποίηση στο Unity, από το πρωτότυπο UI έως την τελική εφαρμογή.
- Κεφ. 6: Βήμα-βήμα οδηγός για εγκατάσταση, φόρτωση Excel, καταχώριση βαθμών με φωνή και ρυθμίσεις.
- Κεφ. 7: Συνοψίζει τα συμπεράσματα και προτείνει μελλοντικές επεκτάσεις.

## 2 Ανασκόπηση Υπάρχοντων Εργαλείων και Σχετικής Έρευνας

Η ταχεία μετατόπιση της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης προς υβριδικές και πλήρως ψηφιακές μορφές διδασκαλίας έχει αναδείξει δύο παράλληλες αλλά αλληλένδετες ανάγκες:

- Απρόσκοπτη διαχείριση φοιτητικών δεδομένων (βαθμολογίες, παρουσίες, ανατροφοδότηση) με ελάχιστο διοικητικό φόρτο για το διδακτικό προσωπικό.
- Φιλικές διεπαφές εισαγωγής/οπτικοποίησης που αξιοποιούν σύγχρονες τεχνολογίες (π.χ. φωνητική αλληλεπίδραση, real-time dashboards) και λειτουργούν αξιόπιστα σε ετερογενείς συσκευές.

Το παρόν κεφάλαιο χαρτογραφεί το ερευνητικό και τεχνολογικό τοπίο που πλαισιώνει αυτές τις ανάγκες, ώστε να καταδειχθούν τόσο οι διαθέσιμες επιλογές όσο και τα κενά που δικαιολογούν την προτεινόμενη λύση της πτυχιακής.

Τα ευρήματα των τριών ενοτήτων συνδυάζονται ώστε να χτίσουν το επιχείρημα ότι ένας ενοποιημένος χώρος εργασίας – όπου ο χρήστης μπορεί να υπαγορεύει βαθμούς, να τους επεξεργάζεται σε πραγματικό χρόνο και να τους οπτικοποιεί μέσα στο ίδιο περιβάλλον – όχι μόνο είναι τεχνικά εφικτός αλλά και απαντά σε σαφώς τεκμηριωμένα προβλήματα της σύγχρονης εκπαιδευτικής πρακτικής. Έτσι, το Κεφάλαιο 2 λειτουργεί ως θεωρητική γέφυρα που συνδέει τις ανάγκες πεδίου με τις τεχνολογικές επιλογές που παρουσιάζονται και δικαιολογούνται αναλυτικά στα παρακάτω κεφάλαια.

### 2.1 Υπάρχουσα Τεχνολογία Διαχείρισης Φοιτητικών Δεδομένων

Παρά τις προσπάθειες ψηφιοποίησης, τα περισσότερα Student Information Systems (SIS) βασίζονται ακόμη σε φόρμες πληκτρολόγησης και χειροκίνητη εξαγωγή CSV/Excel. Το Teacher Workload Research Report 2024 κατέγραψε ότι οι εκπαιδευτικοί αφιερώνουν ~10 ώρες/εβδομάδα (28 % του ωραρίου) σε «data recording, input & analysis» και «writing reports» [1], υποδεικνύοντας την ανάγκη για εργαλεία που μειώνουν τον διοικητικό φόρτο.

## 2.2 Τεχνολογίες Φωνητικής Αναγνώρισης στην Εκπαίδευση

### 2.2.1 Google Cloud Speech-to-Text ASR

Το Google Cloud Speech-to-Text είναι μια cloud-based υπηρεσία φωνητικής αναγνώρισης (SaaS) που υποστηρίζει πάνω από 120 γλώσσες και διαλέκτους. Σε μεγάλης κλίμακας benchmarking με 40.158 αρχεία καθαρού και θορυβώδους ήχου (LibriSpeech), παρουσίασε WER συγκρίσιμο με άλλες κορυφαίες υπηρεσίες [2]

Επειδή πρόκειται για cloud λύση, απαιτείται συνεχής σύνδεση στο Διαδίκτυο για μεταφορά των ηχητικών δεδομένων και επεξεργασία τους στους server της Google. Αυτό μπορεί να επιφέρει πρόσθετη καθυστέρηση (latency) και περιορίζει τη χρήση σε περιβάλλοντα χωρίς αξιόπιστη δικτύωση ή σε real-time εφαρμογές με αυστηρές απαιτήσεις απόκρισης [3]

### 2.2.2 OpenAI Whisper

Η οικογένεια της OpenAI Whisper παρουσιάζει WER < 20 % σε ανομοιογενείς προφορές και ταχύτητα μεταγραφής < 0.25× πραγματικού χρόνου σε εκπαιδευτικά βίντεο [4]. Μελέτη σε 35 αγγλικές διαλέκτους έδειξε ότι η έκδοση large-v2 διατηρεί υψηλή ακρίβεια ακόμη και σε αυθόρμητο λόγο [5]

### 2.2.3 Kaldi ASR

Το Kaldi παραμένει ενεργή ερευνητική πλατφόρμα, ο οδηγός βελτιστοποίησης Conformer + TDNN-F φτάνει < 9 % WER σε LibriSpeech και τεκμηριώνει τεχνικές data-augmentation, Bayesian LM tuning κ.ά. [6]

### 2.2.4 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, το Whisper παρέχει υψηλή ακρίβεια χωρίς να χρειάζεται ειδική εκπαίδευση μοντέλου, ενώ το Kaldi επιτρέπει πολύ λεπτομερή ρύθμιση όταν υπάρχουν επαρκείς υπολογιστικοί πόροι και η απαραίτητη τεχνογνωσία για εκπαίδευση νέων μοντέλων. Η χρήση του Whisper.cpp στην παρούσα εφαρμογή ευνοεί τη φορητότητα (C/C++, WebAssembly) και την άμεση ενσωμάτωση στην Unity, διατηρώντας παράλληλα το περιθώριο μελλοντικού fine-tuning σε Kaldi.

## 2.3 Περιβάλλον Διεπαφής και Άμεση Ενσωμάτωση Excel

### 2.3.1 Unity ως Περιβάλλον διεπαφής

Το Unity έχει εξελιχθεί από game engine σε πολυεργαλείο γρήγορης ανάπτυξης γραφικών εφαρμογών. Σε μία συστηματική επισκόπηση καταγράφεται ότι σχεδόν τα δύο τρίτα των μαθησιακών μελετών χρησιμοποιούν Unity, επικαλούμενα πρωτίστως την ευκολία δημιουργίας 2D/3D UI, τα έτοιμα animation-pipelines και την ενοποιημένη διάθεση σε Windows-macOS-Linux-iOS-Android – WebGL [7].

Η ικανότητα του Unity να υπηρετήσει καθαρά διοικητικές ροές εργασίας φαίνεται σε μελέτες που δεν έχουν καμία σχέση με παιχνίδια:

- Σε μία βιβλιογραφία παρουσιάζεται η εφαρμογή «PLC-Wiring» όπου η Unity αντικαθιστά WPF/WinForms, κερδίζοντας σε χρόνο υλοποίησης και πολυπλατφορμική διάθεση χάρη στον ενιαίο C# κώδικα [8].
- Το IATK εισάγει «γραμματική γραφημάτων» τύπου Vega-Lite μέσα στην Unity, επιτρέποντας να μετατρέψουμε μεγάλα CSV σε διαδραστικούς πίνακες και 3D οπτικοποιήσεις σχεδόν χωρίς πρόσθετο κώδικα [9].

### 2.3.2 Λογισμικά ενσωμάτωσης Excel

Σε πρακτικό επίπεδο, το Unity πρέπει να επικοινωνήσει με αρχεία .xls / .xlsx χωρίς να εξαρτάται από εγκατεστημένο Office:

- Το NPOI – η C# μετεγγραφή του Apache POI – διαβάζει και γράφει .xls / .xlsx, διατηρεί τύπους μορφοποίησης και λειτουργεί το ίδιο σε Windows και Linux.
- Το ExcelDataReader ρέει σειριακά το workbook, γεμίζοντας έναν DataTable σε κλάσματα δευτερολέπτου· έτσι ο χρήστης βλέπει αμέσως το grid και η βαρύτερη μηχανή του NPOI ενεργοποιείται μόνο όταν απαιτείται επεξεργασία ή αποθήκευση.
- Το EPPlus προσφέρει πλούσιες δυνατότητες αλλά, από την έκδοση 5 και εξής, διατίθεται με διπλή άδεια· ο κώδικάς του είναι δωρεάν μόνο για μη-εμπορική χρήση βάσει της άδειας Polyform Non-commercial, ενώ για εμπορική διάθεση απαιτείται αγορά άδειας [10]. Αυτή η νομική ιδιαιτερότητα δεν συμβαδίζει με τη φιλοσοφία ενός ακαδημαϊκού εργαλείου που μπορεί να διανεμηθεί ευρύτερα.

- Το ClosedXML διακρίνεται για το «φιλικό» API του, όμως τα ίδια του τα issue-tracker δείχνουν ότι φορτώνει ολόκληρο το φύλλο στη μνήμη· σε αναφορά πραγματικού έργου, τρία μόλις ανοίγματα αρχείων 6 MB πρόσθεσαν στη χρήση RAM πάνω από 3 GB [11].
- Τα πιο lightweight Sylvan.Data.Excel ή CsvHelper διαβάζουν αστραπιαία, αλλά υποστηρίζουν μόνο ανάγνωση, άρα θα έπρεπε να επανεφευρεθεί μηχανισμός εγγραφής.

Δεδομένα από benchmarks που συνέκριναν NPOI, EPPlus και ClosedXML κατέδειξαν συγκρίσιμους χρόνους εγγραφής, με το NPOI να επικρατεί ελαφρά σε μνήμη λόγω της streaming-υλοποίησης γραφής του [12].

## 3 Αρχιτεκτονική και Δομικά Υποσυστήματα

Η εφαρμογή "Speech2Sheet" είναι σχεδιασμένη με modular αρχιτεκτονική που βασίζεται σε συνδυασμό Unity UI και φωνητικής αναγνώρισης μέσω του Whisper. Κάθε λειτουργική μονάδα είναι υπεύθυνη για ένα σαφές κομμάτι της συνολικής ροής, διευκολύνοντας τόσο την αναγνωσιμότητα του κώδικα όσο και τη συντήρηση και μελλοντική επέκταση της εφαρμογής.

### 3.1 Επιλογή Τεχνολογιών

#### 3.1.1 Unity

Unity 6000.0.48f1 LTS (Long Term Support)

Αυτός ο Editor του Unity ενσωματώνει το εκσυγχρονισμένο UI Toolkit, επιτρέποντας δηλωτικό ορισμό διεπαφών με συντακτικό παρόμοιο με CSS μέσα σε ένα C# περιβάλλον [13]. Η επιλογή αυτή επιταχύνει το πρωτότυπο γραφικού πλέγματος βαθμολογιών, προσφέρει ομοιόμορφη συμπεριφορά σε Windows, Linux και διατηρεί την προοπτική εξαγωγής σε WebGL χωρίς πρόσθετα εργαλεία. Παράλληλα, η σταθερότητα μιας LTS έκδοσης εγγυάται μακροχρόνιες διορθώσεις ασφαλείας και συμβατότητα API, χαρακτηριστικά που δεν καλύπτουν εξίσου οι εναλλακτικές πλατφόρμες .NET MAUI ή WPF.

#### 3.1.2 Whisper.cpp

Ως κινητήριος μηχανισμός αυτόματης αναγνώρισης ομιλίας χρησιμοποιείται το Whisper.cpp, το οποίο μεταφέρει την υψηλή zero-shot ακρίβεια των μοντέλων Whisper σε καθαρό C/C++ κώδικα. Η βιβλιοθήκη μεταγλωττίζεται σε WebAssembly αλλά και σε εγγενή .dylib/.so/.dll, καθιστώντας εφικτή την άμεση φόρτωση από το Unity μέσω native-plugin χωρίς πρόσθετες εξαρτήσεις. Έτσι η εφαρμογή λειτουργεί πλήρως offline. Παραμένει ανοικτό το ενδεχόμενο μελλοντικού fine-tuning σε Kaldi για ιδρύματα που διαθέτουν πόρους εκπαίδευσης εξειδικευμένων μοντέλων.

### 3.1.3 ExcelDataReader

Για την αρχική φόρτωση των υπολογιστικών φύλλων επιλέχθηκε το ExcelDataReader, μία βιβλιοθήκη .NET Standard 2.0 που διαβάζει αρχεία .xls και .xlsx σε ροή, κρατώντας ελάχιστα δεδομένα στη μνήμη. Στην πράξη, ακόμη και φύλλα της τάξης των 100.000 γραμμών φορτώνονται σε λιγότερο από δύο δευτερόλεπτα σε συστήματα με διαθέσιμη μνήμη κάτω από 1 GB, επιτρέποντας ομαλή δημιουργία του DataTable που τροφοδοτεί το UI χωρίς ορατή καθυστέρηση στον χρήστη.

### 3.1.4 NPOI

Το υποσύστημα επεξεργασίας και αποθήκευσης βασίζεται στο NPOI, τη μεταφορά του Apache POI σε C#, η οποία υποστηρίζει πλήρη ανάγνωση και εγγραφή τόσο σε παλαιά .xls όσο και σε σύγχρονα .xlsx, διατηρώντας μορφοποιήσεις, συγχωνεύσεις και τύπους κελιών. Με άδεια Apache-2.0, η βιβλιοθήκη απαλλάσσει το έργο από εμπορικές χρεώσεις και από εξάρτηση σε εγκατεστημένο Office. Σε συνδυασμό με το ExcelDataReader επιτυγχάνεται ένα υβριδικό σχήμα: ελαφριά stream-φόρτωση για προβολή και ισχυρή in-place επεξεργασία για αποθήκευση, εκπληρώνοντας τον στόχο φορητότητας λογισμικού και μνήμης χωρίς να υπονομεύεται η λειτουργικότητα [13].

## 3.2 Λειτουργικές και Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις

### 3.2.1 Λειτουργικές απαιτήσεις

1. Άνοιγμα Excel (.xls, .xlsx) χωρίς εγκατεστημένο MS Office.
2. Προβολή επιλεγμένων στηλών σε δυναμικό grid.
3. Φωνητική αναγνώριση Α.Μ./ονόματος φοιτητή.
4. Φωνητική αναγνώριση βαθμού (ακέραιος ή δεκαδικός).
  - 4.1 Υποστήριξη ελληνικών και αγγλικών αλφαριθμητικών.
  - 4.2 Approximate string matching για ονόματα/Α.Μ.
5. Καταχώριση & ενημέρωση κελιού στον σωστό φοιτητή.
6. Undo stack για αναίρεση αλλαγών.
7. Auto-save με toggle + χειροκίνητο Save.
8. Επιλογή στηλών (Α.Μ., Όνομα, Βαθμός) και προβολής.
9. Διγλωσσία UI (EN/EL) με άμεση εναλλαγή.

10. Εξαγωγή ενημερωμένου αρχείου στο ίδιο path.

### 3.2.2 Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις

1. Ακρίβεια: Υψηλό ποσοστό επιτυχίας αναγνώρισης αριθμών / ονομάτων σε περιβάλλον γραφείου.
2. Χρόνος απόκρισης: <3 s για μεταγραφή < 10 s ηχογράφησης. (εξαρτάται από το hardware)
3. Offline λειτουργία: Όλα τα STT(SpeechToText) tasks να εκτελούνται τοπικά.
4. Ασφάλεια: Δεν αποστέλλονται προσωπικά δεδομένα σε τρίτους servers.
5. Διαλειτουργικότητα: Συμβατό με Excel files (xlsx, xls)
6. Χρηστικότητα: Διεπαφή προσαρμόσιμη, localisation, high-contrast theme.

## 3.3 Περιγραφή Υποσυστημάτων

### 3.3.1 ExcelLoader

Η κλάση ExcelLoader είναι το κεντρικό module για διαχείριση Excel:

- Φορτώνει και εμφανίζει τα περιεχόμενα αρχείων .xls/.xlsx μέσω των βιβλιοθηκών ExcelDataReader και NPOI.
- Διατηρεί τις στήλες που θα εμφανίζονται στο UI (π.χ. A, B, G).
- Παρέχει δυνατότητα τροποποίησης κελιών και αναίρεσης (undo stack).
- Υλοποιεί δυνατότητες αναζήτησης με βάση τον AM ή το όνομα φοιτητή (και approximate string matching με Levenshtein distance).
- Συνδέεται με το σύστημα αυτόματης αποθήκευσης.

### 3.3.2 SpeechToTextManager

Το υποσύστημα SpeechToTextManager διαχειρίζεται:

- Ηχογράφηση ήχου από μικρόφωνο σε ορισμένο sample rate.
- Αποθήκευση του ήχου σε .wav με custom υλοποίηση.
- Εκτέλεση του whisper.exe με κατάλληλες παραμέτρους και optional grammar file.
- Ανάλυση αποτελέσματος και μετατροπή λέξεων (π.χ. "οχτώ κόμμα πέντε") σε αριθμητική τιμή.

- Εύρεση αντιστοίχισης (φοιτητή) και καταχώριση βαθμού στην κατάλληλη γραμμή και στήλη.

Η λειτουργία διαχωρίζεται σε δύο φάσεις: (α) επιλογή φοιτητή, (β) καταγραφή βαθμού. Αυτές τις φάσεις τις χειρίζεται εσωτερικά με λογική "κατάστασης" (enum Mode).

### 3.3.3 ColumnSettingsUIManager

Η κλάση αυτή επιτρέπει την παραμετροποίηση της εφαρμογής σε επίπεδο στηλών:

- Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από dropdowns ποιες στήλες αντιστοιχούν σε Α.Μ., όνομα και βαθμό.
- Παράλληλα, με χρήση toggles, μπορεί να ορίσει ποιες στήλες θα προβάλλονται στο grid του UI.

Αυτό προσφέρει ευελιξία ώστε η εφαρμογή να λειτουργεί ανεξαρτήτως της μορφής του Excel αρχείου.

### 3.3.4 AutoSaveController

Το module AutoSaveController:

- Ελέγχει αν ο χρήστης έχει ενεργοποιήσει το auto-save toggle.
- Καλεί τη μέθοδο SaveFile() του ExcelLoader σε κρίσιμα σημεία (όπως μετά από αλλαγές).

### 3.3.5 LanguageToggle και ToggleFlag

- Το LanguageToggle αλλάζει δυναμικά τη γλώσσα της εφαρμογής μέσω Unity Localization (en/el).
- Το ToggleFlag απλώς ενημερώνει την εμφάνιση του εικονιδίου σημαίας ανάλογα με την επιλεγμένη γλώσσα.

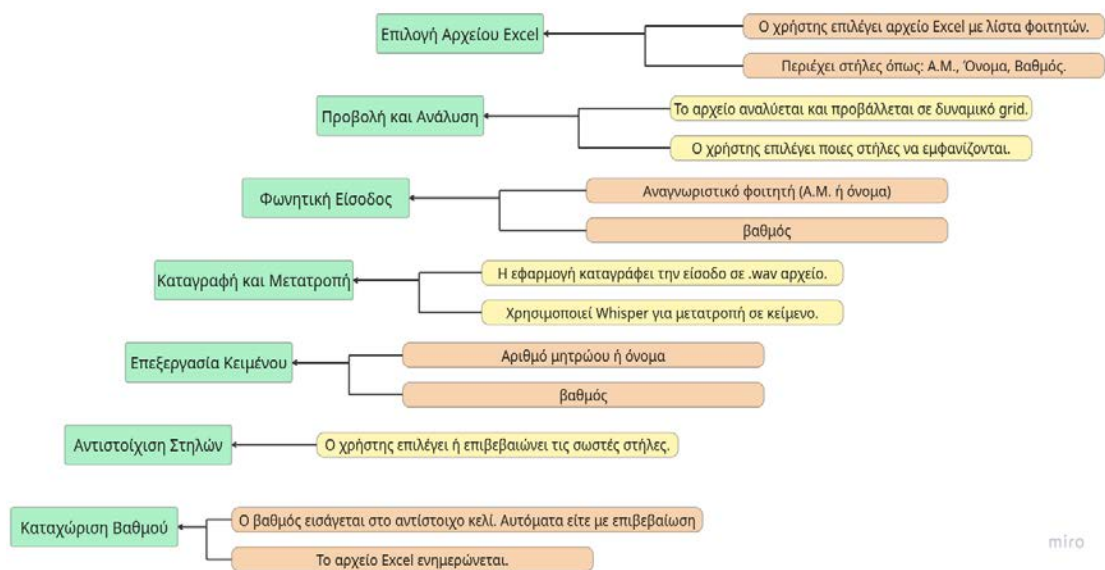
Αυτές οι μικρές προσθήκες βελτιώνουν την εμπειρία χρήστη και διευκολύνουν την πολύγλωσση χρήση.

## 3.4 Βασική Ροή Χρήστη

Η βασική ροή της εφαρμογής περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Ο χρήστης επιλέγει ένα αρχείο Excel το οποίο περιέχει λίστα φοιτητών και σχετικές στήλες (Α.Μ., όνομα, βαθμός).

2. Το αρχείο αναλύεται και προβάλλεται σε δυναμικό grid, με βάση τις στήλες που έχει επιλέξει ο χρήστης.
3. Ο χρήστης εκφωνεί είτε ένα αναγνωριστικό φοιτητή (Α.Μ. ή όνομα) είτε έναν βαθμό.
4. Η εφαρμογή ηχογραφεί την είσοδο, την αποθηκεύει ως .wav και τη μετατρέπει σε κείμενο μέσω του Whisper.
5. Το μεταγραμμένο κείμενο επεξεργάζεται ώστε να εξαχθεί αριθμός ή όνομα, και πραγματοποιείται αναζήτηση στο Excel.
6. Ο χρήστης επιλέγει από τις πιθανές αντιστοιχίες και στη συνέχεια εισάγει τον βαθμό με φωνητική εντολή.



Εικόνα 1: Βασική ροή χρήστη

7. Ο βαθμός καταχωρείται στο αντίστοιχο κελί και, αν είναι ενεργή η αυτόματη αποθήκευση, η τροποποίηση γράφεται στο αρχείο.

Αυτή η σχεδίαση επιτρέπει την άμεση αλληλεπίδραση με το σύστημα χωρίς πληκτρολόγηση, γεγονός που ενισχύει την εργονομία και μειώνει τον κίνδυνο λαθών.



## 4 Υλοποίηση Λειτουργίας Φωνητικής Αναγνώρισης (Whisper)

Η λειτουργία φωνητικής αναγνώρισης αποτελεί τον βασικό μηχανισμό αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή. Βασίζεται στο μοντέλο ανοικτού κώδικα Whisper της OpenAI, το οποίο έχει ενσωματωθεί στην εφαρμογή μέσω εξωτερικού CLI εργαλείου και χρησιμοποιείται για την αυτόματη μετατροπή ομιλίας σε κείμενο.

Η αναγνώριση ταυτότητας φοιτητή από φωνή απαιτεί αντιστοίχιση της μεταγραφής με εγγραφές Excel που δεν είναι πάντα πανομοιότυπες – π.χ. παραλείπονται γράμματα, προστίθενται χαρακτήρες ή γίνονται μικρο-λάθη προφοράς. Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα σφάλματα εφαρμόζεται approximate string matching με μέτρο ομοιότητας την απόσταση Levenshtein.

### 4.1 Διαδικασία Ηχογράφησης & Εναλλαγή Λειτουργιών

Ο χρήστης πατά το κουμπί «Αρχή ηχογράφησης» και ξεκινά η ηχογράφηση μέσω του μικροφώνου. Η ηχογράφηση γίνεται σε ρυθμό δειγματοληψίας 16 kHz και αποθηκεύεται προσωρινά ως αρχείο recording.wav στον φάκελο Application.persistentDataPath.

Η διαδικασία καλύπτει δύο σενάρια:

- Αναγνώριση ταυτότητας φοιτητή (Α.Μ. ή ονοματεπώνυμο)
- Καταχώριση βαθμού

Η εναλλαγή γίνεται με enum Mode στο SpeechToTextManager. Στο τέλος κάθε κύκλου ηχογράφησης το αρχείο .wav διαγράφεται αυτόματα, εξοικονομώντας χώρο και προστατεύοντας το απόρρητο του χρήστη.

```
clip = Microphone.Start(null, false, maxDurationSec, sampleRate); //ksekinaei to microphone
...
...
...
string wavPath = Path.Combine(Application.persistentDataPath, "recording.wav"); //saving to recor
```

Εικόνα 2: Έναρξη μικροφώνου και δημιουργία του recording.wav

## 4.2 Επεξεργασία Ήχου με OpenAI Whisper

Μόλις ολοκληρωθεί η ηχογράφηση, το προσωρινό .wav περνάει στο εκτελέσιμο whisper.exe (Windows) ή whisper-cli (Linux). Η εφαρμογή εκτελεί την εντολή μέσω ProcessStartInfo με ορίσματα:

- f για το αρχείο ήχου
- m για το binary μοντέλο (π.χ. medium.bin)
- προαιρετικά --grammar <file> --grammar-penalty <N> για GBNF γραμματική (π.χ. αναγνώριση αριθμών)

Η έξοδος (stdout) περιέχει χρονοσφραγισμένες γραμμές τύπου SRT, οι οποίες φιλτράρονται με regular expression patterns ώστε να εξαχθεί το καθαρό κείμενο.

Μετά την ολοκλήρωση (ή ακύρωση) της μεταγραφής, το SpeechToTextManager.TranscribeAsync() εκτελεί:

```
if (File.Exists(wavPath))
```

```
File.Delete(wavPath);
```

διαγράφοντας το προσωρινό recording.wav. Έτσι αποφεύγεται συσσώρευση αρχείων και μειώνεται ο κίνδυνος διαρροής δεδομένων.

Επιλέξαμε το **whisper.cpp** λόγω της ελαφριάς C/C++ υλοποίησης που επιτρέπει φορητά, αυτόνομα εκτελέσιμα χωρίς Python runtime, κάτι απαραίτητο για τη διανομή της εφαρμογής σε εργαστηριακούς υπολογιστές με περιορισμένα δικαιώματα.

## 4.3 Regular Expression Patterns

Οι Regular Expressions (regex) αποτελούν τυπική γλώσσα περιγραφής προτύπων κειμένου και επιτρέπουν την αναζήτηση, επικύρωση ή εξαγωγή συμβολοσειρών βάσει συντακτικών κανόνων όπως μετα-χαρακτήρες (\d, \w, +, ?, |) και ομάδες παρενθέσεων.[14]

Στον κώδικα της εφαρμογής χρησιμοποιούνται για:

- Φιλτράρισμα SRT-γραμμών που επιστρέφει το Whisper,
- Αναγνώριση δεκαδικών βαθμών «3,2» ή «7.5»,
- Διαχωρισμό των tokens «KOMMA» από τα υπόλοιπα λεκτικά.

```
// 0) αρχικά ελέγχουμε για μοτίβο «ακέραιος.δεκαδικό» ή «ακέραιος,δεκαδικό»
// π.χ. «3.2», «3,2», «3 , 2»
var m0 = Regex.Match(transcript, @"^b(\d+)[\.,]\s*(\d+)\b");
if (m0.Success)
    return $"{m0.Groups[1].Value}.{m0.Groups[2].Value}";

// 0.1) έπειτα ελέγχουμε για δύο αριθμητικές λέξεις
// χωρισμένες με κόμμα ή τελεία, π.χ. «τέσσερα, τρία» ή «τρία. δύο»
var mw = Regex.Match(transcript, @"^b([^\d\W+)[\.,]\s*([^\d\W+)\b");
```

Εικόνα 3: Παράδειγμα χρήσης Regular Expressions

## 4.4 Ανάλυση Μεταγραφής & Εξαγωγή Κειμένου

Το κείμενο που επιστρέφει το Whisper αναλύεται με σκοπό να εντοπιστούν:

- Αναγνωριστικά φοιτητών (είτε αριθμητικά είτε ως λέξεις)
- Αριθμοί βαθμών (π.χ. "επτά κόμμα πέντε" → 7.5)

Η αναγνώριση γίνεται μέσω mapping λεξικών (π.χ. "οχτώ" → "8") και regular expression patterns. Η εφαρμογή υποστηρίζει φωνητική είσοδο και με λέξεις και με ψηφία, τόσο σε ελληνικά όσο και σε ανάμικτο λόγο.

### 4.4.1 Αναγνώριση φοιτητή

Σε περίπτωση αναγνώρισης φοιτητή:

- Εφαρμόζεται αναζήτηση στο Excel με βάση Α.Μ. ή επώνυμο
- Αν δεν βρεθεί ακριβής αντιστοιχία, ενεργοποιείται approximate string matching (Levenshtein distance)
- Οι πιθανές αντιστοιχίες προβάλλονται ως επιλογές στον χρήστη

### 4.4.2 Αναγνώριση βαθμού

- Το αποτέλεσμα μετατρέπεται σε δεκαδικό ή ακέραιο αριθμό
- Ο βαθμός καταχωρείται στην κατάλληλη γραμμή και στήλη Excel μέσω της UpdateCell() του ExcelLoader

## 4.5 Διαχείριση Σφαλμάτων & Παράγοντες Ακρίβειας

### 4.5.1 Διαχείριση Σφαλμάτων

Το σύστημα χειρίζεται:

- απουσία μικροφώνου ή μηδενική ηχογράφηση
- σφάλμα μεταγραφής Whisper
- καμία αντιστοίχιση φοιτητή / αστοχία αναγνώρισης βαθμού
- αδυναμία εγγραφής ή διαγραφής του προσωρινού αρχείου

Τα μηνύματα σφάλματος εμφανίζονται μέσω Localization ώστε να εμφανιστούν σε Ελληνικά ή Αγγλικά (SpeechToTextUI string table).

### 4.5.2 Παράγοντες Ακρίβειας

Η ακρίβεια επηρεάζεται από:

- ποιότητα μικροφώνου & προφορά
- επιλεγμένο μοντέλο (π.χ. tiny, base, medium)
- θόρυβο περιβάλλοντος και διάρκεια ηχογράφησης

## 4.6 Τεχνικές αναζήτησης και ομοιότητας

### 4.6.1 Απόσταση Levenshtein

Η απόσταση Levenshtein (edit distance) είναι ο ελάχιστος αριθμός εισαγωγών, διαγραφών ή αντικαταστάσεων που απαιτούνται για τη μετατροπή μιας συμβολοσειράς  $s$  σε  $m$  [15]. Υλοποιείται με τον αλγόριθμο Wagner–Fischer (ComputeLevenshteinDistance), πολυπλοκότητας  $O(n \cdot m)$ .

Στην αναζήτηση ονομάτων εφαρμόζεται δυναμικό όριο:

```
int dynamicMax = Math.Min(6,  
    Math.Max(1, (int)Math.Ceiling(cleanFrag.Length * 0.5)));
```

όπως συνιστούν τα πειράματα φόρτου του [16] για μικρά λεξιλόγια. Για τα αριθμητικά ΑΜ το όριο προσαρμόζεται σε  $\max(|q|, |cell|/2)$  ώστε να καλύπτονται ελλείποντα μηδενικά.

|                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| Source String          | LEVENSTINES                  |
| Target String          | LEVENSHTEIN'S                |
| Edits Needed           | LEVENSHTEI N'S<br>E          |
| Levenshtein's Distance | 4 (3 additions + 1 deletion) |

Εικόνα 4: Απόσταση Levenshtein

#### 4.6.2 Approximate String Matching

Ο όρος approximate string matching περιγράφει τεχνικές που επιτρέπουν την εύρεση συμβολοσειρών που ταιριάζουν «κατά προσέγγιση» με ένα πρότυπο, ανεχόμενα τυπογραφικά σφάλματα, ελλείποντες χαρακτήρες ή παραλλαγές τονισμού. Η ομοιότητα ποσοτικοποιείται συνήθως ως απόσταση επεξεργασίας (edit distance) ο ελάχιστος αριθμός βασικών πράξεων (εισαγωγή, διαγραφή, αντικατάσταση) που απαιτούνται για τη μετατροπή μιας συμβολοσειράς σε άλλη [17];[18].

Στη βιβλιογραφία διακρίνονται τρεις κυριότερες οικογένειες μετρικών:

- Μετρικές χαρακτήρων (edit-distance): Levenshtein, Damerau-Levenshtein, Hamming κ.ά.
- Μετρικές αναδιάταξης χαρακτήρων: Jaro & Jaro-Winkler που επιβραβεύουν κοινά προθέματα εκτενώς χρησιμοποιημένες στο record linkage [19].
- Φωνητικές και ετερομορφικές κωδικοποιήσεις: Soundex, Metaphone, κατάλληλες κυρίως για αγγλικές/λατινικές γλώσσες και λιγότερο για πολυτονικά ελληνικά.

Οι τεχνικές approximate string matching εφαρμόζονται σε ορθογραφικούς ελέγχους, αποσφαλμάτωση/αποδιπλοποίηση δεδομένων και αναζητήσεις με ανορθόγραφα ερωτήματα [17], [19].

Σύνοψη ροής approximate string matching:

- Κανονικοποίηση (κεφαλαία, αποτόνιση, αφαίρεση σημείων).

- Εύρεση υποσυμβολοσειράς → άμεση επιστροφή αν βρεθεί.
- Υπολογισμός απόστασης Levenshtein σε όλο το σύνολο.
- Φιλτράρισμα αποτελεσμάτων με  $d \leq \text{dynamicMax}$  & ταξινόμηση κατά απόσταση.
- Εμφάνιση λίστας επιλογών στον χρήστη.

### 4.6.3 Υλοποίηση

Για την αναζήτηση υιοθετήθηκε η προσέγγιση approximate string matching, ώστε το σύστημα να ανεχθεί τυπογραφικά σφάλματα, παραλλαγές τονισμού και ελλείποντες χαρακτήρες.

```
// 1. Προσαρμοζόμενο κατώφλι ανοχής (dynamicMax)
//
// • min   = 1 → πάντα επιτρέπεται τουλάχιστον ένα λάθος
// • max   = 6 → δεν εξετάζουμε εντελώς διαφορετικές λέξεις
// • 50 %  του μήκους του query → όσο μεγαλύτερη η λέξη τόσο περισσότερα
//                               σφάλματα ανεχόμαστε
int dynamicMax = Math.Min(6,
    Math.Max(1, (int)Math.Ceiling(query.Length * 0.5)));

var fuzzy = new List<(int row, int dist)>();

// 2. Σάρωση όλων των γραμμών του πίνακα
for (int r = startRowIndex; r < currentTable.Rows.Count; r++)
{
    // 2α. Μετατροπή σε κεφαλαία, αποτόνιση, αφαίρεση στίξης)
    string cell = CleanString(
        currentTable.Rows[r][nameColumnIndex]?.ToString() ?? "");

    // 2β. Υπολογισμός απόστασης Levenshtein ανάμεσα σε query και cell
    int d = ComputeLevenshteinDistance(cell, query);

    // 2γ. Κρατάμε μόνο όσα απέχουν ≤ dynamicMax χαρακτήρες
    if (d <= dynamicMax)
        fuzzy.Add((r, d)); // αποθηκεύουμε δείκτη γραμμής + απόσταση
}

// 3. Ταξινόμηση αποτελεσμάτων και εξαγωγή row indices
List<int> matches = fuzzy
    .OrderBy(p => p.dist) // μικρότερη απόσταση = μεγαλύτερη ομοιότητα
    .Select(p => p.row)
    .ToList();           // έτοιμο για τον χρήστη
```

Εικόνα 5: Παράδειγμα Approximate String Matching με απόσταση Levenshtein

Ως βασικό μέτρο ομοιότητας στο συγκεκριμένο πλαίσιο επιλέχθηκε η κλασική απόσταση Levenshtein [15] για τρεις λόγους:

- Απλότητα και ωριμότητα: Η υλοποίηση διαθέτει έναν πίνακα δυναμικού προγραμματισμού  $O(n \cdot m)$  και είναι διαθέσιμη σε κάθε γλώσσα. έτσι ενσωματώθηκε εύκολα στον κώδικα C# (ComputeLevenshteinDistance).
- Επαρκής ακρίβεια για μικρά σύνολα: το λεξιλόγιο (~5 000 φοιτητές) δίνει χρόνους απόκρισης  $< 15$  ms σε mid-range CPU, ενώ πιο σύνθετες μετρικές (π.χ. Jaro-Winkler) δεν βελτιώνουν ουσιαστικά την ανάκληση στο συγκεκριμένο μέγεθος.
- Γλωσσική ουδετερότητα: Η αναζήτηση Levenshtein βασίζεται σε μονά χαρακτηριστών και όχι σε εξειδικευμένους φωνολογικούς κανόνες, γεγονός που την καθιστά ανεξάρτητη από την ιδιαιτερότητα των ελληνικών τονισμών.

Σε κάθε λειτουργία, το σύστημα κανονικοποιεί πρώτα το κείμενο (κεφαλαιοποίηση, αποτόνιση, αφαίρεση σημείων) και στη συνέχεια εφαρμόζει διπλό φίλτρο:

1. Αναζητά άμεσα υποσυμβολοσειρές για ακριβή εμπεριέχουσα ταύτιση
2. Εάν η εύρεση συμβολοσειράς αποτύχει, υπολογίζει την απόσταση Levenshtein μεταξύ του ερωτήματος και κάθε υποψηφίου.

Όσα στοιχεία απέχουν  $\leq \text{dynamicMax}$  χαρακτήρες θεωρούνται κοντινά matches και ταξινομούνται κατά αυξανόμενη απόσταση. Έτσι επιτυγχάνεται υψηλή ανάκληση ακόμη και σε παρουσία τυπογραφικών λαθών, με μικρό υπολογιστικό κόστος για λεξιλόγιο μερικών χιλιάδων εγγραφών.



# 5 Ανάπτυξη της Εφαρμογής στο Unity

Το κεφάλαιο 5 περιγράφει ολόκληρη τη διαδικασία παραγωγής της εφαρμογής, σπάζοντάς την σε πέντε διακριτές ροές εργασίας: κάθε ροή αντιστοιχεί σε μία ενότητα (5.1 – 5.5) και αναλύεται σε επιμέρους βήματα (5.x.1, 5.x.2 ...).

## 5.1 Ρύθμιση Περιβάλλοντος Ανάπτυξης

### 5.1.1 Επιλογή Unity Editor & Package Setup

Επιλέχθηκε η έκδοση 6000.0.48f1 LTS (Long Term Support) λόγω μακροπρόθεσμης υποστήριξης και σταθερού UI Toolkit. Τα πακέτα `com.unity.localization` και `com.unity.ugui` εγκαταστάθηκαν μέσω του Unity Package Manager. Η βιβλιοθήκη NPOI (`npoi.dll`) προστέθηκε μέσω του NuGetForUnity, ένα Package Manager extension και το `ExcelDataReader` προστέθηκε ως managed plugin, ώστε να κληθούν απευθείας από C# `MonoBehaviour`. Η τεκμηρίωση του `GridLayoutGroup` επιβεβαιώνει πως το component δεν επηρεάζεται από τα παιδιά του, επιτρέποντας σταθερό μέγεθος κελιών [20].

### 5.1.2 Δόμηση Δέντρου Διευθύνσεων

Χρησιμοποιήθηκε το `Application.persistentDataPath` για τα προσωρινά WAV ώστε να λειτουργεί ομοιόμορφα σε Windows, Linux και macOS.

### 5.1.3 Versioning με Git

Τι είναι το Git και το GitHub:

- Το Git είναι ένα κατακευματισμένο σύστημα ελέγχου έκδοσης (DVCS). Κρατά ολόκληρο το ιστορικό του κώδικα τοπικά, κάθε commit είναι ένα στιγμιότυπο του έργου. Έτσι μπορείς να επανέλθεις, να συγκρίνεις αλλαγές ή να εργαστείς χωρίς σύνδεση.
- Το GitHub είναι μία υπηρεσία φιλοξενίας Git repositories στο cloud. Προσθέτει web-UI, issue tracking, pull requests και αυτοματοποιημένες ενέργειες (GitHub Actions) για builds ή tests.

Το δικό μου workflow (branching + pull-requests):

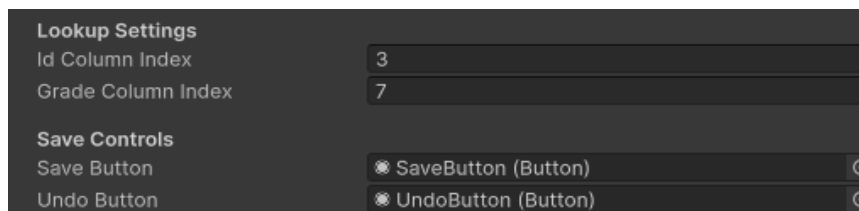
1. Branch per workflow: Αφού έφτιαξα ένα dev branch βασισμένο στη main, για καθεμία από τις πέντε ροές της εφαρμογής (UI-Grid, Excel I/O, Speech-to-Text, Undo/Auto-save, Localization) ανοίγω ξεχωριστά branches: feature\_UI-grid, feature\_Excel, κ.ο.κ. ώστε να απομονώνω τον κώδικα ώσπου να σταθεροποιηθεί η λειτουργία.
2. Merge με Pull Request: Όταν όλα περάσουν το testing επιτυχώς, ανοίγω Pull Request προς το dev branch. Το PR ελέγχει differences και τελικά κάνω merge με τη dev. Έπειτα αν έχει τελειώσει το development της λειτουργίας, διαγράφω το branch.
3. Προώθηση στην main: Μόνο όταν το dev έχει ελεγχθεί και είναι καθαρό κάνω PR στη main. Έτσι διατηρώ καθαρό το main branch με μία σταθερή ροή, από όπου και κάνω τα builds μου.

Αυτό το μοντέλο Feature-Branch → PR → dev → PR → main εξασφαλίζει ότι το production line κινείται μόνο προς τα εμπρός, χωρίς ημιολοκληρωμένο κώδικα στις βασικές εκδόσεις τις εφαρμογής.

Επιπρόσθετα χρησιμοποίησα το επίσημο template Unity.gitignore[21] για το .gitignore file μου και προστέθηκαν επιπλέον κανόνες: \*.wav, \*.xlsx (sample data), StreamingAssets/models/\*.bin (μπορεί να γίνει LFS).

## 5.2 Σκελετός Σκηνής (Unity Scene)

Για κάθε υποσύστημα δημιουργήθηκε ξεχωριστό Empty GameObject, στο οποίο προσδέθηκε το αντίστοιχο MonoBehaviour – ExcelLoader, SpeechToTextManager και AutoSaveController. Τα UI-στοιχεία συνδέθηκαν σε αυτά τα scripts αποκλειστικά μέσω [SerializeField] πεδίων, όπως προτείνει η τεκμηρίωση της Unity για ελαχιστοποίηση runtime αναζητήσεων και καθαρό dependency graph [22].



Εικόνα 6: SerializeField στον Inspector

Για την πολυγλωσσική διεπαφή προστέθηκε το πακέτο Unity Localization 1.4, τα κείμενα οργανώθηκαν σε String Tables (EN/EL) και το ενεργό locale αλλάζει δυναμικά με

LocalizationSettings.SelectedLocale, εξασφαλίζοντας άμεση ανανέωση όλων των ενωμένων στοιχείων [23].

## 5.3 Διεπαφή χρήστη (UI)

Η εξέλιξη του γραφικού περιβάλλοντος ακολούθησε δύο στάδια:

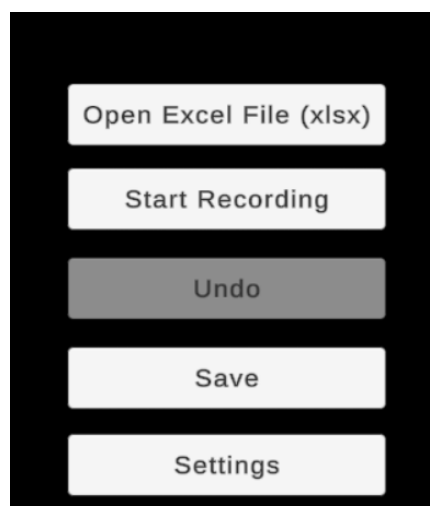
- Prototype UI: Canvas → Vertical Layout Group, προσωρινά Button/TMP\_Text prefabs με έλεγχο callbacks χωρίς φόρτωση Excel.
- Final UI: Canvas με τρία panels και πέντε TMP\_Buttons

Final Canvas:

- i) GridPanel (Scroll Rect) για το Excel
- ii) ResultsPanel (Scroll Rect) για τα αποτελέσματα αναζήτησης
- iii) OptionsPanel (Panel) για ρυθμίσεις στηλών, locale και επιλογή μοντέλου Whisper

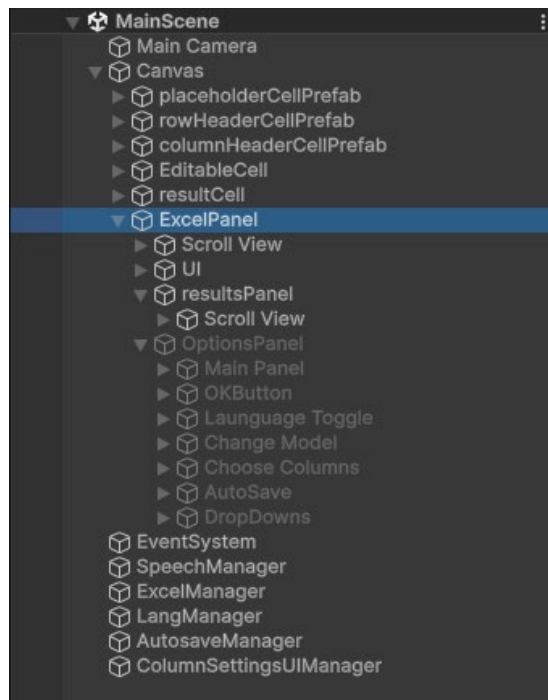
TMP\_Buttons:

- i) Open Excel File (.xlsx): καλεί τον Simple File Browser για επιλογή φύλλου
- ii) Start Recording: ενεργοποιεί/παύει Whisper
- iii) Undo: επαναφέρει την τελευταία αλλαγή (απενεργοποιημένο όταν δεν υπάρχει ιστορικό)
- iv) Save: γράφει τις τρέχουσες τιμές πίσω στο ίδιο .xlsx
- v) Settings: ανοίγει το OptionsPanel



Εικόνα 7: Τα TMP\_Buttons στο panel της αρχικής

### 5.3.1 Ιεραρχία Canvas



Εικόνα 8

### 5.3.2 Options Panel και Localization

Το ColumnSettingsUIManager γεμίζει τρία TMP\_Dropdown πεδία με ετικέτες A–Z και εννέα Toggle (A–I) βάσει των τρεχουσών ρυθμίσεων του ExcelLoader.

Το Localization package (EN/GR) ενημερώνει labels «Start/Stop», «Listening», «Idle» κ.λπ. μέσω LocalizedString.StringChanged. Η runtime εναλλαγή γλώσσας επιτυγχάνεται με LanguageToggle (EN flag ↔ GR flag).

Επιπλέον τα Options έχουν ρυθμίσεις όπως:

- Autosave Toggle (ώστε να αποθηκεύεται η κάθε αλλαγή αμέσως στο επεξεργαζόμενο αρχείο)
- Επιλογή Whisper μοντέλου μέσω του Simple File Browser plugin

## 5.4 Κατασκευή των cells

### 5.4.1 Prefabs

Prefab (pre-fabricated object) είναι ένα πρότυπο αποθηκευμένο GameObject που περιλαμβάνει όλα τα child objects, τα components και τις ρυθμίσεις τους. Αποτελεί «καλούπι»· από τη στιγμή που ορίζεται στον Project-browser, μπορεί να κλωνοποιηθεί στη

σκηνή ή μέσω κώδικα με μία μόνο κλήση Instantiate(). Τα βασικά πλεονεκτήματα είναι:

- Επαναχρησιμοποίηση: αποφεύγεται η επαναδημιουργία ταυτόσημων δομών (π.χ. cells πίνακα, κουμπιά).
- Συντήρηση ιεραρχίας: μια αλλαγή στο prefab (π.χ. χρώμα, script) διαχέεται αυτόματα σε όλα τα instances.
- Απόδοση: τα δεδομένα του prefab φορτώνονται μία φορά, οπότε τα αντίγραφα του μοιράζονται το ίδιο mesh/material.

Τα prefabs που δημιουργήθηκαν για τα cells είναι τα εξής:

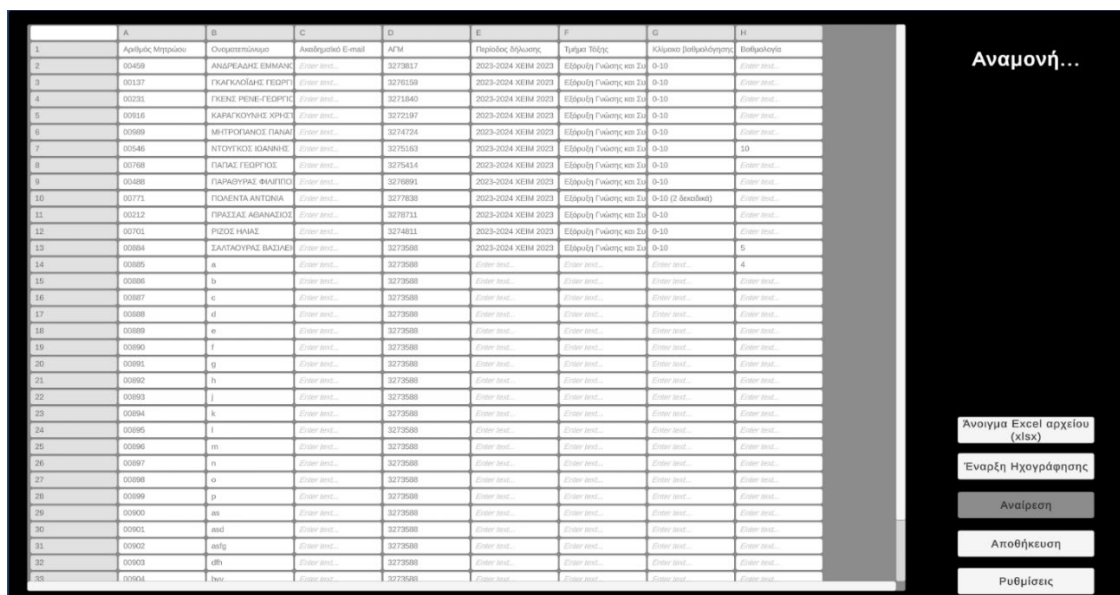
| Prefab                 | Περιεχόμενο                             | Ρόλος                                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| editableCellPrefab     | Image + CellController + TMP_InputField | Κύριο cell δεδομένων.                                                     |
| rowHeaderCellPrefab    | Image + CellController                  | Αριθμητική ετικέτα γραμμών (1, 2, 3...).                                  |
| columnHeaderCellPrefab | Image + CellController                  | Αλφαβητική ετικέτα στηλών (A, B, Γ...).                                   |
| placeholderCellPrefab  | Image (αόρατη)                          | Συμπληρώνει το κενό cell πάνω αριστερά, χωρίς να χαλάει την ευθυγράμμιση. |

#### 5.4.2 Η μέθοδος PopulateGrid()

Αφού καθαρίσει το GridLayout, ανάλογα με τις τιμές στη λίστα desiredColumns (οι στήλες που θέλει ο χρήστης να βλέπει από το Excel αρχείο):

1. Τοποθετεί ένα placeholder prefab στην άνω-δεξιά γωνία του grid για να κρατήσει τη θέση.
2. Δημιουργεί τα column header prefabs (γράμματα στηλών) για κάθε επιλεγμένη στήλη.
3. Για κάθε γραμμή Excel προσθέτει πρώτα ένα row-header prefab (αριθμός γραμμών) και μετά, για κάθε ζητούμενο column index,
  - Δημιουργεί ένα editableCellPrefab όταν η στήλη υπάρχει στο ανεβασμένο sheet
  - Δημιουργεί ένα κενό placeholder όταν η στήλη λείπει, ώστε να παραμείνει σωστή η στοίχιση

Έτσι, με τρεις τύπους prefab (editable, header, placeholder) το grid στήνεται πλήρως και ευθυγραμμισμένο κάθε φορά που φορτώνεται ή ανανεώνεται.



|    | A               | B                 | C                 | D       | E                  | F                     | G                    | H            |
|----|-----------------|-------------------|-------------------|---------|--------------------|-----------------------|----------------------|--------------|
| 1  | Αριθμός Μητρώου | Ονοματεπώνυμο     | Αдресτηριό E-mail | ΑΓΜ     | Περίοδος Σύμβασης  | Τμήμα Τσίξης          | Κλίμακα βαθμολόγησης | Βαθμολογία   |
| 2  | 00459           | ΑΝΔΡΕΑΣ ΕΜΜΑΝ     | Εύαση αση...      | 3273817 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10                 | Εύαση αση... |
| 3  | 00137           | ΓΚΑΓΚΑΛΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓ | Εύαση αση...      | 3276159 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10                 | Εύαση αση... |
| 4  | 00231           | ΓΚΕΝΣ ΡΕΝΕ-ΓΕΩΡΓ  | Εύαση αση...      | 3271840 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10                 | Εύαση αση... |
| 5  | 00916           | ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗΣ ΧΡΗΣ  | Εύαση αση...      | 3272197 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10                 | Εύαση αση... |
| 6  | 00989           | ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΣ ΠΑΝΑ   | Εύαση αση...      | 3274724 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10                 | Εύαση αση... |
| 7  | 00546           | ΝΤΟΥΤΚΟΣ ΚΑΘΑΡΗΣ  | Εύαση αση...      | 3275163 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10                 | 10           |
| 8  | 00768           | ΠΑΠΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ    | Εύαση αση...      | 3275414 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10                 | Εύαση αση... |
| 9  | 00488           | ΠΑΡΑΘΥΡΑΣ ΦΑΝΙΟΣ  | Εύαση αση...      | 3276891 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10                 | Εύαση αση... |
| 10 | 00771           | ΠΟΜΕΝΤΑ ΑΝΤΩΝΙΑ   | Εύαση αση...      | 3277638 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10 (2 άσασα)       | Εύαση αση... |
| 11 | 00212           | ΠΡΑΞΙΣ ΑΒΑΝΑΣΙΟΣ  | Εύαση αση...      | 3278711 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10                 | Εύαση αση... |
| 12 | 00701           | ΡΩΣΙ ΗΛΙΑΣ        | Εύαση αση...      | 3274811 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10                 | Εύαση αση... |
| 13 | 00884           | ΣΑΠΤΟΥΡΑΣ ΒΑΖΙΛΗΣ | Εύαση αση...      | 3273588 | 2023-2024 ΚΕΜ 2023 | Εξάρυξη Γνώσης και Σα | 0-10                 | 5            |
| 14 | 00885           | a                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | 4            |
| 15 | 00886           | b                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 16 | 00887           | c                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 17 | 00888           | d                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 18 | 00889           | e                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 19 | 00890           | f                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 20 | 00891           | g                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 21 | 00892           | h                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 22 | 00893           | i                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 23 | 00894           | k                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 24 | 00895           | l                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 25 | 00896           | m                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 26 | 00897           | n                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 27 | 00898           | o                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 28 | 00899           | p                 | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 29 | 00900           | aa                | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 30 | 00901           | aaa               | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 31 | 00902           | aaag              | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 32 | 00903           | aaah              | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |
| 33 | 00904           | aaau              | Εύαση αση...      | 3273588 | Εύαση αση...       | Εύαση αση...          | Εύαση αση...         | Εύαση αση... |

Εικόνα 9: Το grid μετά τη PopulateGrid()

## 5.5 Simple File Browser

Το Simple File Browser υιοθετήθηκε ως μηχανισμός επιλογής αρχείων, επειδή:

- Λειτουργεί σε Windows, Linux, macOS και WebGL· τα διαθέσιμα API της Unity (EditorUtility.OpenFilePanel) είναι Editor-only και άρα ακατάλληλα για runtime builds,
- Υποστηρίζει φιλτράρισμα επεκτάσεων και πολλαπλή επιλογή αρχείων,
- Επιστρέφει απευθείας absolute path (string) χωρίς προσθήκη native plug-ins.

Το πακέτο εγκαταστάθηκε μέσω Unity Package Manager (Git URL → yasir-kula/UnitySimpleFileBrowser). Στο runtime:

- Το ExcelLoader καλεί ShowLoadDialog() με φίλτρο .xls / .xlsx για φόρτωση υπολογιστικού φύλλου,
- Το SpeechToTextManager καλεί την ίδια συνάρτηση με φίλτρο .bin για επιλογή μοντέλου Whisper.

Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ενοποιημένη, λειτουργικά ανεξάρτητη διεπαφή επιλογής αρχείων, διατηρώντας παράλληλα την οπτική και σχεδιαστική συνοχή της διεπαφής χρήστη.

## 6 Εγχειρίδιο Χρήσης

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται λεπτομερώς η υλοποίηση της διεπαφής χρήστη και η βασική λειτουργικότητα της εφαρμογής μέσω της Unity Engine. Εξετάζονται οι ρυθμίσεις που επιτρέπουν στο σύστημα να προσαρμόζεται στις ανάγκες του χρήστη (settings) καθώς και ο τρόπος με τον οποίο ο διδάσκων αλληλεπιδρά με την εφαρμογή για την καταχώριση φοιτητικών βαθμών (how to use). Η ενότητα εστιάζει σε συστατικά στοιχεία του UI, στον τρόπο επικοινωνίας των υποσυστημάτων και στην εμπειρία χρήσης, με στόχο την κατανόηση της σχεδίασης και των αποφάσεων που ελήφθησαν κατά την ανάπτυξη.

### 6.1 Οδηγός εγκατάστασης

Η εφαρμογή διατίθεται ως έτοιμο εκτελέσιμο λογισμικό για λειτουργικά συστήματα Windows 10/11 (64-bit) και Linux. Το παρόν τμήμα περιγράφει αναλυτικά τα απαιτούμενα στάδια εγκατάστασης.

Οι εκδόσεις της εφαρμογής διατίθενται στο Releases section του repository: [Release:retr0sity/speak2sheet](https://github.com/retr0sity/speak2sheet)

Από εκεί ο χρήστης:

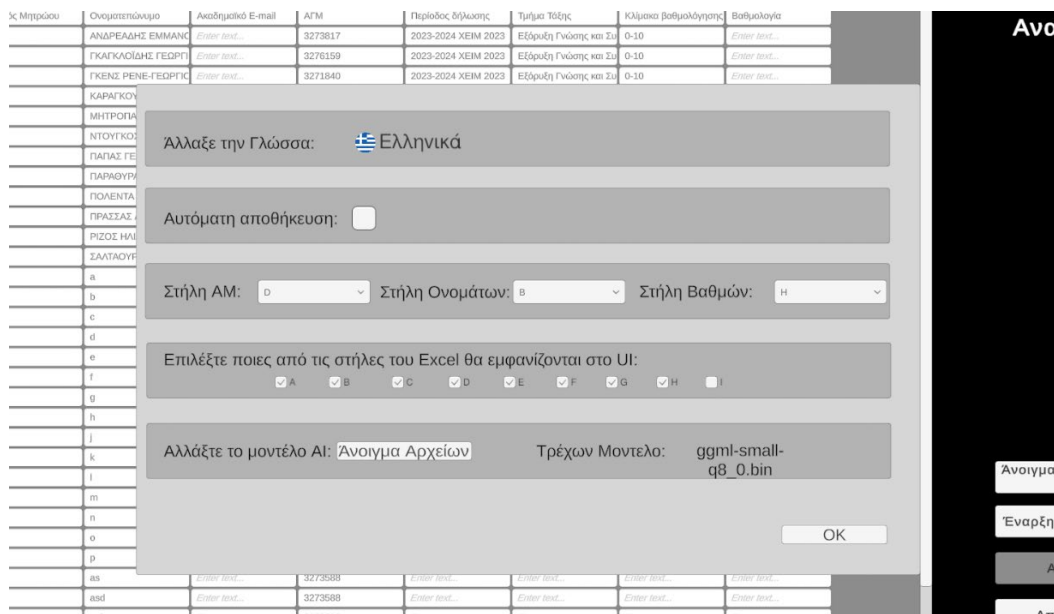
- Διαλέγει το zip που αντιστοιχεί στο λειτουργικό του σύστημα (Windows, Linux).
- Μόλις κατέβει, κάνει εξαγωγή.
- Για Windows, τρέχει το Speak2Sheet.exe, ενώ για Linux τρέχει το Linux\_Build.x86\_64.

### 6.2 Ρυθμίσεις Εφαρμογής (Settings)

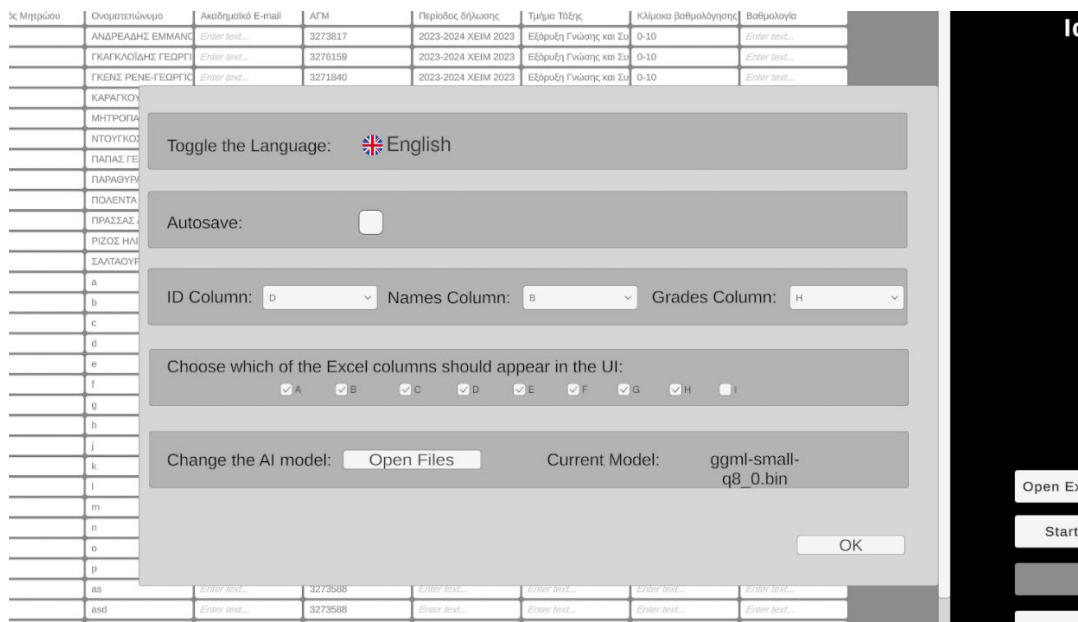
Για να διασφαλιστεί η ευελιξία και η προσαρμοστικότητα της εφαρμογής στις διαφορετικές προτιμήσεις των χρηστών, έχουν υλοποιηθεί τέσσερις βασικές κατηγορίες ρυθμίσεων:

### 6.2.1 Εναλλαγή γλώσσας

Η εφαρμογή υποστηρίζει πλήρη διγλωσσία μέσω του Unity Localization Package. Ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει τη χρήση των Ελληνικών ή των Αγγλικών κατά την εκτέλεση, κάνοντας toggle στο LanguageToggle. Με την αλλαγή της γλώσσας, όλα τα κείμενα της διεπαφής (κουμπιά, μηνύματα, καταστάσεις, σφάλματα) ανανεώνονται αυτόματα, χωρίς να απαιτείται επανεκκίνηση.



Εικόνα 10: Ελληνικό locale



Εικόνα 11: Αγγλικό locale

### 6.2.2 Auto Save

Μέσω του `AutoSaveController`, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να καθορίσει εάν κάθε τροποποίηση (φοιτητικός βαθμός, χειροκίνητη επεξεργασία κελιού) θα αποθηκεύεται άμεσα στο αρχείο Excel ή εάν θα γίνεται μόνο όταν πατηθεί το κουμπί Save. Η ρύθμιση αυτή μειώνει τον φόρτο διαχείρισης και παρέχει ασφάλεια, καθώς σε περίπτωση απρόβλεπτων σφαλμάτων μπορεί να απενεργοποιηθεί προσωρινά η αυτόματη αποθήκευση.

### 6.2.3 Παραμετροποίηση στηλών

Με το `ColumnSettingsUIManager`, ο χρήστης βλέπει αρχικά προτεινόμενες τιμές (D=AM, B=Name, H=Grade) βασισμένες στις τυπικές θέσεις στα φύλλα Excel. Εάν όμως η δομή του αρχείου διαφέρει, μπορεί να επιλέξει από dropdown menus άλλες στήλες για την αναγνώριση του Αριθμού Μητρώου, του Ονόματος ή της στήλης της Βαθμολογίας. Επιπλέον, μέσω των toggles ορίζεται ποιες από τις πρώτες εννέα στήλες του Excel θα εμφανίζονται στο grid, προσφέροντας έλεγχο στο επίπεδο πληροφορίας που προβάλλεται.

### 6.2.4 Επιλογή μοντέλου Whisper

Η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα επιλογής διαφορετικών binary μοντέλων Whisper (π.χ. `tiny.bin`, `base.bin`, `medium.bin`) αναλόγως των απαιτήσεων σε απόδοση και ακρίβεια. Από προεπιλογή, κατά τη λήψη και εγκατάσταση της εφαρμογής, παρέχεται ενσωματωμένο στο πακέτο το μοντέλο `ggml-small-q8_0.bin`, το οποίο προσφέρει καλή ισορροπία μεταξύ ταχύτητας επεξεργασίας και ποιότητας μεταγραφής. Στο UI εμφανίζεται το όνομα του τρέχοντος μοντέλου, ενώ μέσω του κουμπιού Choose Model ο χρήστης μπορεί να επιλέξει νέο αρχείο μοντέλου περιορισμένο σε αρχεία `.bin`. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από τα μοντέλα στον εξής σύνδεσμο: [ggerganov/whisper.cpp at main](https://github.com/ggerganov/whisper.cpp)

## 6.3 Διάταξη Οθόνης (UI Layout)

Η κύρια διεπαφή χωρίζεται σε δύο ζώνες:

- Κύριο Grid (αριστερά): Εμφανίζει τα περιεχόμενα του Excel σε μορφή πλέγματος, δυναμικά παραμετροποιήσιμο μέσω `GridLayoutGroup`. Κάθε κελί είναι prefab με `TMP_Text` και `InputField` για manual edit.
- Δεξί Πάνελ (status & controls): Παρέχει:

- StatusText για μηνύματα επιβεβαίωσης ή σφαλμάτων.
- RecordButton (Start/Stop Recording) με δυναμικές ετικέτες.
- SaveButton, UndoButton, SettingsButton για τις κύριες ενέργειες.
- OpenExcelButton για φόρτωση αρχείου.
- Scrollable list με αποτελέσματα αναζήτησης.

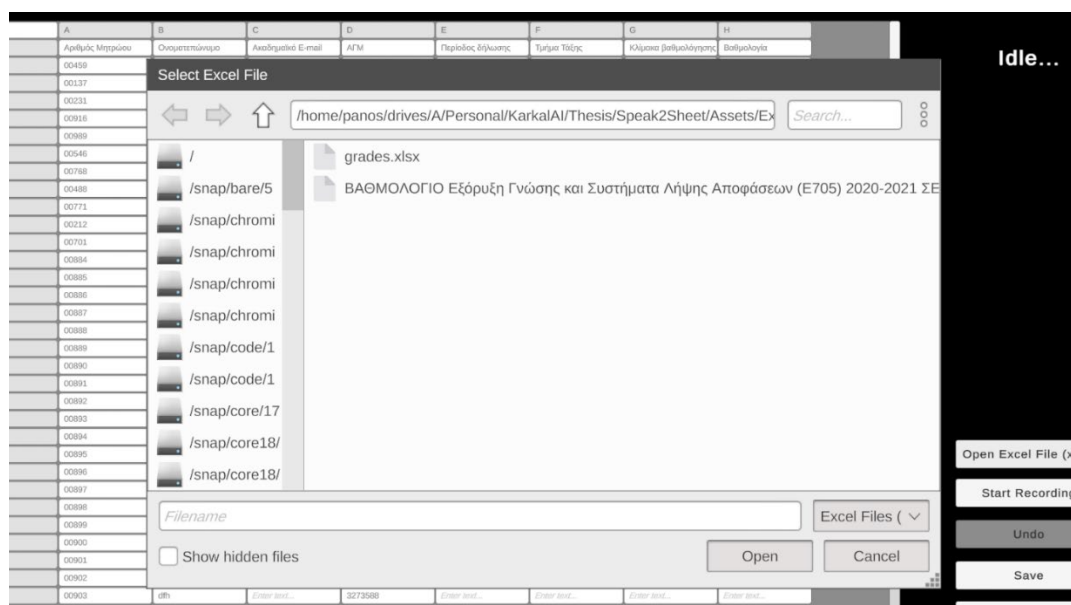
Τα στοιχεία τοποθετούνται σε Canvas με Screen Space - Overlay και ρυθμισμένα anchors ώστε να υποστηρίζουν διαφορετικές αναλύσεις. Οι γραμματοσειρές, τα padding και τα margins επιλέχθηκαν με γνώμονα την αναγνωσιμότητα.

## 6.4 Οδηγός Λειτουργίας (How to Use)

Η κύρια χρήση της εφαρμογής ακολουθεί μια καθορισμένη ροή που ελαχιστοποιεί την αλληλεπίδραση με πληκτρολόγιο και ποντίκι, αξιοποιώντας τον συνδυασμό φωνητικών εντολών και δυναμικής προβολής δεδομένων.

### 6.4.1 Άνοιγμα αρχείου Excel

Ο διδάσκων πατά το κουμπί Open Excel. Εμφανίζεται παράθυρο εξερεύνησης αρχείων (Simple File Browser) όπου επιλέγει το .xls ή .xlsx αρχείο που περιέχει τον πίνακα φοιτητών. Με την επιτυχία φόρτωσης, η κλάση ExcelLoader διαβάζει τα δεδομένα και καλεί τη μέθοδο PopulateGrid(), παρουσιάζοντας το προκαθορισμένο σύνολο στηλών στο κύριο grid.



Εικόνα 12: To Simple File Browser

### 6.4.2 Εύρεση Φοιτητή με Φωνητική Εισαγωγή

Με το πάτημα Start Recording ενεργοποιείται η διαδικασία ηχογράφησης (Microphone.Start). Ο χρήστης εκφωνεί τον Αριθμό Μητρώου ή μέρος αυτού, ή εναλλακτικά το επώνυμο φοιτητή. Με το Stop Recording, το ηχογραφημένο αρχείο μεταγράφεται από το Whisper CLI. Στη συνέχεια, η SpeechToTextManager καλεί FindRowsByPartialId() ή FindRowsByPartialName() και εμφανίζει τα αποτελέσματα ως λίστα κουμπιών στο δεξί πάνελ.



Εικόνα 13: Αποτελέσματα από FindRowsByPartialId()

### 6.4.3 Επιλογή Φοιτητή

Ο διδάσκων επιλέγει το κουμπί που αντιστοιχεί στην επιθυμητή εγγραφή. Το δεξί πάνελ ενημερώνεται με μήνυμα "Επιλέξτε την εγγραφή" και η εφαρμογή μπαίνει σε κατάσταση καταγραφής βαθμού.

### 6.4.4 Καταχώριση Βαθμού

Μετά την επιλογή, ο χρήστης καλείται να εκφωνήσει τον βαθμό (π.χ. "οχτώ κόμμα πέντε"). Με Stop Recording, το κείμενο αναλυτικά μετατρέπεται σε δεκαδική μορφή μέσω της μεθόδου ExtractGradeOnly(). Η ExcelLoader.UpdateCell() καταγράφει την τιμή, ενημερώνει το in-memory DataTable και, εφόσον το Auto Save είναι ενεργό, καλείται η SaveFile().

#### **6.4.5 Χειροκίνητη Επεξεργασία και Undo**

Ο διδάσκων μπορεί να κάνει διπλό κλικ σε οποιοδήποτε κελί του grid για να εισάγει αριθμητική τιμή (τυχόν διόρθωση) με το πληκτρολόγιο. Κάθε αλλαγή σπρώχνεται σε στοίβα undoStack, ενεργοποιώντας το κουμπί Undo. Μετακινώντας την εκτέλεση της μεθόδου UndoLastChange(), το προηγούμενο περιεχόμενο του κελιού αποκαθίσταται.

#### **6.4.6 Αποθήκευση τροποποιήσεων**

Ο διδάσκων πατά Save για να γράψει όλες τις αλλαγές στο δίσκο. Το ExcelLoader χρησιμοποιεί NPOI.Workbook.Write() για να δημιουργήσει ένα νέο αρχείο ή να αντικαταστήσει το υπάρχον, διατηρώντας κάθε μορφοποίηση και τύπο δεδομένων.

## 7 Βελτιώσεις, Μελλοντικές Κατευθύνσεις και Συμπεράσματα

### 7.1 Ανασκόπηση στόχων και επιτευγμάτων

Στο ξεκίνημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας θέσαμε ως κύριους στόχους:

- Την ανάπτυξη ενός εύχρηστου περιβάλλοντος φωνητικής καταχώρισης βαθμολογιών, βασισμένου σε Unity και ASR τεχνολογία.
- Τη διασύνδεση με αρχεία Excel για αυτόματη εισαγωγή δεδομένων βαθμολογίας.

Τα επιτεύγματα συνοψίζονται ως εξής:

- **Λειτουργική κάλυψη απαιτήσεων:** Η εφαρμογή αναγνωρίζει με ακρίβεια ελληνικούς και αγγλικούς όρους, καταχωρεί βαθμολογίες σε προκαθορισμένα πεδία Excel και χειρίζεται πολλαπλά φύλλα εργασίας.
- **Επεκτασιμότητα:** Η modular αρχιτεκτονική επιτρέπει μελλοντική ενσωμάτωση cloud υπηρεσιών, mobile εκδόσεων και εναλλαγής Whisper μοντέλων.

### 7.2 Βελτιώσεις

Παρά το γεγονός ότι η παρούσα εφαρμογή καλύπτει σε μεγάλο βαθμό τις λειτουργικές και μη-λειτουργικές απαιτήσεις, ορισμένα σημεία χρήζουν περαιτέρω βελτίωσης ώστε να ενισχυθεί η εργονομία, η επεκτασιμότητα και η προσβασιμότητα:

#### 1. Επανασχεδιασμός διεπαφής χρήστη

- Προσαρμοστικά πλάτη και ύψη κελιών, ώστε το πλέγμα να αξιοποιεί αποδοτικότερα τον διαθέσιμο χώρο σε διάφορες αναλύσεις οθόνης.
- Ορισμός πλήκτρων συντόμευσης (keyboard shortcuts) για τις βασικές ενέργειες (άνοιγμα αρχείου, εγγραφή, undo/save), μειώνοντας τον αριθμό των κλικ.

#### 2. Συνεργασία με πολλαπλά φύλλα εργασίας

- Υποστήριξη αυτόματης αναγνώρισης και εναλλαγής μεταξύ πολλαπλών worksheets σε ένα αρχείο Excel, μέσα από tabs παρόμοια με αυτά που γνωρίζει ο χρήστης από το Microsoft Excel.
  - Επιλογή συγχρονισμού ρυθμίσεων στηλών (Α.Μ., όνομα, βαθμός) ανά φύλλο, ώστε η φόρτωση διαφορετικών δομών να γίνεται χωρίς νέα παραμετροποίηση.
- 3. Διασύνδεση με μηχανισμό εξαγωγής αναφορών**
- Ενσωμάτωση λειτουργιών εξαγωγής αναφορών σε μορφή PDF ή CSV απευθείας μέσα στην εφαρμογή, χωρίς την ανάγκη μεσολάβησης του Excel.
  - Πρότυπα αναφορών (π.χ. περίληψη βαθμολογιών, κατανομή συχνοτήτων) για άμεση χρήση από διδάσκοντες και διοικητικά στελέχη.
- 4. Ενσωμάτωση βοηθητικού υλικού**
- Δυνατότητα εμφάνισης offline help και tooltips στην ίδια τη διεπαφή, με σύντομες οδηγίες λειτουργίας και παραδείγματα φωνητικών εντολών.
- 5. Ηχητικά σήματα επιβεβαίωσης**
- Προσθήκη ηχητικών επιβεβαιώσεων (π.χ. ευδιάκριτος ήχος ενημέρωσης) μετά από επιτυχή αντιστοίχιση φοιτητή ή καταχώριση βαθμού, ενισχύοντας την αίσθηση ολοκλήρωσης χωρίς να απαιτείται οπτική επιβεβαίωση.

## 7.3 Μελλοντικές Κατευθύνσεις

- Ως επόμενο βήμα έρευνας και ανάπτυξης, προτείνεται η διερεύνηση των ακόλουθων κατευθύνσεων, οι οποίες μπορούν να αυξήσουν σημαντικά τις δυνατότητες και την απήχηση της εφαρμογής:

### 1. Μετάβαση σε πλήρως open-source pipeline

- Αντικατάσταση του Whisper με το Kaldi ASR, αξιοποιώντας custom acoustic training και language models, επιτρέποντας προσαρμογές σε ειδικούς όρους ή διαλέκτους ελληνικής γλώσσας.

### 2. Analytics dashboard

- Ανάπτυξη πίνακα ελέγχου μέσα στο Unity για στατιστική ανάλυση των βαθμολογιών: κατανομές τιμών, εντοπισμός outliers, και γραφικές παραστάσεις, συμβάλλοντας στην ολιστική αξιολόγηση των επιδόσεων των φοιτητών.

### **3. Cloud υποστήριξη και mobile έκδοση**

- Ενοποίηση με υπηρεσίες cloud storage (π.χ. Google Drive, OneDrive) ώστε ο διδάσκων να φορτώνει/αποθηκεύει αρχεία Excel χωρίς τοπική εγκατάσταση.
- Ανάπτυξη mobile εφαρμογής (Android/iOS) με παρόμοιο UI, αξιοποιώντας WebAssembly για το Whisper ή άλλες lightweight ASR λύσεις, παρέχοντας φορητή εμπειρία φωνητικής καταχώρισης.

### **4. Πολυγλωσσική επέκταση**

- Ενσωμάτωση επιπλέον γλωσσών πέραν των ελληνικών και αγγλικών, μέσω διεργασιών localization της Unity και κατάλληλων ASR μοντέλων, διευρύνοντας τη χρήση σε διεθνή περιβάλλοντα.

### **5. Υποστήριξη πολλαπλών αρχείων και batch processing**

- Δυνατότητα ταυτόχρονης φόρτωσης και επεξεργασίας πολλαπλών Excel αρχείων, με προκαθορισμένα profiles παραμέτρων, για αυτοματοποιημένη εισαγωγή βαθμολογιών σε μεγάλα σύνολα δεδομένων.

### **6. Επιλογή ASR Engine – ευέλικτα builds**

- Πρόσθεση ρύθμισης στο UI ώστε ο χρήστης να επιλέγει ανάμεσα σε τοπικό ASR (Whisper/Kaldi) ή Google Cloud Speech-to-Text.
- Δυνατότητα δημιουργίας ξεχωριστού build που να βασίζεται αποκλειστικά στην υπηρεσία Google STT (cloud-only), για ανάπτυξη σε περιβάλλοντα με σταθερή σύνδεση και ελαχιστοποίηση τοπικών απαιτήσεων.

## **7.4 Τελικές σκέψεις**

Η διεξαγωγή αυτού του έργου επιβεβαίωσε πόσο καθοριστική είναι η συνύπαρξη φωνητικής διεπαφής και γραφικού περιβάλλοντος ανάπτυξης για την αυτοματοποίηση εκπαιδευτικών διαδικασιών. Παρά τις αρχικές προκλήσεις (διαχείριση θορύβου, testing και επιλογή από πολλαπλά ASR), οι συνεχείς δοκιμές οδήγησαν σε ένα ώριμο προϊόν. Η

επαφή με σύγχρονες τεχνολογίες ASR έθεσε τις βάσεις για περαιτέρω έρευνα γύρω από τη βελτιστοποίηση αλγορίθμων αναγνώρισης ομιλίας σε ελληνικό πλαίσιο.

Τεχνικά αποκόμισα ουσιαστική εμπειρία στην ανάπτυξη με Unity και C# (UI/UX design, modular αρχιτεκτονικές, exception handling), στην ενσωμάτωση ASR (Whisper) καθώς και στη διαχείριση και αυτοματοποίηση αρχείων Excel (xlsx, xls) μέσω NPOI/ExcelDataReader και διαχειρίστηκα versioning με feature-branches και pull requests σε GitHub.

Δημιουργικά, μέσα από την επαναληπτική σχεδίαση και τον πειραματισμό με διάφορα wireframes και πρωτότυπα UI στο Unity, καλλιέργησα την ικανότητα να μεταφράζω απαιτήσεις σε ξεκάθαρες, εργονομικές διεπαφές, εστιάζοντας στην οργάνωση των panels και στον οπτικό διαχωρισμό των λειτουργιών.

# Βιβλιογραφία

- [1] '(PDF) Teacher Workload Research Report 2024: Main Report', ResearchGate. Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: [https://www.researchgate.net/publication/381301623\\_Teacher\\_Workload\\_Research\\_Report\\_2024\\_Main\\_Report](https://www.researchgate.net/publication/381301623_Teacher_Workload_Research_Report_2024_Main_Report)
- [2] B. Xu, C. Tao, Z. Feng, Y. Raqui, και S. Ranwez, 'A Benchmarking on Cloud based Speech-To-Text Services for French Speech and Background Noise Effect', 7 Μάιος 2021, *arXiv*: arXiv:2105.03409. doi: 10.48550/arXiv.2105.03409.
- [3] 'Measure and improve speech accuracy | Cloud Speech-to-Text Documentation', Google Cloud. Ημερομηνία πρόσβασης: 24 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://cloud.google.com/speech-to-text/docs/speech-accuracy>
- [4] A. Rao, 'Transcribing Educational Videos Using Whisper: A preliminary study on using AI for transcribing educational videos', 4 Ιούλιος 2023, *arXiv*: arXiv:2307.03200. doi: 10.48550/arXiv.2307.03200.
- [5] C. Graham και N. Roll, 'Evaluating OpenAI's Whisper ASR: Performance analysis across diverse accents and speaker traits', *JASA Express Lett.*, τ. 4, τχ. 2, σελ. 025206, Φεβρουαρίου 2024, doi: 10.1121/10.0024876.
- [6] M. Hong και D. Jiang, 'Technical Report: A Practical Guide to Kaldi ASR Optimization', 8 Ιούνιος 2025, *arXiv*: arXiv:2506.07149. doi: 10.48550/arXiv.2506.07149.
- [7] L.-K. Lee κ.ά., 'A Systematic Review of the Design of Serious Games for Innovative Learning: Augmented Reality, Virtual Reality, or Mixed Reality?', *Electronics*, τ. 13, τχ. 5, σελ. 890, Φεβρουαρίου 2024, doi: 10.3390/electronics13050890.
- [8] S. Ahamed, A. Das, S. Md Tanjib, και Ms. Q. Nahar Eity, 'Study of an Application Development Environment Based on Unity Game Engine', *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, τ. 12, τχ. 1, σελ. 43–62, Φεβρουαρίου 2020, doi: 10.5121/ijcsit.2020.12103.
- [9] '(PDF) IATK: An Immersive Analytics Toolkit', στο *ResearchGate*, doi: 10.1109/VR.2019.8797978.
- [10] Epp. S. AB, 'License FAQ – EPPLUS SOFTWARE AB', EPPlus Software. Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: [https://epplussoftware.com/licenseoverview/license-faq?utm\\_source=chatgpt.com](https://epplussoftware.com/licenseoverview/license-faq?utm_source=chatgpt.com)
- [11] 'Memory Leak Issue #1636 · ClosedXML/ClosedXML'. Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: [https://github.com/ClosedXML/ClosedXML/issues/1636?utm\\_source=chatgpt.com](https://github.com/ClosedXML/ClosedXML/issues/1636?utm_source=chatgpt.com)

- [12] philpsc, *philpsc/Cs-xlsx-parser-benchmarks*. (1 Μάρτιος 2019). C#. Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://github.com/philpsc/Cs-xlsx-parser-benchmarks>
- [13] 'nissl-lab/npoi: a .NET library that can read/write Office formats without Microsoft Office installed. No COM+, no interop.' Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: [https://github.com/nissl-lab/npoi?utm\\_source=chatgpt.com](https://github.com/nissl-lab/npoi?utm_source=chatgpt.com)
- [14] 'books/Mastering Regular Expressions 3rd (Friedl-2006).pdf at master · pengbo-learn/books', GitHub. Ημερομηνία πρόσβασης: 25 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: [https://github.com/pengbo-learn/books/blob/master/Mastering%20Regular%20Expressions%203rd%20\(Friedl-2006\).pdf](https://github.com/pengbo-learn/books/blob/master/Mastering%20Regular%20Expressions%203rd%20(Friedl-2006).pdf)
- [15] R. A. Wagner και M. J. Fischer, 'The String-to-String Correction Problem', J. ACM, τ. 21, τχ. 1, σελ. 168–173, Ιανουαρίου 1974, doi: 10.1145/321796.321811.
- [16] 'Levenshtein1966a.pdf'. Ημερομηνία πρόσβασης: 22 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://nymity.ch/sybilhunting/pdf/Levenshtein1966a.pdf>
- [17] G. Navarro, 'A guided tour to approximate string matching', *ACM Comput. Surv.*, τ. 33, τχ. 1, σελ. 31–88, Μαρτίου 2001, doi: 10.1145/375360.375365.
- [18] S. P. Holmes και D. Gusfield, 'Algorithms on Strings, Trees, and Sequences: Computer Science and Computational Biology', *J. Am. Stat. Assoc.*, τ. 94, τχ. 447, σελ. 989, Σεπτεμβρίου 1999, doi: 10.2307/2670026.
- [19] W. E. Winkler, '1990: String Comparator Metrics and Enhanced Decision Rules in the Fellegi-Sunter Model of Record Linkage'.
- [20] U. Technologies, 'Unity - Scripting API: GridLayoutGroup'. Ημερομηνία πρόσβασης: 24 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: [https://docs.unity3d.com/2018.1/Documentation/ScriptReference/UI.GridLayoutGroup.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://docs.unity3d.com/2018.1/Documentation/ScriptReference/UI.GridLayoutGroup.html?utm_source=chatgpt.com)
- [21] 'Version control systems | Visual Scripting | 1.9.8'. Ημερομηνία πρόσβασης: 23 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.visualscripting@1.9/manual/vs-version-control.html>
- [22] U. Technologies, 'Unity - Manual: How Unity uses serialization'. Ημερομηνία πρόσβασης: 23 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://docs.unity3d.com/6000.1/Documentation/Manual/script-serialization-how-unity-uses.html>
- [23] U. Technologies, 'Unity - Manual: Localization'. Ημερομηνία πρόσβασης: 23 Ιούνιος 2025. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://docs.unity3d.com/6000.1/Documentation/Manual/com.unity.localization.html>