

המחלקה להנדסת תוכנה

פרויקט גמר – ה'תשפ"ד

פלטפורמה לגמפיקציה של טיפול בדיבור

Gamified Speech Therapy Platform

מאת

שם התלמיד: מוסא טמס

ת.ז. התלמיד: 322421033

מנחה אקדמית: גב' אלידעת אדלר

תאריך: 29.07.2024

Elidaat Alder

אישור:



מערכות ניהול הפרויקט :

#	מערכת	מיקום
1	מאגר קוד	GitHub
2	קישור ליומן	Project Kan Ban Project Issues Project Milestones
3	קישור לסרטון דוח סוף	https://youtu.be/f-Hd41cg5I?si=WiMpjZCCV-ltuCTj

מידע נוסף :

סוג הפרויקט	יוזמה של המנחה
פרויקט ממשיך?	פרויקט חדש



הצהרה:

העבודה נעשתה בהנחיית גב' אלידעת אדלר

, עזריאלי המכללה האקדמית להנדסה ירושלים -
המחלקה להנדסת תוכנה.
החיבור מציג את עבודתנו האישית ומהווה חלק
מהדרישות לקבל תואר ראשון בהנדסה.

תוכן עניינים

2	מושגים רלוונטיים
3	נאום המעלית
3	מבוא
5	תיאור הבעיה
5	דרישות ואפיון הבעיה
5	הבעיה מבחינת הנדסת תוכנה
6	אתגרים בתכנות שנצרו במהלך פיתוח המערכת התומכת בפלטפורמות Web And Android
8	תיאור הפתרון
9	פתרונות טכנולוגיים ואינטגרציה
12	המשך הפרק תיאור הפתרון
15	מסקנות
15	סיכום יכולות המערכת
15	המלצות לעבודה עתידית
15	ניתוח קולי:
15	שיפור חוויית המשתמש :
15	סקלאביליות
15	סיכום
16	בדיקות
17	נספחים
17	סרטון Demo
17	סרטון דוח אלפא
17	סקר השוק שנעשה בדוח ההצעה:-
18	תקציר סקר שוק
18	רשימת דרישות
19	ביבליוגרפיה
20	Abstract

תקציר

ילדים עם לקויות דיבור צריכים מעקב טיפולי בדיבור, אצל קלינאי תקשורת, כדי לשפר את יכולות התקשורת שלהם. חלק מהטיפול מהווה תרגולי דיבור בבית עם ההורים אך הם לא מספיק מעניינות עבור ילדים קטנים, מה שמוביל לחוסר מוטיבציה ותרגול לא עקבי. הפרויקט הנוכחי מציג פלטפורמת טיפול בדיבור באמצעות משחקים שנועדו להפוך את הטיפול בדיבור למרתק יותר עבור ילדים, תוך מתן כלים לקלינאים לנהל ולעקוב אחרי התקדמות מטופליהם בצורה יעילה.

הפלטפורמה משלבת טכנולוגיות זיהוי דיבור מתקדמות כדי להעריך את דיוק ההיגוי של הילד בהשוואה להיגוי הקלינאי. על ידי המרת המילים המדוברות לטקסט ואז לייצוגים פונטיים, המערכת יכולה להעריך עד כמה קרוב הדיבור של הילד להיגוי המצופה, אפילו עבור התאמות חלקיות. תכונה זו חשובה למתן משוב מדויק לילדים ולעזור להם לשפר את דיבורם באופן הדרגתי.

האפליקציה מציגה משחק זיכרון, שבה התאמות מוצלחות פותחות תרגילי דיבור. תרגילים אלו מוקלטים על ידי הקלינאי שמעודד ומנחה את הילד בצורה שמותאמת למצבו לגילו, בדיוק כמו שהוא עושה במרפאה, מה שמאפשר לילד לתרגל בצורה אינטראקטיבית. השימוש ב-Firebase-לניהול מסדי נתונים בזמן אמת מבטיח שכל הנתונים מסונכרנים בין מכשירים, ומספק חוויית משתמש חלקה הן לקלינאים והן לילדים.

בנוסף, הפלטפורמה תומכת בשפות רבות, כולל עברית, ומתאימה למגוון רחב של משתמשים. היא משתמשת במנגנוני caching כדי לשפר את הביצועים ולהפחית את העומס על השרת, מה שמבטיח זמני תגובה מהירים גם בשימוש נרחב. הארכיטקטורה של הפלטפורמה מאפשרת שילוב קל של משחקים ותרגילים נוספים, מה שהופך אותה לפתרון יעיל לטיפול בדיבור.

בנוסף לתכונות הטכניות, הפלטפורמה משפרת את התקשורת בין הקלינאים, הילדים והמשפחות שלהם. קלינאים יכולים להוסיף בקלות מטופלים חדשים, להקליט ולהעלות תרגילי דיבור מותאמים אישית ולעקוב אחרי ההתקדמות בזמן אמת. הילדים משתתפים בטיפול דרך משחקים אינטראקטיביים, מה שהופך את תהליך הלמידה למהנה ומוטיבציוני. ההורים יכולים לעקוב אחרי ההתקדמות של ילדם ולהישאר מעודכנים בהתפתחותו.

לסיכום, פלטפורמת טיפול בדיבור עם אלמנטים משחקיים זו מציעה פתרון חדשני לאתגרים של טיפול בדיבור מסורתי על ידי שילוב טכנולוגיה מתקדמת עם מכניקות משחק מרתקות. היא משפרת את חוויית הטיפול עבור הילדים, מספקת כלים מועילים לקלינאים, ומקלה על התקשורת בין הקלינאים, הילדים ומשפחותיהם.

מושגים רלוונטיים

- ❖ **לקות דיבור** : מצב שבו יש לאדם קושי בהפקת צלילי דיבור באופן נכון או שוטף.
- ❖ **טיפול בדיבור** : תוכנית קלינית שמטרתה לשפר את מיומנויות הדיבור והשפה ואת היכולות המוטוריות של הפה.
- ❖ **גימיפיקציה** : התהליך של שילוב אלמנטים משחקיים בהקשרים שאינם משחקיים כדי לשפר את המעורבות והמוטיבציה של המשתמש.
- ❖ **זיהוי דיבור Speech Recognition** : טכנולוגיה שמסוגלת לזהות ולעבד שפה מדוברת לטקסט על ידי מחשבים.
- ❖ **דיבור לטקסט Speech-To-Text** : יישום ספציפי של זיהוי דיבור שממיר מילים מדוברות ישירות לטקסט כתוב.
- ❖ **ניתוח דיבור Speech Analysis** : בדיקה ופרשנות של אותות דיבור כדי להבין ולשפר את הדיוק של מערכות זיהוי דיבור.
- ❖ **אלפבית פונטי בינלאומי (IPA)** : מערכת סימנים המשמשת לייצוג הצלילים של השפה המדוברת בצורה מדויקת.
- ❖ **מרחק לוינשטיין** : מדד המשמש להערכת ההבדלים בין שתי מחרוזות טקסט על בסיס השינויים הנדרשים כדי להמיר אחת לשנייה.
- ❖ **ספקטרוגרם Spectrogram** : גרף שמייצג את תדירויות הקול לאורך הזמן ומשמש לניתוח קולי.

נאום המעלית

הילד סובל מלקויות תקשורת ודיבור?
צריך ללמד אותו לדבר באופן ברור אבל הוא לא עוזב הטלפון כי תרגולי דיבור משעמים את שניכם?
אז שים לו את תהליך הלימוד בטלפון!
בעזרת תרגולים שהקלינאי תקשורת בונה והמערכת שלנו תציג בצורת משחק.
הילד נהנה תוך כדי שהוא מתקדם בתהליך.
ההורה נהנה ממעקב ברור עבור התקדמות הילד בתרגולים.
קלינאי התקשורת נהנה מכלים שעוזרים לו לייעל הטיפול!
פשוט WIN-WIN-WIN.

מבוא

בעולם קיימים הרבה ילדים עם הפרעות וקשיי דיבור שמקבלים טיפול מקצועי אצל קלינאי תקשורת. קלינאי תקשורת נפגש עם הילד לכל היותר פעמיים בשבוע ואז מרבית הטיפול מסתמך על הורי הילד שאמורים לתרגל את הילד בבית. לרוב, להורים אין את הזמן, הידע והכלים שנדרשים לתרגול איכותי ומהנה.

[בסקר השוק](#) שהצגנו בדוח ההצעה הראנו שהאפליקציות הקיימות אינן מתייחסות לילדים עם לקויות דיבור אלא מיועדות ללמד ילדים בגיל בית ספר לקרוא או מבוגרים שפה חדשה, ורובן לא משתמשות בטכניקות של בדיקת נכונות של מה שהילד אומר ואין תמיכה לריבוי שפות.

המערכת שאנו מציעים בפרויקט זה תהווה כלי עזר טיפולי לקלינאי, להורים ולילד. במערכת, הקלינאי יעלה לכל ילד תוכנית של תרגולים במסלול שמתאים למצבו של הילד. כשהתרגולים יתבצעו, המערכת תדרג את התקדמותו של הילד בזמן אמת, ותעדכן את הקלינאי והמשפחה בהתאם. כך, איכות הטיפול תעלה מבלי לבקש השקעה נוספת מההורים.

על מנת שהאפליקציה תהיה ייחודית עליה להיות מסוגלת לזהות רמת הנכונות של דיבור הילד וכמה המילה שהילד מהגה דומה למילה שהקלינאי מלמד לילד.

הבעיה העיקרית שלנו תהיה "איך מודדים רמת הנכונות של דיבור הילד ביחס לדיבור הקלינאי?"

מבוא לטכנולוגיות ושיטות קיימות

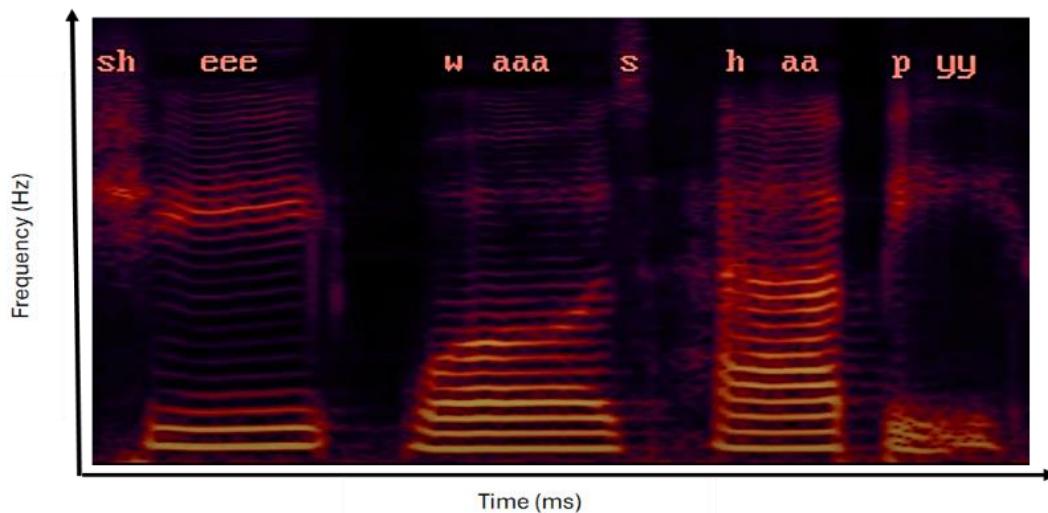
אחרי חקירה במטרה למצוא שיטות, מצאנו שיטות מתקדמות ויעילות שיכולות לתמוך ברעיון של בדיקות רמת הנכונות של דיבור ילד עם ליקויות דיבור :

שיטה 1 : זיהוי קולי (Speech to Text Models)

בעולם קיימים הרבה מודלים של בינה מלאכותית שמזהים מילים שנאמרו ומתרגמים אותם לטקסט כתוב. בשיטה זו, נבנתה בינה מלאכותית שמזהה דיבור אנושי תוך כדי התחשבות במבטאות שונות, טווח תדירות הקול, רעש הרקע, והבנת הכוונה של המדבר תוך שימוש Context Based Guesses. יש תמיכה להרבה שפות אך לא לכולן, כאשר לאחרונה יש התקדמות משמעותית בתמיכה לשפה העברית.

שיטה 2 : ניתוח קולי (Sound Analysis)

כאשר אנשים מדברים, האוויר שעובר דרך מיתרי הקול והפה רוטט בתדירויות שמייצרות צלילים. תדירויות אלו נראות בגרף הנקרא "Spectrogram". ניתוח Spectrogram מאפשר לזהות רצף של אותיות ומילים. בשיטה זו ניתן להשיג דיוק גבוה יותר מזיהוי קולי במקרים ספציפיים.



איור 1 דוגמה לניתוח של Spectrogram

תיאור הבעיה

דרישות ואפיון הבעיה

מעבר למפגשים הפרונטליים בין קלינאי התקשורת והילד, הילד עם הפרעות הדיבור חייב לבצע תרגולים בבית. התרגולים האלו מתוכננים על ידי הקלינאי, כך שיהיו מותאמים לגילו, למצבו ולצרכיו של הילד הספציפי. נכון להיום ההורים מתקשים לעשות התרגולים האלו עם הילד באופן אפקטיבי שמושך את תשומת ליבו של הילד. בנוסף לכך, קשה לקלינאי לקבל תמונת מצב ברורה על התקדמות הילד בתרגולים הקורים בבית ואז איכות תכנון הטיפול להמשך הדרך נפגעת. קיימות אפליקציות המיועדות לתרגול ילדים שלא סובלים מכל הפרעה בדיבור, אך רובן לא מוודאות שהילד כן מתרגל בצורה נכונה, ומסתמכים רק על חשיפת הילד למילים חדשים. המצב המתואר לעיל הוא המציאות הקשה והמאתגרת שהילד ומשפחתו חווים, ואז נוצר מצב שבו הילד לא מתקדם בטיפול, המשפחה תאוכזב והתרגולים האלו יהפכו לסיוט מאתגר לכולם. נדרשת מערכת שתספק לקלינאי כלים שיעזרו לו להתאים תרגולים לכל ילד, התרגולים יוגשו לילד באופן מהנה אך מלמד, והמערכת תדרג את ההתקדמות ותשלח עדכונים לקלינאי ולהורים.

הבעיה מבחינת הנדסת תוכנה

עיקר מטרת המערכת שלנו הוא לזהות האם הקלינאי והילד אמרו אותה המילה/קול של התרגול. כלומר, אם מדובר במילה, האם המערכת תזהה אותה המילה עבור היגוי הילד והקלינאי? ואם לא, האם הילד אמר חלק מהמילה בצורה נכונה? ואם מדובר רק בקול מסוים כמו "sh" או "kh" האם הילד מצליח להוציא הקול הזה? השיטות שבעזרתן ניתן להשיג את המטרה של האפליקציות הן שיטות בעלי אתגרים רציניים שמשפיעים באופן ישיר על המטרה העיקרית של האפליקציה:

- שיטת Speech to Text Models היא שיטה שכבר בשימוש רחב בעולם בזיהוי מילים שלמות בתוך משפט. כך שניתן לקחת ההקלטה של הילד וההקלטה של הקלינאי ולהריץ עליהן Speech to Text וזולהשוות בין המילים שנקלטו ולראות כמה הן קרובות אחת לשנייה. אבל נתקלים בבעיות הבאות:

- אם מדובר בשתי מילים שנשמעות אותו דבר אך נכתבות באופן שונה (there, their, they're) עלולה לתת ציון נכשל לילד למרות שהוא הוציא הקולות הנכונות.
- אם הקלינאי יגיד "תפוח" והילד יגיד "תפוווואח", כלומר יהגה עם דגש על חלקים לא נכונים המערכת עלולה לזהות שניהם כ "תפוח" והילד יקבל ציון עבר למרות

שנכשל במציאות, ולא יהיה לנו איך לדעת שהילד טעה כי אנחנו מסתכלים רק על התוצאה הסופית של המודל.

○ אם מדובר בקול מסוים שהוא לא כחלק ממילה, "sh" השיטה לא תצליח בכלל כי זו לא מטרתה.

- שיטת ניתוח קולי בעזרת Spectrograms היא שיטה שאין לה עד היום בינה מלאכותית שיודעת לזהות איזה קול או אות נאמר בהקלטה קצרה. באמצעות השיטה הזאת יהיה מאתגר מאוד לזהות האם שני אנשים השמיעו אותו הקול/ האות עקב הבעיות הבאות:

- א. אם שתי ההקלטות נקלטו ע"י שני מיקרופונים שונים עם איכותיים שונים.
- ב. אם רעש הרקע שונה בשתי ההקלטות.
- ג. אם מהירות הדיבור שונה בין שני המדברים.
- ד. אם תדירויות הקול שונות אצל שני המדברים. למשל, ילד וגבר מבוגר.
- ו. אם נרצה לבנות בינה מלאכותית מסוג זה נצטרך לבנות מאגר גדול מאוד של הקלטות של קולות עם הפירוש הכתוב של האות. ולפי בדיקתנו לא קיים משהו ברשת שדומה לרעיון הזה.

אתגרים בתכנות שנצרו במהלך פיתוח המערכת התומכת בפלטפורמות Web And Android במסגרת הדרישה שהאפליקציה תפעל על מספר פלטפורמות, בעיקר אנדרואיד והווב, למדתי להשתמש ב. Flutter-תהליך זה כלל מספר אתגרים כבדים ומורכבים לדוגמה:-

1) אינטגרציה עם מסד נתונים

בעיה: האפליקציה נדרשה לגשת למסד נתונים לביצוע פעולות שונות כמו שמירת והעלאת תרגולים, ניהול משתמשים, והקלטות קול.
אתגר: זמני תגובה ארוכים בעת בקשת והעלאת סרטונים הפחיתו את חוויית המשתמש.

2) שימוש במנגנון Caching

בעיה: כדי לשפר את הביצועים, היה צורך להוסיף מנגנון caching אתגרים:
i) במערכות אנדרואיד ו, iOS-מערכת הקבצים המקומית שונה מהמערכת המשמשת בווב.
ii) ניהול המידע במערכת caching חייב להיות יעיל ובטוח, כך שלא תהיה פגיעה במידע או באבטחת הנתונים.

3) עדכון העתק מקומי

בעיה: הנתונים המקומיים לא התעדכנו בזמן אמת כאשר הקלינאי הוסיף או שינה נתונים עבור הילד.
אתגר: הבטחת סנכרון הנתונים בכל הפלטפורמות.

(4) תאימות מצלמה

בעיה: ווידוא שהמצלמה עובדת היטב בכל הפלטפורמות.
אתגר: טיפול ב-API-שונים ובפונקציות מצלמה שונות לאנדרואיד iOS, והווב.

(5) פיתוח משחקים מתאימים

בעיה: פיתוח משחקים שמתאימים לילדים שאינם יכולים לקרוא או לכתוב, אך עדיין יכולים לדבר.

אתגר: שילוב ההתקדמות במשחק עם ביצוע התרגילים באופן המותאם לילדים.

(6) תמיכה בשפות שונות

בעיה: תמיכה בזיהוי דיבור עבור שפות שונות, כולל עברית.
אתגר: הבטחת דיוק בזיהוי הדיבור והצגת משוב מתאים לכל שפה נתמכת.

(7) סנכרון נתונים מול שרת

בעיה: סנכרון נתונים בין האפליקציה המקומית לשרת.
אתגר: ניהול קונפליקטים בנתונים והבטחת עקביות בין הנתונים המקומיים והשרתיים.

תיאור הפתרון

במהלך הפרויקט פיתחנו מערכת המציגה משחק מהנה לילדים, שבו הם מתקדמים באמצעות תרגולי דיבור. המערכת מנתחת את הדיבור של הילד ומעניקה לו ציון מתוך 100, המבוסס על רמת הדיוק והנכונות של היגוי הילד בהשוואה להיגוי הקלינאי. האפליקציה מתוכננת להביא תועלת לכל הצדדים המעורבים: קלינאי התקשורת יכולים לנהל את מטופליהם ביעילות רבה יותר בעזרת כלים מתקדמים; הילדים נהנים ממשחק שמגביר את המוטיבציה לביצוע תרגולים מותאמים אישית; וההורים מקבלים עדכונים שוטפים על התקדמות הילד מבלי להצטרך לבצע את התרגילים יחד עם הילד.

תהליך העבודה

1. **הוספת הילד**: הקלינאי מוסיף את הילד תחת הטיפול שלו ומזין את פרטי המידע הנדרשים.
 2. **הוספת תרגילים**: הקלינאי מוסיף רשימת תרגילים המתאימים למצבו של הילד.
 3. **ביצוע התרגילים**: במשחק ידידותי שבו ההתקדמות קשורה לביצוע התרגילים כך ש כל תרגיל מנחה את הילד להגיד מילה מסוימת.
 4. **הקלטת קול**: כאשר הילד מבצע את התרגיל, אנו מקליטים את קולו. על ההקלטה הזו מתבצעים השלבים הבאים:
 - **זיהוי קולי (Speech to Text)**: המרת הדיבור של הילד לטקסט.
 - **המרה ל- International Phonetic Alphabet**: כדי להתגבר על הבעיה של מילים עם צלילים זרים שנכתבות בצורה שונה, (כמו their, there, they're) נעשה המרה מטקסט שנקלט לפירוש פוניתי כתוב, המייצג את הצלילים של השפה המדוברת. (למשל There=Their=they're=ðɛr)
 - **חישוב מרחק הלוונשטיין**: השוואת ההיגוי של הילד להיגוי של הקלינאי באמצעות מרחק הלוונשטיין על הטקסט ב-IPA. לדוגמה, מרחק הלוונשטיין בין המילים "כלב" ל-"כולב" הוא 1, מכיוון שנדרש רק להוסיף אות 'ו' במיקום הנכון כדי להמיר את המילה הראשונה לשנייה. לפי המרחק הזה, ניתן לתת ציון נכונות להיגוי הילד.
 - **מתן ציון**: מתן ציון על פי רמת הדיוק של היגוי הילד.
 - **ביקורת ידנית (אופציונלית)**: שליחת ההקלטה לקלינאי לביקורת ידנית, אם יש צורך בכך. הקלינאי יכול להאזין להקלטה ולדרג אותה ידנית, ובכך ליצור תרגילים מותאמים אישית בצורה מדויקת יותר.
- דוגמאות למקרים שבהם הזיהוי הקולי עלול להיכשל כוללות ונצטרך בדיקה ידנית:
- הבדלים בדיקציה או בהגייה בין הילד לקלינאי, שיכולים לגרום למערכת לזהות מילים בצורה לא נכונה.

▪ הקלינאי מנחה את הילד להדיד אות\קול מסוים ולא מילה שלמה

(SHAKHAPHIGH).

עד לנקודה זו השתמשנו בזיהוי קולי בלבד, אשר הוכיח את עצמו כמוצלח בהשגת מטרות הפרויקט. עם זאת, ישנם מקרים בהם זיהוי קולי עלול להיות חסר, במיוחד כאשר הילד זקוק לעזרה בהיגוי עדין של אותיות מסוימות, כמו היגויי שגוי באות אחת או צלילים ספציפיים כמו "כ" ו-"ש".

ניתוח קולי (Sound Analysis) עשוי לשפר את הביצועים במקרים אלו, אך לא הצלחנו לממש זאת במסגרת הפרויקט בשל המורכבות והמשאבים הנדרשים. עם זאת, נוכל לספק תוכנית כללית ליישום ניתוח קולי להשגת המטרות הספציפיות שלנו בעתיד.

המלצות ליישום ניתוח קולי לעבודת המשך בעתיד:

5. **איסוף נתונים:** יש לאסוף מערך נתונים הכולל הקלטות של אנשים שאומרים מילים מסוימות יחד עם המילים עצמן כתובות. ניתן להשתמש במאגר שבעזרתו נבנו מודלים של Speech to Text.
 6. **חישוב Spectrogram:** לחשב את ה-Spectrogram של כל מילה.
 7. **מחקרי Phonetics:** להיעזר במחקרים של Spectrogram Phonetics כדי להבין את הפירוש הפונטי של כל חלק מכל מילה על ה-Spectrogram.
 8. **קיבוץ פירושים פונטיים:** להפריד כל פירוש פונטי מהמילים לקבוצות של Spectrograms המציגים פירוש פונטי מסוים.
 9. **תרגול המודל בינה מלאכותית:** לתרגל את המודל על מאגר הקבוצות ובכך ליצור בינה מלאכותית שיודעת לתת פירוש פונטי ל-Spectrogram שמייצג קול או אות מסוים.
- השלבים הנזכרים דורשים כמות אדירה של נתונים (DATA) שיש לנקות ולסדר לצרכים שלנו. נדרש כוח אדם שיבצע קלסיפיקציה לנתונים, ורק לאחר מכן ניתן לתרגל את המודל ולהשתמש בו, מה שידרוש זמן ומשאבים רבים שהיו מחוץ לטווח הפרויקט.

פתרונות טכנולוגיים ואינטגרציה

כדי להתמודד עם האתגרים שפורטו בחלק תיאור הבעיה, היינו צריכים למצוא פתרונות טכנולוגיים יצירתיים שישפרו את ביצועי האפליקציה ויתאימו לכל הפלטפורמות.

אינטגרציה עם מסד נתונים

כדי לפתור את בעיית זמן התגובה הארוך בעת בקשת והעלאת סרטונים, הוספנו מנגנון caching לאפליקציה. מנגנון זה מאפשר שמירת נתונים מקומית על המכשיר, כך שאין צורך לפנות לשרת בכל פעם שהמשתמש זקוק לנתונים. השימוש ב-caching העלה את ביצועי האפליקציה ושיפר את חוויית המשתמש. בנוסף, השתמשנו ב-Firebase Realtime Database + Storage לצורך ניהול נתונים בזמן אמת, וביצענו אופטימיזציה לקריאות למסד הנתונים כדי להקטין את זמני התגובה.

שימוש במנגנון Caching

כדי להבטיח שהמערכת תפעל בצורה חלקה בכל הפלטפורמות, פיתחנו מערכת caching המשתמשת במערכת הקבצים המקומית של אנדרואיד ו-iOS ובמערכת המתאימה לזו. בנוסף, יישמנו אלגוריתמים לאופטימיזציה של נתונים כדי שהמערכת תדע מתי להשתמש בנתונים המקומיים ומתי לגשת למסד הנתונים. בכך, הצלחנו לשפר את ביצועי האפליקציה ולהקטין את העומס על השרת.

עדכון העתק מקומי

כדי לפתור את בעיית העתק המקומי שלא מתעדכן בזמן אמת, יישמנו מנגנון של מאזינים (listeners) למסד הנתונים. מאזינים אלו מבטיחים שהנתונים המקומיים יתעדכנו מיידית כאשר הקלינאי מוסיף או משנה נתונים עבור הילד, באמצעות שימוש ב-Firebase Real Time Database של Firebase.

תאימות מצלמה

לאחר הרבה בדיקות ותיקון בעיות, הצלחנו לשלב את המצלמה בצורה חלקה באפליקציה על כל הפלטפורמות באמצעות שימוש בספריית camera של Flutter, אשר מספקת תמיכה גם לאנדרואיד וגם ל-iOS. הבטחנו חוויית משתמש חלקה ועקבית בכל המכשירים.

פיתוח משחקים מתאימים

כדי להתאים משחקים לילדים שאינם יכולים לקרוא או לכתוב, אך עדיין יכולים לדבר, פיתחנו משחק זיכרון התאמת קלפים. כל הצלחה בהתאמת זוג קלפים פותחת תרגיל דיבור. בנוסף, יישמנו מערכת שמאפשרת להוסיף משחקים נוספים בעתיד ולשלב את תרגילי הדיבור בהם בצורה חלקה, באמצעות קריאה פשוטה לפונקציה שמחליטה על התרגיל המתאים בהתבסס על ההתקדמות והניקוד של הילד בתרגילים קודמים.

תמיכה בשפות שונות

כדי להתמודד עם האתגר של תמיכה בזיהוי דיבור עבור שפות שונות, כולל עברית, השתמשנו במנועי זיהוי דיבור מתקדמים המסוגלים לזהות ולהתאים את התרגול לשפה המתאימה. כך, הבטחנו דיוק בזיהוי הדיבור והצגת משוב מתאים לכל שפה נתמכת.

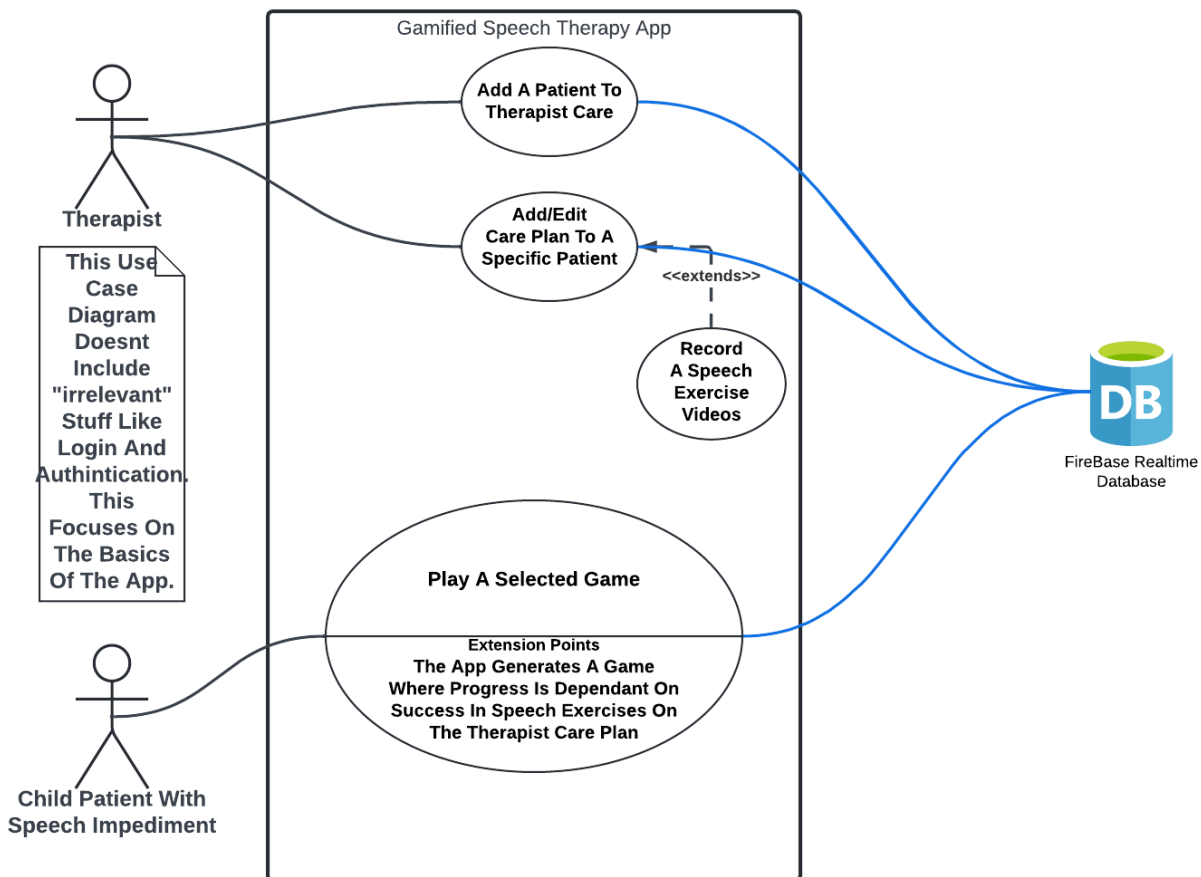
סנכרון נתונים מול שרת

כדי להבטיח סנכרון נתונים בין האפליקציה המקומית לשרת, יישמנו מנגנונים מתקדמים לניהול קונפליקטים בנתונים. זה כולל שמירה על עקביות הנתונים המקומיים והשרתיים, וביצוע סנכרון בזמן אמת כאשר יש שינויים בנתונים.

המשך הפרק תיאור הפתרון

בפרק זה נתעסק בתרשימים ומודלים מוכרים על מנת לסביר הפתרון.

1. Simplified Use Case Diagram UML

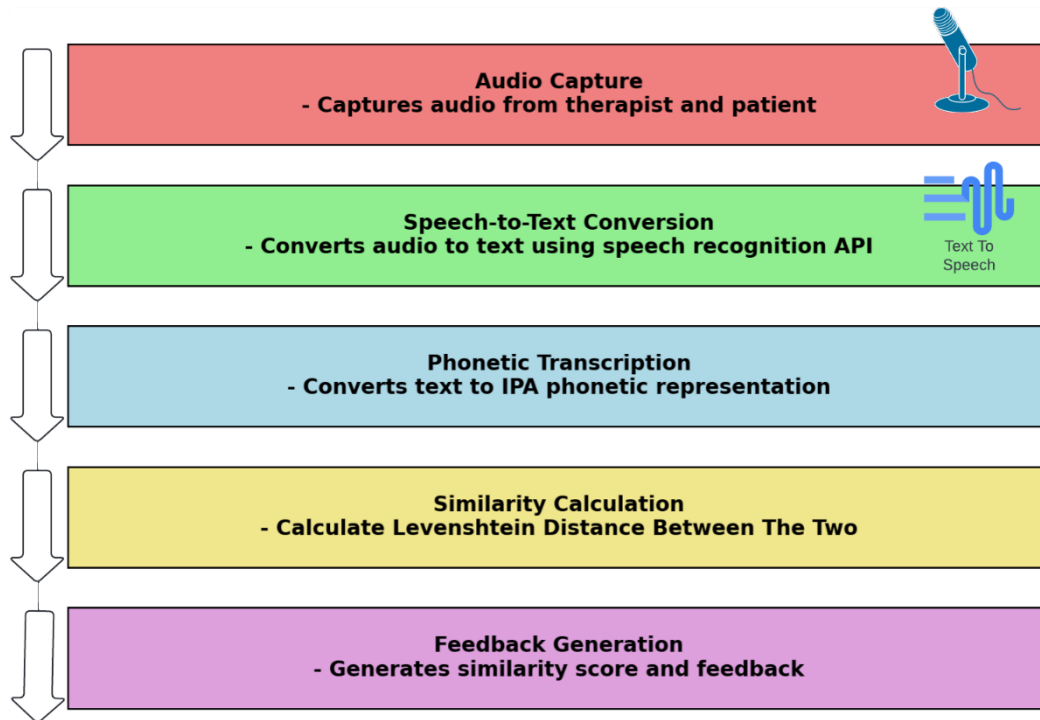


2. Use case templates for primary use cases

Title:	Record Speech Exercise Use Case Template
Description:	A feature allowing therapists to record speech exercises and associate them with patient care plans.
Actors:	Therapist
Preconditions:	Therapist is logged in and on the relevant patient care plan
Postconditions:	<ul style="list-style-type: none"> Speech exercises are recorded and associated with patient care plans. Patients can access recorded exercises for therapy sessions.
Basic flow:	<ol style="list-style-type: none"> Therapist logs in Navigates Home>Patient Management>Patient Name>Patient Care Plan. Therapist selects the "Record Speech Exercise." The system opens the recording interface. Therapist records speech exercises using the device's microphone and camera. Therapist categorizes and labels each recorded exercise. Therapist saves recorded exercises, associating them with specific patient care plans.
Alternative Flows:	Therapist previews the exercise as it will be presented to the child.
Exception Flows:	<ul style="list-style-type: none"> Therapist fails to fill required fields (exercise name, category, etc.) before saving, system prompts to fill all required fields. Network connection failure during recording, system alerts the therapist and advises to retry.

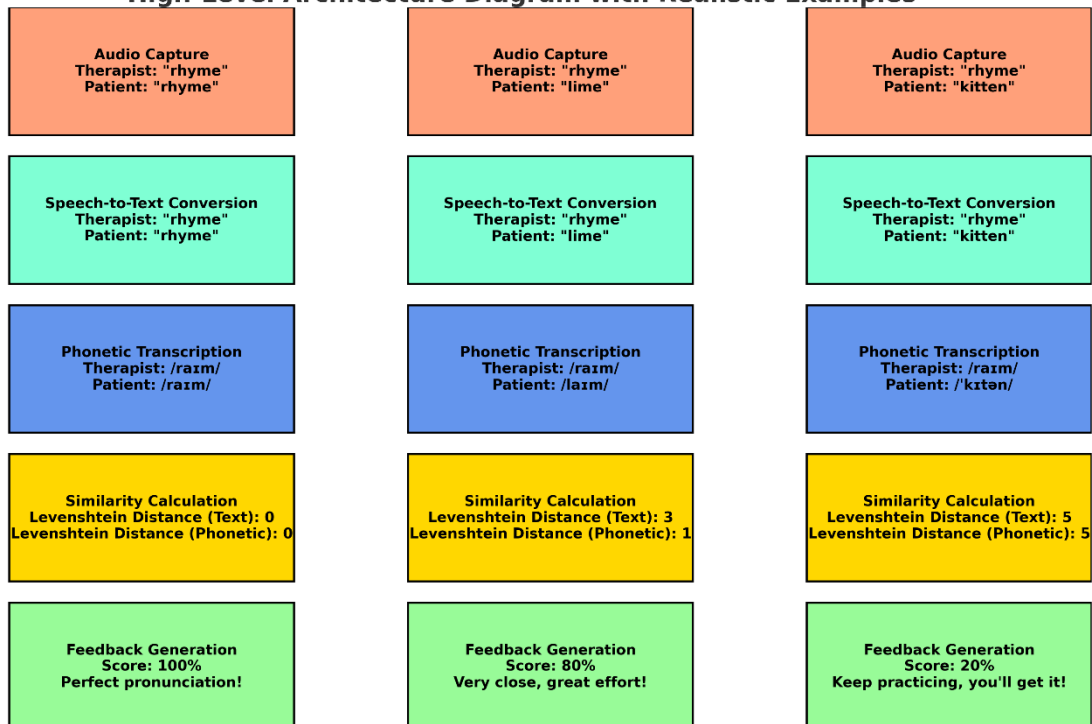
Title:	Play Game
Description:	A feature allowing child patients to engage in interactive games that depend on their success in completing speech exercises.
Actors:	Child Patient
Preconditions:	Child patient is logged in And on Homepage.
Postconditions:	Child patients progress through games based on success in completing speech exercises.
Basic flow:	<ol style="list-style-type: none"> Child patient selects the "Play Game" option from the app menu. The system displays a variety of interactive games suitable for children. Child patient selects a game to play. Game dynamically adjusts difficulty based on performance in speech exercises. Child patient progresses through the game as they successfully complete speech exercises.
Alternative Flows:	Therapist may customize game settings or select specific games for individual patients.
Exception Flows:	<ul style="list-style-type: none"> Child patient fails to complete speech exercises successfully, game difficulty remains unchanged or may decrease. Game performance issues due to network connectivity, system advises to check internet connection.

3. High-level architecture diagram for the similarity check function



3-High-Level Architecture Diagram For The Similarity Function

High-Level Architecture Diagram with Realistic Examples



מסקנות

סיכום יכולות המערכת

שפותחה מסוגלת לזהות ולהעריך את ההיגוי של הילד בהשוואה להיגוי הקלינאי באמצעות טכנולוגיות זיהוי דיבור מתקדמות. היא כוללת משחקי זיכרון עם תרגילי דיבור אינטראקטיביים, תומכת בשפות רבות כולל עברית, ומאפשרת סנכרון נתונים בזמן אמת עם Firebase. כל הנתונים נשמרים במכשיר המקומי לשיפור הביצועים וחויית המשתמש.

המלצות לעבודה עתידית

ניתוח קולי:

למרות שזיהוי קולי הוכיח את עצמו כמוצלח במימוש מטרות הפרויקט, ישנם מקרים בהם ניתוח קולי עשוי לשפר את הביצועים, במיוחד כאשר הילד זקוק לעזרה בהיגוי עדין של אותיות מסוימות. בעתיד, ניתן יהיה לשלב ניתוח Spectrogram כדי לזהות היגוי של קולות ואותיות בצורה מדויקת יותר. ניתן להיעזר במתודולוגיה שהצענו בתיאור הפתרון עבור ניתוח קולי.

שיפור חויית המשתמש:

כדי לשפר את חויית המשתמש, ניתן להוסיף אלמנטים משחקיים נוספים ופעילויות אינטראקטיביות, כולל אנימציות ומשוב חיובי. ניתן גם לשלב מערכת פרסים ותגמולים לשיפור המוטיבציה של הילדים.

סקלאביליות

כל הפיתוחים והאינטגרציות בוצעו בצורה שמאפשרת הרחבה קלה של המערכת בעתיד. ניתן להוסיף משחקים ותרגילים חדשים בצורה פשוטה, והארכיטקטורה של המערכת בנויה לתמוך בשפות נוספות ובמנועי זיהוי דיבור מתקדמים נוספים. כך, ניתן להבטיח שהמערכת תמשיך להשתפר ולהתאים לצרכים המשתנים של המשתמשים.

סיכום

המערכת שפותחה מהווה כלי יעיל לטיפול בדיבור באמצעות משחקים. היא מספקת לקלינאים כלים מתקדמים לניהול ולעקוב אחר התקדמות המטופלים, ולילדים חויית תרגול מהנה ומותאמת אישית. עם ההתפתחות המתמשכת בטכנולוגיות זיהוי דיבור ולמידת מכונה, המערכת צפויה להמשיך ולהשתפר, ולהוות כלי חשוב בטיפול בילדים עם לקויות דיבור.

בדיקות

Test ID	Test Case Description	Pre-conditions	Test Steps	Expected Result	Actual Result	Pass/Fail
FT10	Verify that users can log in with valid credentials.	App is installed and opened	<ol style="list-style-type: none"> 1. Navigate to the login page. 2. Enter valid username and password. 3. Click on the login button. 	User is successfully logged in and navigated to the home screen.	User successfully logged in and navigated to the home screen.	Pass
FT11	Verify that an error message is displayed for invalid login credentials.	App is installed and opened	<ol style="list-style-type: none"> 1. Navigate to the login page. 2. Enter invalid username or password. 3. Click on the login button. 	Error message 'Invalid credentials' is displayed.	Error message 'Invalid credentials' displayed.	Pass
FT12	Verify that users can reset their password.	App is installed and opened	<ol style="list-style-type: none"> 1. Navigate to the login page. 2. Click on the 'Forgot Password' link. 3. Enter the registered email address. 4. Click on the 'Reset Password' button. 	Password reset link is sent to the registered email address.	Password reset link sent to the registered email address.	Pass
FT13	Verify that therapists can register new patients.	Therapist is logged in	<ol style="list-style-type: none"> 1. Navigate to the patient management screen. 2. Click on 'Add New Patient'. 3. Enter patient details. 4. Click on 'Save'. 	New patient is added and details are saved.	New patient added and details saved.	Pass
FT14	Verify that speech exercises can be recorded.	User is logged in	<ol style="list-style-type: none"> 1. Navigate to the speech exercise page. 2. Click on 'Record'. 3. Speak into the microphone. 4. Click on 'Stop'. 5. Click on 'Submit'. 	Recording is saved and submitted successfully.	Recording saved and submitted successfully.	Pass
FT16	Verify that data is synchronized across devices.	User is logged in on multiple devices	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perform an action on one device (e.g., add a new patient, submit a speech exercise). 2. Check the other device for the update. 	Data is synchronized and visible on all devices.	Data synchronized and visible on all devices.	Pass

נספחים

סרטון Demo

<https://youtu.be/V9ilsECxcb4?si=RYb2zXPSEVwWk8sH>

סרטון דוח אלפא

<https://youtu.be/-B0b4D-t6ao?si=fW56VMKLBd8gdBD3>

סקר השוק שנעשה בדוח ההצעה

שם האפליקציה	תיאור	חוויית משתמש	בעיות	מחיר	דירוג	הורדות	עדכון להורים או למטפלים	מתאים לטיפול בהפרעות דיבור	תוכנית למידה לילדים	הגיית מילים בצורה נכונה	זיהוי היגוי חלקי של הילד
האפליקציה שלנו	חוויית משתמש מובהקת ותמיכה בעברית ובאנגלית.	חוויית משתמש מעולה, תמיכה בכל המקרים.	אין בעיות ידועות	יהיה מחיר	5.0	בדרך	✓	✓	✓	✓	✓
Buddy. AI	משחקי לימוד לילדים, אנימציות ופעילויות אינטראקטיביות.	חוויית משתמש מרגשת, תמיכה בשפת האם.	אין מזהה נכונות חלקית, תנועות שפתיים לא ברורות, לא מתאים לטיפול בדיבור.	60 ש"ח לחודש	4.5	4.5 מיליון	✓	✗	✓	✓	✗
Otsimo	סרטונים ללימוד מילים, מבקשים לחזור על המילה בקול רם.	חוויית משתמש מוגבלת, אין תמיכה בשפת האם.	איטי ומשעמם לגילאים צעירים.	55 ש"ח - הנחה עד 15 ש"ח לחודש	3.7	50,000	✗	✗	✓	✓	✗
Speech Blubs	סרטונים להגיית מילים וקולות.	מותאם לילדים, מלמד קולות של בעלי חיים.	לא שומע את הילד, אין אפשרות לתקן.	38 ש"ח לחודש	4.5	1 מיליון	✓	✗	✓	✓	✗
Reach Speech	תרגול דרך דמויות ומשחקים.	חייב עזרת מבוגר, אין תמיכה	חייב עזרת מבוגר, אין תמיכה	33 ש"ח	3.4	100,000	✗	✗	✗	✓	✗

תקציר סקר שוק

במסגרת השוואת אפליקציות לטיפול בדיבור, בדקנו מספר אפליקציות נפוצות. האפליקציה שלנו מציעה זיהוי היגוי חלקי, הגיית מילים נכונה, ותוכנית למידה מותאמת לילדים. היא מתאימה לטיפול בהפרעות דיבור ומספקת עדכונים להורים או למטפלים. תמיכה מלאה בעברית ובאנגלית, חוויית המשתמש היא מעולה. לעומת זאת, אפליקציות אחרות כמו Buddy.AI ו-Otismo לא מתאימות לטיפול בדיבור, סובלות מבעיות איטיות ותמיכה מוגבלת בשפות.

רשימת דרישות

דרישה פונקציונלית	תיאור
מערכת זיהוי דיבור	יכולת לזהות באופן מדויק את הדיבור של ילדים עם מכשולים בדיבור.
התאמה והתאמה אישית	הגדרות המותאמות לצרכיו הייחודיים של כל ילד ותבניות הדיבור.
משוב ותיקונים	משוב בזמן אמת על שגיאות בהגיית המילים והצעות לשיפור.
מעקב אחר התקדמות	יכולת לעקוב אחר התקדמות הילד. מעקב מותאם להורים וקלינאי.
תרגולים אינטראקטיביים	תרגולים או משחקים מעוררי עניין המתמקדים בסוגי דיבור ספציפיים.
ממשק ידידותי למשתמש	ממשק אינטואיטיבי המתאים לילדים, עם הוראות ברורות וניווט פשוט.
פרטיות נתונים ואבטחה	עמידה בתקנות הפרטיות ומדיניות אבטחה חזקה לנתוני הדיבור.
אינטגרציה עם טיפול קלינאי התקשורת	אינטגרציה חלקה עם ישיבות טיפול בדיבור במטרת לייעל התרגול בבית.
תמיכה	המערכת תתמוך ב ANDROID AND WEB

ביבליוגרפיה

Reference	Link
Russel, K. Spectrogram Sounds	Link
Australian Linguistics. Spectrograms	Link
Google Images. Spectrogram	Link
Google Images. Phonetics	Link
Kaggle. Phonetics	Link
Verkhodanova, O., & Agakov, F. (2016). Phonetic Features Extraction and Analysis of Vowels Based on the Spectrogram Data	Link
Google Firebase. Setup Firebase on Android	Link
Google Firebase. Install Firebase CLI on Windows	Link
Fireship. Basics of Flutter	Link
Flutter Guys. Basics of Front-end Flutter	Link
Crash Course. Speech Recognition	Link
IBM Technology. Natural Language Processing	Link
MarcusNg. Speech to Text in Flutter	Link
KevinStratvert. Whisper AI From ChatGPT (Speech to Text)	Link
LogRocket. Adding Speech to Text & Text to Speech Support Flutter App	Link
Acadaimy. Speech to Text and Spectrograms	Link

Abstract

Children with speech impediments require consistent speech therapy with a speech therapist to improve their communication skills. Part of the therapy involves speech exercises at home with parents, but these are often not engaging enough for young children, leading to a lack of motivation and inconsistent practice. This project presents a gamified speech therapy platform designed to make speech therapy more engaging for children while providing therapists with tools to effectively manage and track their patients' progress.

The platform integrates advanced speech recognition technologies to assess the accuracy of the child's pronunciation compared to that of the therapist. By converting spoken words to text and then to phonetic representations, the system can evaluate how closely the child's speech matches the expected pronunciation, even for partial matches. This feature is crucial for providing precise feedback to children and helping them improve their speech incrementally.

The application includes a memory game where successful matches unlock speech exercises. These exercises are recorded by the therapist, who encourages and guides the child in a manner tailored to their age and condition, similar to in-clinic sessions. This allows the child to practice interactively. Using Firebase for real-time database management ensures that all data is synchronized across devices, providing a seamless user experience for both therapists and children.

Additionally, the platform supports multiple languages, including Hebrew, making it suitable for a wide range of users. It uses caching mechanisms to achieve quick response time dealing with the short attention span of the child while also reducing server load, ensuring high performance even with extensive use. The platform's architecture allows easy integration of additional games, exercises and speech recognition models, making it an efficient solution for speech therapy.

Beyond its technical features, the platform improves communication between therapists, children, and their families. Therapists can easily add new patients, record and upload personalized speech exercises, and track progress in real-time. Children engage with therapy through interactive games, making the learning process enjoyable and motivating. Parents can monitor their child's progress and stay informed about their development.

In conclusion, this gamified speech therapy platform offers an innovative solution to traditional speech therapy challenges by combining advanced technology with engaging game mechanics. It enhances the therapy experience for children, provides valuable tools for therapists, and facilitates better communication between therapists, children, and their families.

Software Engineering Department

Final Project 2024

Speech therapy for kids with speech impediments using speech recognition

by

Mousa Tams

Academic Advisor: Eliedaat Adler