

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

MOBILNÁ APLIKÁCIA PRE PACIENTOV S AFÁZIOU
Diplomová práca

2017

Bc. Štefan Marcin

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

MOBILNÁ APLIKÁCIA PRE PACIENTOV S AFÁZIOU
Diplomová práca

Študijný program: Informatika
Študijný odbor: 9.2.1 Informatika
Školiace pracovisko: Katedra počítačov a informatiky
Školiteľ: Ing. Eva Chovancová, PhD.
Konzultant: Ing. Eva Chovancová, PhD.

2017 Košice

Bc. Štefan Marcin

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY
Katedra počítačov a informatiky

ZADANIE
DIPLOMOVEJ PRÁCE

Študijný odbor: **Informatika**

Študijný program: **Informatika**

Názov práce:

Mobilná aplikácia pre pacientov s afáziou

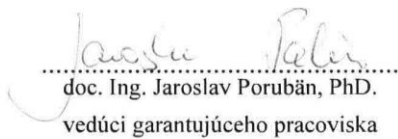
Mobile application for patient with aphasia

Študent: **Bc. Štefan Marcin**
Školiteľ: **Ing. Eva Chovancová, PhD.**
Školiace pracovisko: **Katedra počítačov a informatiky**
Konzultant práce: **Ing. Eva Chovancová, PhD.**
Pracovisko konzultanta: **Katedra počítačov a informatiky**

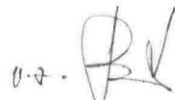
Pokyny na vypracovanie diplomovej práce:

1. Analyzovať aktuálny stav danej problematiky.
2. Navrhnuť koncept aplikácie pre pacientov s afáziou na platforme Android.
3. Implementovať, otestovať a zhodnotiť navrhnuté riešenie.
4. Vypracovať dokumentáciu na základe pokynov vedúceho práce a katedrových štandardov.

Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: slovenský
Termín pre odovzdanie práce: 28.04.2017
Dátum zadania diplomovej práce: 31.10.2016


doc. Ing. Jaroslav Porubán, PhD.
vedúci garantujúceho pracoviska




prof. Ing. Liberios Vokorokos, PhD.
dekan fakulty

Abstrakt

Táto diplomová práca sa venuje problematike vývoja mobilnej aplikácie pre pacientov s afáziou v slovenskom prostredí. Úvod práce definuje pojem afázia, predstavuje terapie a úlohu techniky pri jej podpore. Od všeobecnej úlohy techniky práca prechádza aj cez mobilné aplikácie zvané Speech Therapy a SLP apps venujúce sa cvičeniam rečových schopností. Nasleduje analýza týchto existujúcich komplexných riešení v zahraničí a jednoduchších riešení aj v slovenskom prostredí. Zo zhrnutia spoločných vlastností riešení sú predstavené z nich plynúce výzvy. V časti návrhu sú spomenuté tri zdroje požiadaviek na novú aplikáciu: komunikácia s odborníkom v oblasti afázie, odporúčané vedecké články a technické dodefinovanie. Primárnym zameraním aplikácie je jazyková podpora, prítomnosť viacerých terapeutických cvičení a možnosť ľahko rozširovať databázu položiek v cvičeniach. Vo fáze implementácie je predstavený pracovný rámec, do ktorého je vsadených 7 cvičení. Následne sú predstavené implementačné postupy pre ďalšie funkcionality mobilnej aplikácie. Za účelom rozširovania databázy je v krátkosti uvedená implementácia webového portálu pre terapeutov na manipuláciu s položkami. Projekt je v poslednej časti práce vyhodnotený z viacerých kritérií. Hodnotenie používateľského zážitku aplikácie sa uskutočnilo prostredníctvom dotazníka a implementovaný projekt je porovnávaný aj s existujúcimi riešeniami. Vzhľadom na otvorenosť pre dodatočný vývoj, porovnanie s existujúcimi riešeniami a spokojnosť respondentov dotazníka má projekt potenciál prínosu v podpore terapie afázie. V závere práca hľadá možnosti dodatočného vývoja projektu, a to z používateľského a technického hľadiska.

Kľúčové slová

mobilná aplikácia, afázia, smartfón, reč, komunikácia, SLP aplikácia, Speech Therapy aplikácie

Abstract

This diploma thesis deals with the development of mobile applications for patients with aphasia in the Slovak environment. The introduction of the work defines the term aphasia and describes the therapy and the role of the technique in its support. From the role of technical work, it also goes through solutions called Speech Therapy applications and SLP applications for speech skills training. An analysis of these existing complex solutions abroad and simpler solutions in the Slovak environment follows. A summary of the common features of the solutions is the result of the challenges ahead. There are three sources of new application requirements mentioned in the design part of the thesis: communication with aphasic expert, recommended scientific articles, and technical redefinition. The primary focus of the application is language support, the presence of multiple therapeutic exercises and the ability to easily expand the inner database in the exercises. In the implementation phase thesis describes a new framework, in which 7 exercises are counted. Consequently, implementation procedures for further mobile application functionality are introduced. In order to expand the database, there is brief of implementation of the web portal for therapists to manipulate with items database. Last part of the thesis evaluates the project from more points of view. Evaluation of user experience has been done through a questionnaire and the implemented project is also compared with existing solutions. Considering opened design for additional development, comparison with existing solutions and the satisfaction of respondents to the questionnaire, the project has the potential to benefit in promoting aphasia therapy. In the end, the thesis looks for possibilities of additional development of the project in terms of user and technology.

Keywords

mobile application, aphasia, language, communication, smartphone, SLP application, Speech Therapy apps

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som celú diplomovú prácu vypracoval samostatne s použitím uvedenej odbornej literatúry.

Košice, 27. apríla 2017

.....

vlastnoručný podpis

PodĎakovanie

Týmto spôsobom chcem vyjadriť vĎaku všetkým, ktorí podporili nápad a realizáciu tejto práce. Bohu ďakujem za vernosť, inšpirácie a silu začať a dokončiť to, k čomu ma pozval. A keďže si na to použil ľudí, chcem ďakovať aj im. Svojej vedúcej práce Ing. Eve Chovancovej, PhD. za ochotu konzultovať a vedenie počas celého procesu. Veľká vĎaka patrí prof. PaedDr. Zsoltovi Cséfalvayovi, PhD. za možnosť konzultácie a jeho pohľad doménového experta, jeho študentke a mojej priateľke Lucii Šarišskej za prvotnú inšpiráciu, trpezlivosť v konzultáciách a motiváciu prostredníctvom rozhovorov ako aj mojej rodine za ustavičnú podporu a ústretovosť.

Obsah

Zoznam obrázkov	11
Zoznam tabuliek	12
Zoznam symbolov a skratiek	13
1 Úvod	14
2 Problematika afázie	16
2.1 Definícia afázie z odborného hľadiska.....	16
2.2 Typy afázie a pacienti	17
2.3 Spôsoby terapie.....	18
2.4 Úloha technológie ako podpory terapie	18
2.5 Smartfónové aplikácie na podporu terapie pre pacientov s afáziou	21
3 Speech Therapy aplikácie	23
3.1 Aplikácie spoločnosti Virtual Speech Center.....	23
3.2 Produkt spoločnosti Constant Therapy	27
3.3 TalkPath Therapy od Lingraphica	29
3.4 Tactus Therapy	30
3.5 Slovenské aplikácie pre pacientov s afáziou	31
3.6 Zhrnutie spoločných znakov.....	32
3.6.1 Pochopenie domény aplikácie	32
3.6.2 Multimediálne podnety.....	32
3.6.3 Monitorovanie cvičenia.....	33
3.6.4 Uchopenie cieľovej platformy	33
3.6.5 Komerčné využitie	33
4 Výzvy plynúce z aktuálneho stavu problematiky	34
4.1 Požiadavky získavané z odboru	34
4.2 Databáza pojmov.....	34
4.3 Cieľová platforma	35
4.4 Spätná väzba a spôsoby hodnotenia aplikácie.....	36

5	Návrh projektu NUT	37
5.1	Požiadavky na novú aplikáciu.....	37
5.1.1	Požiadavky z domény afázie.....	37
5.1.2	Požiadavky odporúčaní štúdií.....	38
5.1.3	Dodatočné technické požiadavky.....	39
5.2	Voľba technológií a návrh modelu	40
5.2.1	Cieľová platforma a zvolené technológie.....	40
5.2.2	Cvičenia v aplikácii.....	41
5.3	Dátový model a databáza.....	42
5.4	Návrh grafického rozhrania	46
6	Implementácia projektu NUT	48
6.1	Tvorba pracovného rámca pre cvičenia v NUT app	48
6.2	Implementácia cvičení v NUT app.....	49
6.2.1	Cvičenie R1: Rozlišovanie písmen a pseudopísmen	49
6.2.2	Cvičenie R2: Identifikovanie tvaru písmena	50
6.2.3	Cvičenie R3: Rozlišovanie slov a pseudoslov	50
6.2.4	Cvičenie W1: Písanie slov	51
6.2.5	Cvičenie C1: Podstatné mená – označ obrázkov.....	52
6.2.6	Cvičenie C2: Slovesá – označ obrázkov	53
6.2.7	Cvičenie P1: Pomenovanie	54
6.2.8	Precvičovanie chýb v cvičeniach.....	56
6.3	Služby v NUT app.....	57
6.3.1	Služba LazyDownloadTask.....	57
6.3.2	Služba UpdateDatabaseTask	58
6.3.3	Služba GarbageCollectionTask	58
6.3.4	Implementácia podporných funkcionalít	59
6.4	Aktivity v NUT app.....	61
6.5	Základná databáza položiek	62

6.6	Implementácia webového servera NUT web	62
6.6.1	Zvolené technológie a pracovné rámce pre NUT web	62
6.6.2	Tvorba webového rozhrania	63
6.6.3	Využitie servletov pre spracovanie požiadaviek	64
6.6.4	Funkcionalita nahrávania zvukov a prehliadač súborov	65
6.6.5	Funkcionalita prehliadania súborov	66
6.6.6	Prepojenie multimediálnych súborov a ich mazanie	66
6.6.7	Autentifikácia vo webovom portáli	67
7	Vyhodnotenie, využitie a uplatnenie projektu	69
7.1	Používateľský zážitok	69
7.2	Porovnanie projektu s existujúcimi riešeniami	72
7.3	Možnosti smerovania projektu	74
7.4	Technické hľadisko vývoja	75
7.5	Používateľské hľadisko vývoja	76
8	Záver	78
	Zoznam použitej literatúry	80
	Prílohy	82

Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Hlavná ponuka aplikácie Auditory Processing Studio.....	24
Obrázok 2: Príklad cvičenia v aplikácii Comprehension Aphasia	24
Obrázok 3: Príklad cvičenia aplikácie The Reading Aphasia.....	25
Obrázok 4: Príklad cvičenia v aplikácii Verbal Reasoning.....	26
Obrázok 5: Príklad cvičenia v aplikácii Word Retrieval	26
Obrázok 6: Výber cvičení v aplikácii Constant Therapy.....	28
Obrázok 7: Cvičenie spájania obrázku so slovom v aplikácii TalkPath Terapy	29
Obrázok 8: Výber kategórie položiek na precvičovanie v Language Therapy.....	30
Obrázok 9: Hlavná ponuka aplikácie Vizualné čítanie.....	32
Obrázok 10: Konceptuálny dátový model aplikácie NUT	44
Obrázok 11: Náčrt úvodných obrazoviek	46
Obrázok 12: Náčrt obrazoviek ponuky cvičení v kategóriách	47
Obrázok 13: Náčrt obrazoviek cvičení z kategórie Čítanie	47
Obrázok 14: Ukážka obrazovky pre cvičenie R1.....	49
Obrázok 15: Ukážka obrazovky pre cvičenie R2.....	50
Obrázok 16: Ukážka obrazovky pre cvičenie R3.....	51
Obrázok 17: Ukážka obrazovky pre cvičenie W1	51
Obrázok 18: Ukážka obrazovky pre cvičenie C1.....	52
Obrázok 19: Ukážka obrazovky pre cvičenie C2.....	53
Obrázok 20: Ukážka obrazovky pre cvičenie P1	54
Obrázok 21: Ukážka obrazovky rozcvičky pre cvičenie P1	55
Obrázok 22: Ukážka webového portálu NUT web v časti úpravy položky v kategórii Nábytok.....	64
Obrázok 23: Ukážka NUT web v časti prehliadania multimediálnych súborov.....	66
Obrázok 24: Graf vyhodnotenia súhlasu s prvými troma výroky v dotazníku	70
Obrázok 25: Graf vyhodnotenia súhlasu so štvrtým až šiestym výrokom v dotazníku.....	70
Obrázok 26: Graf vyhodnotenia súhlasu zvyšnými výroky v dotazníku.....	71
Obrázok 27: Graf vyhodnotenia nezrozumiteľnosti cvičení.....	71

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Prehľad typov afázie	17
Tabuľka 2: Prehľad aktivít mobilnej aplikácie NUT	61
Tabuľka 3: Porovnanie cieľového jazyka, platformy a licencie	72
Tabuľka 4: Porovnanie vlastností: prispôsobiteľnosť databázy, internet a chytré funkcie.....	73
Tabuľka 5: Prehľad vlastností: Počet cvičení, monitorovanie cvičenia, motivačné prvky	74

Zoznam symbolov a skratiek

C1	pracovné označenie cvičenia „Podstatné mená – označ obrázkov“ v projekte NUT
C2	pracovné označenie cvičenia „Slovesá – označ obrázkov“ v projekte NUT
CC0	licencia Creative Commons 1.0: Public Domain Dedication
GNU GPL	všeobecná verejná licencia GNU
JDBC	Java Database Connectivity
JS	JavaScript
JSP	JavaServer Pages
P1	pracovné označenie cvičenia „Pomenovanie“ v projekte NUT
R1	pracovné označenie cvičenia „Rozlišovanie písmen a pseudopísmen“ v projekte NUT
R2	pracovné označenie cvičenia „Identifikovanie tvaru písmena“ v projekte NUT
R3	pracovné označenie cvičenia „Rozlišovanie slov a pseudoslov“ v projekte NUT
RBAC	Role-based access control, na roliach založená kontrola prístupu
SLP	Speech-Language Pathology
W1	pracovné označenie cvičenia „Písanie slov“ v projekte NUT

1 Úvod

V dobe prenikania informačných technológií do mnohých sfér ľudského života sa vynára otázka, kde sú hranice ich pôsobnosti. Sú oblasti, v ktorých sa informačným technológiám nedostáva dôvery zo strany expertov. Sledujeme pokusy nasadiť umelú inteligenciu pri prekladoch jazyka, pri riadení motorových vozidiel či regulácii nukleárných procesov. V medicíne však technika slúži skôr ako nástroj pre mechanizáciu a automatizáciu rutinných úloh, a teda nepreberá zodpovednosť za život pacientov.

Napriek tomu vznikajú softvérové produkty, ktoré sa snažia podporiť zdravie človeka. Hoci nevieme zaručiť komplexný profesionálny prístup techniky pre diagnostiku, voľbu terapie alebo jej realizáciu v rámci konkrétneho ochorenia, existujú aplikácie, ktoré aspoň sčasti pomáhajú pri týchto činnostiach. Keďže sa svet informačných technológií stále viac prispôsobuje bežným používateľom zo širokej verejnosti, otvára sa aj dostupnosť týchto medicínskych zameraných produktov laikom. Posledné desaťročie navyše pozorujeme stále častejšie využívanie mobilných telefónov a ich chytrých funkcionalít na podporu každodenných činností.

Nie je zvláštnosťou, že aplikovaním informačných technológií v oblasti medicíny sa pre používateľov mobilných telefónov otvorili nové možnosti, ktoré sa týkajú diagnostiky, prevencie, zdravého životného štýlu, monitorovania zdravia, podpory terapie a mnoho ďalších aktivít. Keďže však zdravie človeka zahŕňa obrovské množstvo oblastí, je vhodné hodnotiť aplikovanie informačných technológií na základe jednej zvolenej oblasti.

V oblasti afázie, teda poruchy komunikácie v dôsledku poškodenia mozgu kvôli náhlym mozgovým príhodám, nádorom alebo vážnej operácii, sa v zahraničí vyvinuli celé komunity venujúce sa terapii aj prostredníctvom mobilných aplikácií. Ide o jednoduché programy, ktoré pacientom ponúkajú prostredie na precvičovanie komunikačných schopností, a takto istým spôsobom podporujú terapiu afázie.

Hlavne na Slovensku pozorujeme vážnosť situácie, kde je pomer pacientov s afáziou ku terapeutom neúnosný. Pacient s afáziou potrebuje inteligentnú pomoc pri precvičovaní svojich kognitívno-komunikačných schopností. Tento dozor je však časovo náročný, a preto pre mnohých nemožný. Zatiaľ čo v zahraničí vznikajú aj komerčné produkty zamerané práve na podporu terapie afázie, v našej krajine tieto riešenia chýbajú. Súčasná situácia otvára možnosti vývoja mobilnej aplikácie pre pacientov s afáziou na Slovensku, a teda prispôsobenú na domáce pomery a potreby. Práve tomuto vývoju sa venujeme v tejto práci.

Zohľadňujúc fakt, že aplikácia bude slúžiť predovšetkým v rozmedzí logopedickej až medicínskej domény, jej vývoj si vyžaduje interdisciplinárny prístup. To je dôvod, prečo sa v práci budeme opierať o poznatky z odboru afázie a komunikáciu so špičkovým profesionálom v tejto oblasti. Úspešnosť tohto typu programu totiž bude záležať viac od jeho použiteľnosti ako technologickej prepracovanosti. A hoci dlhodobú použiteľnosť a úspešnosť riešenia ukáže čas, splnenie základných predpokladov vieme skontrolovať už skôr. Súčasťou práce je preto aj získavanie požiadaviek na aplikáciu, ich definovanie a hodnotenie ich splnenia. Pokus vytvoriť mobilnú aplikáciu pre pacientov s afáziou predstavuje prvý krok v takto úzko špecifikovanej oblasti na Slovensku. Táto iniciatíva preto prináša poznatky a postrehy, ktoré môžu slúžiť ako východisko pre dodatočný vývoj aplikácií skvalitňujúcich život ľudí.

2 Problematika afázie

Termín afázia je pre oblasť informačných technológií vzdialený, pokiaľ nie úplne cudzí. Ide o doménový pojem používaný v medicíne a logopédií. Aj keď sa s ním spoločnosť stretáva často, nepoužíva tento termín na označenie diagnózy či syndrémov. Pri študovaní problematiky afázie je preto nevyhnutné siahnuť po definíciách z odborného hľadiska.

2.1 Definícia afázie z odborného hľadiska

Logopedický pojem afázia definuje prof. Cséfalvay [1] ako získanú poruchu produkcie a porozumenia reči, ktorá vznikne pri ložiskovom poškodení mozgu. Najčastejšou príčinou afázie sú mozgovo-cievne ochorenia, známe pod názvom náhle cievne mozgové príhody. Konkrétne sa jedná o mozgovú krvácanie alebo o ischémiu mozgovej tepny (zúženie, upchatie cievy), ktoré zasiahnu predovšetkým dominantnú mozgovú hemisféru. Ďalšími možnými príčinami vzniku sú mozgové nádory a lézie mozgu spôsobené úrazmi [2].

Zjednodušene teda môžeme povedať, že pacient s afáziou má získanú poruchu reči na rôznych úrovniach. Do úvahy musíme totiž vziať fakt, že reč nie je len produkcia slov, ale aj chápanie ich významov, grafický obraz napísaných slov, ich použitie a podobne.

Táto ťažká porucha reči môže mať rôzny klinický obraz, čo znamená, že existuje viacero typov afázie, ktoré sa prejavujú rozličnými symptómami. To, aká ťažká, resp. ľahká bude pacientova afázia, závisí od rozsahu a umiestnenia mozgového poškodenia [2]. V súčasnosti najuznávanejšia klasifikácia afázie, tzv. bostonská klasifikácia, vychádza z predpokladu, že lézia špecifických častí mozgu vedie ku konkrétnemu špecifickému typu afázie, ktorý má svoje typické symptómy [3]. To sa dá zjednodušiť aj pomocou tvrdenia, že to, aké symptómy a typ poruchy reči pacient má, závisí od toho, ktorá časť jeho mozgu je poškodená.

Vo všeobecnosti za príznaky afázie považujeme: narušenie plynulosti reči, narušenie schopnosti porozumieť reči, agramatickú reč (reč, pri ktorej pacient tvorí slová v základnom tvare, nečasuje, neskloňuje: „muž piť“), parafázie (zámeny slov podobného významu: lev za tiger, alebo zvukové zámeny hlások v slove: lev za lem) a perseverácie (opakovanie tej istej reakcie na rozličné otázky, napr. odpoveď „toto“ na každú otázku logopéda). [2] Tieto príznaky sa môžu v rôznej miere prejavovať pri rôznych typoch afázie. Sú zjavne viditeľné pri plnení diagnostických úloh, ktoré sú pacientovi zadávané pri logopedickom vyšetrení. Objavujú sa v spontánnej reči, pri pomenovaní obrázkov, hodnotení porozumenia alebo aj pri úlohe opakovania slov či viet, ktoré hovorí terapeut.

2.2 Typy afázie a pacienti

Pre ilustráciu veľkej variability tohto narušenia ponúkame v tabuľke prehľadné zhrnutie prejavov jednotlivých typov afázie (tzv. syndrómov afázie), podľa ktorých môžeme zatriediť prevažnú väčšinu pacientov [2].

SYNDRÓM AFÁZIE	Spontánna reč pacienta	Schopnosť opakovať slová	Pomenovanie predmetov	Narušenie porozumenia reči
Globálna afázia	úplne absentuje/ stereotypné slovo (napr. no)	ťažko narušená	ťažko narušené	ťažké
Brocova afázia	neplynulá, agramatická, s parafáziami	narušená	narušené	ľahké až ťažké
Transkortikálna motorická afázia	neplynulá	zachovaná, max. ľahko narušená	narušené	ľahké až stredne ťažké
Zmiešaná transkortikálna afázia	neplynulá, stereotypné slová (napr. no)	zachovaná, max. mierne narušená	narušené	ťažké
Wernickeho afázia	plynulá, s parafáziami, s neologizmami	narušená	narušené	ťažké
Konduktívna afázia	plynulá	výrazne narušená, veľa parafázií	ľahko narušené	ľahké
Amnestická afázia	plynulá, ale prítomné pauzy	zachovaná	narušené	ľahké
Transkortikálna senzorická afázia	plynulá	zachovaná	narušené	ťažké

Tabuľka 1: Prehľad typov afázie

Podľa prof. Cséfalvaya [2] vo viacerých prípadoch sa k vyššie popísaným poruchám hovorenej reči pridávajú aj problémy písanej formy reči, t.j. problémy čítania a písania. Tieto poruchy sú taktiež získané mozgovým poškodením a nazývame ich alexia (získaná porucha čítania) a agrafia (získaná porucha písania). Môžu sa vyskytovať súčasne s afáziou, alebo nezávisle od nej. Napriek tomu, že nedisponujeme dátami o počte nových prípadov ochorenia za rok či aktuálnym zastúpením týchto prípadov v populácii, odhaduje sa, že afázia vznikne asi u tretiny pacientov po prekonaní náhlej cievnej mozgovej príhody, pričom tento stav pretrváva asi u 30-45% z nich [2]. To je jeden z dôvodov, prečo je problematike afázie kladená vážnosť aj v dnešnej dobe.

2.3 Spôsoby terapie

V snahe priblížiť sa doméne je podstatná aj liečba, resp. terapia afázie. Logopedická terapia afázie je úzko spätá s lekárskou terapiou základného ochorenia, ktoré bolo príčinou, prečo afázia vznikla. Treba podotknúť, že afázia môže mať dve formy: postupujúcu a nepostupujúcu. Pri postupujúcej, napríklad v prípade nádoru na mozgu, je pravdepodobné, že afázia bude stále silnejšia a naopak pri nepostupujúcej sa ochorenie môže zmenšovať, ak bude nasadená správna terapia [2].

Samotné hodnotenie úspešnosti terapie afázie je predmetom výskumov už niekoľko desaťročí. Basso [2] uvádza, že existuje viac než 200 výskumov porovnávajúcich 2 skupiny pacientov (s terapiou a bez nej), ktoré potvrdzujú zmiernenie príznakov ochorenia u pacientov, ktorí terapiu podstúpili. Cséfalvay [1] však poukazuje aj na ďalšiu závažnú skutočnosť, ktorou je to, že efektivitu ponúkanej terapie výrazne ovplyvňuje jej dĺžka a intenzita. V terapii chronických pacientov, do ktorého sa štádia sa pacient dostáva 6-12 mesiacov po mozgovej príhode, práve tento faktor rozhoduje o úspešnosti či neúspešnosti práce logopéda. Webster a Howard [2] uvádzajú, že častokrát sa v praxi stáva, že pacienti dostávajú iba tzv. homeopatické dávky terapie. Pod takýmto vyjadrením rozumieme terapiu vo frekvencii 1x za týždeň alebo ešte zriedkavejšie. Môžeme predpokladať, že práve takáto neintenzívna terapia môže byť dôvodom, prečo práca logopéda neprináša významnejšie zmeny v rámci klinického obrazu pacienta.

V logopedických ambulanciách v našich podmienkach je však aj takto frekventovaná starostlivosť skôr výnimočným luxusom, než bežnou praxou. Starostlivosť o pacienta je zabezpečená prevažne v prvých týždňoch ochorenia na neurologických či rehabilitačných oddeleniach nemocníc, no chýbajú logopédi, ktorí by mali možnosť poskytovať kontinuálnu intenzívnu terapiu chronickým pacientom v špecializovaných centrách [2]. Pacienti navštevujúci logopedickú ambulanciu sú preto odkázaní na intenzívne precvičovanie úloh zadaných logopedom v domácom prostredí. Potrebujú však pomoc či vedenie, aby u nich nedošlo k fixácii chybných odpovedí. To sa ukazuje ako značná ťažkosť, keďže tréning treba niekoľkokrát denne opakovať a ostatní členovia rodiny mnohokrát nemajú k dispozícii toľko času na takýto tréning svojich príbuzných.

Preto je len prirodzené, že vznikajú pokusy tieto tréningy automatizovať použitím súčasných informačných technológií. Tu sa javia ako rozumné riešenie smartfóny a ich mobilné aplikácie.

2.4 Úloha technológie ako podpory terapie

Ako bolo naznačené vyššie, technológie sa aplikujú do mnohých odvetví za účelom skvalitnenia alebo aspoň zjednodušenia služieb ich automatizáciou. Ak by sme sa zamerali len na

oblasť mobilných aplikácií, zistili by sme prekvapivý fakt. Terry [4] uvádza, že už v druhej polovici roku 2009 narástol počet smartfónových aplikácií zameraných na zdravotnú starostlivosť z niekoľkých stoviek na okolie čísla 7000, pričom významné množstvo z nich bolo zamerané na používanie profesionálmi v zdravotníctve. Sarasohn-Kahn vo svojej štúdii [5] ponúka prieskum trhu aplikácií pre iPhone a uvádza, že v roku 2010 bolo zo všetkých aplikácií určených pre medicínske použitie len 3% pre pacientov chronických ochorení.

Články hovoria o aplikáciách zameraných na medicínske účely, čo však v sebe zahŕňa veľké množstvo oblastí. Ak sa chceme sústrediť len na oblasť afázie a podporu terapie prostredníctvom smartfónov, je vhodné vychádzať z prípadových štúdií, ktoré nás vedia usmerniť, či má aj v tejto oblasti využitie informačných technológií zmysel.

Routhier, Bier a Macoir [6] prišli s prípadovou štúdiou takéhoto druhu. Štúdia skúmala, ako budú dvaja účastníci s chronickým stavom po cievnej mozgovej príhode reagovať na podporu terapie prostredníctvom tabletu a jeho aplikácie. Prostredníctvom mobilnej aplikácie s množstvom nápodiev sa učili pomenovať 113 slovies. Intenzita tréningu bola štyrikrát do týždňa po 45 až 60 minút pre každý tréning a v celkovom rozsahu 5 týždňov. Cieľom bolo zistiť odpoveď na dve otázky: Bude mať takto technicky podporená terapia vplyv na zlepšenie stavu pacientov? Ako budú pacienti spokojní so samo-spravovaným testovaním pomocou mobilnej aplikácie doma? Aplikácia ponúkala videá popisujúce cieľové slovesá a ďalšie pomôcky. Výsledky boli pozitívne – z meraní vyplynulo, že jeden pacient sa zlepšil výrazne, druhý skromnejšie. Obaja však opakovane vyjadrili vysokú spokojnosť s možnosťou trénovať sa prostredníctvom aplikácie doma. Experiment bol úspešný, no obmedzený v jednej oblasti. Autori presne vytýčili počet tréningov a ich intenzitu. Respondenti mali spustenú aplikáciu štyrikrát za týždeň a stále sa jej obsah trochu pozmenil. Nemali možnosť vlastnou iniciatívou prispieť k terapii.

Túto nevýhodu odstraňuje štúdia [7] od Mallet a spol., ktorí sa zamerali na zlučiteľnosť mobilných aplikácií (tohto zamerania) s rehabilitáciou po cievnych mozgových príhodách v akútnej liečbe. Použili zariadenie iPad Air s ôsmimi mobilnými aplikáciami zameranými na problematiku afázie a väčšie množstvo účastníkov. Zo 143 oslovených pacientov sa testu zúčastnilo 30 a proces dokončilo 29. Iné bolo aj štádium afázie – štúdia sa zamerala na čas tesne po cievnej mozgovej príhode – do štrnástich dní. Trvanie testovania bolo určené na dobu intenzívnej starostlivosti v zariadení. U rôznych pacientov bola teda intenzita terapie z dlhodobého hľadiska rôzna, no pohybovala sa od 10 po 25 dní. Na rozdiel od predchádzajúcej štúdie boli v tejto štúdii respondenti inštruovaní prichádzať s aplikáciami do styku aspoň hodinu denne bez horného obmedzenia. Prekvapivé bolo zistenie, koľko času strávili s tabletom pacienti priemerne. Napriek odporúčaným

60 minútam to bolo priemerne 149,8 minút. Traja z respondentov dokonca strávili priemerne s tabletom viac ako 5 hodín denne. Z týchto údajov môžeme predpokladať, že motivácia rehabilitácie sa možnosťou jej dostupnosti prostredníctvom smartfónov môže ešte zvyšovať.

Lindsay a spol. vo svojich odporúčaníach pod názvom Canadian Best Practice Recommendations for Stroke Care uvádza nasledujúcu radu: „*Pacienti by mali minimálne tri hodiny päťkrát týždenne dostávať úlohovo-špecifickú terapiu vyvinutú interprofesionálnym tímom pre cievne mozgové príhody.*“ [8]. Ak teda vychádzame z už spomenutého faktu, že kvalitu terapie ovplyvňuje aj jej dĺžka, ktorú ani na Slovensku ani v zahraničí nie je ľahké zabezpečiť, smartfóny a ich aplikácie sa práve kvôli ich dostupnosti stávajú veľmi nápomocnými. Ich hlavnými výhodami totiž okrem dostupnosti sú:

- Jednoduché sprostredkovanie vnemov – ak vezmeme do úvahy alternatívu vo forme obrázkových kníh a zvukových nahrávok s nejakým zvukovým médiom, smartfóny implicitne disponujú funkciami na audiovizuálne vnemy, čo je ich hlavnou výhodou.
- Inteligentné funkcie – okrem podnetov, ktoré je smartfón schopný sprostredkovať ide aj o spôsob, ktorým to realizuje. U pacientov s afáziou je potrebné zaistiť spôsob kontroly tréningu, aby sme zabezpečili účinnosť a správnosť učenia. Kritéria vyhodnotenia správnosti učenia sú v chytrom telefóne nechané na implementáciu aplikácie, ktorá môže využiť celú paletu technológií od najjednoduchších validátorov správnych odpovedí po umelú inteligenciu a rozpoznávanie hlasu. Takto vieme zabezpečiť aspoň čiastočný odborný dozor počas tréningu. Ďalšou oblasťou môžu byť rôzne funkcie mobilného telefónu ako je pripomenutie pacientovi, že má mať tréning a podobne.
- Automatizácia – zhotovovanie správ o výsledkoch, mailovej správy terapeutovi, kontrola správnosti a podobné úlohy môžu byť automatizované. Mobilné aplikácie sa tu stávajú v istom zmysle automatmi, ktoré uľahčia prácu hlavne terapeutom. Wingard a Paulding spomínajú aj ekologické hľadisko, ak porovnáme textovú knihu s elektronickou publikáciou materiálov [11]. Tréning pomocou elektronického zariadenia v porovnaní s tréningom využitím papierov a pera má ekologickejší charakter.
- Prispôsobiteľnosť – v súčasnosti sa trend vývoja informačných technológií uberať smerom, kde sa technológie stále viac prispôbujú človeku. Dôraz sa kladie na jednoduchosť zmeny, škálovateľnosť a univerzálnosť. Pre pacientov to môže byť výhodou pre možnosť zhotoviť aplikáciu na mieru, zacielenú na konkrétne potreby pacienta a využiť aj najpriateľnejší spôsob, ktorým sa budú tréningy realizovať.

Wingard a Paulding spracovali výhody a nevýhody mobilných aplikácií a ich pohľad je zverejnený na stránke American Speech-Language-Hearing Association [11]. Tam sa môžeme dozvedieť nasledujúce nevýhody:

- Vstupná investícia – najväčšou položkou je zabezpečenie fyzických zariadení – smartfónu, tabletu alebo iného zariadenia na prevádzkovanie aplikácie. Ak predpokladáme, že väčšina ľudí disponuje nejakým chytrým zariadením, ostávajú už iba dodatočné náklady na zakúpenie aplikácie.
- Konektivita – požiadavka na internetové pripojenie sa v závislosti od aplikácie líši. Veľké množstvo aplikácií však kvôli multimediálnym súborom a veľkej databáze používa dynamické načítavanie z internetu, čo podmieňuje funkčnosť aplikácie len na miestach s internetovou dostupnosťou (WiFi alebo mobilná sieť).

Pri všetkých vymenovaných pozitívach a negatívach je dôležité podotknúť, že úlohou a cieľom mobilných aplikácií nie je nahradiť prácu logopéda či iného terapeuta, ale len pomôcť s rutinnými tréningmi práve svojou dostupnosťou a funkcionalitami. Taktiež je vhodné spomenúť, že kvalita mobilnej aplikácie závisí predovšetkým od toho, ako dobre odzrkadľuje problematiku, ktorej je venovaná. V oblasti afázie je preto nevyhnutné poznať medicínsko-logopedické hľadisko.

2.5 Smartfónové aplikácie na podporu terapie pre pacientov s afáziou

Terapia afázie v logopedicko-medicínskom prostredí môže nadobúdať rôzne formy. Ak sa zameriame len na tréningy, môžeme zdefinovať požiadavky alebo funkcie, ktoré má správna mobilná aplikácia podporujúca terapiu afázie spĺňať:

- podobnosť so vzdelávacími aplikáciami,
- jazyková špecifickosť,
- dôraz je kladený na jednoduchosť a témy,
- k ich tvorbe je dôležitý interdisciplinárny prístup,
- patria súčasť kategórie s označením Speech Therapy / SLP.

Pacienti s afáziou môžu mať niektoré pojmy úplne zabudnuté. V tom prípade je súčasťou terapie učenie sa nových pojmov, ich významov, gramatiky a podobných prvkov. V tom sa aj mobilné aplikácie podobajú aplikáciám, ktoré sú cielené na učenie sa jazyka. Rozdiel je len v tom, že sú z jazykovedného hľadiska jazykovo špecifické.

Môžeme povedať, že mimo cieľového jazyka prináša aplikácia len minimálny úžitok. Ak napríklad hovoríme o aplikácii, ktorá môže učiť pacientov nové pojmy vo francúzštine, slovenskí pacienti s afáziou ju na podporu terapie primárne nevyužijú, keďže je viazaná na francúzštinu.

Technologicky sú aplikácie jednoduché a ich najsilnejšou stránkou je databáza podnetov, ktoré tvoria tému aplikácie. Ak ide napríklad o aplikáciu, ktorá pacienta oboznamuje so zdvorilostnými frázami, podstatné je mať multimediálne materiály, ktoré súvisia s touto témou. Z technologického hľadiska je teda zaujímavé vidieť návrh dátového modelu a spôsoby implementácie databázy, ako aj jej aktualizáciu, rozšíriteľnosť a pripravenosť na zmeny.

Salis a Hwang [9] tvrdia, že *„tvorba väčšiny technológií na skvalitnenie života ľudí s afáziou, porozumenie a odstránenie ich bariér k prístupu k technológiám vyžaduje interdisciplinárny prístup.“* Keďže softvér odzrkadľuje porozumenie problému, pri jeho zostavení je dôležitým aspektom spolupráca ľudí z oblasti afaziológie a IT odborníkov, aby sa mohli prepojiť a využiť znalosti oboch odborov.

Afázia je o poruche reči a jazyka, preto sa jej terapii venujú prevažne logopédi. V zahraničí nesie táto terapia označenie Speech Therapy. Mobilné aplikácie tohto zamerania preberajú tento názov a tvoria tak vlastnú kategóriu – Speech Therapy aplikácie, prípadne Speech-Language Pathology aplikácie so skratkou SLP.

3 Speech Therapy aplikácie

Z už spomenutého dôvodu multidisciplinárneho prístupu sa aplikácie v kategórii Speech Therapy alebo SLP zväčša nevyvíjajú ako samostatné produkty. Mnoho z nižšie uvedených patrí do skupiny produktov, ktoré sú dodávané ako riešenie konkrétnej spoločnosti zameranej Speech Therapy / SLP smerom. Tieto spoločnosti poskytujú svoj portál, na ktorom poskytujú dodatočnú podporu formou multimediálnych materiálov, blogov, štúdií a množstva odborných rád, ktoré sprevádzajú terapiu. Aj keď spoločnosti podporujúce Speech Therapy stále pribúdajú, na slovenskom trhu je ich veľmi málo.

3.1 Aplikácie spoločnosti Virtual Speech Center

Spoločnosť Virtual Speech Center poskytuje na svojom portáli [12] inovatívne Speech Therapy aplikácie pre verejnosť. Drvivá väčšina mobilných aplikácií je vyvinutá pre iPad a iPhone zariadenia. Ide o komerčnú spoločnosť, ktorej produkty si môžu zákazníci zakúpiť. V súčasnosti ponúka 28 aplikácií, ktoré sú dostupné k zakúpeniu na AppStore.

V kategórii afázie sú medzi aplikácie vyvinuté certifikovanými odborníkmi SLP zaradené nasledovné: Auditory Processing Studio, Word Retrieval, Verbal Reasoning, Comprehension Aphasia a The Reading Aphasia. Z oblasti afázie sa každá z aplikácií zameriava na jednu podčasť terapie. V súčasnosti sú všetky aplikácie platené.

Všetky aplikácie majú rovnaký základný princíp. Je ich možné spustiť na platforme iOS, nevyžadujú internetové pripojenie, keďže sa databáza pojmov dodáva so samotnou aplikáciou a majú jednoduché menu so 4 možnosťami: začať hru, info, nastavenia a správy o výsledkoch. Každá z aplikácií má ďalej profily, pod ktorými sa používateľ trénuje a získava výsledky.

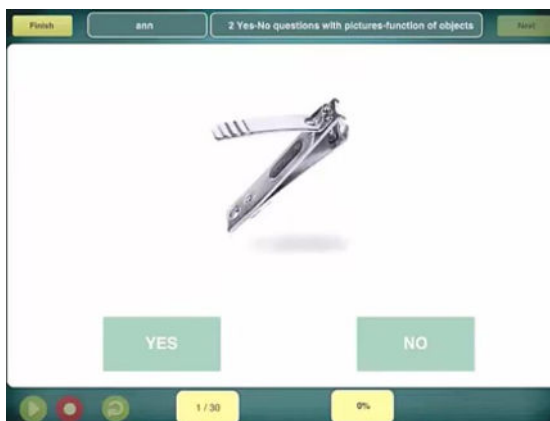
Na Obrázok 1 je znázornený snímok obrazovky hlavnej ponuky aplikácie Auditory Processing Studio. V aplikácii ide o precvičovanie počúvania. Princíp cvičení je zameraný na dopĺňanie do vety, prípadne hranie sa so slovami rôznymi kreatívnymi obmenami, napríklad ako sa zmení slovo Tomy, ak písmeno T vymeníme za M a podobne.



Obrázok 1: Hlavná ponuka aplikácie Auditory Processing Studio

Aplikácia využíva nahraté zadania v audio súboroch a vizuálne vnemy sú sprostredkované pomocou obrázkov. Program má rôzny spôsob overovania odpovedí. Niektoré zadania majú možnosť nahráť vlastnú odpoveď na otázku a prehrať správnu odpoveď. Vyhodnotenie je potom ponechané na používateľovi prostredníctvom dvoch tlačidiel: zelený symbol pre správnu odpoveď a červené „X“ pre nesprávnu odpoveď. Na záver cvičenia dostane používateľ odmenu formou voľnej minihry – má možnosť zahrať si na znázornených obrázkových bicích hudobných nástrojoch.

Aplikácia Comprehension Aphasia má hlavnú ponuku podobnú predchádzajúcemu programu, akurát v inej farebnej téme. Ako jediná svojho druhu od tejto spoločnosti je vyvinutá aj pre platformu Android. Cieľom je posilňovať cvičenie porozumenia slov. Preto sa cvičenia zameriavajú na úlohy, ktorých vyplnenie závisí od správneho pochopenia inštrukcie. Príklad zobrazuje Obrázok 2.



Obrázok 2: Príklad cvičenia v aplikácii Comprehension Aphasia

Používateľ si vypočuje zadanie, napríklad: „Sú manikúrové nožnice na strihanie našich rúk?“ Z dvoch možností má potom označiť tlačidlom odpoveď, ktorá logicky sedí s otázkou. V iných úlohách má napríklad označiť nejakú postupnosť obrázkov v poradí, ktoré si vypočuje v zadaní a podobne.

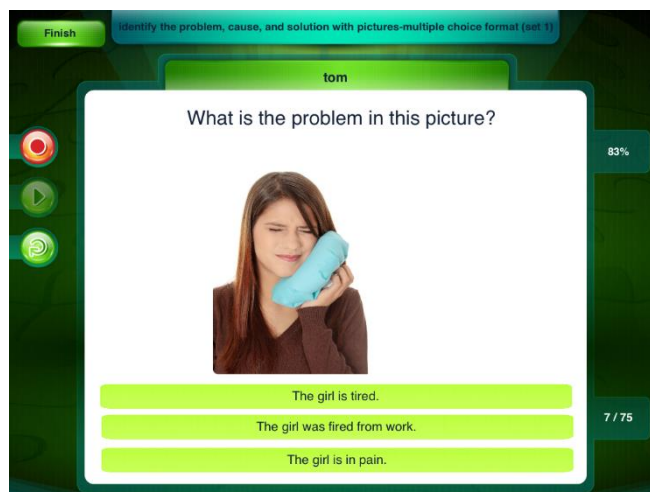
Na podporu terapie schopnosti čítania bola vyvinutá aplikácia The Reading Aphasia. Hlavná ponuka je opäť rozlíšená od ostatných aplikácií farebnou témou. Cvičenia môžeme zadeliť do troch úrovní podľa oblastí, na ktoré sa zameriavajú: slová, frázy a vety. V každej sú tri typy princípov: spájanie obrázka s pojmom na danej úrovni, spájanie pojmu z úrovne s obrázkom a spájanie pojmu s pojmom, prípadne dopĺňanie viet. Príklad cvičenia spájania frázy s obrázkom je znázorňuje Obrázok 3.



Obrázok 3: Príklad cvičenia aplikácie The Reading Aphasia

Spájanie sa tu uskutočňuje prostredníctvom kliknutia na tlačidlo, ktorým môže byť text alebo obrázok.

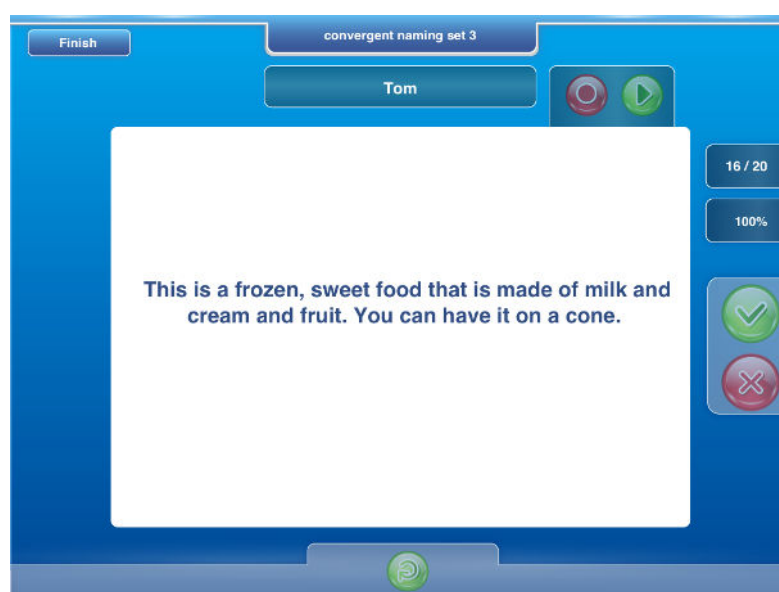
Aplikácia Verbal Reasoning je cielená na kritické myslenie pacientov. Cvičenia sa rôznia a v každom je predstavený problém, ktorý má používateľ myslením vyriešiť. Na to sa používajú otázky typu „Čo by si robil, keby...“, „Čo by sa stalo keby...“, prípadne „Prečo...“. Používateľ je v cvičení vsadený do kontextu, pričom sa predpokladá, že situáciu z počutia a čítania pochopí a cvičiť si bude vyhodnocovanie a uvažovanie nad situáciou. Na Obrázok 4 je znázornený ďalší druh cvičenia.



Obrázok 4: Príklad cvičenia v aplikácii Verbal Reasoning

V uvedenom príklade ide o opis obrázku, no skôr jeho vyššieho významu. Pacient tu má pomocou tlačidla označiť, o aký problém sa jedná. Odpovede sú nevyhnutne zviazané s konkrétnym obrázkom. Ako bonus a prvok odmeny je v hre k dispozícii aj minihra Puzzle, o ktorú je oproti predchádzajúcim aplikáciám rozšírená hlavná ponuka.

Word Retrieval je aplikácia s cieľovou skupinou pacientov, ktorí majú ťažkosti s nachádzaním správnych slov. Pod týmto pojmom sa nemyslí len pomenovanie ako vyjadrenie názvu predmetu na obrázku, ale aj dopĺňanie slov do viet podľa jej zmyslu, hľadanie asociácií, definovanie pojmov a ďalšie úlohy, ktoré sú v aplikácii implementované na precvičovanie. Na splnenie niektorých úloh sa používa samohodnotenie podporené funkcionalitou nahrávania odpovede a porovnanie so správnou odpoveďou. Na Obrázok 5 je zobrazený tento typ cvičenia.



Obrázok 5: Príklad cvičenia v aplikácii Word Retrieval

Uvedený obrázok zobrazuje používateľa Tom, ktorý sa pomocou textovej pomôcky a zvukovej pomôcky vo forme prečítania tohto textu pokúša uhádnuť slovo zodpovedajúce opisu. Samohodnotenie spočíva v označení zeleného alebo červeného tlačidla v pravej časti obrazovky podľa toho, či používateľ uhádol alebo nie.

Keďže sú tieto aplikácie postavené na rovnakom princípe, je možné nájsť v nich istú podobnosť. K ich ďalším spoločným prvkom patria po zhrnutí tieto vlastnosti:

- sú navrhnuté pre platformu iOS, Comprehension Aphasia má implementáciu aj pre Android,
- ponúkajú predmety tréningov zadelené v kategóriách, ktoré si pred spustením môže používateľ zvoliť,
- používateľ si môže vytvoriť vlastný účet, ktorý je označovaný pojmom Student,
- podľa vlastného účtu si môže používateľ prezerať správy o výsledkoch svojich úloh, poslať výsledky tréningu mailom,
- cieľový jazyk, ktorého schopnosti sa precvičujú, je len angličtina,
- databázy sú v aplikáciách prítomné offline, takže na spustenie tréningu zariadenie nemusí mať pripojenie na internet,
- všetky aplikácie sú platené.

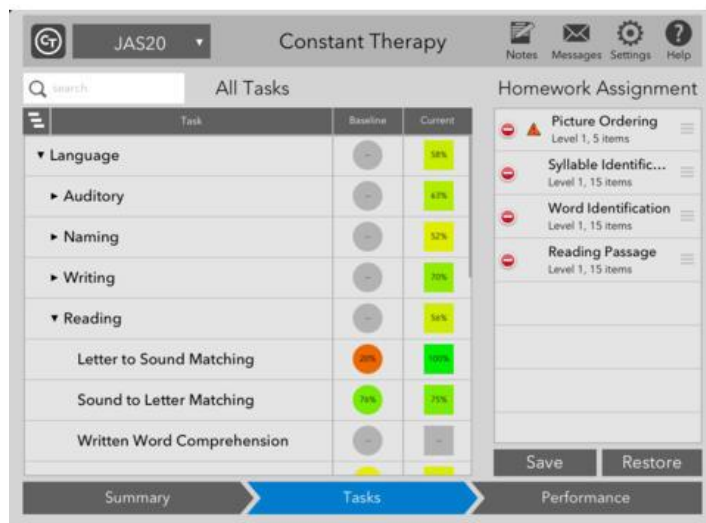
Okrem týchto vlastností je vhodné spomenúť, že v Verbal Reasoning a Auditory Processing Studio obsahujú motivačné prvky pre pacientov vo forme odmien a minihier.

3.2 Produkt spoločnosti Constant Therapy

Spoločnosť Constant Therapy [13] ponúka produkt s rovnomenným názvom ako mobilnú aplikáciu na platforme iOS a Android. V tíme expertov je renomovaná afáziologička Dr. Swathi Kiran ako spoluzakladateľka projektu. Na svojej stránke predstavujú produkt spolu so svedectvami pacientov, ktorí si ho už vyskúšali. Aj keď je zameraný komerčne, neplatenú skúšobnú verziu si môže vyskúšať ktokoľvek na 30 dní.

Aplikácia je z technologického hľadiska špecifická rozsiahlou implementáciou úloh. Obsahuje 65 rôznych kategórií úloh s odlišným princípom, nad 60 000 stimulov a všetko je vsadené do 10 úrovní obťažnosti. Aby sa zabezpečil osobný prístup k pacientovi, úlohy a cvičenia sú prispôbené na mieru. Pri prvom spustení aplikácie je pacient po vytvorení účtu jednoducho analyzovaný. To sa deje prostredníctvom úvodného dotazníka, kde sa pýta na jeho vek, druh poškodenia alebo diagnózy, dobu trvania ochorenia a podobne. Následne sa prejde niekoľko reprezentatívnych úloh, pri ktorých sa zisťuje, ktoré z nich pacient nezvláda. Podľa tejto analýzy sa potom prispôbujú

cvičenia, ktoré môže pacient denne spúšťať z hlavnej ponuky. Okrem toho má stále k dispozícii celú sadu ostatných úloh. Na Obrázok 6 je zobrazený snímok obrazovky aplikácie v pokročilom výbere cvičení.



Obrázok 6: Výber cvičení v aplikácii Constant Therapy

Na obrázku môžeme vidieť výber kategórie cvičenia a konkrétneho cvičenia. V aplikácii nájdeme cvičenia, ako sú:

- identifikovanie slova na základe vypočutého,
- spájanie písmena alebo slova so zvukom,
- overovanie rýmovania sa slov,
- hľadanie rovnakých symbolov podľa vzoru,
- pomenovanie obrázkov,
- určovanie času,
- zoradovanie slov podľa abecedného poradia,
- a mnoho ďalších.

V každom riadku pri voľbe cvičenia je ďalej úspešnosť v rámci celej existencie používateľského účtu a aktuálna úspešnosť v cvičení. Výsledky sa spracúvajú a je možné ich zobrazit v grafe. Tento prvok považujú zákazníci za dôležitý z hľadiska motivácie. Snímok obrazovky vyhodnotenia je zaznamenaný na obrázku.

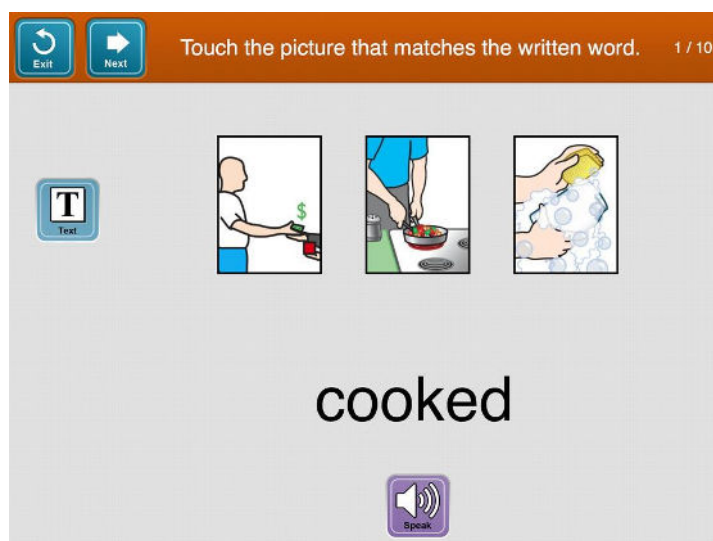
Jednou veľkou nevýhodou programu je požiadavka internetového pripojenia. Aj keď zisťovanie pripojenia funguje pružne a stabilne, bez internetu sa aplikácia v drvivej väčšine prípadov používať nedá. Ďalšou charakteristikou programu je jeho zameranie len na anglický jazyk.

3.3 TalkPath Therapy od Lingraphica

TalkPath je projekt spoločnosti Lingraphica, ktorá neobmedzila podporu terapie afázie len na mobilné zariadenia, ale prostredníctvom webového portálu je možné cvičiť na ktoromkoľvek zariadení s webovým prehliadačom. Veľkou výhodou je to, že aplikácia je celá bezplatná a mobilná aplikácia pre iOS má v sebe offline databázu už nahratých stimulov, teda nevyžaduje pripojenie na internet. Podobne ako v predchádzajúcich riešeniach má tento projekt sadu cvičení, ktoré sú pre účely podpory terapie afázie zadelené do štyroch kategórii:

- Čítanie – obsahuje cvičenia na spojenie slova s obrázkom, dokončenie frázy, odpovedanie na otázku a označenie odpovede podľa inštrukcií.
- Písanie – patria sem cvičenia na prepísanie slova, zoradenie slov vo vete, hláskovanie a dokončenie vety.
- Počúvanie – obsahuje cvičenia na spájanie rovnakých slov a písmen, spájanie názvov s obrázkami, popis obrázka a dopĺňanie do vety.
- Rozprávanie – zahŕňa v sebe cvičenia na pomenovanie predmetov na obrázku použitím zvukových pomôcok bez ich použitia.

Nevýhodou webovej implementácie je nezladenosť obrázkov, zvukov a doba odozvy na odpovede. Obrázok 7 predstavuje snímok cvičenia spájania obrázka so slovom.



Obrázok 7: Cvičenie spájania obrázku so slovom v aplikácii TalkPath Therapy

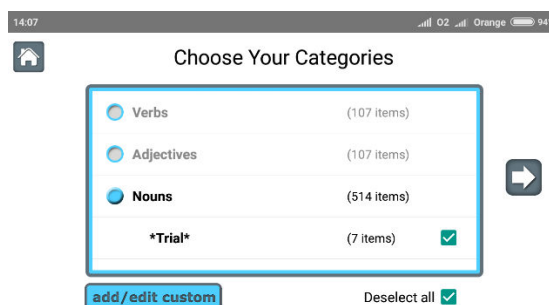
Aplikácia taktiež obsahuje správu o výsledkoch z motivačných dôvodov pre pacientov. Výsledky súvisiace s účtom sú synchronizované v prípade dostupného internetového pripojenia, no aplikácia funguje aj bez neho a ukladá si ich lokálne.

3.4 Tactus Therapy

Tactus Therapy [14] je projekt zakladateľov Megan S. Sutton ako certifikovanej SLP odborníčky s viac ako 10 ročnou praxou v oblasti afázie a Ben Carter, programátora aplikácií s viac ako 15 ročnou praxou v oblasti vývoja video hier. Na svojom portáli ponúkajú v súčasnosti 22 SLP aplikácií, z ktorých je 16 zameraných na problematiku afázie. Všetky majú charakter tréningu. Na rozdiel od Virtual Speech Center poskytujú univerzálnu aplikáciu Language Therapy, kde majú vbudované všetky 4 základné kategórie cvičení pre pacientov: čítanie, písanie, porozumenie a pomenovanie. Na svojej stránke v časti Blogs píše, že v ich riešení okrem iných prvkov nenájdete:

1. Log-in screen – predpokladajú, že používateľov s afáziou znepríjemňuje prihlasovanie a spravovanie účtov a pamätanie hesiel je neúnosné. V aplikáciách nemajú používatelia svoj účet.
2. Požiadavka dostupnosti internetu – aplikácie fungujú úplne bez internetu a prístup je potrebný len v dvoch prípadoch: pri stiahnutí programu a pri aktualizácii. Táto výhoda sa však vyvažuje veľkosťou aplikácie. Pre uvedenie príkladu inštalačný balík pre Language Therapy na iOS presahuje 300 MB.

Ich riešenie pomocou programu Language Therapy poskytuje dokonca zameranie na viac jazykov. V súčasnosti je v ponuke angličtina, nemčina, francúzština a španielčina. Čo sa týka rôznosti cvičení, oproti ostatným aplikáciám neprichádzajú s novými princípmi, no ponúkajú silnú databázu slov zadelených do kategórií, ktoré si používateľ pri vstupe do tréningu môže zvoliť. Momentálne obsahuje nad 700 položiek zahrňujúcich podstatné mená, adjektíva a slovesá. Program je navrhnutý pre operačný systém iOS a aj Android. Voľba kategórií je znázornená na snímku obrazovky na Obrázok 8.



Obrázok 8: Výber kategórie položiek na precvičovanie v Language Therapy

Okrem základných kategórií, ktoré sú zobrazené na tomto obrázku si môže používateľ v závislosti od druhu cvičenia pridať vlastné kategórie a pojmy. Aplikácia využíva mikrofón

a fotoaparát, ktorými si pacient môže sfotiť nový predmet, nahráť pomôcky a uložiť si ich do vlastnej kategórie. Takto sa dá vytvoriť vlastná skupina pojmov na precvičovanie a priamo lokálne sa tak terapia prispôsobuje pacientovým potrebám. Generované správy o výsledkoch cvičenia je možné poslať terapeutovi na mail.

3.5 Slovenské aplikácie pre pacientov s afáziou

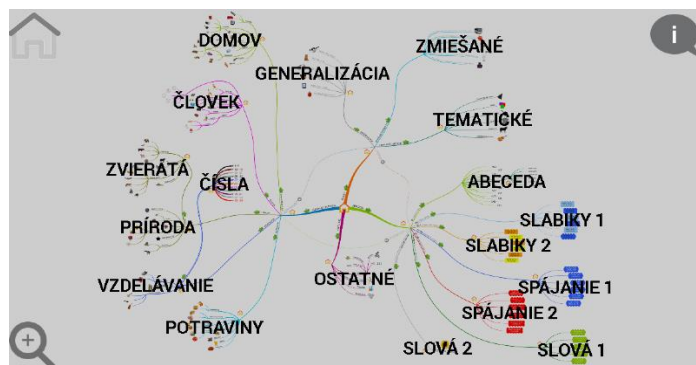
Aj keď existuje veľké množstvo aplikácií pre pacientov s afáziou na svetovom trhu, Slováci ich užitočne použiť nemôžu. Cieľový jazyk v nich hrá totiž kľúčovú úlohu. Na pomoc slovenským pacientom je teda potrebná aplikácia s cieľovým jazykom slovenčina.

Na slovenskom trhu mobilných aplikácií žiaľ takéto aplikácie nie sú, resp. nie sú zamerané primárne na oblasť afázie. Nižšie spomenuté síce budú mať prvky, ktoré sú vhodné na podporu terapie, no ich hlavné ciele sú iné a v tom zmysle sa venujú afázii len okrajovo. Všetky však vieme zaradiť do oblasti Speech Therapy aplikácii.

Česká spoločnosť PMQ Software s.r.o. vyrába edukačné programy pre platformy Android a neskôr aj iOS. V rámci svojej ponuky [15] predstavuje aplikáciu Logopédia s viacerými cieľovými jazykmi, z ktorých jeden je aj slovenčina. Je prístupná pre iOS, Android a Windows. Softvér je stiahnuteľný zadarmo, no drvivá väčšina funkcionalít je spoplatnená, takže úplne neplatená verzia pripomína skôr obmedzenú skúšobnú verziu. Keďže ide o logopedickú aplikáciu, cvičenia v nej sú zamerané na správnu výslovnosť hlások. Z cvičení podporujúce terapiu afázie sú použiteľné len tri: spájanie slov s obrázkami, prezeranie si obrázkov a slov a pokus o ich pomenovanie. Oproti iným aplikáciám má však dobre vyriešenú možnosť zopakovať pojmy, ktoré si používateľ pomýlil.

Projekt Vizualne čítanie [16] vznikol na Slovensku hlavne pre deti so špeciálno-pedagogickými potrebami. Cvičenia vsadené do jednoduchého grafického prostredia podporujú sčasti aj terapiu afázie v kategórii čítania. V databáze je stabilne k dispozícii 800 slov, ku ktorým sa používateľ vie dostať aj samostatne a podľa abecedy si ich vie prezerať s obrázkom, zvukovým záznamom a textom. Cieľový jazyk nie je len slovenčina, ale aj angličtina, poľština, čeština či maďarčina. Aplikácia je platená a v závislosti od typu licencie sa pohybuje ročný poplatok. Ponúka možnosť vytvoriť používateľovi profil, zobrazíť štatistiku výsledkov, nahrávanie cvičenia, grafické prostredie je zjednodušené a pre prehľadnosť sú v ňom odstránené podnety na rozptýlenie pozornosti pacienta. V cvičeniach je využívaný princíp T-H-H-T, čo je skratka pre štvorkrokový priebeh v poradí: dotyk, zvukový podnet, zvukový podnet, dotyk. V prvých dvoch krokoch pacient spoznáva nový pojem, v nasledujúcich sa overuje, či si ho zapamätal – ide teda o kontrolnú časť cvičenia, kedy má pacient označiť obrázok podľa zvukového podnetu. Tento princíp je prítomný vo všetkých cvičeniach, ktoré sa od seba líšia len obsahom precvičovaných pojmov. Aplikácia má počas cvičenia

špeciálne ovládanie a využíva gestá, aby zabránila jeho náhodnému ukončeniu. Na Obrázok 9 je mapa, ktorá predstavuje hlavné menu aplikácie. Kategória, v ktorej sa pacient momentálne trénuje, je v tejto mape priblížená.



Obrázok 9: Hlavná ponuka aplikácie Vizuálne čítanie

Aplikácia je predstavená ako tréningový nástroj, nie ako hra. Tento prístup sa dá vnímať aj počas jej behu, keďže sa k pacientovi správa ako k testovanému človeku a obracia sa aj na jeho terapeuta ako na supervízora, ktorému sprostredkováva záznamy a správy o cvičení pacienta.

3.6 Zhrnutie spoločných znakov

Pri analýze týchto riešení je vhodné spomenúť spoločné znaky, z ktorých sa črtajú výhody a nevýhody. Keďže boli uvedené len vybrané riešenia, opierať sa budeme o predstavené aplikácie ako o reprezentatívnu vzorku. Tieto charakteristiky sú dôležitým východiskovým bodom, na ktorý budeme reagovať poskytnutím vlastného riešenia.

3.6.1 Pochopenie domény aplikácie

Interdisciplinárny prístup formuje aplikáciu tak, aby splnila terapeutický, nie technický cieľ. To je dôvod, prečo je vo všetkých aplikáciách kladený dôraz na jednoduchosť grafického prostredia a intuitívnosť ovládania. Cvičenia sa taktiež nevyznačujú prepracovanými princípmi, ale multimediálnymi podnetmi.

Medzi princípy cvičení patria kliknutie na správny obrázok, písanie pomocou tlačidiel písmen, nahrávanie vlastnej odpovede a porovnanie na strane používateľa, premiestnenie obrázku a podobne. Tie sú podobné vo všetkých riešeníach, líšia sa teda len obsahom.

3.6.2 Multimediálne podnety

Mimoriadne namáhavé je v rámci aplikácie vybudovať kvalitnú rozsiahlu zásobu podnetov zloženú z nahratých hlasových záznamov, fotografií či ilustračných obrázkov na predstavenie pojmov. Táto časť aplikácie je relatívna k cieľovému jazyku.

Otvára to dilemu v oblasti rozhodovania sa prístupu na internet. Buď sú multimediálne súbory sťahované dynamicky z internetu, čo však predpokladá internetové pripojenie pre beh aplikácie (prípád Constant Therapy), alebo sú súčasťou aplikácie už v inštalačnom balíku, čo však výrazne zvyšuje jej veľkosť na desiatky až stovky megabajtov.

3.6.3 Monitorovanie cvičenia

Všetky riešenia ponúkajú svojim spôsobom nejakú formu monitorovania procesu podpory terapie. Niektoré si vnútorne počítajú úspešnosť odpovedí a umožňujú zobrazit pacientov progres textovo, v tabuľke a graficky, iné umožňujú aj nahrat samotné cvičenie, skoro všetky obsahujú nástroj na podanie správy terapeutovi. Tá správa sa následne môže poslať mailom, pričom je mailový klient spúšťaný rovno z aplikácie. Ako už bolo spomenuté, tento prvok je kľúčový vo veci motivácie používateľov.

3.6.4 Uchopenie cieľovej platformy

Riešenia zohľadňujú, ktorý operačný systém je na cieľovom trhu dominantný. To je jeden z dôvodov, prečo z uvedených riešení sú takmer všetky dostupné na iTunes (AppStore) pre iOS, len jediná (prípád Language Therapy) aj pre Windows 10 a slovenské riešenie len pre Android. Okrem aplikácie TalkPath patria všetky ostatné k natívnym, a teda sú špecificky implementované na konkrétnu platformu.

3.6.5 Komerčné využitie

Okrem aplikácie TalkPath sú všetky riešenia viac či menej komerčne zamerané. Je pritom rozdiel, akým spôsobom si pýtajú od používateľa poplatky. Tactus Therapy a Virtual Speech Center ponúkajú hotovú aplikáciu za jednorazový poplatok cez dodávateľa (iTunes alebo Google Play). Constant Therapy a Vizuálne čítanie vyberajú pravidelný mesačný či ročný poplatok, PMQ Software ponúka program Logopédia zadarmo, no väčšinu funkcionalít si musí používateľ jednorázovo zakúpiť v rámci aplikácie.

4 Výzvy plynúce z aktuálneho stavu problematiky

Z analýzy súčasnej problematiky vieme zhrnúť kombináciu charakteristík, ktorú nemá žiadna aplikácia. Tieto vlastnosti predstavujú výzvy pre ďalší vývoj a priestor na implementáciu je predmetom celej tejto práce. Kľúčovou jedinečnou kombináciou je pre nás:

- interdisciplinárny prístup,
- viac druhov cvičení,
- prispôsobiteľná databáza,
- požiadavka internetového pripojenia len pre prípad aktualizácie databázy,
- voľne dostupné riešenie pre všetkých a v plnom rozsahu,
- využitie chytrých funkcionalít mobilného telefónu,
- slovenčina ako cieľový jazyk podpory terapie.

4.1 Požiadavky získavané z odboru

Vychádzajúc z analýzy a tvrdenia Salis a Hwang [9] je medziodborový prístup pri pomôckach v terapii nevyhnutnou požiadavkou. V predchádzajúcich kapitolách bolo viackrát spomenuté, že logopedický charakter aplikácie jej dodáva databáza pojmov, nie komplexnosť cvičení. Pri zmenení databázy je možné aplikáciu použiť ako akúkoľvek inú náučnú aplikáciu na učene sa jazyka.

Na druhej strane existujú však aj špecifické funkčné vlastnosti, ktoré aplikácie iného druhu nemusia vyžadovať. Tými sa líši typ aplikácie pre pacientov s afáziou od iných. Všetky požiadavky získavané na implementovanie aplikácie teda budú pochádzať z odboru afaziológie a odboru informačných technológií.

4.2 Databáza pojmov

V uvedených riešeniach sú prítomné dve problematiky, ktoré sa týkajú databázy. Prvou je schopnosť prispôbiť si databázu pre konkrétneho pacienta a jeho potrebám, druhou je vyváženosť používania internetového pripojenia pre prispôsobenie tejto databázy.

Prispôsobenosť databázy pojmov znamená zvoliť si také pojmy, ktoré sú pre pacienta užitočné. Mnohokrát sa totiž používateľ potrebuje naučiť len pojmy z nejakej oblasti svojho života, prípadne potrebuje mať k dispozícii jemu špecifické pojmy, ktoré využíva len on. Pre pojmy z kategórie členov rodiny je napríklad vhodné mať fotku vlastného rodiča, manželky či dieťaťa. Vhodné je pridávať tieto pojmy do databázy spolu s multimediálnymi podnetmi. Tento aspekt sa vo väčšine aplikácií nerieši a výnimkou tu je akurát Tactus Therapy s produktom Language Therapy. Tu si môže používateľ pridať vlastné pojmy, použitím fotoaparátu v smartfóne zaznamenať obrázkový materiál a pomocou mikrofónu aj zvukovej pomôcky. Takto pridaný pojem si môže uložiť do vlastnej

kategórie a je lokálne prítomný len v jeho aplikácii. Nikto však nevie zaručiť kvalitu pridaného pojmu a jeho pomôcok ani z odborného hľadiska.

Druhým prvkom je vyváženosť používania internetového pripojenia. Ak je aplikácia závislá od internetového pripojenia, znižuje to jej dostupnosť požiadavkou WiFi pripojenia alebo mobilných dát. Výhodou je však relatívne neobmedzené množstvo rýchlo aktualizovateľných podnetov a pojmov. Naopak databáza vbudovaná priamo v aplikácii síce poskytuje dostupnosť kdekoľvek, no aktualizácia vyžaduje internetové pripojenie a jej flexibilita z veľkej časti závisí od toho, či sa táto funkcionálna zohľadnila v návrhu. V najhoršom prípade je databáza plne staticky prítomná v inštalačnom balíku bez možnosti aktualizácie a pridanie čo i len jediného pojmu znamená vygenerovanie nového inštalačného balíka s pozmenenou databázou. Výhodným prístupom sa tu javí kombinácia oboch extrémov. To by znamenalo sťahovanie súborov a pojmov z internetu pri prvom použití, no následné uchovanie si týchto dát. Takto iniciovaná databáza potom môže fungovať aj bez internetového pripojenia, ale pri jeho dostupnosti môže byť stále aktualizovaná.

4.3 Cieľová platforma

Pri tvorbe mobilnej aplikácie má programátor tri smery z hľadiska platformovej závislosti, ktorými sa môže vydať: natívna, hybridná a webová. Tieto smery sú vymenované v poradí, v akom sú platformovo závislé. Vysoká platformová závislosť znižuje použiteľnosť aplikácie na trhu. Na druhej strane však poskytuje viac funkcionálnych využitím funkcií mobilného telefónu, ku ktorým sa programátori vedia dostať podstatne jednoduchšie ako pri iných.

O porovnaní webovej a natívnej aplikácie pre zdravotnú starostlivosť píše Selvarajah et al. Vo svojom článku [17] uvádzajú, že rozhodnutie pre jednu alebo druhú alternatívu vývoja závisí od technických a funkčných cieľov. Mali by sme brať do úvahy, že funkcie ako pripomienka v konkrétny čas a plný prístup k súborom nie sú k dispozícii vo webovo založených aplikáciách.

Pri pohľade na svetový trh uvádza štatistický portál Statista [18] vo svojom grafe, že operačný systém Android v priebehu roku 2016 pokrýval vždy nad 80% smartfónov sveta. Kvartálne štatistiky konkrétne určujú, že za prvý kvartál sa používal Android v 84,1% zariadení, za druhý kvartál 86,2%, v treťom kvartáli ako maximum 87,8% a ku koncu roka vo štvrtom kvartáli 81,7% na trhu.

Situácia na Slovensku sa podobá tendencii svetového trhu. Webová stránka StatCounter Global Stats [19] prichádza s grafom podielu operačných systémov okrem iných aj na slovenskom trhu. Za rok 2016 sa podiel systému Android v zariadeniach držal v rozmedzí od 75,62% po 79,17% slovenského trhu. Z toho dôvodu sa javí v prípade vývoja natívnej aplikácie implementácia pre prostredie Android.

4.4 Spätná väzba a spôsoby hodnotenia aplikácie

Z dôvodu komplexnosti je vhodné posudzovať kvalitu aplikácie z viacerých kritérií. K hlavným kritériám, podľa ktorých sa bude aplikácia vyhodnocovať, sú tieto:

- a) Verifikácia a validácia - z definície týchto vlastností v dokumente od Wallace [20] vyplýva, že produkt má mať implementované všetky zadané požiadavky. Toto overenie môžeme realizovať aj prostredníctvom testovania koncovými používateľmi alebo zadávateľom.
- b) Používateľský zážitok – aplikácia nemá mať len súbor funkcionalít. Ich kombinácia má sprostredkovať cieľovému používateľovi aj istý typ zážitku. Ten môžeme hodnotiť prostredníctvom dotazníkov.
- c) Užitočnosť aplikácie – ide o odpoveď na otázku: Dá sa aplikácia plne integrovať do cieľovej oblasti a používať v rámci domény? Ako je na tom v porovnaní s existujúcimi prístupmi?

K minoritným kritériám môžeme zaradiť ešte bezpečnosť používania aplikácie a jej výkon vzhľadom na záťaž. Keďže všetky tieto kritériá budú určovať kvalitu aplikácie z rôznych stránok, pri vyhodnocovaní budú opreté o názory viacerých ľudí z rôznych oblastí.

5 Návrh projektu NUT

Mobilná aplikácia na podporu terapie ponesie názov NUT. Aby sme vedeli zabezpečiť úplný súbor požiadaviek, ktorý sme implementovali, do procesu návrhu boli zahrnutí aj odborníci z afaziológie.

5.1 Požiadavky na novú aplikáciu

Aj keď sa mobilná aplikácia zdá ako jednoduchý projekt, komplexnosť mu dodáva implementácia súboru požiadaviek, ktorý vychádza z troch druhov zdrojov:

- Konzultácie s prof. Cséfalvayom a študentkou logopédie – Tento zdroj požiadaviek vyjadruje želané súčasti aplikácie, ktoré sú kľúčové z doménového hľadiska.
- Vedecké články s odporúčaniami pre tvorbu aplikácií na tému afázie – Existuje množstvo štúdií s praktickými uzávermi, akým spôsobom navrhnuť dobrú aplikáciu pre pacientov s afáziou. Tie sa stávajú ďalším zdrojom požiadaviek.
- Technické odborné špecifikácie projektu – Okrem priamočiareho implementovania funkcionalít vyžaduje projekt aj technickú analýzu, návrh bezpečnosti a mnohých prvkov, ktoré priamo nevyplývajú z prvých dvoch zdrojov. Ich primárnym zadávateľom je programátor, čím tvorí tretí zdroj požiadaviek v našom projekte.

Po bližšom preskúmaní požiadaviek sa projekt rozšíril na dve veľké aplikácie: NUT app, ktorá predstavuje mobilnú aplikáciu a NUT web, ktorá predstavuje webový server na manipuláciu s databázou.

5.1.1 Požiadavky z domény afázie

Pre získanie požiadaviek na projekt z doménovej oblasti prebehla komunikácia so slovenským uznávaným odborníkom v oblasti afaziológie, prof. PaedDr. Zsoltom Cséfalvayom, PhD., ktorý je aj autorom viacerých knižných titulov použitých v tejto práci. Získavanie požiadaviek prebehlo pomocou jednorazového osobného stretnutia, kde mu bol načrtnutý prototyp aplikácie, vysvetlený základný zámer a spoločnou snahou boli zadefinované požiadavky z tohto odborného hľadiska. Ďalšou dodatočnou pomocou bola študentka logopédie Lucia Šarišská, ktorá konkretizovala hrubú špecifikáciu a bola k dispozícii pri celom procese návrhu. Z odborného hľadiska sme zadefinovali požiadavky:

1. Aplikácia má obsahovať 4 kategórie cvičení: Čítanie, Písanie, Porozumenie a Produkcia - každá z kategórií má obsahovať aspoň jedno cvičenie. V rámci kategórií má byť pomerne jednoduché rozšíriť sadu cvičení o ďalšie.

2. Prítomnosť motivačných prvkov - cvičenia majú prebiehať vo forme tréningu a testovania. Tréning je cvičenie bez detailného vyhodnotenia a testovanie má v sebe poskytovať možnosť vygenerovať správu s detailným hodnotením ako telo mailu pre terapeuta. Ako ďalší motivačný prvok je vhodné odmeňovať pacienta za dostatočný počet správnych odpovedí.
3. Jazyková podpora – hlavný jazyk má byť slovenčina, no grafické prostredie okrem konkrétnych pojmov vnútri cvičenia má byť jazykovo ľahko rozšíriteľné.
4. Pripomenutie pacientovi, že je čas cvičiť – aplikácia má sama spustiť pripomienku v nastavenom čase, aby sa zabezpečila pravidelnosť cvičenia.

Ďalej boli zadefinované konkrétne princípy cvičení, ktoré sa požadujú. Prof. Cséfalvay k princípom dodal nasledujúce požiadavky:

1. V cvičení na pomenovanie pojmov má byť používanie pomôcok postupné, aby si pacient nevypočul hneď správnu odpoveď. Až po použití všetkých pomôcok si pacient môže použiť poslednú, ktorou je vypočutie si pomenovaného pojmu. Ďalej má byť v tomto cvičení na začiatku úloha na kognitívne schopnosti, teda istý druh cvičenia pred cvičením.
2. Cvičenia na označenie obrázku podľa vypočutého pojmu majú obsahovať aj zvukovú pomôcku, ktorou je definícia pojmu. Ďalej sa požaduje prvok pre bezchybné učenie, tzv. metóda „errorless learning“. Tento proces sa dá zabezpečiť tak, že nesprávne odpovede zmiznú a správne odpovede musí pacient viackrát zopakovať.

Uvedeným požiadavkám môžeme prideliť najväčšiu prioritu, keďže sa jedná o kľúčové prvky aplikácie, ktorými sa bude odlišovať od ostatných.

5.1.2 Požiadavky odporúčaní štúdií

Kolégium autorov zo Stroke Association [21] vydalo v roku 2012 návod s odporúčaniami, ako pacientom s afáziou sprístupňovať elektronické informácie. Návod pozostáva z piatich krokov, ktorých je potrebné sa držať:

1. Krátke správy - vety by mali byť jednoduché, prítomnosť súvetí len výnimkou.
2. Jasné vety – vety majú byť krátke, je lepšie používať činné príčastie ako trpné.
3. Ľahké slová – ide o voľbu synonym, ktoré sú často používané a nenesú odborný podtón.
4. Správne rozloženie prvkov – odporúča sa používať farby a obrázky a spájať ich so slovami ako aj zvýrazňovať dôležité slová.
5. Organizovať rovnaké informácie do skupín – konzistentne používať rozloženie, font a farbu pre rovnaký typ správy.

Na doplnenie požiadaviek nám poslúži aj článok od Branderburg [10] a ďalších, zhrňajú vlastnosti definované viacerými autormi do prehľadnej tabuľky. Keďže sú niektoré totožné už uvedenými, pridávame do série požiadaviek len nové:

6. Jednoduchá navigácia – zahŕňa obmedzenie scrollovania a menu navrhnuté v dvoj-stromovej hierarchii.
7. Vizualna jednoduchosť – obmedziť komplikované pozadia a grafiku.
8. Stabilné rozhranie – zahŕňa poradie možnosti, ktoré má byť na obrazovke stabilné celý čas. Neodporúča sa meniť obsah obrazovky využitím predikčných algoritmov.
9. Veľké tlačidlá – zaručí sa tak jednoduchosť kliknutia, vizualna viditeľnosť, prehľadnosť a rozlíšiteľnosť.

Keďže sa jedná o požiadavky formou odporúčaní, ktoré určujú aj spôsob implementácie, ich priorita bude stredne vysoká.

5.1.3 Dodatočné technické požiadavky

Keďže doteraz spomenuté požiadavky zďaleka nie sú úplné, technické hľadisko bude zdrojom nielen menších technických požiadaviek, no zahrnieme tu aj funkcionality aplikácií, ktoré sú rozpísané v analýze, hlavne z časti vyplývajúcich výziev. Jedná sa o tieto aspekty:

1. Databáza má byť prispôsobiteľná – keďže v porovnaní s veľkými komerčnými spoločnosťami nedisponujeme zdrojmi na vytvorenie jednej obrovskej databázy položiek a pojmov, je vhodné databázu prispôbovať aktualizáciami. Na strane klientov je potrebné zabezpečiť jednoduchú aktualizáciu, na strane terapeutov nástroj, ako pridávať nové pojmy. To nás vedie k jednej z najväčších požiadaviek – zhotovenie webového portálu pre terapeutov.
2. Zhotovenie webového portálu na manipuláciu s databázou – dôvodov na túto požiadavku je niekoľko. Úlohou tohto webového servera je poskytovať používateľské prostredie na pridávanie pojmov do databázy a zároveň poskytovať tieto pojmy všetkým zariadeniam s aplikáciou NUT, ktoré si vyžadujú aktualizáciu svojej databázy. Týmto spôsobom vieme prenechať odborný proces výberu pojmov terapeutom a používateľské prostredie zastúpi úlohu programátora pri vykonávaní zmien v databáze. Na pridanie nových pojmov teda nie je potrebný programátor, ale len terapeut. Taktiež na aktualizáciu databázy v aplikácii NUT nebude potrebný programátor, len prístup na server, ktorý nazveme NUT web.
3. Lazy loading ako kompromis pre načítavanie súborov z internetu – keďže chceme zabezpečiť optimálnu veľkosť inštalačného balíka aplikácie zároveň s variabilitou pojmov v databáze, výhodným sa tu javí riešenie lenivého sťahovania len potrebných ešte

nestiahnutých súborov pri spustení konkrétneho cvičenia. Stiahnuté súbory ostanú v telefóne a pri druhom spustení už nepotrebujú byť stiahnuté z internetu. Ďalej je potrebné zabezpečiť aj možnosť vynútiť si stiahnutie všetkých pojmov naraz, a tak prejsť úplne do offline módu.

4. Používateľské účty – aplikácia musí vedieť identifikovať rôznych pacientov a zaznamenávať si výsledky ich cvičení.
5. Zabezpečenie – z hľadiska počítačovej bezpečnosti je dôležité zabezpečiť integritu, dôvernosť a dostupnosť systému. V oblasti dôvernosti je napríklad dôležité zabezpečiť prístup na webový portál.

Po zohľadnení technického hľadiska požiadaviek sa jednoduchý projekt NUT aplikácie stáva kombináciou dvoch aplikácií, a to na úrovni mobilnej aplikácie s pracovným názvom NUT app a na úrovni webovej aplikácie pod označením NUT web.

5.2 Voľba technológií a návrh modelu

Dobrá definícia požiadaviek spočíva v jej úplnosti. Druhým aspektom je však oddelenie požiadaviek na funkcionality a kvalitu systému od predpísania implementácie. Z normy IEEE o špecifikácii softvérových požiadaviek [22] vyplýva, že požiadavky nemajú špecifikovať implementačné detaily, teda výnimočne aj použitie technológií alebo spôsob ich realizácie. Táto činnosť patrí do fázy návrhu.

5.2.1 Cieľová platforma a zvolené technológie

Ak vychádzame zo štúdií z analýzy, kde sa ukazuje, že najdominantnejším operačným systémom smartfónov vo svete ale i na Slovensku je Android, že cieľový jazyk určuje cieľovú krajinu trhu, a že funkcionality smartfónu chceme využiť čo najefektívnejším spôsobom, voľba cieľovej platformy je jednoznačná. Aplikácia NUT bude natívna pre operačný systém Android.

V oblasti webového portálu je možností viac. Sám osebe môže tvoriť projekt s vlastnými požiadavkami. Keďže však má plniť len podpornú funkciu k aplikácii, o ktorej je celá táto práca, požiadavky budú jednoduché a spôsob realizácie taktiež výhodný prostrediam, ktoré sú najdostupnejšie. V rámci vývojového prostredia ponúka NetBeans IDE ako plugin podporu Java webového servera Tomcat. Výhodou je platformovo nezávislý programovací jazyk Java, ktorý je použitý aj pri tvorbe mobilnej aplikácie. Server Tomcat má implementácie pre všetky hlavné operačné systémy vrátane Windows, Linux a macOS, teda napísaná webová aplikácia môže bežať na každej z týchto platforiem bez nutnosti prekompilovania zdrojových súborov backendu.

Databáza a prístup k nej sa zvolil po analýze dátového modelu. Z hľadiska webového servera bola po analýze modelu zvolená relačná databáza Apache Derby, na ktorú sa Tomcat pripája pomocou JDBC. V rámci mobilnej aplikácie NUT bola zvolená databáza SQL a technológia SQLite v kombinácii s pracovným nástrojom na objektovo-relačné mapovanie OrmLite.

5.2.2 Cvičenia v aplikácii

Pred návrhom dátového modelu je vhodné poznať konkrétne cvičenia a spôsob ich rozširovania. Z dodefinovaní požiadaviek vyplynulo, že aplikácia bude mať 7 cvičení zaradených do 4 kategórii. Boli zadefinované nasledujúce názvy a princípy cvičení:

1. Rozlišovanie písmen a pseudopísmen – podstatnou zložkou je tu symbol na obrázku, ktorý má používateľ premiestniť do koša alebo do obálky podľa toho, či je symbol písmeno alebo nie. Celé cvičenie pozostáva z dvoch stabilných obrázkov a položky písmena, ktorá má vlastný obrázok. Tento obrázok je uložený v obrázkovom súbore. Cvičenie patrí do kategórie Čítanie a jeho pracovné označenie je R1.
2. Identifikovanie tvaru písmena – na obrazovke uvidí používateľ obrázok jedno vzorové písmeno a pod ním ďalších 20 písmen. Podľa vzorového písmena má kliknúť na všetky rovnaké písmená. Podobne ako v prvom cvičení, položku v databáze tvorí písmeno s obrázkom, no tentokrát v sebe nenesie informáciu, či je to skutočne písmeno alebo nie. Cvičenie patrí do kategórie Čítanie a jeho pracovné označenie je R2.
3. Rozlišovanie slov a pseudoslov – používateľ uvidí obrázok položky z databázy a má správne určiť jeho názov podľa troch možností, ktoré mu systém zobrazí. Možnosti sú uložené v databáze a dve z troch predstavujú nesprávny tvar slova. Pri slove „fén“ sú teda na zobrazenie možnosti „fén“, „néf“ a „fné“, pričom správna odpoveď je „fén“. Používateľ si môže vypočítať názov položky pri kliknutí na obrázok. Cvičenie patrí do kategórie Čítanie a jeho pracovné označenie je R3.
4. Písanie slov – podobne ako pri rozlišovaní slov a pseudoslov má pred sebou pacient obrázok so zvukovou nápodobou pojmu pri kliknutí, no na obrazovke má ešte písmená ako tlačidlá, ktorými má tento názov sám poskladať. Ďalšou pomôckou pre neho je možnosť automatického doplnenia prvého písmena. Ak klikne na napísané písmeno, to sa vráti naspäť do zoznamu použiteľných, aby sa mohol pacient opraviť. Po stlačení tlačidla „OVERIŤ“ systém skontroluje, či je názov správny. Ak nie, slovo sa píše odznova. Cvičenie patrí do kategórie Písanie a jeho pracovné označenie je W1.
5. Podstatné mená – označ obrázok – používateľ má zo štyroch zobrazených obrázkov kliknúť na ten, ktorý zodpovedá vypočutému názvu. Pri kliknutí na nesprávnu možnosť táto možnosť zmizne, pri správnom kliknutí sa obrázok zväčší a ostatné zmiznú, a používateľ

na neho musí znova a znova klikat', kým nezaberie celú obrazovku. Po každom kliknutí si znova vypočíta jeho názov. Týmto spôsobom je realizovaný prvok „errorless learning“. Používateľ má ďalej tlačidlo na pomôcku vo forme zvukovej nahrávky definície položky a jeho pracovné označenie je C1.

6. Slovesá – označ obrázok – princíp cvičenia je rovnaký ako pri Podstatné mená – označ obrázok, no je zamerané na slovesá. V tomto prípade sa môže líšiť zvukové a textové zadanie a pre pacientov je dôležité oddeliť činnosti od predmetov. Preto to v aplikácii bude tvoriť samostatné cvičenie a jeho pracovné označenie je C2.
7. Pomenovanie – toto cvičenie sa skladá z dvoch princípov. Prvým je podľa požiadaviek z domény afázie cvičenie na kognitívne schopnosti, kde má používateľ 6 obrázkov a má ich roztriediť podľa skupín, kam patria, napríklad farby do jedného radu a zvieratá do druhého. Po absolvovaní tejto rozcvičky je k dispozícii mnoho pomôcok, ktoré usmerňujú pacienta, aby slovné pomenoval obrázok zobrazený na obrazovke. Každá položka cvičenia obsahuje pomôcky vo forme: prvého písmena pojmu, napísaného pojmu, zvukovej nahrávky pojmu, zvukovej nahrávky definície pojmu, zvukovej nahrávky vety, ktorá sa má dokončiť s týmto pojmom a zvukovej a textovej pomôcky pre nadradený pojem. Tieto pomôcky sa spúšťajú tlačidlami, pričom pomôcky s nadradeným pojmom, definíciou a doplnením do vety sú k dispozícii hneď na začiatku a až po ich použití môže používateľ využiť ostatné. Cvičenie patrí do kategórie Produkcia a jeho pracovné označenie je P1.

5.3 Dátový model a databáza

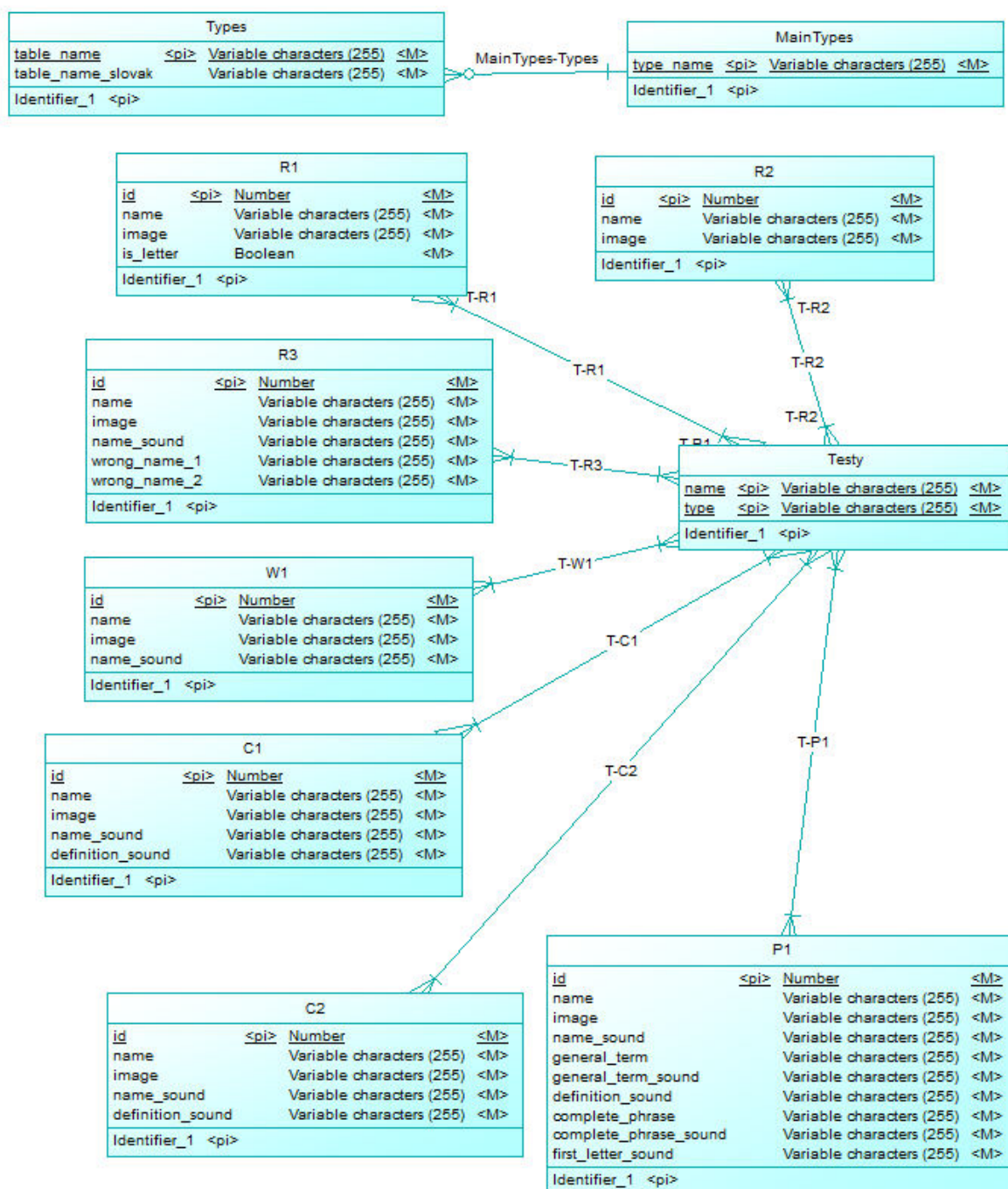
Pri návrhu dátového modelu tvoria podstatnú súčasť položky cvičení. Keďže je jedna z požiadaviek ľahká rozšíriteľnosť o nové položky a nové typy položiek, je vhodné dáta organizovať tak, aby spolupracovali prostredníctvom medzi nimi zadefinovaných vzťahov.

Po dodefinovaní cvičení sme usúdili, že najvhodnejšou alternatívou je triediť položky cvičení do kategórií pre každé cvičenie. Používateľ si bude môcť pred spustením cvičenia zvoliť kategóriu, z ktorých si chce precvičovať položky. Ďalej budeme triediť aj samotné cvičenia do štyroch kategórií tak, ako to bolo zadefinované v požiadavkách z domény.

Každá položka však obsahuje aj množstvo multimediálnych súborov, ktoré je potrebné uchovávať v databáze. Aj keď existujú spôsoby (napríklad uloženie do tabuľky vo formáte base64), ako uložiť multimediálne súbory do relačnej databázy, pre funkcionality lenivého načítavania, kapacitný dôvod a efektívnu prácu s položkami samotnými, nie s ich obsahom, je model pre položky cvičení v mobilnej aplikácii NUT delený na dve časti:

1. Metamodel – obsahuje položky, ktoré majú svoj identifikátor a namiesto multimediálnych súborov majú uložený len odkaz na jeho umiestnenie v rámci dohodnutej štruktúry súborov. Výhodou modelu je jeho rýchle použitie a nízke pamäťové nároky.
2. Live model – sú to podtriedy metamodelu a okrem odkazov na umiestnené multimediálne súbory majú tieto súbory k dispozícii, prípadne sú už aj načítané v operačnej pamäti.

Podľa toho je vlastne databáza zložená z jedného súboru nesúceho informácie o všetkých položkách cvičení, no bez multimediálnych súborov, a obrázkových a zvukových súborov, ktoré majú svoje relatívne umiestnenie zadefinované podľa atribútov entít. Kompletný konceptuálny dátový model je znázornený na Obrázok 10.



Obrázok 10: Konceptuálny dátový model aplikácie NUT

Entity s názvom R1, R2, R3, W1, C1, C2, P1 uskladňujú informácie o položkách pre konkrétne cvičenie vždy podľa pracovného označenia, teda R2 predstavuje položky pre druhé cvičenie z kategórie Čítanie, čo je cvičenie „Identifikovanie tvaru písmena“ a podobne. Keďže sa položky vkladajú do kategórií v rámci cvičenia, zoznam kategórií a typ cvičenia, ku ktorému prislúchajú, nesie entita s názvom Testy. R1 až P1 sú k tejto entite v povinnom viacnásobnom vzťahu, čo znamená, že každá platná kategória má obsahovať aspoň jednu položku a každá položka má patriť

aspoň jednej kategórii. Takto vznikajú na fyzickej úrovni modelu ďalšie entity, a to entity označené T-R1 až T-P1 predstavujúce práve tento vzťah medzi položkami a kategóriami.

Pre rozšíriteľnosť o nové cvičenia je potrebné uchovávať v databáze aj informáciu o vytvorených tabuľkách. Preto obsahuje databáza aj entitu s názvom MainTypes, ktorá bude udržiavať mená základných kategórií cvičení, teda Čítanie, Písanie, Porozumenia a Produkciu a entitu Types, ktorá zadeľuje každú z entít pre cvičenia do tejto hlavnej kategórie a taktiež poskytuje slovenský ekvivalent k jej menu entity (teda napríklad R2 že znamená „Identifikovanie tvaru písmena“).

Pre cvičenia C1 a C2 bolo možné vytvoriť len jednu tabuľku, no pre možnosť jednoduchšej zmeny vlastností v položkách cvičenia C2 je lepšie oddeliť aj dátovú úroveň. V prípade potreby doplniť ďalšiu pomôcku alebo informáciu ku slovesu zasahujeme len do entity C2, ktorá je jasne rozlíšená. Prvý návrh modelu obsahoval aj verzie kategórií položiek v rámci cvičenia (atribút „version“ v entite Testy), no keďže sa verzie ukázali nepotrebné, z modelu boli odstránené.

Je dôležité dodať, že tento model nie je úplne rovnaký na webovom portáli a NUT mobilnej aplikácii. NUT mobilná aplikácia má pre každú položku ešte atribút „mistakes_score“ typu int, do ktorého sa ukladajú chybné body pri pomýlení sa používateľa. Zoradením položiek podľa chybných bodov vieme určiť tie, ktoré si pacient najviac mýlil a funkcionality na precvičenie chýb ich vsadí do cvičenia. Na strane webového portálu je však takýto atribút zbytočný. Mobilná aplikácia si má pre jednoduchosť pamätať naposledy zvolené kategórie položiek v rámci cvičenia. Toto overenie, či je kategória vybraná alebo nie, sa ukladá do atribútu „checked“ v entite Test, ktorá je v mobilnej aplikácii tiež navyše oproti webovej.

Okrem dátového modelu pre cvičenia je v mobilnej aplikácii tiež Entita User uskladňujúca informácie o používateľoch: meno, predvolený mail terapeuta, počet absolvovaných testov, tréningov, celkový počet správnych odpovedí a počet správnych odpovedí na prvýkrát. Keďže majú cvičenia svoje nastavenia, entita ExerciseSettings obsahuje informácie pre nastavenia všetkých cvičení: meno cvičenia, počet položiek na precvičenie, obťažnosť, povolenie pomôcky pre nadradený pojem, prvé písmeno, doplnenie do vety, definíciu a povolenie rozcvičky v cvičení P1. Pre perzistenciu pripomienok slúži entita AlarmSettings, ktorá v sebe drží informáciu o nastavenom čase pripomienky, cvičení, ktoré má spustiť a príznaku aktivity pripomienky. Všetky tieto entity obsahuje len mobilná aplikácia NUT, teda nie webový portál NUT web.

NUT webový portál obsahuje oproti Obrázok 10 entitu NUT_USERS, ktorá uskladňuje informácie o používateľoch v rámci zabezpečenia portálu. Jej atribúty sú meno a hashované heslo

algoritmom Keccak 512 SHA-3. Keďže bezpečnostná politika nerieši rolovo-založenú kontrolu prístupu, práva ani rola používateľom pridelená nie je.

5.4 Návrh grafického rozhrania

Návrh grafického rozhrania sa opieral o pôvodný prototyp prezentovaný na prvom stretnutí s prof. Cséfalvayom. Po zohľadnení dodatočných požiadaviek bol zhotovený kompletný náčrt aplikácie pomocou nástroja Balsamiq Mockups. Výstupy niektorých náčrtov obrazovky zobrazujú Obrázok 11 až Obrázok 13.



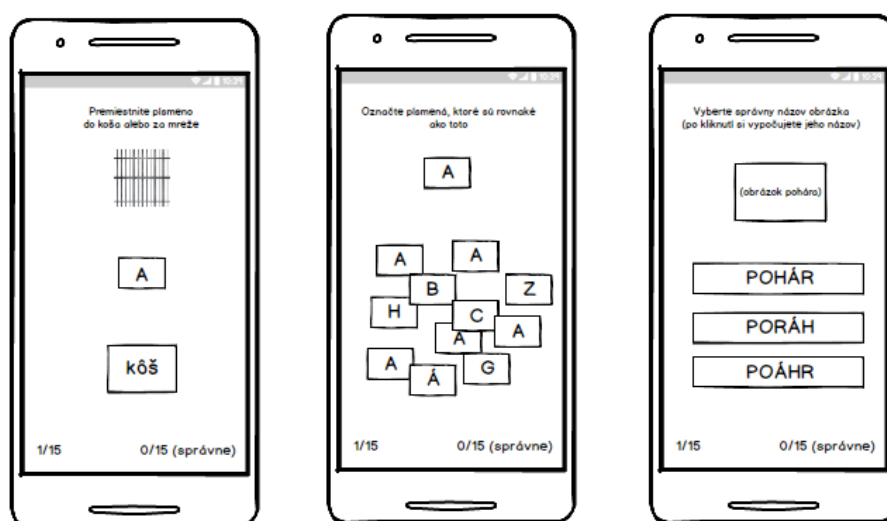
Obrázok 11: Náčrt úvodných obrazoviek

Na Obrázok 11 sú načrtnuté prvé dve úvodné obrazovky. Vľavo je uvítacia obrazovka, ktorá má slúžiť pri prvom spustení aplikácie a vpravo hlavné menu, ktoré bude prvou obrazovkou, ktorú bude používateľ vidieť po každom ďalšom spustení. Na Obrázok 12 je znázornená ponuka cvičení v rámci štyroch kategórií.



Obrázok 12: Náčrt obrazoviek ponuky cvičení v kategóriách

Každé z cvičení má jedno tlačidlo, ktorým sa prejde cez voľbu kategórií položiek až k spusteniu. Pod týmto tlačidlom je šípka, ktorá slúži ako rozbaľovacie okienko pre nastavenia cvičení. V závislosti od typu cvičenia sa rozbalia nastavenia. Pre každé cvičenie bol zhotovený aj náčrt jeho realizácie. Na Obrázok 13 sa nachádza náčrt obrazoviek pre cvičenia z kategórie Čítanie.



Obrázok 13: Náčrt obrazoviek cvičení z kategórie Čítanie

Tieto obrazovky predstavujú grafický náčrt cvičení R1, R2 a R3. Jeho prínosom je zdefinovanie viditeľných objektov ako aj prehľad spoločných prvkov vo všetkých cvičeniach, čo zjednoduší implementáciu pracovného rámca.

6 Implementácia projektu NUT

Vo fáze implementácie sa podľa návrhu aplikácie postupne budovali potrebné komponenty týkajúce sa cvičení, podporných funkcionalít, služieb či celých aktivít. Tie sa následne spájali a v niekoľkých iteráciách aplikácia nadobúdala nové funkcionality. Okrem nezávislých modulov bolo však potrebné vybudovať aj pracovný rámec, ktorý zvyšuje rozšíriteľnosť aplikácie a poskytuje istú formu pravidiel pri tvorbe nových cvičení.

6.1 Tvorba pracovného rámca pre cvičenia v NUT app

Cvičenia a ich princíp je v rámci projektu potrebné implementovať len raz, a to v mobilnej aplikácii. Z dôvodu otvorenosti tejto aplikácie voči ďalším zmenám a pridávaniu nových cvičení bol navrhnutý pracovný rámec, ktorý spĺňa nasledujúce funkcie:

- umožňuje využívať jedinú aktivitu na beh akéhokoľvek cvičenia a aj jeho vyhodnotenia,
- dokonale oddeľuje implementáciu jedného cvičenia od druhého a robí ich nezávislými,
- využitím dedičnosti a kompozície šetrí písanie kódu ako aj predpisuje schému tvorby ďalšieho cvičenia.

Pracovný rámec pre cvičenia vyžaduje, aby bolo každé cvičenie v implementácii rozdelené do dvoch modulov:

1. Modul `LevelManager` – cvičenie musí implementovať abstraktnú triedu `LevelManager`, ktorá sa stará o zabezpečovanie položiek z databázy pre modul `Interpreter`. Modul `LevelManager` má na starosti abstrakciu cvičenia vo forme dát. To sa prejavuje funkciami ako vytváranie možností na označenie napríklad pri cvičeniach C1 a C2, zaznačovanie správnych a nesprávnych odpovedí, generovanie celého cvičenia s položkami na precvičenie, generovanie cvičenia s položkami na precvičenie chýb a ukladanie nesprávnych pokusov.
2. Modul `ExerciseInterpreter` – cvičenie musí implementovať rozhranie `ExerciseInterpreter`, ktoré v sebe definuje správanie sa aplikácie počas cvičenia z hľadiska používateľského prostredia, no nie ako samostatná aktivita, ale ako objekt s metódou `run()`, ktorou sa začína každé cvičenie. Plní funkcie zobrazovania dát získaných od `LevelManagera`, registruje udalosti pri kliknutí alebo ťahaní objektov, prikazuje spúšťať zvukové nápovedy, overuje správnosť odpovedí, reštartuje otázky v prípade nesprávnej odpovede alebo zobrazí ďalšie v prípade správnej odpovede, vyhodnocuje celé cvičenie po prejdení všetkých položiek a zobrazuje výsledky cvičenia. Princípy cvičení sú teda naprogramované v triedach implementujúcich `ExerciseInterpreter`.

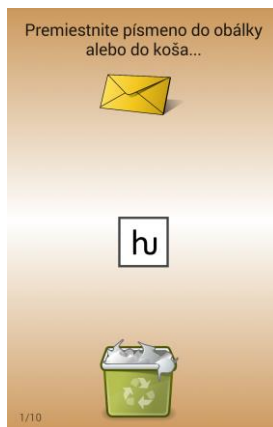
Okrem abstraktných dátových typov v týchto moduloch obsahuje pracovný rámec aj triedu zodpovednú za spustenie cvičenia ExerciseBuilder, triedu ExerciseLoader pre vyslanie požiadavky na stiahnutie multimediálnych súborov v prípade potreby, ako aj MilestoneManager, ktorý spravuje všetky míľniky, ktorými pacient prejde. Požiadavka pridať motivačný prvok do aplikácie sa totiž dá realizovať jednoduchou odmenou vo forme správy na konci cvičenia. Táto odmena nemá byť automatická, ale načasovaná po splnení istých požiadaviek, napríklad po 20 správnych odpovediach, po 5 vykonaných testoch a podobne. Aj preto si modul LevelManager ukladá počet správnych odpovedí a ďalšie štatistiky. Po ich vyhodnotení inštanciou MilestoneManager aplikácia vie, ktoré míľniky pacient prekročil a poskytne mu primeranú odmenu vo forme zlatej, striebornej alebo bronzovej medaily a aj aktuálneho stavu v kategórii úspechov.

6.2 Implementácia cvičení v NUT app

Požiadavky a princíp jednotlivých cvičení spolu s ich pracovným označením boli predstavené v kapitole 5.2.2. Ich implementácia nie je náročná, no dosť rozdielna v závislosti od vlastného princípu.

6.2.1 Cvičenie R1: Rozlišovanie písmen a pseudopísmen

Toto cvičenie patrí k jednoduchším, keďže základným princípom je len ťahanie obrázka na obrázok koša alebo obálky. Hlavný obrázok je načítaný z databázy a patrí precvičovanej položke. Na obrázku je zobrazený vzhľad tohto cvičenia.



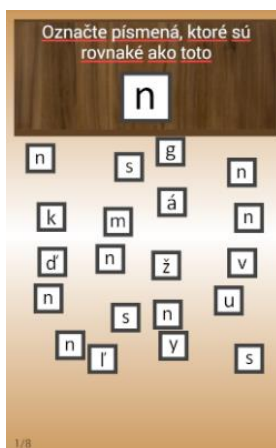
Obrázok 14: Ukážka obrazovky pre cvičenie R1

Obrázok v strede má zaregistrovaný vlastný OnTouchListener, ktorý reaguje na dotyk. Podľa polohy je vypočítané, či prekrýva obrázok obálky alebo koša. Po zdvihnutí prsta prebehne v prípade prekrytia porovnanie so správnou odpoveďou. Položka z databázy má v sebe uloženú informáciu, či je písmenom alebo nie. Ak písmenom nie je, má prekrývať obrázok koša. V prípade, že to tak je,

interpreter zabezpečí pomocou jedinej inštancie triedy SoundManager spustenie zvuku pre úspešný pokus a prejde sa na ďalšiu otázku s ďalšou položkou, ktorá sa opäť zobrazí v prostriedku.

6.2.2 Cvičenie R2: Identifikovanie tvaru písmena

Z podstaty tohto cvičenia vyplýva, že LevelManager musí pre každú precvičovanú položku ako vzorové písmeno vytvoriť 20 možností, v ktorých sa nachádza aspoň jedna položka rovnaká ako vzor. Vzhľad cvičenia je odfotený na Obrázok 15.



Obrázok 15: Ukážka obrazovky pre cvičenie R2

Pre každú z možností je v kóde dynamicky vytvorený vlastný ImageView s vlastným OnClickListenerom, ktorý volá metódu na porovnanie so vzorovou položkou. Porovnáva sa meno položky, pričom predpokladáme, že každá položka má jedinečný obrázok. Ak používateľ klikol na správne písmeno, písmeno sa zväčší a zožltne. V opačnom prípade písmeno zmizne. Po nájdení všetkých písmen sa prejde na ďalšiu položku, čo znamená, že sa vyberie nové vzorové písmeno a nové možnosti. Umiestnenie obrázkov je pravidelné, no schválne posunuté ľubovoľným smerom, aby vytváralo dojem rozhádzaných písmen, medzi ktorými je potrebné vzorové písmeno nájsť.

6.2.3 Cvičenie R3: Rozlišovanie slov a pseudoslov

Cvičenie tohto typu je technicky najmenej náročné, keďže sa skladá zo stabilných komponentov, ktoré sú definované len v XML súbore. Ich texty a voľba obrázka je definovaná aktuálne precvičovanou položkou, ktorá je dodávaná modulom LevelManager. Vzhľad cvičenia je zobrazený na Obrázok 16.



Obrázok 16: Ukážka obrazovky pre cvičenie R3

V hornej časti obrazovky je položka na precvičenie so zaregistrovaným `OnClickListenerom`, ktorý po kliknutí spustí nahrávku názvu predmetu. Nasledujú tri objekty typu `Button`, ktorých text je vygenerovaný z precvičovanej položky. Tá obsahuje správny názov a dve nesprávne alternatívy, v náhodnom poradí sa pridelia tlačidlám a každé z nich reaguje na stlačenie porovnaním. V prípade kliknutia na nesprávne tlačidlo sa tlačidlo zakáže, čo znemožní používateľovi opäť naň kliknúť. Pri správnej možnosti sa prejde na ďalšiu položku, teda sa vyberie nový obrázok z databázy, nastaví sa do hornej časti, vygenerujú sa texty pre tlačidlá a systém čaká na vstup používateľa.

6.2.4 Cvičenie W1: Písanie slov

Ťažiskom cvičenia je rozbitie názvu precvičovaného predmetu na písmená a vytvorenie samostatného tlačidla pre každé z nich. Tieto tlačidlá sú v spodnom rade a pri kliknutí zmiznú a ich písmeno sa objaví na mieste zeleného tlačidla. To sa zároveň posunie smerom na ďalšie písmeno. Takto je vytvorený princíp písania, ktorého ukážku ilustruje Obrázok 17.



Obrázok 17: Ukážka obrazovky pre cvičenie W1

Ak sa používateľ pomýlil a chce si písmeno zmazať, klikne v hornom rade napísaných písmen na písmeno, ktoré chce vrátiť do spodného radu. Pomôcka „Nápoveda“ je tlačidlo, ktoré napíše prvé

písmeno slova. Tu bolo potrebné overiť, či písmeno už nebolo použité v slove. Ak už použité bolo, odstráni sa a vloží sa na prvé miesto. Ak je prvé miesto obsadené nesprávnym písmenom, nesprávne písmeno sa vyhodí. Po napísaní prebehne porovnanie až po stlačení tlačidla „OVERIŤ“. V prípade správneho názvu sa prejde na ďalšiu položku dodanú LevelManagerom, v opačnom prípade sa rozhádza všetky písmená pre nový pokus o napísanie. Efekty zobrazovania a miznutia písmen sú dosiahnuté nastavovaním VISIBILITY atribútu v kóde na hodnoty VISIBLE alebo GONE.

6.2.5 Cvičenie C1: Podstatné mená – označ obrázok

Oproti ostatným cvičeniam tu začína kolo precvičovania položky zvukovou nahrávkou jej názvu. Pre zopakovanie bolo implementované tlačidlo „VYPOČUŤ SI“ a ako pomôcka tlačidlo „NÁPOVEDA“, ktoré zabezpečí spustenie zvukovej nahrávky definície položky. Cvičenie obsahuje štyri obrázky predstavujúce možnosti odpovedí, ktoré reagujú na kliknutie porovnaním. Obrázky sú na abstraktnej úrovni reprezentované spolu s celou položkou, takže sa overuje meno aktuálne precvičovanej položky s menom položky, na ktorej obrázok bolo kliknuté. V prípade nesprávneho označenia položky jej obrázok zmizne. V prípade kliknutia na správnu položku jej obrázok zväčší svoju veľkosť pomocou inkrementovania atribútu obrázka SCALE o hodnotu 2.0 a všetky ostatné obrázky zmiznú. Opäť zaznie názov položky a čaká sa na potvrdenie – opätovné kliknutie na položku. Položka následne znova zväčší svoju veľkosť a princíp sa opakuje až po presiahnutie hodnoty SCALE atribútu 6.0, čo predstavuje 4 kliknutia. Potom sa vyberie ďalšia položka na precvičovanie, zostavia sa možnosti a všetko sa zobrazí. Vzhľad tohto cvičenia je zobrazený na nasledujúcom obrázku.



Obrázok 18: Ukážka obrazovky pre cvičenie C1

O tvorbu možností na označenie sa stará modul LevelManager, konkrétne trieda C1Manager. Keďže má cvičenie tri rôzne úrovne obťažnosti, voľba alternatív má závisieť od týchto úrovní. Stále

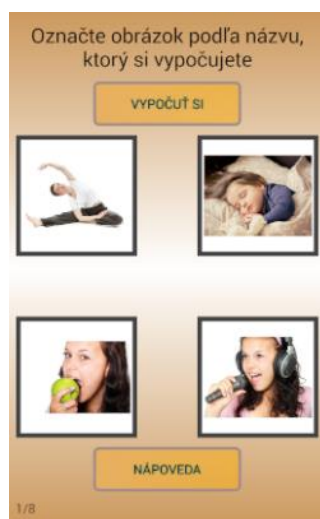
sa zohľadňuje aktuálna položka na precvičovanie a vzhľadom k nej sa hľadajú podľa obťažnosti najbližšie a najvzdialenejšie možnosti:

1. Úroveň 1 – jedna možnosť je tvorená z najvzdialenejšej kategórie, jedna z najvzdialenejšieho mena a jedna je úplne náhodná.
2. Úroveň 2 – jedna možnosť je z najbližšej alebo rovnakej kategórie, jedna je názvom najbližšia a jedna je úplne náhodná.
3. Úroveň 3 – jedna možnosť je najbližšia názvom a zároveň aj kategóriou s prioritou kladenou na názov, jedna možnosť je najbližšia kategóriou a zároveň názvom s prioritou kladenou na kategóriu a jedna možnosť je najbližšia len názvom.

Atribút blízkosti a vzdialenosti názvu a kategórie sa vytvára podľa porovnania slov. Pri overovaní názvu sa počítajú rovnaké písmená v názve a zohľadňuje sa aj ich poradie. Takto je každý pojem ohodnotený finálnym číslom. Po zoradení zostupne vieme zistiť, ktorá položka je v rámci názvu najbližšia a najvzdialenejšia. Pri overovaní kategórie sa berie na porovnanie slovo názvu kategórie, do ktorej položka patrí so všetkými ostatnými položkami a ich kategóriami.

6.2.6 Cvičenie C2: Slovesá – označ obrázok

Cvičenie C2 je zamerané na slovesá. Princípom aj implementáciou je kópiou cvičenia C1, no je vytvorené pre ľahkú možnosť akýchkoľvek zmien. Líši sa len svojím obsahom, teda sú v ňom pridané činnosti, ktoré tvoria zatiaľ jedinú kategóriu. Pri pohľade na Obrázok 19 si môžeme všimnúť, že predefinovanie zadania, počtu obrázkov, spôsob výberu na základe ich súvisu a podobné zmeny sa môžu ľahšie vykonať, keď je cvičenie už oddelené od C1.

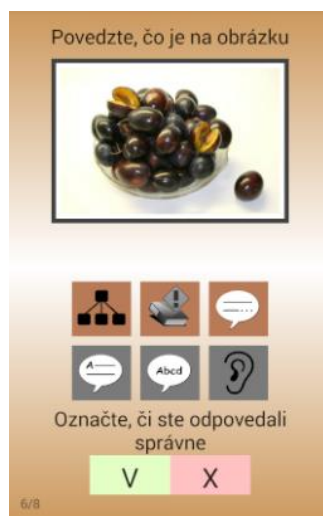


Obrázok 19: Ukážka obrazovky pre cvičenie C2

Ďalším veľkým dôvodom je jeho umiestnenie v hlavnom menu a prístup z hľadiska aktualizácie databázy ako ku každému inému rovnocennému cvičeniu. Dôvod oddelenia cvičenia je teda hlavne používateľský a na diskusiu je ponechaná alternatíva technicky zlúčiť obe cvičenia, no zobrazovať ich ako dve samostatné.

6.2.7 Cvičenie P1: Pomenovanie

Pre potrebu precvičovania rozprávania, teda produkcie slov, je vytvorené cvičenie P1. Keďže jeho cieľom je vplývať na pacienta množstvom podnetov, kľúčovým prvkom je množstvo pomôcok, ktoré majú multimediálny charakter. Vzhľad tohto cvičenia je znázornený na Obrázok 20.



Obrázok 20: Ukážka obrazovky pre cvičenie P1

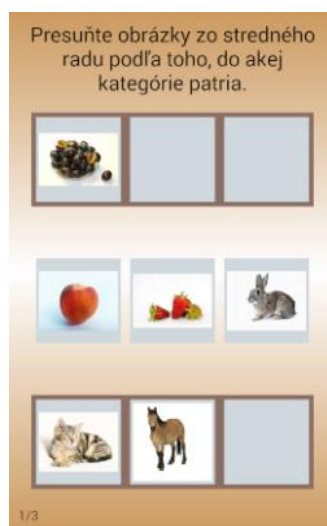
V hornej časti sa nachádza obrázok precvičovanej položky. Zhora zľava sú umiestnené pomôcky, z ktorých sa prvé 4 dajú v nastaveniach cvičenia aktivovať alebo deaktivovať. Ide o tieto pomôcky:

- Nadradený pojem – používateľ si vypočuje nadradený pojem. V prípade sliviek zaznie : „Je to druh ovocia“. Táto veta sa navyše napíše do priestoru medzi obrázkom a pomôckami.
- Definícia – používateľ si po kliknutí vypočuje definíciu pojmu. Pomôcka však nemá textovú formu.
- Doplnenie do vety – používateľ si vypočuje vetu, ktorej chýba posledné slovo zobrazené na obrázku. Táto veta sa vypíše podobne ako v pomôcke Nadradený pojem.
- Prvé písmeno – po kliknutí si používateľ vypočuje prvé písmeno názvu položky a toto písmeno sa zobrazí. Pomôcka je dostupná až po kliknutí na prvé tri tlačidlá s pomôckami.
- Napísané slovo – po kliknutí sa zobrazí celý názov slova.

- Prečítané slovo – po kliknutí sa spustí zvuková nahrávka názvu slova. Pomôcka je dostupná až po použití pomôcky Napísané slovo.

Keďže nie je možné zistiť, či pacient hovorí, uhádne alebo opakuje slovo správne, je hodnotenie ponechané na ňom podobne, ako v mnohých iných riešeniach uvedených v analýze. Túto funkciu plnia zelené a červené tlačidlo, ktoré slúžia na označenie správnosti.

Ako kognitívna úloha bolo k cvičeniu pridané nové cvičenie s vlastným princípom, vlastným LevelInterpreterom pod názvom P1WUInterpreter a LevelManagerom s názvom P1WUmanager, a teda by sme ho mohli brať v princípe za ďalšie samostatné cvičenie. Keďže však nie je zobrazované v hlavnej ponuke programu a je súčasťou cvičenia P1, jeho spúšťanie je riadené v nastavení cvičenia P1 a prebehne vždy pred spustením Pomenovania. Táto rozcvička má vzhľad zobrazený na Obrázok 21.



Obrázok 21: Ukážka obrazovky rozcvičky pre cvičenie P1

Na obrázku je 6 obrázkov a 6 miest, kde môžu byť umiestnené. Už na začiatku rozcvičky sú 3 zo 6 obrázkov umiestnené v hornom a spodnom rade, aby vytvorili kategóriu, do ktorej má používateľ presúvať obrázky zo stredného radu. To robí podľa toho, čo majú položky spoločné. Presúvanie je zabezpečené pomocou OnTouchListenera, ktorý majú obrázky v prostriedku. Keďže sme chceli používateľovi zjednodušiť presúvanie, nemusí presunúť celý obrázok presne do stredu rámu. Vnútorňá trieda implementujúca OnTouchListener s názvom ChoiceTouchListener má naprogramovaný prepočet miesta, ktoré je presunutým obrázkom najviac prekryvané a podľa toho sa potom obrázok vloží na vypočítané miesto do stredu rámu. Následne prebehne porovnanie, teda či položka patrí do správneho radu alebo nie. Ak nie, vráti sa opäť do stredného radu. Ak sa všetky

položky správne zatriedia, vyberú sa ďalšie a takto sa prejdú v rámci rozcvičky 3 kolá triedenia. Až potom sa spustí vlastný interpret cvičenia P1.

6.2.8 Precvičovanie chýb v cvičeniach

Každé cvičenie má v rámci svojich nastavení možnosť spustiť len precvičovanie chýb, ktoré používateľ urobil počas tréningov a testovania. Princípy v cvičeniach ostávajú rovnaké, no mení sa len výber položiek na precvičovanie. V tomto prípade si ich nevolí používateľ, ale sú zostavené modulom LevelManager, ktorý vyhodnocuje položky, pri ktorých sa používateľ najviac pomýlil. Každú chybu teda počas tréningu a testu zaznamenáva a na konci cvičenia uloží do databázy pojem spolu s chybovým skóre. Čím vyššie chybové skóre, tým viac sa používateľ pomýlil a tým vyššia je priorita tejto položky pri precvičovaní chýb. Pseudokód algoritmu na výber týchto položiek je znázornený v ukážke 1. □

begin

```
items ← vybrať z databázy položiek všetky
zoradiť items zostupne podľa chybového skóre
worstThree ← výber prvých troch položiek z items
questionsForWorst ← zistiť počet otázok, vypočítať z nich 60%
selectedWorstItems[questionsForWorst] ← vážene umiestniť do poľa
položky z worstThree v pomere podľa ich chybového skóre
restItems ← výber zvyšných položiek z items
questionsForRest ← zistiť počet otázok, vypočítať z nich 40%
selectedRestItems[questionsForRest] ← vážene umiestniť do poľa
položky z restItems v pomere podľa ich chybového skóre
result ← zreťaziť polia selectedWorstItems a selectedRestItems
```

end

Ukážka 1. Pseudokód algoritmu pre výber položiek na precvičovanie chýb

Keďže cvičenie je spúšťané s určeným počtom otázok (alebo položiek), ktoré chce používateľ absolvovať, algoritmus prispôsobí zvolené položky tejto požiadavke. Pri precvičovaní chýb správna odpoveď znižuje chybové skóre položky, takže aplikácia počíta s tým, že pacient si pomaly tieto chyby opravuje a nabudúce možno preto vyberie iné položky na precvičenie.

6.3 Služby v NUT app

Komplexnosť aplikácie so sériou jednoduchých cvičení je tvorená funkcionalitami, ktoré vyžadujú služby. Lacko [23] popisuje služby ako tie, ktoré bežia na pozadí a asynchrónne paralelne vykonávajú nejakú činnosť, pre ktorú nepotrebujú poskytovať grafické rozhranie. V tomto zmysle je pre Android niekoľko spôsobov, ako zabezpečiť služby v aplikácii:

- Vytvorenie vlákna pomocou Runnable – tento princíp využíva Java multithreading a nové vlákno vytvárame pomocou implementovania rozhrania Runnable, vložením tejto abstrakcie do objektu Thread a volaním metódy start() nad vláknom.
- Vytvorenie asynchrónnej úlohy AsyncTask – oproti Runnable je spoľahlivejšia v chode aplikácie. Kód našej služby vkladáme do triedy, ktorá dedí od AsyncTask s metódami onPreExecute, doInBackground a onPostExecute. Tieto metódy slúžia na prípravu pred vykonávaním služby, jej vykonanie a spracovanie jej výsledku.
- Vytvorenie služby Service – služba je najspoľahlivejšia, kód píšeme do podtriedy triedy Service, službu vieme zaregistrovať a deklarovať v manifest.xml. Môže byť spustená aj externe.

Pri popisovaní služieb v aplikácii NUT budeme považovať za služby všetky tri spôsoby implementácie paralelného spôsobu vykonávania úloh.

6.3.1 Služba LazyDownloadTask

Hlavnou úlohou tejto služby je stiahnuť potrebné multimediálne súbory z internetu z webovej časti aplikácie NUT web. Služba je spustená inštanciou triedy ExerciseLoader v prípade načítavania cvičenia alebo pri inicializácii databázy a túto inštanciu prijíma aj v konštruktoze. ExerciseLoader v sebe nesie informáciu v atribúte filenames o súboroch, ktoré počas výberu položiek nenašiel. Tieto súbory si LazyDownloadTask vloží do vlastného zoznamu a sekvenčne ich v pozadí sťahuje zo servera. Ide o potomok triedy AsyncTask, teda pred vykonaním ešte zobrazí dialóg so správou o sťahovaní a po skončení dialóg zavrie.

Prechádzajú sa všetky súbory v zozname, ktorý neobsahuje duplikáty. Pre každý súbor prebehne jeho stiahnutie a uloženie do pamäte telefónu. Počas sťahovania súboru sa otvorí HTTP spojenie, vyšle sa požiadavka na NUT web server pre servlet so vzorom „/file“, potom sa otvorí vstupný prúd a čítaním sa rovno zapisujú dáta do súboru. Umiestnenie súboru v telefóne sa získava pomocou jedinej inštancie triedy GlobalSettings a metódy getDBPath, ktorá zistí, či má telefón externú pamäť formou SD karty, alebo vnútornú pamäť, prípadne či v nastaveniach nie je zvolená vnútorná pamäť aplikácie.

Týmto spôsobom je zabezpečené, že potrebné súbory sú stiahnuté len raz a pri opätovnom použití nevyžadujú pripojenie na internet. V nastaveniach aplikácie je však možné umelo vynútiť inicializáciu databázy, ktorá znamená načítanie všetkých multimediálnych súborov naraz. To uskutočňuje program tak, že sa vytvorí inštancia ExerciseLoader, zvolia sa všetky položky v databáze a overuje sa, či majú multimediálne súbory. Následne sa spustí LazyDownloadTask a sťahujú sa všetky chýbajúce.

6.3.2 Služba UpdateDatabaseTask

Na rozdiel od inicializovania položiek v predchádzajúcej službe ide pri aktualizovaní o dotaz do SQL databázy a uloženie výsledku do databázy telefónu. UpdateDatabaseTask sa spúšťa aktivitou SettingsActivity v nastaveniach aktualizácie. Podobne ako LazyDownloadTask ide o podtriedu AsyncTask a teda spravuje zobrazenie dialógu pred vykonaním akcie a jeho zavretie po ukončení.

Akcia, ktorú táto služba vykonáva, je taktiež pripojenie sa na server NUT web so servletom so vzorom „/db/“, pričom na získavanie položiek databázy využíva knižnicu Retrofit. Podľa zvoleného rozsahu sa prispôsobuje aj požiadavka na server – update jednej kategórie v jednom cvičení, všetkých kategórií v jednom cvičení alebo všetkých kategórií vo všetkých cvičeniach.

Aktualizácia položiek v databáze prebieha v dvoch krokoch. Prvým je dotaz na zoznam položiek v rámci kategórií, teda riadky tabuľky Test. Keďže riadky v sebe majú len odkaz na ID položky, druhým dotazom je stiahnutie všetkých položiek patriacich do danej kategórie. Tieto položky v sebe obsahujú údaje, ktoré sú kľúčové aj pre používateľa: cestu k súborom pomôcok, názov položky, text definície a pomôcky doplnenia do vety v prípade cvičenia P1 a podobne.

Po odoslaní požiadavky knižnica Retrofit zaregistruje callback metódu onResponse, ktorá sa vykoná, keď server pošle odpoveď. Tu sa však chod služby stáva asynchrónnym. Preto bola vsadená do služby premenná typu zoznam reťazcov, kde si služba pamätá aktuálne spracovanú úlohu ako prvú zo zoznamu a taktiež aj všetky ostatné. Zoznam tak vlastne vytvára rad úloh, ktoré sa vykonávajú sekvenčne. Podľa tejto synchronizačnej štruktúry vie služba postupne po ukončení jednej kategórie volať požiadavky na ďalšie kategórie a v prípade prázdnej štruktúry sa ukončí.

6.3.3 Služba GarbageCollectionTask

V aplikácii je zohľadnená situácia, kedy je potrebné vysporiadať sa s nadbytočnými nepotrebnými multimediálnymi súbormi. Tie môžu vzniknúť napríklad pri aktualizovaní databázy, kedy sa môže položka z databázy odstrániť alebo len zmeniť hodnotu svojho atribútu poukazujúceho na multimediálny súbor. Nový súbor sa stiahne počas inicializácie alebo pri prvom spustení. Stará položka sa však nezmaže a v externej pamäti zbytočne zaberá miesto.

Preto je vsadená do časti Nastavenia aplikácie možnosť automaticky vyčistiť nepotrebné súbory. Funkciou služby `GarbageCollectionTask` je nájsť nepotrebné súbory a zmazať ich, čím vlastne pripomína funkciu `Garbage Collector` v rámci správcu operačnej pamäte aplikácie. Rozdiel je akurát v jednoduchšej implementácii a v tom, že sa jedná o celé súbory uložené v pamäti telefónu a nie v dočasnej pamäti.

Princíp spúšťania a funkcie je podobný ako v predchádzajúcich službách, keďže `GarbageCollectionTask` tiež dedí od `AsyncTask`. Podstatný je však algoritmus upratovania nepotrebných súborov, ktorý sa mohol inšpirovať existujúcimi implementáciami `Garbage Collector`ov. Súčasný algoritmus služby `GarbageCollectionTask` je najviac podobný implementácii `Mark&Sweep`, ktorý sa podľa príručky `Java Garbage Collection` [24] realizuje v dvoch fázach:

- Fáza `Mark` – algoritmus v našom prípade prejde všetky položky z databázy a do svojho zoznamu si zapisuje mená súborov, ktoré sú používané.
- Fáza `Sweep` – algoritmus prejde všetky súbory v priečinku s multimediálnymi súbormi a zmaže tie, ktoré nie sú v zozname z prvej fázy.

Táto implementácia je zjednodušená preto, lebo použitie súborov sa vyhľadáva len v jednom zdroji, ktorým je databáza položiek, a neriešia sa rekurzívne hĺbkové referencie súboru na súbor.

6.3.4 Implementácia podporných funkcionalít

Cvičenia môžu byť spustené v dvoch rôznych módoch, ktorými sú tréning a testovanie. Princíp aj položky ostávajú rovnaké, ale aplikácia si v prípade testovania na konci cvičenia vyhodnotí správne odpovede, nesprávne odpovede, použitie pomôcok a tento stav používa na vygenerovanie správy o cvičení, ktorá sa vloží do tela správy pre terapeuta. Možnosť poslať správu o výsledkoch mailom je zobrazená vo vyhodnotení v prípade módu testovania pacienta.

Správa o výsledkoch cvičenia sa generuje v jazyku, ktorý je aktuálne zvolený a pre každé cvičenie je použitá samostatná šablóna. Poslanie mailu je realizované prostredníctvom volania externej aplikácie mailového klienta pomocou `Intentu`, pričom sa nastaví aj emailová adresa terapeuta, vygenerovaný predmet správy a telo správy s výsledkami. Emailová adresa terapeuta je uložená v databáze v entite `User`, kde je umiestnená spolu s ostatnými vlastnosťami používateľského účtu a dá sa meniť v Nastaveniach vo vedľajšej ponuke aplikácie.

Požiadavka pripomenutia používateľovi, že má cvičiť, je implementovaná pomocou vlastného `Alarmu`, ktorý dedí od `BroadcastReceiver`a. Tento `Receiver` je zaregistrovaný aj v `manifest.xml`, aby k nemu mal mobilný telefón prístup aj (a hlavne) v prípade, že aplikácia nie je zapnutá. Aby mala aplikácia informáciu o aktívnej pripomienke spolu so zaregistrovaným `BroadcastReceiverom`,

ukladá ju v databáze. Informácia patrí entite AlarmSettings a obsahuje čas alarmu, reťazec pracovného názvu cvičenia na spustenie a príznak aktivity pripomienky. Pripomienka sa v určenom čase zobrazí v notifikačnom paneli operačného systému spolu s ikonou aplikácie a po kliknutí sa spustí rovno výber kategórií v rámci konkrétneho cvičenia.

Na viacerých miestach kódu je potrebné zistiť, či sa dá z NUT web servera stiahnuť požadovaná položka alebo aspoň overiť pripojenie. Z toho dôvodu je vytvorená trieda ConnectionChecker, ktorej inštancia v metóde checkConnection zisťuje, či je možné napojiť sa na server alebo dochádza k jednej z troch chýb:

1. Mobilný telefón nemá k dispozícii internet – má vypnuté WiFi aj mobilné dáta.
2. Sieť je nedostupná – smartfón má zapnuté rozhranie pre dáta, no nie je pripojený na internet.
3. Server je nedostupný – smartfón sa vie dostať na web, ale nie na NUT web. Pravdepodobne má nastavenú nesprávnu adresu NUT web servera alebo je server nedostupný.

Toto overenie má silný význam pri inicializácii položiek počas načítavania cvičenia. Pokiaľ by sme totiž mali v zozname napríklad 30 súborov na stiahnutie z internetu a pri každom by mal program čakať na vypršanie časovej požiadavky kvôli nedostupnosti NUT servera 6 sekúnd, spúšťanie cvičenia by trvalo aj niekoľko minút. Overenie dostupnosti prebehne vždy len raz pred prvým pokusom o prístup k NUT web serveru v rámci aktualizácie alebo inicializácie.

Z dodatočných technických požiadaviek má byť NUT aplikácia viacpoužívateľská, čo nás vedie k potrebe vytvoriť používateľské účty a ich správu. V tomto riešení boli nazvané pojmom profily a od bežných účtov sa rozlišujú absenciou autentifikácie. Je to dôsledok typu cieľovej skupiny používateľov. Aj v už spomenutom riešení od Tactus Therapy [14] sú úplne vynechané profily z jednoduchého dôvodu – používateľmi sú pacienti, ktorí si ťažko pamätajú meno a heslo pre prístup k nejakej aplikácii, ktorá navyše ani neobsahuje citlivé informácie. Z hľadiska bezpečnostnej politiky odporúčajú Stallings a Brown [25] pri jej voľbe zohľadniť na jednej strane hodnotu chráneného majetku a na druhej strane zvoliť správny pomer medzi zabezpečením a jednoduchosťou použitia. Po zhodnotení sa dospelo k týmto záverom:

- Používateľ sa má pri prvom spustení aplikácie identifikovať menom.
- Pri opätovnom spustení aplikácie sa automaticky prihlási už skôr identifikovaný používateľ a aplikácia sa správa ako jednopoužívateľská. Predpokladáme, že v praxi má každý pacient svoj mobilný telefón a nutnosť vytvoriť nový profil je skôr výnimkou.
- Ďalší profil je možné vytvoriť a prihlásiť sa pod ním v nastaveniach aplikácie.

- Profil v sebe uchováva meno, dosiahnuté úspechy v štyroch oblastiach a preferovanú mailovú adresu terapeuta.
- Takto vybavený profil je uložený v databáze a prístupuje sa k nemu ako k objektu z ORM.

6.4 Aktivity v NUT app

Základnými stavebnými prvkami grafického rozhrania mobilných aplikácií pre systém Android sú aktivity, ktoré Murphy [26] prirovnáva k dialógovým oknám v desktopových aplikáciách. Všetka interakcia medzi používateľom a aplikáciou sa deje prostredníctvom aktivít, ktoré majú svoj životný cyklus a spúšťajú ďalšie procesy a služby.

Implementovanie vyššie uvedených prvkov prebiehalo súčasne s vývojom aktivít, ktoré sú viditeľnou časťou aplikácie. Práve z dôvodu šetrenia a centrálneho riadenia toku programu bolo prioritou vytvoriť len rozumné množstvo aktivít, ktorých je celkovo 9. Ich popis je vyjadrený v Tabuľka 2.

Aktivita	Zodpovednosť	Spolupráca s triedami a modulmi
WelcomeActivity	Spustenie aplikácie. Overenie prvého spustenia. Spustenie MainMenuActivity.	DbHelper GlobalSettings
MainMenuActivity	Hlavná ponuka aplikácie. Privítanie používateľa. Prvé načítanie databázy.	GlobalSettings
SelectingActivity	Vedľajšia ponuka s voľbou konkrétnych cvičení. Nastavenia cvičení.	DbHelper
CategoryActivity	Voľba kategórie položiek v rámci cvičenia. Spúšťanie testovania a tréningu.	LevelManager LevelInterpreter DbHelper
ExerciseActivity	Beh konkrétneho cvičenia.	LevelManager LevelInterpreter
ManageAccountsActivity	Vytváranie, odstránenie profilu, prihlásenie pod iným profilom.	DbHelper
SettingsActivity	Ponuka rýchlych nastavení. Možnosť aktualizácie a inicializácie databázy. Spustenie GlobalSettingsActivity.	DbHelper
GlobalSettingsActivity	Ponuka všeobecných nastavení. Možnosť odstrániť nepotrebné súbory. Spustenie ManageAccountsActivity.	DbHelper GlobalSettings
HelpActivity	Zobrazenie grafického rozhrania informácií o aplikácii.	

Tabuľka 2: Prehľad aktivít mobilnej aplikácie NUT

Aplikácia obsahuje aj triedy, ktoré tvoria technickú podporu funkcionalít a nachádzajú sa v balíku „utils“. Ide o prístup k databáze ako k ORM pomocou triedy DbHelper, jednotný prístup k nastaveniam aplikácie pomocou Singleton vzoru v triede GlobalSettings, jednotné nesúbežné

prehrávanie zvukov pomocou Singleton vzoru v triede SoundManager a zabezpečenie podporných animácií v triede Effects.

Pod pojmom všeobecných nastavení rozumieme v našej aplikácii nastavenie jazyk aplikácie, hlasitosti, IP adresy servera a ukladacieho priečinka pre súbory. Rýchle nastavenia v sebe zahŕňajú nastavenie emailovej adresy terapeuta, nastavenie času pripomienky aplikácie a aj konkrétneho cvičenia na spustenie.

Aktivita MainMenuActivity zabezpečuje aj prvé načítanie databázy. Ak bola aplikácia spustená prvýkrát, prebehne napĺňanie databázy základnými položkami, aby bola použiteľná aj bez prvej aktualizácie.

6.5 Základná databáza položiek

Okrem zostavenia princípov na aktualizáciu databázy a zhotovenie riešenia NUT web na pridávanie položiek odborníkmi je súčasťou aplikácie aj počiatočná séria položiek v databáze. Využitie aplikácie tak nie je od začiatku zverejnenia závislé na tom, aké položky sú pridané v NUT web databáze, ale dá sa jednoducho používať hneď po nainštalovaní aj bez dostupnosti NUT web servera.

Základnú databázu tvorí viac ako 200 položiek s viac ako 670 multimediálnymi súbormi, ktoré sú rozdelené do všetkých cvičení podľa kategórií. Položky vymýšľala študentka logopédie a zvukové pomôcky boli manuálne nahrávané. Obrazový materiál bol starostlivo volený a prevzatý z voľne dostupných zdrojov. Z hľadiska duševného vlastníctva sú všetky multimediálne súbory základnej databázy prevzaté pod licenciou Creative Commons, konkrétne verziou CC0, ktorá dovoľuje takto označené dáta zdieľať, kopírovať, distribuovať a využívať aj na komerčné účely bez súhlasu autorov. Výnimku tvorí obrázok rožka, žemle a teplákov, pre ktoré bol udelený žiadaný súhlas autorov.

6.6 Implementácia webového servera NUT web

Projektu jednoduchej mobilnej aplikácie je dodaná komplexnosť webovým portálom, s ktorým aplikácia komunikuje za účelom aktualizácie databázy. Samotný webový portál je možné poňať ako samostatný projekt s frontendovými a backendovými špecifikáciami. Cieľom portálu je však len jednoduché pridávanie položiek do databázy bez akýchkoľvek dodatočných funkcionalít.

6.6.1 Zvolené technológie a pracovné rámce pre NUT web

NUT web môžeme rozdeliť na dve časti implementácie. Prvou je kód vykonávaný na strane servera, druhou kód na strane klienta vo webovom prehliadači alebo mobilnej aplikácii NUT app. Tomcat [27] je open source implementácia pre mnoho Java technológií, z ktorých boli na Backendovej časti aplikácie použité servlety a JSP.

Servlet predstavuje Java kód, ktorý sa vykonáva pri prijatí požiadavky na server. Ide o triedu dediacu od abstraktnej triedy `HttpServlet` a metódy, ktoré sa v nej majú implementovať, zodpovedajú HTTP metódam požiadaviek, ktoré spracúvajú. K hlavným výhodám použitia servletov patrí podľa Hunter [28] prenositeľnosť, bezpečnosť, rozšíriteľnosť, flexibilita a ďalšie. V našej aplikácii je použitých niekoľko servletov, ktoré sú zodpovedné za obsluhovanie rôznych požiadaviek na webový server. `JavaServer Pages`, skrátene `JSP`, je technológia, ktorá v našom projekte zjednodušila písanie HTML dokumentov pridaním dynamických častí vykonávaných na strane servera a napísaných v jazyku Java.

Frontend oproti väčšine komerčných riešení obsahuje len málo pracovných rámcov. Stránky písané v HTML a štýlované v CSS sú dynamické vďaka interpretácii JavaScriptu na strane klienta. Na týchto stojí pracovný rámec `jQuery`, ktorým bola zjednodušená asynchrónna komunikácia so serverom a mnoho vizuálnych funkcií a `Francium Voice` od Subin Siby na nahrávanie zvuku z mikrofónu len za pomoci HTML a JS.

6.6.2 Tvorba webového rozhrania

Viditeľná časť portálu pre používateľa má byť do značnej miery dynamicky menená. Ide totiž o zobrazovanie položiek v databáze a ich úpravu, čo môžeme zobrazovať buď načítaním celej upravenej stránky alebo dynamicky na pozadí použitím JS.

Projekt obsahuje oficiálne 5 JSP stránok, ktorými je zabezpečený kompletný obsah webového portálu. Týchto 5 stránok interaguje s ostatnými časťami aplikácie, ku ktorým patrí aj autentifikačná služba, správca databázy a podobne. Server teda generuje týchto 5 stránok:

- `login.jsp` – stránka na prihlásenie používateľa, úvodná stránka pre všetkých neautentifikovaných návštevníkov.
- `welcome.jsp` – úvodná stránka po prihlásení, zobrazuje 4 kategórie cvičení, položky ktorých chceme upravovať.
- `file_chooser.jsp` – pomocná stránka zobrazovaná ako modálne okno a slúžiaca ako prehliadač súborov.
- `exercise.jsp` – stránka prehľadu cvičení v rámci kategórie cvičenia a prehľadu kategórií položiek v rámci konkrétnych cvičení.
- `category.jsp` – stránka na pridávanie a upravovanie pojmov v rámci kategórie položiek v konkrétnom cvičení.

Na zabezpečenie grafického rozhrania potrebujeme len týchto 5 stránok, ktoré svoj obsah menia na základe požiadavky. `Category.jsp` napríklad zobrazuje položky v rámci zvolenej kategórie,

ktorých môžu byť desiatky a môže ísť o kategórie rôznych cvičení. Ukážka obrazovky portálu a stránky category.jsp je na Obrázok 22.



Obrázok 22: Ukážka webového portálu NUT web v časti úpravy položky v kategórii Nábytok

Okrem základných JSP stránok sa z dôvodu prerozdelenia zodpovednosti využívajú aj ďalšie podporné triedy: DBManager pre prístup k databáze, LoginSolver pre prihlásenie používateľa, SessionManager pre overenie autentifikácie a aktuálneho sedenia, Base64 a BaseToMP3Converter na prevod WAV súboru uloženého vo formáte Base64 do formátu MP3, a 4 triedy pre parsovanie požiadavky s obsahom typu multipart.

6.6.3 Využitie servletov pre spracovanie požiadaviek

Okrem priamych odpovedí formou JSP/HTML stránok má webový server ešte mnoho ďalších spôsobov prijímania požiadaviek a odpovedí. Tie sú zadefinované v servletoch, ktorých je celkovo 7. Každý servlet má aj zaregistrovaný URL vzor, za ktorý je zodpovedný a na ktorý je mapovaný. Pri http požiadavke s daným vzorom sa spustí príslušný servlet a spracúva požiadavku. Ide o tieto servlety:

- DBServlet – prijíma požiadavky s metódou GET vo formáte JSON z mobilnej aplikácie NUT app na aktualizáciu databázy, vo formáte JSON aj vracia odpoveď. Je mapovaný na adresu so vzorom: /db/.
- SimpleAnswerServlet – prijíma požiadavku s metódou POST a odpovedá správou READY. Slúži na overenie dostupnosti servera, je mapovaný na adresu so vzorom /sa.
- FileManagerServlet – slúži na posielanie multimediálnych súborov, je mapovaný na adresu so vzorom: /file.

- LoadingWebpageServlet – slúži na asynchrónnu komunikáciu s klientom a posiela dáta z databázy, ktoré jQuery dynamicky zobrazí na stránku. Je mapovaný na adresu so vzorom: /services.
- ManipulationServlet – prijíma JSON požiadavky na manipuláciu s databázou. Je mapovaný na adresu so vzorom /manipulation.
- UploadingServlet - prijíma požiadavku typu multipart a prenáša uploadovaný súbor zo strany klienta na stranu servera. Je mapovaný na adresu so vzorom /uploading.
- RecordingServlet – prijíma požiadavku s parametrom vo formáte base64, kde je zakódovaný WAV súbor zvukovej nahrávky vytvorenej klientom. Servlet ju transformuje do MP3 a pošle naspäť klientovi. Je mapovaný na adresu so vzorom /recording.

Vzhľadom na rozsiahlosť problematiky webových technológií a spôsoboch implementácie sú tieto body viac detailne rozvedené v systémovej príručke.

6.6.4 Funkcionalita nahrávania zvukov a prehliadač súborov

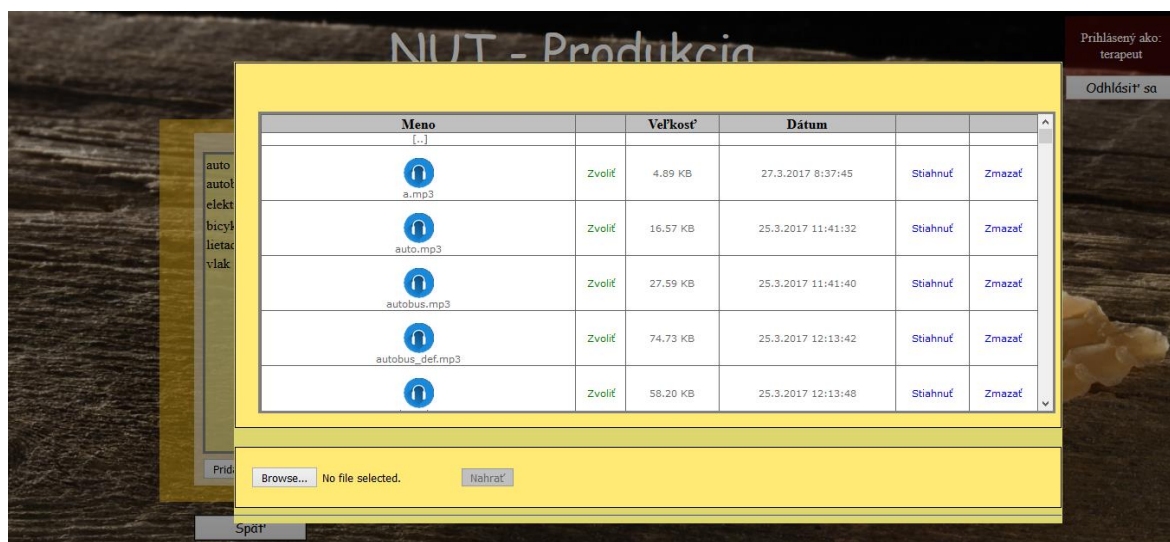
V záujme jednoduchosti aplikácie je veľmi dôležité prispôsobiť používateľovi webový portál natoľko, aby nemusel používať žiadne dodatočné programy na tvorbu multimediálnych súborov. Jeden zo spôsobov, ako dostať súbor na server, je nahráť ho pomocou tlačidla na to určeného. V prípade zvukových súborov by to však znamenalo, že terapeut najprv musí vytvoriť súbor v externom programe, uložiť ho vo formáte MP3 a následne ho nahráť na server. Zaujímavejšie a užitočnejšie je riešenie, kde terapeut použije tlačidlo na stránke na nahranie súboru a ten sa sám pošle na server. Tu je však potrebné zobrať do úvahy spôsob implementácie – pri použití Flash pluginu je implementácia jednoduchšia, no pre použitie terapeut vyžaduje u klienta Flash Player. Druhá možnosť je použiť JavaScript a HTML implementáciu nahrávania, ktorá je súčasťou pracovného rámca Francium Voice. Pracovný rámec dokáže nahráť, spracovať a prehrať nahratý zvuk, ako aj skomprimovať ho do formátu MP3. Veľkou nevýhodou je tu však rýchlosť interpretovaného jazyka JavaScript. Pri použití JS implementácie na konvertovanie niekoľkých sekúnd záznamu prehliadač prakticky zamrzne na niekoľko desiatok sekúnd kvôli vyťažnosti. Tento fakt je prítomný vo viacerých rámcoch snažiacich sa skonvertovať surový záznam do formátu MP3. Preto bol zvolený prístup konvertovania za účasti servera. Funguje v 4 krokoch:

1. Klient nahratý zvuk v nekomprimovanom tvare pošle vo formáte Base64 serveru.
2. Server súbor prijme, skonvertuje MP3, uloží ho do svojho dočasného priečinka.
3. Server súbor odošle klientovi, klient ho môže spustiť ako ukážku nahratého zvuku.
4. Po odsúhlasení položky klientom server premiestni súbor z dočasného priečinka do cieľového podľa názvu súboru uloženého ako jeden z atribútov položiek.

Dočasné súbory sa nazývajú pseudonáhodne podľa hashkódu reťazca, v ktorom sa nachádza obsah surového zvukového súboru v Base64. Po odsúhlasení sa však premenujú, čím však môžu prepísať už existujúce súbory v databáze. Táto situácia je ošetrená potvrdzovacím dialógom.

6.6.5 Funkcionalita prehliadania súborov

Keďže predpokladáme, že súbory môžu byť použité viacerými položkami, potrebujeme zabezpečiť, aby si terapeut mohol vybrať multimediálny súbor, ktorý už v databáze je uložený. Takéto okno má vlastne zobrazovať isté súbory, ktoré sú prítomné na strane servera. Obrázok ilustruje ukážku, ako toto modálne okno vyzerá.



Obrázok 23: Ukážka NUT web v časti prehliadania multimediálnych súborov

Prehliadač súborov vlastne jednoducho zobrazuje priečinky a súbory a ponúka možnosti manipulácie, ktorými sú zmazanie súboru, nahratie nového súboru, stiahnutie súboru do počítača a zvolenie súboru k danej vlastnosti položky.

Východiskovou implementáciou bol voľne dostupný JSP súbor File browser v1.2 od Boris von Loesch ako free softvér pod licenciou GNU GPL. K tejto stránke boli dotvorené podporné funkcie pomocou JS a jQuery, zmenil sa vzhľad a odstránili sa nepodstatné funkcionality. Prehliadač začína v domovskom priečinku, ktorý je nastavený na priečinok multimediálnych súborov databázy. Tento priečinok obsahuje tri priečinky, do ktorých sa vkladajú všetky súbory: images, sound a temp. Po zvolení súboru sa súbor načíta aj do klientskej stránky, takže je možné si hneď prezrieť obrázok položky alebo vypočuť si zvukovú nahrávku.

6.6.6 Prepojenie multimediálnych súborov a ich mazanie

Požiadavka konzistencie databázy a jej prepojenia s multimediálnymi súbormi nás vedie k nutnosti riešiť problémy nadbytočných súborov a ich zisťovanie v prípade zmazania položky. Stále

má platiť, že jeden multimediálny súbor môže byť používaný viacerými položkami. Pri zmazení položky je však potrebné zmazať aj súbory, aby zbytočne nezaberali miesto na serveri. Nepriamym problémom je teda zabezpečenie zistenia, či súbor môžeme zmazať ako zbytočný alebo nie.

Pri odstránení položky sa preto v DBManageri deje nasledovné:

1. Odstráni sa položka, vylúči sa z kategórie cvičenia
2. Každý multimediálny súbor spojený s touto položkou sa vloží do zoznamu potenciálne zbytočných súborov
3. Prechádzajú sa všetky položky databázy a ich multimediálne súbory. V prípade, že sa nájde nejaký súbor rovnaký ako potenciálne zbytočný súbor, zo zoznamu potenciálne zbytočných súborov sa tento súbor zmaže.
4. Odstráni sa zoznam zvyšných potenciálne zbytočných súborov.

Skrátene sa dá povedať, že program pri každom odstránení položky zisťuje, či jej multimediálne súbory nepoužíva ešte iná položka. Ak ich nepoužíva žiadna odstráni ich. Tento krok je pomocou volania viacerých funkcií implementovaný v metóde `incrementalCollect`. Názov je zvolený kvôli podobnosti s inkrementálnymi Garbage Collectormi, ktoré mažu nepotrebné objekty priebežne a postupne, teda nie naraz všetky. Keďže sa jedná o malý zoznam súborov a prístup do databázy je rýchly, tento krok používateľ vo svojom prehliadači na odozve nepostrehne.

Okrem inkrementálneho mazania súborov je však na serveri aj implementácia čistenia všetkých súborov podľa ich využitia. Princíp funguje rovnako ako v službe `GarbageCollectionTask` v mobilnej aplikácii NUT app, ktorá je spomenutá v kapitole 6.3.3.

6.6.7 Autentifikácia vo webovom portáli

Na rozdiel od mobilnej aplikácie NUT app je vo webovom portáli kontrola prístupu z hľadiska zabezpečenia podstatne dôležitejšia. Dôvodom je množina funkcionalít, ku ktorým majú používatelia NUT webu prístup. Manipulovať s databázou teda pridávať a odstraňovať položky a súbory by mali len autorizované osoby. Preto je potrebné zabezpečiť autentifikačný mechanizmus.

Implementácia zložitého autentifikačného a autorizačného mechanizmu je dnes už nahradená nasadením existujúceho riešenia vo forme pracovného rámca alebo služby. V našom prípade však nepotrebujeme ani správu používateľov, ani ďalšie prepracované funkcionality. Jedinou požiadavkou bude sprístupniť stránky na manipuláciu s databázou autentifikovaným používateľom. Zvolený bol vlastný spôsob implementácie.

Používateľ sa identifikuje menom a autentifikuje heslom. Keďže ide o jediné právo, a to prístup k manipulácii s databázou, RBAC model ani prístupové práva používateľov v aplikácii

nezohrávajú úlohu. JSP stránky len obsahujú niekoľkoriadkový fragment zabezpečujúci aspekt overenia autenticity klienta.

Relácia je implementovaná pomocou autentifikačných tokenov, ktoré sa ukladajú do cookies klientovho prehliadača. Podľa hodnoty tokenu vie server určiť, či daný token vydal on alebo nie a či daný token je ešte časovo platný. Platnosť tokenov je obmedzená na 10 minút a predlžuje sa každou akciou používateľa. Inými slovami to znamená, že používateľ sa automaticky odhlási po 10 minútach nečinnosti.

Autentifikačný token je jedinečný pre reláciu a dostane ho len autentifikovaný používateľ pomocou mena a hesla. Na hashovanie sa používa algoritmus SHA-3 Keccak a autentifikácia prebieha v niekoľkých fázach:

1. Pri načítaní stránky login.jsp pošle server náhodné číslo „s“ klientovi.
2. Po vložení mena „m“ a hesla „p“ klient zahashuje heslo klienta: $h(p)$.
3. Klient vygeneruje svoje náhodné číslo „n“.
4. Vygenerované číslo „n“ klient pripojí k číslu „s“ od servera a zahashovanému heslu a ešte raz to celé zahashuje: $h(h(p)+n+s) = w1$
5. Na server sa posiela požiadavka s týmto výsledným hashom „w1“, s náhodným číslom klienta „n“ a menom používateľa „m“.
6. Server pozná svoje číslo „s“. Z požiadavky zistí meno klienta „m“ a náhodné číslo klienta „n“.
7. V databáze používateľov je uložené pod menom používateľa jeho zahashované heslo $h(p)$.
8. Zahashované heslo z databázy server spojí so svojim náhodným číslom „s“ a náhodným číslom klienta „n“ a celé to zahashuje: $h(h(p)+n+s) = w2$
9. Výsledný hash w2 porovná s hashom z požiadavky w1. V prípade zhody vygeneruje pre používateľa meno autentifikačný token platný 10 minút a pošle ho klientovi do cookies.

Tento mechanizmus zabezpečí, že sa po internete nebude šíriť nezahashované heslo, že heslo nie je uložené v nezašifrovanej podobe nikde v databáze a overuje sa aj identita klienta a servera. Keďže portál nemá správcu používateľských účtov, pridávanie a odstraňovanie používateľov sa vykonáva priamym zásahom do databázy: vložením používateľského mena a zahashovaného hesla. K tejto databáze však neexistuje žiaden prístup z frontendu. Prakticky sa pre začiatok prístup k portálu bude odovzdávať zdieľaním mena a hesla a v prípade potreby je možné doimplementovať správcu účtov, nové účty a ich práva alebo siahnuť po funkčnej implementácii napríklad formou pracovného rámca Apache Shiro.

7 Vyhodnotenie, využitie a uplatnenie projektu

Mobilná aplikácia NUT bola po fáze implementácie, testovania a ladenia zverejnená službou Google Play na internete a stala sa voľne dostupnou pre verejnosť. Pri posudzovaní kvality projektu budeme vychádzať z dotazníkov používateľského zážitku a z porovnania s predchádzajúcimi riešeniami.

Okrem týchto prístupov bola mobilná aplikácia sprístupnená aj prof. Cséfalvayovi spolu s formulárom pre spätnú väzbu ohľadom hodnotenia splnenia definovaných požiadaviek a potenciálneho prínosu aplikácie v oblasti afázie. Formulár tejto spätnej väzby je zahrnutý v Prílohe C. Vyhodnotenie aplikácie a vyplnenie formulára z logopedického hľadiska má však dlhodobý charakter, preto nie je zahrnuté v tejto práci.

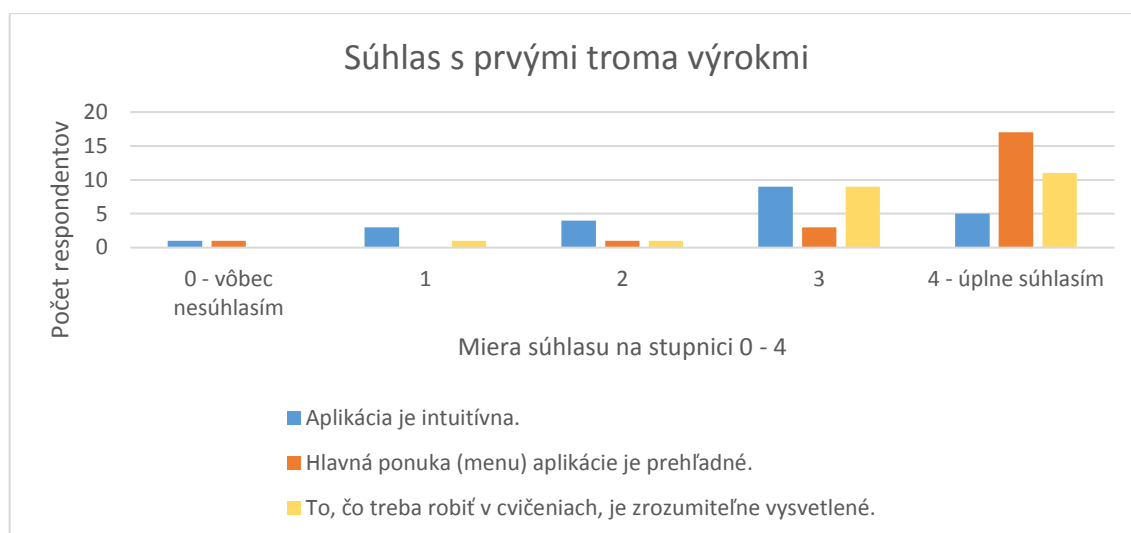
7.1 Používateľský zážitok

Na hodnotenie používateľského zážitku je potrebné dodať projekt koncovým používateľom. Primárnymi používateľmi sú pacienti s afáziou, k vedľajším používatelia terapeuti, logopédi a široká verejnosť. Keďže je aplikácia verejná, hodnotenie prebiehalo formou dotazníka.

Aplikáciu vyskúšalo celkovo 22 respondentov, z ktorých bolo 13 študentmi logopédie a 9 študentmi informatiky. Následne mali k dispozícii dotazník s deviatimi otázkami a priestorom pre otvorené vyjadrenie názorov. Prvých 8 otázok predstavuje výroky, s ktorými mohli respondenti do istej miery súhlasiť. Súhlas mali vyjadriť na stupnici 0 až 4, kde 0 predstavuje absolútny nesúhlas a 4 úplný súhlas. Výroky boli nasledujúce:

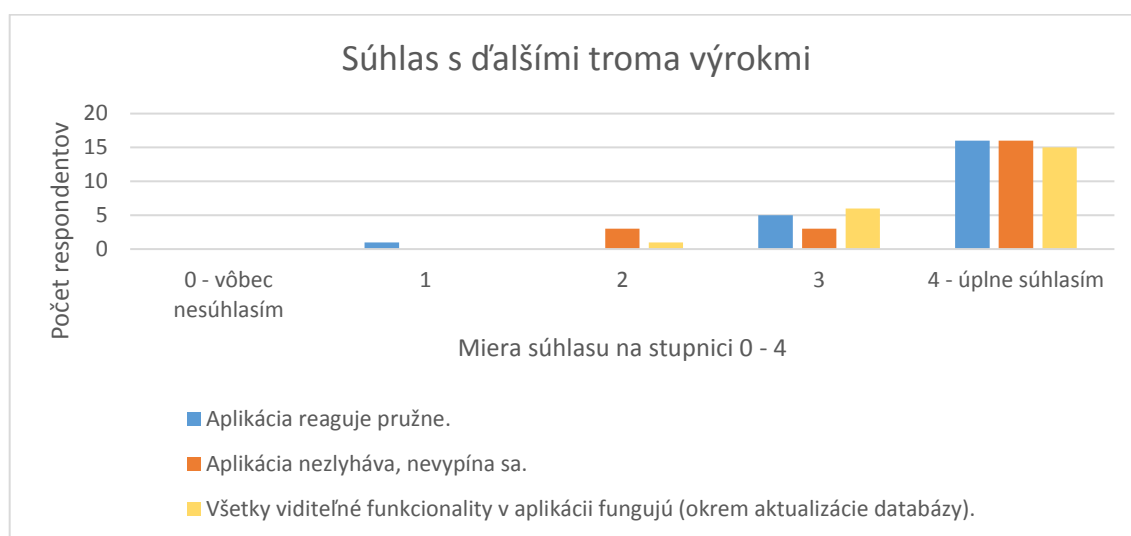
1. Aplikácia je intuitívna.
2. Hlavná ponuka (menu) aplikácie je prehľadná.
3. To, čo treba robiť v cvičeniach, je zrozumiteľne vysvetlené.
4. Aplikácia reaguje pružne.
5. Aplikácia nezlyháva, nevypína sa.
6. Všetky viditeľné funkcionality v aplikácii fungujú (okrem aktualizácie databázy).
7. Aplikáciu má až príliš veľa nastavení.
8. Aplikácia má príjemný vzhľad.

Výsledky prvých troch výrokov sú zhrnuté v grafe na Obrázok 24. Vyplýva z nich, že okolo 63% používateľov hodnotí aplikáciu za intuitívnu, približne 90% respondentov považuje hlavnú ponuku za prehľadnú a presne toľko respondentov si tiež myslí, že zadania cvičení sú zrozumiteľné.



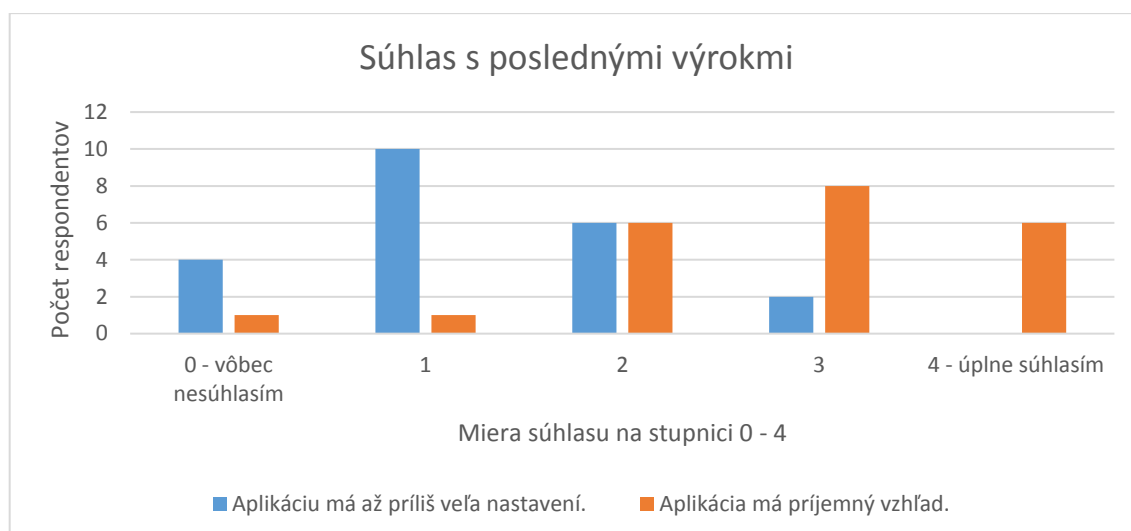
Obrázok 24: Graf vyhodnotenia súhlasu s prvými tromi výrokmi v dotazníku

Výroky číslo 4 až 6 sú vyhodnotené v grafe na Obrázok 25. Približne 95% účastníkov tvrdí, že aplikácia reaguje skôr pružne, to isté množstvo považuje funkcionality aplikácie za plne funkčné a 86% zaznamenáva, že aplikácia nezlyháva a nevypína sa.



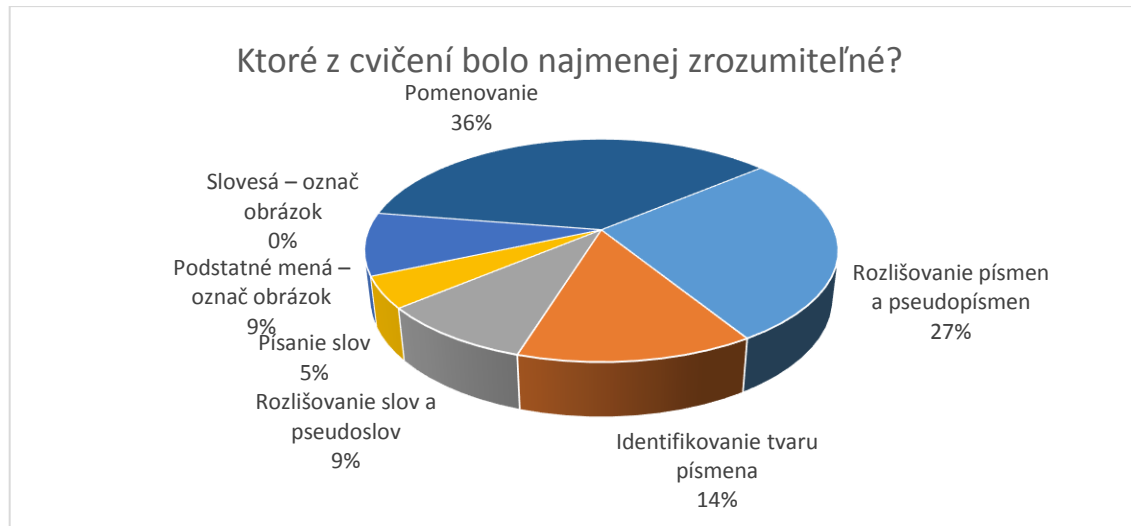
Obrázok 25: Graf vyhodnotenia súhlasu so štvrtým až šiestym výrokmi v dotazníku

Posledné dva výroky sa týkajú množstva nastavení a subjektívneho dojmu príjemnosti vzhľadu. Z tohto grafu na Obrázok 26 môžeme usúdiť, že približne 64% respondentov aspoň čiastočne nesúhlasí s tým, že má aplikácia až príliš veľa nastavení. To isté množstvo si myslí, že má aplikácia príjemný vzhľad.



Obrázok 26: Graf vyhodnotenia súhlasu zvyšnými výroky v dotazníku

Deviata otázka mala formu voľby spomedzi siedmich cvičení za účelom zistiť, ktoré z nich bolo najmenej zrozumiteľné. Odpovede sa líšili a ich početnosť je zobrazená grafom na Obrázok 27. Za najmenej zrozumiteľné cvičenie bolo 36% respondentmi označené cvičenie Pomenovanie (P1) z kategórie Produkcia. Za ním nasledovalo Rozlišovanie písmen a pseudopísmen (R1) s 27% označení a Identifikovanie tvaru písmena (R2) so 14%.



Obrázok 27: Graf vyhodnotenia nezrozumiteľnosti cvičení

Keďže je možné, že niektoré cvičenia nemusia dávať zmysel nepoučeným osobám, medzi respondentmi bolo aj 13 študentiek logopédie, ktorých odpovede považujeme v poslednej otázke za odbornejšie. Z týchto 13 respondentov hodnotí za najmenej zrozumiteľné cvičenia Pomenovanie (P1) a Rozlišovanie písmen a pseudopísmen (R1). Obidve cvičenia však dosiahli rovnaký podiel

odpovedí, ktorý je 31%. V prípade úpravy cvičení zo zámerom zvýšiť zrozumiteľnosť teda hodnotíme prioritu cvičenia R1 rovnako ako cvičenia P1.

7.2 Porovnanie projektu s existujúcimi riešeniami

Opierajúc sa o fakty poskytnuté v analýze môžeme zhrnúť vlastnosti projektu NUT a porovnať ich s existujúcimi riešeniami v niekoľkých tabuľkách. Tabuľka 3 porovnáva cieľový jazyk, platformu a licenciu existujúcich riešení a projektu NUT.

Aplikácia	Cieľový jazyk	Cieľová platforma	Licencia
NUT	SK	Android	zadarmo
Aplikácie Virtual Speech Center	EN	iOS, Android*	priamo platené
Constant Therapy	EN	Android, iOS	pravidelne platená
TalkPath Therapy	EN	iOS, Web browser	zadarmo
Language Therapy	EN, FR, DE, ES	Android, iOS	priamo platená
Logopédia	SK, CZ, PL	iOS, Android	poplatky vnútri
Vizuálne čítanie	EN, SK, HU, CZ, PL	Android	poplatky vnútri

Tabuľka 3: Porovnanie cieľového jazyka, platformy a licencie

Ide o najpodstatnejšie vlastnosti z hľadiska použiteľnosti aplikácie v doméne afázie. Pri pohľade na NUT, Logopédiu a Vizuálne čítanie môžeme usúdiť, že poskytujú základ pre podporu terapie afázie vďaka jazykovej a platformovej dostupnosti. Ostatné aplikácie nie sú zamerané na potreby slovenských pacientov, aj keď v prípade Language Therapy je snaha rozširovať sadu jazykov. Aplikácie od Virtual Speech Center sú navyše v drvivej väčšine navrhnuté pre platformu iOS a len malé percento na Android, ako už bolo spomenuté v kapitole 3.1. Z hľadiska licencie sú okrem aplikácie NUT a TalkPath Therapy všetky produkty čiastočne alebo úplne platené. Označenie priamo platené znamená, že aplikácia sa dá naraz zakúpiť na online sklade (AppStore alebo Google Play). Pravidelne platená aplikácia Constant Therapy vyžaduje používateľský účet, za ktorý sa platí mesačne členský poplatok. Logopédia a Vizuálne čítanie poskytujú svoje jadro zadarmo, no je nutné zakúpiť si položky v databáze. Vzhľadom na rozsah voľne dostupných položiek je na úspešnú podporu terapie nevyhnutné zvoliť aj platené položky.

Ďalšími prvkami sú vlastnosti prispôbiť si databázu, požiadavka internetového pripojenia a využitie chytrých funkcionalít smartfónu. Toto porovnanie je zhrnuté v Tabuľka 4.

Aplikácia	Prispôsobiteľnosť databázy	Internet	Chytré funkcie
-----------	----------------------------	----------	----------------

NUT	pomocou portálu NUT web	len aktualizácia a inicializácia databázy NUT web	pripomienky, posielanie mailov
Aplikácie Virtual Speech Center	žiadna	žaden	nahrávanie, posielanie mailov
Constant Therapy	žiadna	celý čas	nahrávanie, posielanie mailov
TalkPath Therapy	žiadna	celý čas	žiadne
Language Therapy	v aplikácii	žaden	nahrávanie, fotenie, posielanie mailov
Logopédia	žiadna	žaden / na nákupy	nahrávanie
Vizuálne čítanie	žiadna	žaden / na nákupy	žiadne

Tabuľka 4: Porovnanie vlastností: prispôsobiteľnosť databázy, internet a chytré funkcie

Zo zahraničných riešení obsahujú jedine produkty od Tactus Therapy možnosť prispôbiť si databázu, a to priamo v telefóne využitím chytrých funkcionalít – fotoaparátu na vytvorenie obrázka a mikrofónu na nahranie pomôcok. Ostatné aplikácie pravdepodobne majú nejaký mechanizmus na zmenu databázy, no určite nie z používateľského hľadiska a vnútri aplikácie. Položky databázy sú tak nechané v rukách vývojárov, ktorí aktualizáciou databázy aktualizujú vlastne celý produkt. NUT má v tomto smere výhodu práve pre jednoduchý prístup na NUT web portál a možnosť manipulovať s databázou pomocou grafického rozhrania. Na druhej strane nevyžaduje mobilná aplikácia NUT internetové pripojenie pre beh cvičení, pokiaľ už boli inicializované. To je výhodou oproti existujúcim riešeniam od Constant Therapy a Lingraphica, ktoré bez internetu nefungujú. Asi najviac chytrých funkcionalít využíva Language Therapy, no to ako dôsledok možnosti nahráť a odfoťiť si vlastné položky do databázy. Štandardom je u viacerých aplikácií generovanie tela mailu a spustenie služby na jeho odoslanie. Pokiaľ sa však zamyslíme nad celým spektrom funkcionalít, ktoré dnes mobilné telefóny poskytujú, môžeme usúdiť, že aplikácie pre pacientov s afáziou sú na tieto súčasti veľmi nenáročné.

Poslednými vlastnosťami, ktoré sa v rámci použiteľnosti aplikácie porovnávali v Tabuľka 5, je počet cvičení v aplikácii, spôsob monitorovania priebehu cvičenia a prítomnosť motivačných prvkov.

Aplikácia	Počet cvičení	Monitorovanie cvičenia	Motivačné prvky
NUT	7	mód TEST, generovanie správy	Odmeny v dialógoch
Aplikácie Virtual Speech Center	1 na aplikáciu, celkovo 5	generovanie výsledkov	Miestami multimedialna hra

Constant Therapy	>90	Vždy - Generovanie výsledkov	Sledovanie výsledkov
TalkPath Therapy	9	Vždy - Generovanie výsledkov	sledovanie výsledkov
Language Therapy	>14	Vždy - generovanie správy	Žiadne
Logopédia	4	Vždy – generovanie aj počítanie odozvy	Žiadne
Vizuálne čítanie	>7	Vždy – generovanie výsledkov	Drobné grafické efekty

Tabuľka 5: Prehľad vlastností: Počet cvičení, monitorovanie cvičenia, motivačné prvky

V uvedenej tabuľke môžeme vidieť, ako rôzne sú vlastnosti implementované. Počet cvičení je v každej aplikácii rôzny. Aplikácia od Virtual Speech Center obsahuje stále len jedno cvičenie, takže celá podpora terapie je rozbitá na niekoľko aplikácií. Na druhej strane v Constant Therapy s množstvom cvičení je na zváženie, či sú cvičenia jedinečné, keď sa od seba odlišujú len v malých odtieňoch. Podobne je to aj v slovenskej aplikácii Vizuálne čítanie. Asi najzreteľnejšie rozdelenie je v riešení od Tactus Therapy, kde sú v aplikácii Language Therapy rozdelené cvičenia do 4 kategórií. Aplikácia NUT sčasti preberá toto rozdelenie aplikácií do kategórií, no kategórie nie sú tie isté. Pre potreby monitorovania cvičenia obsahuje každá aplikácia aspoň jednoduché zaznamenávanie si výsledkov a potom generovanie správy o výsledkoch. V prípade TalkPath Therapy, Vizuálne čítanie a Constant Therapy je možné dostať sa k výsledkom aj neskôr, v ostatných prípadoch hlavne bezprostredne po ukončení cvičenia. NUT si zaznamenáva priebeh cvičenia len v móde testovania. Tieto výsledky je možné detailne vidieť v správe, ktorá je vygenerovaná pri kliknutí na možnosť „Poslať správu mailom“. Aplikácia Logopédia je z hľadiska monitorovania precíznejšia kvôli časovaču, ktorým sa meria, ako dlho používateľ zotrval pri ktorom pojme. Významným prvkom je taktiež podpora motivácie. Vo väčšine aplikácií je vyriešená sledovaním výsledkov z časového hľadiska, takže sa pacient môže porovnávať s predchádzajúcimi pokusmi. NUT, aplikácie Auditory Processing Studio a Verbal Reasoning od Virtual Speech Center a Vizuálne čítanie obsahujú motivačné prvky formou odmien, z ktorých najpestrejšie sú odmeny v Auditory Processing Studio a Verbal Reasoning. Ako odmena tam slúži aktivita na rozptýlenie so zábavným charakterom. NUT má odmeny vyriešené len pomocou dialógu, v ktorom sa používateľovi zobrazí medaila a pochvala.

7.3 Možnosti smerovania projektu

Aj keď je projekt NUT funkčný a použiteľný, stále pribúdajú nové oblasti, v ktorých môže prejsť vývojom. Niektoré z nich boli načrtnuté aj v hodnotení používateľského zážitku. Vo

všeobecnosti by sme však nasledujúce zmeny a vývoj projektu mohli rozdeliť na dve veľké kategórie, ktorými sú technicko-implementačná oblasť a oblasť používateľských funkcionalít.

7.4 Technické hľadisko vývoja

Z technickej stránky si môžeme klásť otázky týkajúce sa zvolených pracovných rámcov a implementačných postupov. Navonok by sa aplikácia líšila vo funkcionalitách len minimálne a aspekty, na ktorých by sa prejavili zmeny, sú výkon, údržba a otvorenosť pre nový kód.

Zaujímavým nápadom je prerobenie databázy položiek na nerelačnú. Súčasná SQL databáza totiž vyžaduje pomerne zložitý proces vytvárania aspoň dvoch tabuliek pri pridávaní nového druhu cvičenia a systém NUT web je obmedzený na pridávanie položky maximálne do jednej kategórie v rámci jedného cvičenia. Sila implementácie pomocou nerelačnej databázy by bola v tom, že na všetky položky by nám stačila jediná entita, ktorej atribúty môžu byť premenlivé. Ďalším krokom by bolo vybudovanie interpretera položiek, ktorý by vedel na základe atribútov zadeliť položku do cvičenia. Navonok by mohla na serveri NUT web pribudnúť možnosť pridať univerzálnu položku do všetkých cvičení. Po vyplnení dlhého formulára s množstvom nepovinných polí by tak terapeut mohol pridať položku do všetkých cvičení naraz. To teraz nie je možné, a preto musí pre pridanie tej istej položky do viacerých cvičení terapeut ručne prechádzať každé z cvičení, vytvárať kategóriu a robiť tie isté kroky. Výhodou pri pridávaní nových cvičení by bolo to, že databáza by sa nemusela rozširovať o nové tabuľky, ale zasiahlo by sa len do interpretera, aby dokázal nové atribúty položiek interpretovať ako príslušnosť k novému cvičeniu. K nevýhodám tohto prístupu by patrili výzvy týkajúce sa straty kontroly integrity databázových objektov.

Veľkým aspektom, ktorý bol ignorovaný kvôli adaptácii na slovenské pomery, je platformová nezávislosť. Tu sa javí zaujímavým riešením vytvorenie hybridnej aplikácie, ktorá môže využívať chytré funkcionality smartfónov a zároveň byť do značnej miery nezávislá od operačného systému. Previazanosť na jediný operačný systém je v súčasnosti príliš vysokou cenou v porovnaní s množstvom funkcionalít, ktoré aplikácia reálne využíva.

Z hľadiska bezpečnosti mobilnej aplikácie NUT je identifikácia používateľa bez následnej autentifikácie kompromisom, ktorý vznikol kvôli predpokladu, že si používatelia nezapamätajú heslo. Autentifikácia však môže prebiehať aj inými spôsobmi, ktoré sú síce technologicky náročnejšie, no odbremeňujú pamäť používateľov. Išlo by o biometrické charakteristiky pacientov – autentifikácia pomocou odtlačku prstu, rozpoznávania hlasu alebo rozoznávania tváre. NUT web ako webová časť projektu by mala byť zabezpečená štandardným mechanizmom autentifikácie, ktorý poskytuje napríklad pracovný rámec Apache Shiro. Tento prvok je dôležitý pre dodatočný vývoj webovej aplikácie ako je správa používateľov a podobne.

Monitorovanie cvičenia je v iných riešeniach prepracovanejšie. Rozdiel medzi testovaním a tréňovaním pacienta v rámci cvičenia je len v generovaní správy pre terapeuta. Správa obsahuje počet precvičovaných položiek a ich názov, chyby, ktoré pacient urobil, prípadne pomôcky, ktoré pri danej položke použil. K doplneniu monitorovania môže byť užitočné použiť časovač na zistenie, koľko času strávil pacient pri konkrétnej položke. Ďalším rozšírením môže byť prehľad týchto výsledkov aj v časovom horizonte, teda generovanie grafu úspešnosti pre pacienta v rámci časového obdobia. Takto by si pacient mohol sledovať svoj pokrok a motivovať sa k lepším výkonom.

7.5 Používateľské hľadisko vývoja

Viditeľným znakom vývoja sú zmeny v rámci používateľskej časti aplikácie. Tieto zmeny bývajú reakciou na spätnú väzbu používateľov, v našom prípade pacientov s afáziou. Keďže je zatiaľ aplikácia v produkcii len krátko, očakávame nárast podnetov na zmeny v neskoršom období a väčšina nižšie uvedených podnetov vyplýva z testovania programátorom.

Napriek výraznosti grafického rozhrania a snahe o jeho jednoduchosť má aplikácie slabo intuitívne prostredie. Náročné je hlavne spojiť veľké množstvo nastavení s jednoduchosťou ovládania. Alternatívou by mohlo byť dvojaké prostredie. Prostredie zamerané na pacienta by neobsahovalo žiadne nastavenia a prístup k cvičeniu by bol priamočiary pomocou prednastavených cvičení. Prostredie pre skúseného používateľa by obsahovalo nastavenia cvičení, aktualizáciu databázy, nastavenie pripomienok, voľbu kategórií a podobne. V tejto časti aplikácie by bolo možné prednastaviť si cvičenie tak, aby ho mohol pacient spustiť na 1 až 2 kliknutia.

S oblasťou intuitívnosti súvisí aj požiadavka sprehľadniť cvičenia a ich zadanie. Momentálne cvičenia vyžadujú vysvetlenie princípu terapeutom. Ideálne by bolo poskytovať názornú ukážku pre začínajúceho pacienta, čo má v cvičení robiť. Zadania cvičení by mohli byť podporené aj zvukovou nahrávkou a komentovaním chýb. Tieto všetky funkcie totiž ostávajú na asistentovi, ktorý dohliada na použitie aplikácie v úvodných minútach jej používania.

Pre zvýšenie motivácie je možné dorobiť nové oblasti, v ktorých bude používateľ odmeňovaný. Ďalším krokom je potom odmeňovanie aj multimediami – videami, vtipmi a zábavnými hrami. Vhodným prvkom by možno bola aj možnosť vytýčiť si cieľ a pacienta motivovať, ako blízko sa pri stanovenom ciele nachádza.

Jedinečným prvkom by bola aj integrácia do uzamykania obrazovky, takzvaného Screen Lockera. Ide o typ aplikácie, ktorá beží hneď po rozsvietení displeja smartfónu ako zabezpečovací mechanizmus. Existuje mnoho aplikácií, ktoré sa prostredníctvom podnetov zobrazovaných po

odomyknutí obrazovky snažia používatel'ov učiť rôzne veci. Jednoduché otázky s odpoveďami zamerané na učenie sa pojmov jazyka sú výhodné práve preto, lebo sa k nim používateľ dostane niekoľko desiatok krát denne počas odomykania obrazovky. Z časového dôvodu bola táto funkcionálna odložená do fázy neskoršieho vývoja, no v projekte sú podniknuté kroky k implementácii tejto integrácie. Ide o možnosť nastavenia cvičenia ako Screen Lockera, ktoré je prítomné v modeli a v podobe zakomentovanej časti kódu aj v XML kóde pre rozloženie nastavení cvičenia.

Na novú úroveň by bolo možné posunúť NUT web portál prostredníctvom možnosti spravovať používateľov, pridelovania práv a komunikácie medzi nimi. Aj keď zatiaľ na to nie je dôvod, v prípade nárokov terapeutov na uplatňovanie práv v súvislosti s duševným vlastníctvom by bolo možné pridelovať položkám aj vlastníkov. Na druhej strane podľa typu používateľa v NUT mobilnej aplikácii by si mohli rôzni pacienti sťahovať rôzne databázy.

Z hľadiska terapie afázie by bolo výrazným krokom vpred zostavenie serióznej databázy starostlivo vybraných pojmov s multimediálnymi súbormi. Ako výzva tu môže byť hranica 500 položiek. Výhodou aplikácie je však to, že pri tomto kroku by nešlo o vývoj aplikácie, ktorý musí uskutočňovať programátor. Komplexná databáza môže byť zostavená terapeutmi použitím webového portálu.

Za zváženie stojí aj funkcionálna prítomná v aplikácii Language Therapy, kde si v rámci mobilnej aplikácie môžu pacienti pridávať vlastné pojmy. Takáto funkcionálna by uľahčila sprostredkovanie pojmov prispôsobených individuálnym potrebám pacientov.

8 Záver

V súvislosti s vývojom projektu mobilnej aplikácie NUT a jej webového portálu prebehla v prvom kroku analýza súčasnej problematiky. Nájdených bolo niekoľko zahraničných riešení, ktoré sú však pre slovenské pomery vzhľadom k cieľovému jazyku nevhodné. Navyše boli aplikácie zhodnotené aj zhrnutím spoločných znakov so silnými a slabými stránkami, z ktorých vyplynula časť požiadaviek ako reakcia na vzniknuté výzvy. Vo fáze návrhu boli zhromaždené požiadavky z troch zdrojov. Požiadavky sa opierali o poznatky z odboru afázie sprostredkované konzultáciou s prof. Zsoltom Cséfalvayom, o vedecké články a odporúčania pri tvorbe mobilných aplikácií s medicínskym zameraním a o nevyhnutné dodefinovanie z technických špecifikácií.

Prioritou pri tvorbe projektu bola prítomnosť viacerých typov cvičení, jazyková podpora slovenčiny a prispôsobiteľnosť databázy položiek v cvičeniach mobilnej aplikácie. Nutnosť prispôbovať databázu a požiadavka jednoduchšej manipulácie s ňou prostredníctvom terapeutov mala za dôsledok návrh webového portálu. Mobilná aplikácia bola vyvinutá pre platformu Android, zatiaľ čo webový portál pre klasické webové prehliadače. Aby bolo možné mobilnú aplikáciu používať hneď od začiatku vydania bez nutnosti internetového pripojenia, je jej súčasťou aj predpripravená databáza viac ako 200 položiek na precvičovanie v 7 implementovaných cvičeniach. Vzhľadom na to, že projekt má byť otvorený aj dodatočnému vývoju pre pridávanie nových typov cvičení, sú existujúce cvičenia zasadené do otvoreného pracovného rámca.

Pre účel hodnotenia projektu bolo zvolených niekoľko metód podľa kritérií, na ktoré sme sa zamerali. Hodnotenie používateľského zážitku prostredníctvom vyskúšania aplikácie a vyplnenia dotazníka prebehlo zo strany respondentov, ktorí sú študentmi informačných technológií alebo logopédie. Ďalej bol projekt porovnaný s existujúcimi riešeniami. Z porovnania a spokojnosti respondentov vyplýva, že aplikácia je vzhľadom na otvorenosť pre dodatočný vývoj vhodná na použitie v slovenskom prostredí a má potenciál prínosu v oblasti podpory terapie afázie. Na druhej strane si však vyžaduje údržbu a kontinuálny vývoj podobne ako väčšina softvérových produktov.

Otázka rozšíriteľnosti a následného vývoja ponúka priestor pre nový výskum. Stále pribúdajúce štúdie použitia mobilných aplikácií na podporu terapie, z ktorých boli niektoré uvedené aj v tejto práci, svedčia o potrebe vývoja kvalitných aplikácií, no aj podporu úspešných existujúcich. Výhodou projektu NUT je jeho otvorenosť pre odborný rast aspoň po obsahovej stránke aj bez zásahov zo strany programátorov. Napriek tomu obsahuje celý rad súčastí, ktoré pre úspešné napredovanie vyžadujú inovácie a uplatnenie nárokov na zmenu.

Otvorená je tiež téma hraníc pôsobnosti aplikácií. Mobilná aplikácia pre pacientov s afáziou sa venovala len zlomku zvolenej problematiky, ktorým je podpora terapie. Ak by sme však zohľadnili

procesy ako je stanovenie diagnózy, voľba terapie a jej príprava, získavanie spätnej väzby od pacienta a mnohé iné, dostávame sa na ešte menej preskúmané územie. Aj keď si zatiaľ nevieme predstaviť plné nahradenie ľudského zdroja technologickým riešením, oblastí, ktoré technike zverujeme, je stále viac. Preto sa nám právom vynára otázka: Nakoľko bude možné nasadiť prostriedky informačných technológií v medicínskom prostredí?

Zoznam použitej literatúry

- [1] CSÉFALVAY, Zs. et al.: *Terapie afázie: teorie a případové studie*. 1. vyd. Praha: Portál, 2007. 175 s. ISBN 978-80-7367-316-1
- [2] CSÉFALVAY, Zs.: Afázia. In KERÉKRÉTIÓVÁ, A. et al. *Logopédia*. Bratislava: Vydavateľstvo UK, 2016. ISBN 978-80-223-4165-3, s. 231-248
- [3] CSÉFALVAY, Zs.: Súčasný pohľad na diagnostiku a terapiu afázie. (Minimonografia). In: *Cesk Slov Neurol N.*, 70/103, 2, 2007, s. 118-128
- [4] TERRY, M.: *Medical apps for smartphones*. In *Telemedicine and e-Health*, 16, 2010, s.17–22
- [5] SARASOHN-KAHN, J.: *How smartphones are changing health care for consumers and providers*. Oakland, CA: California HealthCare Foundation. 2010. Dostupné na internete: <<http://www.chcf.org/~media/MEDIA%20LIBRARY%20Files/PDF/PDF%20H/PDF%20HowSmartphonesChangingHealthCare.pdf>>
- [6] ROUTHIER, Sonia - BIER, Nathalie - MACOIR, Joël: *Smart tablet for smart self-administered treatment of verb anomia: two single-case studies in aphasia*. In *Aphasiology*, 30:2-3, 2016, s. 269-289
- [7] MALLET, KH. et al.: *RecoverNow: Feasibility of a Mobile Tablet-Based Rehabilitation Intervention to Treat Post-Stroke Communication Deficits in the Acute Care Setting*. *PLoS ONE* 11(12), 2016
- [8] LINDSAY, MP. et al: *Canadian Best Practice Recommendations for Stroke Care*. Ontario Canada: Heart and Stroke Foundation and the Canadian Stroke Network, 2013. 97 s.
- [9] SALIS, Christos - HWANG, Faustina: *Digital technology and aphasia*. In *Aphasiology*, 30:2-3, 2016, s. 109-111
- [10] BRANDENBURG, C. et al.: *Mobile computing technology and aphasia: An integrated review of accessibility and potential uses*. In *Aphasiology*, 27:4, 2013, s. 444-461
- [11] American Speech-Language-Hearing Association: *Applications (Apps) for Speech-Language Pathology Practice*. [online] 2017. Dostupné na internete: <<http://www.asha.org/SLP/schools/Applications-for-Speech-Language-Pathology-Practice/>>
- [12] Virtual Speech Center: *Speech Therapy Apps*. [online] Burbank, 2017. Dostupné na internete: <<http://virtualspeechcenter.com/Apps>>
- [13] Constant Therapy: *Award-Winning Brain Injury, Stroke Rehab & Speech Therapy Apps*. [online], 2017. Dostupné na internete: <<https://constanttherapy.com/>>

- [14]Tactus Therapy Solutions Ltd.: *Tactus Therapy*. [online], 2017. Dostupné na internete: [<http://tactustherapy.com/>](http://tactustherapy.com/)
- [15]PMQ software: *Výučbové hry pre deti do tabletu / mobilu*. [online], 2016. Dostupné na internete: [<http://www.pmq-software.com/sw/sk/>](http://www.pmq-software.com/sw/sk/)
- [16]Normex s.r.o.: *Vizuálne čítanie pre deti a dospelých*. [online], 2015. Dostupné na internete: [<http://www.visualreading.org/web/splash>](http://www.visualreading.org/web/splash)
- [17]SELVARAJAH K. et al.: *Native Apps versus Web Apps: Which is Best for Healthcare Applications?* Nottingham. 2013. Dostupné na internete: [<https://pdfs.semanticscholar.org/70f7/76c437abba238ce41b33bb522246661a0a7d.pdf>](https://pdfs.semanticscholar.org/70f7/76c437abba238ce41b33bb522246661a0a7d.pdf)
- [18]Statista Inc.: *The Statistics Portal*. [online], 2017. Dostupné na internete: [<https://www.statista.com/statistics/266136/global-market-share-held-by-smartphone-operating-systems/>](https://www.statista.com/statistics/266136/global-market-share-held-by-smartphone-operating-systems/)
- [19]StatCounter: *StatCounter Global Stats*. [online], 2017. Dostupné na internete: [<http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/slovakia-\(slovak-republic\)>](http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/slovakia-(slovak-republic))
- [20]WALLACE, Dolores - FUJII, Roger: *Software Verification and Validation: An Overview*. Logicon. In IEEE Software. 1989, s. 1
- [21]HERBERT, R. et al.: *Accessible information guidelines*. Stroke Association. [online], 2012. Dostupné na internete: [<http://www.stroke.org.uk/sites/default/files/Accessible%20Information%20Guidelines.pdf>](http://www.stroke.org.uk/sites/default/files/Accessible%20Information%20Guidelines.pdf)
- [22]IEEE 830: 1998, IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications
- [23]LACKO, Ľ.: *Vývoj aplikácií pro Android*. Brno: Computer Press, 2015. ISBN 978-80-251-4347-6, s. 64
- [24]SALNIKOV-TARNOVSKI, Nikita - SMIRNOV, Gleb: *Plumbr Handbook Java Garbage Collection*. Pumbr. [online], 2015. Dostupné na internete: [<http://downloads.plumbr.eu/Plumbr%20Handbook%20Java%20Garbage%20Collection.pdf>](http://downloads.plumbr.eu/Plumbr%20Handbook%20Java%20Garbage%20Collection.pdf)
- [25]STALLINGS, William – BROWN, Lawrie: *Computer Security: Principles and Practice – 2nd ed.* Pearson, 2012. 817 s. ISBN-13: 978-0-13-277506-9
- [26]MURPHY, Mark L.: *Beginning Android*. Apress, 2009. 386 s. ISBN 978-1-4302-2419-8
- [27]The Apache Software Foundation: *Apache Tomcat*. [online], 2017. Dostupné na internete: [<https://tomcat.apache.org/index.html>](https://tomcat.apache.org/index.html)
- [28]HUNTER, Jason – CRAWFORD, William: *Java Servlet Programming*. O'Reilly & Associates, 1998. ISBN: 1-56592-391-X, 528 s.

Prílohy

Príloha A – Používateľská príručka

Príloha B – Systémová príručka

Príloha C – Formulár dotazníka hodnotenia mobilnej aplikácie NUT

Príloha D – CD médium s nasledujúcimi položkami:

- priečinok s projektom mobilnej aplikácie NUT a zdrojovými súbormi,
- priečinok s projektom webovej aplikácie NUT web a zdrojovými súbormi,
- vyexportovaná verzia NUT web aplikácia v priečinku pripravená na nasadenie nástrojom Docker
- vyexportovaná mobilná aplikácia NUT vo formáte APK