



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

**PODPORA HRY KRYCÍ JMÉNA NA MOBILNÍM
TELEFONU S OS ANDROID**

SUPPORT FOR CODENAMES GAME ON MOBILE PHONE WITH OS ANDROID

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN HURTA

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

doc. RNDr. PAVEL SMRŽ, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce



21917

Student: **Hurta Martin**
Program: Informační technologie
Název: **Podpora hry Krycí jména na mobilním telefonu s OS Android**
Support for Codenames Game on Mobile Phone with OS Android
Kategorie: Počítačová grafika

Zadání:

1. Seznamte se s dosavadními jednoduchými aplikacemi pro podporu hry Krycí jména a metodami pro zpracování a rozpoznávání obrazu v OS Android.
2. Shromážděte datovou sadu snímků herního plánu Krycích jmen v různých fázích hry a připravte data pro průběžné vyhodnocování kvality rozpoznávání a kontroly konzistence.
3. Navrhněte a implementujte systém pro usnadnění hraní Krycích jmen pomocí rozpoznávání a zpracování na mobilním telefonu.
4. Vyhodnoťte realizované řešení v adekvátní uživatelské studii v reálném prostředí při hraní.
5. Vytvořte stručný plakát prezentující práci, její cíle a výsledky.

Literatura:

- dle doporučení vedoucího

Pro udělení zápočtu za první semestr je požadováno:

- funkční prototyp řešení

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <http://www.fit.vutbr.cz/info/szz/>

Vedoucí práce: **Smrž Pavel, doc. RNDr., Ph.D.**

Vedoucí ústavu: Černocký Jan, doc. Dr. Ing.

Datum zadání: 1. listopadu 2018

Datum odevzdání: 15. května 2019

Datum schválení: 1. listopadu 2018

Abstrakt

Cílem této práce je vytvoření podpůrné aplikace ke slovní asociační deskové hře Krycí jména na mobilní telefony s operačním systémem Android. Řešení se skládá z detekce a rozpoznání herního plánu za pomoci knihoven OpenCV a Tess-two a nástrojů Google Firebase ML Kit a následovného poskytnutí podpory v průběhu hry včetně volitelné úrovně jejího ulehčení a možnosti hry na více zařízeních díky službě Hry Google Play. Tyto funkce motivují uživatele k dalšímu užívání aplikace a poskytnutí dat ve formě vygenerovaného záznamu hry, užitečného pro další vývoj a ověřování asociačních modelů nebo strategií pro automatické hraní.

Abstract

The aim of this thesis is to create an support application for word association board game Codenames on mobile phones with operating system Android. The solution consists of detection and recognition of the game board using the OpenCV and Tess-two libraries and Google Firebase ML Kit tools and providing support during the game, including an optional level of assistance and the ability to play on multiple devices with Google Play Games services. These features motivate the user to further use the application and provide data in the form of generated game records, that are useful for further development and validation of association models or strategies for automatic playing.

Klíčová slova

Android, Krycí jména, mobilní aplikace, Hry Google Play, Firebase, rozpoznání textu, OpenCV

Keywords

Android, Codenames, mobile application, Google Play Games, Firebase, text recognition, OpenCV

Citace

HURTA, Martin. *Podpora hry Krycí jména na mobilním telefonu s OS Android*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce doc. RNDr. Pavel Smrž, Ph.D.

Podpora hry Krycí jména na mobilním telefonu s OS Android

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana doc. RNDr. Pavla Smrže, Ph.D. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Martin Hurta
14. května 2019

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. RNDr. Pavlu Smržovi, Ph.D. za vedení práce, cenné rady a věcné připomínky, které mi pomohly při tvorbě této práce.

Obsah

1	Úvod	2
2	Slovní asociační hra Krycí jména	4
2.1	Popis pravidel hry	4
2.2	Existující řešení podpory hry	6
2.3	Další stolní hry s podpůrnými aplikacemi	8
3	Vývoj aplikace pro operační systém Android	10
3.1	Možnosti vývoje pro OS Android	10
3.2	Základní komponenty aplikace	11
3.3	Tvorba uživatelského prostředí	14
3.4	Služba Hry Goole Play	14
4	Počítačové vidění na OS Android	16
4.1	Knihovny pro zpracování obrazu na OS Android	16
4.2	Metody využitelné při rozpoznávání herního plánu	17
5	Návrh aplikace	20
5.1	Struktura aplikace	20
5.2	Rozpoznání krycích jmen a herního klíče	21
5.3	Volitelná úroveň podpory	23
5.4	Záznam průběhu hry	24
6	Implementace aplikace	25
6.1	Přehled hlavních tříd aplikace	25
6.2	Rozpoznání krycích jmen a herního klíče	27
6.3	Volitelná úroveň obtížnosti hry	30
6.4	Generování a zápis záznamu hry	34
6.5	Komunikace s webovou službou	35
6.6	Hra na více zařízeních	36
7	Testování kvality výsledné aplikace	37
7.1	Úspěšnost rozpoznání krycích jmen	37
7.2	Úspěšnost rozpoznání herního klíče	38
7.3	Uživatelská studie	38
8	Závěr	44
	Literatura	45

Kapitola 1

Úvod

Mobilní telefony za dobu své existence prošly nemalým vývojem a zatímco první zařízení sloužila pouze k uskutečnění telefonních hovorů, schopnosti dnešních mobilních telefonů se již z velké části vyrovnají schopnostem osobních počítačů, které pro řadu uživatelů nahrazují. Mobilní zařízení s operačním systémem Android představují zhruba 87 % trhu s mobilními zařízeními¹ a 36,5 % zařízení připojených k internetu². Aplikace na těchto zařízeních nám denně usnadňují život. Ráno nás probudí ve správný čas, při oblékání nás informují o počasí, cestou do práce o odjezdech spojů a v čase obědové pauzy o nabídkách okolních restaurací.

Jedna z kategorií pomoci je i podpora při hraní deskových her. Kdo například nezažil potřebu kontroly platnosti slova při hraní hry Scrabble nebo jednoduchou možnost sledování délky tahu? Hra Krycí jména v tomto není jiná a také nabízí řadu příležitostí k jejímu usnadnění nebo poskytnutí různých forem podpory. Existující řešení se přitom zaměřují pouze na základní funkce a ignorují slovně asociační část hry, včetně cenných informací, které hraní této hry nabízí, a které lze využít při vývoji asociačních modelů.

Práci na stejné téma již vytvořil Jan Grossmann v minulém roce[10]. Výsledná aplikace však nechává v části rozpoznávání krycích jmen a herního klíče stále prostor k vylepšení a především následující podpora v průběhu hry je dle mého názoru mírně matoucí a plně nevyužívá potenciál nabízený hrou. Z těchto důvodů tato práce popisuje návrh a implementaci nové aplikace, ve které se snažím přijít s řešením, které hráčům poskytne možnost přizpůsobení obtížnosti jednotlivých aspektů hry, aniž by došlo ke zkažení celkového zážitku. Toto ocení především začátečníci nebo děti, hrající se zkušenějšími hráči. Hlavní formou pomoci je podobně jako v předchozí práci přehledné zobrazení aktuální podoby herního plánu včetně podbarvení dle herního klíče, které bylo vylepšeno a usnadňuje především prvotní čtení hry a dále zamezuje nevědomému napovídání pomocí častého sledování určitých karet. Mezi další formy pomoci patří přehledného třídění předešlých nápověd, jejich kontrola a v neposlední řadě možnost získání doporučených akcí. Kromě snížení obtížnosti jsou přítomny i další formy podpory jako nahrazení rolí při nedostatku hráčů, generování klíče, funkce automatické časomíry, hra v anglickém jazyce nebo hra na více zařízeních. Těmito funkcemi aplikace motivuje uživatele k dalšímu využívání a následovnému poskytnutí informací o slovních asociacích formou generovaného záznamu hry ve formátu vzniklém v rámci předešlé práce, který byl doplněn o chybějící údaje.

¹Smartphone Market Share – <https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>

²Operating System Market Share Worldwide – <http://gs.statcounter.com/os-market-share>

V následující kapitole je popsána samotná hra Krycí jména a existující řešení její podpory na mobilních telefonech s OS Android. V kapitole 3 jsou popsány hlavní charakteristiky vývoje pro operační systém Android a dostupné metody pro zpracování obrazu a rozpoznání herního plánu. Kapitola 5 popisuje návrh jednotlivých částí aplikace, jejichž implementace je poté popsána v kapitole 6. Kapitola 7 obsahuje popis a výsledky testování kvality rozpoznání a uživatelské studie. Závěr práce v kapitole 8 obsahuje vyhodnocení dosažených výsledků a pojednává o možnostech dalšího pokračování práce.

Kapitola 2

Slovní asociační hra Krycí jména

Krycí jména jsou slovní asociační hrou vytvořenou českým autorem stolních her Vladimírem Chvátilem. Princip hry spočívá ve vytváření nápověd na základně asociací a následovném hádání napovídáných slov. Tento unikátní koncept přinesl hře velkou popularitu a hry se od jejího vzniku v roce 2015 prodalo již přes 2 miliony kusů. Hra se také dočkala více než dvacítky ocenění včetně prestižního německého ocenění Hra roku uděleného v roce 2016 [20].



Obrázek 2.1: Obsah balení hry Krycí jména. Převzato z: [17]

2.1 Popis pravidel hry

Hráči jsou na začátku hry rozděleni do dvou týmů a v rámci každého je určen jedinec představující hlavního špiona. Zbytek členů týmu představuje členy operativy.

Po rozdělení hráčů je náhodně zvoleno 25 z 200 oboustranných karet obsahujících 400 krycích jmen, které jsou na stůl rozloženy do mřížky 5 x 5 karet. Role těchto karet určuje karta klíče, náhodně vybraná hlavními špiony, která rozděluje slova do čtyř kategorií.

Červená pole označují agenty červeného týmu, modrá pole agenty modrého týmu, sedm béžových polí náhodně kolemjdoucí a jedno černé pole nájemného vraha. Barva po okrajích karty představuje začínající tým, který má o jednoho agenta více než tým druhý a to devět oproti osmi.

Informace v této podkapitole jsou čerpány z oficiálního návodu hry dostupného z [17].



Obrázek 2.2: Ukázka herního klíče a přiřazení rolí kartám s krycími jmény. Převzato z: [17]

Týmy se v průběhu hry střídají a v rámci tahu každého týmu je nejprve provedeno předání nápovědy hlavním špionem, které je následované kontaktováním agentů, pomocí zvolení dané karty operativou. Pro zrychlení tempa hry je možné omezit délku tahu a využít přesýpací hodiny, které jsou součástí balení. Pro první tah je ale doporučeno délku tahu prodloužit, kvůli nutnosti seznámení se s herním plánem. Hra končí vítězstvím při kontaktování všech agentů týmu nebo okamžitou prohrou při kontaktování nájemného vraha.

Hlavní špion má ve své části tahu za úkol vytvořit jednoslovnou nápovědu, díky které bude operativa schopna identifikovat co nejvíce agentů své barvy. Nápověda je navíc doplněna o číslovku představující počet napovídáných slov. Nápověda musí splňovat několik pravidel:

- Nápověda se musí týkat významu slov.
- Číslovka následující po nápovědě nesmí sloužit jako součást nápovědy.
- Nápověda nesmí sdílet kořen slova s ostatními slovy ve hře.
- Preferovaný jazyk nápověd je shodný s jazykem hry a případné použití cizího jazyku nesmí být nápovědou.

Hráči operativy mají následovně za úkol identifikovat a označit slova svého týmu. Počet pokusů odpovídá počtu napovídáných slov plus jedna. Při kontaktování agenta druhého týmu nebo náhodného kolemjdoucího tah končí a na řadě je hlavní špion druhého týmu. Při kontaktování nájemného vraha tým prohrává a hra končí.

Hra dále připouští dva druhy zvláštních nápověd, které jsou dány číslem napovídáných slov a členům operativy umožňují zvolení libovolného počtu karet.

Nápověda typu nula, která slouží jako varování před danými slovy a nápověda typu nekonečno, která neposkytuje informaci o počtu napovídáných slov, ale umožňuje využití nápověd z předchozích tahů.

2.2 Existující řešení podpory hry

Hra Krycí Jména se díky svému úspěchu dočkala i několika mobilních a webových aplikací. Část těchto aplikací slouží k přímé hře a nelze je využít společně s fyzickou verzí hry. V této podkapitole proto budou popsány a zhodnoceny aplikace pro OS¹ Android fungující jako podpora fyzické verze hry.

2.2.1 Codenames Gadget

Oficiální aplikace² společnosti Czech Games Edition, která je jako jediná dostupná i v českém jazyce. Hráčům poskytuje možnost vygenerování herního klíče pro základní verzi hry i verzi hry Obrázky. Klíč lze po zadání odpovídajícího čísla zobrazit i na zařízení druhého hlavního špiona a aplikací je automaticky skryt při odložení telefonu na stůl a zobrazen při opětovném zvednutí. Aplikace dále nabízí několik režimů funkce časomíry i délky tahů.



Obrázek 2.3: Prostředí aplikace Codenames Gadget zobrazující vygenerovaný herní klíč a zbývající čas kola, který je vynulován stiskem tlačítka *Další tah*

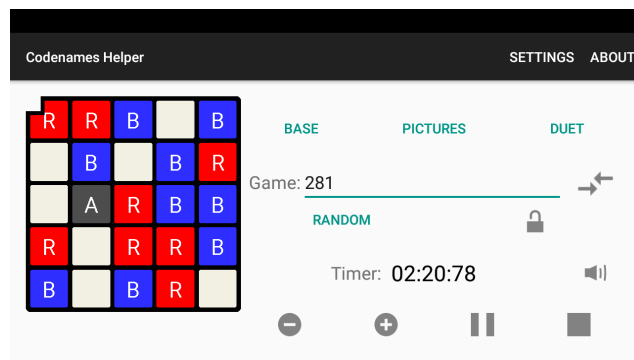
2.2.2 Codenames Helper

Aplikace Codenames Helper³ oproti Codenames Gadget podporuje navíc generování klíče i pro verzi hry Duet. Klíč lze opět podle číselné hodnoty přenést i do mobilního telefonu druhého hlavního špiona, kdy aplikace podporuje i inverzi klíče pro hráče sedícího na protější straně stolu. Přítomna je i základní funkce časomíry.

¹OS – Operační systém

²Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.czechgames.codenames>

³Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.effervex.codenameshelper2>



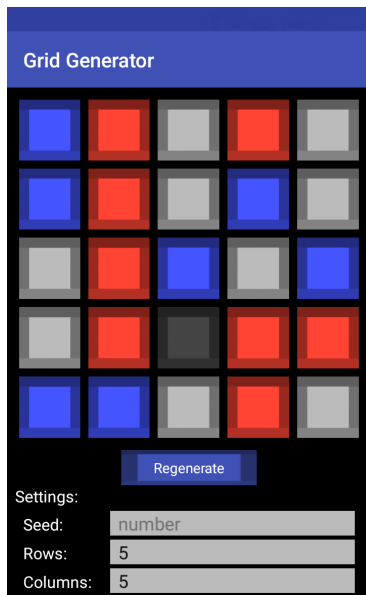
Obrázek 2.4: Aplikace Codenames Helper nabízející vygenerování jednotlivých typů klíčů a obsluhu stopek.

2.2.3 Grid Generator

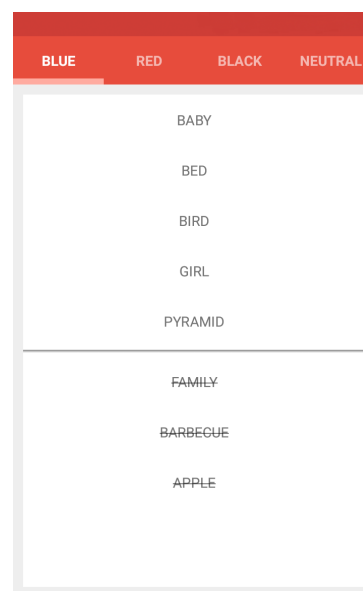
Aplikace⁴ zaměřená na generování herního klíče. Umožňuje nastavení libovolné velikosti mřížky krycích jmen a počtu jednotlivých rolí, čímž lze přizpůsobit délku i obtížnost hry.

2.2.4 Codenames PnP

Součástí aplikace Codenames PnP⁵ je soubor upravených karet s krycími jmény, které obsahují čárové kódy. Díky nim lze slova aplikací naskenovat a nechat jim náhodně přidělit role, čímž zaniká potřeba herního klíče. Slova jsou následovně zobrazena podle daných kategorií a uživatel má možnost je postupně vyškrtávat.



Obrázek 2.5: Jednoduché prostředí aplikace Grid Generator zobrazující herní klíč.



Obrázek 2.6: Zobrazení slov z jednotlivých skupin rolí, které nabízí aplikace Codenames PnP.

⁴Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.infinitesheep.gridgenerator>

⁵Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hfd.codenames>

2.2.5 Better Codenames

Aplikace vznikla v rámci předchozí práce na stejné téma Jana Grossmanna. Umožňuje zadání herních údajů pomocí rozpoznání v reálném čase s možností si nechat vygenerovat herní klíče. Údaje o hře lze následovně rozšířit na zařízení ostatních hráčů pomocí vlastního serveru. Hlavní špioni mají možnost získat doporučené nápovědy a označovat již odhalená slova. Členové operativy zase mohou zadat získané nápovědy a aplikace jim zobrazuje krycí jména s největší pravděpodobností pasování. Obě role poté mají dostupné ovládání vestavěné časomíry a možnost uložení záznamu hry nebo sdílení jejího aktuálního stavu.



Obrázek 2.7: Aplikace Better Codenames a její přehled aktuálního stavu hry dostupný hlavním špionům.

2.2.6 Zhodnocení

Aktuální veřejně dostupná řešení se zabývají především generováním herního klíče a jeho případným doplněním o funkci časomíry. Pouze aplikace Codenames PnP navíc nabízí rozdělení slov podle rolí, ale za cenu nutnosti použití speciálních herních karet.

Aplikace Better Codenames kromě těchto základních funkcí nabízí i přehled stavu hry a možnost získání doporučených akcí, a to díky lokální databázi nebo za využití webové služby.

Dle mého názoru je tedy na trhu stále prostor pro rozsáhlejší řešení se základem vycházejícím z aplikace Better Codenames, které by ale uživatelům nabídlo více forem podpory a ulehčení, jejichž návrh je popsán v kapitole 5.

2.3 Další stolní hry s podpůrnými aplikacemi

Využití moderních technologií při hraní stolních her prošlo v průběhu posledních let velkou proměnou. Podpůrné aplikace už zdaleka neslouží jen k zadávání skóre či výběru náhodného začínajícího hráče jako v minulosti. Naopak se stávají součástí her samotných a umožňují jejich obohacení o nové herní prvky nebo kombinované hry na pomezí her stolních a počítačových. I přes jistou kontroverzi u konzervativních hráčů těchto slaví tyto hry velký úspěch a dále bude představeno několik z nich.

2.3.1 Alchymisté

Stolní hra Alchymisté⁶ od slovenského autora Matúše Kotry byla společností MINDOK vydána v roce 2014. Hra je založena na provádění experimentů s ingrediencemi, které jsou vyobrazené na kartách. Jednotlivé ingredience se skládají z různých složek na jejichž základě z nich lze namíchat různé lektvary. Složení ingrediencí je však hráčům neznámé a cílem hry je jeho odhalení na základě provedených experimentů a výsledných lektvarů. V průběhu hry hráči publikují teorie o složení ingrediencí, za které dostávají body. Pokud ovšem některý z hráčů publikovanou teorii vyvrátí, její autor o body naopak přijde. Výhercem je hráč, který nasbíral největší počet bodů během šesti herních kol.

Součástí hry je doprovodná aplikace. Ta na začátku hry sama generuje náhodné složení ingrediencí, takže je hra pokaždé trochu jiná. V průběhu hry lze pomocí aplikace skenovat karty ingrediencí a po jejich rozpoznání z nich namíchat lektvary a provádět experimenty. Existuje i webová verze této aplikace, ve které ovšem nelze využít rozpoznání karet, a karty tak musí být vybírány ručně. Hra se dá hrát i bez použití aplikace, ale jeden z hráčů se pak musí ujmout role vypravěče, který zná složení ingrediencí a bude tak moct hru řídit. Doporučeno je aplikaci využít, jelikož vypravěč je pouze v roli pozorovatele a samotné hry se nezúčastní.

2.3.2 XCOM: Desková hra

Ve hře XCOM: Desková hra⁷ se hráči ocitnou v rolích vedení mezinárodní organizace, která má za úkol odvrátit mimozemskou invazi. Hráči spolu musí spolupracovat a rozhodovat se například kam poslat jednotky vojáků, jak spravovat finance nebo jak řešit invaze mimozemských lodí. Tahy hráčů jsou časově omezeny a překročení délky tahu je trestáno. Rozhodnutí hráčů jsou po každém tahu vyhodnocena a jejich následky se promítnou do hry. Výjimečné na této hře je to, že je celá řízena pomocí aplikace. Na začátku hry je možné si v aplikaci vybrat z několika obtížností a scénářů. Aplikace pak v průběhu hry vytváří celý příběh a předkládá hráčům problémy a krize, které je nutné řešit. Navíc sama měří čas tahů, pomáhá dodržovat pravidla hry bez nutnosti je opakovaně číst a dodává další prvky náhody, které mnohdy mohou hru pro hráče ztížit. Aplikace umožňuje i hru pouze jednoho hráče, který pak ovládá všechny potřebné role.

⁶Dostupné z: <http://www.mindok.cz/3/hry/novinky-6/alchymiste-8595558301874-202>

⁷Dostupné z: <https://www.fantasyflightgames.com/en/products/xcom-the-board-game/>

Kapitola 3

Vývoj aplikace pro operační systém Android

Android je operační systém s otevřeným zdrojovým kódem postavený na linuxovém jádře, jehož počátky se datují od roku 2003, kdy byl jeho vývoj zahájen společností Android Inc., která byla v 2005 odkoupena firmou Google. Od roku 2007 se poté na vývoji podílí členové Open Handset Alliance, která nyní sdružuje 84 firem z řad operátorů, výrobců mobilních telefonů a dalších. [14]

Otevřenost, přizpůsobitelnost a možnost jeho zprovoznění na řadě zařízení vedla v průběhu let k jeho masivnímu rozšíření a vzniku verzí určených například pro tablety, televize, chytré hodinky nebo systémy automobilů. Tato rozšířenost sebou bohužel přináší i nevýhody v podobě nespočtu různých konfigurací, obtížné optimalizaci a ve výsledku pomalého šíření nových verzí. Část těchto překážek lze eliminovat při znalosti a využití prostředků této platformy.

V této kapitole jsou proto uvedeny základní znalosti potřebné pro vývoj aplikací pro tento operační systém jako vývojové prostředky, základní části aplikace, informace o službě Hry Google Play.

3.1 Možnosti vývoje pro OS Android

Základem vývoje pro OS Android je Android SDK¹. Jedná se o balíček všech nezbytných knihoven a nástrojů, nutných k vytvoření instalačního souboru ve formátu APK², spustitelného na OS Android. [9]

Aktualizace OS Android s sebou přinášejí nové verze API³, které často poskytují vylepšení jak pro uživatele, tak pro samotné vývojáře, z řad bezpečnosti, výkonu nebo uživatelského prostředí. Každá aplikace obsahuje označení cílové a minimální podporované verze API. Pro využití všech výhod nových verzí a maximální bezpečnosti je doporučeno nastavení poslední dostupné verze jako verze cílové. Zpětná kompatibilita je stanovena minimální verzí API, kdy použití starší verze přináší nutnost zajištění funkčnosti napříč všemi verzemi. [1]

¹SDK – Software development kit

²APK – Android application package

³API – Application Programming Interface

K zjednodušení práce lze použít oficiální vývojové prostředí Android Studio⁴ od společnosti Google. Jedná se o upravenou verzi IntelliJ IDEA⁵ od firmy JetBrains, určenou specificky pro vývoj Android aplikací a již obsahující Android SDK. Dále obsahuje nástroje jako emulátor nebo monitorování využití prostředků telefonu. [1] [9]

Kromě klasického vývoje v programovacích jazycích Java a Kotlin, je možné využít i Android NDK⁶, který umožňuje využití nativního kódu v C a C++. Dále je možné použít frameworky jako Xamarin⁷ umožňující psaní v jazycích C# nebo PhoneGap⁸ umožňující tvorbu aplikace pomocí HTML, CSS a JavaScriptu. Tento přístup sice neumožňuje využití všech výhod klasického přístupu, ale zajišťuje jednoduchou přenositelnost mezi platformami.

3.2 Základní komponenty aplikace

Každá aplikace na OS Android se skládá z řady komponent s jasně danými úlohami. Tato podkapitola obsahuje přehled těch nejdůležitější, a to na základě informací dostupných z [1] a [15].

3.2.1 Aktivity (Activity)

Aktivity jsou základními stavebními bloky aplikace a zajišťují řídicí logiku mezi uživatelským prostředím a datovým modelem. Jednotlivé aktivity jsou na sobě nezávislé, mohou spolu však komunikovat a spouštět aktivity nové.

Do nedávna aktivity představovaly jednotlivé obrazovky aplikace, které měly za úkol zpravidla jednu danou činnost. Dnes se však doporučuje využití aktivity jako vstupního místa aplikace a poskytnutí samotného obsahu přenechat fragmentům.

Každá aktivita má svůj životní cyklus, který je zobrazen na obrázku 3.1, a obsahuje následující metody, které jsou v dané momenty volány a umožňují odpovídajícím způsobem reagovat na změnu stavu.

- **onCreate():** Volána jednou při vytváření aktivity. Obsahuje získání uživatelského prostředí a přípravu všech potřebných dat před zobrazením aktivity. Je volána také při přechodu mezi vertikálním a horizontálním zobrazením.
- **onStart():** Volána při zobrazení aktivity, která však stále nekomunikuje s uživatelem. Slouží k nastavení prvků uživatelského prostředí.
- **onResume():** Volána po přechodu aktivity do popředí a započetí komunikace s uživatelem.
- **onPause():** Pozastavení aktivity při přechodu do pozadí. Aktivita je v tento moment stále viditelná a může být například pouze částečně překryta jiným oknem. Je to jediná metoda při ukončování aktivity, jejíž volání je zaručené a měla by tedy obsahovat uložení všech potřebných údajů. Také se jedná o vhodné místo pro pozastavení náročných činností.

⁴Dostupné z: <https://developer.android.com/studio>

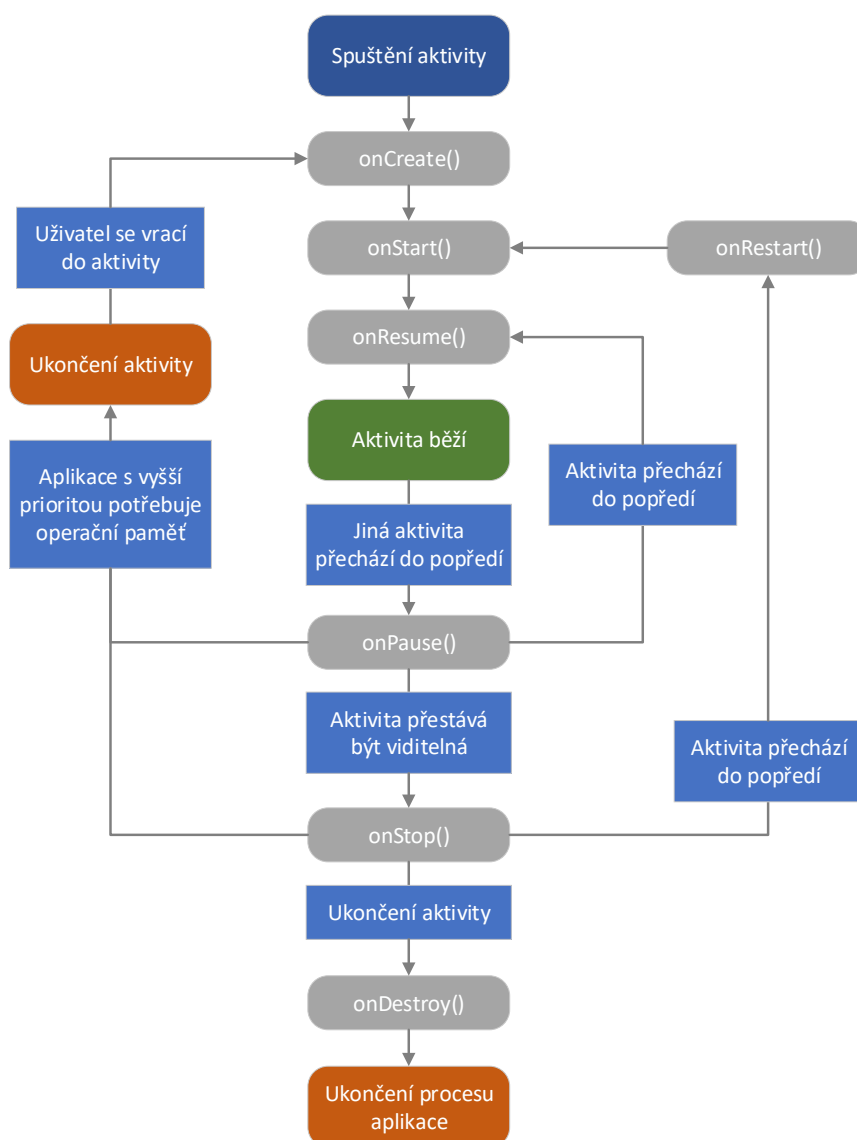
⁵Dostupné z: <https://www.jetbrains.com/idea/>

⁶NDK – Native Development Kit, více viz. <https://developer.android.com/ndk>

⁷Dostupné z: <https://visualstudio.microsoft.com/xamarin/>

⁸Dostupné z: <https://phonegap.com/>

- **onStop()**: Metoda volána při zastavení aktivity z jiného důvodu než nedostatku operační paměti. Aktivita v tento moment již není viditelná a jedná se o vhodné místo pro provedení náročnějších operací jako aktualizace databází a ukončení zbývajících náročných činností včetně animací, kterou již nejsou viditelné.
- **onDestroy()**: Metoda volána při ukončování životnosti aktivity. Její volání není zaručeno.
- **onRestart()**: Metoda volána v případě požadavku na znovu vytvoření aktivity.



Obrázek 3.1: Životní cyklus aktivity. Převzato z: <https://developer.android.com/guide/components/activities/activity-lifecycle>

3.2.2 Fragmenty (Fragments)

Fragmenty jsou modulární části aktivit, které mají svůj vlastní životní cyklus, který je závislý na cyklu rodičovské aktivity a které mohou být libovolně přidávány a odebírány v průběhu běhu aktivit. Umožňují tvorbu znovupoužitelných částí prostředí nebo zobrazení dvou fragmentů vedle sebe v rámci jedné aktivity na velké obrazovce tabletu a díky tomu lepší využití prostoru.

3.2.3 Služby (Services)

Služby slouží převážně k dlouhodobému provádění operací na pozadí a neposkytují uživatelské prostředí. Jejich využití může spočívat například v pokračování přehrávání hudby i při odchodu z aplikace nebo synchronizaci dat na pozadí.

3.2.4 Broadcast Receivers

Tyto objekty slouží k přijímání a odesílání informací o událostech napříč systémem. Mohou aplikaci poskytnout informace o změně stavu systému jako vypnutí obrazovky, změny polohy telefonu nebo změně v připojení k internetu. Stejným způsobem mohou informovat i samotné aplikace například o dokončení stahování.

3.2.5 Poskytovatelé obsahu (Content providers)

Poskytovatelé obsahu umožňují aplikacím bezpečný přístup k datům uloženým v paměti telefonu a jejich sdílení s dalšími aplikacemi nebo procesy.

3.2.6 Aplikační manifest

Hlavní konfigurační soubor celé aplikace. Obsahuje hlavní informace o aplikaci jako její název, požadovaná oprávnění, seznam aktivit nebo zaregistrované poskytovatele obsahu.

3.2.7 Zdroje (Resources)

Součástí aplikace jsou kromě samotného kódu i další data jako obrázky, texty, barvy, nebo rozložení obrazovky. Zdroje umožňují oddělení těchto dat od samotného kódu a jejich využití na základě jedinečného identifikátoru, který je každému z nich přidělen.

Tento přístup umožňuje jednoduché změny částí zdrojů a především využití alternativních dat. Díky nim lze například změnu jazyka provést pouhým využitím souboru textů pro daný jazyk. Tento přístup také umožňuje tvorbu alternativních uživatelských prostředí pro různé velikosti obrazovky a rozlišení.

3.2.8 Ukládání dat

Většina aplikací potřebuje ke své funkčnosti možnost permanentního uložení dat. Systém Android nabízí tyto hlavní způsoby [1]:

- **Interní úložiště:** Poskytuje chráněný prostor, ke kterému má přístup pouze aplikace a data v něm uložená jsou při odinstalaci aplikace vymazána.
- **Externí úložiště:** Sdílená paměť telefonu, ke které mají možnost přístupu jak ostatní aplikace s oprávněním, tak samotný uživatel.

- **Shared preferences:** Uložení jednoduchých dat ve tvaru klíč–hodnota. Slouží především k uložení nastavení aplikace.
- **Databáze:** Uložení rozsáhlých dat v privátní databázi aplikace.

3.3 Tvorba uživatelského prostředí

Uživatelské prostředí aplikace je definováno pomocí layoutů, které se skládají z hierarchie pohledů (Views) a skupin pohledů (ViewGroups), které slouží jako kontejnery definující rozvržení obsažených pohledů a jejich dalších skupin. [1]

Uživatelské prostředí lze deklarovat dvěma způsoby [1]:

- **Pomocí XML souboru:** Všechny podtřídy pohledů lze popsat pomocí značkovacího jazyka XML. Jedná se o preferovanou volbu z důvodu oddělení uživatelského rozhraní od řídicí logiky a kvůli jednoduché úpravě díky editoru uživatelského prostředí přítomnému v Android studiu.
- **Při běhu aplikace:** Alternativou je možnost tvorby uživatelského prostředí programově při běhu aplikace. Této vlastnosti je však doporučeno využívat pro pouhé úpravy prostředí.

3.3.1 Pohledy

Třída reprezentující základní stavební blok prvků uživatelského prostředí. Zabírá obdélníkový prostor a je zodpovědná za vykreslení a obstarávání událostí daných prvků. Děděním této třídy poté vznikají další prvky uživatelského prostředí jako TextView (textový popis), ImageView (zobrazení obrázku) nebo Button (tlačítko). [1]

3.3.2 Skupiny pohledů

Skupiny pohledů se na základě způsobu rozvržení potomků dělí na několik typů, mezi které patří například následující:

- **LinearLayout:** Seřazení potomků do sloupce nebo řádku.
- **RelativeLayout:** Rozvržení potomků relativně mezi sebou nebo vůči rodiči.
- **ConstraintLayout:** Na rozdíl od RelativeLayout umožňuje toto rozložení jednoduchou tvorbu složitějších a flexibilních prostředí bez nutnosti zanořování dalších skupin pohledů.

3.4 Služba Hry Goole Play

Hry Google Play jsou on-line herní službou a SDK umožňujícím jednoduchou mezi-platformní implementaci řady součástí mobilních her. Pro uživatele navíc představují jednotné prostředí, které zjednodušuje použití aplikace. Mezi hlavní části patří: [8]

- **Úspěchy:** Informují uživatele o dosažení milníku ve hře a motivují je v dalším pokračování. Jednotlivé úspěchy jsou navíc doplněny o bodovou hodnotu, která se přičítá k hráčovým celkovým statistikám.

- **Žebříčky:** Umožňují porovnání výsledků hráče se spoluhráči i ostatními hráči.
- **Uložené hry:** Slouží k synchronizaci uložených pozic a možnosti pokračovat ve hře na libovolném zařízení.
- **Hra více hráčů v reálném čase:** Poskytuje prostředky k získání dalších hráčů, vytvoření on-line hry a následné komunikaci pro hru, která vyžaduje časté zasílání dat a aktivní účast všech hráčů.
- **Tahová hra více hráčů:** Obdoba předchozí odrážky s tím rozdílem, že se předpokládá dlouhotrvající hra, při které hráči po odehrání tahu odcházejí z aplikace a při jejich tahu jsou upozorněni notifikací.

Pro použití této služby je nutné zaregistrování jako Android vývojář včetně zaplacení registračního poplatku, přidání aplikace do Google Play Console a následovné aktivování a nastavení parametrů této služby. [8]

Kapitola 4

Počítačové vidění na OS Android

Počítačové vidění je obor informačních technologií zabývající zpracováním obrazu a videa za účelem jejich úpravy nebo získání nových informací. [2]

Přestože člověku se může nalezení určitého objektu v obrázku zdát jednoduché, ve skutečnosti jeho mozek provádí velkou řadu vyhodnocení a využívá množství znalostí získaných v průběhu celého života. Počítač má v základu k dispozici pouze 2D matici číselných hodnot. Stejná 3D scéna navíc může být zachycena z řady úhlů a výsledná fotografie může obsahovat šum, rozmazání nebo jiné nežádoucí jevy. [2]

Z tohoto důvodu existuje pro OS Android řada knihoven poskytujících různé formy asistence s řešením těchto problémů. Od jednoduchých úprav obrázků, přes operace jako odstranění šumu a detekce hran až po kompletní rozpoznání textu a využití neuronových sítí.

V následujících podkapitolách jsou zmíněny hlavní knihovny nabízející různé formy zpracování nebo rozpoznání obrazu následované jednotlivými metodami využitelnými při řešení této práce.

4.1 Knihovny pro zpracování obrazu na OS Android

4.1.1 OpenCV

Knihovna OpenCV¹ (Open Source Computer Vision) vznikla v roce 2009 díky společností Intel a od té doby se pro velkou část vývojářů stala primárním řešením pro počítačové vidění a to i díky možnosti volného akademického a komerčního využití. Knihovna nabízí přes 500 funkcí postavených na více než 2500 algoritmech, které umožňují kromě základních úprav obrazu například detekci obličeje, objektů, barev nebo kontur, rozpoznávání vzorů, sledování pohybu objektů nebo funkce pro strojové učení. [2] [16]

4.1.2 BoofCV

Knihovna BoofCV² poskytuje řadu funkcí pro počítačové vidění pokrývajících oblasti nízkoúrovňového zpracování obrazu, kalibrace kamery, rozpoznávání a sledování objektů, vizualizace a řady další. Knihovnu je volně dostupná pro akademické i komerční využití.

¹Dostupné z: <https://opencv.org/>

²Dostupné z: https://boofcv.org/index.php?title=Main_Page

4.1.3 Catalano Framework

Catalano Framework³ vznikl spojením řady funkcí AForge.NET a Accord.NET a jejich přenesením do jazyka Java. Od té doby získal řadu dalších funkcí z oblastí zpracování obrazu, strojového učení, matematiky, neuronových sítí, statistiky a dalších. Knihovna je volně dostupná pro akademické i komerční využití.

4.1.4 Tess-two

Knihovna Tess-two⁴ přináší na OS Android podporu knihovny pro rozpoznání textu Tesseract a knihovny pro úpravu obrazu Leptonica. Knihovna Tesseract podporuje rozeznání více než 100 jazyků a i díky možnosti jejího volného využití se jedná o jedno z nejoblíbenějších řešení pro rozpoznání textu.

4.1.5 ABBYY Real-Time Recognition SDK

ABBYY Real-Time Recognition SDK⁵ je komerčním řešením pro optické rozpoznávání znaků od společnosti ABBYY umožňující získání textu v reálném čase na mobilních zařízeních a aktuálně podporující rozeznání 63 jazyků.

4.1.6 ML Kit for Firebase

Služba⁶ společnosti Google poskytující vývojářům jednoduše použitelné funkce strojového učení. Umožňuje rozeznání textu a obličejů, skenování čárových kódů, identifikaci objektu v obraze, rozeznání významných památek nebo použití vlastních modelů pro strojové učení vytvořených pomocí TensorFlow Lite. Většina těchto služeb je v omezené verzi dostupná zdarma přímo v zařízení nebo placené v pokročilé verzi on-line.

4.2 Metody využitelné při rozpoznávání herního plánu

Rozpoznání krycích jmen a barev polí herního klíče by nebylo možné bez využití nejrozličnějších metod detekce a rozpoznávání obrazu implementovaných knihovnami zmíněnými v předchozí podkapitole.

V rámci kontextu této práce jsou důležité především metody umožňující detekci objektů ve fotografii a způsoby rozpoznání textu a barvy, které jsou krátce popsány v následujících podkapitolách.

4.2.1 Detekce objektů

Detekce objektů se dá rozdělit na dvě hlavní skupiny. Tradiční postup, použitý v této práci, založený na podobnosti objektů, která zjištěna zpracováním informací získaných pomocí detekce hran, Houghovy transformace nebo například detekce rohů. Toto řešení je ale více závislé na kvalitě okolních podmínek jako osvětlení nebo úhel pořízené fotografie. Druhý přístup je založen na získání různých druhů významných bodů popisujících daný objekt a jejich vyhledání v obraze. Toto řešení umožňuje lepší kvalitu rozpoznání i za neideálních

³Dostupné z: <https://github.com/DiegoCatalano/Catalano-Framework>

⁴Dostupné z: <https://github.com/rmtheis/tess-two>

⁵Dostupné z: <https://www.abbyy.com/en-ee/real-time-recognition-sdk/key-features/>

⁶Dostupné z: <https://firebase.google.com/products/ml-kit/>

podmínek. Nevýhodou je potřeba nalezených přesných příznaků, které neumožňují využití při hledání pouze podobných objektů. [13]

Detekce hran

Detekce hran je jedním ze základních prvků rozpoznání obrazu, jejíž kvalita má významný vliv na všechny následující operace.

Pravděpodobně nejpoužívanějším algoritmem jejího provedení je Cannyho hranový detektor. Ten se skládá z vyhlazení obrazu pomocí Gaussovského rozostření, získání velikosti a směru gradientu a následovného odebrání bodů, které nejsou lokálními maximy, čímž dojde k získání přesné hrany. Na získaných hranách je aplikováno dvojitě prahování pomocí dvou hodnot. Pixely jejichž gradient je vyšší než vyšší prahu jsou nejprve označeny za hrany a pro získání souvislých hran jsou za ně dále prohlášeny pixely s hodnotou gradientu mezi prahy, které zároveň sousedí s pixelem označeným za hranu. [19]

Detekce kontur

Kontura definuje ohraničení objektu pomocí křivek, které mohou být dané změnou jasu, textury, uskupeními nebo iluzorními konturami. I přes občasné zaměňování nejsou pojmy hrana a kontura shodné, ale úzce spolu souvisí, jelikož kontury objektu mohou být určeny i na základě výsledku detekce hran, ze kterých jsou získány výsledné kontury. Kontura nám ale na rozdíl od prostých hran dává informaci o objektech v obrazu obdobným způsobem, jakým pracuje lidský zrak. [2] [7]

4.2.2 Optické rozpoznávání znaků

Optické rozpoznávání znaků umožňuje automatické převedení textu tištěného nebo ručně psaného do elektronické formy, a to v dnešní době i bez nutnosti pořizování speciálních zařízení a za využití pouhého mobilního telefonu. Rozpoznávání textu je užitečné i v případě pouhého kopírování textu, kdy umožňuje tisk ve stejné kvalitě jako u originálu. [3]

Rozpoznávání se dá rozdělit na několik hlavních částí [3] [4]:

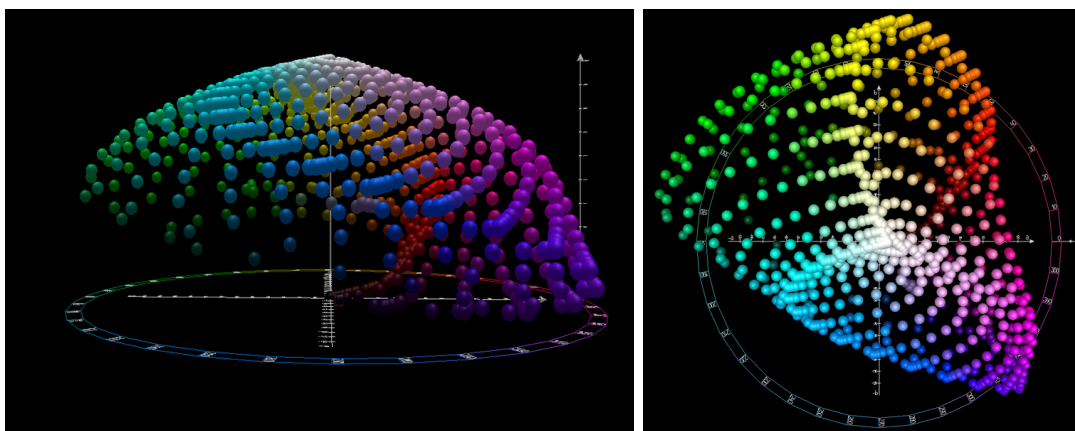
- **Skenování:** Pořízení fotografie textu a její převedení na černobílou variantu pomocí prahování.
- **Segmentace:** Detekce částí fotografie obsahujících text a jejich oddělení od ostatního obsahu jako obrázků nebo log.
- **Předzpracování:** Zlepšení kvality vyhlazením pomocí morfologických operací ztluštění pro vyplnění děr ve znacích a následným aplikováním ztenčování, pro dosažení jednotné minimální tloušťky textu. Dále je provedena normalizace pro získání jednotné velikosti, zkosení a úhlů textu.
- **Extrakce komponent:** Získání nejdůležitějších prvků znaků.
- **Rozpoznání znaků:** Rozpoznání textu na základě získaných prvků a jejich rozdělení do jednotlivých řádků, slov a znaků.
- **Následné zpracování:** Odstranění chyb vzniklých při rozpoznávání. Mezi používané způsoby patří například kontrola možnosti výskytu jednotlivých znaků za sebou nebo porovnání oproti slovníku daného jazyka.

4.2.3 Rozpoznání barvy

Proces a kvalita rozpoznání barvy objektu je závislá na řadě proměnných jako světelné podmínky, povrch objektu nebo také barevný model využitý při rozpoznání. Neexistuje však obecně doporučený model, který by bylo možné využít při rozpoznání barvy ve všech případech [12]. Tato podkapitola proto obsahuje popis barevného modelu CIE $L^*a^*b^*$ využívaného v rámci práce.

CIE $L^*a^*b^*$

Jedná se o kombinaci barevného modelu a prostoru, který není intuitivní jako HSV nebo HSL, ale je vjemově jednotný a umožňuje díky tomu jednoduché srovnání podobnosti dvou barev podobným způsobem jako u lidského zraku. Hodnota L udává světlost, hodnota a bod na ose zelená – červená a hodnota b bod na ose modrá – žlutá. [5] [6]



Obrázek 4.1: 3D ztvárnění barevného modelu CIE $L^*a^*b^*$. Převzato z: https://en.wikipedia.org/wiki/CIELAB_color_space

Kapitola 5

Návrh aplikace

V kapitole 2 již bylo zmíněno, že existující aplikace pro podporu hry Krycí jména na OS Android poskytují pouze omezené množství funkcí a stále nechávají prostor pro obsáhlejší řešení, jehož návrh popisuje tato kapitola.

Hlavní myšlenkou a rozdílem tohoto řešení je možnost jednoduchého zadání krycích jmen a herního klíče, následované zadáváním průběhu hry, což poskytuje aplikaci znalost aktuálního stavu hry a umožňuje poskytovat volitelnou úroveň pomoci. Toto je dále doplněno o existující funkce jako časomíra nebo generování herního klíče a nové funkce jako možnost nahrazení chybějícího hráče a vytváření záznamu hry.

Následující podkapitola specifikuje obecné cíle a vlastnosti aplikace a je dále následována kapitolami zaměřenými na hlavní části návrhu.

5.1 Struktura aplikace

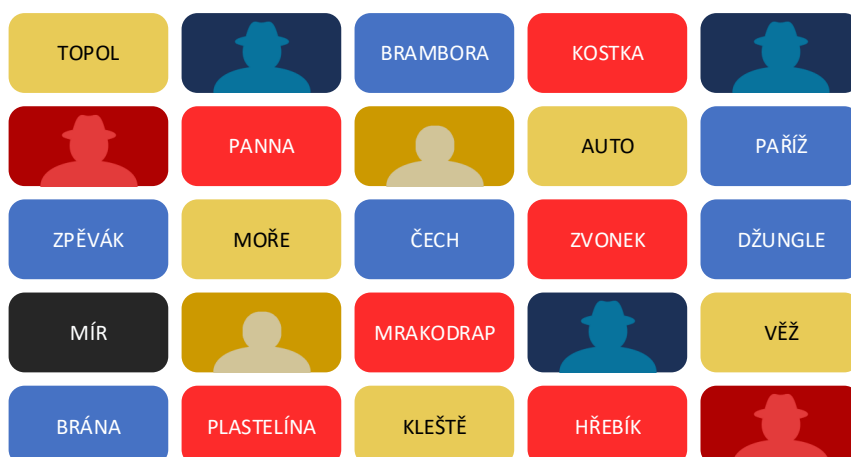
Poskytnutí větší úrovně asistence při hraní je podmíněno znalostí aktuálně zbývajících krycích jmen a ideálně i herního klíče a průběhu předešlých tahů. Z tohoto důvodu je podpora koncipována způsobem průběžného zadávání informací o hře a současným poskytováním pomoci.

Díky dostupnosti řady variant hry je nejprve nutné určení hrané varianty. Aplikace je cílená na základní variantu hry, kterou rozšiřuje o verzi hry pro dva hráče, která je popsána v oficiálním návodu. Dále je možné pozvání dalších hráčů a vytvoření hry na více zařízeních, při které je nutné určit role jednotlivých hráčů, kteří následně zadávají tahy daných postav. V případě nedostatku hráčů je navíc možné označit roli jako počítačového hráče.

Zadání základních údajů o hře je následováno zadáním krycích jmen, které je možné provést manuálně nebo pomocí rozpoznání z fotografie, kdy v obou případech aplikace podporuje zadání i již probíhající hry. Po zadání krycích jmen následuje možnost zadání herního klíče, který si je možné navíc nechat i vygenerovat.

Díky těmto informacím má hráč v průběhu celé hry dostupnou jednu z hlavních částí podpory a zároveň prvku ovládání ve formě přehledu krycích jmen včetně odhalených rolí. Pro hlavní špiony je tento přehled navíc podbarven dle herního klíče. Toto umožňuje především hlavním špionům výrazně jednodušší orientaci a zároveň omezuje nechtěné napovídání častým sledováním určitých slov.

V průběhu hry uživatel zadává informace o jednotlivých tazích. Tah hlavního špiona vyžaduje zadání nápovědy, kterou lze díky přehledu hry jednoduše doplnit o seznam napovídání slov. Tah operativy se skládá z možnosti označit slova nejlépe odpovídající získané



Obrázek 5.1: Návrhu pohledu herního plánu.

nápovědě a následovně označení odhalených karet s krycími jmen. V případě nezadání herního klíče na začátku hry, je uživatel vždy dotázán na barvu dané karty.

O všech těchto údajích je navíc možné vést záznam, který lze na konci hry odeslat pro další zpracování. Zároveň jsou tyto informace využity k dalšímu ulehčení hry, které je podrobně popsáno v dalších podkapitolách.

5.2 Rozpoznání krycích jmen a herního klíče

Manuální zadání krycích jmen a herního klíče vyžaduje vypsání 25 slov a následné určení rolí. Toto je velmi zdlouhavá činnost, která by po pár hrách řadu uživatel odradila od dalšího používání aplikace. Z toho důvodu je možnost jejich jednoduchého zadání velmi důležitá.

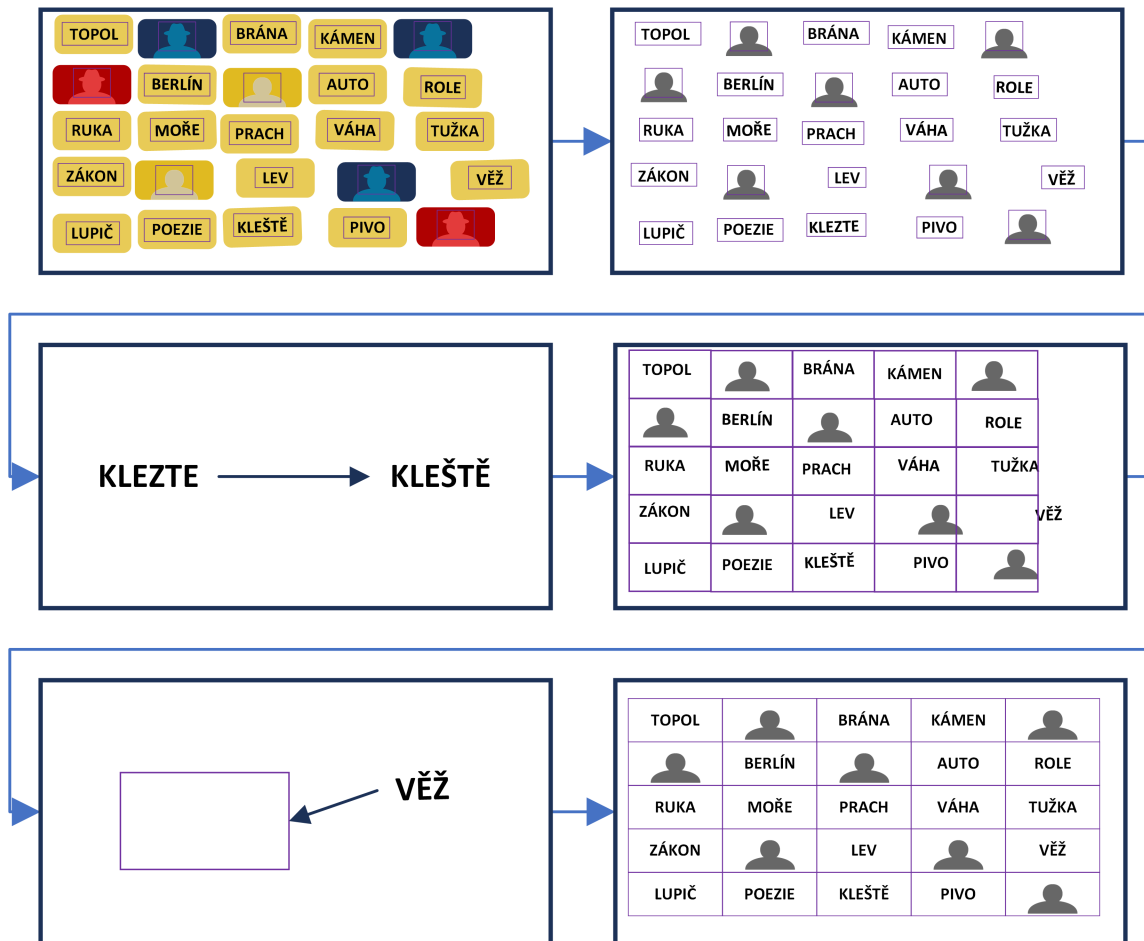
Jako nejjednodušší řešení tohoto problému se nabízí rozeznání za pomoci kamery telefonu, jejíž použití je pro uživatele jednoduché a výsledný komfort je dále závislý pouze na kvalitě rozpoznání a případné nutnosti více opakování nebo ručního zadání zbývajících slov.

Zde lze použít rozpoznání v reálném čase nebo za pomoci pořízené fotografie. Hlavní výhodou rozpoznání v reálném čase je jednoduchá možnost úpravy náklonu nebo vzdálenosti telefonu při nevhodném rozpoznání. Rozpoznání z pořízené fotografie s sebou zase přináší výhody v podobě možnosti využití náročnějších prostředků i na slabších zařízeních a možnosti pořízení fotografie za pomoci výchozí aplikace pro fotoaparát. Díky tomu odpadá nutnost získání oprávnění pro přístup ke kameře zařízení, což ocení řada opatrnějších uživatelů.

5.2.1 Rozpoznání krycích jmen

Rozpoznání krycích jmen se skládá z nalezení všech slov a karet označujících odkryté role na fotografii. Nalezení i již odkrytých karet je důležité pro následovný výpočet rozložení mřížky karet, které by jinak pro již rozehranou hru nebylo možné. U rozpoznání slov je nutné počítat s možnou chybou rozpoznání slova, kterou lze řešit nalezením nejbližšího slova obsaženého ve hře.

Slova obsažená v jednotlivých částech mřížky jsou přiřazena odpovídajícím kartám a pozice obsahující kartu odkryté role jsou poznačeny jako již odhalené. V případě nerovnoměrně rozložených karet a zbylých slov mimo mřížku, jsou tyto slova přiřazena do nejbližší pozice mřížky bez slova.



Obrázek 5.2: Schéma navrhovaného postupu pro rozpoznání krycích jmen.

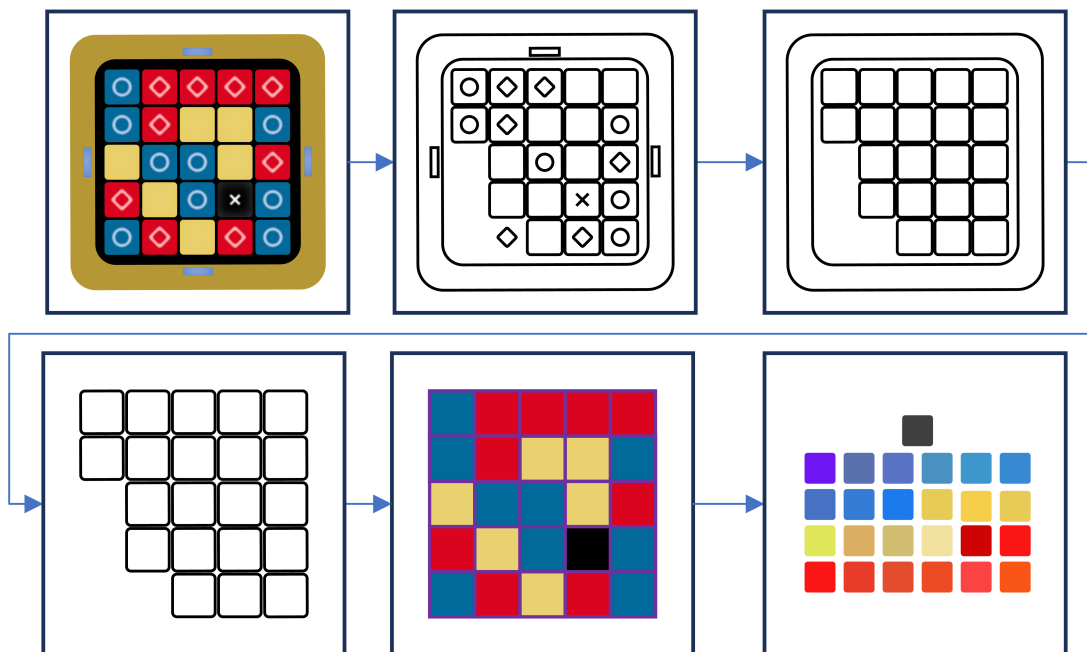
5.2.2 Rozpoznání herního klíče

Rozpoznání herního klíče se skládá z nalezení kontur ve tvaru čtverce, kterým odpovídají různé části klíče včetně jeho políček. Z těchto kontur je získán obrys klíče, který je vyříznut a pomocí opětovné detekce hran jsou již nalezena jednotlivá políčka. Z krajních pozic získaných políček je vytvořena mřížka 5 x 5. Na jednotlivých částech mřížky je poté provedeno rozpoznání barvy.

Při rozpoznávání barev jednotlivých polí klíče je potřeba počítat s neideálním nasvícením, které může ovlivnit barvy a znemožnit rozpoznání za pomoci barevného modelu HSV a jeho hodnoty odstínu.

Experimentováním jsem přišel na možnost využití modelu CIE L*a*b*, který v tomto případě umožňuje velice jednoduché určení barev polí. Černé pole lze identifikovat podle nejnižší hodnoty světlosti. Barvy ostatních polí lze určit pomocí jejich vzestupného se-

řazení na základě výsledku součtu hodnot a a b . Pole s nejnižší hodnotou jsou modrá, následována béžovými a nakonec červenými.



Obrázek 5.3: Schéma navrhovaného postupu pro rozpoznání herního klíče

5.3 Volitelná úroveň podpory

Hlavní součástí aplikace je poskytnutí podpory v průběhu hraní a umožnění přizpůsobení její obtížnosti. Způsoby, kterými je tohoto dosaženo, jsou popsány v této kapitole.

5.3.1 Využití existující webové služby

Aplikace pro část svých funkcí využívá webovou službu vzniklou v rámci bakalářské práce Petra Jareše [11] (dále jen webová služba). Tato služba umožňuje na základě zasláných informací o stavu hry získat seznam doporučených nápověd pro hlavního špiona nebo krycí jména nejlépe pasující na hráčovu nápovědu.

Služba také umožňuje vytvoření počítačového hráče využívajícího strategii. Jemu jsou následovně zasílány informace o průběhu hry a zpátky získávány pokyny pro jeho tah.

Při využití externí webové služby vyžadující připojení k internetu je poté třeba zajistit správné chování v případě problému s připojením. Dlouhé čekání na odpověď ze strany serveru je pak možné řešit zasláním požadavku ještě před jeho zadáním uživatelem nebo adekvátním informováním o probíhající akci.

5.3.2 Počítačová hráči

Základní varianta hry vyžaduje přítomnost alespoň čtyř hráčů, čehož bohužel není vždy možné dosáhnout. Proto aplikace podporuje nahrazení libovolného počtu zbývajících rolí počítačovými hráči, jejichž logika je postavena na výše zmíněné webové službě.

Členy operativy je možné nahradit třemi úrovněmi počítačových hráčů. Nejnížší využívající slov nejlépe pasujících na nápovědy a využívající vlastní jednoduchou strategii. Středně obtížnou využívající počítačového hráče webové služby a nejvyšší, která využívá kombinaci obou a částečné umělé zvýhodnění.

Z důvodu časové náročnosti získání doporučené nápovědy pro slova obsažená ve hře, aplikace obsahuje pouze jednu úroveň počítačového hlavního špiona, který využívá strategii a který díky průběžné znalosti stavu hry poskytuje nápovědu výrazně rychleji.

5.3.3 Nápověda při hře

Samotná nápověda při hře se dělí do tří skupin dle míry zjednodušení hry a uživatel si může úroveň zvolit, dle své míry zkušeností s hrou Krycí jména.

Základní a vždy přítomnou nápovědou je již zmíněné a na obrázku 5.1 ztvárněné zobrazení aktuálního stavu hry včetně případného podkreslení dle herního klíče. U podbarvení je možné si zvolit jeho automatické skrytí při odložení telefonu, které slouží pro zamezení prozrazení klíče členům operativy.

Střední úroveň ulehčení přidává hráčům možnost získání nápovědy z webové služby a nabídku obsahující všechny dosavadní nápovědy. U nápověd vlastního týmu navíc hráči vidí seznam slov, které označili jako možné k dané nápovědě a hlavní špion i slova, která danou nápovědou napovídal. Hlavní špion je také upozorněn v případě potenciálně nebezpečné nápovědy.

Nejvyšší úroveň přidává ke každé nápovědě v seznamu předešlých nápověd ještě webovou službou doporučená slova a počet zbývajících slov k uhodnutí. V případě, že hlavní špion označí napovídaná slova, se toto číslo navíc automaticky snižuje. V opačném případě si jej hráč může manuálně snižovat. Hlavním špionům tato úroveň navíc přidává pokročilou kontrolu jejich nápovědy pomocí webové služby.

5.4 Záznam průběhu hry

V případě zájmu uživatele probíhá na pozadí po celou dobu hry zápis záznamu hry. Formát zápisu vychází z formátu .CNR navrženého v rámci bakalářské práce na stejné téma vytvořené Janem Grossmannem [10]. Tento formát byl pouze doplněn o chybějící prvky v podobě zápisu slova odhaleného v rámci kompenzace za neplatnou nápovědu, pro verzi hry dvou hráčů zápisem slova odhaleného místo tahu druhého týmu a označením tahů provedených počítačovými hráči.

Konec hry je při pořizování záznamu doplněn o ohodnocení nápověd a v případě nezádní herního klíče v úvodu hry také doplněním chybějících polí.

Finální zápis je poté možné odeslat na vzdálený server, kde jej lze jednoduše dále využít.

Kapitola 6

Implementace aplikace

Po vytvoření návrhu přichází na řadu samotná implementace aplikace. K jejímu provedení jsem využil zdarma dostupné vývojové prostředí Android Studio, které obsahuje všechny nezbytně potřebné nástroje a umožňuje jednoduché vytvoření aplikace pro OS Android. Jako programovací jazyk jsem zvolil jazyk Java a to především z důvodu jeho rozšířenosti a také kvůli osobním zkušenostem.

Následující podkapitola popisuje hlavní třídy, ze kterých je aplikace tvořena, a je následována podkapitolami zabývajícími se nejdůležitějšími a nejzajímavějšími částmi implementace.

6.1 Přehled hlavních tříd aplikace

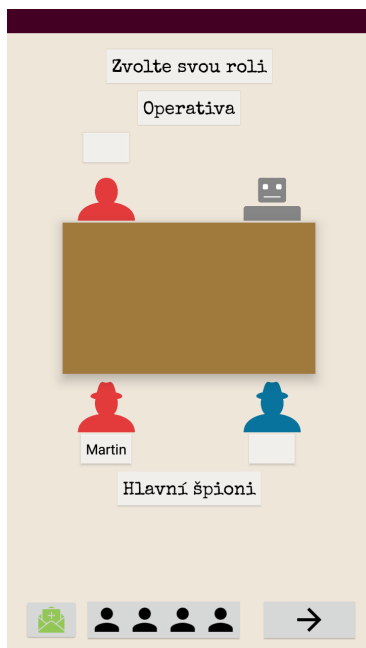
Třídy aplikace se dají rozdělit na dvě skupiny. Třídy aktivit a fragmentů, které zároveň udávají hierarchii prostředí, která je ztvárněna na obrázku 6.3, a třídy obsahující další potřebnou logiku. Samotné uživatelské prostředí je poté od logické části odděleno a popsáno pomocí souborů ve formátu XML.

6.1.1 Třídy aktivit a fragmentů

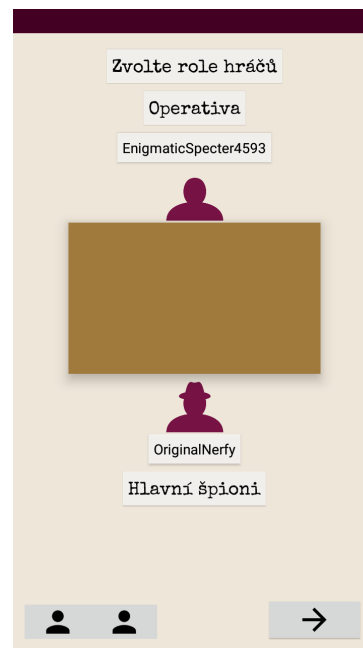
Při zapnutí aplikace je spuštěna aktivita `MainActivity`, která implementuje základní metody aplikace včetně komunikace se službou Hry Google Play. Aktivita poté vždy zobrazuje jeden z fragmentů představujících části aplikace. Fragment `MainFragment` obsahuje možnost přihlášení do služby Hry Google Play společně se zobrazením pozvánek do hry. Dále umožňuje přejít do nastavení aplikace umístěného ve fragmentu `PreferencesFragment`. Z hlavní obrazovky je možné také přejít do seznamu záznamů her ve fragmentu `RecordsFragment` a jednotlivé zápisy si zobrazit po jejich rozkliknutí ve fragmentu `ShowRecordFragment`. Hlavní obrazovka dále obsahuje dvě hlavní tlačítka pro pokračování v rozehrané lokální hře bez počítačových hráčů a pro vytvoření hry nové.

Vytvoření nové hry obstarává fragment `SelectPositionFragment`, který lze vidět na obrázcích 6.1 a 6.2. Fragment obsahuje nastavení počtu a rolí hráčů, označení chybějících hráčů za hráče počítačové a možnost pozvání spoluhráčů do hry na více zařízeních. Při spuštění první hry je navíc zobrazena nabídka obsažená ve fragmentu `SupportLevelFragment`, která uživateli umožní si zvolit požadovanou úroveň podpory.

Fragmenty `GetCardsFragment`, `ReviewCardsFragment`, `GetKeyFragment` a `ReviewKeyFragment` slouží k zadání krycích jmen a herního klíče.



Obrázek 6.1: Nabídka nastavení parametrů nové hry. S uživatelem na pozici hlavního špiona červeného týmu a počítačovým hráčem operativy modrého týmu.



Obrázek 6.2: Nabídka nastavení parametrů nové hry na více zařízeních ve variantě pro dva hráče.

V průběhu hry jsou použity fragmenty `AgentFragment` a `OperativesFragment`, které představují nabídky pro tah hlavního špiona a členů operativy. Při tahu počítačových hráčů je zobrazen fragment `AIPlayerFragment` znázorňující jejich tah. Při hře na více zařízeních je zase využit fragment `WaitingForTurnFragment`, který je zobrazen při tahu ostatních hráčů.

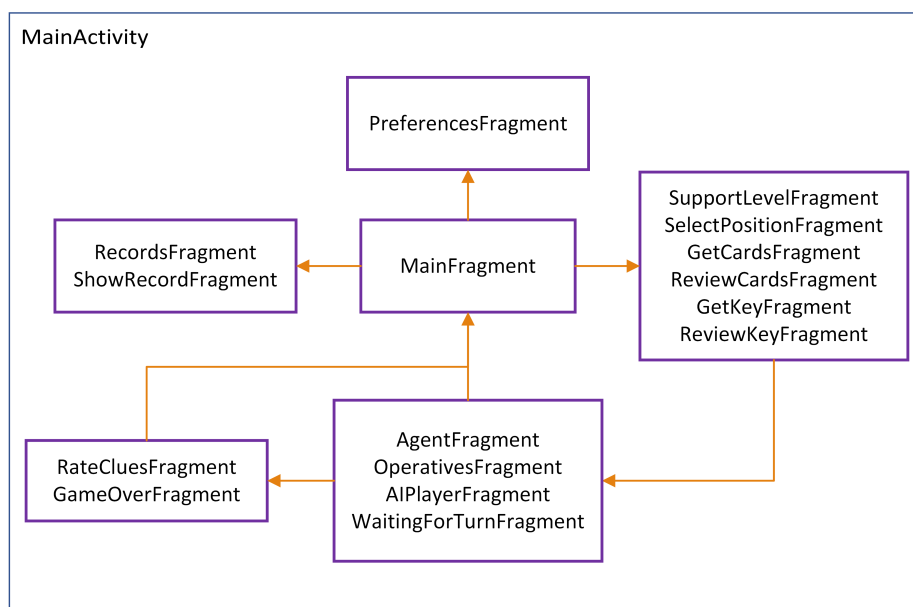
Po skončení lokální hry bez pořizování záznamu je hráč vrácen na úvodní obrazovku. V případě pořizování záznamu a nezadání herního klíče na začátku hry je hráč napřed požádán o jeho vyplnění ve fragmentu `ReviewKeyFragment` a poté je zobrazena nabídka použitých nápověd s možností doplnění poznámek ve fragmentu `RateCluesFragment`. Při hře na více zařízeních tuto činnost provádí hostitel hry, zatímco ostatní hráči mohou ve fragmentu `GameOverFragment` počkat na dokončení hodnocení, pokud si jej přejí uložit i do svého zařízení, nebo se mohou vrátit na úvodní obrazovku.

6.1.2 Ostatní třídy

Aplikace kromě tříd aktivit a fragmentů obsahuje i další třídy zajišťující potřebnou logiku, které jsou zde popsány.

- `TimeBroadcastService` – Služba pro běh časomíry na pozadí.
- `DataBaseHelper` – Třída pro práci s databází krycích jmen.
- `CluesRecyclerViewAdapter` – Třída pro zobrazení nabídky předešlých nápověd.

- WebCommunication – Singleton¹ třída zajišťující komunikaci s webovou službou a zasílání záznamu.
- Globals – Singleton třída obsahující globální proměnné.
- AsyncDetection – Třída pro provedení rozpoznání herního klíče na pozadí v samotném vlákně.
- Constants – Rozhraní obsahující konstanty aplikace.
- Record – Třída pro tvorbu záznamu hry.
- Board – Třída obsahující informace o aktuální hře.
- Card – Karta s krycím jménem.
- Clue – Náповěda předaná hlavním špionem.
- Word – Slova zamýšlená náповědou.



Obrázek 6.3: Hierarchie prostředí tvořená fragmenty aplikace.

6.2 Rozpoznání krycích jmen a herního klíče

Pro rozpoznávání krycích jmen a herního klíče bylo zvoleno rozpoznání z pořízených fotografií. Jedné zachycující krycí jména a druhé s herním klíčem. Tento přístup byl zvolen především pro jednodušší použití ze strany uživatele a pro lepší funkčnost na slabších zařízeních, kdy složitější proces rozpoznání vede k zadržování prostředí a horšímu uživatelskému komfortu.

¹Singleton – Návrhový vzor zajišťující, že třída bude mít jedinou instanci.

Jelikož jsou dané úkoly časově náročné a jejich provedení může trvat několik vteřin, je využito třídy `AsyncTask`, která umožňuje jednoduché provedení asynchronních úloh v samostatném vlákně, díky čemuž je zajištěno plynulé vykreslování uživatelského prostředí a je zabráněno automatickému ukončení aplikace po pěti vteřinách bez odpovědi.

6.2.1 Rozpoznání karet s krycími jmény

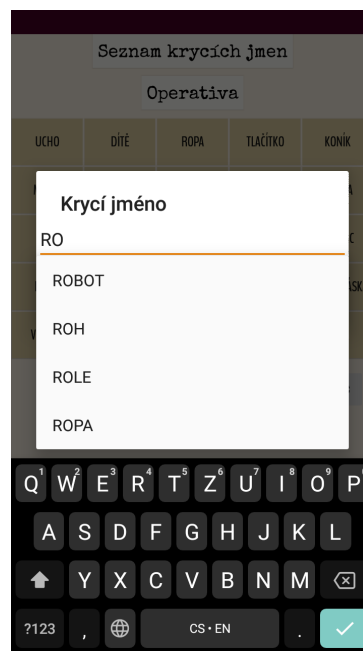
Rozpoznání krycích jmen je umístěno ve třídě `GetCardsFragment` v metodě `detection`. K nalezení krycích jmen je využito rozpoznání textu služby ML Kit for Firebase v zdarma dostupné verzi vykonávající rozpoznání přímo na zařízení. Výsledkem rozpoznání je seznam slov společně s jejich umístěním v rámci fotografie. Jelikož je ve výsledku zařazena i část slov, která jsou na kartách vzhůru nohama, je provedeno vyřazení slov, která jsou umístěna příliš blízko nad slovem jiným.

Rozpoznání je provedeno na původní fotografii a verzi otočené o 180 stupňů. U obou variant jsou získány průměrné hodnoty barevného modelu HSV v místě nalezených slov a dále je použita verze fotografie s menší hodnotou sytosti, která ve většině případů značí otočení karet s krycími jmény lepě čitelným textem na bílém pozadí směrem k uživateli a vede ke kvalitnějšímu rozpoznání slov.

V případě méně než 23 výsledných slov je provedeno vyhledání karet označujících odhalené karty, ke kterému je využita další zdarma dostupná služba ML Kit for Firebase, která umožňuje detekci obličejů umístěných na těchto kartách. Číslo 23 bylo zvoleno na základě výsledků testování, jelikož při detekci nerozehrání hry je ve většině případů nalezeno alespoň 23 karet, které stačí k určení rozměrů herní plochy a vynechání detekce obličejů, což vede k značnému urychlení procesu rozpoznávání.



Obrázek 6.4: Obrazovka úpravy herního klíče.



Obrázek 6.5: Úprava krycího jména s nabídkou možných slov.

Služba ML Kit for Firebase byla k rozpoznání textu zvolena pro svou výbornou schopnost rozeznání textu v horších podmínkách a rychlost procesu rozpoznání, a to po předcho-

zím neúspěchu při snaze o využití kombinace knihoven OpenCV a Tess-two. Výsledné řešení postavené na těchto knihovnách bylo totiž příliš závislé na ideálních světelných podmínkách a podkladu karet s krycími jmény.

Nevýhodou ML Kit for Firebase je absence podpory češtiny, která je řešena odstraněním případně nalezené diakritiky a porovnáním s databází slov obsažených ve hře za využití knihovny SQLite. Za slova jsou následovně dosazena slova s nejmenší levenshteinovou vzdáleností, která udává počet editačních operací nutných ke změně jednoho řetězce na druhý. K výpočtu vzdálenosti je využita metoda `LevenshteinDistance()` dostupná v rámci projektu Apache Commons Text². Pokud není dostatečně podobné slovo nalezeno, je odstraněno.

Toto řešení má ovšem slabé místo v podobě slov se shodným tvarem po odstranění diakritiky a slova PLAST a PLÁŠŤ obsažená ve hře tímto způsobem nelze navzájem rozeznat. V tomto případě je stále využito knihovny Tess-two, kterou je provedeno rozeznání na pozici nalezeného slova a ze získaného slova je na základě Levenshteinovy vzdálenosti rozhodnuto, o které z daných slov se jedná.

Z pozic zbylých slov a obličejů je určen rozměr mřížky herních karet. Ten je stanoven podle druhé nejvíce krajní karty z každé strany, což částečně kompenzuje nerovnoměrné rozložení karet nebo fotografii pořízenou pod nevhodným úhlem. Mřížka je rozdělena na 25 částí, představujících jednotlivé herní karty. Pro případ neodstranění všech slov, která jsou vzhůru nohama, je každé kartě přiřazeno nejnižší položené slovo v rámci odpovídající části a zbylá slova jsou odstraněna. V případě zbylých slov mimo získanou mřížku karet, jsou tyto slova přiřazena nejbližší prázdné části.

Výsledek rozpoznání je zobrazen uživateli, a ten má možnost jejich kontroly a upravení jednotlivých slov, přičemž manuální zadání je ulehčeno automatickým doplňováním slov obsažených ve hře, jež lze vidět na obrázku 6.5 a možností přesunu nalezených slov na jinou pozici v případě chyby přiřazení slova. Dále je možné seznam krycích jmen obrátit pro správné zobrazení z pohledu hlavního špiona nebo člena operativy.

6.2.2 Rozpoznání herního klíče

Rozpoznání herního klíče je umístěno ve třídě `AsyncDetection` v metodě `detection`. K rozpoznání herního klíče je využito volně dostupné knihovny OpenCV ve verzi 4.0.1, která obsahuje všechny potřebné metody, jejichž využití je popsáno dále.

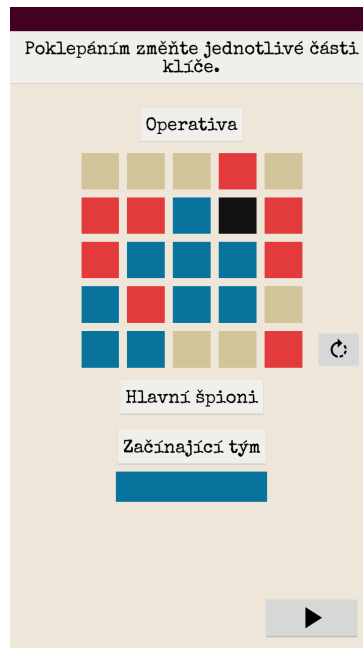
Prvním krokem rozpoznání herního klíče je jeho zmenšení a mediánové rozostření, které dopomáhá lepší kvalitě následné Cannyho detekce hran, která je dále doplněná o operaci dilatace zvýrazňující nalezené hrany.

Pomocí funkce `findContours()` jsou nalezeny kontury těchto hran, ze kterých jsou odstraněny všechny, které nemají tvar čtverce. Ze zbylých kontur jsou následně získány krajní body představující klíč, který je z fotografie vyříznut.

Na nově vzniklém obrázku klíče je opětovně provedena detekce hran a kontur, ze kterých jsou ponechány pouze ty ve tvaru čtverce a s plochu maximálně o velikosti dvacetiny plochy klíče. Díky tomuto jsou získány pouze kontury políček klíče a následně krajní body části klíče s políčky. Tato část fotografie je opět vyříznuta a je na ní provedena detekce barev.

Pro každé políčko jsou nejprve určeny průměrné hodnoty modelu CIE $L^*a^*b^*$, které jsou poté porovnány. Nejprve je políčko s nejnižší hodnotou světelnosti označeno za černou. Políčka jsou poté seřazena podle výsledku součtu hodnot a a b . Osm polí s nejmenší hodnotou je označeno za modrou. U devátého je porovnáno, zda je blíže hodnotě posled-

²Dostupné na: <https://commons.apache.org/proper/commons-text/>



Obrázek 6.6: Obrazovka výsledku rozpoznání herního klíče.

ního modré pole nebo následujícího béžového a v případě shody s modrou takto označeno. Následujících sedm polí je označeno za béžovou a zbylé za červenou.

Začínající tým je nakonec určen podle počtu modrých a červených polí a výsledek rozpoznání je zobrazen uživateli v nabídce, která lze vidět na obrázku 6.6, a která umožňuje jednoduchou kontrolu a opravu případné chyby.

6.3 Volitelná úroveň obtížnosti hry

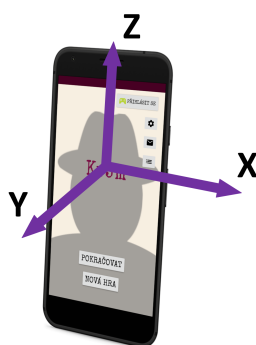
Součástí nastavení aplikace, jehož hodnoty jsou uloženy v Shared Preferences je i úroveň podpory v průběhu hry. Dále jsou popsány způsoby implementace jednotlivých částí podpory hry včetně počítačových hráčů a popsání rozdílů v jejich úrovních.

6.3.1 Herní plán

Data herního plánu jsou uložena ve formě seznamu prvků třídy `Card`. Třída obsahuje krycí jméno, barvu karty, informaci o zvolení nebo odhalení a nakonec data pro počítačovou operativu. Zobrazení herního plánu je poté tvořeno prvky `textView`, sloužícími pro zobrazení textu, v mřížce 5 x 5.

Herní plán zobrazuje aktuální stav hry, jak lze vidět na obrázcích 6.8 a 6.9, a zároveň slouží k označení slov při jejich zadávání. Při nezadání herního klíče na začátku hry je hráč dotázán na barvu karty vždy při odhalení role karty.

Jelikož je plán hlavního špiona doplněn o podbarvení dle herního klíče, je možné zapnout skrytí klíče při odložení telefonu, které je založeno na sledování softwarového senzoru gravitace, jehož data jsou odvozena od akcelerometru a gyroskopu. Tento senzor poskytuje ideální informace o poloze telefonu a to ve formě tří dimenzionálního vektoru udávajícího informace o síle a směru gravitační síly.



Obrázek 6.7: Vektor a osy gravitačního senzoru.

Podbarvení herního plánu je odstraněno při splnění podmínky $Z > (|X| + |Y|) * 2,1$ a opětovně přidáno při splnění podmínky $Z < (|X| + |Y|) * 1,9$. Toto zajišťuje skrytí klíče při položení telefonu i při jeho nechtěném naklonění směrem k operativě při zvedání. Rozdíl v hodnotách skrytí a zobrazení eliminuje přeblikávání při naklonění telefonu na hranu skrytí.



Obrázek 6.8: Obrazovka v průběhu tahu hlavního špiona s podbarvením dle herního klíče.



Obrázek 6.9: Obrazovka v průběhu tahu člena operativy bez podbarvením dle herního klíče.

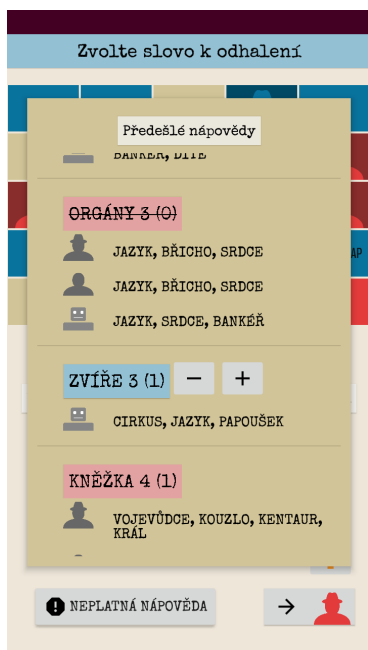
6.3.2 Nabídka předešlých nápověd

Nápovědy zadané v průběhu hry, ať už jejich manuálním napsáním nebo pomocí služby pro rozpoznání řeči společnosti Google, jsou ukládány do seznamu prvků třídy `Clue`. Každá nápověda obsahuje základní informace v podobě textu nápovědy společně se zadaným číslem, typem a označením týmu. Dále obsahuje počet slov zbývajících k odhalení společně s jejich seznamem a seznamy slov diskutovaných operativou a doporučených webovou služ-

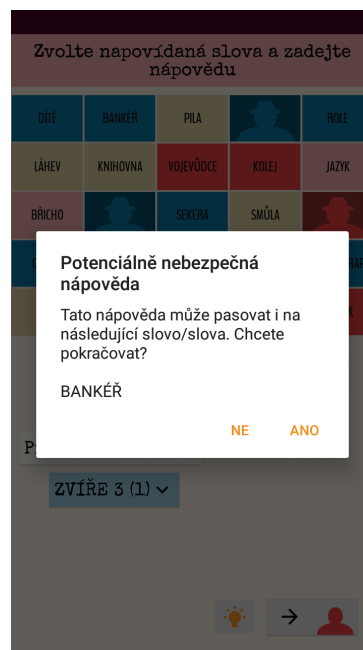
bou. Pro finální hodnocení nápověd je ještě obsažena informace o stavu odhalení karet při předání nápovědy a informace o případném označení nápovědy za neplatnou společně s odůvodněním.

Zadání napovídaných a diskutovaných slov je dobrovolné a v případě jejich nezadání je jejich zobrazení ignorováno. Slova doporučená webovou službou jsou pořizována při potvrzení nápovědy, a to v případě nejvyšší úrovně podpory hry nebo během hry na více zařízeních, pro zajištění jejich dostupnosti ostatním hráčům. V případě nezadání napovídaných slov je manuální značení zbývajících slov pro každého hráče jednotlivé a neovlivňuje značení ostatních hráčů.

Nabídka dále slouží ke zvolení použité nápovědy při pořizování záznamu a lze ji vidět na obrázku 6.10.



Obrázek 6.10: Nabídka předchozích nápověd.



Obrázek 6.11: Upozornění před použitím potenciálně nevhodné nápovědy.

6.3.3 Kontrola nápovědy hlavního špiona

Na konci tahu hlavního špiona dochází při využití střední úrovně podpory ke kontrole nápovědy. Základní kontrola spočívá v zjištění, zda slova označená za napovídaná nesouhlasí s nežádoucími slovy. Vyšší úroveň kontroly spočívá v získání nejlépe pasujících slov k nápovědě a zjištění, zda neobsahují i jiná slova, než vlastního týmu. Při zjištění případného rizika je hráči zobrazeno varování společně s informací o rizikových slovech a je mu nabídnuto nápovědu změnit nebo pokračovat dále, jak lze vidět na obrázku 6.11.

6.3.4 Implementace časomíry

Jedním ze způsobů úpravy obtížnosti hry je i stanovení časového limitu. Jelikož pravidla hry nepopisují formu penalizace za nedodržení času, je zobrazovaný čas pouze informační

a jeho vypršení nemá žádný negativní následek. Při hře na více zařízeních je čas na každém telefonu zobrazen podle nastavení jednotlivých uživatelů.

Pro zajištění správného odpočítávání času i po zastavení aktivity, je čas implementován pomocí služby `TimeBroadcastService`, která je spuštěna na začátku tahu a každou vteřinu vysílá oznámení obsahující počet zbývajících milisekund. Oznámení jsou přijímána zaregistrovaným přijímačem `timeBroadcastReceiver` ve fragmentu a následovně je metodou `changeTime` změněn zobrazený zbývajcí čas.

Toto řešení umožňuje odpočet času i při přechodu aplikace na pozadí, kdy je pouze odregistrován přijímač ohlášení, jehož aktivita je obnovena po návratu do aplikace.

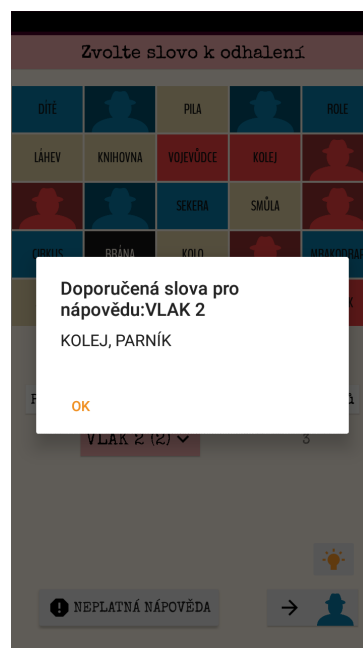
6.3.5 Získání nápovědy v průběhu tahu

V průběhu tahu mají hráči, využívající střední nebo vyšší úroveň podpory, možnost získat doporučenou nápovědu nebo slova k odhalení za pomoci webové služby. V průběhu čekání na odpověď služby je zobrazen dialog informující o probíhající činnosti na pozadí, který je využit i v jiných částech aplikace, kde je potřeba uživatele informovat, že aplikace není zaseknutá a pracuje.

Hlavnímu špiónovi je zobrazen seznam pěti doporučených nápověd včetně napovídajících slov. Jelikož získání této nápovědy může trvat až 30 vteřin, je požadavek na její získání zaslán automaticky na začátku každého tahu. Stiskem jedné z nabízených voleb se poté automaticky vyplní všechny informace o nápovědě. Operativě je na základě zvolené nápovědy zobrazen seznam nejlépe odpovídajících slov.



Obrázek 6.12: Nabídka získaných doporučených nápověd.



Obrázek 6.13: Nabídka doporučených slov k odhalení.

6.3.6 Počítačovní hráči

Logika základního počítačového hráče operativy i hlavního špiona spočívá na straně webové služby, které jsou zasílány informace o průběhu hry. Nejnižší verze počítačové operativy využívá vlastní logiku postavenou na slovech doporučených k jednotlivým nápovědám.

Každé krycí jméno ve hře reprezentované třídou `Card` obsahuje atributy `rating` a `zeroFlag`, které obsahují bodové hodnocení slov a varování při pravděpodobném označení slova nápovědou typu nula. Při zadání nápovědy je z webové služby získán seznam nejlépe odpovídajících slov, která jsou seřazena podle pravděpodobnosti pasování k nápovědě. Slovům obsaženým ve hře je poté přiřazena kladná hodnota v případě nápovědy červeného týmu a záporná v případě modrého. Hodnota přiřazená prvnímu slovu je 1,0 a pro každé následující je snížena o 0,1. Ke slovům pasujícím na nápovědu typu nula je poznačen tým, který před daným slovem varoval.

Slovo k odhalení je vybráno přednostně ze slov s nenulovým hodnocením na straně odpovídající týmu hráče. V případě, že takovéto slovo není a přesto je potřeba odhalit alespoň jedno slovo je zvoleno i slovo s horším hodnocením nebo slovo označené nápovědou typu nula.

Nejvyšší verze počítačové operativy využívá logiky webové služby doplněné o předchozí vlastní logiku a znalost klíče. Nejprve je získáno slovo doporučené webovou službou. V případě, že je dané slovo nájemným vrahem, je okamžitě označeno pouze v 40 % případů, pakliže agentem protivníka, tak v 50 % případů a pokud náhodným kolemjdoucím, tak v 60 % případů. Ve zbytku případů je zjištěno, zda vlastní hodnocení slov neobsahuje jiné alespoň o kategorii lepší slovo, u kterého je hodnocení na straně vlastního týmu a které by bylo možné zvolit. Pakliže takové slovo není, je zvoleno slovo původně nabízené webovou službou.

Výsledek je poté zobrazen uživateli nebo v případě hry na více zařízeních hráči provádějícímu tah za danou postavu, jak lze vidět na obrázku 6.14.

6.4 Generování a zápis záznamu hry

V průběhu hry je generován záznam hry v textové podobě, který je uložen v atributu `recordOfGame` třídy `Board`. V případě požadavku na pořizování záznamu je tento záznam navíc při každém přepisu uložen do externí paměti telefonu a složky s názvem `KrJm`, odkud je volně k dispozici uživateli.

Po skončení hry je zobrazena nabídka nápověd, které byly v průběhu hry předány společně s informací o stavu hry v momentě jejich předání. Hráči zde mají možnost zaznamenat nedostatky jednotlivých nápověd nebo například navrhnout lepší alternativy. Při hře na více zařízeních je tato nabídka zobrazena pouze na zařízení hostitele a po vyplnění je její obsah odeslán ostatním hráčům.

Uživatel má dále možnost v nastavení aplikace povolit odesílání záznamu, který je po dokončení hodnocení automaticky odeslán za pomoci třídy `WebCommunication` na jednoduchý server, napsaný v jazyce Python, běžící na adrese <http://athena1.fit.vutbr.cz:52983/>, kde je zápis uložen pro pozdější jednoduché využití a čímž odpadá potřeba jeho manuálního získání a přesunutí.



Obrázek 6.14: Tah počítačového hráče operativy.



Obrázek 6.15: Nabídka hodnocení nápověd zobrazená na konci hry.

6.5 Komunikace s webovou službou

Pro komunikaci s webou službou je využita knihovna Volley³, která umožňuje jednoduché vytvoření síťových spojení a zaslání požadavků. Komunikace je obstarána třídou `WebCommunication`, která obsahuje metody pro vytvoření a zaslání jednotlivých typů požadavků. Přijatá odpověď je předána metodě zpětného volání, která v případě úspěchu provede odpovídající činnosti.

V průběhu čekání na odpověď webové služby je uživateli zobrazen dialog informující o čekání. Při průběžném zasílání údajů počítačovým hráčům je toto čekání prováděno na pozadí a hráč je pouze informován v případě nutnosti vyčkat před další akcí na dokončení zaslání informací o předešlé.

Aplikace při vytváření nové hry provádí kontrolu dostupnosti webové služby a v případě její nedostupnosti není uživateli umožněno nastavení hráčů za počítačové. V případě chyby v komunikaci vzniklé v průběhu hry, která by zapříčinila nefunkčnost počítačových hráčů, je uživatel o této situaci informován a je mu nabídnuto pokračovat ve hře bez tohoto hráče.

Komunikace s webovou službou se skládá ze získání nejlépe odpovídajících slov k nápovědě, doporučení nápovědy a práce s počítačovým hráčem. Počítačový hráč je nejprve v úvodu hry inicializován, průběžně jsou mu zasílány informace o odhalených kartách a nápovědách a při ukončení hry dochází k jeho uvolnění společně se zasláním výsledku hry.

Díky spolupráci s autorem webové služby Petrem Jarešem webová služba podporuje stejně jako aplikace i vrácení několika posledních kroků a hru v českém i anglickém jazyce.

³Dostupné na: <https://github.com/google/volley>

6.6 Hra na více zařízeních

Hra na více zařízeních je implementována pomocí služby Hry Google Play a její funkce pro hru více hráčů v reálném čase. Tato služba byla zvolena pro jednoduchou možnost vytvoření online hry a správy zasílání údajů o hře bez nutnosti vytváření vlastního serveru a varianta pro hru v reálném čase byla zvolena kvůli častějšímu zasílání údajů i mimo tah hráče, kdy je informován o aktuálním dění.

Uživatel hostující hru může pozvat až tři další hráče, přičemž není možné využít náhodné přidělení hráčů, které u podpory fyzické verze hry postrádá smysl. Hostitel provede zadání všech potřebných údajů včetně určení rolí hráčů a v případě zbylých rolí určení, kteří hráči budou zadávat údaje i za tyto zbylé role. Údaje jsou poté zaslány ostatním hráčům ve formě aktualizované a serializované třídy `Board`, kterou je kromě několika specifických atributů přepsána hráčova verze hry. Zároveň je proveden případný přepis záznamu hry.

Po získání aktualizované verze hry je provedena kontrola, zda je hráč na řadě. Pakliže ano, je zobrazena jeho nabídka tahu, v opačném případě je využit fragment `WaitingForTurnFragment`, ve kterém vyčkává.

Při rozpadu hry je hráč informován o vzniklé komplikaci a je mu nabídnuto pokračovat ve hře na jednotlivých zařízeních. V tomto případě ovšem bez případných počítačových hráčů, které není možné ovládat z více zařízení.

Kapitola 7

Testování kvality výsledné aplikace

Pro zajištění kvality jakéhokoliv produktu je nutné jeho testování a nejinak je tomu i u této práce.

V průběhu vývoje byla aplikace testována na malé skupině uživatelů, kterým byly kromě aktuálních verzí aplikace předkládány i návrhy uživatelského prostředí a jejichž názory a poznatky dopomohly k vytvoření výsledné verze aplikace. Posuzovat kvalitu výsledné aplikace podle názorů těchto uživatelů by ale nebylo možné z důvodu jejich přímého zapojení. Proto byla na předfinální verzi aplikace provedena uživatelská studie, jejíž průběh a výsledky jsou popsány v této kapitole společně s výsledky testů rozpoznání herního plánu a klíče.

7.1 Úspěšnost rozpoznání krycích jmen

Rozpoznání krycích jmen bylo testováno na sbírce více než stovky fotografií zachycujících herní plán v různých fázích hry a v řadě okolních prostředí. Rozpoznání bylo navíc provedeno i na verzích fotografií otočených o 180 stupňů pro ověření kvality rozpoznání při libovolném rozložení karet.

Při pořizování snímků byla kladena snaha napodobit různé podmínky, které mohou nastat při pořizování snímků v průběhu hry a které zhoršují kvalitu následovného rozpoznání. Mezi tyto jevy patří především silné odlesky, fotografie rozmazané nebo v nízkém rozlišení, nerovnoměrně rozložené karty, nahnuté karty a fotografie pořízené pod úhlem.

Z výsledků testování bylo zjištěno, že nejvíce kvalitu rozpoznání ovlivňují rozmazané fotografie neumožňující kvalitní rozpoznání textu a fotografie pořízené pod výrazným úhlem, které vedou ke špatnému přiřazení slov ke kartám. Mezi další objevené potíže patří výrazně otočené karty s delšími slovy, které vedou k rozpoznání částí slova jako více krátkých slov nad sebou. Stíny ani drobné odlesky nevedou ke snížení kvality rozpoznávání.

Tabulka 7.1: Průměrné výsledky rozpoznání herní plochy

	Správně určeno karet
Hlavní text na začátku hry	23,2
Vedlejší text na začátku hry	21,8
Hlavní text v průběhu hry	22,3
Vedlejší text v průběhu hry	21,6

Počet průměrně správně určených karet z fotografie pořízené na začátku hry činí 23,2 při natočení karet lépe čitelným textem k uživateli. U fotografií otočených o 180 stupňů je průměrně správně určeno 21,8 karet, což je zapříčiněno hlavně občasným nerozpoznáním otočení karet při špatných světelných podmínkách. Zcela přesně je rozeznáno 62 % fotografií.

U hry v průběhu činí počet správně určených karet podle jejich natočení 22,3 a 21,6. Nižší hodnota je většinou důsledkem slabiny rozpoznávání karet představujících odhalené role, pakliže jsou umístěny vzhůru nohama a díky tomu chybnému určení rozměrů herního plánu v případě, že celá krajní řada karet je odhalena.

Rozpoznání slov PLAST a PLÁŠT pomocí knihovny Tess-two se ukázalo úspěšné a v absolutní většině případů bylo slovo rozpoznáno správně.

7.2 Úspěšnost rozpoznání herního klíče

Testování úspěšnosti rozpoznání herního klíče proběhlo taktéž na sbírce obsahující přes sto snímků zachycujících klíče v různých podmínkách, mezi které patří odlesky, různá pozadí a úhly fotografií, odstíny světla, stíny, velikost a natočení klíče.

Při testování bylo zjištěno, že hlavní potíž při rozpoznání činí karty výrazně nahnuté, pořízené z větší vzdálenosti nebo obsahující silné odlesky. Nahnuté a velmi vzdálené karty ve většině případů vedou k jejich nenalezení. Odlesky a stíny zakrývající pouze část klíče zase způsobují nepřesné rozpoznání barev. Pozadí fotografie ani celkový stín nebo zabarvení fotografie naopak nečiní při rozpoznání potíže.

Při uvažování běžných fotografií je karta klíče průměrně nalezena v 90 % případů a správně určeno 23 z 25 celkových polí. Zcela přesně je poté určeno 79 % klíčů.

7.3 Uživatelská studie

Provedení uživatelské studie před publikováním aplikace umožňuje včasné odhalení a odstranění hlavních nedostatků, na které často samotný autor nepřijde nebo je neodhalí.

Při určování počtu uživatelů potřebných ke studii bylo vycházeno z údajů získaných z [18], a to především následujícího vzorce pro výpočet počtu chyb nalezených díky uživatelské studii.

$$Found(i) = N(1 - (1 - \lambda)^i)$$

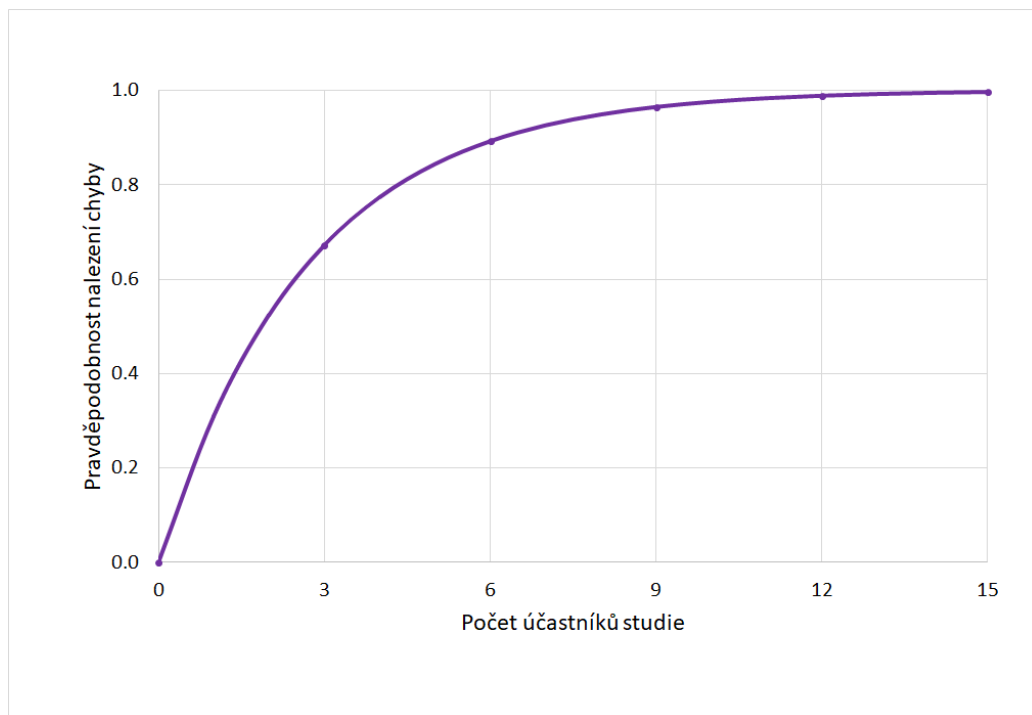
Hodnota N představuje celkový počet chyb v práci. λ značí pravděpodobnost nalezení chyby při provedení studie na jednom uživateli. Tato hodnota je závislá na specifikách studie, ale doporučená průměrná hodnota činí 0,31. [18] Hodnota i značí počet uživatelů, na kterých je studie provedena.

Úpravou tohoto vzorce lze získat následující graf 7.1 ztvárňující pravděpodobnost nalezení chyby v závislosti na počtu účastníků studie.

V grafu si lze povšimnout strmého nárůstu nalezených chyb u prvních účastníků studie, který se výrazně snižuje kolem počtu pěti účastníků, kdy přidání šestého účastníka studie by zvýšilo pravděpodobnost nalezení chyby pouze o 0,04.

Na základě těchto hodnot bylo rozhodnuto o provedení podrobnější studie na menší skupině uživatel, kdy jsou počtem zhruba pěti účastníků reprezentovány jednotlivé skupiny potenciálních uživatel aplikace.

Dále je potřeba stanovit cíle testování, které jsou uvedeny níže:



Obrázek 7.1: Vliv počtu účastníků studie na pravděpodobnost nalezení chyb aplikace.

- Přehlednost prostředí – Ověření srozumitelnosti prostředí aplikace a v případě nalezení nedostatků, nalezení vyhovujícího řešení.
- Náročnost zadání údajů o hře – Zjištění, zda je možnost rozpoznání z fotografie vítaná a dostatečně jednoduchá.
- Názor na jednotlivé formy podpory – Ohodnocení míry podpory poskytované jednotlivými funkcemi a jejich přínos.
- Přidaná hodnota hry na více zařízeních – Ověření, jestli je hra na více zařízeních opravdu uživatelsky příjemnější.
- Celkový názor na aplikaci – Nejdůležitější údaj v podobě informací, zda byla hra s využitím aplikace příjemnější a uživatel by se k ní při další hře vrátil.

Studie byla provedená na celkově deseti uživateli. Kteří byli vybráni tak, aby rovnoměrně zastupovali zkušené uživatele chytrých mobilních telefonů i začátečníky, a to samé platilo i o zkušenostech s hrou Krycí jména. Testování bylo provedeno formou moderované studie, při které byla uživatelům nejprve vysvětlena nebo zopakována pravidla hry a poté předkládány scénáře a úlohy, přičemž měli možnost průběžně vyjadřovat své poznatky a v případě problémů jim byla poskytnuta asistence. Po provedení těchto úloh následovala již méně formální část studie v podobě hry dle přání uživatelů s možností využití aplikace podle vlastního uvážení. Tato část poskytla uživatelům dostatek času k vyzkoušení aplikace a osvojení si využívání jednotlivých funkcí.

Mezi prezentované scénáře patřilo:

- Hra ve dvou hráčích, kdy uživatel zastává roli hlavního špiona.

- Hra ve dvou hráčích s využitím aplikace a její plné podpory na straně uživatele, který opět zastává roli hlavního špiona ve variantě hry pro dva hráče.
- Hra ve dvou hráčích s využitím aplikace na straně uživatele, který zastává roli člena operativy ve variantě pro dva hráče. Tentokrát navíc s využitím časomíry a úkolem v podobě vytvoření záznamu hry.
- Využití hry na více zařízeních s uživatelem v roli operativy a mnou jako hlavním špiónem stejného týmu proti týmu tvořenému počítačovými hráči.

7.3.1 Standardní hra

Jako první byla s každým uživatelem probrána pravidla hry, při kterých bylo zjištěno, že i řada uživatelů se zkušenostmi ze hry Krycí jména nezná pravidla typu nula a nekonečno. Následovně byla zahraná hra ve variantě pro dva hráče, při které uživatelé zastávali roli hlavních špiónů. Hra ve dvou hráčích byla zvolena především z důvodu možnosti se plně věnovat jednotlivým uživatelům.

Mezi nejčastější připomínky patřila stížnost na tvar klíče, který neodpovídá tvaru herního plánu a ztěžuje orientaci. V novějších verzích hry Duet a Obrázky je toto již řešeno a obsahují klíče odpovídající tvaru plánu.

Dalšími častými stížnostmi byla náročnost udržení přehledu nad všemi slovy a znalost jejich rolí, přičemž více uživatelů mělo tendenci si slovíčka na začátku hry jako pomůcku předčítat a tudíž prozradit. Orientaci v plánu dále nenapomáhal menší obrácený text na kartách, který by bylo lepší nahradit textem stejně čitelným jako pro opačnou stranu stolu. Uživatelé také měli při chystání herního plánu tendenci karty umísťovat lépe čitelným textem k sobě.

Posledním často pozorovaným jevem i v dalších úlohách bylo přepočítávání karet zbývajících rolí v pozdější fázi hry, pro zjištění, jak riskantní nápovědy jsou nuceni tvořit. Ostatní poznatky směřovaly především k náročnosti tvorby složitějších nápověd a problému v podobě předání nápovědy nechtěně napovídající i nevhodná slova a pozdního zjištění této chyby.

Hráči byli po skončení hry vyzváni přijít s návrhy, co by měla umět aplikace, které by jim hru měla zpříjemnit nebo usnadnit. Zde u začátečníků nejčastěji zazněla možnost získat synonyma nebo příbuzná slova k nim napovídánému slovu. Dále se často objevovala žádost o upozornění před nápovědou napovídající jinou kartu nebo možnost vidět karty obarvené podle klíče.

7.3.2 Hra s využitím aplikace

Hráči poté byli vyzváni ke spuštění aplikace, která jim byla na telefon nainstalována z obchodu Obchod Play po jejich předchozím přidání do interního testování. Část uživatelů využila telefonu zapůjčeného z důvodu nekompatibility jejich vlastního telefonu. Dále jsou popsány poznatky z testování jednotlivých částí aplikace.

Vytvoření nové hry

Při vytvoření nové hry vznikla u tří uživatelů obava z nutnosti přidělení oprávnění k přístupu do paměti telefonu, které je ale pro funkčnost aplikace nutné a po ústním vysvětlení bylo schváleno.

Obrazovka s nastavením základní údajů o hře byla uživateli hodnocena jako méně přehledná, ale i tak se po chvíli většinou uživatelů podařilo úspěšně zvolit variantu hry pro dva hráče i svou roli. Uživatelé většinou předpokládali zvolení role kliknutím na postavu, kdy až po objevení ikony robota zkusili správnou formu označení jménem hráče. U změny varianty nebylo řadě uživatelů na první pohled jasné, že k tomu slouží tlačítko obsahující čtyři siluety postav a někteří se pokusili pokračovat po označení dvou zbývajících rolí za roboty.

U zadání krycích jmen a herního klíče se všichni uživatelé rozhodli k využití rozpoznání, přičemž průměrně bylo správně rozpoznáno 23 slov v souladu s výsledky testování. Klíč byl uspokojivě rozpoznán ve třech čtvrtinách případů, což je nadprůměrná hodnota, která byla dána ideálními fotografiemi, které se uživatelé snažili pořizovat. Všichni uživatelé poté výsledné hodnoty kontrolovali oproti hernímu plánu než pokračovali dále.

U obrazovky zobrazující výsledek rozpoznání krycích jmen nastal problém, kdy části uživatelů nebylo jasné, že slova mohou na místě opravit a rozhodli se pořídit další fotografie. Význam tlačítek umožňujících otočení krycích jmen pro pohled z druhé strany stolu a pro otočení klíče o 90 stupňů některým uživatelům také nebyl jasný a nebo byl pochopen jako znovupořízení fotografie.

Celkový dojem z procesu vytvoření nové hry byl nejvíce závislý na zkušenostech uživatele s mobilními telefony, přičemž zkušenější uživatelé hodnotili proces vytvoření jako jednodušší.

Hra s využitím aplikace

U podbarvení krycích jmen pomocí klíče se vyskytl problém, kdy část uživatelů nechala telefon položený na stole a výchozí nastavení skrytí klíče při odložení telefonu způsobilo, že o této funkci neměli tušení nebo blikání klíče při pohybu považovali za chybu. Využití tohoto podbarvení se u uživatelů zvyšovalo s dalšími hrami společně s využitím ostatních forem podpory.

Velmi kladně byla hodnocena kvalita kontroly nápovědy, u které ale nastal problém v podobě častého vyřčení nápovědy a teprve poté zadání do aplikace a získání varování. U tlačítka pro získání doporučených nápověd a slov k odhalení, které zobrazuje ikonu zárovky, si část uživatelů nebyla jistá jeho funkcí, ale všichni jej dříve nebo později vyzkoušeli. U následně získaných slov byl často uživateli zmiňován výskyt neznámých slov v nápovědách a dlouhé čekání na jejich získání. Samotná webová služba ovšem není součástí této práce a různé formy využití jejích funkcí i tak výrazně aplikaci obohacují.

Nabídka obsahující předchozí nápovědy a informace o nich byla většinou uživatel ze začátku ignorována, jelikož byli schopni si všechny nápovědy sami zapamatovat. Její využití se zvýšilo až s nárůstem komplikovanosti hry a počtem předaných nápověd a především hrou ve čtyřech hráčích. Kdy část uživatelů začala využívat především možnost vyškrtnutí použitých nápověd a seznam doporučených slov patřících k nim.

Samotný koncept ve formě postupného zadávání nápověd a odhalování slov všichni uživatelé kromě dvou pochopili a nečinil jim výrazné potíže, kromě občasného zapomenutí zadání tahu. Zadávání napovídáných a diskutovaných slov k nápovědám ale již velký úspěch nemělo a uživatelé jej i přes žádost o tvorbu záznamu ve většině případů ignorovali. Nabídky se zadáním použité nápovědy při odhalení si ale většina všimla a pochopila ji. V samotné tvorbě záznamu, ale uživatelé neviděli význam.

Funkce zadání nápovědy pomocí rozpoznání hlasu byla naopak částí hráčů několikrát nadšeně vyzkoušena. Jednalo se však spíše o vyzkoušení přesnosti rozpoznání a i přes dobré výsledky se brzy vrátili ke klasickému napsání nápovědy, kde se objevila drobná komplikace

v podobě automatického doplňování mezery za slovo při použití autokorekce na některých klávesnicích, a kterou hra vyhodnotila jako neplatnou nápovědu.

Nastavení aplikace uživateli nečinilo potíže a všichni jej úspěšně našli včetně jednotlivých voleb a nastavení časomíry. Tu většina uživatelů označila za pohodlnější alternativu k přesýpacím hodinám nebo stopkám, sami ji ale měli tendenci ignorovat.

Hru na více zařízeních uživatelé hodnotili kladně a nejvíce si cenili vytvoření hry pouze na jednom telefonu a následovně vzájemné kontroly zadaných údajů ostatními hráči, která pomáhala předejít chybnému zadání. Takovýchto chyb se v průběhu testování také několik vyskytlo, kdy uživatelé nakonec přišli na možnost vrácení tahu po stisku tlačítka zpět. U hry na více zařízeních některé uživatele pouze odrazovala nutnost nainstalování aplikace Hry Google Play a vytvoření ID hráče propojeného s jejich účtem Google v případě, že doteď služeb Hry Google Play v žádné hře na telefonu nevyužili.

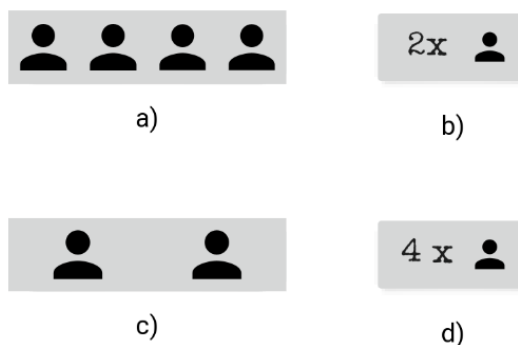
Celkový dojem ohodnotilo sedm z deseti uživatel kladně a uvedlo, že by aplikaci při dalším hraní opět využilo. Zbývající uživatelé patřili mezi skupinu s menší zkušeností s chytrými telefony a mezi důvody patřilo především zdouhavé vytvoření hry nebo komplikované zadávání průběhu hry, kdy jsou schopni přijít s vlastní nápovědou rychleji. Zmíněna byla i příliš velká úroveň podpory při zvolení nejvyšší úrovně, která odstraňuje veškeré náročné a zábavné části hry.

Vyhodnocení

V průběhu uživatelské studie byly potvrzeny části hry, které uživatelům dělají největší potíže a které se aplikace snaží řešit. Zároveň byl nově objeven problém v podobě neznalosti počtu zbývajících slov a nutnosti jejich přepočítávání.

Také byla zavčas objevena řada drobných nedostatků uživatelského prostředí, které často zcela zbytečně snižují úroveň uživatelské zkušenosti a které lze vyřešit pomocí drobných úprav.

Mezi tyto úpravy patří například text informující o důvodu a využití oprávnění pro přístup do paměti. Dále úprava tlačítka pro změnu varianty hry, které nyní jasněji ukazuje efekt jeho stisknutí a které je ztvárněno na obrázku 7.2.



Obrázek 7.2: Obrázky a) a c) zobrazují předchozí podobu tlačítka, které vždy zobrazovalo aktuální počet hráčů. Nová podoba tlačítka na obrázcích b) a d) zobrazuje jasnějším způsobem změnu, která bude provedena stisknutím.

Dále přibyla informace o možnosti změny rozeznávaných krycích jmen kliknutím na danou pozici a tlačítka pro otočení výsledků rozeznání byla doplněna o vysvětlující text, což platí

i pro tlačítko sloužící k získání pomoci v průběhu hry. Tohoto tlačítka se týká i další úprava v podobě získání doporučených nápověd na začátku každého tahu hlavního špiona a urychlení jejich zobrazení.

Automatické skrytí podbarvení krycích jmen dle rolí slov je nyní ve výchozím stavu vypnuto, aby bylo zamezeno nepochopení nebo nepovšimnutí si této funkce. Dále byl upraven nadpis obrazovky členů operativy, aby připomínal možnost označování diskutovaných slov a u obrazovky hlavního špiona přibyla možnost kontroly nápovědy ještě před jejím potvrzením, což umožňuje hráčům klidné naplánování a vyzkoušení nápověd a teprve poté její vyřčení a potvrzení, přičemž mezera na konci nápovědy je nyní automaticky odstraněna. Naopak přidáno bylo zobrazení počtu zbývajících karet jednotlivých týmů.

Velmi zajímavým zjištěním studie bylo, že i přes původní cílení především na hráče začínající s hrou Krycí jména a poskytující jim asistenci při těchto začátcích neměla nakonec míra zkušeností s hrou takto výrazný vliv na hodnocení aplikace a naopak hráči s více zkušenostmi využívali podporu více, jelikož ji byli schopni efektivně využít.

Hlavní vliv na míru spokojenosti s aplikací měla úroveň zkušeností s ovládáním chytrých mobilních telefonů, kdy i přes snahu o jednoduché prostředí byla aplikace pořád vnímána jako zbytečná komplikace oproti klasické hře a to kvůli většímu soustředění nutnému k jejímu použití.

V aplikaci naštěstí díky provedení uživatelské studie nebyly nalezeny pouze nedostatky, ale bylo také hlavně potvrzeno, že formy podpory a ulehčení v průběhu hry mají smysl a jsou hráči využívány i když každý hráč využívá a ocení její různé části.

Kapitola 8

Závěr

Cílem této práce bylo vytvoření aplikace poskytující podporu hry Krycí jména na OS Android a usnadňující hru díky využití rozpoznání herního plánu a následovného zpracování údajů o hře.

Jako první bylo provedeno nastudování samotné hry Krycí jména a existujících řešení její podpory dostupných na OS Android společně s informacemi potřebnými pro vývoj na tomto operačním systému se zaměřením na metody zpracování a rozpoznání obrazu, které lze využít při rozpoznávání herního plánu a karty klíče.

Na základě získaných informací byla navržena podoba aplikace a formy podpory v průběhu hry s důrazem na možnost volitelného přizpůsobení obtížnosti hry. Součástí návrhu byly dále algoritmy k rozpoznání stavu herního plánu a karty klíče, sloužící k jednoduchému zadání herních údajů.

V průběhu implementace algoritmů pro rozpoznávání byla využita vytvořená sada snímků zachycující herní plán a klíč v řadě různě různých podmínek, která posloužila k průběžnému zdokonalování řešení a ověření jeho funkčnosti.

Úroveň a kvalita podpory byla poté kromě průběžného testování a vylepšování ověřena uživatelskou studií, která dopomohla k dalšímu vylepšení podoby aplikace.

Výsledkem práce je aplikace poskytující kromě dosavadních forem podpory i rozpoznání stavu herního plánu a karty klíče a využití získaných údajů k poskytnutí volitelné míry podpory ve formě přehledného zobrazení stavu hry, informace o předchozích nápovědách a díky využití existující webové služby i jejich kontrolu, poskytnutí doporučené nápovědy a slov k odhalení a využití aplikace jako počítačového hráče. Aplikace dále umožňuje generování záznamu o průběhu hry společně s jeho zasláním na server a online hru na více zařízeních. O všech těchto funkcích a schopnostech aplikace navíc informuje vytvořený plakát.

V práci bych rád dále pokračoval s krátkodobými cíli v podobě zdokonalení rozpoznávání vytvořením vlastní funkce pro nalezení nejbližšího slova na základě podobnosti písmen a pokročilejším využitím schopností webové služby například v podobě získávání nápověd pro slova, která ještě nebyla napovězena. V dlouhodobém výhledu bych rád přidal další varianty hry včetně různých jazykových verzí.

Literatura

- [1] *Android Developers*. [Online; navštíveno 5.4.2019].
URL <https://developer.android.com/>
- [2] Bradski, G.; Kaehler, A.: *Learning OpenCV*. O'Reilly Media, Inc., 2008, ISBN 978-0-596-51613-0.
- [3] Ch, S.; Mahna, S.; Kashyap, N.: Optical Character Recognition on Handheld Devices. *International Journal of Computer Applications*, ročník 115, č. 22, 2015, ISSN 09758887.
- [4] Chaudhuri, A.; Mandaviya, K.; Badelia, P.; aj.: *Optical Character Recognition Systems for Different Languages with Soft Computing*, ročník 352. Springer International Publishing, 2017, ISBN 9783319502519.
- [5] Damiani, E.; Jeong, J.: *Multimedia Techniques for Device and Ambient Intelligence*. Springer, 2009, ISBN 978-0-387-88776-0.
- [6] Gevers, T.: *Color in computer vision : fundamentals and applications*. Wiley, 2012, ISBN 978-0-470-89084-4.
- [7] Gong, X.-Y.; Su, H.; Xu, D.; aj.: An Overview of Contour Detection Approaches.(Report). *International Journal of Automation and Computing*, ročník 15, č. 6, 2018, ISSN 1476-8186.
- [8] *Google Developers*. [Online; navštíveno 7.4.2019].
URL <https://developers.google.com/>
- [9] Griffiths, D.; Griffiths, D.: *Head First Android Development*. O'Reilly Media, Inc., 2015, ISBN 978-1-449-36218-8.
- [10] Grossmann, J.: *Podpora hry Krycí jména na mobilním telefonu s OS Android*. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií, 2018.
URL <http://www.fit.vutbr.cz/study/DP/BP.php?id=21100&y=2017&st=grossmann>
- [11] Jareš, P.: *Počítač jako inteligentní spoluhráč ve slovně-asociační hře Krycí jména*. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií, 2019.
- [12] Khattab, D.; Ebied, H. M.; Hussein, A. S.; aj.: A Comparative Study of Different Color Space Models Using FCM-Based Automatic GrabCut for Image Segmentation. In *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2015*, Springer International Publishing, 2015, ISBN 978-3-319-21404-7, s. 489–501.

- [13] Kounalakis, T.; Triantafyllidis, G.: 3D scene's object detection and recognition using depth layers and SIFT-based machine learning. *3D Research*, ročník 2, č. 3, 2011: s. 1–11, ISSN 2092-6731.
- [14] Krajci, I.; Cummings, D.: *Android on x86: An Introduction to Optimizing for Intel® Architecture*. Apress Media, LLC., 2013, ISBN 978-1-4302-6131-5.
- [15] Luboslav Lacko: *Vývoj aplikací pro Android*. Computer Press, 2015, ISBN 978-80-251-4347-6.
- [16] Laganière, R.: *OpenCV 2 Computer Vision Application Programming Cookbook*. Packt Publishing, 2011, ISBN 978-1-849513-24-1.
- [17] *MINDOK - Krycí jména*. [Online; navštíveno 31.3.2019].
URL <http://www.mindok.cz/3/hry/detail/8595558302239-kryci-jmena-254>
- [18] Nielsen, J.; Landauer, T. K.: *A Mathematical Model of the Finding of Usability Problems*. In Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems, *ACM, 1993, ISBN 0-89791-575-5, s. 206–213*.
- [19] Song, R.; Zhang, Z.; Liu, H.: *Edge connection based Canny edge detection algorithm*. *Pattern Recognition and Image Analysis, ročník 27, č. 4, 2017: s. 740–747, ISSN 1054-6618*.
- [20] Štěpánek, N.: *Hospodářské noviny - Česká stolní hra Krycí jména se dostala mezi nejlepší tipy na vánoční dárky podle Amazonu nebo Guardianu. Hrajte ji místo Scrabblu, píší*. [Online; navštíveno 31.3.2019].
URL <https://zahranicni.ihned.cz/c1-65994270-ceskou-stolni-hru-kryci-jmena-doporucuji-amazon-nebo-guardian-zarazuji-ji-do-zebricku-nejlepsich-tipu-na-vanocni-darcky>