



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

**SYSTÉM PRO POŘIZOVÁNÍ A SPRÁVU NOVÝCH
ZÁBĚRŮ HISTORICKÝCH FOTOGRAFIÍ**

SYSTEM FOR CAPTURING AND ADMINISTRATION NEW SHOTS OF HISTORICAL
PHOTOGRAPHS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. TOMÁŠ RYŠAVÝ

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Doc. Ing. MARTIN ČADÍK, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce



Student: **Ryšavý Tomáš, Bc.**
Program: Informační technologie
Obor: Vývoj aplikací
Název: **Systém pro pořizování a správu nových záběrů historických fotografií**
System for Capturing and Administration of New Shots of Historical Photographs
Kategorie: Web

Zadání:

1. Seznamte se s problematikou re-fotografie, jejímž cílem je zachytit nový snímek odpovídající existující (historické) fotografii.
2. Navrhněte a implementujte systém pro re-fotografii (server, webové rozhraní, mobilní aplikace - využijte existující práci, která vznikla v rámci CPhoto@FIT). Při návrhu systému definujte požadavky na funkčnost a jednotlivé prvky prototypujte a testujte.
3. Se systémem experimentujte, posuďte jeho vlastnosti, proveďte uživatelský experiment a diskutujte možnosti budoucího vývoje.
4. Dosažené výsledky prezentujte formou videa, plakátu, článku, apod.

Literatura:

- Martin Sikora: Webová aplikace pro pořizování nových záběrů historických fotografií, VUT, 2018
- Adam Červenka: Výpočetní re-fotografie, VUT, 2017

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:

- body 1-3 zadání

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Čadík Martin, doc. Ing., Ph.D.**

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

Datum zadání: 1. listopadu 2021

Datum odevzdání: 18. května 2022

Datum schválení: 1. listopadu 2021

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá vytvořením systému pro správu a tvorbu historických fotografií a jejich refotografií, tedy novodobých snímků focených ze stejného místa, jako byly foceny jejich historické předlohy. Totožné objekty jsou na historické fotografii a její refotografii přesně zarovnány. Tento systém se skládá z webové aplikace, jejíž základem je výstup diplomové práce Martina Sikory. Cílem je rozšířit a publikovat webovou aplikaci, která umožňuje uživatelům přidat nebo vyhledat historické fotografie či jejich refotografie, případně využít editoru pro vytváření koláží. K webové aplikaci byla vytvořena mobilní aplikace, která rozšiřuje možnosti webové aplikace o možnost přímého vyfotografování refotografií z mobilního zařízení s využitím překrytí pro snazší pořízení refotografie.

Abstract

The aim of this master's thesis is to develop a system for the management and creation of historical photographs and their rephotographs, which are present-day images taken from the same place as their historical models were taken. Identical objects are precisely aligned in historical photography and its rephotography. This system consists of a web application based on the output of Martin Sikora's master's thesis. The goal is to expand and publish a web application that allows users to add or search for historical photos or their rephotos. Users also can use the editor to create collages. A mobile application was implemented to expand the possibilities of the web application with the possibility of taking the photographs directly from a mobile device with the use of overlay to make it easier to take the rephotography.

Klíčová slova

webová aplikace, historické fotografie, refotografie, UI, UX, PHP, framework Yii2, Mobilní aplikace, OpenCV, Android, Android Studio

Keywords

web application, historical photos, rephotography, UI, UX, PHP, framework Yii2, Mobile application, OpenCV, Android, Android Studio

Citace

RÝŠAVÝ, Tomáš. *Systém pro pořizování a správu nových záběrů historických fotografií*. Brno, 2022. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Doc. Ing. Martin Čadík, Ph.D.

System pro pořizování a správu nových záběrů historických fotografií

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením pana docenta Martina Čadíka. Práce vychází z diplomové práce Webová aplikace pro pořizování nových záběrů historických fotografií od Martina Sikory z roku 2018 a z bakalářské práce Výpočetní Re-fotografie od Adama Červenky z roku 2017. Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....

Tomáš Ryšavý
16. května 2022

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu práce Doc. Ing. Martinu Čadíkovi, Ph.D. za odborný pohled do problematiky a cenné rady při vývoji.

Obsah

1	Úvod	2
2	Refotografie	3
2.1	Typy refotografií	3
2.2	Historie refotografií	3
2.3	Problémy spojené s refotografiemi	9
3	Existující podobné aplikace	11
3.1	Pořizování fotografií	11
3.2	Galerie refotografií	12
4	Aplikace, ze kterých práce vychází	15
4.1	Původní webová aplikace	15
4.2	Původní mobilní aplikace	18
5	Implementace webové aplikace	21
5.1	Problémy s původní aplikací	21
5.2	Debugování kódu	21
5.3	Nasazení aplikace	21
5.4	Implementované změny v aplikaci	23
5.5	Pokračování ve vývoji aplikace	25
6	Implementace mobilní aplikace	26
6.1	Problémy s původní aplikací	26
6.2	Implementace vlastního řešení	27
6.3	Uživatelské testování	36
6.4	Nasazení aplikace na Google Play	39
6.5	Pokračování ve vývoji aplikace	42
7	Závěr	44
	Literatura	45

Kapitola 1

Úvod

Refotografie je fotografie, která je pořízena tak, aby zachytila focený objekt ze stejného pohledu jako původní fotografie. Vznikne tedy fotografie, na které jsou shodné objekty přesně zarovnané jako na její předloze. Je to způsob focení, kterým lze zachytit, jak se prostředí, ve kterém žijeme, mění.

Tento způsob opakovaného fotografování (anglicky repeat photography), tedy refotografování, je v dnešním světě, který se velmi rychle vyvíjí, velmi užitečný. Může zachytit růst a vývoj nebo naopak chátrání a rozpad budov či měst, usazovat historický kontext do prostředí, sledovat změny v krajině nebo pozorovat vývoj člověka. Refotografie mohou být poté využity k názornému zobrazení změn v čase, mohou mít důležitý vědecký význam nebo mohou mít uměleckou hodnotu.

Tato diplomová práce se zabývá vytvořením systému, který umožní uživatelům snadné sdílení a pořizování refotografií. K tomu byla využita předchozí práce Martina Sikory [8], který vytvořil webovou aplikaci pro správu refotografií. Kód aplikace je již pár let starý, takže jej bylo nejprve potřeba aktualizovat a poté vytvořit mobilní aplikaci, která její funkčnost rozšiřuje. Uživatel webové aplikace Rephoto¹ díky tomu tedy může vyfotografovat² a přímo nahrát refotografii z mobilní aplikace Rephoto³.

Ve druhé kapitole (kapitola 2) je popsán princip a historie refotografie k pochopení významu a důležitosti tohoto způsobu fotografování. V kapitole 3 jsou popsány již existující aplikace, které souvisejí s výstupem této diplomové práce. Následující kapitola 4 je věnována aplikacím, ze kterých tato diplomová práce přímo vychází, je zde popsán hlavní princip, struktura aplikací a kritický pohled na jejich použitelnost. V závěrečných kapitolách (kapitoly 5 a 6) jsou popsány postupy implementace rozšíření, nasazení webové aplikace a mobilní aplikace a jejich následné propojení.

¹Odkaz na webovou aplikaci: <https://rephoto.cz>.

²Odkaz na video demonstrující proces pořízení refotografií pomocí aplikace Rephoto: <https://youtu.be/5CXpqTaALZM>.

³Odkaz na mobilní aplikaci: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vyw.rephotoandroid>.

Kapitola 2

Refotografie

V této kapitole je popsáno, jaké jsou typy refotografií, zasazení do historického kontextu refotografií a jaké jsou hlavní problémy spojené s pořizováním refotografií.

2.1 Typy refotografií

Známe více typů refotografií. Refotografie budov, které ukazují, jak se mění prostředí kolem nás, příkladem může být historická fotografie budovy a její refotografie, která místo zachycuje po rekonstrukci (příklad ilustrují obrázky 2.1). Vznikají i refotografie situační, které vkládají historickou situaci do moderního prostředí, příkladem mohou být situace z 2. světové války, které jsou vloženy do refotografie aktuálního pohledu na stejné místo (obrázek 2.2).

Dalším typem pak mohou být refotografie osob. Ty je možné rozdělit na rekonstrukce historických scén, kde je po letech znovu naaranžována scéna z historické fotografie a vyfocena stejná scéna s věkovým rozdílem osob. A na průběžné focení osob, konkrétně třeba obličejů v průběhu let, a tím zaznamenat vývoj a změny na lidském těle. Tyto snímky pak lze spojit do časosběrného videa, ve kterém je síla této metody demonstrována. Tento způsob je však značně časově náročný a fotograf musí být velmi trpělivý.

Některé projekty názorně ukazují sociální změny, typologické změny, změny v infrastruktuře, některé prostě ukazují pohled „před“ a pohled „po“. Není až tak podstatné jestli refotografie slouží pouze k vědeckým účelům, nebo je uměleckým počinem. Je nutné mít technický um, přesnost a trpělivost pro dosažení perfektního výsledku bez využití komplikovaných technologií.

Refotografie nemusí znovu zachycovat pohled pouze z jiné fotografie. Je možné zachytit i refotografii ze staré pohlednice (obrázek 2.3), obrazu, kresby nebo 3D návrhu (obrázek 2.4).

Tato diplomová práce se zabývá především refotografiemi budov a refotografiemi situačními.

2.2 Historie refotografií

Tato sekce popisuje počátky a historický kontext refotografií a vychází z článku [Re]photography od Nicole Leanne [6].

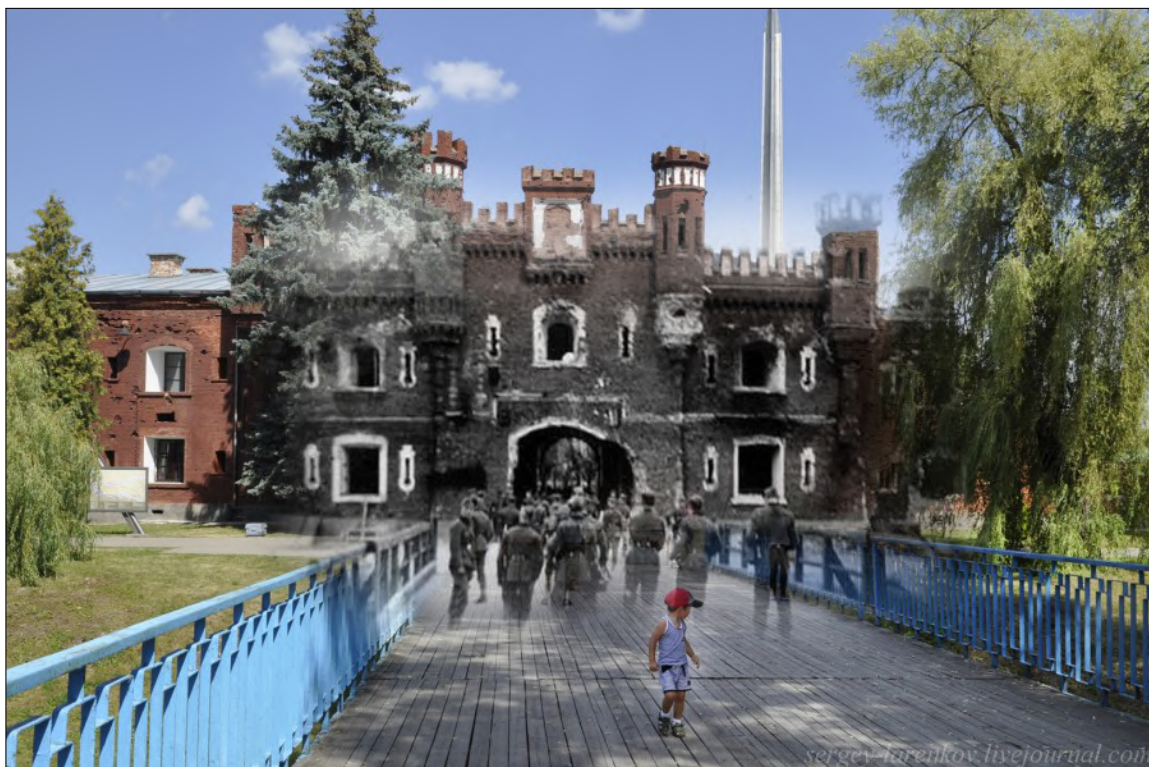
Umění refotografie začíná v 50. letech 19. století. Refotografie byly zprvu využívány především pro vědecké účely. Proces zvaný fotogrammetrie se využíval k přesnému měření odchylek v ekologických prostředích. I nyní se refotografie používá k dokumentování změn



Obrázek 2.1: Refotografie budovy zobrazující změnu prostředí – Český rozhlas 21. srpna 1968 a 18. prosince 2019. Převzato z <https://www.re.photos/en/compilation/4895/>.

v prostředí a k přesnému měření, které poskytují vědecká data o erozi, pohybu ledovců a dalších diverzitách životního prostředí. I přes svoje především vědecké počátky se refotografie vyvinuly k metodě, která prochází mnoha odvětvími.

S postupným vzestupem na popularitě začaly vznikat průzkumy zabývající se refotografiemi. Jedním z nich byl i Oregon Main Street: A Rephotographic Survey publikovaný v roce 1994 [7]. Ten se zabýval refotografiemi jako studii pro pozorování změn v pro-



Obrázek 2.2: Situační refotografie zasazující historické události do moderního prostředí – Sergey Larenkov. Převzato z <https://sergey-larenkov.livejournal.com/45432.html>.



Obrázek 2.3: Refotografie pohlednice – Obránci pevnosti Brest, z obrazu Petra Alexandroviče Krivonogova, Sergey Larenkov 2015. Převzato z <https://sergey-larenkov.livejournal.com/45432.html>.

středí v průběhu času. Průzkum také ukázal, že refotografie by měla být podobného vzhledu a atmosféry (například obě foceny za podobného počasí) a především perspektivy a úhlu pohledu. Takové série snímků pak mohou být použity k porovnání různých bodů historie města, péče o památky, architektonické historie, historie technologií, městského plánování nebo obchodní a sociální historie. Srovnání takových snímků v průběhu času ilustrativně a jasně zobrazuje dané změny a nahrazuje tak velmi obsáhlý popis nebo vysvětlení.

Mark Klett byl jeden z prvních známých a velice talentovaných refotografů. Jeho původním zaměřením byla geologie, což se odrazilo i v jeho refotografiích. Svou refotografickou kariéru započal průzkumným projektem zabývajícím se vládními ekologickými fotografiemi. Ve své knize *Second View: The Rephotographic Survey Project* [7] popisuje technické aspekty refotografování včetně technik a metodologií refotografů. V knize jsou snímky 120 míst ze západu USA, které on a jeho kolegové refotografovali (obrázek 2.5).

Klett a jeho spolupracovník Byron Wolfe pokračovali zabýváním se refotografií. V roce 2004 vyšla kniha s názvem *Third Views, Second Sights* [3] (obrázky 2.6 a 2.7). Tato kniha vyšla nejen v knižním podání, ale i online. Autoři v ní poskytují praktické poznámky z terénu.

Dalším důležitým fotografem pro refotografie byl Camilo José Vergara narozený v roce 1944. S refotografováním obydlených částí USA začal v 70. letech 20. století. Na rozdíl od Kletta se Camilo soustředil na menší průběžné změny v ekonomicky slabších oblastech. Jeho práce se soustředila spíše na sociální než přírodní změny (obrázek 2.8). Z jeho fotografií je zřejmé, že se příliš nezabýval přesným pozicováním fotoaparátu.



Obrázek 2.4: Refotografie 3D modelu – Scott Ballis, 2015. Převzato z <https://www.architectureanddesign.com.au/features/list/renders-versus-reality-five-3d-models-that-look-al>.

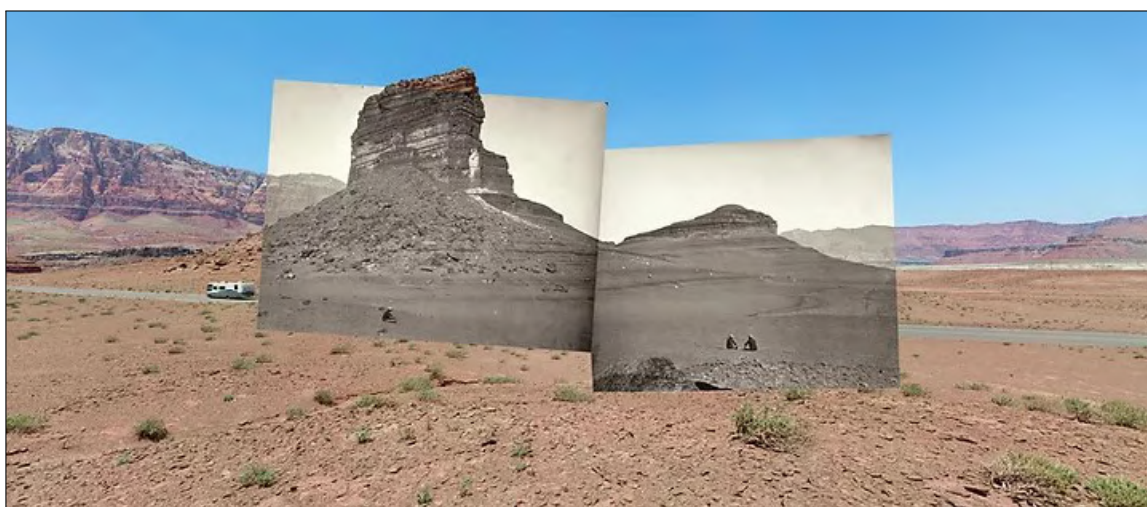


Obrázek 2.5: **Levý obrázek:** Timothy O'Sullivan, Green River Buttes, 1872. **Pravý obrázek:** Mark Klett and Gordon Bushaw for the Rephotographic Survey Project, Castle Rock, Green River, WY, 1979.

V roce 2010 byl vydán článek Computational Rephotography [1], ve kterém Soonim Bae a její kolegové zkoumají grafické aspekty digitální fotografie ve smyslu porovnání fotografií nebo refotografování. Tento článek se soustředí na popis aplikace, která fotografa navede do



Obrázek 2.6: **Levý obrázek:** Timothy O'Sullivan, Rock formations, Pyramid Lake, 1867. **Prostřední obrázek:** Mark Klett, Rephotographic Survey Project, Pyramid Isle, Pyramid Lake, NV, 1979. **Pravý obrázek:** Mark Klett, Third Views, Second Sights, A Rephotographic Survey of the American West, Pyramid Isle, Pyramid Lake, NV, 2004.



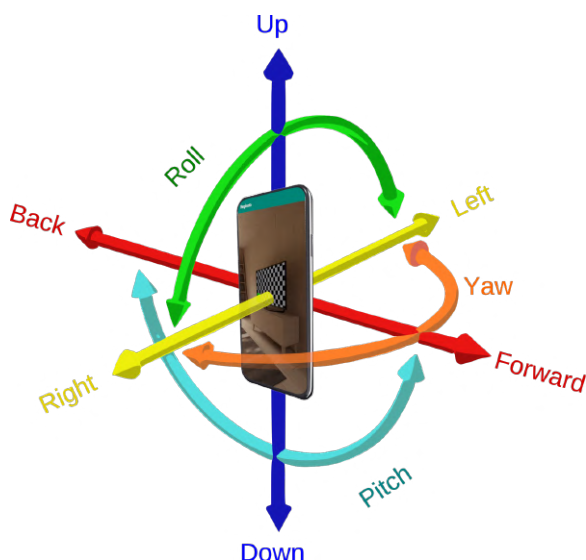
Obrázek 2.7: **Levý obrázek:** William Bell, 1872. Plateau North of the Colorado River near the Paria (Courtesy National Archives). **Pravý obrázek:** William Bell, 1872. Headlands North of the Colorado River (Courtesy National Archives). **Obrázek v pozadí:** Mark Klett a Byron Wolfe, 2008. Rock formations on the road to Lee's Ferry, AZ.

pozice, ze které byl focen původní snímek¹. Z tohoto místa je pak vyfocena téměř dokonalá refotografie. Článek se také zabývá dalšími technikami srovnání objektů na fotografii podle původní fotografie jako je změna perspektivy, změna pozice nebo ořezávání. Cílem práce Sonnim Bae a jejích kolegů bylo učinit refotografování méně nudné a odstranit chyby, kterých se refotografové dopouštěli. Fotogram musí správně zachytit celkem 6 stupňů volnosti v translaci a rotaci. To představuje mnoho proměnných, ve kterých může udělat chybu (obrázek 2.9). I Klett, který fotil s velmi malými odchylkami, používal různé geometrické techniky nebo umisťoval původní obrázky přes hledáček, aby mohl lépe odhadnout původní místo focení.

¹Odkaz na video prezentující výstup jejich práce <https://www.youtube.com/watch?v=C02N3BJm0u0>.



Obrázek 2.8: Fotografie Harlemské budovy od Camila José Vergara pořízené v letech 1993 až 2016. Převzato z <https://www.camilojosevergara.com/Harlem/SW-corner-of-W--125th-St--at-Malcolm-X-Blvd/1/thumbs>.



Obrázek 2.9: Při pořizování refotografie musí fotogram správně zachytit celkem 6 stupňů volnosti, 3 z nich jsou závislé na pozici (translační) a 3 na natočení mobilního zařízení (rotační).

2.3 Problémy spojené s refotografiemi

V této sekci jsou popsána úskalí spojená s refotografiemi.

U historických fotografií chybí fotografovi mnoho informací, které je třeba při pořizování refotografie odhadnout. Mezi ně patří přesná pozice, ze které byla původní fotografie vyfocena, jaký byl použit fotoaparát, jakou měl ohniskovou vzdálenost či případné optické přiblížení.

2.3.1 Nalezení přesného pohledu původního fotoaparátu

Fotograf musí najít přesný pohled, který je vyfocený na originálním snímku. U novějších fotoaparátů a především chytrých telefonů k tomu velmi pomáhá poloha uložená v metadatech pořízeného snímku. Pokud však fotograf zná u snímku pouze přibližnou polohu, musí pohledem na originální fotografii nalézt pozici sám. K tomu mu může pomoci algoritmus popsáný v článku Computational Re-Photography [1] z června 2010 od autorů Soonmin Bae, Aseem Agarwala a Frédo Durand nebo průhledná původní fotografie zobrazená přes náhled kamery mobilního telefonu. Uživatel tak může přesně srovnat náhled kamery.

2.3.2 Zarovnání již vyfocené fotografie

Pokud má fotograf starý snímek a pořídil k němu novou refotografii, pak může dodatečně pořízený snímek upravit tak, aby objekty na obou snímcích byly opravdu na sebe zarovnané. K přesnému zarovnání lze využít deformace pomocí homografie, tedy pomocí označení významných bodů objektů na obou fotografiích. Tyto body je možné buď určit ručně, nebo je možné využít i automatických algoritmů, ty však nemusí fungovat zcela spolehlivě. Pokud jsou však úpravy fotografií příliš drastické, tak upravené refotografie nemusí vypadat přirozeně. Tento způsob je tedy vhodný především pro detailní úpravy. Více informací o deformaci pomocí homografie je popsáno v sekci 4.1.2.

Kapitola 3

Existující podobné aplikace

Tato kapitola popisuje mobilní a webové aplikace, které již nyní mohou pomoci fotografům vyfotit refotografie nebo je sdílet online.

3.1 Pořizování fotografií

Tyto aplikace slouží ke snadnějšímu navádění fotografa při pořizování refotografií.

3.1.1 Ajapaik rephoto

Tato mobilní aplikace pro Android¹ nabízí možnost refotografování historického snímku. Aplikace nabízí vybrání historické fotografie z databáze, ta poté při fotografování překrývá aktuální stream z kamery. Je možné měnit průhlednost historické fotografie nebo ji úplně skrýt. Mnoho uživatelů na Google Play napsalo negativní recenzi, že aplikace postrádá možnost nahrání vlastní historické fotografie a možnost pořízení refotografie. Tato možnost je možná pouze po přihlášení a nahrání fotografie na webu Ajapaik². Poté se fotografie zobrazí v nejbližších fotografiích k poloze zařízení. Aplikace také umožňuje zobrazit mapu s přesným místem, kde fotograf při focení stál (obrázek 3.1). Jedním klikem pak uživatel spustí navigaci k místu pomocí Google Maps. Aplikace mi na telefonu Realme 6s se systémem Android 11 nefungovala správně, měl jsem kameru otočenou o 90°, takže její použití bylo obtížnější než fotku vyfotit přes nativní aplikaci fotoaparátu. Aplikace byla naposledy aktualizována v lednu 2020.

3.1.2 Refotografie

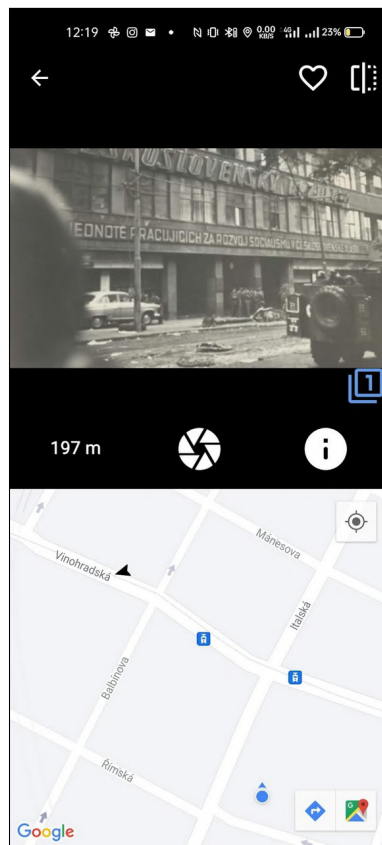
Webová stránka Refotografie³ od polského fotografa Stefana Brajtera slouží jako historický průvodce polským městem Lodž (obrázek 3.2). Fotografie na stránce pochází z městských a státních archivů. Přidání fotek je možné pouze kontaktováním autorů aplikace. Autor vytvořil také mobilní aplikaci⁴, která umožňuje návštěvníkům města zobrazit refotografii přes náhled kamery mobilního zařízení. Aplikace opět nabízí možnost výběru fotografie, ta je pak průhledně zobrazena přes stream z kamery mobilního zařízení. Průhlednost je

¹Odkaz na mobilní aplikaci Ajapaik rephoto: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ee.ajapaik.android>.

²Odkaz na web Ajapaik: <https://ajapaik.ee>.

³Odkaz na web Refotografie: <https://refotografie.pl/search>.

⁴Odkaz na mobilní aplikaci ReFotografie rephoto: <https://play.google.com/store/apps/details?id=precz.guide.refoto>.



Obrázek 3.1: Aplikace Ajapaik rephoto. Pohled na historickou fotografii a mapu s šipkou, která reprezentuje místo a směr, odkud byla fotografie focena.

však pevně nastavena bez možnosti změny a aplikace nenabízí možnost pořídít refotografii. Uživatel tedy musí najít přesný pohled a poté přepnout do jiné aplikace pro pořízení refotografie.

3.2 Galerie refotografií

Tyto aplikace slouží ke sdílení a hledání refotografií. Fotografové zde můžou prezentovat svou práci. Aplikace jsou přímo připraveny pro sdílení historických fotografií a jejich refotografií.

3.2.1 Re.photos

Webová aplikace Re.photos⁵ je velmi podobná aplikaci Rephoto od Michala Sikory. Nabízí komplexní řešení pro nahrávání historických a nových fotografií. Seznam fotografií přehledně prezentuje časový interval mezi jednotlivými fotografiemi a roky jejich pořízení. Aplikace umožňuje zarovnat nahrávané refotografie pomocí klíčových bodů. Při hledání fotografií je možné využít mapu, která po rozkliknutí daného místa s fotografiemi zobrazí jejich náhledy. Aplikace obsahuje především fotografie z Evropy.

⁵Odkaz na web Re.photos: <https://www.re.photos/en/compilation/4895/>.

refotografie O PROJEKCIE ŹRÓDŁA ZDJĘĆ POLECANE WSZYSTKIE REFOTOGRAFIE KONTAKT ABOUT

Piotrkowska - Narutowicza

INFORMACJE

Piotrkowska - Narutowicza

Okres czasu

1850 1935 2022 2017

Różnica (lata)

82

Autorzy

Zakład Wodociągów i Kanalizacji
Stefan Brajter

Data zrobienia

1935
2017

Data dodania

12.12.2017

W POBLIŻU

Piotrkowska 49 - 51.

Skrzyżowanie Piotrkowskiej i Narutowicza około 1928/2017 rok.

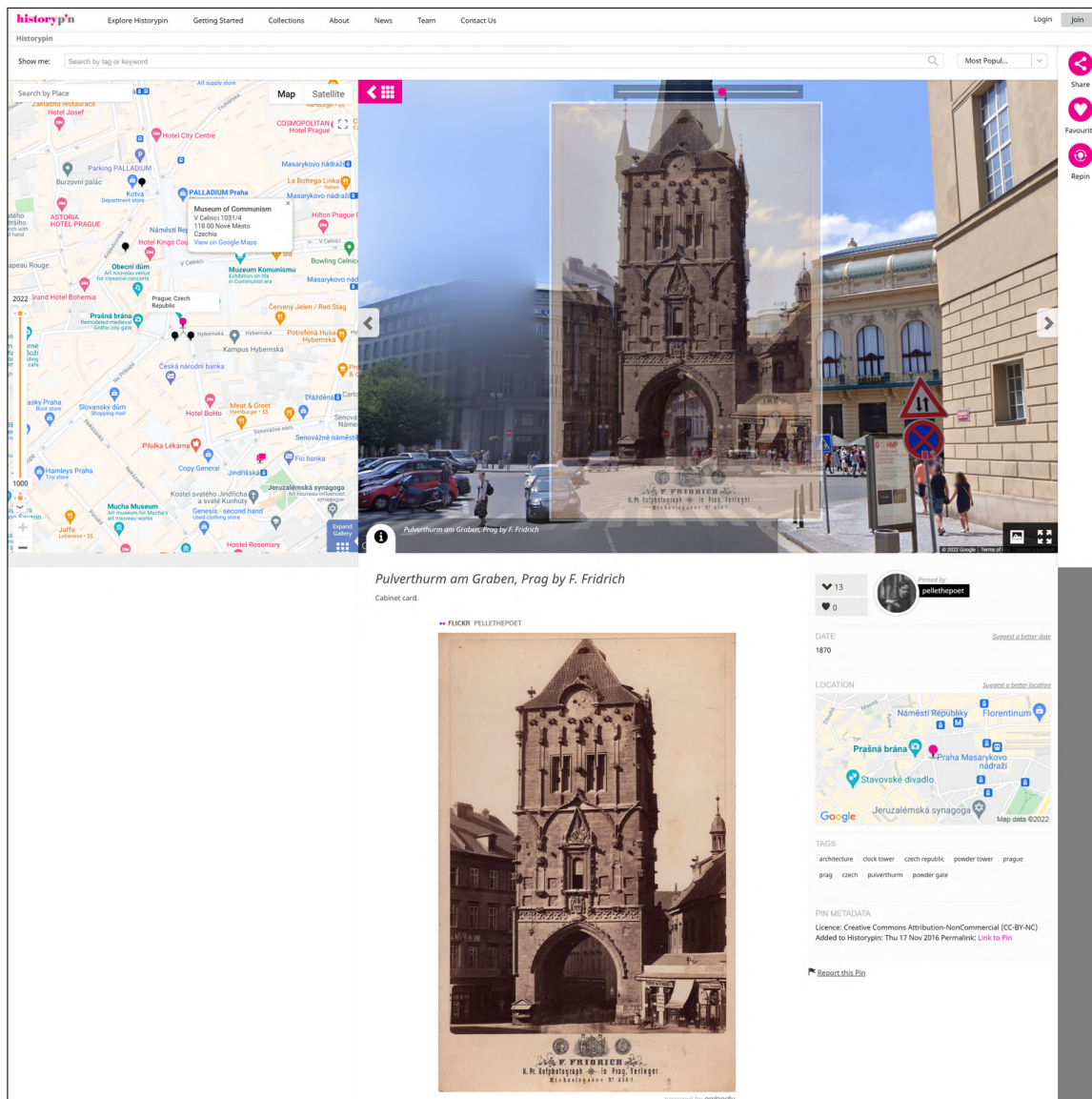
Piotrkowska 49

Obrázek 3.2: Náhled na křižovatku ulic Piotrkowska a Narutowicza v Lodži ve webové aplikaci Refotografie. Náhled zobrazuje historickou fotografii, pokud na ni uživatel najede myší, tak je plynulým přechodem zobrazena aktuální fotografie. Snímek aplikace dostupné na stránce <https://refotografie.pl/>.

3.2.2 Historypin

Webová aplikace Historypin⁶ není přímo cílená na refotografie. V jejích databázích jsou nejrozličnější fotografie z archivů, rodinných sbírek, muzeí nebo událostí. Tato změť fotografií se často stává nepřehlednou, jelikož fotografie jsou mnohdy rozličné a v aplikaci jich je mnoho. Historypin navíc nabízí možnost použití Google Street View jako podkladu pod fotku, refotografie je tedy vytvořena nalezením správné pozice a pohledu z Google Street View (obrázek 3.3). U některých fotografií je však problém se zarovnáním a pohled v Google Street View není zcela zarovnan s historickou fotografií, v tu chvíli je možné Google Street View okno ovládat a najít přesný pohled.

⁶Odkaz na web Historypin: <https://www.historypin.org/>.



Obrázek 3.3: Pohled na prolnutí staré pohlednice Prašné brány od F. Fridricha s novodobým snímkem Google Street View ve webové aplikaci Historypin. Snímek aplikace dostupné na stránkách <https://www.historypin.org/>.

3.2.3 OldView

OldView⁷ nabízí mobilní aplikaci pro Android⁸ (dříve byla dostupná i aplikace pro iOS), která umožňuje uživatelům nahrávat historické fotografie. Uživatelé nahrají fotografii, umístí ji na mapu a ostatní uživatelé si tyto historické fotografie mohou prohlížet. Smyslem aplikace je ukázat návštěvníkům těchto míst jejich historickou podobu. Aplikace má však problém s připojením k serveru. Předpokládám, že server již není spuštěn, takže jsem ji nemohl vyzkoušet.

⁷Odkaz na web OldView: <http://oldview.com/>.

⁸Odkaz na mobilní aplikaci OldView: <https://play.google.com/store/apps/details?id=au.com.appfactory.oldview>.

Kapitola 4

Aplikace, ze kterých práce vychází

Tato kapitola popisuje výstup diplomové práce Martina Sikory [8] a výstup bakalářské práce Adama Červenky [9].

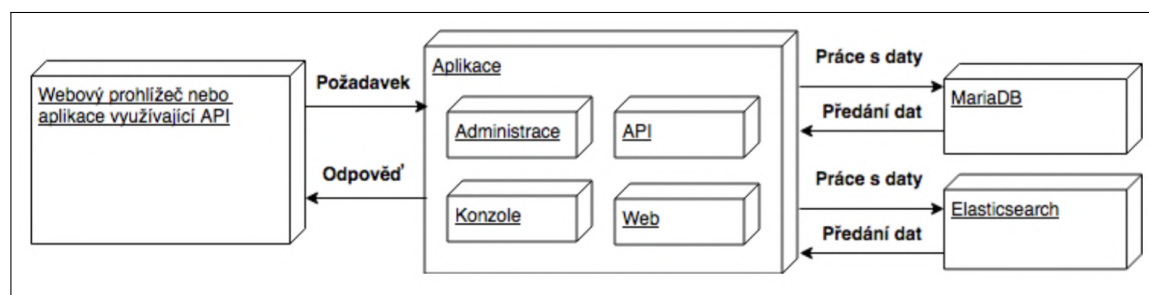
4.1 Původní webová aplikace

Rephoto je webová aplikace, která umožňuje nahrávat historické fotografie spolu s jejich souřadnicemi, uživatelé tak mají možnost vyhledávat jednotlivá místa na mapě a mohou si prohlížet fotografie míst v okolí. Při zvolení nějakého místa můžou pak nahrát jeho refotografii. Proces nahrání refotografie zahrnuje automatickou, případně manuální změnu perspektivy dle společných klíčových bodů na obou fotografiích. Tímto jsou shodné objekty na obou fotografiích přesně zarovnány na sebe.

Aplikace nabízí editor fotografií, kde uživatel může prolnout dva a více obrázků do koláží. Editor nabízí funkce rotace, přesunu, změny velikosti a využití vrstev.

4.1.1 Struktura

Webová aplikace je napsána převážně v PHP ve frameworku Yii2, který je založen na modelu MVC. Byla využita pokročilá šablona (advanced project template). Díky ní je aplikace rozdělena na 3 samostatné části: uživatelská sekce, sekce pro administrátory aplikace a sekce s API, které bylo rozšířeno a přes něj komunikuje mobilní aplikace. Struktura aplikace je názorně zobrazena na obrázku 4.1.



Obrázek 4.1: Schéma původní webové aplikace a komunikace mezi jejími částmi. Aplikace je rozdělena na 3 oddělené části, uživatelská sekce, administrátorská sekce a API. Každá část má svůj oddělený kód. Obrázek převzat z diplomové práce Martina Sikory [8].

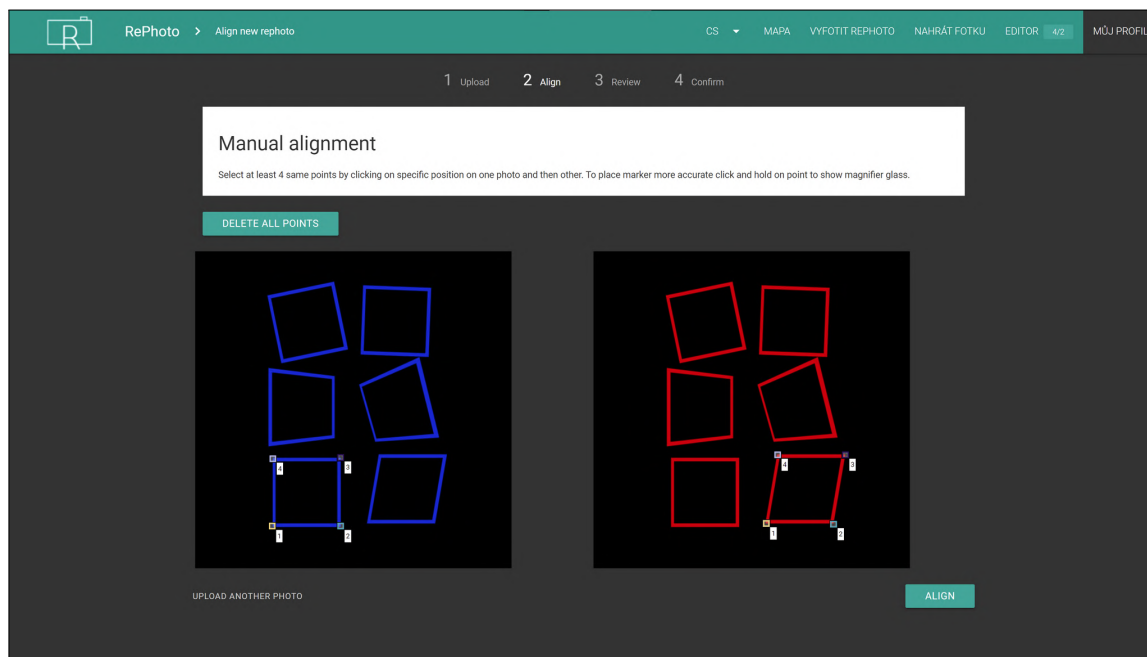
Do aplikace jsou integrovány skripty v jazyce Python, které využívají knihovny Numpy a OpenCV. Tyto skripty se používají pro manuální či automatické zarovnání refotografie dle původního snímku.

4.1.2 Skripty v jazyce Python

Automatické nalezení klíčových bodů

Při nahrání refotografie se pomocí FAST detektoru získají klíčové body obou snímků, v OpenCV k tomu slouží funkce `cv2.FastFeatureDetector_create().detect()`. Z těchto klíčových bodů jsou poté vypočítány jednotlivé deskriptory pomocí funkce `cv2.ORB_create().compute()`. Tyto deskriptory jsou poté porovnány pomocí Flannova algoritmu, ten je implementován jako `cv2.FlannBasedMatcher().knnMatch()`. Shodné body jsou tedy použity jako korespondující klíčové body v obou snímcích.

Tento postup není vždy spolehlivý. Pokud je původní fotografie příliš rozdílná, není automatické nalezení klíčových bodů možné. Uživatel může v procesu nahrání refotografie tyto body zkontrolovat a případně je upravit, nebo úplně smazat a vytvořit manuálně nové, přesnější klíčové body. Grafické rozhraní umožňující editaci bodů je zobrazeno na obrázku 4.2.

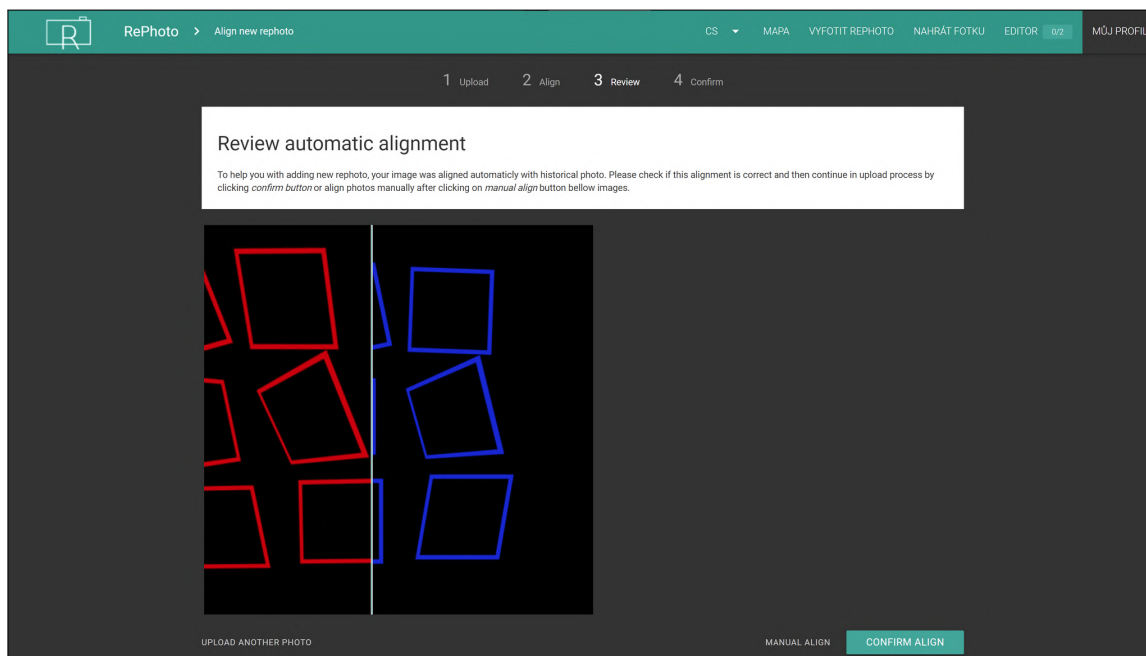


Obrázek 4.2: Obrazovka s možností změny automaticky nalezených klíčových bodů. Body lze přesně umístit pomocí lupy. Na obrázcích jsou testovací čtverce. Pokud jsou jako klíčové body zvoleny rohy dvou různých čtverců, pak bude upravovaný obrázek zkreslen tak, aby byly tyto čtverce přesně zarovnané na sebe. Výsledek je zobrazen na obrázku 4.3.

Zarovnání fotografie

Klíčové body jsou pak použity pro vytvoření transformační matice homografie pomocí funkce `cv2.findHomography()`. Ta je aplikována na refotografii pomocí funkce

`cv2.warpPerspective()`. Výstupem je zarovnaná refotografie. Výsledná refotografie je zobrazena uživateli ve vrstvě přes původní fotografii. Uživatel může pomocí myši plynule přecházet mezi oběma fotografiemi a zkontrolovat tak, jestli jsou na sebe opravdu přesně zarovnaný, nebo jestli je potřeba klíčové body ještě upravit (obrázek 4.3).



Obrázek 4.3: Kontrolní obrazovka zobrazující výsledek srovnání refotografie s původní fotografií. Přejetím kurzoru přes náhled se zobrazuje původní nebo nová fotografie. Zkreslení nového obrázku (červené čtverce) je způsobeno zadáním klíčových bodů v obrázku 4.2.

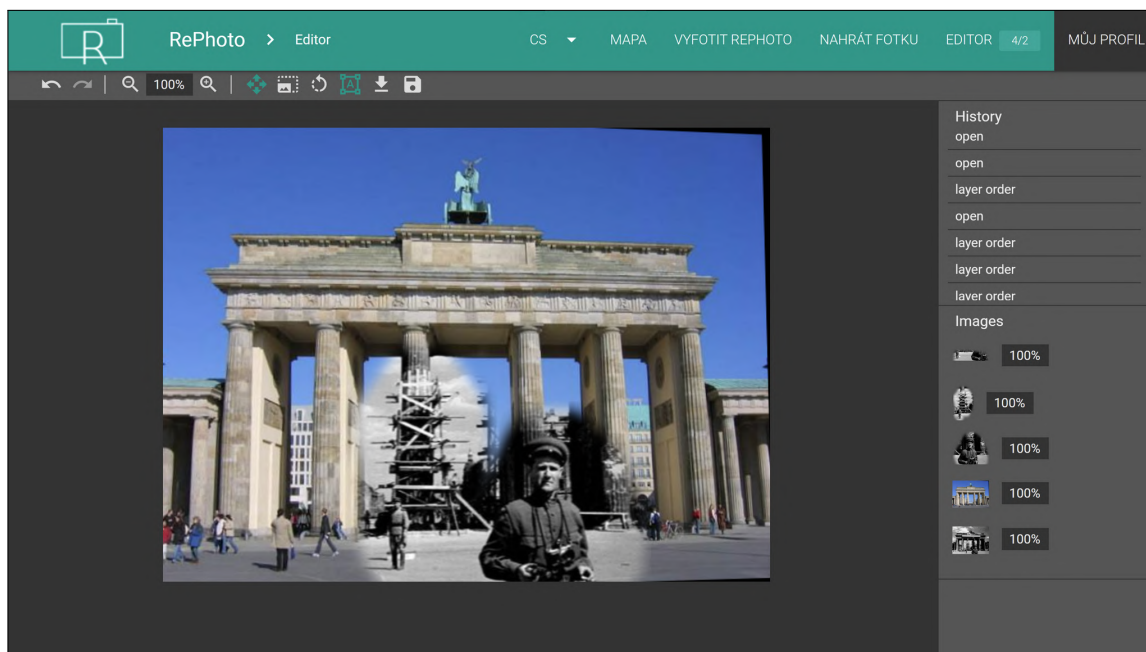
4.1.3 Editor fotografií

Aplikace obsahuje i editor fotografií, který umožňuje vytvořit pozoruhodné přechody a koláže historických fotografií a jejich refotografií. Ten je implementován pomocí HTML elementu `canvas`. Operace nad ním jsou prováděny v jazyce JavaScript pomocí objektu `Canvas`. Editor fotografií umožňuje kromě zvětšování, zmenšování, přesunu a otáčení i pokročilou funkci vyříznutí a prolnutí fotografií. Ta je velmi užitečná při vytváření koláží. Do editoru je nejprve nutné zvolit alespoň 2 obrázky, ty se pak zobrazují ve vrstvách, u kterých je možné měnit jejich průhlednost. Stránka s editorem se nachází na obrázku 4.4.

4.1.4 Použitelnost

Poté, co se mi povedlo aplikaci spustit, jsem se ji začal učit používat. Nalezl jsem tyto problémy v použitelnosti:

- odebrání fotografií z editoru je možné pouze z náhledu místa;
- chybějí možnosti úpravy automaticky přiřazeného data pořízení fotografie a smazání fotografií nahraných uživatelem;
- při zarovnávaní refotografie chybí smazání jednoho páru bodů při zadávání klíčových bodů.



Obrázek 4.4: Okno editoru, které demonstruje příklad použití prolnutí fotografií. Fotografie převzaty z <https://www.re.photos/en/compilation/268/>.

Tyto možnosti buď zcela chyběly nebo byly velmi neintuitivní a bylo potřeba navrhnout nové, uživatelsky přívětivější způsoby. Každá změna v aplikaci však vyžaduje zdlouhavé pochopení dané struktury kódu.

4.2 Původní mobilní aplikace

Tato kapitola vychází z bakalářské práce Adama Červenky [9]. Cílem této aplikace je usnadnit nalezení polohy fotografa, který fotil původní historický snímek. Místo historické fotografie může být použita i malba, kresba nebo třeba pohlednice. Aplikace využívá počítačového vidění a rekonstrukce 3D scény k navádění za pomoci šipky, která ukazuje až osm různých směrů. Tato šipka by měla fotografa navést na místo, odkud je možné vyfotit refotografii původního snímku.

Postup vyfocení refotografie pomocí aplikace vyžaduje nezvyklé kroky (pořízení dvou snímků z různého úhlu nebo zadání klíčových bodů), které musí uživatel učinit, než je naveden do původní pozice fotografa. Nalezení pozice však má být snazší a přesnější, než spolehnout se na pouhý odhad fotografa.

4.2.1 Princip aplikace

Pro navigování uživatele do původní pozice fotografa je zapotřebí zjistit, kde se ve scéně nachází. Fotografie má pouze 2D souřadnice. Je tedy třeba rekonstruovat 3D scénu. K tomu je zapotřebí mít alespoň 2 fotografie, které jsou v mírně rozdílném úhlu (očekává se zhruba 20°), obě pak musí zobrazovat objekt na původní fotografii. Aplikace po vytvoření 3D scény vyzve uživatele k zadání šesti až osmi korespondujících klíčových bodů mezi historickou fotografií a prvním pořízeným snímkem. Poté je uživatel v reálném čase navigován porovnáním prv-

ního snímku s aktuálním. Pro řešení navigace je nutné dopočítat optický střed historické fotografie. K tomu je využita metoda MSAC a práce s úběžníky.

3D rekonstrukce

Na dvou uživatelem vytvořených snímcích je nalezeno 1000 významných bodů (feature points), k tomu je využita funkce SURF. Poté jsou pomocí metody Brual Force matching vyhledáni nejbližší sousedé. Na výsledných bodech jsou pomocí ratio testu vyřazeny body na základě vzdálenosti. Po testu symetrie a RANSAC testu je výstupem fundamentální matice, ze které je již možné vyjádřit esenciální matici, jejímž rozkladem se vypočítají dvě matice translace a dvě matice rotace.

Z těchto čtyř matic je již možné získat čtyři možnosti pozic fotoaparátu při pořizování prvního a druhého snímku. Triangulace je tedy provedena čtyřikrát, ze všech čtyř pohledů je vybrán ten, který při promítnutí do výsledných 3D bodů má největší počet kladných čísel v souřadnicích.

Optický střed

K odhadu pozice fotoaparátu se používá metoda PnP (Perspektiva-n-Point). Ta vyžaduje jako jeden z parametrů i optický střed historické fotografie. Pomocí metody MSAC jsou nalezeny tři úběžníky (vanish points), které tvoří vrcholy pomyslného trojúhelníka. Z každého vrcholu je vedena těžnice na protější stranu trojúhelníka a hledaný optický střed leží v průsečíku těchto těžnic.

Tím je tedy získán vnitřní parametr historického fotoaparátu, tedy optický střed. Za ohniskovou vzdálenost je brána ohnisková vzdálenost aktuálně použitého fotoaparátu.

Nalezení původní pozice fotoaparátu

Z předchozích výpočtů jsou známy 3D body, k nimž uživatel definoval korespondující 2D body. Na základě těchto hodnot je vypočítána projekční matice V této matici jsou zahrnuty matice rotace a translace, které stačí pro přibližný odhad pozice fotoaparátu.

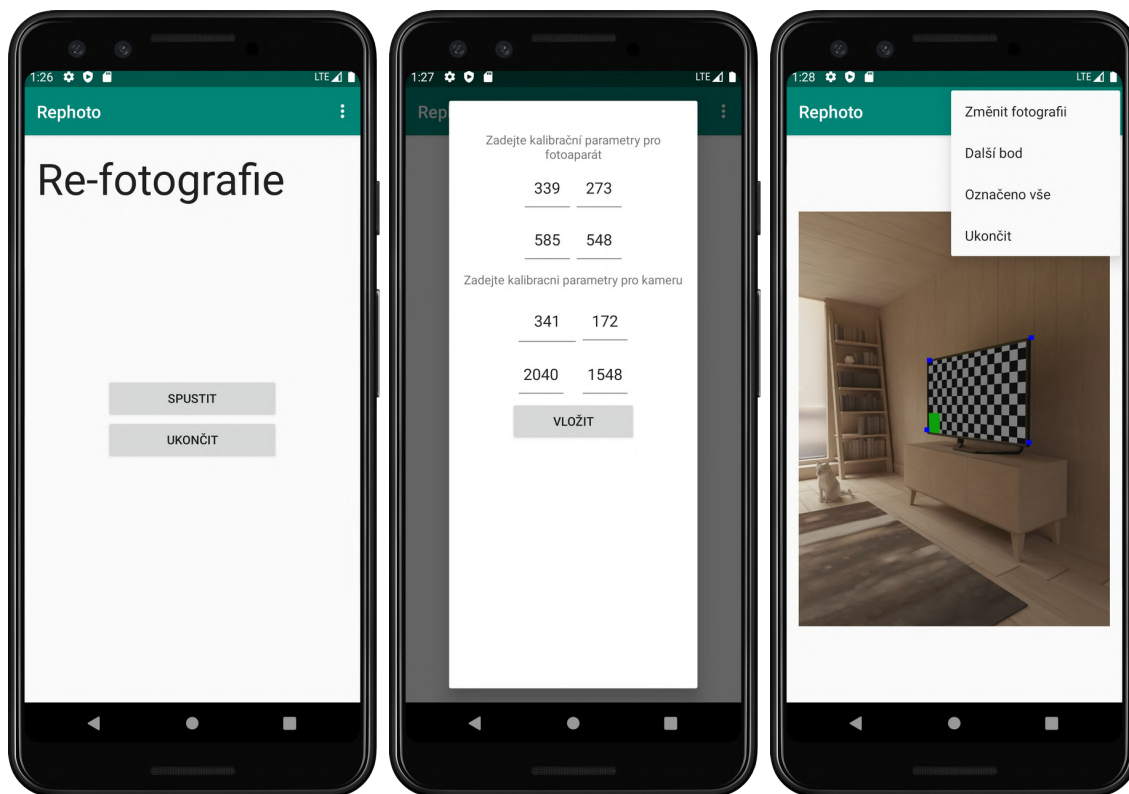
K odhadu původní pozice historického fotoaparátu je využita metoda PnP (Perspektiva-n-Point). Pro vybrání bodů, se kterými metoda PnP bude počítat, je využita iterační metoda RANSAC s optimalizační metodou Levenberg-Marquardt. Odhad pozice fotoaparátu je tedy určen na základě určených vhodných bodů (inlier points). Chybné nebo nevhodné body (outliers points) nejsou brány v potaz. Metoda RANSAC vyvažuje fakt, že samotná metoda PnP je poměrně náchylná k chybám. Tímto spojením je minimalizováno množství chyb.

4.2.2 Struktura

Mobilní aplikace se skládá ze dvou vrstev, první je nativní vrstva využívající NDK, ta je napsána v C++. Nad ní se pak nachází vrstva ovládající uživatelské rozhraní, která je napsána v Javě. Obě vrstvy využívají stejnou knihovnu OpenCV, každá je však nalinkována jiným způsobem. Pro vrstvu uživatelského rozhraní je knihovna OpenCV nalinkována jako modul do Android Studia. Pro nativní vrstvu je přidána jako knihovna v souboru `CMakeLists.txt`.

4.2.3 Použitelnost

Původní aplikace je spíše implementací článku Computational Re-Photography [1] než použitelnou, uživatelsky přívětivou aplikací. Průběh vytvoření fotografie je neintuitivní a bez znalostí, co a jak má aplikace dělat a jakým způsobem má být zkalibrováný fotoaparát, je téměř nemožné ji používat (obrázek 4.5).



Obrázek 4.5: Snímky obrazovky z původní mobilní aplikace. Popis jednotlivých snímků: **Vlevo** se nachází snímek úvodní obrazovky aplikace, uživatel musí nesmyslně spustit aplikaci. **Uprostřed** se nachází snímek se zadáním kalibračních údajů, kde není jasné, co čísla znamenají a co má uživatel vyplnit. **Vpravo** se nachází snímek se zadáváním klíčových bodů. Není jasné, co modré tečky znamenají. Po kliknutí na „Změnit fotografii“ se uživatel dostane na původní historickou fotografii, u které body zadávat nelze. Opět není jasné, co má uživatel udělat. Tlačítko „Další bod“ přemístí tečku na historické fotografii, není však jasné, k čemu slouží. Tyto možnosti jsou nešikovně schovány v menu.

Kapitola 5

Implementace webové aplikace

5.1 Problémy s původní aplikací

Spolu se zadáním jsem dostal výstup diplomové práce Martina Sikory z roku 2018 [8]. Od té doby se mnohé změnilo a některé knihovny přestaly být podporovány. Ke zprovoznění aplikace jsem se také musel spolehnout především na studium kódu a experimentování se spuštěním. V aplikaci jsem rovněž našel podstatné chyby, které bylo potřeba opravit, aby aplikace fungovala správně (například chybějící větve podmínek, chybná inicializace editoru, problémy s typy, chybějící šířky obrázků, změna rozlišení refotografie při zarovnávání a další). Aplikace také nabízela možnost přepnutí do českého jazyka, ale notná část překladů chyběla. Bylo tedy nutné je doplnit.

5.2 Debugování kódu

Pro debugování PHP u webové části jsem využíval XDebug¹, který umožňuje krokovat průchod kódem, sledovat proměnné, nabízí detailnější zprávy o chybách, umožňuje profilovat aplikace nebo analyzovat pokrytí kódu. Velkou výhodou je, že je možné jej přidat do mnoha editorů, já jej používal spolu s Visual Studio Code s využitím rozšíření PHP Debug.

Pro nastavení je nutné přidat dynamicky linkovanou knihovnu XDebug na virtuální server. V případě použití webového serveru XAMPP je nutné ji přidat do složky s rozšířeními v instalačním adresáři XAMPP a poté tuto knihovnu aktivovat v konfiguračních souborech². XDebug využívá DBGp protokol, pomocí kterého server naváže spojení s vývojovým prostředím a poté udržuje komunikaci.

Kód psaný v JavaScriptu jsem debugoval přímo v prohlížeči Chrome, který nabízí dostatečné možnosti krokování a sledování proměnných.

5.3 Nasazení aplikace

Tato sekce se zabývá nasazením webové aplikace na server. Nejprve jsem se snažil nasadit aplikaci na cloudovou platformu Heroku. Webová aplikace však využívá Elastic Search pro vyhledání míst na mapě, jehož spuštění je na Heroku zpoplatněno. Nakonec jsem se tedy

¹Webové stránky XDebug <https://xdebug.org/>.

²Odkaz na článek s instrukcemi ke zprovoznění XDebug s použitím XAMPP a VSCode v prostředí Windows: <https://kodementor.com/configure-xdebug-xampp-and-vscode-in-windows/>.

rozhodl využít instanci virtuálního serveru EC2³ od Amazonu, který nabízí plnohodnotný server s možností výběru mnoha operačních systémů a možnosti připojení přes virtuální plochu. Pro nasazení jsem zvolil operační systém Windows, jelikož jsem na něm aplikaci spouštěl lokálně nebylo tedy nutné ji nijak přizpůsobovat. Jedná se o verzi Windows Server 2019 Base. Amazon nabízí první rok používání 750 hodin služby EC2 zdarma. Aktualizace nasazené aplikace probíhaly pomocí nástroje Git, tedy distribuovaného systému správy verzí.

5.3.1 Amazon EC2

Elastický výpočetní cloud (Elastic Compute Cloud) je služba od společnosti Amazon, která poskytuje škálovatelnou výpočetní kapacitu v cloudu webových služeb (Amazon Web Services). Výhodou je, že EC2 je připraveno na škálování, tedy pokud je třeba více prostředků, tak je platforma poskytne, pokud by však prostředky nebyly využity, tak za ně vývojář nemusí platit. Toto řešení je tedy připravené na špičky v provozu.

Zabezpečení pomocí HTTPS

Amazon EC2 nabízí integrovanou možnost nastavení zabezpečeného přenosu dat pomocí HTTPS⁴. Pro jeho nastavení je nejprve nutné vytvořit veřejnou hostovanou zónu (hosted zone).

Hostovaná zóna je kontejner pro záznamy obsahující informace o tom, jak má být směrován provoz pro specifickou doménu. Tato hostovaná zóna tedy obsahuje informace o zakoupené doméně (v tomto případě rephoto.cz) a o adresách serveru EC2, na které je provoz směrován.

Dále je třeba vytvořit SSL certifikát, s jehož pomocí je HTTPS přenos šifrován. Amazon EC2 přímo nabízí možnost vytvoření a uchování certifikátu. Certifikát je platný pouze pro konkrétní doménu. Pro nastavení certifikátu je nutné nejprve ověřit vlastnictví dané domény pomocí DNS validace. Tedy je nutné do DNS záznamů přidat CNAME záznam s unikátním klíčem a hodnotou vygenerovanými Amazonem. Amazon si tak ověří, že žadatel má opravdu přístup k dané doméně a vytvoří certifikát.

Pro zajištění statické IP adresy využívaného serveru je možné využít možnost vytvoření elastické IP adresy (Elastic IP address), ta je přímo navázána na konkrétní instanci. Tuto IP adresu je pak možné přidat do DNS záznamů u registrátora domény. Elastická adresa může být nastavena tak, že se při chybě nebo vypadení serveru automaticky přemapuje na záložní instanci serveru, tím je zachována funkčnost webových stránek.

Nyní je třeba vytvořit cílovou skupinu (target group), která odkazuje na vytvořenou instanci. Tato skupina může obsahovat více instancí, mezi které se rozděluje obsluha jednotlivých uživatelů.

K vynucení připojení k serveru přes protokol HTTPS je možné využít balancování zátěže (Load Balancer), ve kterém lze nastavit přesměrování z HTTP portu 80 na zabezpečený HTTPS port 443. Tato služba odkazuje na konkrétní cílovou skupinu (target group), mezi jejíž instance rozděluje zátěž.

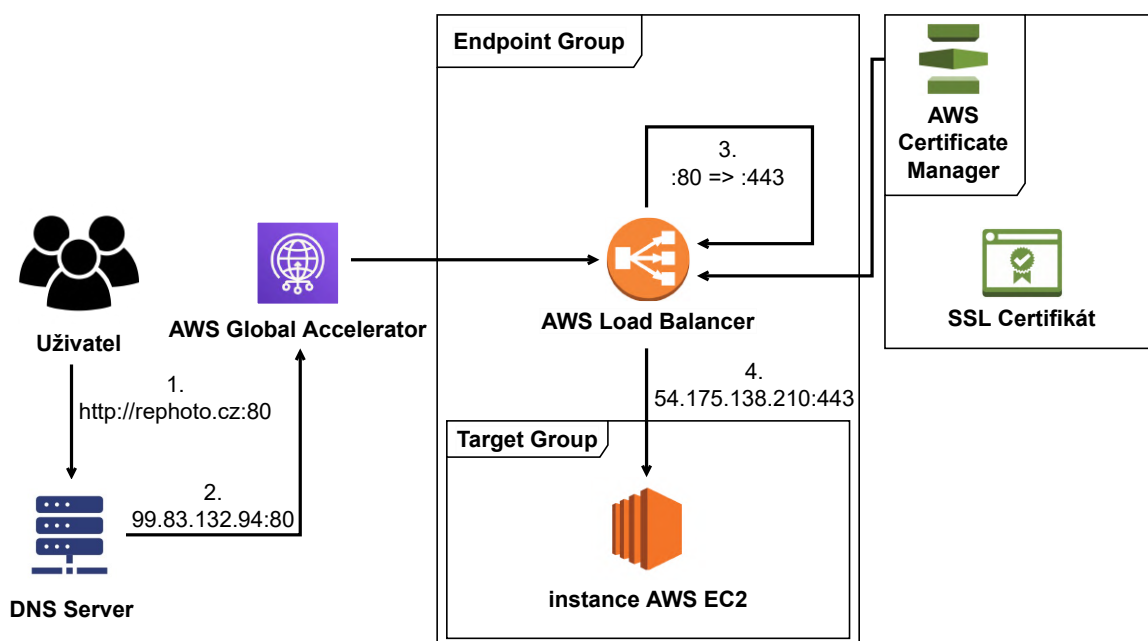
Dále je třeba vytvořit bezpečnostní skupinu (Security Group), která obsahuje informace o portech, které jsou na dané EC2 instanci otevřeny. Pro využití instance k hostování

³Amazon EC2 – Amazon Elastic Compute Cloud

⁴Více informací je dostupných na <https://levelup.gitconnected.com/adding-a-custom-domain-and-ssl-to-aws-ec2-a2eca296facd>.

webových stránek je třeba nastavit příchozí pravidla k otevření HTTP portu 80, HTTPS portu 443 a SSH portu 22. Tyto porty je třeba také otevřít ve firewallu v dané EC2 instanci.

V praxi tedy proces přesměrování probíhá tímto způsobem (obrázek 5.1): Při otevření webové adresy <https://rephoto.cz> je požadavek nejprve obslužen DNS serverem a odkázán na IP adresu globálního akcelérátoru (AWS Global Accelerator), ten poslouchá na portech 80 a 443 a odkáže požadavek do skupiny koncových bodů (Endpoint group), v níž je v mém případě pouze jeden koncový bod, kterým je aplikační vyrovnávač zátěže (Application Load Balancer), jež poslouchá na portu 80 a 443. Pokud je požadavek odeslán na port 80, tak jej automaticky přesměruje na zabezpečený port 443. Vyrovnávač zátěže požadavek přijme a přesměruje jej na cílovou skupinu (Target group), v níž se v mém případě nachází jediná instance serveru, která požadavek obsluží. Aplikační vyrovnávač zátěže (Application Load Balancer) využívá naslouchání HTTPS, jež používá zabezpečeného připojení pomocí certifikátu, který je vydán přímo správcem certifikátů AWS (AWS Certificate Manager).



Obrázek 5.1: Schéma obsluhy požadavku na platformě Amazon EC2.

5.4 Implementované změny v aplikaci

Webová aplikace prošla změnami UX, UI a rozhraní API, přes které komunikuje mobilní aplikace. V této sekci jsou popsány zmíněné úpravy.

5.4.1 Správa fotek a míst vytvořených uživatelem

Původní aplikace neumožňovala uživatelům odstranit vytvořené fotografie. Z uživatelského testování vyplynulo, že uživatelé chtějí mít možnost správy svých fotografií. Pokud by uživatel třeba nahrál jinou fotografii, než kterou zamýšlel, nebo pokud by chtěl fotografii nahradit jinou, v původní variantě by musel kontaktovat administrátora webu a ten by ji poté odstranil. Původní aplikace se také spoléhala na časovou značku uloženou v metadatach nahrávané fotografie k uložení data pořízení fotografie. Tato hodnota však nemusí

zcela vždy odpovídat reálnému datu pořízení fotografie (například při digitalizaci diapositivů nebo vyvolaných fotografií, nebo při manipulaci s fotografií takovým způsobem, že o metadata přijde).

Přidal jsem tedy možnost odstranit fotografie nahrané uživatelem. Tato možnost se nachází na náhledu místa, ke kterému fotografie patří. Na stejném místě se pak nachází i možnost upravit fotografii. Uživatel tak může změnit datum pořízení nebo název dané fotografie. Pokud by uživatel chtěl fotografii nahrát, ale nechtěl by ji zveřejňovat, má možnost změnit v úpravách i její viditelnost a tím ji skrýt pro ostatní uživatele.

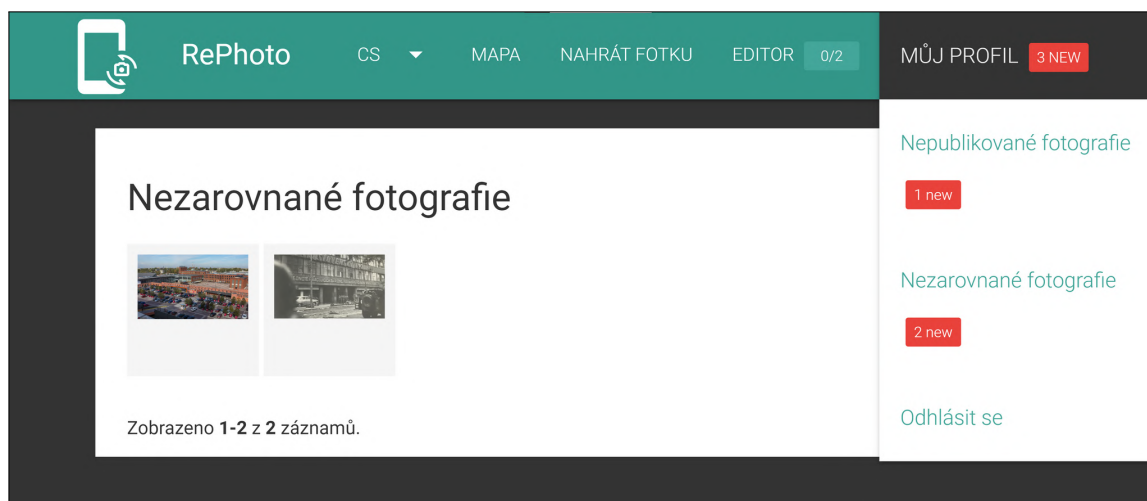
5.4.2 Propojení s mobilní aplikací

Webová aplikace poskytuje API k manipulaci s jejím obsahem. Přes toto API komunikuje mobilní aplikace. Při implementaci mobilní aplikace jsem narazil na nedostatky aktuálního API. Vytvořil jsem tedy novou verzi (v2), kterou mobilní aplikace využívá.

Na požadavek získání seznamu míst vracela původní verze API pouze nejnovější a nejstarší fotografii k danému místu. Informace o těchto fotografiích navíc neobsahovaly informace o souborech uložených na serveru (chyběla například přípona daných souborů), takže nebylo možné s těmito soubory dále pracovat.

Ve druhé verzi API jsou tedy posílány všechny fotografie náležící danému místu a spolu s údaji o těchto fotografiích jsou zaslány i záznamy z tabulky obsahující informace o souborech (název a příponu), aby bylo možné tyto fotografie stáhnout.

Při nahrání fotografie přes API byla fotografie považována za zarovnanou a rovnou byla zveřejněna. Implementoval jsem funkčnost rozbalovací nabídky v menu pod dlaždicí „Můj profil“, ve které uživatel vidí, kolik fotografií ještě není zarovnáno a kolik fotografií ještě nebylo zveřejněno. Prokliknutím se pak může dostat na seznamy těchto fotografií a dále tyto fotografie zarovnat využitím nástroje deformace pomocí homografie nebo zveřejnit (obrázek 5.2).



Obrázek 5.2: Položky menu, které přesměrují uživatele na nezveřejněné a nově pořízené, nezarovnané, fotografie. Kliknutím na fotografii se spustí průvodce zarovnáním fotografie.

5.4.3 Úpravy v UX

Přímo z editoru nebylo možné odebrat vybrané fotografie. Uživatel musel vyhledat náhled místa, ke kterému fotografie patří a z něj je teprve mohl odebrat. Tato funkce byla do editoru přidána.

Při zadávání odpovídajících klíčových bodů v procesu zarovnání refotografie nebylo možné odebrat dvojice klíčových bodů. Uživatel mohl pouze odebrat všechny klíčové body. Přidáním této funkce má uživatel možnost odebrat některé chybně umístěné klíčové body, například po jejich automatickém nalezení.

Při zarovnání refotografie bylo její rozlišení škálováno na velikost původní fotografie. Pokud byla tedy původní fotografie v malém rozlišení, tak i výsledná fotografie měla malé rozlišení a tím přišla o svou kvalitu. Zmenšení refotografie nastalo v průběhu deformace pomocí homografie funkcí `warpPerspective()` z knihovny OpenCV. Proces zmenšení navíc způsoboval artefakty. Upravil jsem tedy volání této funkce tak, aby refotografie zůstala v původní kvalitě. S tím je spojeno přepočítání transformační matice tak, aby odpovídala velikosti refotografie.

5.5 Pokračování ve vývoji aplikace

Tato sekce se zabývá možnými rozšířeními a dalším pokračováním ve vývoji webové aplikace.

5.5.1 Galerie refotografií

Vytvoření nového náhledu na místo, který by nabízel jednoduchý a přehledný prohlížeč fotografií s možností prohlížet refotografie v okolí. Možnost výběru fotografií k zobrazení.

5.5.2 Editor

Editor nabízí možnosti transformace a ořezu fotografií. Pokračování ve vývoji by se mohlo zabývat rozšířením o funkce úpravy barev fotografií. Příkladem může být úprava barev refotografie tak, aby barevné schéma odpovídalo původní fotografii. Případně možnost obarvení historické fotografie na základě barevného schématu z nově pořízené refotografie.

Funkce výřezu oblasti z fotografie by mohla nabízet možnosti nastavení, například velikost přechodu při ořezu, možnost výřezu dle obdélníkového, elipsového nebo volného výběru.

5.5.3 Rozšířená podpora více jazyků

Aplikace nabízí rozhraní v českém nebo anglickém jazyce. Název místa a jeho popis je přiřazen danému místu pouze jednou. Možnost vícenásobného přidání názvu a popisu, v různých jazycích, by umožnila uživatelům přiblížit jejich refotografie širšímu publiku. Aplikaci by bylo možné rozšířit o rozhraní pro překladatele, kteří by mohli názvy a popisy překládat.

Kapitola 6

Implementace mobilní aplikace

6.1 Problémy s původní aplikací

Mobilní aplikace, kterou vytvořil Adam Červenka jako realizaci algoritmů popsaných v článku Computational Re-Photography [1], neobsahovala prakticky žádné informace o tom jak ji spustit, v jakém vývojovém prostředí byla vytvořena ani vyexportovaný instalační balíček (ve formátu apk). Poté, co jsem se tedy dovtípl, že aplikace je napsána ve vývojovém prostředí Android Studio, bylo nutné zjistit, jakým způsobem Android Studio pracuje s knihovnou OpenCV a jakým způsobem lze tyto knihovny propojit jak s uživatelskou vrstvou programovanou v Javě, tak i s nativní vrstvou programovanou v C++. Nejprve jsem se snažil zprovoznit původní projekt, od toho jsem ale brzy upustil a vytvořil jsem nový projekt, do kterého jsem postupně přidával původní zdrojové kódy. Dalším krokem bylo aktualizovat zastaralé knihovny pro načítání souborů z telefonu a pro využívání kamery. K použití kamery mobilního zařízení jsem využil knihovnu CameraX. Když jsem zprovoznil uživatelskou vrstvu a analýzu obrazu, začal jsem se věnovat zprovoznění původních algoritmů. Během tohoto procesu bylo upraveno uživatelské rozhraní zadávání klíčových bodů, fotografie jsou umístěny pod sebou, aby uživatel nemusel přepínat mezi jednotlivými snímky, jak bylo v původní verzi (obrázek 6.1).

Problém nastal při určování směru, kterým má být uživatel navigován, kde odhad pozice pomocí metody RANSAC nenalezne žádné body, které by náležely příslušné křivce (inlier points). Nepodařilo se mi zjistit, čím je to způsobeno. Spolu se zadáním jsem dostal i řešení pro počítač, naprogramované v jazyce C++. Při testování tohoto řešení jsem zkoušel spustit implementované algoritmy s testovacími vstupy, které používal Adam Červenka, ani s nimi se mi je však nepodařilo zprovoznit.

Možným důvodem neúspěchu může být použití OpenCV 4.5.3 přičemž Adam Červenka používal OpenCV 3.1.1. Knihovna však u projektu přiložena nebyla a nepodařilo se mi ji do nového projektu nalinkovat. Proto jsem zvolil knihovnu vyšší verze, která je již s aktuálním Android SDK 31 kompatibilní. Použití jiné verze OpenCV mohlo způsobit změnu některých parametrů použitých funkcí, použití jiných typů, než byly v předchozích verzích nebo rozdílné návratové hodnoty. Překladač chybu neodhalil. Vzhledem k cíli této práce, totiž fungujícímu systému, jsem se po diskuzi s vedoucím práce uchýlil k implementaci vlastního řešení bez použití výstupu bakalářské práce Adama Červenyky.



Obrázek 6.1: Zadávání klíčových bodů v rámci jedné obrazovky. Na spodní fotografii je označen bod, který má uživatel označit na horní fotografii. K přeskočení zadávání aktuálního bodu slouží spodní plovoucí tlačítko.

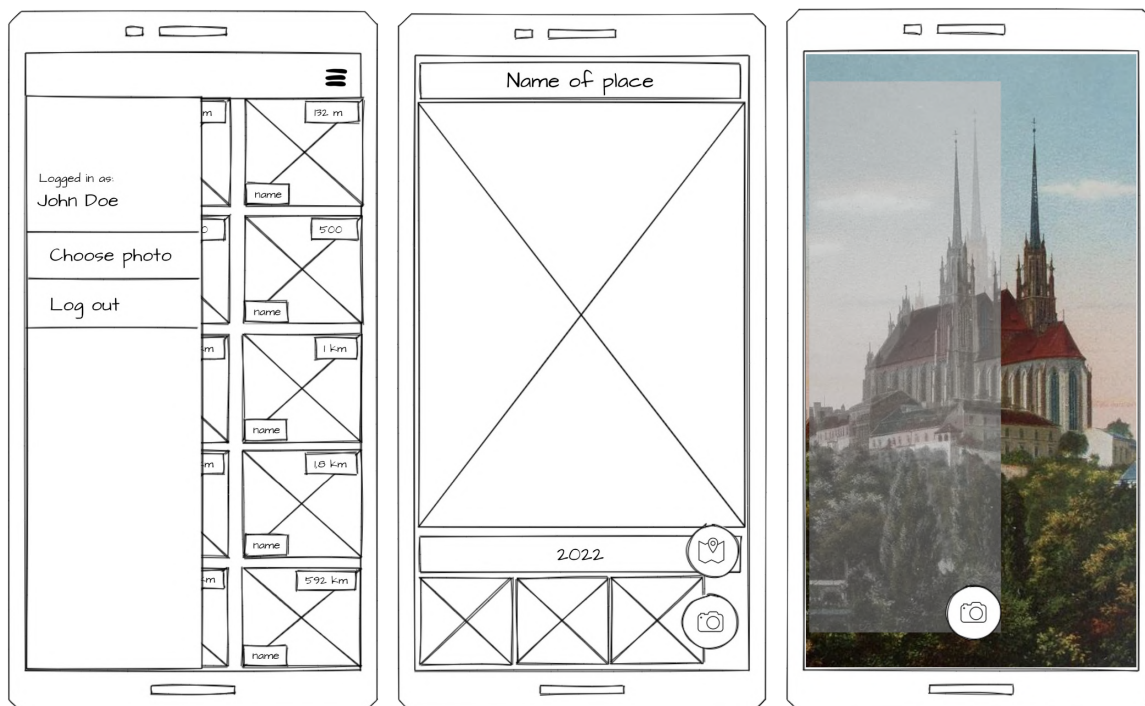
6.2 Implementace vlastního řešení

V této sekci je popsána implementace jednotlivých částí mobilní aplikace, a také jednotlivé algoritmy a knihovny, které byly použity.

6.2.1 Návrh aplikace

Návrh aplikace byl iterativně vylepšován. Výsledná podoba je zobrazena na obrázku 6.2. Při návrhu byl kladen důraz na použitelnost, kterou zdůrazňuje Steve Krug ve své knize Don't make me think [4]. To nejdůležitější pravidlo, které ve své knize vystihuje je, že nic důležitého

by nemělo být vzdálené více než 2 kliknutí. Rozhraní nesmí potřebovat vysvětlení. Z toho, jak je navrženo, by mělo být jasné, jak se má i používat.



Obrázek 6.2: Návrh uživatelského rozhraní mobilní aplikace. **Na levém** obrázku se nachází obrazovka s galerií jednotlivých míst. **Uprostřed** se nachází náhled konkrétního místa a **napravo** je ilustrována obrazovka navigace uživatele.

6.2.2 Vývojové prostředí

Vzhledem k tomu, že jsem pokračoval v předchozí práci Adama Červenky, který při implementaci používal Android Studio s využitím programovacího jazyka Java, rozhodl jsem se v tomto vývojovém prostředí vytvořit i vlastní řešení. Především proto, že jsem během zprovoznování výstupu bakalářské práce Adama Červenky implementoval některé prvky uživatelského rozhraní (řešení manipulace s kamerou mobilního zařízení). Konkrétně jsem použil Android Studio verze 2021.1.1 spolu s Android SDK verze 31 pro aktuální verzi Androidu 12. Projekt podporuje však až SDK verze 23 pro Android verze 6, aplikace je tedy dostupná pro 97 % používaných zařízení celosvětově¹. Pro práci s obrazem jsem zvolil OpenCV ve verzi 4.5.3, minimální verze SDK je určena právě touto verzí OpenCV, která starší SDK nepodporuje.

Android Studio nabízí komplexní vývojové prostředí k vývoji aplikací pro mobilní operační systém Android. Je v něm zahrnut emulátor, který podporuje emulaci mnoha různých zařízení, na kterých je možné spouštět podporované verze operačního systému Android. Nabízí však možnost testovat i přímo na mobilním zařízení pomocí připojení kabelem, nebo bezdrátově. Největší výhodou je, že Android Studio je vyvíjeno přímo společností Google, která se stará o vývoj Androidu, takže vývojář může využívat potenciál mobilního zařízení naplno. Android Studio je založeno na vývojovém prostředí IntelliJ IDEA od společnosti

¹Poměr počtu podporovaných zařízení dle minimálního podporovaného SDK: <https://apilevels.com/>.

JetBrains. Vývojář tedy může použít některé doplňky, které jsou navrženy pro jiná vývojová prostředí z rodiny JetBrains.

6.2.3 Asynchronní stahování obrázků – Picasso

K asynchronnímu načítání fotek ze serveru jsem se rozhodl použít knihovnu Picasso², která tuto funkčnost zprostředkovává. Tato knihovna má otevřený zdrojový kód a je vytvořena a spravována společností Square³. Stažené fotky se ukládají do mezipaměti aplikace, takže pokud jsou opakovaně načítány, použije se již stažený obrázek a tím je ušetřeno opakované načítání ze serveru. Výhodou je také velmi jednoduchá syntaxe. Ve výchozím nastavení je pomocí knihovny obrázek načten do objektu `ImageView`, ale je možné vytvořit vlastní cílový objekt, do kterého je obrázek načten a poté může být dále zpracován jako `Bitmap` objekt.

6.2.4 Propojení s webovou aplikací – Retrofit

Komunikace s webovou aplikací je zajištěna pomocí REST API. K volání jednotlivých HTTPS požadavků jsem se rozhodl využít knihovnu Retrofit⁴ také od společnosti Square. Tato knihovna obaluje využití REST API rozhraním jazyka Java. Knihovna využívá silné typování, které předchází typovým chybám. Pro každý specifický požadavek a jeho odpověď je nutné vytvořit adekvátní objekt, který slouží jako rozhraní daného volání API.

6.2.5 Přihlášení do aplikace

Aby uživatel mohl pořízené refotografie nahrát na web rephoto.cz, musí se do aplikace přihlásit. Přihlášení je zajištěno skrze API webové aplikace. Ta uživateli po přijetí správných přihlašovacích údajů odešle přístupový token. Tento token je poté odeslán s každým voláním API, které vyžaduje přihlášení. Aby byl přístupový token v aplikaci dostupný i po vypnutí a opětovném zapnutí aplikace, tak je ukládán skrze sdílené předvolby (Shared Preferences) do paměti telefonu. Sdílené předvolby slouží k ukládání párů klíč/hodnota. Tyto páry jsou uloženy do XML souboru, který náleží konkrétní aplikaci. Po otevření aplikace je zkontrolována platnost tokenu voláním příslušného koncového bodu API. Pokud je token platný, uživatel zůstává přihlášen a je nahrazen novým přijatým od serveru. Pokud však jeho platnost vypršela, tak je uživatel odhlášen a je nutné opětovné přihlášení pro získání tokenu.

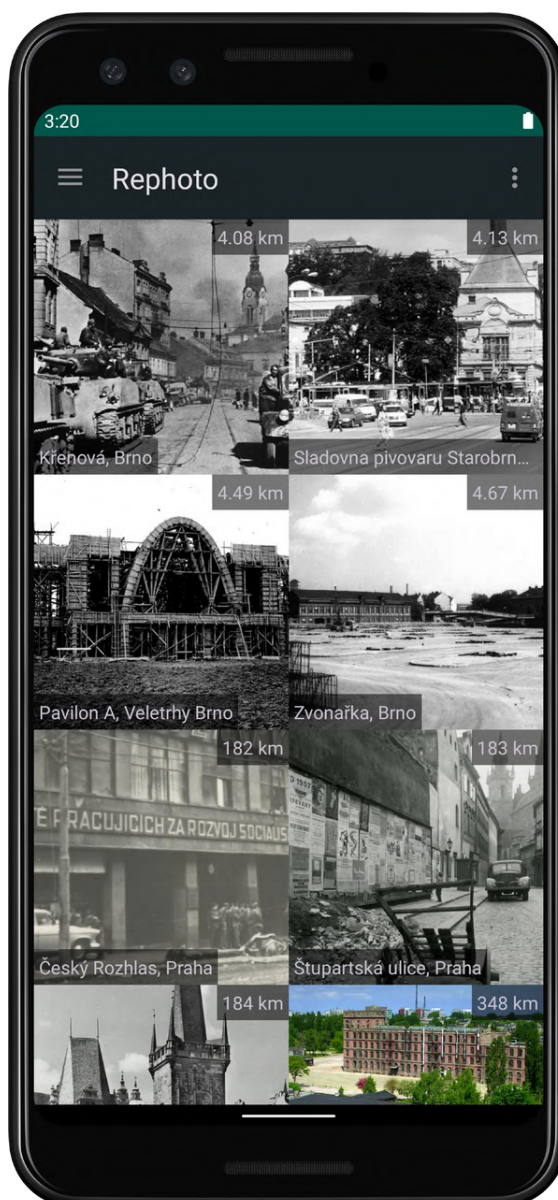
6.2.6 Seřazení míst dle vzdálenosti od zařízení

Seznam míst v galerii, která je zobrazena uživateli po zapnutí aplikace, je seřazen podle vzdálenosti od polohy zařízení, na kterém je aplikace spuštěna. Seřazení těchto míst probíhá přímo na zařízení při otevření aplikace nebo při aktualizaci galerie míst. V pravém horním rohu je zobrazena vzdálenost od daného místa (obrázek 6.3). Na základě souřadnic polohy zařízení je pomocí funkce `distanceTo` z balíku `android.location` vypočtena vzdálenost od stažených míst. Seznam míst je poté seřazen dle této vzdálenosti.

²Dokumentace knihovny Picasso: <https://square.github.io/picasso/>.

³Stránky Square Open Source - <https://square.github.io/>.

⁴Dokumentace knihovny Retrofit: <https://square.github.io/retrofit/>.

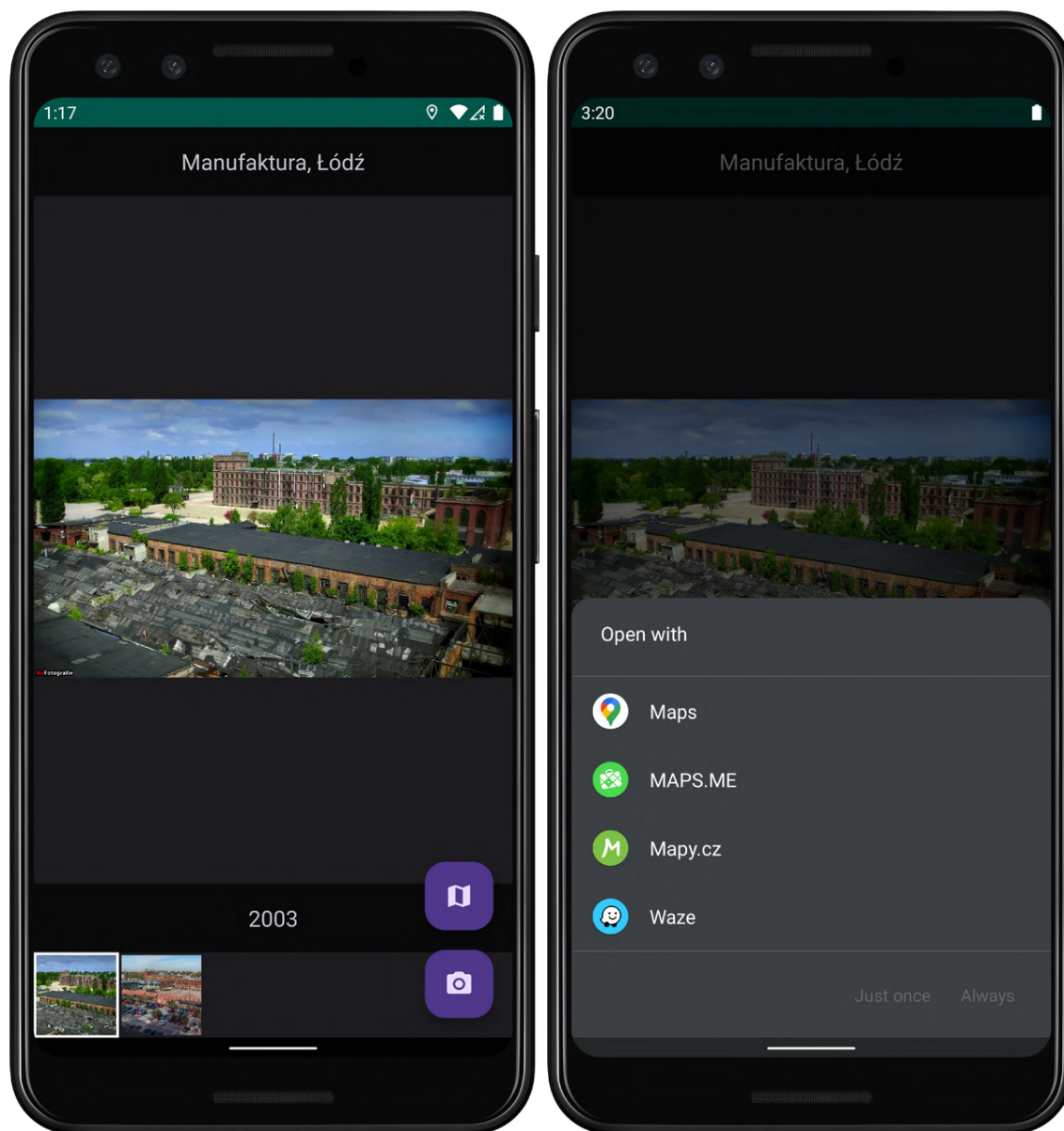


Obrázek 6.3: Seznam míst, hlavní obrazovka po zapnutí aplikace. Místa jsou seřazena dle vzdálenosti od zařízení. U každého místa je pak zobrazena vzdálenost od daného místa.

6.2.7 Navigace k místu

Při náhledu místa může uživatel spustit navigaci k danému místu. Tato funkcionality využívá jiných instalovaných aplikací v zařízení. Po kliknutí na příslušné tlačítko je odeslán požadavek na otevření mapy na určitých souřadnicích. Tento požadavek je spojen s aplikacemi nabízejícími navigaci a mapové podklady. Uživatel může například dostat na výběr,

jestli chce využít k navigaci aplikaci Mapy.cz⁵, Google Maps⁶, Waze⁷, Maps.me⁸ nebo jinou aplikaci, kterou má nainstalovanou v mobilním telefonu (obrázek 6.4).



Obrázek 6.4: Náhled na fotografie přiřazené konkrétnímu místu. K danému místu může uživatel pořídit novou refotografii. Má také možnost spustit k danému místu navigaci klepnutím na tlačítko s ikonou mapy. Navigace je spuštěna pomocí externí aplikace s mapovými podklady, kterou má instalovanou v zařízení (například Mapy.cz, Google Maps nebo Waze).

⁵Odkaz na aplikaci Mapy.cz: <https://play.google.com/store/apps/details?id=cz.seznam.mapy>.

⁶Odkaz na aplikaci Google Maps:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps>.

⁷Odkaz na aplikaci Waze: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.waze>.

⁸Odkaz na aplikaci Maps.me:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mapswithme.maps.pro>.

6.2.8 Navigace uživatele

Mobilní aplikace nabízí jednoduchý způsob navigace uživatele k vytvoření refotografie. Původní fotografie překrývá náhled kamery fotoaparátu. Uživatel může měnit průhlednost a míru překrytí pomocí gest na displeji mobilního telefonu. Při potáhnutí dolů kdekoli na náhledu se průhlednost původní fotografie proporcionálně zvětšuje, uživatel tak lépe vidí náhled kamery. Při potáhnutí nahoru se průhlednost snižuje a uživatel pak lépe vidí původní fotografii. Při potáhnutí zprava doleva je náhled původní fotografie proporcionálně oříznut. Při potáhnutí zleva doprava je pak náhled znovu rozšířen (obrázek 6.5).



Obrázek 6.5: Překryv náhledu kamery původní fotografií. Na snímku obrazovky je pak průhlednost původní fotografie nastavena na 100 % a ořez na 45 %.

Obrysy místo barevné fotografie

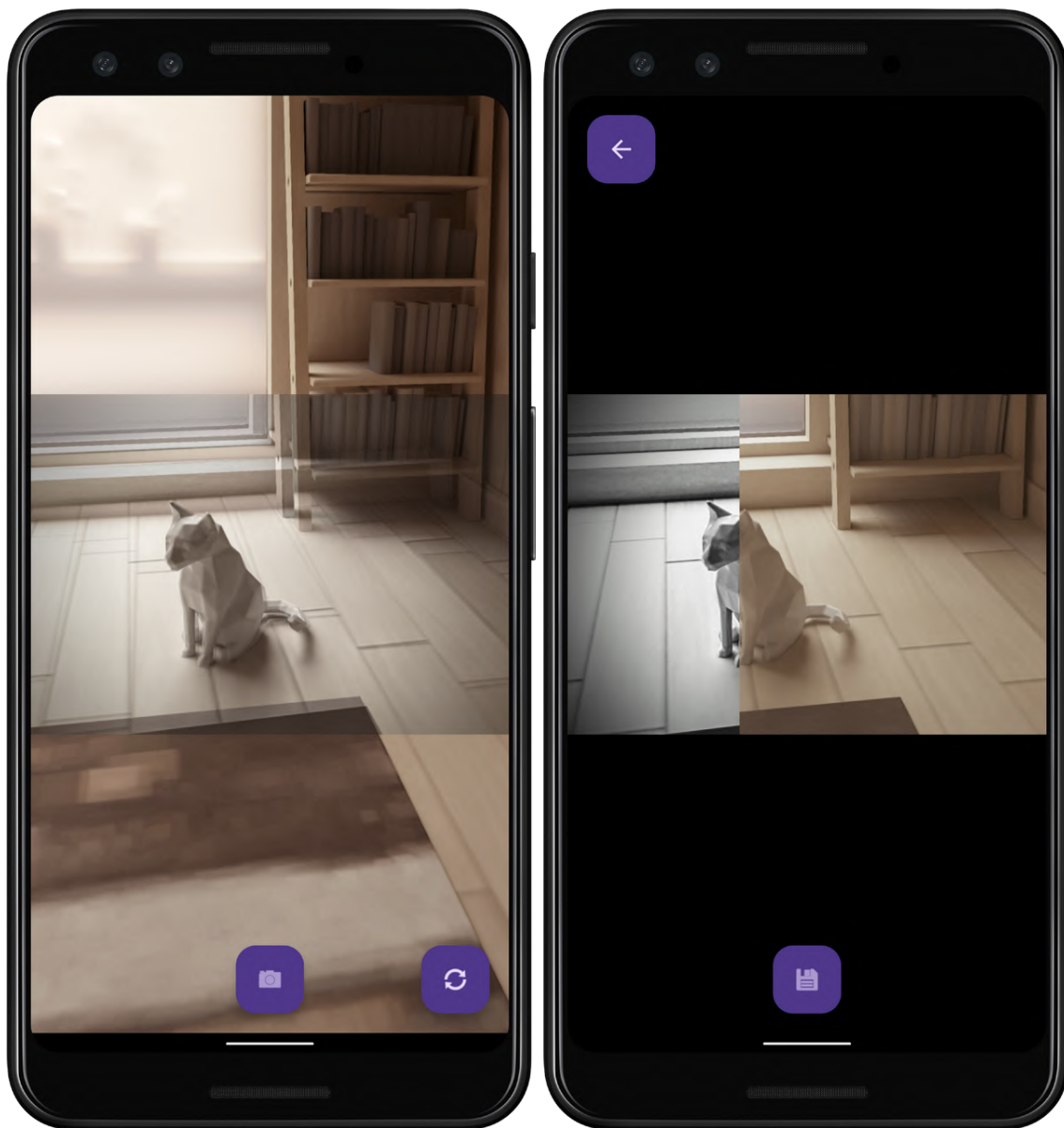
Pro lepší viditelnost skrze původní fotografii lze v některých případech využít implementovanou funkci zobrazení pouze černých obrysů místo kompletní barevné fotografie. Tato funkce je vhodná především k detailnímu zarovnání fotoaparátu a pro použití v situacích, kdy kvůli prolnutí původní fotografie a náhledu kamery mobilního zařízení není obrazovka zcela čitelná. Využití obrysů nezakrývá původní náhled kamery tak drastickým způsobem. Pro zobrazení hran je využit Cannyho hranový detektor, který z barevné fotografie vytvoří fotografii s bílými obrysy na černém pozadí. Toto černé pozadí je poté odstraněno (černá barva je nahrazena průhlednou) a nakonec je obrázek invertován (obrázek 6.6).



Obrázek 6.6: Navigace pomocí hran místo barevného obrázku. Hrany byly detekovány pomocí Cannyho hranového detektoru.

Ořez obrázku dle předlohy

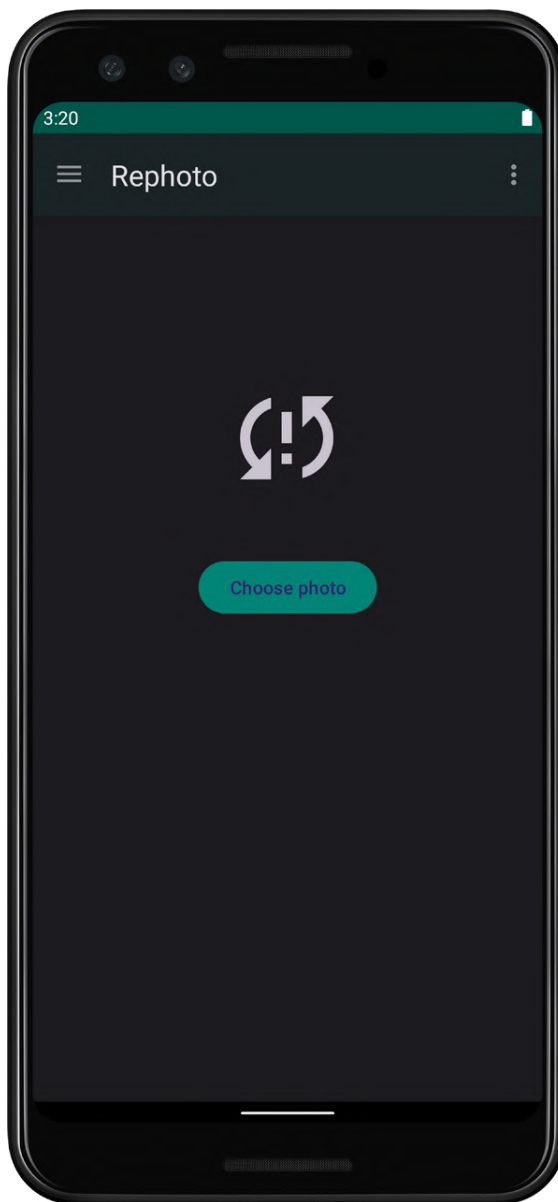
Náhled kamery fotoaparátu využívá celou plochu displeje mobilního zařízení. Náhled původní fotografie většinou celou tuto plochu nepokrývá. Výsledná fotografie má tedy často jiný formát než původní. Proto jsem implementoval ořez pořízené fotografie dle poměru stran fotografie původní. Algoritmus nejprve na základě porovnání poměru stran obou obrázků rozhodne, zda je třeba pořízený obrázek zúžit nebo zploštit. Algoritmus poté vypočítá odsazení od horní nebo levé hrany obrázku a od něj velikost obrázku v pixelech. Pořízený obrázek je poté pomocí těchto parametrů oříznut (obrázek 6.7).



Obrázek 6.7: Oříznutí pořízeného obrázku dle poměru stran původního obrázku. Pořízený obrázek je možné ještě jednou zkontrolovat před jeho nahráním nebo uložením.

6.2.9 Offline režim

Aplikace nabízí svou funkčnost i bez připojení k internetu. Pokud nemá aplikace přístup k serveru (ať už výpadkem internetu nebo problémy na serveru), je místo seznamu jednotlivých míst uživateli zobrazen symbol výpadku připojení a možnost pokračovat offline (obrázek 6.8). Po kliknutí na tlačítko nahrání fotografie je uživatel vyzván, aby zvolil fotografii, kterou chce k navigaci využít. Tato fotografie je pak použita jako předloha a uživatel může novou fotografii vyfotit dle ní. Po pořízení opět zkontroluje, zda je fotografie správně zarovnána. Pokud není s výsledkem spokojen, může se vrátit zpět k fotografování nebo fotografii uložit.



Obrázek 6.8: Hlavní obrazovka po spuštění aplikace, pokud aplikace nemá přístup k internetu. Uživatel může vybrat vlastní fotografii k navigaci. Pořízená refotografie je poté uložena do zařízení.

6.2.10 Material Design

Tato sekce vychází z knihy Learning Material Design [5]. Material Design je designový systém vytvořený společností Google, který napomáhá vývojářům tvořit intuitivní uživatelská rozhraní. Tento systém zahrnuje mnohé principy. Například je inspirován fyzickým světem a jeho texturami, jak předměty odráží světlo, jak vrhají stíny. Imitace reálného světa je pro uživatele přirozená, takže nemusí nad jednotlivými operacemi tolik přemýšlet. Povrchy by měly připomínat papír a inkoust. Drží se striktně typografických pravidel. Využívá animací k upoutání a udržení pozornosti uživatele tak, aby rozuměl tomu, co se na jeho zařízení odehrává. Myslí i na uživatele se zhoršeným zrakem nebo omezenými motorickými schopnostmi. Barvy by měly být kontrastní a text na nich čitelný. Jednotlivá tlačítka by měla být od sebe dostatečně vzdálena, aby bylo omezeno nechtěné kliknutí. Mimo jiné nabízí i sadu ikon, které při správném použití na první pohled ilustrují funkčnost tlačítek nebo zpřehledňují seznamy v menu. Aplikace, které dodržují pravidla Material Design, nabízí uživatelům známé prostředí. Pokud se uživatel již někdy setkal s aplikací splňující tato pravidla, přechod na tyto aplikace bude mnohem snazší.

V mobilní aplikaci Rephoto byly využity například tyto prvky z knihovny Material⁹:

- NavigationDrawer – navigační okno, které se vysouvá z levé části hlavní obrazovky (obrázek 6.9);
- SwipeRefresh – potáhnutím galerie míst dolů je galerie aktualizována (obrázek 6.9);
- FloatingActionButton – plovoucí tlačítka, která slouží k navigaci v aplikaci,
- vektorové ikony;
- fonty.

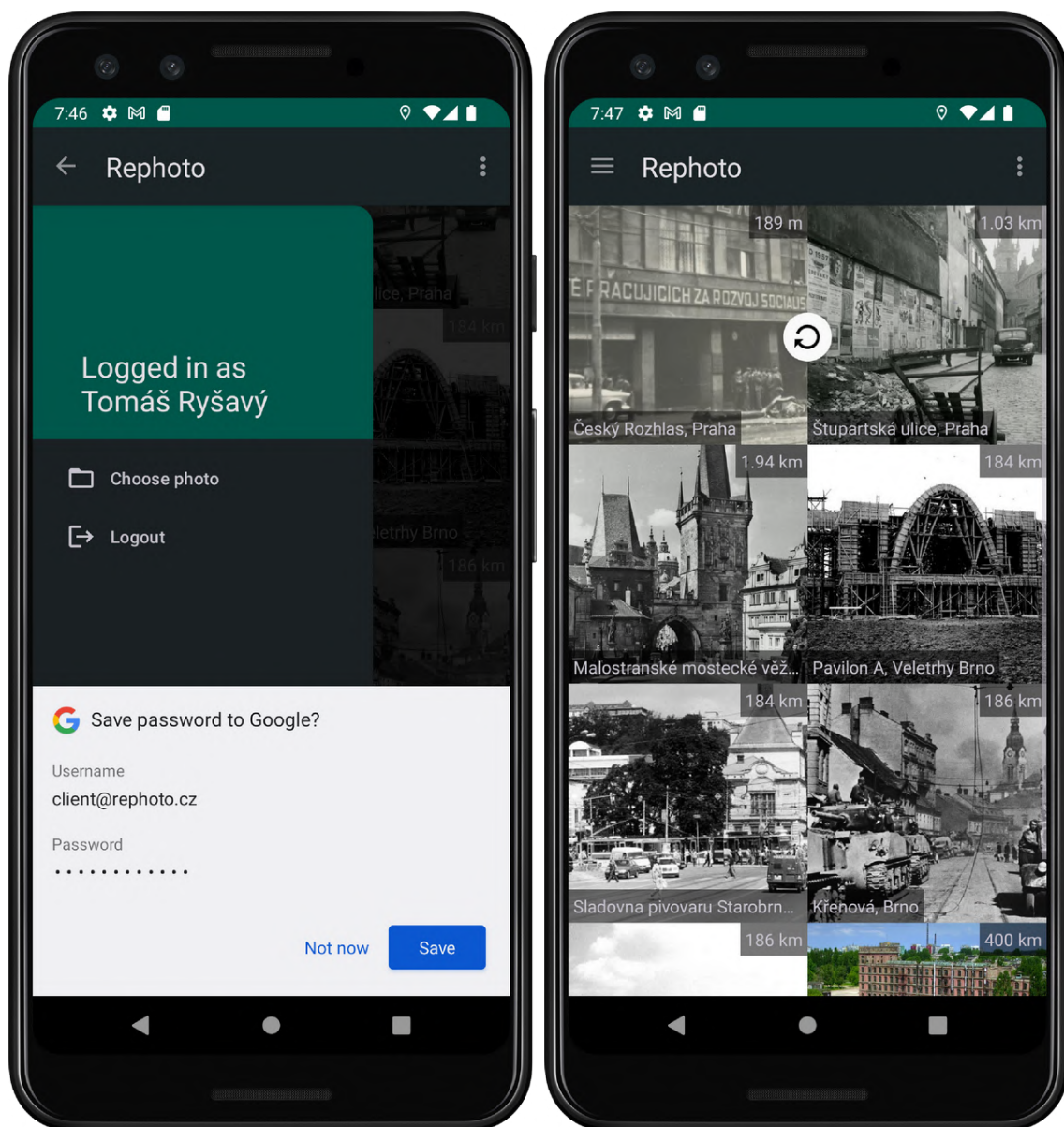
6.3 Uživatelské testování

Testování probíhalo průběžně s lidmi v mém okolí. Forma testování vycházela z knihy Don't make me think od autora Steva Kruga [4]. Tedy většinou tak, že jsem testujícím uživatelům předal mobilní nebo webovou aplikaci, řekl jim, jakého cíle by měli dosáhnout, jak by postupovali, kdyby hledali konkrétní informace, nebo jak by dosáhli určitého cíle. Požádal jsem je, aby své myšlenkové pochody říkali nahlas. Poté jsem pozoroval, jak nad konkrétními problémy přemýšlí a jak aplikaci používají. Následovala diskuze o možných vylepšeních a možnostech aplikace. Z uživatelského testování vyplynula například implementace hranového detektoru, který usnadňuje navigaci v situacích, kdy je použití průhlednosti nepřehledné. Také jsem díky uživatelskému testování přidal možnost přihlášení k serveru rephoto.cz při nahrávání pořizené refotografie přímo do tlačítka uploadu.

6.3.1 Refotografie pořizené pomocí aplikace Rephoto

Na obrázcích 6.10, 6.11 a 6.12 se nachází příklady refotografií pořizených pomocí mobilní aplikace Rephoto. Na levém snímku je zobrazena původní fotografie, uprostřed se nachází nově pořizená refotografie a na snímku vpravo jsou tyto dvě fotografie prolnuty. K pořizení refotografií byl použit telefon Realme 6s bez použití stativu. Použití stativu nebo stabilizátoru pořizení refotografií značně zjednoduší. Drobné nepřesnosti je možné kompenzovat

⁹Webové stránky knihovny Material: <https://material.io/>.



Obrázek 6.9: Na pravém obrázku je zobrazena nabídka přihlášení a nahrání vlastní fotografie k navigaci pro pořízení její refotografie (systém nabízí možnost uložení hesla do účtu Google). Na levém obrázku je ilustrována aktualizace seznamu obrázků potáhnutím dolů.

pomocí nástroje zarovnání na webu. Vytvoření jedné refotografie, včetně nalezení přesné pozice, mi trvalo kolem 5 minut. Většinu refotografií se mi povedlo vyfotografovat na druhý pokus přesněji. To přisuzuji tomu, že jsem nepoužil stativ ani stabilizátor a sledování zarovnání všech důležitých objektů vyžaduje velkou pozornost. Při opakovaném refotografování stejného pohledu již uživatel ví, které objekty nebyly přesně zarovnány a dává si na jejich zarovnání větší pozor.

Proces refotografování jsem zaznamenal a zpracoval do videa, ve kterém je použití aplikace demonstrováno¹⁰.



Obrázek 6.10: Refotografie zámku v Miroslavi pořízená mobilní aplikací Rephoto.

¹⁰Odkaz na video demonstrující proces pořízení refotografií pomocí aplikace Rephoto:
<https://youtu.be/5CXpqTaALZM>.



Obrázek 6.11: Refotografie Miroslavského náměstí pořízená mobilní aplikací Rephoto.

6.4 Nasazení aplikace na Google Play

Tato sekce se zabývá postupem nahrání aplikace na Google Play. Pro nasazení aplikace na Google Play je nutné mít vytvořený účet na stránkách Google Play Developer Console¹¹. Vytvoření tohoto účtu je spojeno s jednorázovým poplatkem, který nyní činí 25 \$. Z tohoto účtu může vývojář zveřejňovat aplikace zdarma.

Dalším krokem je vytvoření profilu aplikace. Ten je vytvořen zadáním názvu. Poté je třeba profil naplnit informacemi o aplikaci. Google vyžaduje, aby aplikace měla veřejný název, stručný a detailní popis, ikonu aplikace, hlavní grafiku a snímky obrazovky. Je nutné nahrát 2–8 snímků obrazovky telefonu, a alespoň jeden snímek 7palcového a jeden snímek 10palcového tabletu. Tyto profily aplikace lze přizpůsobovat pro uživatele z jednotlivých zemí.

¹¹Odkaz na stránky Google Play Developer Console: <https://play.google.com/console/>.



Obrázek 6.12: Refotografie fary ČCE v Miroslavi pořízená mobilní aplikací Rephoto.

Nyní přichází na řadu nahrání balíčku aplikace. Vývojářské prostředí Android Studio nabízí možnost vytvoření balíčku připraveného k nahrání na Google Play, to vyžaduje ověřený podpis aplikace. Jedním podpisem je nutné podepisovat všechny verze aplikace, aby uživatelé dostávali aktualizace skrze službu Google Play. Pokud by byl v nějaké budoucí verzi podpis rozdílný, tak je nutné nainstalovanou aplikaci v mobilní zařízení odinstalovat a nainstalovat znovu. O vytvoření a správu podpisů se stará samotná Google Play Developer Console, vývojář si tak musí podpis bezpečně uchovat.

Testování aplikace

Tato sekce vychází z článku o testování před publikováním aplikací na Google Play [2]. Pro testování aplikací nabízí Google Play Developer Console více vrstev lišících se například v počtu testovacích uživatelů nebo dostupnosti testovací verze (tabulka 6.1), každá vrstva slouží k získání zpětné vazby od uživatelů/testerů potřebné ke zlepšování dané aplikace.

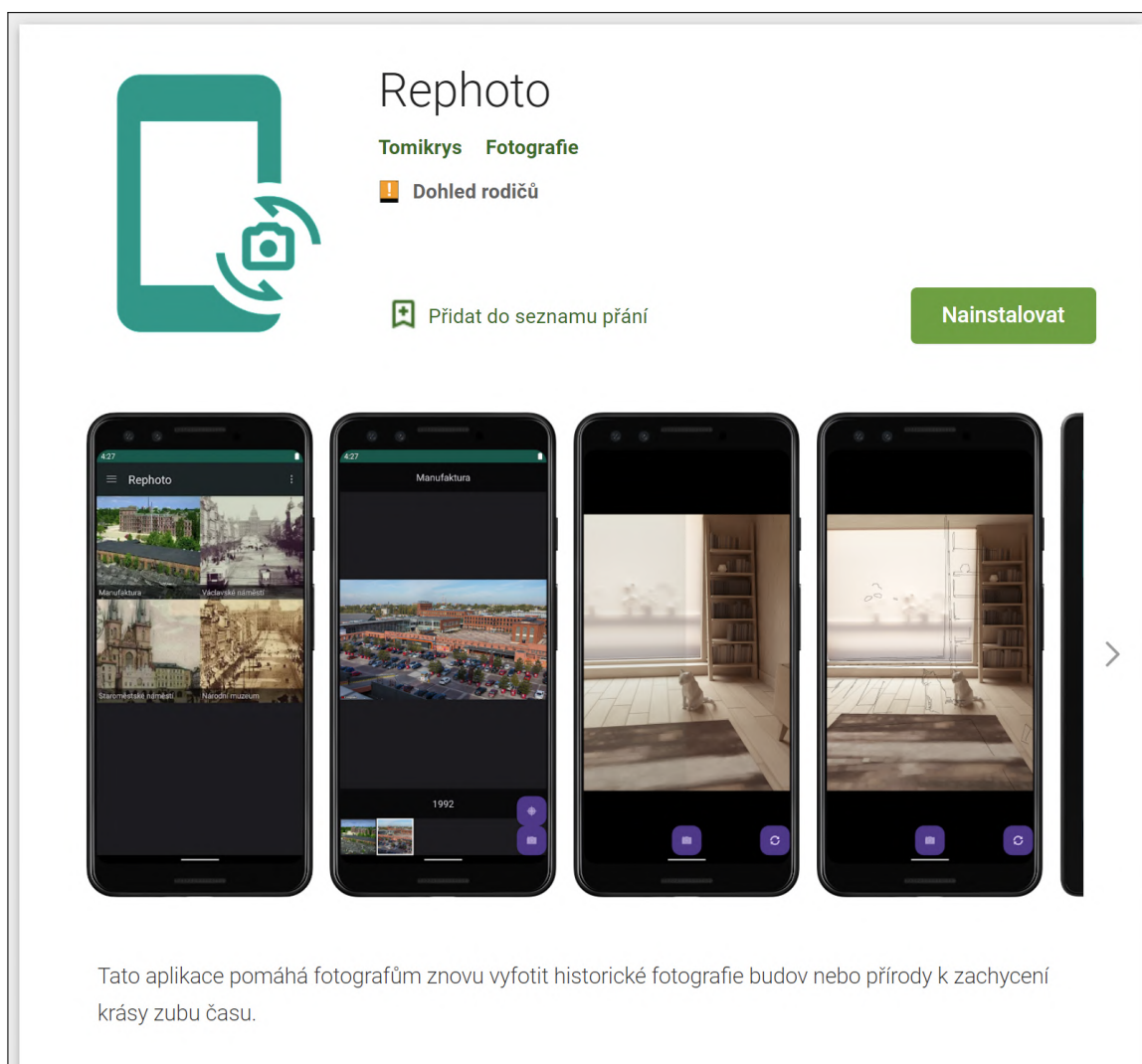
Interní testování slouží pro testování s vybranými testery. Do interního testování může být zahrnuto až 100 testerů. Výhodou testování na této vrstvě je, že aplikace nemusí být

zcela nakonfigurována. Emailové adresy interních testerů je nutné zadat v konzoli Google Play.

Uzavřené testování slouží k testování ještě před vydáním aplikace s širším okruhem testerů. Tyto testery je nutné pozvat skrze email.

Do poslední testovací vrstvy, **otevřeného testování**, se můžou zapojit uživatelé přímo z aplikace Google Play, kde má aplikace vlastní, testovací, profil. V této fázi musí být aplikace připravena ke zveřejnění na Google Play.

Nahraná aplikace prochází těmito vrstvami testování. Z každé vrstvy je možné ji propagovat do vrstvy vyšší. Z otevřeného testování je pak aplikace propagována do produkce. Produkční verze je pak dostupná všem uživatelům. Produkční verzi lze omezit dle země, ve které se mobilní zařízení nachází. Profil aplikace Rephoto¹² je zobrazen na obrázku 6.13.



Obrázek 6.13: Profil mobilní aplikace Rephoto na platformě Google Play.

¹²Odkaz na aplikaci Rephoto:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vyw.rephotoandroid>.

Tabulka 6.1: Srovnání jednotlivých vrstev pro testování a produkci na Google Play. Tabulka převzata z <https://medium.com/googleplaydev/test-pre-launch-96d0ef3c4d51>.

	Interní testování	Uzavřené testování	Otevřené testování	Publikace
Veřejné hodnocení	×	×	×	✓
Zveřejnění na Google Play	×	×	✓	✓
Omezení počtu stažení	✓	✓	✓	×
Získávání uživatelů	×	×	✓	✓

Hodnocení vhodnosti obsahu aplikace

Pro nahrání aplikace na Google Play je nutné vyplnit dotazník k určení vhodnosti obsahu. Dle tohoto dotazníku získá aplikace věkové omezení nebo jsou uživatelé informováni o potenciálně závadném obsahu. Tento dotazník obsahuje například otázky týkající se nahoty, násilí, rasové nebo náboženské diskriminace, zaměření aplikace, jestli jsou uživatelská data zabezpečena, jestli aplikace sdílí uživatelská data se třetími stranami, jestli jsou údaje o poloze odesílány třetím stranám, přítomnost reklam, zda se jedná o zpravodajskou aplikaci, jestli aplikace slouží ke sledování kontaktů a stavu v souvislosti s nemocí Covid-19 a další.

6.5 Pokračování ve vývoji aplikace

Tato sekce se zabývá možným pokračováním ve vývoji aplikace a jejího rozšiřování.

Rozšíření o funkčnost webové aplikace

Přidání mapy s místy a jejich náhledem, implementace je možná pomocí Google Maps API. Implementace deformace refotografie pomocí homografie, tedy přesné zarovnání refotografie dle zadaných klíčových bodů. Kompletní správa míst a fotografií nahraných uživatelem.

Rozšíření o navigační algoritmus

Reimplementace navigačního algoritmu, kterým se ve své bakalářské práci zabýval Adam Sikora.

Možnost použití různých objektivů

Mobilní telefony mají v dnešní době často více než jeden objektiv. Aplikace Rephoto používá pouze ten hlavní. Pro refotografování některých fotografií by však bylo vhodné použít například ultraširoký objektiv, který pořídí fotografii s větším záběrem, takže fotograf může stát blíže k fotografovanému objektu. Mnoho mobilních telefonů nabízí objektiv s pevným zoomem. Možnost přepnutí fotoaparátu by dávala fotografovi větší volnost (fotograf by mohl zvolit takový objektiv, jehož vlastnosti se nejvíce blíží ohniskové vzdálenosti původního objektivu) a rozšířila by množství fotografií, které lze technicky pomocí aplikace refotografovat.

Kompenzace ohniskové vzdálenosti

Využití algoritmu k deformaci pořízené refotografie tak, aby shodné objekty byly zarovnány vůči původní fotografii. Dosažení této funkce by bylo možné využitím korekce radiálního zkreslení¹³ spolu s transformací perspektivy, kterou využívá webová aplikace Rephoto.

Tato funkce však může způsobit příliš drastické deformace, kvůli kterým by refotografie nepůsobila přirozeně. Bylo by nutné ji používat pouze pro detailní kompenzace a zarovnání.

Možnost vytvoření procházky skrze zvolená místa

Možnost zvolení míst, které chce uživatel navštívit a poté naplánování trasy, která by tyto místa zahrnovala. Možným postupem by mohlo být využití některého z algoritmů pro řešení problému obchodního cestujícího a následné odeslání míst k naplánování konkrétní trasy externí aplikaci s mapovými podklady. Za předpokladu, že je většina míst poměrně dobře dostupná v zabydlených oblastech by vstupem pro algoritmus mohla být vzdušná vzdálenost mezi jednotlivými místy.

Případně by bylo možné využít API například služby GraphLooker¹⁴, které poskytuje možnost optimalizace cesty skrze více zadaných míst. Ovšem tato služba je zpoplatněná, zdarma lze API využít pouze do 5 míst na jedné trase.

Další služba s názvem MapQuest¹⁵ nabízí možnost vytvoření optimalizované trasy zdarma do 15 000 transakcí měsíčně. Nabízí plánování pro pěší vycházku¹⁶ a je omezena maximálním počtem 25 zastávek.

¹³Článek zabývající se homografií radiálního zkreslení: https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2015/papers/Kukelova_Radial_Distortion_Homography_2015_CVPR_paper.pdf.

¹⁴Demo služby GraphLooker: <https://graphhopper.com/api/1/examples/#optimization>.

¹⁵Demo služby MapQuest: <https://www.mapquest.com/routeplanner>.

¹⁶Dokumentace vytvoření optimální trasy v aplikaci MapQuest: <https://developer.mapquest.com/documentation/open/directions-api/optimized-route/get>.

Kapitola 7

Závěr

Cílem práce bylo vytvořit systém pro pořizování nových záběrů historických fotografií na základě výstupů diplomové práce Martina Sikory [8] a bakalářské práce Adama Červenky [9]. Obě tyto práce jsem nastudoval a postupně aktualizoval a zbavoval chyb, abych měl dostatek znalostí a dostatečný základ pro propojení a rozšíření obou aplikací. U webové části jsem pracoval především na zlepšení UX a na nasazení aplikace online. Navigační algoritmus v Mobilní aplikaci od Adama Červenky se mi bohužel nepodařilo zprovoznit. Vytvořil jsem vlastní řešení, které rozšiřuje webovou část o možnost pořízení refotografie k nahraným snímkům. Mobilní aplikace nabízí galerii nahraných refotografií a možnost přímého pořízení nových refotografií k daným místům pomocí navigace uživatele překrytím náhledu kamery mobilního zařízení původní fotografií. Aplikace také nabízí otevření navigace k daným místům pomocí již nainstalovaných aplikací s mapovými podklady. Pořízenou refotografií je možné nahrát na web rephoto.cz. Řešení jsem průběžně testoval a iterativně vyvíjel. Webová¹ i mobilní aplikace² byly nasazeny online a poskytnuty veřejně k používání. V rámci práce bylo také vytvořeno video, které demonstruje proces pořízení refotografií³.

¹Odkaz na webovou aplikaci: <https://rephoto.cz>.

²Odkaz na mobilní aplikaci:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vyw.rephotoandroid>.

³Odkaz na video demonstrující proces pořízení refotografií pomocí aplikace Rephoto: <https://youtu.be/5CXpqTaALZM>.

Literatura

- [1] BAE, S., AGARWALA, A. a DURAND, F. Computational rephotography. *ACM Trans. Graph.* 2010, sv. 29, č. 3, s. 24–1.
- [2] CROVETTO, F. Pre-launch testing for mobile games: tools and best practices on Google Play. [online]. Medium. Říjen 2020, [cit. 13. 5. 2022]. Dostupné z: <https://medium.com/googleplaydev/test-pre-launch-96d0ef3c4d51>.
- [3] KLETT, M. *Third views, second sights*. Santa Fe, NM: Museum of New Mexico Press, září 2004. ISBN 9780890134320.
- [4] KRUG, S. *Don't make me think! : a common sense approach to Web usability*. Berkeley, Calif: New Riders Pub, 2006. ISBN 9780321344755.
- [5] MEW, K. *Learning Material Design*. Birmingham, England: Packt Publishing, prosinec 2015. ISBN 1785289810.
- [6] NICOLE LEANNE. *[RE]photography* [online]. 2015 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: <https://www.nicoleleanne.com/rephotography>.
- [7] NORMAN, J. B. a KEENEY, R. C. *Oregon Main Street: A Rephotographic Survey*. Oregon Historical Society Pr; First Edition, 1994. ISBN 9780875952567.
- [8] SIKORA, M. *Webová aplikace pro pořizování nových záběrů historických fotografií*. Brno, CZ, 2018. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií.
- [9] ČERVENKA, A. *Výpočetní re-fotografie*. Brno, CZ, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií.