

Vysoká škola ekonomická v Praze
Fakulta informatiky a statistiky



Aplikace pro sledování zvířat

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: Aplikovaná informatika

Studijní obor: Aplikovaná informatika

Autor: Karel Douda

Vedoucí práce: Ing. David Král

Praha, květen 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Aplikace pro sledování zvířat* vypracoval samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury.

V Praze dne DD. měsíc RRRR

.....

Podpis studenta

Poděkování

Poděkování.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá vývojem mobilní aplikace pro zjednodušení práce ornitologů v poli, konkrétněji o zobrazení dat z GPS-GSM trackerů, zobrazení informací o zvířatech co je nosí a jejich atributy, anotace a přiložená média. Vytvořená aplikace komunikuje s ornitologickou platformou Anitra a slouží jako její klient. Hlavním přínosem práce možnost využít aplikaci na mobilních zařízeních a místech se špatným pokrytím bezdrátového internetu. Cílem práce je vytvořit mobilní offline-capable aplikaci vyhovující požadavkům ornitologů.

V práci je ve zkratce popsán současný stav ve světě zvířecí telemetrie, specifikace problémových oblastí pro práci v poli, popis současných řešení určitých částí problému a řešení jsou na konci srovnána. Práce je rozdělena do šesti kapitol, kde první dvě kapitoly se věnují již zmíněným vývojem v oblasti telemetrie a popisu současné situace řešení vytipovaných problémů.

Po stanovení problémů dochází ke krátké analýze problémů. V následující kapitole se vybírá technologie dle kritérií stanovených pro aplikaci tohoto typu. Navazující kapitola se věnuje návrhu uživatelského rozhraní a návrhu aplikační architektury. Poslední kapitola se věnuje implementaci aplikace a jde do detailu pro některé části aplikace, které jsou řešeny zajímavým způsobem či jsou považovány za reprezentativní pro ostatní části aplikace. Aplikace nemohla být nasazena a otestována zákazníky kvůli situaci spojené s COVID-19, které způsobily zdržení v procesu publikace mobilních aplikací.

Výsledkem této práce je funkční, ačkoliv v momentu vydání práce nevydaná aplikace pro práci ornitologů v poli.

Klíčová slova

animal tracking, mobilní aplikace, react native, expo

Abstract

The purpose of this thesis is to document the development of a mobile application for fieldwork support of ornithologists, specifically the display of data from GPS-GSM trackers, their associated animals and the attributes, annotations and media related to those animals. The finished application communicates with the ornithological web platform Anitra and serves as its client. Main benefit of this thesis is the creation of a mobile application for fieldwork support that functions well in areas with poor wireless internet coverage. The aim of this thesis is to develop a mobile, off-line capable application that meets the demands of ornithologists.

The text itself contains the summarization of development and current state of animal telemetry, specification of problem areas for ornithological field work and in the end, presents current methods of solving those problems and their pros and cons. This thesis is separated into six chapters, where the first two chapters are concerned with the previously described developments in animal telemetry and problem areas identified in the first chapter.

Problem area specification is followed by requirement analysis. Following chapter describes the process of technology stack selection. Next chapter is concerned with software and UI design. Finally, the last chapter describes the process of implementing the application, with special emphasis on unique or representative segments of the application. Unfortunately the application could not be deployed or tested by end users in time due to the COVID-19 situation which caused complications in the application deployment process.

Nevertheless, the result of this thesis is a working application created to suit the needs of the ornithologists which, at the moment of writing, is not yet published on any mobile application store.

Keywords

animal tracking, mobile app, react native, expo

Obsah

Úvod	17
1 Problémová oblast	19
1.1 Vývoj v oblasti telemetrie	19
2 Existující řešení	23
2.1 Nestrukturovaný zápis	23
2.2 Strukturovaný zápis	24
2.3 Geografické informační systémy	25
2.3.1 Google MyMaps	25
2.4 Specializovaný software	26
2.4.1 Movebank	26
2.4.2 Movebank Animal tracker	27
2.4.3 Anitra	28
3 Analýza požadavků	31
3.1 Identifikace stakeholderů	31
3.2 Sběr požadavků	31
3.3 Funkční požadavky	32
3.3.1 Diagram případů užití	32
3.4 Nefunkční požadavky	33
3.5 Časové aspekty	34
4 Technologie	35
4.1 Kritéria výběru	35
4.1.1 Podpora více platforem	35
4.1.2 Rychlost vývoje	35
4.1.3 Velikost komunity	36
4.1.4 Programovací jazyk	36
4.1.5 Vytváření uživatelského rozhraní	36
4.1.6 Hotové komponenty	36
4.2 Výběr technologie	37
4.2.1 Hodnocení React Native	37
4.2.2 Hodnocení Xamarin	38
4.2.3 Hodnocení Flutter	38
4.2.4 Vybraná technologie	39
4.3 React Native	40
4.3.1 JavaScript a EcmaScript	40
4.3.2 TypeScript	41
4.3.3 React	41

4.3.4	React Native	43
4.3.5	MobX	43
4.3.6	Expo	44
4.3.7	TurtleCLI	45
5	Návrh	47
5.1	Uživatelské rozhraní	47
5.1.1	Onboarding, přihlášení, registrace	48
5.1.2	Mapová koncepce	48
5.1.3	Detail trackeru	50
5.1.4	Kontextové menu a podobrazovky	51
5.2	Aplikační architektura	53
5.2.1	Základní koncepce	53
5.2.2	Datové zdroje a entity	53
5.2.3	Komponenty	56
5.2.4	Subkomponenty	57
6	Implementace	59
6.1	Vývojové prostředí	59
6.1.1	Vytvoření projektu	59
6.2	Implementace uložišť a entit	60
6.3	Implementace obrazovek	61
6.3.1	Implementace hlavní mapy	63
6.4	Implementace subkomponent	64
6.4.1	Implementace off-line map	65
6.5	Implementace navigátorů	65
6.6	Implementace push notifikací	67
6.7	Sestavení pomocí TurtleCLI	68
6.8	Publikování na Google Play	68
	Závěr	69
	Seznam použité literatury	71

Seznam obrázků

1.1	Schéma systému GPS-GSM trackerů	21
2.1	Screenshot z aplikace Movebank Animal Tracker	28
3.1	Diagram případu užití	33
4.1	Srovnání trendů technologií pro mobilní vývoj	37
4.2	Logo React – zdroj: Facebook Inc.	41
4.3	Expo a MetroBundler	45
5.1	Wireframe přihlášení a onboarding obrazovky	48
5.2	Wireframe poslední pozice a filtrování mapy	49
5.3	Wireframe detailu trackeru	50
5.4	Wireframe kontextového menu	51
5.5	Wireframe seznamu trackerů	52
5.6	Class diagram datových zdrojů a entit	54
5.7	Cache – vývojový diagram	55
5.8	Strom komponent	56
6.1	Výsledek implementace hlavní mapy	64

Seznam tabulek

2.1	Hodnocení nestrukturovaného zápisu	23
2.2	Hodnocení strukturovaného zápisu	24
2.3	Hodnocení Google MyMaps	26
2.4	Hodnocení Movebank	27
2.5	Hodnocení Anitra	29
4.1	Hodnocení React Native	38
4.2	Hodnocení Xamarin	38
4.3	Hodnocení Flutter	39
4.4	Srovnání možností sestavení Expo aplikace	46

Seznam procedur

4.1	React komponenta	42
4.2	React komponenta s podmínkou	42
4.3	Vytvoření základní struktury aplikace	44
4.4	Spuštění mobilní aplikace na virtuálním stroji nebo připojeném zařízení . . .	44
6.1	Vytvoření nového projektu	59
6.2	Ukázka entity	60
6.3	Ukázka entity	61
6.4	Ukázka implementace obrazovky	61
6.5	Ukázka implementace obrazovky	63
6.6	Off-line mapy	65
6.7	Instalace react-navigation	65
6.8	Import knihoven pro hlavní navigátor	65
6.9	Import obrazovek pro hlavní navigátor	66
6.10	Implementace navigátorů	66
6.11	Vytvoření aplikačního kontejneru	66
6.12	Přenařigování	67
6.13	Přenařigování	67
6.14	Expo notifikace	68

Seznam použitých zkratek

IoT Internet of Things

GSM Global System for Mobile
Communications

GPS Global Positioning System

HTTP HyperText Transfer Protocol

CSS Cascading Style Sheets

JS JavaScript

SDK Software Development Kit

NPM Node Package Manager

ES EcmaScript

TS TypeScript

RN ReactNative

JSON JavaScript Object Notation

CI Continuous Integration

Úvod

S rozvojem IoT technologií dochází ke stále další a další miniaturizaci autonomních off-the-grid zařízení. Jedním z mnoha oborů, které z tohoto vývoje těží, je zoologie. Obory zoologie zabývající se výzkumem migrací, studiím životních cyklů, ochrany a výzkum vlivu lidské činnosti na zvířata díky tomuto vývoji využívají stále dostupnější trackovací zařízení nasazovaná na zvířata. Nasazená zařízení komunikují především pomocí GSM technologií a sbírají telemetrická data o životních funkcích zvířete, pozici, vzdálenosti k zájmovým bodům a podobně.

Cílem této práce je vytvoření aplikace pro sledování a kontrolu divokých zvířat v terénu, konkrétněji ptáků. Primární funkcí aplikace je zobrazení posledních pozic vybraných zvířat v mapě. O vybraných zvířatech se ukládají metainformace, které mohou sloužit k dodatečné identifikaci v terénu. Pro aplikaci je kritická možnost fungování bez internetového připojení, kterou současné řešení nepodporuje. Současné řešení taktéž není vhodné pro použití na mobilu z hlediska použitelnosti. Toto téma je řešeno z důvodu absence efektivního řešení tohoto problému.

Zvolený způsob řešení je multiplatformní aplikace vyvíjená v prostředí React Native s možností prací offline. React Native umožňuje vytváření mobilních aplikací pro platformy Android i iOS bez nutnosti psát dvě separátní aplikace. React Native je souborem JS knihoven postavených nad frontendovým frameworkem React od společnosti Facebook. Pro zrychlení vývoje bez nutnosti podbrného testování aplikací na obou platformách byla použita nástavba Expo, která dále abstrahuje od platformně závislého kódu. Zdrojem dat je ornitologická platforma Anitra, která mimo funkce datového uložště podporuje sdílení dat a udržování metainformací o zvířatech.

Tento dokument se skládá z X kapitol. První kapitola ve zkratce popisuje problémovou oblast, současný stav a základní koncepty nutné pro pochopení zbytku práce související s kontextem ornitologie a telemetrických zařízení pro ornitologii. V druhé kapitole se objasní stávající řešení využívání k docílení určitých požadavků, které objasní následující kapitoly a důvod, proč existující řešení nejsou vhodná. Samotným vývojovým procesem se tento dokument zabývá od kapitoly Analýza požadavků, ve které se uvedou funkční požadavky na mobilní aplikaci. Kapitola technologie popisuje technologie, které pro řešení tohoto problému šlo využít, jaká byla vybrána a základní informace o jednotlivých částech technologie. Kapitola návrh popíše návrh aplikačních architektury a návrh uživatelského rozhraní. Kapitola implementace popíše proces vytváření samotné aplikace a věnuje se specifickému řešení problémů z předchozí kapitoly. Poslední kapitolou je testování a nasazení, kde je popsán způsob, jakým byla aplikace testována a publikována. Na závěr je zhodnocení splnění cílů práce a možnost dalšího rozvoje.

1. Problémová oblast

Sledování a popis životního cyklu ptáků, vědecká disciplína nazývaná ornitologie, je poměrně starou vědeckou disciplínou s kořeny již ve starověku. Jedním z prvních dochovaných textů zabývajícím se popisem života ptáků je Aristotelova *Historia Animalium* v roce 350 př. n. l. (Aristoteles et al., 1965), která podrobně popisovala mimojiné i ptačí migrace. Ornitologie se postupně rozvíjela – zaváděly se taxonomie ptactva, studovala se ptačí anatomie, ale spousta otázek spojená s chováním ptáků zůstávala nezodpovězena. V roce 1805 se Americký ornitolog John James Audubon údajně snažil prokázat, že se každým rokem na jeho farmu vrací stejný jedinec druhu *Sayornis phoebe* přivázáním stříbrného lanka na nohu (Halley, 2018). Tímto by nepřímo položil základy pro tzv. kroužkování, pasivní označení jedinců kovovým kroužkem s vyraženým sériovým identifikátorem kroužku. Systém kroužkování zavedl dánský ornitolog a učitel Hans Christian Cornelius Mortensen v roce 1899. Na území České republiky se kroužkování ujalo roku 1910, přibližně rok po rozšíření systému v Anglii a Německu. Dle informací Společnosti spolupracovníků kroužkovací stanice Národního muzea je dnes registrováno 480 spolupracovníků, kteří ročně okroužkují kolem 175 000 ptáků (Kroužkování ptáků, 2017a).

Kroužkování ptáků slouží k mnoha účelům – mapování migračních tras (zimoviště, návrat na stejné lokace), populační studie (např. rozšiřování jednotlivých druhů, roční úhyn nebo naopak nárůst), životní cyklus ptactva (např. délka života). Kroužkování je dodnes základem práce ornitologů díky jeho nízké cenové náročnosti a mezinárodní kolaboraci ornitologů, záchranných stanic a dobrovolníků (Kroužkování ptáků, 2017b).

Hlavní nevýhodou kroužkování je samozřejmě pasivní povaha této metody – o ptácích se zjišťují pouze kusé informace o jejich přibližné poloze, které musí nahlásit pozorovatel. Metoda je také účinná jen při velkém počtu kroužků (Sokolov, 2011). Pozorování samotné je taktéž záležitostí s prvkem nejistoty - kroužky nemusí být dostatečně čitelné pro kompletní identifikaci, pozorovatel tedy může informovat např. jen o pozorování určitého druhu ptáka. Kroužkování závisí také na vysoké angažovanosti dobrovolníků a disciplinované administrativě související s osazením a nahlášením pozorování ptáků s kroužky. Dále taktéž neřeší jiné úkoly ornitologů, které souvisí např. s kontrolou hnízd – musí se zkontrolovat rozsáhlý počet hnízdištních lokalit místo konkrétních hnízd, což s sebou přináší logistické i administrativní problémy.

1.1 Vývoj v oblasti telemetrie

Počátek radiotelemetrie životních ukazatelů zvířat je v čase obtížné zařadit, ale do určitého bodu v čase se jednalo téměř výhradně o invazivní procedury omezující pohyb, což značně znehodnocovalo získané výsledky. Jeden z prvních úspěšných neinvazivních experimentů vylíčil ve vynález radiového induktografu, zařízení měřící fyziologickou aktivitu zvířete bez omezování pohybu (Fuller et al., 1948).

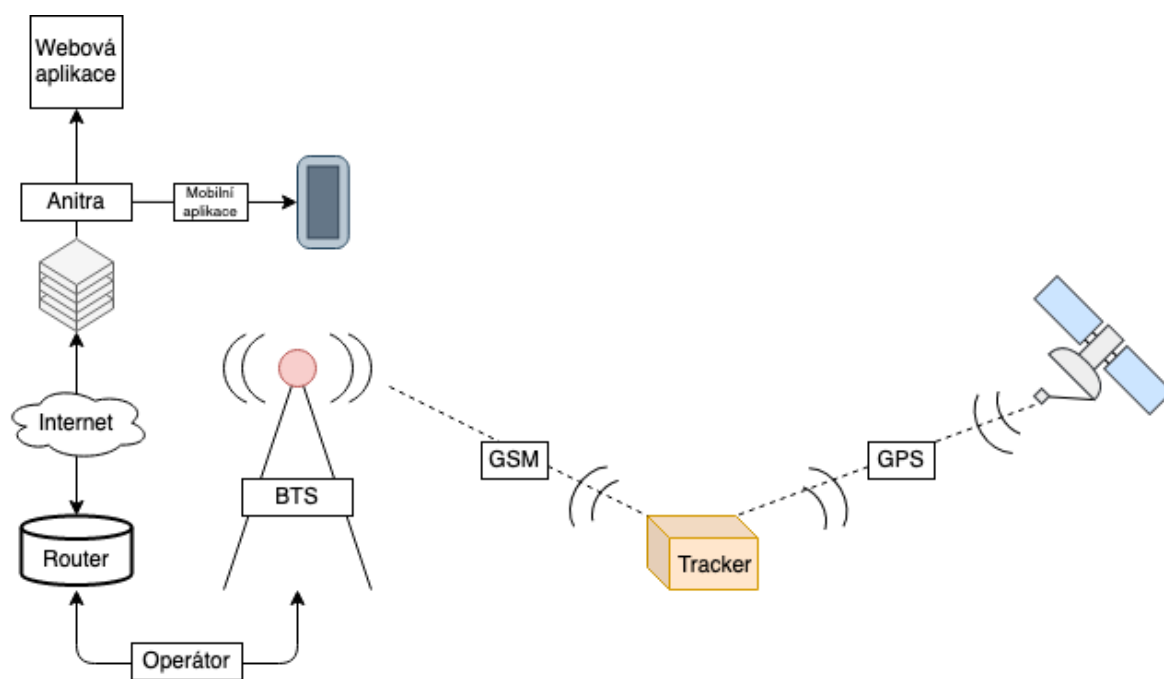
Miniaturizací elektronických součástek, především akumulátorů, se v 60. letech 20. století začínají rozšiřovat aktivní telemetrická zařízení. Klíčovým pro tento rozvoj byl vynález tranzistoru v roce 1948, resp. jeho obecná dostupnost v roce 1952, což umožnilo nástup kompaktní radiotelemetrie (Amlaner et al., 1980). Radiolokátory mohou pomocí elektromagnetických pulsů přenášet určitá data za použití modulací nosné vlny signálu. Jednoduché radiolokátory umožnily v terénu přesně určit pozici zvířete sledováním intenzity signálu triangulací (Farve, 2014), měření signálů z tří různých lokalit a následně. Tímto se zjednodušilo např. hledání hnízd, čímž se taktéž usnadnilo hledání a označení mladých jedinců, kteří ještě nebyli vyvedeni z hnízda.

Ornitologie těžila i z rozvoje kosmických programů. Signály z dostatečně výkonných radiolokátorů mohou být přijaty speciálními družicemi v kosmu a za pomoci Dopplerova jevu lze spočítat přibližnou polohu daného jedince (Farve, 2014). Tato řešení nebyla zpočátku pro ornitologii příliš vhodná z hlediska hmotnosti radiolokátorů. Příchodem GSM sítí v 90. letech a uvolňování restrikcí na použití GPS se situace pro ornitology zásadně změnila. Na trhu se objevily výrazně lehčí (desítky až jednotky gramů) GPS-GSM trackery vhodné i pro malé druhy ptáků (Sokolov, 2011). Data z těchto trackerů se průběžně sbírají a odesílají do systémů výrobců zařízení, případně přímo majiteli zařízení.

Rapidní nástup webových technologií po roce 2000 umožnil výrobcům zařízení jednoduše uživatelům poskytovat navazující služby ke svým zařízením, jmenovitě jednoduchou konfiguraci zařízení, základní vizualizaci dat, exporty dat, vedení metainformací k zařízení (např. na jakém zvířeti zařízení je) a další. Většina systémů se omezuje pouze na trackery od jednoho výrobce a funkce mimo množinu konfigurace zařízení jsou primitivní, až nedostatečné. I přesto se tyto systémy osvědčily např. v hledání otrávených jedinců za použití analytických funkcí těchto aplikací přímým i nepřímým způsobem (Stoynov et al., 2018).

V roce 2017 vznikla česká ornitologická platforma Anitra, která poskytuje komplexní nástroje pro správu zařízení a vizualizaci dat od širokého spektra výrobců trackerů (Kroužkování ptáků, 2019). Platforma Anitra taktéž poskytuje správu metainformací o zvířetech, správu zájmových bodů, nahrávání příloh a komplexní metody sdílení dat. Pro tuto práci byla platforma Anitra vybrána z důvodu autorovy možnosti vytvářet API na míru mobilní aplikaci a již existující uživatelské základny. Anitra taktéž prodává vlastní GPS-GSM zařízení.

Pro základní představu typického systému GPS-GSM trackerů (konkretizován pro platformu Anitra) je níže uvedeno schématické znázornění jeho prvků a vztahů mezi nimi.



Obrázek 1.1: Schéma systému GPS-GSM trackerů

2. Existující řešení

Tato kapitola se věnuje popisu již existujících řešení problémů nastíněných v předchozí kapitole. V této kapitole budou zhodnoceny i další problémy, např. administrativního rázu a problémy s bezpečností dat. Za konkrétní problémy se zde řadí: uchovávání informací o jedincích (morfometrické údaje, obrázky, místo označení), uchování pozic z GPS-GSM trackeru, uchování jiných geografických informací (např. lokace hnízdiště), přehlednost dat, přenositelnost a sdílení dat. Tato kritéria i vybrané způsoby řešení byly vybrány konzultací se stakeholdery projektu, kteří jsou uvedeni v následující kapitole. Jednotlivá řešení budou popsána, zhodnocena z pohledu vydefinovaných kritérií a na konci bude vyneseno verdikt, proč bylo rozhodnuto pro vývoj mobilní aplikace nad platformou Anitra.

2.1 Nestrukturovaný zápis

Nestrukturovaná data je obecné označení pro data, která se zpravidla nedají popsat exaktním formálním schématem. Nejčastěji se jedná o textové dokumenty, obrázky či jiná multimédia (Gála et al., 2015). Pro lidské zpracování bývají nestrukturované dokumenty přirozenější, než strukturované dokumenty s exaktním schématem. Autory nestrukturovaných dat nemusí být pouze lidé, ale pro tento kontext budou uvažovány pouze artefakty lidské činnosti.

Metoda nestrukturovaného ručního zápisu spočívá v uchovávání papírových dokumentů vznikající při činnosti ornitologů. Je možné zapsat např. pozorování jedinců, kontroly hnízd, manipulace (např. nasazení kroužku), morfometrické údaje (délky křídel), obecné poznámky. Schéma zápisu nemusí být normalizované, je zde tedy nejjednodušší možnost schéma upravit pro potřeby ornitologa, případně ornitologické organizace.

Kritérium	Hodnocení
Informace o jedincích	1 – absence vynuceného schématu umožňuje uložit jakékoliv informace
Práce s pozicemi z trackerů	4 – informace musí být ručně vloženy
Práce s uživatelsky vloženými pozicemi	3 – informace musí být ručně vloženy, ale schéma není pevně dané
Přehlednost dat	3 – v datech se obtížně hledá, závisí primárně na zapisovateli, některé věci nejde vizualizovat jednoduše
Přenositelnost a sdílení dat	4 - data jsou složitě přenositelná, mohou být i obtížně pochopitelná

Tabulka 2.1: Hodnocení nestrukturovaného zápisu

Výhody

- možnost kdykoliv upravit schéma,
- nízká náročnost na technologie,
- rychlost zápisu,

Nevýhody

- obtížné vkládání fotodokumentace, o
- data jsou složitě přenositelná, obvykle pouze ručním přepisem do jiného systému.

2.2 Strukturovaný zápis

Označení *strukturovaná* se přisuzuje datům, které explicitně zachycují fakta, atributy, objekty, u kterých je významným rysem existence elementů dat. Strukturované ukládání dat je strojově zpracovatelné počítači a ukládá se často v databázových systémech (Sklenák, 2001) nebo tabulkových procesorech. V této podkapitole bude popsán zápis pomocí tabulkového procesoru.

Na rozdíl od ručního zápisu je zde možné vynutit schéma, přehlednost i přenositelnost dat je tedy nesrovnale vyšší. Změny schématu pro zaznamenání nového druhu informací mohou být komplikací, např. v případě rozdělení datového elementu na dva, nutnosti změnit procesy či procedury zapisování záznamu. Problematické je vkládání a zobrazování některých telemetrických dat z trackerů umístěných na zvířatech. Ačkoliv např. zobrazení numerických telemetrických dat (teplota, napětí na akumulátoru) je jednoduché a dá se v tabulkovém procesoru zobrazit jednoduše, geografické pozice nikoliv. Problém také nastává při přibývání dat s výkonem. Problém zde může nastat při spolupráci více uživatelů najednou, synchronizace dat se musí kontrolovat, aby nedošlo ke ztrátě dat.

Kritérium	Hodnocení
Informace o jedincích	2 – způsob dostačuje, ale změna schématu nemusí vždy být flexibilní
Práce s pozicemi z trackerů	3 – informace musí být ručně vloženy, případně integrovány službou
Práce s uživatelsky vloženými pozicemi	3 – informace musí být ručně vloženy, ale schéma není pevně dané
Přehlednost dat	2 – v datech se dá vcelku dobře hledat, ale některé metriky je obtížné vizualizovat
Přenositelnost a sdílení dat	3 - data jsou přenositelná do jiných formátů, ale díky absenci standardizovaného schématu se vždy musí data napárovat ručně, sdílení dat je jednoduché

Tabulka 2.2: Hodnocení strukturovaného zápisu

Výhody

- možnost kdykoliv upravit schéma,
- nízká náročnost na technologie,
- rychlost zápisu,
- integrované vizualizační nástroje,
- tabulková podoba dat srozumitelná pro vědce.

Nevýhody

- závislost na přístupu k souborům tabulkového procesoru,
- obtížné či neefektivní zachycení nestrukturovaných dat (obrázků, volných textů),
- data jsou stále z větší části vkládána ručně,
- data jsou složitě přenositelná, obvykle pouze ručním přepisem do jiného systému.

2.3 Geografické informační systémy

Geografický informační systém je označení pro sadu hardware, software a geografických dat pro sběr, správu, analýzu a zobrazení všech způsobů geograficky referencovaných informací, neboli také prostorových dat (Gartner, 2020). Z geografické povahy dat tedy vyplývá, že některé GIS softwary by mohly být pro ornitologickou aplikaci vhodné.

2.3.1 Google MyMaps

Google MyMaps je produktem z portfolia mapových produktů společnosti Google. Google MyMaps slouží především k uchování bodů, čar a polygonů v mapě. Pro ukládání dat tabulkového charakteru má aplikace podporu pouze pro objekty viditelné v mapě ve formě atributu, výhodou je ale jim možnost definovat schéma. Software ze své obecné charakteristiky má vysokou míru personalizace a obecnosti. Nespornou výhodou je napojení na ekosystém Google Drive, který umožňuje nahradit nedostatky této aplikace jinými. Správa příloh je zde taktéž vyřešena velmi dobře.

Výhody

- vysoká míra personalizace,
- jednoduchost softwaru,
- standardizovaný formát pro export i import dat (KML),
- napojení na ekosystém Google Drive.

Nevýhody

- zaměřeno především na objekty v mapě,
- složité vytváření struktur nad objekty v mapě (taxonomie, metainformace),

Kritérium	Hodnocení
Informace o jedincích	5 – veškeré informace se vztahují k bodům, lze kategorizovat pouze jednodimenzionálně pomocí vrstev, které nemají metainformace
Práce s pozicemi z trackerů	3 – pozice musí být ručně vloženy ve formátu KML
Práce s uživatelsky vloženými pozicemi	1 – vysoká míra personalizace, v podstatě univerzální
Přehlednost dat	2 – mapová data lze ukládat vysoce přehledně za použití personalizace, informace k objektům v mapě jsou dostupná v tabulkovém editoru
Přenositelnost a sdílení dat	2 - data lze jednoduše vyexportovat do standardního formátu KML

Tabulka 2.3: Hodnocení Google MyMaps

2.4 Specializovaný software

Specializované softwarové produkty vyvíjené přímo pro doménu ornitologie mohou kombinovat přístupy GISových aplikací i tabulkových procesorů, případně i dokumentových nástrojů.

2.4.1 Movebank

Movebank je specializovanou aplikací vyvinutou Max Planck institutem v Německu a uchovává více než 600 milionů pozičních dat od jednotlivých trackerů (Mrozewski, 2018). Aplikace se zabývá ukládáním dat o zvířatech, ať již pozičních, senzorických i vygenerovanými uživateli, např. pozorování (Kranstauber et al., 2011). Aplikace není vyvinuta primárně pro ornitologické potřeby, ale její datový model obsahuje desítky datových položek vhodných i pro ornitology. Značnou výhodou je podpora výrobců trackerů pro kontinuální export dat přímo do Movebank a možnost data z Movebank exportovat, či jednoduché využití v doménově specickém softwaru. Za nevýhodu pro některé ornitology může být nutnost data uveřejnit, případně o ně po 90 dnech přijít. Movebank taktéž obsahuje funkce pro správu projektů a publikování studií a je mezi ornitology často citovaným zdrojem.

Kritérium	Hodnocení
Informace o jedincích	2 – základní informace o jedincích
Práce s pozicemi z trackerů	1 – aplikace přímo optimalizovaná pro tyto účely
Práce s uživatelsky vloženými pozicemi	2 – pouze pozorování
Přehlednost dat	1 – platforma uzpůsobena pro prohlížení dat
Přenositelnost a sdílení dat	2 – data jsou vysoce přenositelná a dobře sdílená, problémem však je nutnost data publikovat

Tabulka 2.4: Hodnocení Movebank

Výhody

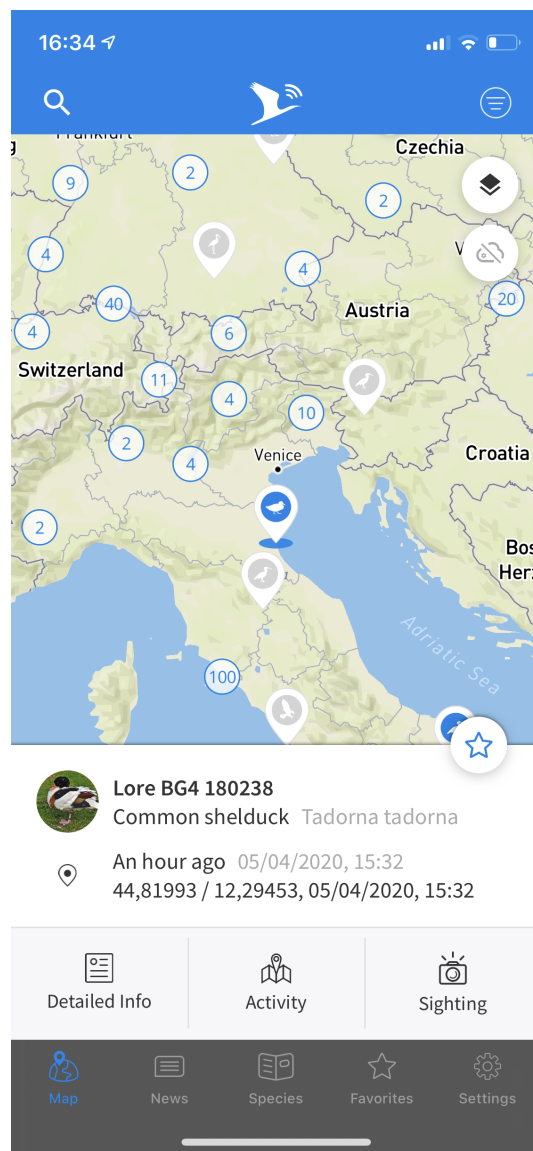
- doménová specializace,
- dlouholetý vývoj aplikace – komplexní datový model,
- komplexní možnosti publikování dat,
- dobrá integrace s doménově specifickými nástroji

Nevýhody

- nutnost zprovoznit kontinuální export do Movebank,
- nutnost data vždy v určité formě publikovat.

2.4.2 Movebank Animal tracker

Od tvůrců aplikace Movebank pochází i mobilní aplikace *Animal tracker*, která umožňuje zobrazení tras od jednotlivých trackerů i zobrazení informací o zvířeti, co tracker nosí. Aplikace nevyžaduje žádné přihlašovací údaje a umožňuje veřejnosti nahlásit pozorování konkrétních jedinců. Za největší slabinu aplikace se dá považovat nutnost připojení k internetu, aplikace si neukládá informace do mezipaměti. Pro hledání jedinců v oblasti nižší kvality signálu tedy aplikace není vhodná. Aplikace je ale jinak velmi přehledná i rychlá. Pro aplikaci nebude uvedeno vlastní hodnocení, jelikož se jedná o rozšíření zmíněné aplikace Movebank pro mobilní zařízení.



Obrázek 2.1: Screenshot z aplikace Movebank Animal Tracker

2.4.3 Anitra

Anitra je českou ornitologickou značkou zabývající se vývojem a produkcí vlastních GPS-GSM trackovacích zařízení a poskytování softwarové platformy pro zobrazení dat a správu projektů (Kroužkování ptáků, 2019). Rozdílem oproti platformám jiných výrobců je od základu jiná koncepce platformy. Platforma poskytovaná firmou Anitra průběžně integruje data z GPS-GSM trackerů od více výrobců a umožňuje nad daty dělat analýzy, automaticky je zpracovat dle předem stanovených pravidel, spravovat informace o jedincích, zadávat do aplikace vlastní body a přílohy. Od předem zmiňovaného Movebanku se aplikace liší především v možnosti ochranně vlastnictví dat, v aplikaci Anitra není povinnost data kdykoliv publikovat a majiteli dat zůstávají uživatelé platformy. Aplikace taktéž umožňuje generovat uživatelsky přívětivé výstupy pro veřejnost či filtrovaná nebo plná data jednoduše sdílet mezi uživateli.

Za podstatnou nevýhodu způsobující nutnost využívat alternativní způsob zápisu v poli je především fakt, že platforma Anirta je řešena jako desktop-first webová aplikace. V mobilních zařízeních je tedy obtížněji použitelná, ale hlavní nevýhodou je nutnost být stále připojen k internetu.

Kritérium	Hodnocení
Informace o jedincích	1 – detailní schéma vhodné pro ukládání informací o zvířatech
Práce s pozicemi z trackerů	1 – aplikace přímo optimalizovaná pro tyto účely
Práce s uživatelsky vloženými pozicemi	1 – modul aplikace věnovaný pro vytváření těchto objektů
Přehlednost dat	1 – data lze zobrazit v mapě, tabulce, vyexportovat
Přenositelnost a sdílení dat	1 – vlastník může vždy data vhodně vyexportovat

Tabulka 2.5: Hodnocení Anitra

Výhody

- doménová specializace,
- možnosti integrace dat,
- sdílení dat,
- dynamický rozvoj aplikace.

Nevýhody

- webová aplikace není vhodná pro použití v terénu,
- platforma není mezi ornitology příliš rozšířená,
- proprietární a nezdokumentované API.

3. Analýza požadavků

Kapitola analýza požadavků se věnuje první fázi ve vývoji softwarového projektu. Analýza požadavků se skládá z různých fází dle použité metodiky, ale vždy je cílem od relevantních stran získat seznam požadavků, co aplikace musí splňovat, aby naplnila cíle, kvůli kterým se k vývoji SW projektu rozhodlo. V jiných slovech je tedy část analýzy požadavků kritická pro úspěch softwarového projektu (Maguire et al., 2002).

3.1 Identifikace stakeholderů

Identifikace stakeholderů je první fází v analýze požadavků. Účelem této fáze je identifikovat všechny relevantní zúčastněné strany, aby mohly být zapojeny do fáze sběru požadavků a přiřadit k nim jednotlivé případy užití aplikace (Maguire et al., 2002). V případě nedostatečného zapojení stakeholderů je vysoká pravděpodobnost, že software nebude uspokojovat potřeby všech zúčastněných stran.

Za stakeholdery byly identifikovány následující subjekty: stávající uživatele webové aplikace Anitra a majitel firmy Anitra System s.r.o.

Stávající uživatelé aplikace již požadovali funkce pro práci v terénu a jejich požadavky byly zařazovány do pořadníku funkcí pro webovou aplikaci. Tyto požadavky byly konzultovány se zakladatelem firmy Anitra a byly vybrány k řešení. Zakladatel firmy je projektovým manažerem a komunikuje se zákazníky na denní bázi, má tedy dostatečný přehled o požadavcích zákazníků a jejich priorit, zároveň působí i jako kontaktní bod podpory pro aplikaci. Cílem zakladatele firmy je poskytnout uživatelům nástroje pro efektivní práci v terénu i pro rychlou kontrolu dat z mobilních zařízení, což by mohlo být bráno jako konkurenční výhoda, jelikož na trhu nebyla nalezena podobná aplikace.

3.2 Sběr požadavků

Pro zakladatele firmy Anitra je cílem mobilní aplikace doplnění ekosystému značky Anitra o vhodné řešení zobrazení a zadávání dat v terénu. Na začátku psaní práce byla pouze dostupná webová aplikace, která měla pro práci v terénu následující nevýhody:

- data po odpojení z internetu nebyla dostupná, ve většině případů ani již načtená data,
- aplikace byla příliš náročná na energii,
- mapové podklady se nezobrazovaly po odpojení ze sítě,
- aplikace byla na datový přenos příliš náročná,
- navigace v GUI byla pro malá zařízení příliš složitá.

Tyto podněty byly sebrány od uživatelů webové aplikace Anitra v období 2018-2020, ale mělo by se jednat o dostatečný základ pro zařazení mobilní aplikace do portfolia ekosystému Anitra, jelikož se jedná o obecné předpoklady pro software tohoto typu.

Z těchto zkušeností uživatelů vyplynuly klíčové funkční i nefunkční požadavky na funkcionalitu aplikace. Jednotlivé části jsou rozebrány níže. Další funkční požadavky byly vydefinovány zakladatelem firmy Anitra (zde uvedeny ve zkrácené formě, seřazeny dle priority):

- zobrazit poslední polohu zařízení v mapě,
- možnost stáhnout si mapy před kontrolou na místě,
- zobrazení dat ze zařízení,
- zobrazení vlastní pozice na mapě
- notifikace o nových datech,
- zaznamenat trasu, bod,
- možnost přiložit obrázek k zvířeti.

3.3 Funkční požadavky

Funkční požadavky popisují očekávané chování systému, ale nevěnují se technickým detailům, jak má systém fungovat. Funkční požadavky slouží pro splnění potřeby uživatelů a lze je vyjádřit ve formě případů užití nebo diagramu případu užití (Jacobson, 1987).

Jednotlivé případy užití jsou rozebrány v kapitole uvedené níže.

3.3.1 Diagram případů užití

Diagram případu užití je diagramem ze standardní sady UML využívané v softwarovém inženýrství.



Obrázek 3.1: Diagram případu užití – zdroj: autor

Diagram případů užití byl sestaven dle nasbíraných požadavků zmíněných v minulé kapitole. Případy užití byly rozšířeny o nevyslovené, ale odvoditelné požadavky, např. možnost přihlásit se a odhlásit se.

3.4 Nefunkční požadavky

Nefunkční požadavky udávají kvalitu systému, ale ne jeho chování. Tyto požadavky často přinášejí omezení do implementací funkčních požadavků a je někdy obtížné tyto požadavky sladit, mohou působit i protichůdně. Jako příklad se často uvádí požadavky spojené s komfortem uživatelů (např. přístupnost, výkonnost, lokalizace), provozem aplikace (přenositelnost, tolerance chyb) a bezpečnost. Do nefunkčních požadavků se řadí i požadavky související s možnostmi dalšího vývoje systému (Chung et al., 2012).

Z výše uvedeného seznamu požadavků vyplynulo několik klíčových nefunkčních požadavků především ve vztahu k uživatelům. Pro úspěch aplikace je nutné, aby grafické rozhraní aplikace bylo dostatečně jednoduché a podstatné funkce byly rychle přístupné bez složitých navigací, jelikož uživatel nemusí mít mnoho času pro práci s aplikací v terénu. S tímto souvisí i nutnost odezvy v jednotkách sekund.

Neuvedeným požadavkem je multiplatformnost aplikace, jelikož část uživatelů stávající aplikace využívá mobilní operační systém iOS a část Android. Podstatným požadavkem je i rozšiřitelnost aplikace, jelikož se s vývojem aplikace počítá i po dokončení této práce.

3.5 Časové aspekty

Aplikace má být vyvinuta a nasazena nejpozději do konce května, ideálně již v dubnu. V tuto dobu probíhá nejvyšší počet ornitologických operací spojených s nasazováním trackerů, kontrolou hnízd a dalších. Aplikaci nebylo možné začít vyvíjet dříve než v polovině února kvůli návaznosti na API již existující webové aplikace. Pro prvotní verzi aplikace je kritické aby spolehlivě zobrazovala poslední body v mapě a po prvotní synchronizaci fungovala bez internetového připojení.

4. Technologie

Kapitola technologie se zabývá využitými technologiemi a jakým způsobem byly vybrány. Jednotlivé technologie jsou představeny pro porozumění následující kapitole návrh, který byl proveden s ohledem na vybrané technologie.

Pro výběr technologií byla stanovena následující kritéria:

- podpora platforem iOS a Android,
- rychlost vývoje,
- velikost komunity a aktuálnost dokumentace,
- programovací jazyk,
- jednoduchost vytváření UI,
- dostupnost potřebných komponent pro aplikaci.

Jednotlivá kritéria jsou rozebrána níže.

4.1 Kritéria výběru

4.1.1 Podpora více platforem

Podpora platforem iOS a Android je kritickým požadavkem aplikace vycházející z analýzy požadavků. Technologie musí podporovat, ideálně platformně nezávisle abstrahovat, přístup k zdrojům souborového systému, přístup k vzdáleným zdrojům pomocí protokolu HTTP, umožnit vytvářet mapové aplikace, bezpečně uložit uživatelské přihlašovací údaje. Technologie by neměla vyžadovat platformně závislý nativní kód.

4.1.2 Rychlost vývoje

Rychlost vývoje je obtížně kvantifikovatelnou veličinou. Do rychlosti vývoje lze zahrnout mnoho aspektů a záležitostí, z jakého pohledu se na problematiku pohlíží. Z pohledu řízení projektu se může např. jednat o počet dostupných vývojářů a doba adaptace na technologii. Z pohledu programátora se může jednat o kvalitu a dostupnost vývojových nástrojů, dostupnost knihoven, přehlednosti kódu, dostupné funkce programovacího jazyka technologie. Z pohledu údržby se může jednat o očekávanou životnost technologie nebo dostupnosti testovacích nástrojů. Kombinací těchto aspektů může vzniknout více či méně subjektivní hodnocení, jak rychlý by měl vývoj s pomocí danou technologií být. Neexistuje žádná konkrétní metodika, která by se snažila tento jev kvantifikovat, ale existují názory mezi odbornou veřejností, které technologie se považují za vhodné pro rapidní vývoj. Pro tuto práci, z hlediska časového, bude nutné vybrat technologii, která naplní co nejvíce kritérií pro rapidní vývoj.

4.1.3 Velikost komunity

Velikost komunity určuje dvě podstatné věci – životnost technologie a množství dostupné aktuální dokumentace a komunitních návodů. Pro dlouhodobé hledisko je potřeba vybrat technologii, která se dle současného stavu zdá dlouhodobě perspektivní a ne na úpadku. Dostupná kvalitní oficiální i komunitní dokumentace je taktéž podstatným faktorem, který technologii zpřístupňuje pro nové projekty. Tato veličina je již kvantifikovatelná např. analýzou trendů či sledováním open-source projektů v daných technologiích. Pro určení této veličiny bude provedeno srovnání dle Google Trends a hlavních repozitářů

4.1.4 Programovací jazyk

Programovací jazyk technologie je taktéž podstatný faktor. Standardní knihovny některých jazyků mají mnoho dostupných funkcí, které urychlují nebo komplikují vývoj. např. již předpřipravené metody pro HTTP komunikaci. Některé jazyky mohou těžit i z vlastností dané svým paradigmatem, např. funkcionální jazyky mohou být vhodnější pro paralelní zpracování. Aspekty paralelního nebo asynchronního zpracování jsou pro mobilní aplikace podstatné z důvodu nezamknutí vykreslovacího vlánka pro uživatelské rozhraní z důvodu uživatelského komfortu.

4.1.5 Vytváření uživatelského rozhraní

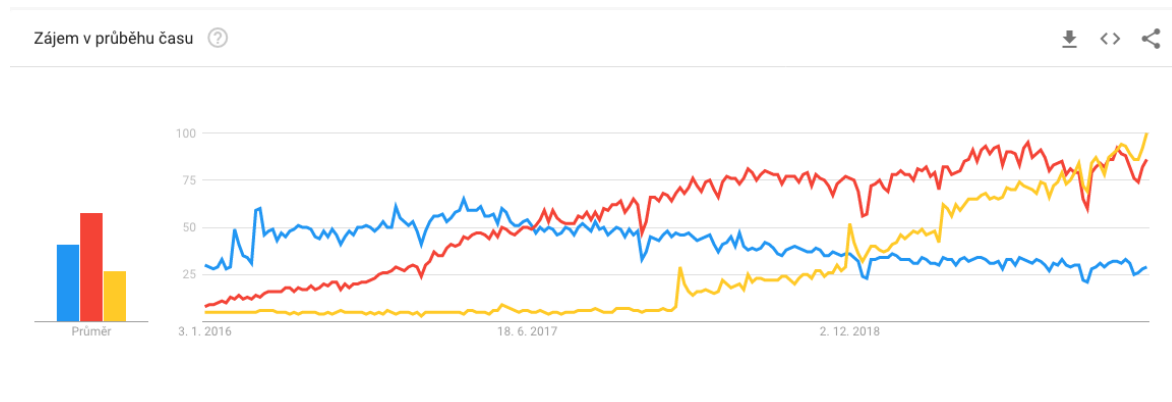
Aspekty vytváření uživatelského rozhraní spočívají především v možnostech technologie. Technologie by měla umožnit vytvářet reaktivní a moderně vypadající uživatelská rozhraní, podporovat animace, reagovat na uživatelské interakce. Na těchto principech je založen například Material Design od společnosti Google. Výhodou nástroje pro vytváření uživatelského rozhraní je moderní přístup k vytváření uživatelského rozhraní např. s tzv. *flexboxem*, nástrojem pro jednodimenzionálně řazená uživatelská rozhraní s rozšířenou podporou zarovnání (Andrew, 2019). Nativní podpora stylování v podobě webových CSS je taktéž výhodou, jelikož ji nezanedbatelná vývojářů do jisté míry rozumí.

4.1.6 Hotové komponenty

Hotové komponenty umožňují se při vývoji věnovat pouze řešení potřebných doménových problémů, namísto vytváření od základu nových komponent a s tím spojené testování. Důsledkem je využívání specifického portfolia komponent, na kterých může vývojář nabrat znalosti a použít je na dalším projektu využívající stejnou technologii, případně vývojář již zkušenosti mít může, tím vývoj výrazně urychlit. Hotové komponenty jsou obrovskou výhodou v rapidním prototypování, protože mohou aplikaci již ve fázi prototypu poskytnout určitou představu o finální funkčnosti.

4.2 Výběr technologie

Pro užší posouzení byly vybrány následující technologie: React Native, Xamarin a Flutter. Technologie jsou ve zkratce popsány níže a zhodnoceny.



Obrázek 4.1: Srovnání trendů v období 1. 1. 2016 až 11. 4. 2020; červená křivka – React Native, modrá křivka – Xamarin, žlutá křivka – Flutter; – Zdroj: Google Trends

4.2.1 Hodnocení React Native

React Native je framework pro vytváření nativních mobilních aplikací s JS frameworkem React. React Native je uveden v další kapitole. Tento framework byl vybrán k posouzení především kvůli obrovské komunitě a prověřenosti. Nespornou výhodou frameworku využití jazyku JavaScript, který je třetím nejvíce vyhledávaným programovacím jazykem. JavaScript (resp. EcmaScript) je uveden v následujících kapitolách a nebudou zde jeho výhody rozvedeny. Pod pojmem React Native je zde brána v potaz nadstavba Expo, která dále abstrahuje od nativního kódu.

Kritérium	Hodnocení	Poznámka
Podpora platforem	2	plně podporuje obě mobilní platformy, ale některá API jsou dostupná pouze pro jednu
Rychlost vývoje	1	kombinace jednoduchého jazyka, dobrých nástrojů a dostupných knihoven
Velikost komunity a dokumentace	1	z obrázku 4.1 vyplývá obrovská popularita frameworku v posledních 3 letech
Programovací jazyk	1	
Vytváření UI	2	
Hotové komponenty	1	24299 balíčků ¹

Tabulka 4.1: Hodnocení React Native

4.2.2 Hodnocení Xamarin

Xamarin je rozšíření platformy .NET pro vývoj multiplatformních aplikací nejen pro mobilní zařízení. Xamarin je postavený nad návrhovým vzorem Model-View-ViewModel, který odděluje uživatelské rozhraní, data a aplikační logiku do separátních vrstev. Uživatelské rozhraní je možno vytvářet deklarativně v jazyku XAML, případně v přímo v jazyku C#. Změny v uživatelském rozhraní se zajišťují pomocí tzv. data bindingu, tedy navázání proměnné v uživatelském rozhraní s proměnnou ve view modelu. Za Xamarinem stojí technologický gigant Microsoft a je z vybraných technologií nejstarší.

Kritérium	Hodnocení	Poznámka
Podpora platforem	2	
Rychlost vývoje	3	
Velikost komunity a dokumentace	3	
Programovací jazyk	2	
Vytváření UI	2	
Hotové komponenty	4	

Tabulka 4.2: Hodnocení Xamarin

4.2.3 Hodnocení Flutter

Flutter je SDK od společnosti Google sloužící pro vytváření "nádherných, rychlých zážitků pro mobil, web a desktop s jedním zdrojovým kódem". Flutter je z vybraných technologií

nejnovější, ale výrazně nejrychleji roste. Za obrovskou výhodu Flutteru se dá považovat vývojové prostředí s funkcemi live-reload, které na rozdíl od vývojových prostředí pro Xamarin a React Native má výrazně lepší zapamatování stavu. Flutter byl přímo navržen pro aplikace tohoto typu a obsahuje tedy mnoho optimalizací. Flutter aplikace jsou taktéž výrazně menší na stáhnutí, než aplikace React Native nebo Xamarin. Za nevýhodu Flutteru se dá považovat pouze jazyk Dart, který na rozdíl od C# nebo JS není stále dostatečně viditelný ve vývojářské komunitě. Podstatnou nevýhodou je nízký počet komponent, vývojáři si tedy musí značnou část komponent psát sami.

Kritérium	Hodnocení	Poznámka
Podpora platform	1	
Rychlost vývoje	1	
Velikost komunity a dokumentace	3	
Programovací jazyk	4	
Vytváření UI	1	
Hotové komponenty	3	8450 balíčků ²

Tabulka 4.3: Hodnocení Flutter

Výhody

- dynamická technologie,
- vysoce kvalitní vývojářské nástroje,
- vyvíjeno stejnou společností, která stojí za OS Android,
- vysoká míra optimalizace,
- možnost vytvářet i webové aplikace.

Nevýhody

- relativně obskurní jazyk Dart,
- nízký počet aktuálních návodů,
- nízký počet relevantních komponent,
- obtížnější zprovoznění + velikost SDK,
- komunita nemá stále stejnou velikost jak komunita React a React Native.

4.2.4 Vybraná technologie

Pro řešení práce byla vybraná technologie React Native (resp. Expo), jelikož ze srovnání vyšla nejlépe. Dále bylo rozhodnuto o využití nadstavby TypeScript na JS a správce stavů MobX. Popis technologie je uveden v další kapitole.

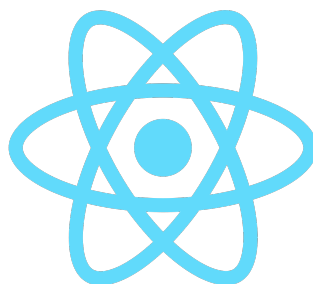
4.3 React Native

Technologie React Native je postavena na mnoha dílčích částech, které se musí uvést pro komplexní pochopení React Native samotného.

4.3.1 JavaScript a EcmaScript

JavaScript je multiparadigmatický interpretovaný slabě typovaný programovací jazyk určen primárně pro webové prohlížeče. JavaScript vznikl v roce 1995 Brendanem Eichem pod firmou Netscape. Cílem bylo přidat interaktivitu do čistě statických webových stránek a reagovat tedy na interakci uživatele i jinak, než jen přenačtením celé stránky. S obrovským rozvojem domácích počítačů přišel i rozvoj internetu a internetových prohlížečů. Od již zmíněného roku 1995 do roku 2004 byl trh webových prohlížečů dominován verzemi prohlížeče Internet Explorer od firmy Microsoft, která přišla s vlastní implementací JavaScriptu, tzv. JScriptem. Kvůli nespolečnosti mezi vývojáři různých implementací vznikaly v jazyku nekonzistence mezi prohlížeči, ale i přesto se jazyk určitým směrem ubíral. V roce 2005 byl zaveden termín AJAX, který znamenal obrovskou změnu v interaktivitě webových aplikací. Zkratka AJAX, neboli Asynchronous JavaScript and XML byla revoluční ve změně komunikace serveru s JavaScriptem. JavaScript dříve obdržoval fragmenty HTML od serveru a tím aktualizoval stránku, případně se stránka po každé významné interakci uživatele překreslila sama. AJAX zavedl možnost jak na pozadí získat z určitých vstupů určité výstupy v lépe strojově zpracovatelném formátu. S tímto revolučním nápadem začaly vznikat první JavaScript knihovny a frameworky pro interaktivní webové *aplikace*, např. dodnes používaná knihovna jQuery. Dalším podstatným krokem byl vývoj webového prohlížeče Google Chrome, resp. jeho JavaScript interpreteru V8. V8 je open-source JS interpreter s just-in-time kompilací, který byl revoluční primárně ve své rychlosti. Tento interpreter byl také zařazený i do aplikací mimo webové prohlížeče, čímž se případy užití pro jazyk výrazně rozšířily. Zde za zmínku stojí node.js (vznik datovaný do roku 2009) a jeho ekosystém NPM, který je rozveden níže. Dalším milníkem podstatným pro tuto práci je rozšíření frameworků pro single-page aplikace, které emulují chování běžných nativních aplikací v prohlížeči. Aplikace fungují na komponentovém systému a aktualizují se při změně dat. Aplikace jsou tedy uživatelsky i programátorsky komfortnější a jejich vývoj je značně rychlejší. Aplikace tohoto typu se rozšiřují od roku 2010.

EcmaScript je specifikací jazyka JavaScript, kterou musí každé prostředí implementovat. EcmaScript definuje pouze jazyk, ale ne objekty kontextu, např. ve webových prohlížečích není definována interakce s DOM. JavaScript je ale dnes používán i na serverech, embedded zařízeních či jako skriptovací jazyk mnoha programů, bylo nutno od těchto specifikací abstrahovat, aby základ jazyka zůstal stejný. Tímto ale vznikají jisté nekonzistence mezi implementacemi v různých prohlížečích, obzvláště napříč verzemi, kde se jádro interpreteru již neaktualizuje. Pro řešení těchto problémů byly mimojiné zavedeny tzv. *polyfilly*, které doplňují určité funkce z nové verze zpětně do staré a *transpilátory* (např. Babel), které některé nové jazykové funkce



Obrázek 4.2: Logo React – zdroj: Facebook Inc.

umí převést do verze ES kompatibilní se starým interpreterem. V čase psaní této práce je aktuální verzí EcmaScript 2018.

S příchodem node.js ekosystému vznikl v JS světě koncept NPM balíčků. Balíčky jsou publikovány autorem do centrálního repozitáře balíčků a každý programátor si tento balíček může nainstalovat. Balíčky jsou typicky knihovny, malého či velké rázu, frameworky, nástroje, samostatné programy či kompletní projekty. Koncept balíčků výrazně urychluje vytváření projektů a instalaci knihoven. Příklady práce s NPM jsou uvedeny v kapitolách React a React Native.

4.3.2 TypeScript

TypeScript je nadstavbou jazyka ECMAScript. TypeScript rozšiřuje jazyk o kontrolu typů a běžné konstrukty známé z jiných jazyků (např. rozhraní). Jazyk je plně kompatibilní s ES, ale samotný TypeScript není přímo většinou interpreterů spustitelný. Při sestavování projektů s TypeScriptem se využívá tzv. transpilace, převedení z jednoho programovacího jazyka do druhého. TypeScript vyšel v roce 2012 pod křídly firmy Microsoft a je aktivně vyvíjen dodnes.

TypeScript se běžně využívá ve větších projektech především kvůli prevenci chyb a zvýšení přehlednosti kódu. Vývojová prostředí taktéž lépe rozumí typovaným jazykům a tímto se může i zrychlit vývoj. Zaintegrovat TypeScript do existujícího projektu také není problém, jelikož jakýkoliv validní kód v ES je validní kód v TypeScript.

4.3.3 React

React je JS knihovna pro vytváření uživatelských rozhraní od společnosti Facebook. React je deklarativní, component-based knihovna s velkým spektrem potenciálních využití (Boduch, 2018). Jako jiné moderní UI knihovny v JS je taktéž reaktivní, při změně dat se překreslí uživatelské rozhraní pouze tam, kde musí. Deklarativnost Reactu spočívá právě v zakládání si na komponentách. Uživatelské rozhraní se skládá z předdefinovaných, uživatelem vytvořených nebo komunitou vytvořených komponentách, které se do sebe skládají. Každá komponenta

si uchovává vlastní data (popř. stav v atributu props) a může komunikovat s nadřazenou či podřazenou komponentou pomocí událostí nebo předáváním dat. Komponenty jsou v Reactu definovány pomocí speciální kombinace JS a HTML, tzv. JSX. JSX je vždy obaleno elementem, který může být HTML elementem či jinou komponentou. V JSX se na rozdíl od běžného HTML může vyskytovat aplikační logika, uvozena v složených závorkách. Níže je uvedena kompletní komponenta z oficiální dokumentace (Reactjs.org, 2020), která při využití této komponenty `<HelloComponent name="world"/>` vypíše do div tagu Hello world.

```
1
2 class HelloMessage extends React.Component {
3   render() {
4     return (
5       <div>
6         Hello {this.props.name}
7       </div>
8     );
9   }
10 }
```

Procedura 4.1: React komponenta

Případně pro ilustraci podmíněné logiky vykreslení lze uvést následující příklad:

```
1
2 class ConditionalComponent extends React.Component {
3   render() {
4     return (
5       <div>
6         {this.props.sayHello?
7           <span>
8             Hello {this.props.name}
9           </span>
10          :<span>
11            Goodbye {this.props.name}
12          </span>
13        }
14      </div>
15    );
16  }
17 }
```

Procedura 4.2: React komponenta s podmínkou

Příklad využívá slabého typování JS, stačí tedy pouze aby sayHello bylo pravdivé (případně *truthy* – aby se alespoň evaluovalo na pravdu) a provede se správná část JSX. Podmínka je zde zapsána ve formě ternárního operátoru, klasická if struktura by musela být ve vlastní funkci.

Komponenty mohou samozřejmě být výrazně komplexnější, např. mohou obsahovat funkce vracející JSX a tím být výrazně přehlednější. Mimo JSX mohou obsahovat metody a atributy pro práci s daty, např. pro získání dat ze serveru nebo k vyfiltrování dat. Tyto funkce mutují

stav komponenty pomocí funkce `setState`, která mění stav komponenty (`this.props.*` v ukázce) a zároveň zajistí její překreslení, pokud je to nutné. Změna jména by tedy mohla být docílena i zavoláním `this.setSate({name: 'svete'})`; z metody v komponentě.

React aplikace se ale nemusí skládat jen z komponent, modulární systém nového JS umožňuje jednoduše zakomponovat do aplikace i kód mimo komponenty. Komponenty ale stále zůstanou centrálním bodem aplikace a je tedy výhodné aplikaci strukturovat do většího počtu malých komponent kvůli přehlednosti, testovatelnosti a znovupoužitelnosti.

4.3.4 React Native

React Native je framework pro vytváření mobilních aplikací postavený nad knihovnou React (Novick, 2017), opět od společnosti Facebook. React Native, na rozdíl např. od progresivních webových aplikací se chová jako nativní aplikace – aplikace je vykreslována nativním kódem a nemá omezení typická pro webové aplikace, např. v přístupu k určitým API. Rozdílem od čistého Reactu je omezený výběr komponent a výrazně odlišný způsob jejich stylování. Zatímco v React je možno využít plného rozsahu CSS a všech HTML elementů, v React Native jsou v základu poskytnuty jen určité komponenty, nejpodstatnější z nich jsou View, Text a Image. View je kontejnerovým prvkem, který nemá žádné specifikované využití. Používá se často pro držení jiných komponentů či stylování. Text je jediná komponenta, která může obsahovat text. Image je komponenta obsahující obrázek z lokálního nebo vzdáleného zdroje. Jsou poskytnuty i další komponenty pro formulářová pole (TextInput, Button, Picker), indikátory aktivity a seznamy. Jiné komponenty se dají složit z těchto základních komponent, jejich událostí a jejich stylů. Konkrétní příklady jsou uvedeny dále v práci.

React Native umožňuje psát nativní kód a mnoho komponent této skutečnosti využívá. Nevýhodou tohoto přístupu je, že nativní kód se musí psát v Javě pro Android a v jazyce Swift pro iOS. Tímto vzniká prakticky vzato duplicita kódu a dvojnásobná nutnost testovat.

4.3.5 MobX

MobX je knihovna pro reaktivní správu stavu aplikace (Podila et al., 2018), často využívaná v ReactJS projektech. Knihovna zavádí koncept pozorovatelného stavu, tedy že se na objekt či kolekci objektů naváže pozorovatel, který automaticky zajišťuje změnu stavu pro React při změně pozorovaného. Tímto se výrazně zjednodušuje vývoj React Native aplikací tím, že se pro každou změnu stavu nemusí volat `setState` a nemusí se využívat pouze proměnné `props`. Na rozdíl od častěji využívané knihovny Redux je knihovna výrazně úspornější na kód i systémové prostředky, přičemž obě knihovny zajišťují, že data tečou ze zdroje k cíli pouze jedním směrem a že na správné změny komponenty reagují.

4.3.6 Expo

Expo je součástí nástrojů a služeb postavených nad React Native a nativními platformami sloužící k vývoji, sestavení, nasazení a rychlé iteraci iOS, Android a webových aplikací s jednotným zdrojovým kódem (Vatne, 2020). Expo je abstrakce oddělující React Native kompletně od nativního kódu a tedy od nutnosti vyvíjet i ReactNative aplikace ve třech jazycích (JS pro ReactNative, Java pro Android a Swift pro iOS). Expo poskytuje většinu API pro běžné mobilní aplikace (podstatnou výjimkou je Bluetooth a nákupy v aplikaci), nástroje pro rapidní vývoj a cloudovou infrastrukturu pro sestavení artefaktů, není tedy nutné pro sestavení např. iOS aplikace vlastnit stroj s operačním systémem MacOS. Nástroje pro rapidní vývoj jsou obrovské plus platformy Expo – aplikační kód se odešle se na servery Expo jedním příkazem (viz ukázka kódu 4.4), uživateli se vygeneruje QR kód pro oskenování mobilní aplikací a aplikaci je možné spustit na jakémkoliv zařízení za pomoci speciální aplikace. Z tohoto zařízení je v reálném čase možné sledovat běh událostí a ladících zpráv na stroji vývojáře.

Mezi nevýhody Expo se udává následující (Ovchinnikova, 2020):

- nepodporuje všechny API,
- nejsou podporované všechny způsoby běhu na pozadí,
- aplikace jsou výrazně větší (min. 25 MB),
- push notifikace jsou možné pouze přes infrastrukturu Expo,
- minimální podporovaná verze je Android 5 a iOS 10,
- zdlouhavé čekání na sestavení ve veřejné infrastruktuře.

Mezi tyto nedostatky se uvádí i nemožnost využívat nativní knihovny, ale zde těžko posoudit, zda se jedná o výhodu nebo nevýhodu. Expo slibuje některé z těchto problémů vyřešit, ale jedná se o dlouhodobé problémy a žádné odhadované datum řešení není stanoveno. Pro některé případy užití tedy Expo není vhodné (např. pokud je potřeba přístup k Bluetooth).

Při vývoji čistě React Native aplikací a Expo aplikací není poznat téměř žádný rozdíl, jediný rozdíl je v použitých knihovnách – knihovny nesmí využívat nativní kód a pro práci s systémovými API se využívá API poskytované balíčky Expo.

Pro vytvoření Expo aplikace stačí zadat následující kód do příkazové řádky:

```
1 npm install --global expo-cli
2 expo init mobilní-aplikace
```

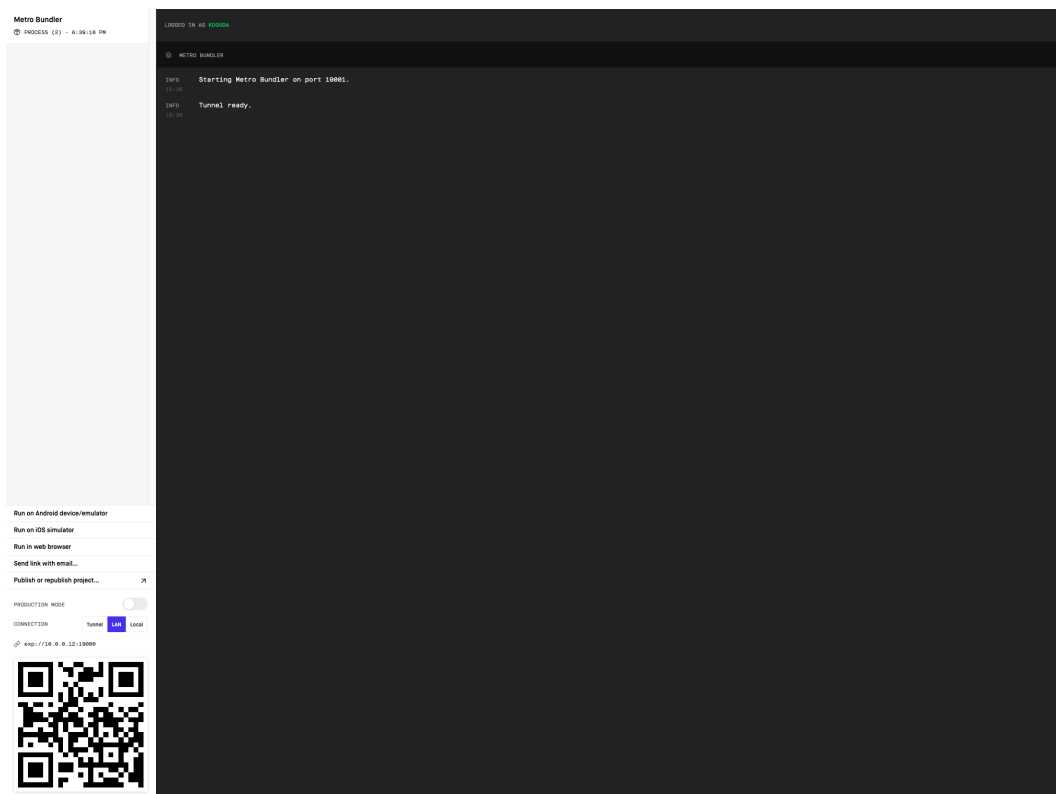
Procedura 4.3: Vytvoření základní struktury aplikace

Expo automaticky vytvoří doporučenou adresářovou strukturu a ukázkové komponenty. Většina projektů má tedy stejný základ a vývojáři by se v nich měli lépe vyznat. Pro spuštění sestavovacích nástrojů a live-reload funkce stačí do příkazové řádky zadat:

```
1 expo start --android #platforma Android
2 expo start --ios #platforma iOS
```

Procedura 4.4: Spuštění mobilní aplikace na virtuálním stroji nebo připojeném zařízení

Po spuštění příkazu se načte ve webovém prohlížeči obrazovka obsahující log sestavovacího nástroje (Metro Bundler), ladící výstupy aplikace, seznam proveditelných akcí a QR kód pro spuštění aplikace na jakémkoliv mobilním zařízení s klientskou aplikací Expo. Z této obrazovky je taktéž možné projekt publikovat přes cloudové nástroje Expo. Alternativní způsob sestavení spustitelného artefaktu pro mobilní zařízení je popsán v následující kapitole.



Obrázek 4.3: Expo a MetroBundler – zdroj: autor

4.3.7 TurtleCLI

TurtleCLI je nástroj pro sestavení Expo aplikací z příkazové řádky (Sokal et al., 2019). Nástroj je určen pro uživatele, kteří si nepřejí využívat infrastruktury poskytované od Expo pro sestavování vlastních aplikací, ale přejí si aplikaci sestavit například na vlastním stroji nebo na vlastním nástroji kontinuální integrace.

Možnosti sestavení aplikací Expo jsou tedy dvojího typu, cloudové služby poskytované od Expo a TurtleCLI na vlastní infrastruktuře. Expo poskytuje cloudové služby zdarma ve variantě Community a placené prioritní zpracování ve variantě nazývané Priority (Expo, 2020).

Autor práce vybral tuto technologii z důvodu vysoké vytíženosti veřejné infrastruktury společnosti Expo (varianta nazývaná Community), kde jeho build ve frontě čekal v jednotkách hodin, než se dostal na řadu. Společnost Expo nabízí placenou variantu svých služeb, ve kterých avizuje výrazně vyšší rychlost odbavení, než u varianty zdarma a nástroje pro týmovou práci. Za značnou nevýhodu se taktéž může brát fakt, že kód je vždy odesílán třetí

straně k sestavení, což pro mnoho firem může být nepřípustné. Oproti tomu provozování na vlastní infrastrukturu skýtá mnoho potenciálních výhod, za zmínku stojí jednodušší napojení na firemní CI procesy, testovací infrastrukturu, rapidní nasazení mnoha paralelních větví do testovacích kanálů, jednodušší napojení sestavení na jiné akce. Níže je uvedena tabulka popisující podstatné rozdíly mezi jednotlivými způsoby sestavení Expo aplikací.

Kategorie	Community	Priority	Vlastní infrastruktura
Cena	zdarma	29 USD / měs.	cena výpočetního výkonu
Čekací doba na začátek sestavení	cca. 1h	minuty	žádná
Složitost zprovoznění	součástí expo-cli	triviální	dle zvolené varianty, nepřiliš náročné
Provázanost s Expo	vždy	vždy	žádná

Tabulka 4.4: Srovnání možností sestavení Expo aplikace

5. Návrh

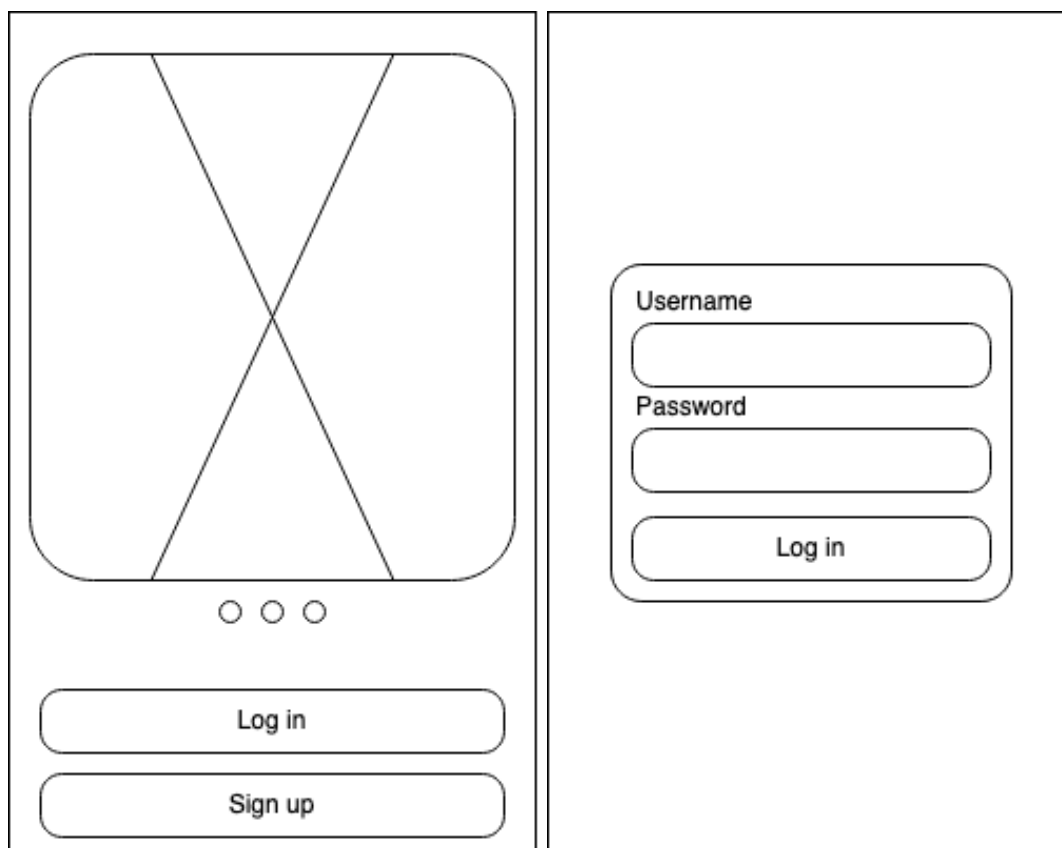
Kapitola návrh se věnuje dvou tématům. V první části se věnuje návrhu uživatelského rozhraní a přechodů mezi obrazovkami. V druhé části se věnuje tradičnějšímu chápání slova návrh ve vývoji, a to softwarové architektuře. Cílem návrhu je vytvořit postup, jakým se má při implementaci postupovat.

5.1 Uživatelské rozhraní

Návrh uživatelského rozhraní je disciplínou softwarového inženýrství, která se věnuje návrhu uživatelského rozhraní na koncepční úrovni. Při vytváření uživatelského rozhraní je nutno brát v potaz požadavky uživatelů, aby nebylo ubíráno na efektivitě aktivity uživatele v aplikaci. Cílem je navrhnout uživatelské rozhraní pro uživatele rychle uchopitelné a přehledné. V disciplíně návrhu uživatelského rozhraní se využívá mnoho modelovacích technik, např. prototypování a drátěné modely. Pro správné posouzení efektivnosti uživatelského rozhraní je nutno tyto modely konfrontovat s potenciálními uživateli a sledovat jejich reakce a připomínky a reflektovat je v následujících iteracích návrhu uživatelského rozhraní.

Pro tuto práci byla zvolena technika drátěných modelů (tzv. wireframe), schematickým nákresem prvků na obrazovce a jakým způsobem do sebe zapadají (Garrett, 2010). Tyto návrhy jsou ušetřeny komentářů, které součástí wireframů někdy bývají. V rámci této práce nebylo možno provádět studie mezi potenciálními uživateli, byl zvolen alternativní způsob inspirace známými UI elementy, které jsou přítomny v jiných aplikacích.

5.1.1 Onboarding, přihlášení, registrace



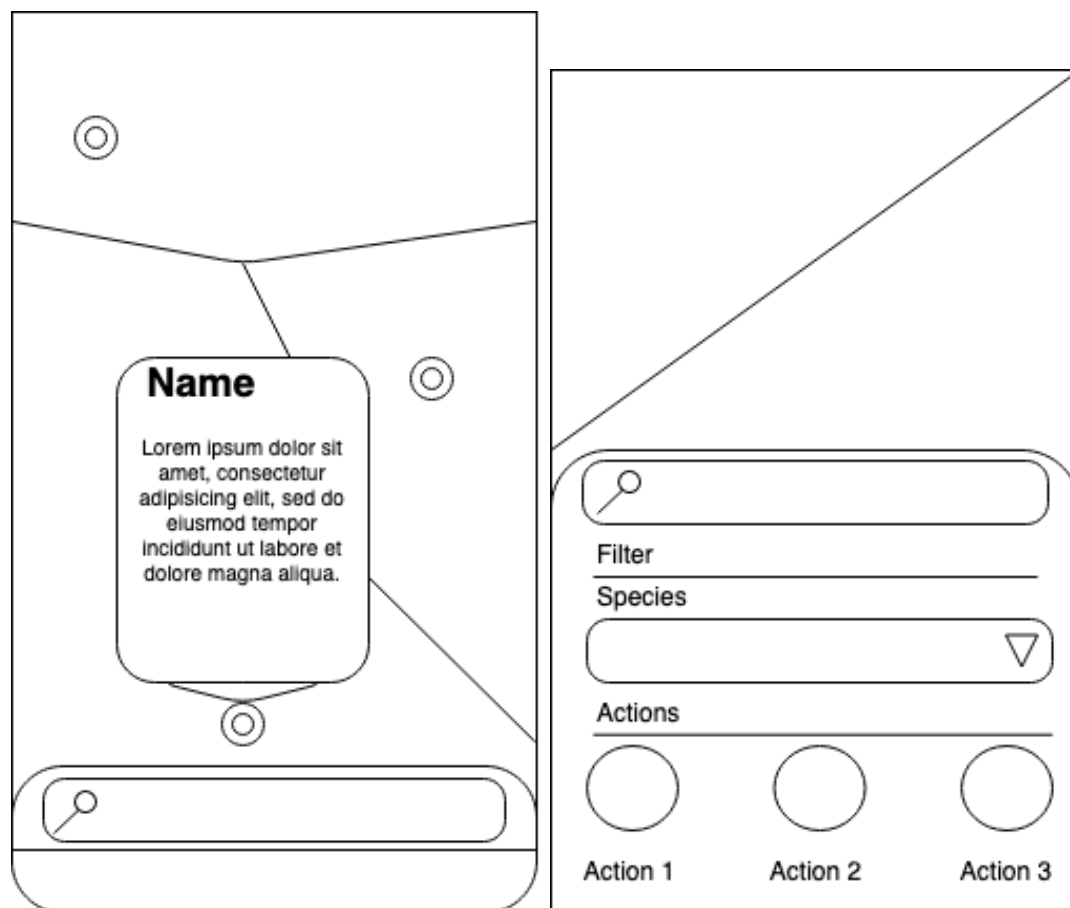
Obrázek 5.1: Wireframe onboarding a přihlašovací obrazovky – zdroj: autor

Pro přihlašovací obrazovku byl zvolen koncept tzv. onboardingu, praktiky popisující funkce aplikace a výhody založení účtu. Onboarding lze také chápat jako náhradu aplikačního návodu. Onboarding může být prováděn mnoha způsoby, jako nejjednodušší byl vybrán tzv. carousel, seznam posouvateľných panelů, kde každý z nich obsahuje určité informace o mobilní aplikaci. Pro přihlašovací obrazovku byl zvolen očekávatelný klasický formát přihlašovacího dialogu. Pro registraci byl využit tzv. web view, komponenta, co zobrazí webový prohlížeč svázaný s aplikací. Registrace se tedy provádí přes stávající webovou aplikaci. Důvodem tohoto rozhodnutí je absence API pro vytváření uživatelských účtů, ale zároveň i předpoklad, že uživatel mobilní aplikace bude i zároveň uživatelem aplikace webové.

5.1.2 Mapová koncepce

Hlavní obrazovkou aplikace byla zvolena obrazovka s mapou, aby odpovídala očekávání uživatelů webové aplikace Anitra, kde hlavní obrazovkou je také mapa. Veškeré kontrolky, které by se daly zobrazit jako separátní stránky, se zobrazují v modálních oknech nad obrazovkou, což je opět koncepce vycházející z již hotové webové aplikace. Aplikace tedy rovnou splní jeden ze zmíněných případů užití při zapnutí, a to kontrolu posledních pozic trackerů

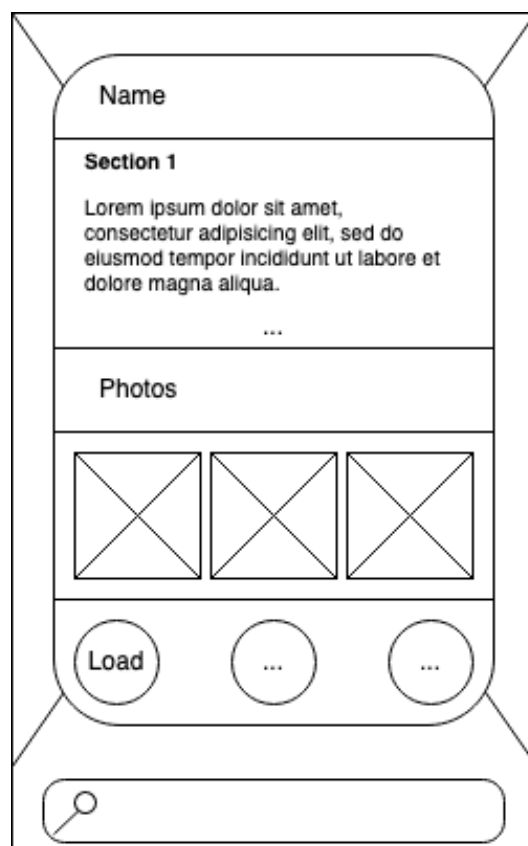
a případné odfiltrování pro uživatele nezajímavých trackerů způsoben srovnatelným s aktuálním řešením, čímž by se dalo očekávat zkrácení doby učení uživatelů aplikace. Na mapě se zobrazují individuální poslední pozice trackerů uživatele, aktuálnost poslední pozice je odstupňována dle času a barvy ikony, konzistentně s aktuálním řešením. V poslední pozici se zobrazí základní informace o trackeru – název, lokalita poslední pozice. Po klepnutí na poslední pozici se zobrazí detail objektu, ze kterého uživatel může spouštět další akce.



Obrázek 5.2: Wireframe poslední pozice a filtrování mapy – zdroj: autor

Pro navigaci v aplikaci je potřeba zavést základní menu, které uživateli umožní nejpodstatnější akce docílit v rozmezí pár uživatelských interakcí. Do aplikace bylo přidáno menu ve formě vyjížděcí kontrolky (realizované knihovnou `rn-sliding-up-panel`) s full-text vyhledáváním v hlavičce. Po zadání textu do vyhledávače se prozkoumají názvy všech trackerů a na mapě (či v dalších přehledových kontrolkách) zůstanou pouze relevantní trackery. Po vysunutí menu nahoru se zobrazí další možnost filtrování, a to klíčový výběr podle druhu. Filtry fungují v kombinaci ve formě logické spojky A. Pod filtrem druhu se nachází seznam akcí, které uživatel může provést.

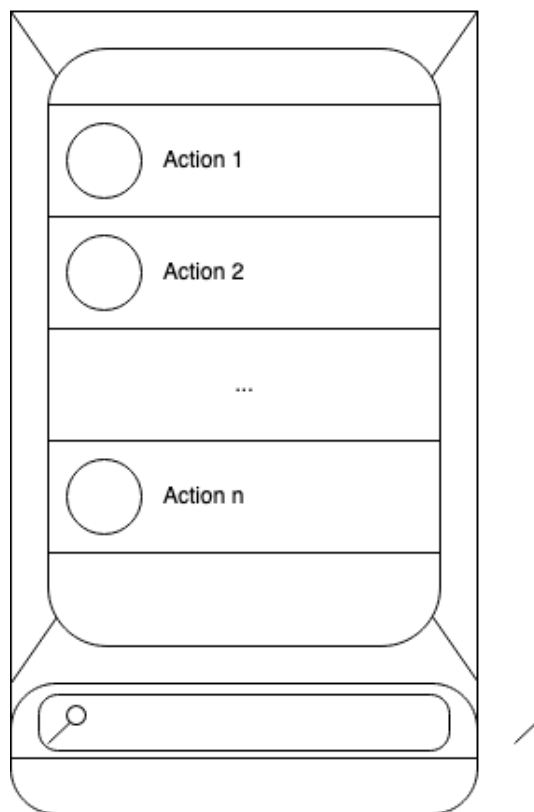
5.1.3 Detail trackeru



Obrázek 5.3: Wireframe detailu trackeru – zdroj: autor

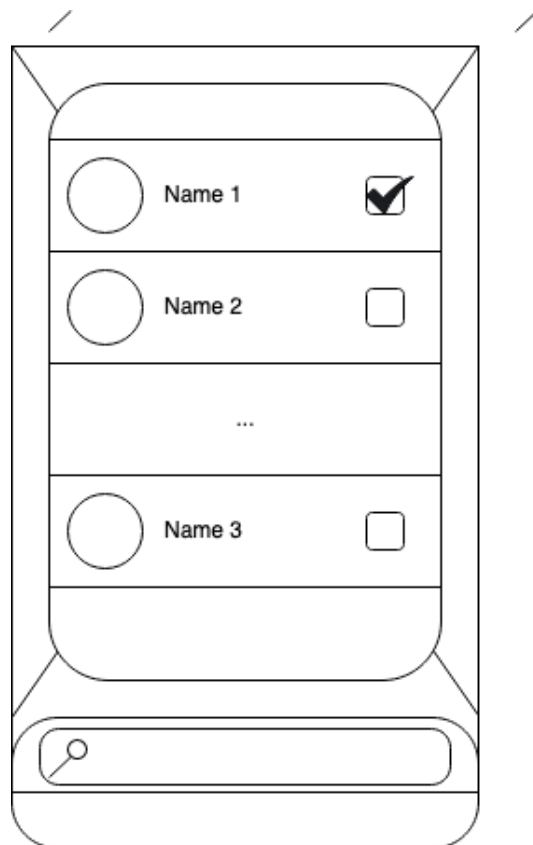
Po vybrání trackeru v mapě nebo v seznamu trackerů (viz dále) se uživateli zobrazí modální okno s popisem, základními informacemi, fotogalerií a seznamem akcí, které uživatel může s trackerem provést, v prvotní verzi aplikace pouze načíst trasu za posledních 30 dní (nebo do limitu 100 pozic). Ze stejného okna lze načtenou trasu skrýt.

5.1.4 Kontextové menu a podobrazovky



Obrázek 5.4: Wireframe kontextového menu – zdroj: autor

Kvůli způsobu provedení aplikace nebylo mnoho míst, kam přehledně uložit ovládací prvky. Některé ovládací prvky jsou také provázány s kliknutím do mapy. Z tohoto důvodu byl zvolen koncept kontextového menu nad mapou. Po dlouhém klepnutí na hlavní mapu se zobrazí seznam veškerých dostupných akcí. V seznamu jsou i globální (tedy nekontextové) akce, např. odhlášení, zobrazení seznamu trackerů, výběr mapových podkladů, stáhnutí off-line map. Kontextové menu se zobrazí v klasickém modálním okně a dá se odvolat kliknutím mimo okno nebo na jakýkoliv ovládací prvek vně.



Obrázek 5.5: Wireframe seznamu trackerů – zdroj: autor

Pro seznam trackerů byla zvolena seznamová komponenta s hlavičkami oddělující jednotlivé druhy, kvůli konzistenci s webovou aplikací. Kliknutím na položku u v seznamu se zobrazí detail trackeru a kliknutím na zaškrťovací tlačítko se načte trasa zařízení.

Stáhnutí off-line regionu map se aktivuje po kliknutí na položku v kontextovém menu, pokud je uživatel dostatečně přiblížen v mapě. Pro uživatele nemá smysl stahovat regiony výrazně větší než 1 km^2 , což lze omezit právě např. minimálním tzv. *zoom level* mapy. Běžné rasterové (tedy především satelitní) mapy jsou klientským softwarům indexovány v trojrozměrné struktuře ve formátu *z-x-y*, kde *z* udává zoom level a *x* a *y* 2D souřadnice daného mapového čtverce. Tato struktura v podstatě odpovídá datové struktuře *quadtree*, roste tedy exponenciálně počet čtverečků ve kterých se vyskytuje vybraná plocha, zatímco velikost jednotlivých čtverečků v bytech je v podstatě srovnatelná. Pro ušetření místa na klientovi byl vybrán tedy přístup s omezením vybrané plochy nastavením minimálního zoom levelu. Uživatel tak může prakticky stahovat maximálně několik stovek mapových čtverečků, čímž by nemělo dojít k nedostatku místa na straně uživatele. Před stáhnutím bude uživateli zobrazen dialog, ve kterém se uživateli zobrazí počet čtverečků ke stáhnutí a odhadovaná velikost v bytech. Po potvrzení ze strany uživatele se zobrazí indikátor zobrazující počet stáhnutých čtverečků k celkovému počtu. Při zadávání se také uživateli zobrazí na mapě již stáhnuté regiony označené červeným čtvercem.

5.2 Aplikační architektura

Aplikační (resp. softwarová) architektura popisuje strukturu softwarového systému. Struktura softwarového systému obsahuje softwarové elementy, jejich vztahy a vlastnosti elementů a jejich vlastností (Clements et al., 2010). Přístupy k této disciplíně se liší dle metodiky vývoje softwaru, rigozorní metody preferují architekturu dopředu pevně formulovat, zatímco více agilní metodiky pravý opak. V rámci této práce softwarová architektura nebyla řešena příliš do podrobnosti, jelikož se jedná o velmi malou aplikaci a úmyslem bylo dodat produkt co nejdříve. Cílem bylo navrhnout koncept bez zbytečných duplikací kódu, možností centralizovaného čtení a zápisu do cache, volání API z jednoho místa a přehlednost kódu.

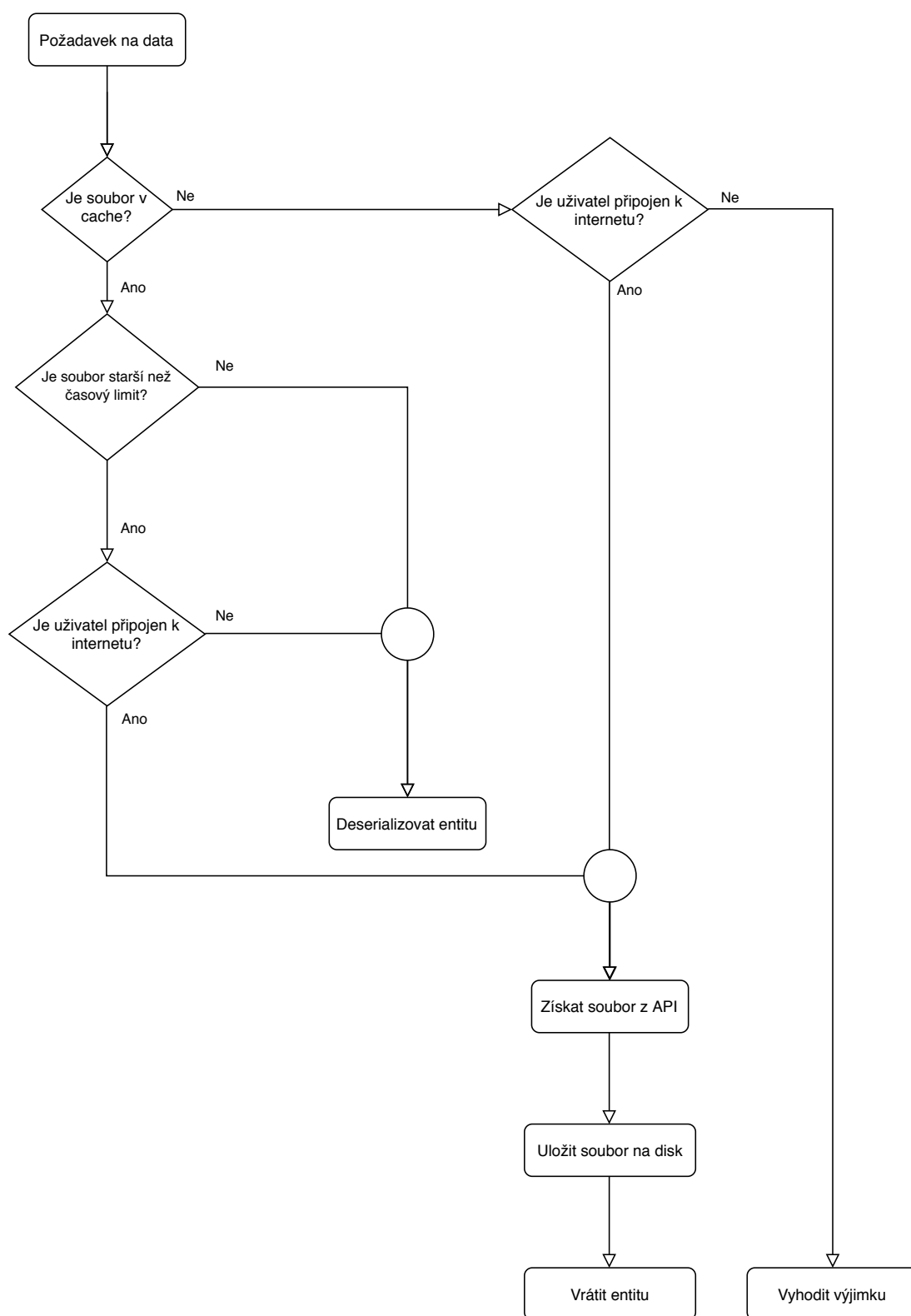
5.2.1 Základní koncepce

Pro řešení aplikace byly zvoleny architektonické vzory, tedy typické architektury, které se v návrhu softwarových architektur vyskytují. Aplikace byla navrhnutá jako dvouvrstvá klient-server aplikace, kde první vrstva zajišťuje operaci s daty (modelová vrstva, podkapitola Datové zdroje a entity) a druhá vrstva správné zobrazení (prezentační vrstva, podkapitola Komponenty). Tento koncept byl zvolen díky plnému splnění architektonických nároků malé aplikace a komponentové architektuře React, přičemž bylo zajištěno, že je dodržen princip toku dat (z modelů do komponent) a událostí (z komponent do modelů).

5.2.2 Datové zdroje a entity

Aplikace je ze své podstaty klientem webové služby poskytované platformou Anitra, data z trackerů jiným způsobem optimálně získat nelze. Komunikace se vzdáleným serverem probíhá pomocí Hyper Text Transfer Protocolu, za pomoci tzv. REST API formátu, přičemž zprávy ze strany serveru jsou serializovány do formátu JSON, které v aplikaci odpovídají entitám (vyměněné zprávy jsou většinou počtem atributů nadmnožinou, mobilní aplikace nepotřebuje všechna data). Pro každou doménovou oblast bylo v aplikaci vytvořeno tzv. uložisko – třída, která plní určité business požadavky, přičemž prezentační vrstva nepotřebuje vědět, jakým způsobem byla data získána či předaná data zpracována. Název uložisko byl zvolen právě z důvodu, že třídy zajišťují i cachování objektů.

k internetu je a dostupnost dat v případě že není. V obrázku 5.7 je celý proces vyznačen vývojovým diagramem.

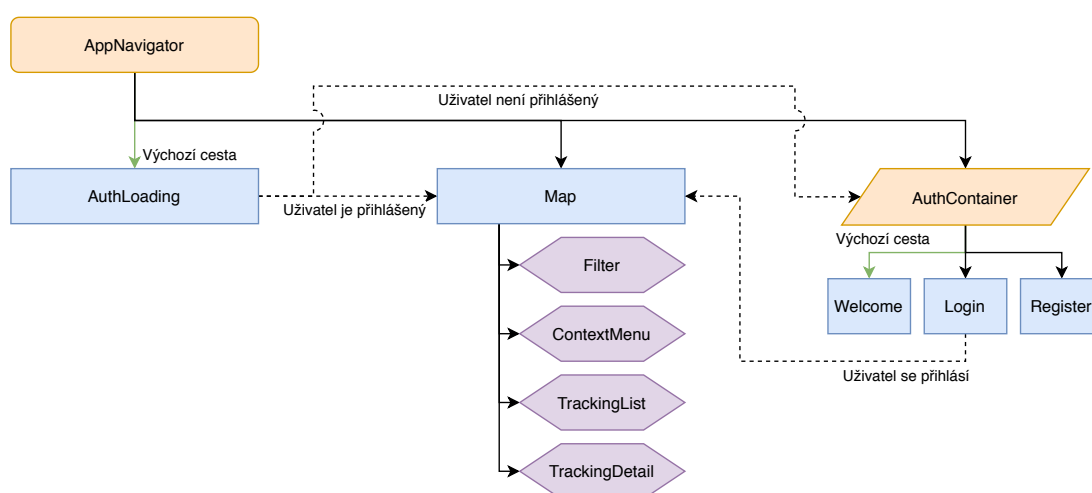


Obrázek 5.7: Vývojový diagram cache – zdroj: autor

5.2.3 Komponenty

V předchozích kapitolách byl zmíněn základ komponentového systému React, který aplikace využívá. Komponenty jsou samostatné (a často znovupoužitelné) části aplikace s datovými vstupy a reagující na události, ať už uživatelského rozhraní či dceřiných komponent. Komponenty v aplikaci lze rozdělit do dvou typů dle funkcí, které plní. První skupinou jsou obrazovky sdružující komponenty neobrazovkového typu (dále subkomponenty) do funkčního celku a předávají jim data a reagují na jejich události. Subkomponenty zpravidla slouží k zobrazování určitých dat nebo uživatelské interakci. Subkomponentám jsou předávána data a s obrazovkami komunikují přes události, je zde tedy zajištěná obousměrná komunikace mezi obrazovkou a komponentou. Předáním dat se zpravidla subkomponenta překreslí bez nutnosti překreslit nesouvisející (sub)komponenty, čímž je splněna tzv. reaktivita aplikace (zajištěna předem zmíněnou knihovnou MobX).

Komponenty jsou strukturovány do složek dle svého typu. Obrazovky jsou uloženy ve složce *src/screens*, subkomponenty se nachází ve složce *src/components*.



Obrázek 5.8: Strom komponent – zdroj: autor, klíč níže

Obrazovky

Obrazovky v aplikaci se skládají do tzv. navigátorů. Navigátor je komponentou knihovny *react-navigation*, která umožňuje přepínat mezi obrazovkami v reakci na uživatelské interakce nebo události v kódu (ref). Princip práce s navigátory je daný historií knihovny React a v nomenklatuře i chování odpovídá principům webových stránek. Každá obrazovka je přirovnatelná k webové stránce, navigátor mezi nimi umí přesměrovat a fungují zde koncepty navigačních tlačítek zpět i vpřed. Navigátory se rozlišují dle typů uživatelských interakcí pro přenavigování, v aplikaci se používají pouze dva z mnoha typů. Navigátory lze skládat do sebe a lze se navigovat napříč obrazovkami jiných navigátorů.

Prvním použitým typem je *SwitchNavigator*, který nemá prostředky pro navigaci mezi obrazovkami na základě uživatelských interakcí (např. tlačítko zpět, gesto přetáhnutí po obrazovce), ale pouze z kódu. Tento navigátor je vhodný pro úvodní stránku s rozhodnutím, zda má uživatel být přesměrován na přihlášení nebo do aplikace. V obrázku 5.8 je uveden v zaobleném obdélníku nahoře pod názvem *AppNavigator*.

Druhým využitým navigátorem je *StackNavigator*, který funguje na principu zásobníku (ref). Každá nová otevřená obrazovka se přiřadí na vrchol zásobníku a uživatel se může z této obrazovky vždy vrátit na předchozí. Tento navigátor se hodí např. na registraci a přihlášení. Na obrázku 5.8 je uveden v kosodélníku vpravo pod názvem *AuthContainer*.

Aplikace bude celá obalena v jednom *SwitchNavigatoru*, pro jednodušší správu autentizované a neautentizované části aplikace. Výchozí obrazovkou aplikace je *AuthLoading*, která rozhodne, zda se uživatel má přesměrovat do neautentizované části či do autentizované. Neautentizovaná část (pod navigátorem *AuthContainer*) se dále dělí na stránky onboarding (Welcome), přihlášení (Login) a registrace (Register). Mezi neautentizovanými stránkami lze přepínat gestem či tlačítkem zpět. Autentizovaná část (Map) je postavena na mapové koncepci aplikace a není využitý žádný navigátor, ale modální okna tvořená subkomponentami.

5.2.4 Subkomponenty

Subkomponenty vycházejí z předešlých částí návrhu (konkrétněji wireframe) a pro každou komponentu z wireframe bude vytvořena vlastní React komponenta. Pro často používané opakující se fragmenty v GUI lze také využít vlastní komponenty, o tomto bude rozhodnuto v implementaci. Subkomponenty nebyly předem plánovány do stejné úrovně jako obrazovky a mimo subkomponenty definované z wireframů byly vytvářeny ad hoc. Některé subkomponenty jsou vyznačeny v obrázku 5.8 v fialových šestiúhelnících pod obrazovkou Map.

6. Implementace

Kapitola implementace se věnuje konkrétním akcím vedoucím k vytvoření spustitelného aplikačního artefaktu. V jednotlivých podkapitolách budou uvedeny využitě prostředky, konkrétní kroky a jejich výstupy. Některé z těchto kroků jsou použitelné pro všechny Expo projekty a některé úsudky lze využít při vytváření vlastních Expo projektů. Za zmínku zde také stojí kapitola Implementace off-line map, ve které je popsán způsob jak zajistit funkční off-line mapy pro Expo projekty, pro co neexistují zatím žádné komunitní knihovny nebo Expo-nativní způsoby řešení.

6.1 Vývojové prostředí

Vývojové prostředí je kolekce procedur a nástroj pro vývoj, testování a ladění aplikací nebo programů (Technopedia, 2016). Termín vývojové prostředí se používá v synonymu s termínem IDE, integrovaným vývojovým prostředím, což je softwarový nástroj pro psaní, stestování, testování a ladění programů. Do tohoto termínu taktéž lze zahrnout i nástroje co IDE samotné využívá pro setavení artefaktů.

Pro vývoj aplikace byly zvoleny následující nástroje vývojového prostředí:

- VisualStudio Code jako nástroj IDE,
- Git jako verzovací nástroj,
- GitHub jako nástroj verzování i projektového řízení,
- AndroidStudio pro správu Android virtuálních strojů,
- XCode pro správu iOS virtuálních strojů (pouze na MacOS).

Další klíčový softwarový nástroj je taktéž instalace Node.js a balíčkovacího nástroje NPM, bez kterých by vývoj Expo aplikace nemožný. Text této práce se jejich instalaci nevěnuje a předpokládá, že již nainstalované jsou. Instalace na běžných a aktuálních verzích OS není problémem.

Do pojmu vývojové prostředí se zahrnují i izolovaná prostředí, ve kterém běží testovací nebo produkční instance aplikace (resp. datového zdroje), v tomto případě platformy Anitra. Pro vývoj této aplikace nebylo toto rozlišení nutné a vyvílejo se přímo na produkční verzi platformy Anitra.

6.1.1 Vytvoření projektu

V ukázce kódu 4.3 bylo již zmíněno, jakým způsobem vytvořit Expo projekt. Pro vytvoření expo projektu stačí zadat následující příkazy do příkazové řádky.

```
1 npm install --global expo-cli
```

```
2 expo init mobilni-aplikace
```

Procedura 6.1: Vytvoření nového projektu

První řádek nainstaluje *expo-cli*, nástroje pro vytváření, správu, spouštění a sestavení Expo projektů. Druhý příkaz vytvoří nový expo projekt *mobilni-aplikace* v aktuální složce uživatele.

Z předpřipraveného kódu je dobré zmínit vstupní bod aplikace *App.tsx*, ve kterém je připravená ukázková komponenta. Z tohoto vstupního bodu se implementují navigátory zmíněné v kapitole Implementace navigátorů.

6.2 Implementace uložišť a entit

Implementace uložišť a entit byla vytvořena dle návrhu aplikace. Bylo vytvořeno více entit, než bylo plánováno, aby celá aplikace komunikovala za pomoci typovaných objektů a tím se zjednodušil proces ladění v aplikaci i urychlil vývoj. Pro entity bylo využito rozhraní, aby entity pro funkce ukládání měly stejnou signaturu a bylo je možné používat ve stylu OOP bez složitých konstrukcí. V ukázce kódu uvedené níže je ukázáno rozhraní, které musí implementovat všechny entity a entity, které mají být uložitelné na disk.

```
1 export interface IEntity {  
2   id?: number;  
3  
4   synchronized: boolean;  
5   lastSynchronized?: Date;  
6 };  
7  
8 export interface ISerializableEntity extends IEntity {  
9   toJson() : object;  
10  
11   toJsonString() : string;  
12  
13   fromJson(json: any): IEntity;  
14 };
```

Procedura 6.2: Ukázka entity

Implementace uložišť samotných spočívá v implementaci tří částí – v komunikaci se serverem, transformaci dat od serveru a uložení těchto dat na disk. Pro komunikaci se serverem pomocí HTTP Rest API byla zvolena knihovna *axios*, která se běžně používá v JavaScriptových projektech pro abstrakci rozdílů mezi jednotlivými klienty. Knihovna dále umožňuje jednodušší přístup např. k hlavičkám HTTP dotazu a je tedy jednoduché se např. oproti vzdálenému serveru autentifikovat. Axios očekává na vstupu objekt obsahující výčet parametrů a na výstupu vrací tělo dotazu zformátované do správného formátu (např. když server vrací JSON odpověď, Axios z vráceného textu správně složí JSON).

Transformace dat ze serveru spočívá v převodu klíčů a hodnot vrácených ze serveru do předem zmíněných entit. Entity v aplikaci neobsahují celá data, ale pouze výčet, který aplikace skutečně potřebuje. Tímto se šetří nejen místo na disku, ale i doba serializace a deserializace entit při čtení z disku. V API nejde stanovit, jaká pole dotazovatel vyžaduje a filtrování je tedy nutno provést až na koncovém bodu procesu, tedy v mobilní aplikaci.

Pro uložení dat byla využita součást Expo *expo-file-system*, která abstrahuje od jednotlivých souborových systémů operačních systémů. Nevýhodou tohoto systému je neobratnost při zakládání složek, složky se musí vytvářet dopředu a nelze je vytvořit při zápisu souboru. Podstatnější nevýhodou je nutnost serializovat obsah souboru do textu, nejedná se tedy o příliš vhodnou metodu ukládání např. obrazových dat kvůli nutnosti převést binární data na textový formát např. Base64. Alternativní řešení pro Expo neexistuje. Ukázka práce se souborovým systémem je v následující ukázce kódu.

```
1 import * as FileSystem from 'expo-file-system';
2
3 let string = await FileSystem.readAsStringAsync(path);
```

Procedura 6.3: Ukázka entity

Do proměnné string se asynchronně zapíše obsah souboru v cestě, v případě chyby čtení, např. způsobené neexistujícím souborem, se vyhodí výjimka. Soubor lze dále zpracovat především např. textu na JSON nebo na XML, případně jakýkoliv jiný formát, který aplikace využívá. V aplikaci se nad těmito funkcemi staví třída PersistenStorage, která poskytuje obecné metody pro uložení a získání kolekci či jednotlivých entit.

6.3 Implementace obrazovek

Implementace obrazovek byla nejdelší částí tvorby aplikace a nejnáročnější na testování. Obrazovky jsou React komponenty umístěny ihned pod navigátorem. V jejich životním cyklu se vytváří subkomponenty, získávají data z uložisti a pomocí událostí komunikují s uložisti. Obrazovky jsou spolu se subkomponentami zodpovědné za správu interakcí s uživatelem.

Níže je uvedena ukázková implementace obrazovky AuthLoading, která rozhoduje o přesměrování uživatele po zapnutí aplikace, pokud je přihlášen či ne.

```
1 import React from 'react';
2 import { StyleSheet, Text, View } from 'react-native';
3 import { MaterialIndicator } from 'react-native-indicators';
4
5 import AuthStore from '../store/AuthStore';
6 import Theme from "../constants/Theme.js";
7
8 export default class AuthLoading extends React.Component {
9   verifyAuth = async () => {
10     await AuthStore.awaitAuth();
11     if (AuthStore.isAuthenticated) {
```

```

12     this.props.navigation.navigate("Map");
13   } else {
14     this.props.navigation.navigate("AuthContainer");
15   }
16 }
17
18 componentDidMount() {
19   this.verifyAuth();
20 }
21
22 render () {
23   return (
24     <View style={styles.container}>
25       <View>
26         <MaterialIndicator color={ Theme.colors.brand.primary }/>
27       </View>
28     </View>
29   );
30 }
31 }
32
33 const styles = StyleSheet.create({
34   container: {
35     flex: 1,
36     backgroundColor: Theme.colors.default.background,
37     alignItems: 'center',
38     justifyContent: 'center',
39     alignSelf: 'stretch',
40   }
41 });

```

Procedura 6.4: Ukázka implementace obrazovky

V ukázce lze vidět několik podstatných částí. V první části jsou importy závislostí, kde veškeré obrazovky potřebují naimportovat alespoň závislost *React* z knihovny *React*. Na druhém řádku lze vidět import typických ovládacích prvků a utilit pro obrazovku či subkomponentu. *StyleSheet* je způsob zapsání stylu pro *ReactNative*, ukázka způsobu zápisu stylů se nachází v objektu *styles* na konci ukázky kódu. *Text* je komponenta, která umožňuje zobrazení stylovaného textu a jako jediná může obsahovat čistý text. Komponenta *View* rámcově odpovídá funkci tagu *div* v *HTML* a je pouze prázdným kontejnerem pro ostatní komponenty, ale může být stylována. Následně je vidět import *MaterialIndicator* z knihovny *react-native-indicators*, externí komponenty, která zobrazuje načítací spinner, aby *UI* nevypadala neresponzivně. Následně je importováno uložisko pro autentifikaci a seznam konstant obsahující styl aplikace.

Samotná obrazovka začíná na řádku 8, kde se nachází definice třídy komponenty. Na řádku devět se nachází metoda komponenty, ve které se volá uložisko *Auth* pro ověření, zda je uživatel autorizovaný a případně se přenaviguje na správnou obrazovku. Vysoce podstatná je metoda *componentDidMount* na řádku 18, která se spustí po načtení komponenty a volá již zmiňovanou funkci na ověření přihlášení. Metoda *render* vrací *JSX* obrazovky, tedy strukturu všech subkomponent. Na konci je již zmiňovaný objekt *styles*, obsahující styly.

Tato obrazovka je reprezentativní pro všechny obrazovky, s výjimkou hlavní mapy.

6.3.1 Implementace hlavní mapy

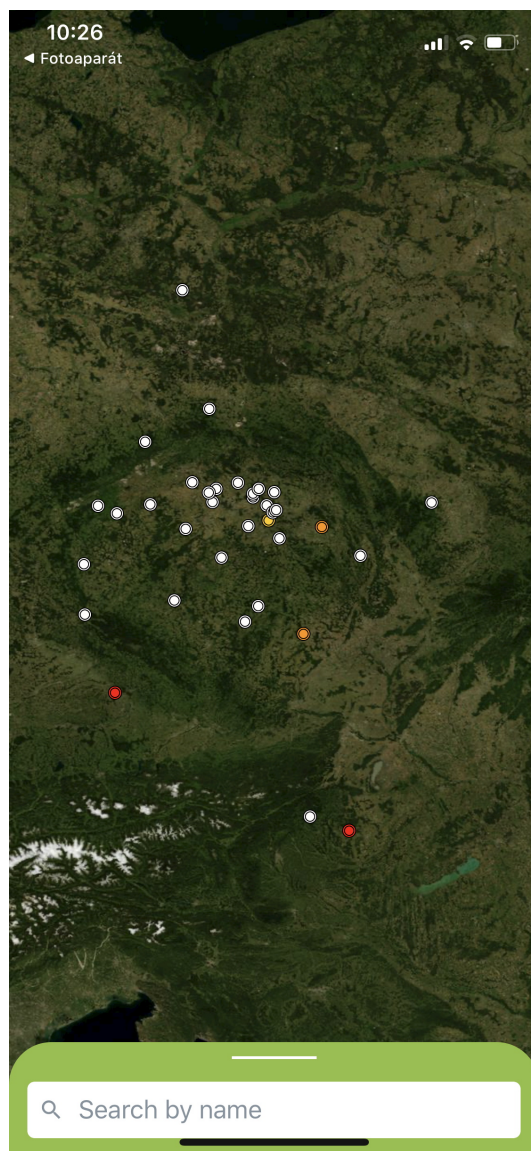
Pro hlavní část této obrazovky, tedy mapy, byla využita knihovna *react-native-maps* z důvodu absence alternativ pro Expo. Knihovna však splňuje veškeré požadavky aplikace. Do mapy lze např. vkládat objekty typu trasa, bod i tyto body následně stylovat. Objekty do mapy se přidávají jako individuální komponenty, např. bod s tzv. infoboxem (bublinou nad bodem) se vytvoří následujícím způsobem.

```
1 <MapView>
2   <Marker
3     coordinate={ { latitude: point.lat, longitude: point.lng } }
4     icon={image}
5     image={image}
6     zIndex={zIndex}
7   >
8     <Callout>
9       <MarkerPosition tracking={track.tracking} id={point.id}/>
10    </Callout>
11  </Marker>
12 </MapView>
```

Procedura 6.5: Ukázka implementace obrazovky

Ukáza ilustruje způsob umístění v mapě (parametr *coordinate*), způsob vybrání ikony pro obě platformy (parametr *icon* a *image*) a nastavení *zIndexu*, který určuje pořadí vykreslování komponent vzájemně se překrývajících. Komponenta *Callout* obsahuje již zmiňované infowindow, které obsahuje subkomponentu *MarkerPosition*.

Pro implementaci vyjížděcího menu pro filtry byla využita komponenta *rn-sliding-up-panel*, která plně splní zadání z kapitoly návrh. Detaily implementace lze zobrazit v příloze, jelikož jsou příliš dlouhé pro ukázky v textu této práce.



Obrázek 6.1: Výsledek implementace hlavní mapy – zdroj: autor

Výsledek implementace mapy je srovnatelný s drátěným modelem představeným v kapitole návrh.

6.4 Implementace subkomponent

Subkomponenty byly vytvořeny pro splnění mapové koncepce, tedy pro jednotlivé overlay funkce definované v kapitole návrh. Zbylé subkomponenty byly vytvářeny dle potřeby pro zpřehlednění aplikace, tedy ad hoc. Za zvláštní zmínku stojí implementace off-line map, která byla vytvořena čistě pro tuto aplikaci.

6.4.1 Implementace off-line map

Pro implementaci off-line map bylo nutno vytvořit dvě komponenty. První komponentou jsou off-line mapy samotné, druhou komponentou způsob, jak vybrat rozsah, který má být stáhnut.

Off-line schopnost map je umožněna díky následujícím klíčovým možnostem: možnost načítat tzv. tile mapy (mapy uložené ve formátu obrázků s jednoznačným indexem v dimenzích x, y a z) a URI, které využívá Expo i pro ukládání souborů. Pro mapy je tedy jedno, zda načítají jednotlivé mapové čtverečky z disku, či přímo ze vzdáleného mapového serveru.

```
1 import { UriTile } from 'react-native-maps';
2 <MapView...>
3   <UriTile urlTemplate="..." />
4 </MapView>
```

Procedura 6.6: Off-line mapy

Do urlTemplate se místo vzdáleného zdroje doplní část kódu, která obsahuje parametry pro jednotlivé dimenze mapy ve formátu $\{z\}/\{x\}/\{y\}.png$. Každý mapový čtvereček je následně načítán z disku. Toto chování je vhodné zapnout pouze v případě že uživatel není připojený k síti, či na přímé vyžádání uživatele.

Z časových nedostatků nebylo možno vytvořit komfortní uživatelský nástroj pro výběr off-line map, ale pouze rudimentární. Z kontextového menu uživatel zapne dialog zadávání bodů, čímž se uloží příznak do aplikace, že uživatel vybírá off-line region. Uživatel je následně instruován, aby klikal do mapy.

6.5 Implementace navigátorů

Pro implementaci navigátorů byla vybrána již zmiňovaná standardní knihovna *react-navigation*. Pro instalaci je využitý balíčkovací nástroj NPM.

```
1 npm install react-navigation
2 npm install react-navigation-stack
```

Procedura 6.7: Instalace react-navigation

Po instalaci je nejprve ve vybrané React komponentě nejprve naimportovat dané knihovny.

```
1 import { createStackNavigator, createAppContainer,
    NavigationContainerComponent, NavigationActions } from 'react-navigation';
2 import { createStackNavigator } from 'react-navigation-stack';
```

Procedura 6.8: Import knihoven pro hlavní navigátor

Importováním těchto závislostí půjde vytvořit switch navigátor, hlavní navigační kontejner aplikace a stack navigátor. Následně je nutno naimportovat komponenty obrazovek následujícím způsobem.

```

1 import Welcome from './src/screens/auth/Welcome'; // naimportuje komponentu
   obrazovky Welcome
2 import Login from './src/screens/auth/Login';
3 import Register from './src/screens/auth/Register';
4 import MapScreen from './src/screens/in/Map';

```

Procedura 6.9: Import obrazovek pro hlavní navigátor

Navigátory lze následně sestavit modulárním způsobem vkládání do sebe, kde listy grafu navigátorů jsou jednotlivé komponenty obrazovek.

```

1 const AuthContainer = createStackNavigator({
2   Welcome: Welcome,
3   Login: Login,
4   Register: Register
5 }, {
6   headerMode: 'none'
7 });
8
9 const AppNavigator = createSwitchNavigator({
10   AuthLoading: AuthLoading,
11   Map: MapScreen,
12   AuthContainer: AuthContainer
13 }, {
14   "initialRouteName": "AuthLoading" // nazev vychazi cesty, resp. obrazovkove
   komponenty
15 });

```

Procedura 6.10: Implementace navigátorů

Navigátory se následně obalí aplikačním kontejnerem, ze kterého se vytvoří hlavní komponenta aplikace, tedy její vstupní bod.

```

1 const AppContainer = createAppContainer(
2   AppNavigator
3 );
4
5 export default class App extends React.Component
6 {
7   render () {
8     return (
9       <React.Fragment>
10        <AppContainer ref = { setNavigatorRef }/>
11        <FlashMessage position="top" />
12      </React.Fragment>
13    )
14  }
15 }

```

Procedura 6.11: Vytvoření aplikačního kontejneru

V ukázce kódu se vytváří komponenta App, která je vstupním bodem aplikace. V komponentě App se nachází fragment, který je kolekcí různých React komponent a sám nemá v

uživatelském rozhraní žádnou funkci. Následně se vytvořený `AppContainer` využije přímo v komponentě a jeho vykresleným obsahem se stávají různé obrazovky specifikované v předchozích ukázkách kódu. Ačkoliv se nejedná přímo o funkce navigátoru, na stejné úrovni se také nachází komponenta `FlashMessage`, která zajistí, že se tzv. flash zprávy vygenerované v aplikaci zobrazují napříč všemi obrazovkami z jednoho místa (tedy bez duplikace kódu). Nejedná se tedy o funkci navigátoru, ale pouze o komponentu, kterou je vhodné umístit na nejvyšší úroveň kvůli prevenci duplikaci kódu a jedná se o vhodnou ukázkou, co lze na stejnou úroveň jako kontejner navigátorů vložit.

Pro přenařigování lze využít v jakékoliv komponentě umístěné pod `AppContainerem` (resp. pod jakýmkoliv navigátorem) funkci uvedenou níže.

```
1 this.props.navigation.navigate("Map");
```

Procedura 6.12: Přenařigování

Všem komponentám je předán odkaz na navigátor a pomocí klíče (názvu) obrazovky se na ni lze přenařigovat kdekoliv uvnitř komponenty, např. při reagování na kliknutí z tlačítka či doběhnutím vnitřní události. Navigace mimo komponentu ale tímto způsobem není možná, proto byl autorem aplikace v `App.tsx` vytvořena možnost, jak tuto funkci z komponenty získat. V komponentě `AppContainer` byl specifikován atribut `ref`. Atribut `ref` v Reactu slouží k získání instance určité komponenty. Komponenta se předá funkci `setNavigatorRef`, který do lokální proměnné vloží instanci navigátoru. Aplikace nad touto lokální instancí vytváří funkci `navigate`, ve které volá událost navigace a je tedy možné z kódu mimo komponenty volat funkce navigace.

```
1 let instanceRef: NavigationContainerComponent;
2
3 function setNavigatorRef(instance: NavigationContainerComponent) {
4   instanceRef = instance;
5 }
6
7 function navigate(routeName, params) {
8   instanceRef.dispatch(
9     NavigationActions.navigate({
10       routeName,
11       params,
12     })
13   );
14 }
```

Procedura 6.13: Přenařigování

6.6 Implementace push notifikací

Jednou z mnoha výhod platformy Expo je jednoduchost napojení aplikačních push notifikací. Není potřeba využívat různé poskytovatele pro různé platformy, Expo zajistí doručení

na jakékoliv zařízení, které se k notifikacím registruje. Výhodou také je jednoduchost celého systému, kde stačí aby se zařízení pouze oznámilo serveru svým identifikátorem a následně lze notifikace volat za pomoci REST API Expo. Celý proces je velmi jednoduchý na implementování v mobilní aplikaci i ve zdroji notifikací. Získání notifikací na straně aplikace lze docílit následujícím způsobem.

```
1 import { Notifications } from 'expo';
2 import * as Permissions from 'expo-permissions';
3 import Constants from 'expo-constants';
4
5
6 const { status } = await Permissions.askAsync(Permissions.NOTIFICATIONS);
7
8 if (finalStatus !== 'granted') {
9   return;
10 }
11
12 const token = await Notifications.getExpoPushTokenAsync();
```

Procedura 6.14: Expo notifikace

Pro notifikace je nutno získat uživatelské svolení. Pokud svolení dá, Expo vrátí textový token, který se následně dá použít pro posílání notifikace na konkrétní zařízení. Pro zjednodušení práce s větším počtem stejných notifikací je možnost vytvářet skupiny příjemců, aplikace tohoto nevyužívá. Kód pro generování zpráv na straně serveru není součástí této práce a je pouze obsažen ve webovém backendu aplikace Anitra.

6.7 Sestavení pomocí TurtleCLI

6.8 Publikování na Google Play

Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit offline-capable mobilní aplikaci splňující požadavky ornitologů pro práci v poli. Tento cíl byl splněn vytvořením aplikace ve frameworku React Native, resp. Expo. Aplikace byla vytvořena a otestována na obou hlavních mobilních platformách. Aplikace kvůli komplikacím způsobené COVID-19 nemohla být včas nasazena, jelikož distribuční platformy nestíhaly zpracovávat požadavky na nové aplikace.

Vývoj aplikace bude pokračovat a stane se užitečnou pomůckou při výzkumných projektech klientů platformy Anitra.

Seznam použité literatury

- AMLANER, Charles J; MACDONALD, David W, 1980. *A handbook on biotelemetry and radio tracking: proceedings of an International Conference on Telemetry and Radio Tracking in Biology and Medicine, Oxford, 20-22 March 1979*. Amsterdam: Elsevier. ISBN 9781483189314.
- ANDREW, Rachel, 2019. *Basic Concepts of Flexbox: CSS Flexible Box Layout*. Mountain View: MDN Web Docs. Dostupné také z: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS/CSS_Flexible_Box_Layout/Basic_Concepts_of_Flexbox.
- ARISTOTELES; BALME, D. M., 1965. *Historia Animalium*. 1. vyd. Cambridge: Harvard University Press. ISBN 0674994817.
- BODUCH, A., 2018. *React and React Native: Complete guide to web and native mobile development with React, 2nd Edition*. Packt Publishing. ISBN 9781789340037. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=NP1wDwAAQBAJ>.
- CHUNG, L.; NIXON, B.A.; YU, E.; MYLOPOULOS, J., 2012. *Non-Functional Requirements in Software Engineering*. Springer US. International Series in Software Engineering. ISBN 9781461552697. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=MNrcBwAAQBAJ>.
- CLEMENTS, P.; BACHMANN, F.; BASS, L.; GARLAN, D.; IVERS, J.; LITTLE, R.; MERSON, P.; NORD, R.; STAFFORD, J., 2010. *Documenting Software Architectures: Views and Beyond*. Pearson Education. SEI Series in Software Engineering. ISBN 9780132488594. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=UTZbsrA4qAsC>.
- EXPO, 2020. *Developer services*. Palo Alto: Expo. Dostupné také z: <https://expo.io/developer-services>.
- FARVE, Rey, 2014. *Demonstration of Satellite/GPS Telemetry for Monitoring Fine-Scale Movements of Lesser Prairie-Chickens*. Washington D.C.: United States Forest Service. Dostupné také z: https://www.fs.fed.us/t-d/programs/im/satellite_gps_telemetry/wildlifetrackingtelemetry.htm.
- FULLER, JL; GORDON, TM, 1948. The radio inductograph—a device for recording physiological activity in unrestrained animals. *Science*. Roč. 108, č. 2802, s. 287–288.
- GARRETT, J.J., 2010. *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*. Pearson Education. Voices That Matter. ISBN 9780321624642. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=9QC6r50zCpUC>.
- GARTNER, 2020. *Geographic Information System*. Stamford: Gartner Inc. Dostupné také z: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/geographic-information-systems-gis>.
- GÁLA, Libor; ŠEDIVÁ, Zuzana; POUR, Jan, 2015. *Podniková informatika: Počítačové aplikace v podnikové a mezipodnikové praxi - 3., aktualizované vydání*. Praha: Grada Publishing a.s. ISBN 9788024799186. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=acxuCwAAQBAJ>.

- HALLEY, Matthew R, 2018. Audubon's famous banding experiment: fact or fiction? *Archives of natural history*. Roč. 45, č. 1, s. 118–121.
- JACOBSON, Ivar, 1987. Object-oriented development in an industrial environment. In: *Conference proceedings on Object-oriented programming systems, languages and applications*, s. 183–191.
- KRANSTAUBER, Bart; CAMERON, Alison; WEINZERL, R; FOUNTAIN, Tony; TILAK, Sameer; WIKELSKI, Martin; KAYS, Roland, 2011. The Movebank data model for animal tracking. *Environmental Modelling & Software*. Roč. 26, č. 6, s. 834–835.
- KROUŽKOVÁNÍ PTÁKŮ, 2017a. *Historie*. Praha: Společnost spolupracovníků Kroužkovací stanice Národního muzea. Dostupné také z: <http://krouzkovaniptaku.cz/historie/>.
- KROUŽKOVÁNÍ PTÁKŮ, 2017b. *O kroužkování ptáků*. Praha: Společnost spolupracovníků Kroužkovací stanice Národního muzea. Dostupné také z: <http://krouzkovaniptaku.cz/o-krouzkovani-ptaku/>.
- KROUŽKOVÁNÍ PTÁKŮ, 2019. *Anitra – nová česká značka na poli telemetrie ptáků*. Praha: Společnost spolupracovníků Kroužkovací stanice Národního muzea. Dostupné také z: <http://krouzkovaniptaku.cz/anitra-nova-ceska-znacka-na-poli-telemetrie-ptaku/>.
- MAGUIRE, Martin; BEVAN, Nigel, 2002. User requirements analysis. In: *IFIP World Computer Congress, TC 13*, s. 133–148.
- MROZEWSKI, Tomasz, 2018. Movebank. *Bulletin-Association of Canadian Map Libraries and Archives (ACMLA)*. Č. 158, s. 24–27.
- NOVICK, V., 2017. *React Native - Building Mobile Apps with JavaScript*. Packt Publishing. ISBN 9781787129795. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=YJZGDwAAQBAJ>.
- OVCHINNIKOVA, Nastassia, 2020. *Why I Don't Want to Use React Native With Expo*. Minsk: Flatlogic. Dostupné také z: <https://flatlogic.com/blog/why-i-don-t-want-to-use-react-native-with-expo/>.
- PODILA, P.; WESTSTRATE, M., 2018. *MobX Quick Start Guide: Supercharge the client state in your React apps with MobX*. Packt Publishing. ISBN 9781789348972. Dostupné také z: <https://books.google.nl/books?id=ALFmDwAAQBAJ>.
- REACTJS.ORG, 2020. *React – A JavaScript library for building user interfaces*. Menlo Park: React. Dostupné také z: <https://reactjs.org/>.
- SKLENÁK, V., 2001. *Data, informace, znalosti a Internet*. Praha: C.H. Beck. C.H. Beck pro praxi. ISBN 9788071794097. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=UJh-gLdTH8IC>.
- SOKAL, Dominik; JUNG, Quinlan; NOVITSKI, Nick; HAJTO, Jakub, 2019. *TurtleCLI*. San Francisco: GitHub. Dostupné také z: <https://github.com/expo/turtle/blob/master/README.md>.
- SOKOLOV, LV, 2011. Modern telemetry: new possibilities in ornithology. *Biology Bulletin*. Roč. 38, č. 9, s. 885–904.

STOYNOV, Emilian; PESHEV, Hristo; GROZDANOV, Atanas, 2018. Early warning system for wildlife poisoning, using intensive GPS tracked vultures as detectives. Dostupné z DOI: 10.13140/RG.2.2.28251.41760.

TECHNOPEDIA, 2016. *Development Environment*. Edmonton: Technopedia. Dostupné také z: <https://www.techopedia.com/definition/16376/development-environment>.

VATNE, Brent, 2020. *Introduction to Expo*. Palo Alto: Expo.io. Dostupné také z: <https://docs.expo.io/>.

Přílohy

