

# Vysoká škola ekonomická v Praze

## Fakulta informatiky a statistiky



**aaaa**

## 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 *aaaa* vypracoval samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury.

V Praze dne DD. měsíc RRRR

.....

Podpis studenta



## **Poděkování**

Poděkování.



## **Abstrakt**

Abstrakt.

## **Klíčová slova**

animal tracking, mobilní aplikace, react native, expo

## **Abstract**

Abstract.

## **Keywords**

animal tracking, mobile app, react native, expo





# Obsah

Úvod	15
<b>1 Problémová oblast</b>	<b>17</b>
1.1 Vývoj v oblasti telemetrie	17
<b>2 Existující řešení</b>	<b>19</b>
2.1 Nestrukturovaný zápis	19
2.2 Strukturovaný zápis	20
2.3 Geografické informační systémy	21
2.3.1 Google MyMaps	21
2.3.2 ArcGIS	21
2.4 Specializovaný software	22
2.4.1 Movebank	22
2.4.2 Movebank Animal tracker	22
2.4.3 Anitra	23
<b>3 Analýza požadavků</b>	<b>25</b>
3.1 Identifikace stakeholderů	25
3.2 Sběr požadavků	25
3.3 Funkční požadavky	26
3.3.1 Diagram případů užití	26
3.4 Nefunkční požadavky	26
3.5 Časové aspekty	27
<b>4 Technologie</b>	<b>29</b>
4.1 Kritéria výběru	29
4.1.1 Podpora více platforem	29
4.1.2 Rychlost vývoje	29
4.1.3 Velikost komunity	30
4.1.4 Programovací jazyk	30
4.1.5 Vytváření uživatelského rozhraní	30
4.1.6 Hotové komponenty	30
4.2 Výběr technologie	31
4.2.1 Hodnocení React Native	31
4.2.2 Hodnocení Xamarin	31
4.2.3 Hodnocení Flutter	32
4.2.4 Vybraná technologie	33
4.3 React Native	33
4.3.1 JavaScript a EcmaScript	33
4.3.2 TypeScript	34

4.3.3	React . . . . .	34
4.3.4	React Native . . . . .	36
4.3.5	MobX . . . . .	37
4.3.6	Expo . . . . .	37
4.3.7	TurtleCLI . . . . .	38
<b>5</b>	<b>Návrh</b>	<b>41</b>
5.1	Uživatelské rozhraní . . . . .	41
5.2	Aplikační architektura . . . . .	41
<b>6</b>	<b>Implementace</b>	<b>43</b>
	<b>Závěr</b>	<b>45</b>
	<b>Seznam použité literatury</b>	<b>47</b>
<b>A</b>	<b>Formulář v plném znění</b>	<b>51</b>
<b>B</b>	<b>Zdrojové kódy výpočetních procedur</b>	<b>53</b>

# Seznam obrázků

1.1	Schéma systému GPS-GSM trackerů . . . . .	18
2.1	Screenshot z aplikace Movebank Animal Tracker . . . . .	23
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 . . . . .	31
4.2	Logo React – zdroj: Facebook Inc. . . . .	35
4.3	Expo – zdroj: autor . . . . .	38

# Seznam tabulek

2.1	Hodnocení Nestrukturovaný zápis . . . . .	19
2.2	Hodnocení Strukturovaný zápis . . . . .	20
2.3	Hodnocení Google MyMaps . . . . .	21
2.4	Hodnocení Movebank . . . . .	22
4.1	Hodnocení React Native . . . . .	31
4.2	Hodnocení Xamarin . . . . .	32
4.3	Hodnocení Flutter . . . . .	32

# 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



# 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, studií 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.

Popsat kapitoly

Metodika??





# 1. Problémová oblast

Sledování a popis životního cyklu ptáků, vědecká disciplína nazývaná ornitologie, je poměrně starou vědeckou disciplínou s kořeny ve starověku. Jedním z prvních dochovaných textů zabývajícím se popisem života ptáků je Aristotelova *Historia Animalium* v roce 350 př. n. l. Ornitologie se postupně rozvíjela – zaváděly se taxonomie ptactva, studovala se ptačí anatomie, ale spousta otázek spojená s chováním ptáků zůstávala nezodpovězena. V roce 1805. Americký ornitolog John James Audubon se snažil prokázat, že se každým rokem na jeho farmu vrací stejný jedinec druhu *Sayornis phoebe* přivázáním stříbrného lanka na nohu. Tímto nepřímým 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 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.

Hlavní nevýhodou kroužkování je samozřejmě pasivní povaha této metody – o ptácích se zjišťují pouze kusé informace o jejich přibližné poloze, které musí nahlásit pozorovatel. Pozorování samotné je 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 hnízd, což s sebou přináší logistické i administrativní problémy.

## 1.1 Vývoj v oblasti telemetrie

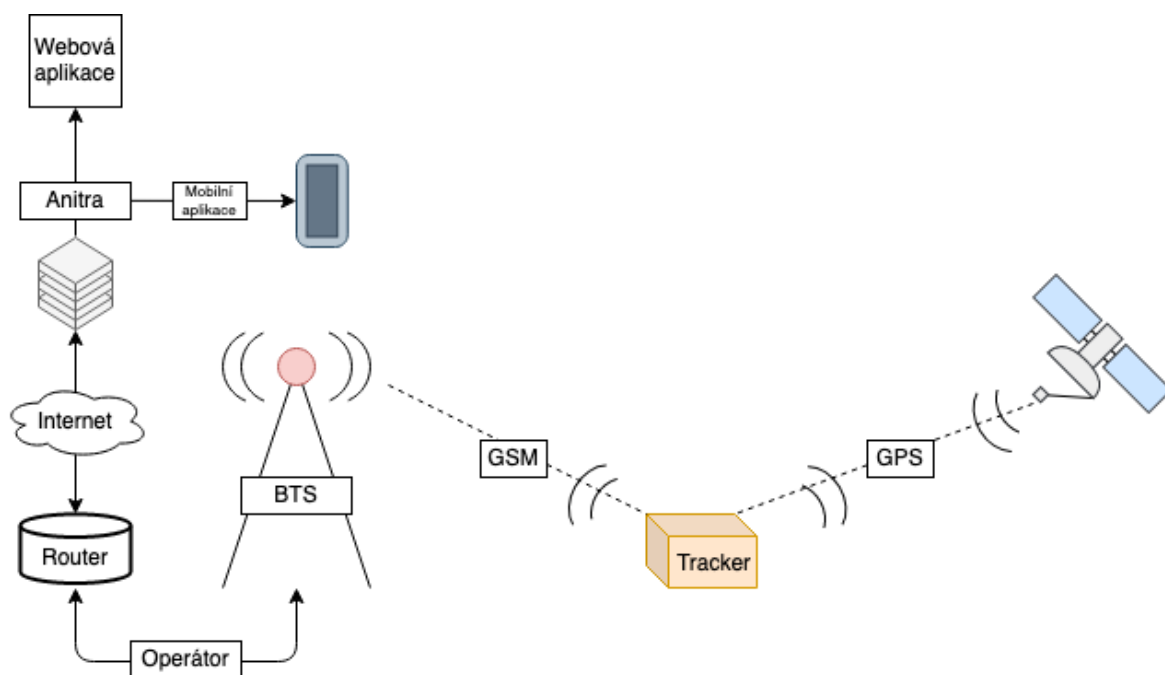
Miniaturizací elektronických součástek, především akumulátorů, se v 60. letech 20. století začínají rozšiřovat aktivní telemetrická zařízení. Jednoduché radiolokátory umožnily v terénu přesně určit pozici zvířete sledováním intenzity signálu. Radiolokátory mohou pomocí elektromagnetických pulsů přenášet určitá data (např. identifikátor radiolokátoru – zvířete) za použití určité modulace signálu. 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 radio-

lokátorů mohou být přijaty speciálními družicemi v kosmu a za pomoci Dopplerova jevu lze spočítat přibližnou polohu daného jedince. 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. 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. V roce 20?? vznikla česká ornitologická platforma Anitra, která poskytuje komplexní nástroje pro správu zařízení a vizualizaci dat od širokého spektra výrobců trackerů. 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.

Pro základní představu celého systému je níže uvedeno schématické znázornění vztahů mezi jeho prvky.



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. 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

ruční poznámky - obrázek od D.

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. 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 info
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 da
Přehlednost dat	3 – v datech se obtížně hledá, závisí primárně na zapisovateli, n
Přenositelnost a sdílení dat	4 - data jsou složitě přenositelná, mohou být i obtížně pochopit

Tabulka 2.1: Hodnocení Nestrukturovaný zápis

#### 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 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
Přenositelnost a sdílení dat	3 - data jsou přenositelná do jiných formátů, ale díky absenci standardů

Tabulka 2.2: Hodnocení Strukturovaný zápis

### 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

popsat, co je to GIS, obecné výhody

### 2.3.1 Google MyMaps

- obrázek od D.

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.

Kritérium	Hodnocení
Informace o jedincích	5 – veškeré informace se vztahují k bodům, lze kategorizovat po
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 universální
Přehlednost dat	2 – mapová data lze ukládat vysoce přehledně za použití person
Přenositelnost a sdílení dat	2 - data lze jednoduše vyexportovat do standardního formátu K

Tabulka 2.3: Hodnocení Google MyMaps

#### 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),

### 2.3.2 ArcGIS

tady nevím, co napíšu :) nic o něm nevím

## 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. Aplikace se zabývá ukládáním dat o zvířatech, ať již pozičních, senzorických i vygenerovanými uživateli (např. pozorování). Aplikace není vyvinuta primárně pro ornitologické potřeby, ale její datový model obsahuje desítky datových položek vhodných pro ornitology. Značnou výhodou je podpora výrobců trackerů pro kontinuální export dat přímo do Movebank a možnost data z Movebank exportovat, či využít v doménově specifickém 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 –
Práce s pozicemi z trackerů	1 – aplikace přímo optimalizovaná pro tyto účely
Práce s uživatelsky vloženými pozicemi	2 – vysoká míra personalizace, v podstatě universální
Přehlednost dat	1 –
Přenositelnost a sdílení dat	2 - data jsou vysoce přenositelná a dobře sdílená, problémem však

Tabulka 2.4: Hodnocení Movebank

#### Výhody

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

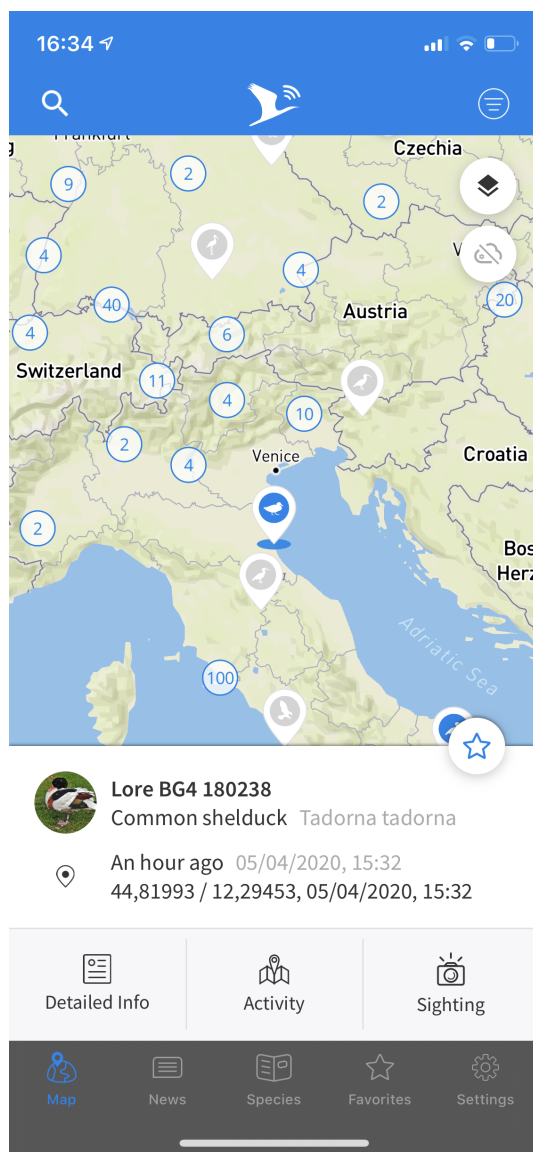
#### Nevýhody

- nutnost 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





## 3. Analýza požadavků

Kapitola analýza požadavků se věnuje první fázi ve vývoji softwarového projektu. Analýza požadavků se skládá z různých fází dle 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.

### 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. 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 zaevidovány 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. 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):

- zobrazení dat ze zařízení,
- zaznamenat trasu, bod,
- možnost přiložit obrázek k zvířeti,
- notifikace o nových datech,
- zobrazení vlastní pozice na mapě.

### 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.

// TODO: Use case diagram z Astah :)

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.

### 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. 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 možností dalšího vývoje systému.

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 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 platform 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 platform

Podpora platform 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 naplňuje 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

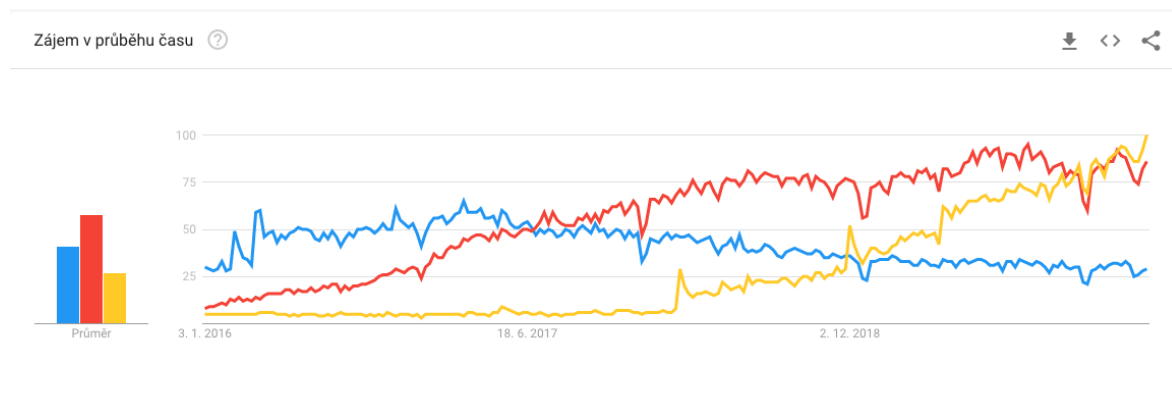
Aspekty vytváření uživatelského rozhraní spočívají především v možnostech technologie. Technologie by měla umožnit vytvářet reaktivní a moderně vypadající uživatelská rozhraní, podporovat animace, reagovat na uživatelské interakce. Na těchto principech je založen například Material Design od společnosti 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 (*Basic Concepts of Flexbox*, 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 platform	2	plně podporuje obě mobilní platformy, ale některá API j
Rychlost vývoje	1	kombinace jednoduchého jazyka, dobrých nástrojů a dos
Velikost komunity a dokumentace	1	z obrázku 4.1 vyplývá obrovská popularita frameworku v
Programovací jazyk	1	
Vytváření UI	2	
Hotové komponenty	1	24299 balíčků <sup>1</sup>

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 platforem	1	
Rychlost vývoje	1	
Velikost komunity a dokumentace	3	
Programovací jazyk	4	
Vytváření UI	1	
Hotové komponenty	3	8450 balíčků <sup>2</sup>

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. 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 přenačením 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 nespolečné práci 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 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 velkého 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.

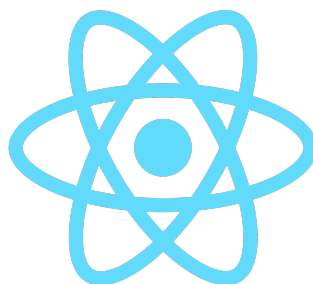
### 4.3.2 TypeScript

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 (ref) od společnosti Facebook. React je deklarativní, component-based knihovna s velkým spektrem potenciálních využití.



Obrázek 4.2: Logo React – zdroj: Facebook Inc.

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 (ref!), 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 }
```

Listing 4.1: React komponenta

Případně pro ilustraci podmíněné logiky 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 }

```

Listing 4.2: React komponenta s podmínkou

Příklad využívá slabého typování JS, stačí tedy pouze aby `sayHello` bylo pravdivé (případně *truthy* – aby se alespoň evalovalo 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.setState({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, 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.

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

### 4.3.6 Expo

Expo je součástí nástrojů a služeb postavených nad React Native a nativními platformami soužící k vývoji, sestavení, nasazení a rychlé iteraci iOS, Android a webových aplikací s jednotným zdrojovým kódem (ref). Expo je abstrakce oddělující React Native kompletně od nativního kódu a tedy od nutnosti vyvíjet ve třech jazycích. 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, není tedy nutné pro sestavení např. iOS aplikace vlastnit stroj s operačním systémem MacOS. Nástroje pro rapidní vývoj jsou obrovské plus platformy Expo – JS se sestaví na stroji vývojáře, odešle se na servery Expo a je možné projekt spustit na jakémkoliv zařízení za pomoci speciální mobilní aplikace a QR kódu. Z tohoto zařízení je v reálném čase možné sledovat běh událostí a ladících zpráv.

Mezi nevýhody Expo se udává následující:

- 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 chyby 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.

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.

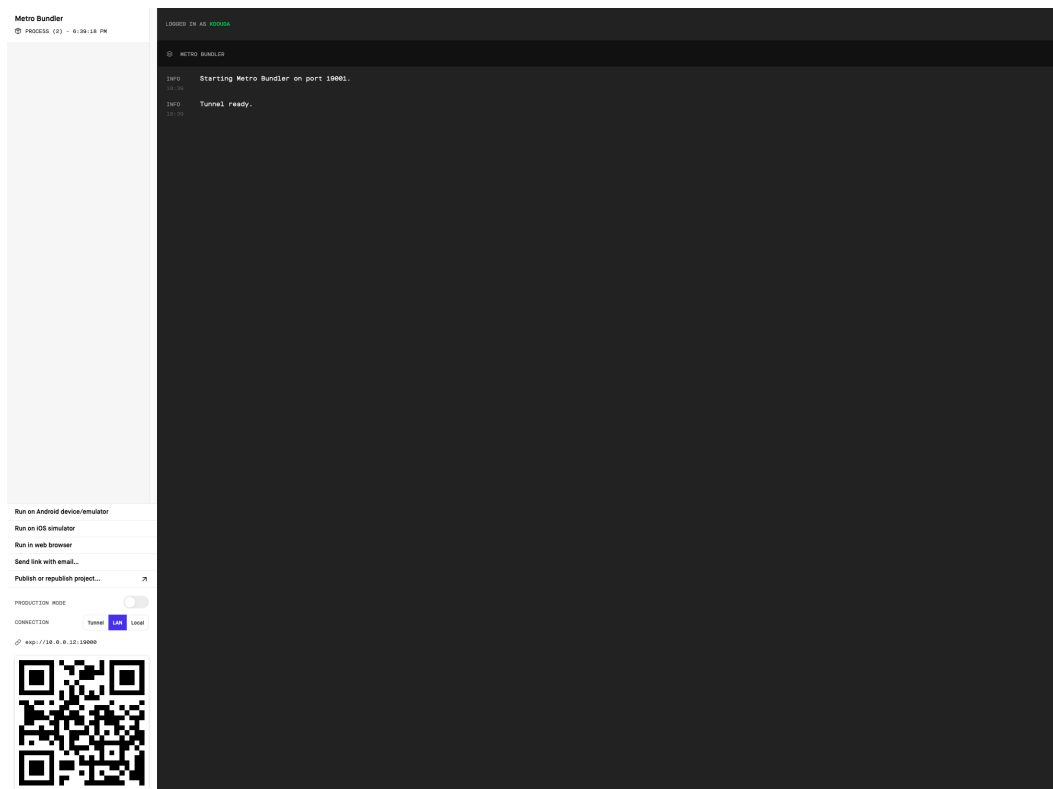
Pro vytvoření Expo aplikace stačí zadat následující kód do příkazové řádky:

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

Listing 4.3: Vytvoření základní struktury aplikace

Expo automaticky vytvoří doporučovanou 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
```



Obrázek 4.3: Expo – zdroj: autor

```
2 expo start --ios #platforma iOS
```

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

Po spuštění příkazu se načte ve webovém prohlížeči obrazovka obsahující log sestavovacího nástroje (), ladící výstupy aplikace,

### 4.3.7 TurtleCLI

TurtleCLI je nástroj pro sestavení Expo aplikací z příkazové řádky. 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. 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 nepřijatelné. Oproti tomu provozování na vlastní infrastruktuře skýtá mnoho potenciálních výhod, za zmínku stojí 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	ihned
Složitost zprovoznění	součástí expo-cli	triviální	dle zvolené varianty, nepříliš náročné
Provázanost s Expo	vždy	vždy	dle zvolené varianty





# **5. Návrh**

## **5.1 Uživatelské rozhraní**

## **5.2 Aplikační architektura**



## 6. Implementace



# **Závěr**



# Seznam použité literatury

*Basic Concepts of Flexbox: CSS Flexible Box Layout*, 2019. 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](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS/CSS_Flexible_Box_Layout/Basic_Concepts_of_Flexbox).





# Přílohy



## **A. Formulář v plném znění**



## **B. Zdrojové kódy výpočetních procedur**