



VILNIAUS UNIVERSITETAS
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS
INFORMATIKOS INSTITUTAS
KOMPIUTERINIO IR DUOMENŲ MODELIAVIMO KATEDRA

Bakalauro baigiamasis darbas

Grybų atpažinimo mobiliosios programėlės kūrimas

Atliko:

Dainius Vitkauskas

parašas

Vadovas:

Eduardas Kutka

Vilnius
2021

Turinys

Sutartinis terminų žodynas	4
Santrauka	5
Summary	6
Įvadas	7
1. Analizė	8
1.1. Panašios programėlės	8
1.1.1. Lietuviškos programėlės Android aplinkoje	8
1.1.2. Angliškos programėlės Android aplinkoje	8
1.1.3. Angliškos programėlės iOS aplinkoje	9
1.1.4. Apibendrinimas	9
1.2. Mobiliosios programėlės	10
1.2.1. Vietinės programėlės	10
1.2.2. Hibridinės programėlės	10
1.2.3. Žiniatinklio programėlės	10
1.2.4. Apibendrinimas	11
1.3. Programėlės karkasas	11
1.3.1. Populiariausi karkasai[17]	11
1.3.2. Apibendrinimas	11
1.4. Vaizdo atpažinimas	11
1.4.1. Mašininis mokymasis	11
1.4.2. Prižiūrimas	12
1.4.3. Neprižiūrimas	12
1.4.4. Pusiau-prižiūrimas	12
1.4.5. Konvoliuciniai tinklai	12
2. Programėlės modelis	13
2.1. Sistemos projektavimas	13
2.2. Sistemos navigacija	15
2.3. Sistemos naudotojai	16
2.4. Duomenų siuntimas ir gavimas	17
2.5. Duomenų bazės schema	18
2.5.1. Sqlite	18
2.5.2. Firebase	19
3. Praktinis įgyvendinimas	19
3.1. Pasirinktos technologijos	20
3.1.1. IDE	20
3.1.2. React-native	20
3.1.3. Javascript	20
3.1.4. Expo	20
3.1.5. Clarifai API	20
3.1.6. Firebase API	21

3.1.7. SQLite	21
3.2. Įgyvendintų sprendimų analizė	21
3.2.1. Grybo atpažinimo modulis	21
3.2.2. Nustatymų modulis	23
3.2.3. Žemėlapių modulis	23
3.2.4. Bibliotekos modulis	23
3.3. Clarifai	25
3.3.1. Programos kūrimas	25
3.3.2. Modelio kūrimas	25
3.3.3. Modelio rezultatai	25
Rekomendacijos ateities darbams	27
Išvados ir rezultatai	28
Literatūros šaltiniai	30

Sutartinis terminų žodynas

Android - mobiliuosiuose įrenginiuose naudojama Google sukurta operacinė sistema.

iOS - kompanijos „Apple“ sukurta operacinė sistema.

API(angl. Application Programing Interface) - programos programavimo sąsaja.

IDE - integruota kūrimo aplinka- programų kūrimo aplinka.

CRUD - Sukurti, skaityti, redaguoti, ištrinti funkcijos.

JSON - atviro standarto duomenų formatas.

Santrauka

Daugelis žmonių, atėjus grybavimo sezonui, patraukia į miškus ieškoti grybų. Grybautojai susiduria su grybų atpažinimo problema, kadangi ne visi grybai yra valgomi. Kai kurie grybai yra nuodingi. Mano kuriama grybų atpažinimo programėlė gali tapti patarėju ir pagalbininku kiekvienam, kuris su savimi turi išmanųjį telefoną. Šiame darbe yra kuriama mobilioji programėlė lietuvių kalba, skirta Lietuvos gyventojams padėti grybaujant išsiaiškinti, kokį rado grybą ir gauti šiek tiek informacijos apie jį. Programėlės pagalba galima sužinoti ar grybas yra valgomas, kur jį galima rasti, kada auga ir jo ryškiausias charakteristikas. Tai puikus būdas norintiems susipažinti su dažniausiai Lietuvoje randamais grybais. Grybo atpažinimui naudoju mašininį mokymąsi su vaizdo atpažinimu. Programėlėje integruota Clarifai aplikacijų programavimo sąsaja, kuri ir atlikinėja atpažinimo skaičiavimus. Taipogi programėlė leidžia vartotojams žemėlapyje pažymėti ir išsaugoti vietas, kuriose radome daugiausiai grybų, ateičiai. Tai atliekama Google Maps Api ir Sqlite pagalba.

Mobilioji programėlė skirta tiek Android, tiek ir iOS operacines sistemas turintiems įrenginiams. Ją kuriant, naudoju Visual studio code su Javascript programavimo kalbą, React-native karkasu bei Clarifai API.

Summary

Development of a Mushroom Recognition Mobile Application

A lot of people, when the mushroom season comes, go to the woods to look for mushrooms. Some of whose people can not identify mushroom they find and because not all mushrooms are edible some are toxic they have a problem. My app helps identify what kind of mushroom was found by telling if mushroom is edible. My job was to create mobile app that could help Lithuanian while collecting mushrooms. App would say what kind of mushroom it is and would give some basic information about it(is it edible, when and where does it grow and would give some characteristic about it). Or to help people get some information about most often found mushrooms of Lithuania. For mushroom recognition i used machine learning with image recognition. Into the app I integrated Clarifai API for image storage and model creation and image recognition. Also you can store map coordinates using Google Maps Api and Sqlite.

Mobile application is created for Android and Ios operating systems. For creation i used Visual studio code and Javascript, React-native framework with Clarifai API.

Ivyadas

Mobiliąsias programėles žmonės naudoja vis daugiau ir daugiau. 90% viso praleisto laiko su telefonu yra mobiliosiose programėlėse. Programėlės išskirstytos į grupes, kur mokomosios iOS programėlės sudaro 8,5% visų iOS programėlių, o 9,02% visų android programėlių [8][6]. Iš to galime pamatyti, kad vis daugiau žmonių informacijos ieško ne knygose ar internete, bet savo mobiliosiose programėlėse. Toks informacijos ieškojimo būdas yra greitas ir tikslus, bei nereikalauja interneto prieigos. Atsisiuntus programėlę su norima informacija, ji liks telefone lengvai pasiekiamą.

Paieškojus Google play store, suradau tik dvi Lietuviškas programas apie grybus, o iOS app store neturi nei vienos Lietuviškos programėlės apie grybus. Tada bandžiau surasti programėles grybų atpažinimui, bet radau tik angliškus variantus, kurie negalėtų padėti žmonėms, nemokantiems anglų kalbos. Grybaudamas tikriausiai nesinešiosi knygos apie grybus ir neisi per svetaines, ieškodamas grybo, atrodančio kaip tavo rastas. Tokiems žmonėms mobili programėlė labai padėtų.

Šio darbo tikslas sukurti Android, iOS programėlę, kuri galėtų pagal fotografiją pasakyti, koks tai yra grybas ir duoti šiek tiek apie jį informacijos. Atlikus analizę, programėlių, turinčių panašų funkcionalumą buvo sukurti uždaviniai:

1. Išsirinkti naudojamą technologiją.
2. Sukurti programėlę.
3. Sukurti kiek įmanoma tikslesnį modelį grybų atpažinimo programėlei.

Darbo pabaigoje turiu programėlę, galinčią pasakyti grybo tipą pagal jo išvaizdą, bei suteikti šiek tiek informacijos apie jį. Vartotojai taip pat gali saugoti norimas vietas žemėlapyje. Grybų vaizdo atpažinimo modelis sukurtas per Clarifai API. Galima prisijungti naudojant Google paskira. Modelį gali koreguoti ir keisti visi prisijungę.

1. Analizė

Bet kokio darbo pradžioje reikia atlikti analizę. Sužinoti, kokios egzistuoja panašios programėlės, ir išsiaiškinti daugiau informacijos apie mobiliąsias programėles.

1.1. Panašios programėlės

Dėl to, kad mano programėlė veikia tiek Android, tiek iOS aplinkoje, man reikėjo surasti konkurentus skirtingose platformose. Siekiant sukurti kiek įmanoma geresnį produktą, reikėjo ieškoti programėlių, kurios turėtų funkcionalumą, kuris būtų panašus ar vienodas mano produktui.

1.1.1. Lietuviškos programėlės Android aplinkoje

Android aplinkoje radau dvi lietuviškas programėles, atliekančias grybų žinyno funkcijas, bet neradau jokios lietuviškos programėlės grybų atpažinimui. Todėl kelias programėles paėmiau anglų kalba.

Pirmoji programėlė vadinasi **Grybai** [14]. Tai paprasčiausias grybų katalogas su informacija, paimta iš Vikipedijos puslapio. Programėlėje yra naudojama daug skelbimų ir grybų nuotraukos yra blogos kokybės. Antroji programėlė vadinasi **Genčių grybų** [13]. Pradėjęs ją naudotis supratau, kad tai ta pati programėlė, kaip ir pirmoji, tik su skirtingu pavadinimu. Tad galima sakyti, kad yra tik vienas Lietuviškas grybų žinynas. Pagrindinės problemos su šiomis programėlėmis yra tos, kad informacija imama iš Vikipedijos puslapio, kur bet kas gali parašyti ką tik nori. Norint įsijungti antrąją programėlę, reikia būti prisijungus prie Google play, pagal kurią vis meta skelbimus tau dėl atsisiauntimo kitų programėlių.

1.1.2. Angliškos programėlės Android aplinkoje

Angliškų programėlių yra gan daug, todėl aptarsiu tik populiariausias, arba kiek įmanoma panašias į mano kuriamą programėlę.

Pirmoji angliška programėlė, kurią aptarsiu, yra **Book of Mushrooms** [11]. Tai galerijos tipo programėlė, kuri turi daugiau nei 200 skirtingų grybų egzempliorių, su skirtingu kiekiu nuotraukų. Programėlėje galima pažiūrėti, kada auga koks grybas, ar įdėti grybą tarp mėgstamiausių. Problema su šita programa yra ta, kad jei radai grybą ir nori jį atpažinti, tau reikia eiti per visas grybų nuotraukas, kol rasi savo grybą. Kita problema Lietuvos gyventojui yra ta, kad ne visi Lietuvoje augantys grybai joje yra.

Kita programėlė - **Mushroom Identify - Automatic picture recognition** [16]. Tai programėlė, labai panaši į tokią, kokią kuriu aš. Grybų aprašymas geras, nuotraukų kokybė irgi nebloga. Taip pat ji turi vaizdo atpažinimą pagal nuotraukas. Vienintelė problema yra ta, kad atpažinimo šansas labai jau mažas. Paskaičius komentarus supratau, kad ir kiti galvoja taip pat. Kai pabandžiau nufotografuoti 3 grybus iš internetinių nuotraukų, du kartus pasakė, kad nežino koks grybas, o trečią kartą, kai nufotografavau musmirę, pasakė, kad tai kažkoks Lietuvoje negaugantis grybas.

Sekanti programėlė - **Mushroom - Mushtool** [7]. Tai taip pat galerijos tipo programėlė, kurioje sudėtos nuotraukos su grybų pavadinimais. Ši programa yra išskirtinė tuo, kad galima pasirinkti tarp 12 šalių kur gyvenu. Žinoma Lietuvos nėra, bet yra Lenkija ir dėl to, kad jie mūsų kaimynai, grybai yra gan panašūs su mūsų. Bet yra ir problemų. Kaip su visomis galerijų tipų programėlėmis, grybo turi ieškoti nuotraukų saraše ir tikėtis, kad rasi tau tinkamą. Ir šitoje programėlėje taip pat yra

klaidų su grybų pasirinkimu. Galerijoje paspaudus ant norimo grybo nuotraukos, gauni informaciją apie kitą grybą.

1.1.3. Angliškos programėlės iOS aplinkoje

iOS aplinkoje neradau nei vienos Lietuviškos grybų programėlės. Todėl aptarinėsiu tik angliškas programėles.

Radau vieną programėlę, kuri yra tiek Android **Mushroom Identify - Automatic picture recognition** [16], tiek iOS tai **Mushroom Identifier** [10]. Jos trūkumai ir privalumai vienodi.

Kita programėlė - **Mushroom Book & Identification** [15]. Tai iOS programėlė. Ji turi didelį grybų žinyną, bei iš nuotraukų gali spėti koks grybas. Ši programėlė dar išskirtinė tuo, kad jei neturi interneto ryšio (kuris reikalingas paieškai su nuotrauka) gali bandyti rasti grybą pagal jo bruožus. Didžiausias trūkumas yra tai, kad tai mokama programėlė.

Sekanti programėlė - **Mushroom Id North America** [15]. Tai labai populiari iOS programėlė, kuri negali pati pasakyti koks tai grybas, bet sistema leidžia nuotrauką dėti šalia nuotraukų, laikomų programėlėje, patogesniai palyginimui. Gaila, bet ji taip pat yra mokama ir iš pavadinimo galima suprasti, kad sistemoje nėra daugumos grybų, randamų Lietuvoje.

Paskutinė programėlė, kurią aptarsiu, yra **Picture Mushroom - Mushroom ID** [15]. Tikriausiai geriausia iOS grybų atpažinimo programėlė rinkoje. Ji turi didelę grybų galeriją. Grybo atpažinimo šansas yra gana didelis. Bet kaip ir su kitomis programėlėmis, nors šansas yra gan didelis, vistiek kartais suklysta.

1.1.4. Apibendrinimas

Visos mobiliosios programėlės turi gerų ir blogų bruožų(1 lentelė). Atlikta analizė parodė, kad tik viena programėlė skirta Lietuvos rinkai(**Grybai ir Genčių grybų**), bet ji neturi ieškojimo funkcionalumo ir naudoja nepatikimą informaciją. O visos kitos turi daug trūkumų.

Analizės rezultatų dėka, nusprendžiau sukurti programėlę su tokiu funkcionalumu:

1. Grybų žinyno naudojimas iš patikimų šaltinių.
2. Kiek įmanoma didesnis programėlės grybų spėjimo tikslumas.
3. Galerijos funkcionalumas.
4. Programėlę galėtų naudoti tiek Android, tiek iOS naudotojai.
5. Žemėlapyje norimų vietų įsiminimas.
6. Prisijungimas.
7. Atpažinimo modelio valdymas prisijungus.

	Grybai- Genčių grybų	Book of Mushrooms	Mushroom Identify - Automatic picture recognition (Android ir iOS kartu)	Mushroom - Mushtool	Mushroom Book & Identification	Mushroom Id North • America	Picture Mushroom – Mushroom ID
Turi gera žinyną Lietuvos rinkai	+	-	+	+	+	-	+
Naudojimas be internetu	+	+	-	+	-	+	+
Turi grybo atpažinimo sistemą	-	-	+	-	+	-	+
Turi žemėlapi	-	-	+	+	-	+	-
Kaina	Nemokamas	Nemokamas	Nemokamas	Nemokamas	Mokamas	Mokamas	Nemokamas

1 pav. Pranašumai ir trūkumai tarp skirtingų programėlių.

1.2. Mobiliosios programėlės

Mobilioji programėlė - tai programinės įrangos paketas, kurį mobiliųjų įrenginių naudotojai gali parsisiųsti ir įdiegti savo turimuose prietaisuose. Tai nėra vien telefonai, tai gali būti planšetės ar išmanieji laikrodžiai. Programėlės galima atsisiųsti ir įsidiegti iš Google play store arba App store, priklausomai nuo to, kokia operacinė sistema yra naudojama. Kiekvienais metais vis daugėja mobiliųjų programėlių atsisiuntimų. Spėjama, kad per 4 metus nuo 2018 iki 2022 atsisiuntimai pakils 25% [8]. Tokie skaičiai verčia žmones vis daugiau ir daugiau užsiimti mobiliųjų programėlių kūrimu. Tai sukūrė 3 programėlių tipus [5]:

1. Vietinės programėlės, vadinamos **Native**.
1. Hibridinės programėlės, vadinamos **Hybrid**.
1. Žiniatinklio programėlės, vadinamos **Web**.

1.2.1. Vietinės programėlės

Vietinės programėlės kuriamos vienai operacinei sistemai. Jei programėlė parašyta iOS operacinei sistemai, jos negalės naudoti Android aplinkoje. Šių programų pranašumai yra didelis greitis, bei patikimumas. Žinoma yra ir trūkumai. Jei nori, kad pavyzdžiui tavo Android programėlė atsirastų ir iOS aplinkoje, tau reikia rašyti visą programą iš naujo, visiškai kita programavimo kalba. Arba jei nori atnaujinti programėlę, tai turi daryti atskirai. Viso to pasekoje, tai stipriai prailgina kūrimo laiką.

1.2.2. Hibridinės programėlės

Hibridinės programėlės kuriamos visoms operacinėms sistemoms. Šioms programoms sukurti naudojamos tinklapių kūrimo technologijos, su vietinės programėlės ištekiais. Jų pranašumas yra tai, kad reikia kurti ir atnaujinti visada tik vieną programą. Trūkumai- programėlių sparta yra mažesnė ir kai kurie komponentai skirtingose platformose atrodo skirtingai.

1.2.3. Žiniatinklio programėlės

Žiniatinklio programėlės taip pat kuriamos visoms operacinėms sistemoms. Jos naudoja naršyklės veikimui ir yra parašytos HTML, Javascript ir Css kalbomis. Žiniatinklio programėlės geros tuo, kad beveik nenaudoja sistemos resursų, visa informacija yra saugoma serveriuose. Trūkumai- būtinas interneto ryšys naudojimui. Kuo ryšys blogesnis, tuo lėčiau veiks programėlė.

1.2.4. Apibendrinimas

Visi mobiliųjų programėlių tipai turi savų pliusų ir minusų. Renkantis kuriamos programėlės tipą reikia žinoti, ką turės daryti tavo programa ir koks bus jos funkcionalumas.

Viską apžvelgęs, [12] nusprendžiau kurti hibridinio tipo programėlę. Šis tipas man leidžia greit ir lengvai sukurti programėlę tiek Android, tiek iOS vartotojams. Nors tokių programėlių greitis yra mažesnis, man tai netrukdo, nes mano programėlė turi tik atvaizduoti duomenis.

1.3. Programėlės karkasas

Hibridinės programėlės kūrimui naudojami karkasai. Karkasas, tai programinės įrangos paketas, skirtas standartizuoti programėlės kūrimą. Jis gali turėti papildomas programėles, kompiliatorius ir kodo bibliotekas. Karkasai padėda rašant mažiau kodo padaryti daugiau.

1.3.1. Populiariausi karkasai[17]

1. Flutter

Flutter [2] karkasas yra sukurtas Google kompanijos. Tai gana naujas karkasas, sukurtas tik 2018 metais. Naudoja Dart programavimo kalbą.

2. React-native

React-native [9] karkasas sukurtas 2015 metais ir poto nupirktas Facebook kompanijos. Programuojama naudojant React ir Javascript programavimo kalbą. Greitis labai panašus į vietinės programos tipo programėlę.

3. Ionic

Ionic [3] šiuo metu yra populiariausias programavimo karkasas. Programuojama naudojant HTML, Css ir Javascript programavimo kalbą.

1.3.2. Apibendrinimas

Kurdamas grybų atpažinimo mobiliąją programėlę nusprendžiau naudoti React-native karkasą, nes jau turėjau bazinės React programavimo žinias iš interneto svetainių kūrimo ir man patinka darbas Javascript kalba.

1.4. Vaizdo atpažinimas

Pirmiausia turėjau išsiaiškinti, ko man reikia, kuriant vaizdo atpažinimo programėlę. Žinojau, kad tai susiję su mašininio mokymusi.

1.4.1. Mašininis mokymasis

Mašininis mokymasis yra kompiuterio mokymasis iš duotų duomenų. Jo veikimas: žmogus duoda duomenis ir atsakymus apie tiriamą dalyką. Kompiuteris juos gavęs sukuria taisykles, kurias vėliau naudoja duomenims apdoroti. Mašininis mokymasis skiriamas į 3 rūšis:

1. Prižiūrimas (supervised).
2. Neprižiūrimas (unsupervised).
3. Pusiau-prižiūrimas (semi-supervised).

1.4.2. Prižiūrimas

Prižiūrimas mašininis mokymasis yra- kai pasakai algoritmui duotus duomenis ir koks tų duomenų turi būti rezultatas. Kompiuteris tada pats turi sukurti funkciją tokią, kad atitinktų rezultatus. To pasekoje, kai jau funkcija išmokta, kompiuteriui padavus duomenis, jis pasakys rezultatus. Tokie mokymai tęsiasi tol, kol gaunamas rezultatas, kuriuo esi patenkintas.

1.4.3. Neprižiūrimas

Neprižiūrimas mašininis mokymas yra kai paduodi tik duomenis. Tada kompiuteris duotus duomenis turi sustruktūrizuoti, arba suskirstyti, kad galėtų apie juos daugiau sužinoti. Šis mokymo tipas vadinamas neprižiūrimas dėl to, kad jis negali duoti blogo rezultato. Kompiuteris paliekamas tyrinėti duomenis, kol juos sustruktūrizuoja.

1.4.4. Pusiau-prižiūrimas

Pusiau-prižiūrimas mašininis mokymasis yra mišinys prieš tai aptartų mokymosi rūšių. Mokymui duodi duomenis, iš kurių dalis duomenų gauna atsakymus. Tai daroma, kad nereikėtų žmogui pačiam surašyti visų atsakymų. Tai mažina kainą ir didina mokymo greitį, bet nėra toks tikslus, kaip prižiūrimasis mokymas.

1.4.5. Konvoliuciniai tinklai

Mano planas mašininiam mokymuisi yra duoti nuotraukas ir parašyti kas jose pavaizduota. Kadangi duodu duomenis ir jų rezultatus, tai yra prižiūrimasis mašininio mokymosi tipas. Toliau turiu sužinoti, ką naudosisiu būtent vaizdo atpažinimui. Pasidomėjus išsiaiškinau, kad vaizdo atpažinimui dažniausiai naudojami konvoliuciniai tinklai. Tai yra apdorota informacija apie subjektus, kuri sudėta į matricas, pagal kurias galima atrast vienodų subjektų išskirtinius bruožus ir duoti tiems bruožams svorį. Po to bruožai ir jiems skirti svoriai yra naudojami lyginant su taip pat apdorota nauja nuotrauka. Taip programa ir gali pasakyti procentaliai tikslumą(pvz.: koks tai grybas).

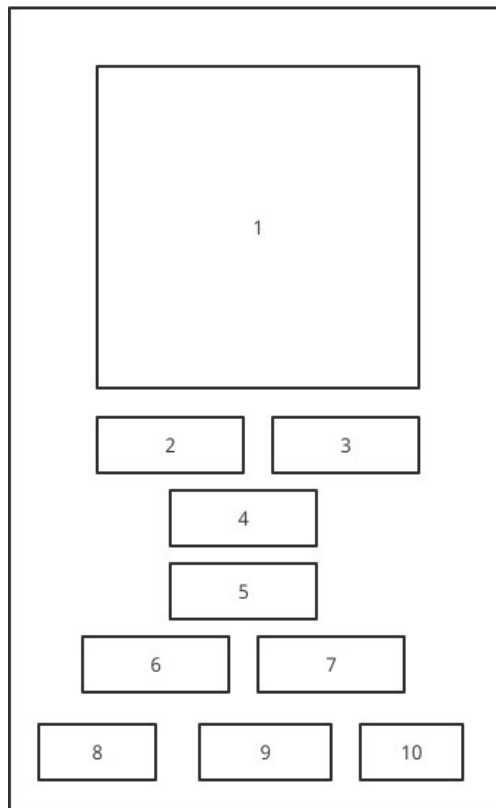
2. Programėlės modelis

Atsižvelgus į padarytą analizę nusprendžiau sukurti hibridinę programą dažniausiai Lietuvoje randamiems grybams atpažinti.

2.1. Sistemos projektavimas

Programėlė turėtų turėti 4 modulius- grybo atpažinimo langą ir galerijos langą. Ir papildomas modulis menu skirtas navigacijai.

Grybo atpažinimo langas - jo šablonas 2 pav.



2 pav. Pagrindinis programėlės langas.

Šis langas sudarytas iš šių dalių:

- 1 – Vieta, kur bus įdėta nuotrauka parinkta iš galerijos arba nufotografuota.
- 2 – Mygtukas eiti į telefono galeriją.
- 3 – Fotografavimo mygtukas.
- 4 – Informacijos laukas pvz. koks tai grybas.
- 5 – Tikimybė procentais, kad nufotografuotas objektas yra grybas, užrašytas 5 dalyje.
- 6 – (Tik prisijungusiems matomas) Pridėti šią nuotrauką į modelį, naudojant spėjamą tipą.
- 7 – (Tik prisijungusiems matomas) Pridėti šią nuotrauką į modelį, naudojant pasirinktą tipą.
- 8 – Eiti į bibliotekos modulį.

- 9 – (Neprisijungus) Prisijungimo mygtukas per Google. (Prisijungus) Eiti į nustatymų modulį.
- 10 – Eiti į žemėlapių modulį.

Kiekvieną kartą vartotojui pasirinkus nuotrauką, sistema automatiškai užpildys 5,6 šablono dalis. Jei asmuo prisijungęs, tada pasirinktą nuotrauką gali pridėti prie norimo tipo.

Nustatymų langas - jo šablonas 3 pav.

3 pav. Nustatymų langas.

Šis langas sudarytas iš šių dalių:

- 1 - Eiti į atpažinimo langą.
- 2 - Atsijungti. Eiti į atpažinimo langą, prarandamos prisijungusio žmogaus teisės.
- 3 - (Tik prisijungusiems administratoriams) Sukurti naują vartotoją, kuris galės prisijungti.
- 4 - Saraše: (Tik prisijungusiems administratoriams) Trinti pasirinktą vartotoją.
- 5 - Saraše: (Tik prisijungusiems administratoriams) Keisti vartotoją iš arba į administratorius.

Nustatymų langas skirtas tik prisijungusiems vartotojams ir jų valdymui (tik šitame saraše esantys žmonės gali prisijungti prie sistemos).

Bibliotekos langas - jo šablonas 4 pav.

Šis langas sudarytas iš šių dalių:

- 1 – Eiti į atpažinimo langą.

4 pav. Grybo informacijos langas.

- 2 – (Tik prisijungusiems matomas) Kūrimas naujo grybo tipo.
- 3 – (Tik prisijungusiems matomas) Paleisti modelio treniravimą(Visi modelio keitimai pradeda veikti tik po šito mygtuko paspaudimo).
- 4 – Atidarymas informacijos lango, kur matoma visa to tipo informacija.(Tik prisijungusiems matomas) Gali keisti informaciją ir ją išsaugoti.
- 5 – Atidarymas nuotraukų lango, kur matomos visos to tipo nuotraukos.(Tik prisijungusiems matomas) Yra trynimo mygtukas.
- 6 – (Tik prisijungusiems matomas) Tipo trynimasis.

Bibliotekos langas skirtas gauti daugiau informacijos apie norimus grybus. (Tik prisijungusiems) gauti CRUD funkcionalumą tipams ir jų nuotraukoms.

Žemėlapių langas.

Žemėlapių langas skirtas atlikti CRUD žemėlapių veiksmus. Kurti žymeklius su norima informacija, juos trinti arba koreguoti

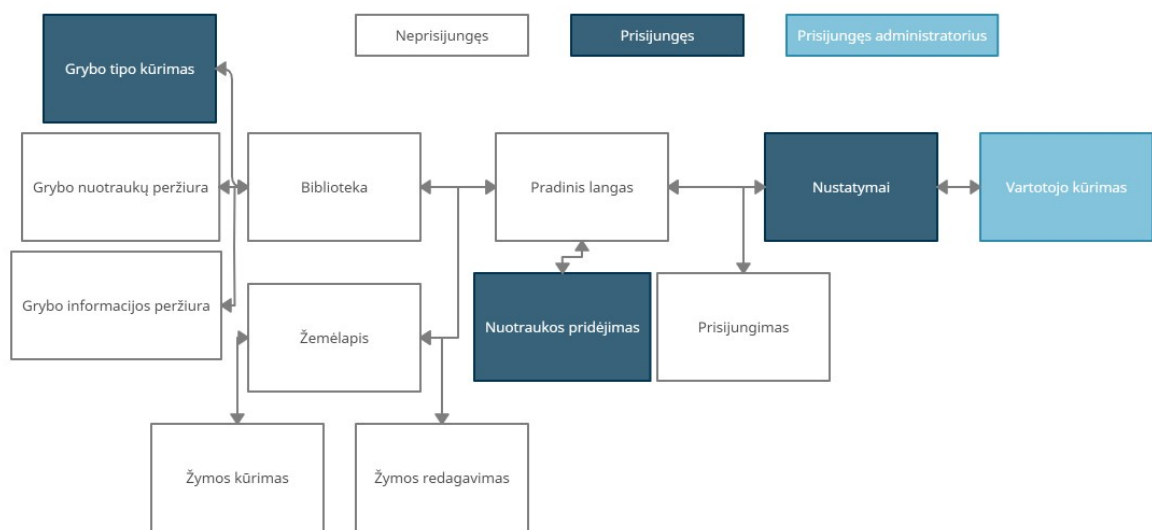
2.2. Sistemos navigacija

Kadangi sistema turės trijų tipų naudotojus:

- Neprisijungęs naudotojas.
- Prisijungęs naudotojas
- Prisijungęs naudotojas administratorius.

Kiekvienas naudotojas turi galimybę nueiti į skirtingus modulius, kuriuose galės daryti skirtingus veiksmus(5 pav.).

Visi naudotojai, būdami bet kuriame modulyje, gali grįžti į pradinį modulį. Tik prisijungę vartotojai, gali nueiti į nustatymus, kuriuose valdomi vartotojai ir tik prisijungę administratoriai gali atidaryti nustatymuose naujo vartotojo kūrimą.



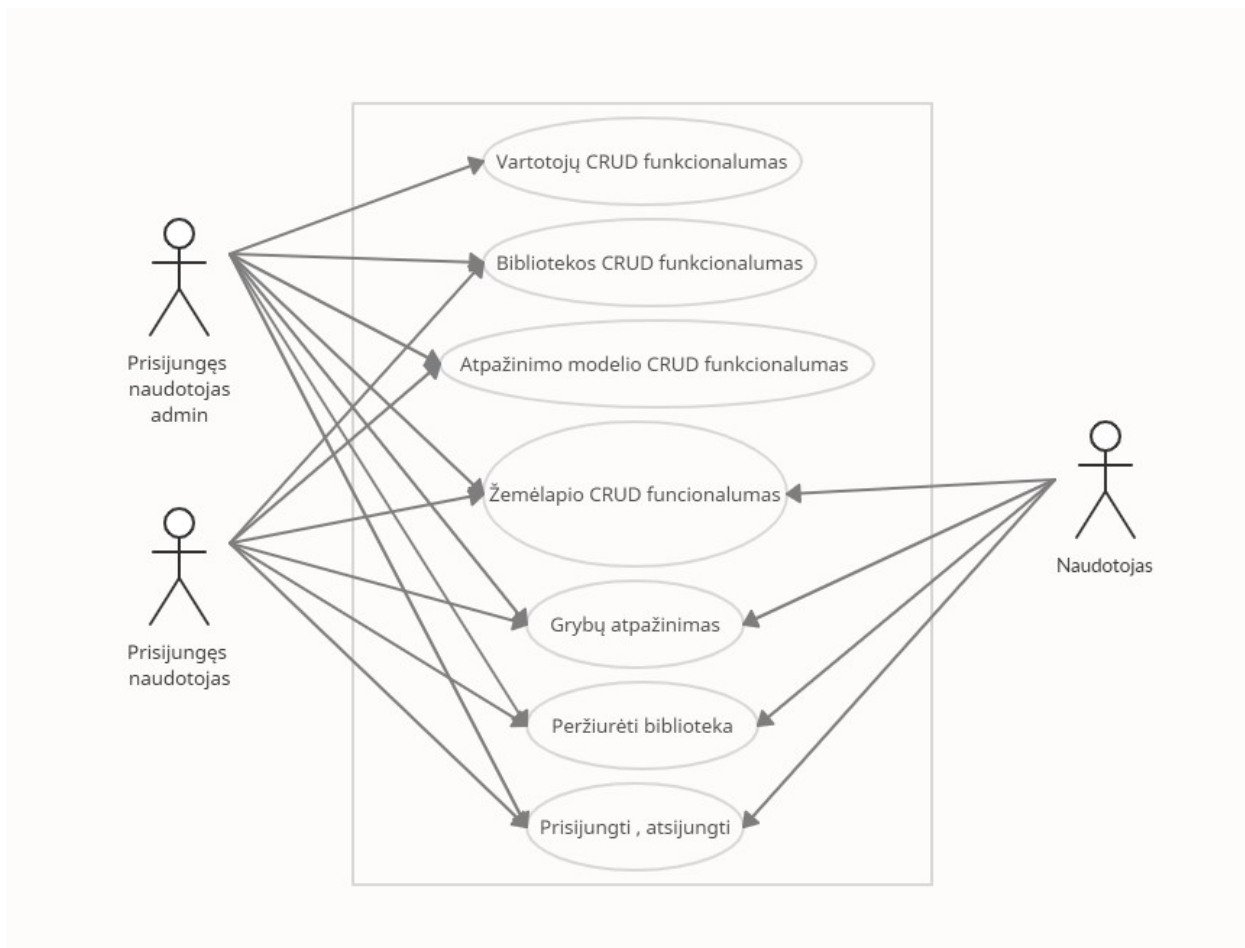
5 pav. Sistemos navigacinė schema.

2.3. Sistemos naudotojai

Sistemoje yra trijų tipų vartotojai (6 pav.).

Naudotojas gali (žemiau esantis tipas turi visas aukščiau esančio tipo teises):

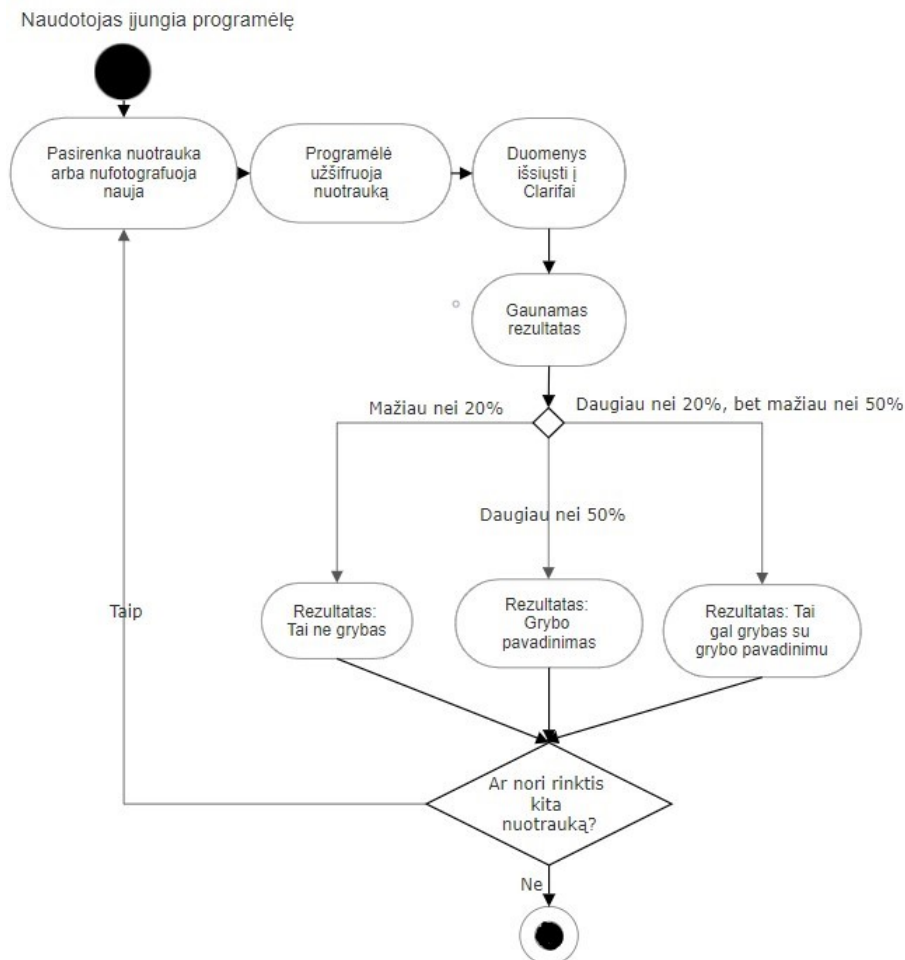
- Neprisijungęs vartotojas:
 - Peržiūrėti galeriją.
 - Pagal pateiktą nuotrauką siųsti duomenis į Clarifai API ir peržiūrėti rezultatus.
 - Eiti į žemėlapi ir atlikti visą CRUD žymeklių funkcionalumą.
- Prisijungęs vartotojas:
 - Mokyti Clarifai modelį.
 - Clarifai tipų CRUD.
 - Clarifai nuotraukų CRUD.
- Prisijungęs vartotojas su administratoriaus teisėmis:
 - Valdyti naudotojų CRUD.



6 pav. Panaudos atvejų diagrama.

2.4. Duomenų siuntimas ir gavimas

Kurdamas grybų atpažinimo mobiliąją programėlę, nenaudoju duomenų bazės, nes man jos nereikia. Visa reikalinga informacija apie grybus yra saugoma Clarifai kompanijoje. Dėl to, kad naudoju Clarifai API, aš visada turiu siųsti duomenis jiems, kad gaučiau grybo atpažinimo rezultatus. Programėlės naudotojas siunčia į Clarifai API modelio pavadinimą, išorinį raktą ir nuotrauką, konvertuotą į base64. Programėlė kaip rezultatą gauna json atsakymą, iš kurio išimama reikiama informacija (žr. 7 pav.).



7 pav. Veiklos diagrama.

2.5. Duomenų bazės schema

Saugoti informaciją naudoju Sqlite ir Firebase Api. Man reikėjo Sqlite, kad saugiai ir neužimant daug vietos galėčiau saugoti informaciją kiekvieno vartotojo telefone. Firebase buvo reikalingas, nes tam tikra informacija būtų vis atnaujinama visiems vartotojams vienu metu.

2.5.1. Sqlite

Su sqlite saugau ir redaguoju žemėlapių žymas. Čia saugau informaciją, kurią gali pasiekti tik pats naudotojas. Tam sukūriau lentelę 'locations' (žr. 8 pav.).

- LocationId: Atpažinimo raktas.
- Latitude: Platuma.
- Longitude: Ilguma.
- Title: Pavadinimas.
- Description: Aprašymas.

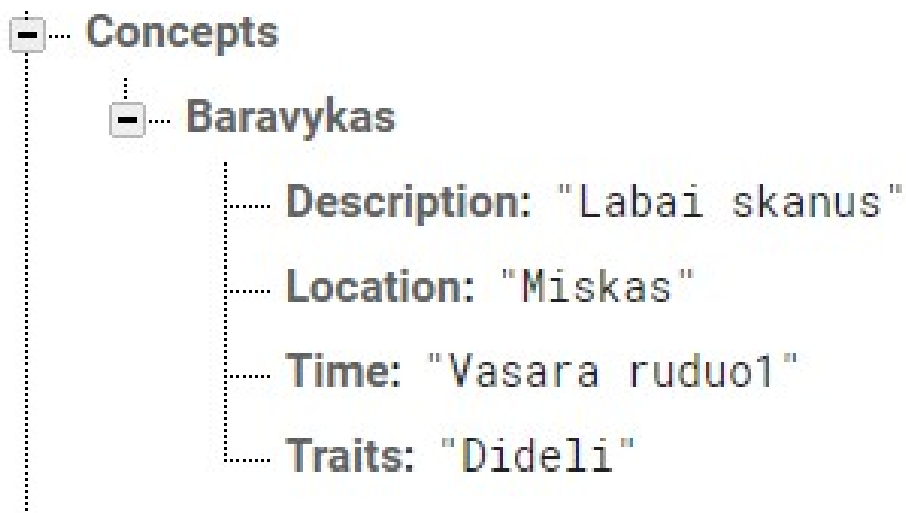
location	
LocationId (PK)	integer
Latitude	Text
Longitude	Text
Title	Text
Description	Text

8 pav. Lentelė 'locations'.

2.5.2. Firebase

Su Firebase saugau ir redaguoju vartotojus ir Grybų tipų informaciją. Firebase saugo JSON formatu visą informaciją. Vartotojams saugoti įrašau tik elektroninį paštą, su kuriuo žmogus per Google bando prisijungti. Grybų tipus saugau 'Concepts' skiltyje (žr. 9 pav.).

- Concept: Grybo id, kurį gaunu iš Clarifai Api
 - Description: Grybų tipo aprašymas.
 - Location: Grybų tipo radimo vieta.
 - Time: Kokiu laikotarpiu grybų tipas randamas.
 - Traits: Šio grybų tipo bruožai.



9 pav. JSON grybo tipo skiltis.

3. Praktinis įgyvendinimas

Šioje dalyje kalbėsiu apie pasirinktas kūrimo technologijas ir kūrimo įgyvendinimą.

3.1. Pasirinktos technologijos

Šitoje darbo dalyje aprašysiu pasirinktas technologijas ir kodėl jas rinkausi.

3.1.1. IDE

Programos kūrimo aplinka pasirinkau Visual Studio Code [4]. Tai Microsoft sukurta nemokama programavimo aplinka. Pranašumai:

1. Ji užima mažai vietos ir yra greita.
2. Turi integruotą terminalą.
3. Gali lengvai rodyti daugiau negu vieną failą viename lange.
4. Turi didelį pasirinkimą įskiepių(plugins).

Vienintelis trūkumas, su kuriuo susidūriau yra tai, kad nėra telefono emuliacijos funkcionalumo, todėl turėjau įsirašinėti Android Studio.

3.1.2. React-native

React-native tai hibridinio tipo programų kūrimo karkasas, kuris programuojamas Javascript kalba. Darbas su šiuo karkasu stipriai primena darbą su paprastu React.

3.1.3. Javascript

Dėl to, kad nusprendžiau naudoti react-native karkasą, mano programavimo kalba turi būti Javascript. Šios kalbos pranašumai:

1. Greitis - nes tai interpretuojama kalba, jos nereikia kompiliuoti.
2. Paprastumas - šia kalba parašytą kodą lengva skaityti ir suprasti.
3. Populiarumas - dėl to, kad jis naudojamas labai daug kur. Galima rasti daug pavyzdžių.

Didžiausias trūkumas yra tai, kad gan sunku taisyti padarytas klaidas. Dažnai nerodo, kur padarei klaidą. Reikia žiūrėti kodą ir ieškoti.

3.1.4. Expo

Palengvinti React-native mobiliosios programėlės kūrimą, naudojau Expo. Tai įrankių paketas, padedantis React-native programavimui. Man padėję įrankiai:

1. Lengvas projekto sukūrimas. Įsirašęs expo terminale, gali naudoti jo komandas. Viena iš jų projekto kūrimas.
2. Testavimui nebuvo būtina naudoti emuliacijos- galėjau iš kart programėlę paleisti savo telefone.
3. Turi daug papildomų komponentų.

3.1.5. Clarifai API

Tai programos programavimo sąsaja, kurią naudoju vaizdo atpažinimui. Programavimo sąsaja naudoja konvoliucinius tinklus atpažinimo procesams. Clarifai leidžia naudoti jų turimus modelius, arba gali sukurti savo naujus ir juos išmokyti atpažinti norimus dalykus.

3.1.6. Firebase API

Grybų tipams ir informacijai apie juos pasirinkau naudoti Firebase API. Pagrindiniai šios duomenų bazės privalumai - duomenų realiu laiku sinchronizavimas bei galimybė pasiekti duomenis nesant interneto ryšiui. Tai reiškia, jog kaskart pakitus duomenų bazės informacijai, kiekviename prisijungusiame įrenginyje duomenys yra iškart pakeičiami, taip pat kaip ir vėl atkūrus interneto ryšį, duomenys yra iškart sinchronizuojami. Taipogi naudoju Firebase API autentifikacijai. Kas leidžia man naudojantis Google API paskira prisijungti.

3.1.7. SQLite

Taip pat duomenys saugomi SQLite lokaliai. Tai programėliai duoda dalini naudojimas kai sistema ir atsijungusi nuo interneto. Tai pagreitina sistemos našumą moduliuose kur jis yra naudojama.

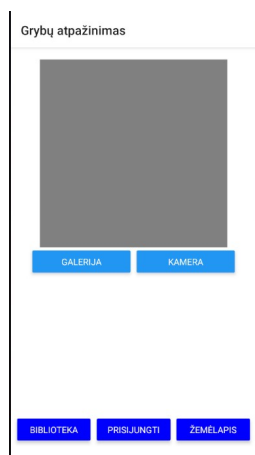
3.2. Įgyvendintų sprendimų analizė

Sistemą sudaro keturi sistemos moduliai, pasirinkus atitinkamą meniu punktą: "Grybo atpažinimo", "Nustatymų", "Bibliotekos" ir "Žemėlapis". Kiekviename modulyje yra skirtingos funkcijos, kurias gali pasiekti tam teises turintys asmenys.

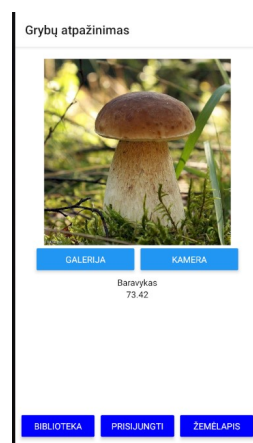
3.2.1. Grybo atpažinimo modulis

Grybo atpažinimas yra pagrindinis programėlės modulis, į kurį nukeliauja vartotojas, tik įjungęs programėlę. Neprisijungę vartotojai gali:

- Pasirinkti kaip įkelti nuotrauką atpažinimui iš galerijos arba gyvai nufotografuoti (žr. 10 pav.). Pasirinkus nuotrauką, ji išsiunčiama apdorojimui ir mes gauname rezultatus, kuriuos atvaizduoju (žr. 11 pav.).



10 pav. Pradinis langas.



11 pav. Pradinis langas pasirinkus grybą.

- Eiti į kitus modulius.
- Bandyti prisijungti (Tai vyksta per Google paskyrą ir dar žmogus turi būti saraše žmonių kurie gali prisijungti).

Pagrindiniame lange matome pilką kvadratuką, kur bus dedamos nuotraukos. Po nuotraukos langu matome du mygtukus ir apačioje tris meniu mygtukus:

1. Kamera: Pirmą kartą įjungus programėlę ir paspaudus Kameros mygtuką, išskviečiami prašymai naudoti programėlės kamerą. Suteikti leidimą reikia tik vieną kartą. Tada nueinate į langą, kuriame fotografuojate.

2. Galerija: Taip pat kaip ir su kamera, galerijos naudojimui irgi reikia gauti iš pradžių leidimą naudoti galeriją, o tada galerijoje pasirinkti norimą nuotrauką.

3. Prisijungti: Tai mygtukas, kuris atidaro Google paskyrą, per kurią žmogus gali prisijungti naudojant savo Google paskyrą. Prisijungus sistema patikrina ar žmogus yra Firebase vartotojų lentelėje. Jeigu taip, tai naudotojas yra prijungiamas prie sistemos ir gauna teisę naudotis papildomu funkcionalumu.

Pasirinkus norimą nuotrauką iš galerijos arba nufotografavus naują, paveikslukas atsiranda viduryje ekrano. Ir duomenys base64 formatu siunčiami į Clarifai internetinį puslapį. Kol laukiama atpažinimo rezultatų, programėlė rašo- skaičiuojama. Po to internetu gaunami rezultatai:

Galimi rezultatai:

1. Koks grybas?
2. Koks gali būti grybas?
3. Tai nėra grybas.

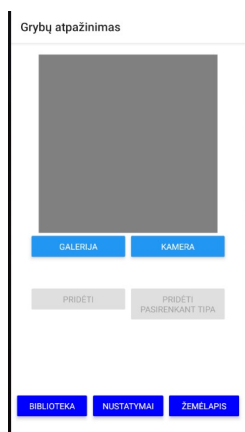
Jei sistema atsiunčia atsakymą su daugiau nei 50% tikimybe, tada paprasčiausiai parašomas koks grybas ir jo tikimybė.

Jei sistema atsiunčia atsakymą su mažesne nei 50%, bet didesne už 20% tikimybe, tada pranešama, koks galvojama, kad yra grybas su pranešimu, kad sistema gali klysti.

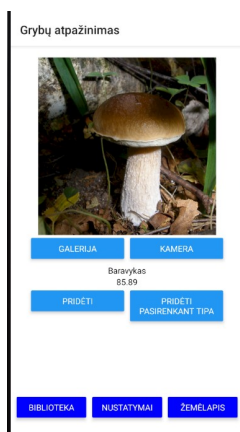
Jei sistema atsiunčia atsakymą su mažesne nei 20% tikimybe, tada pranešama, kad tai ne grybas.

Prisijungę vartotojai gali papildomai (žr. 12 pav.) (žr. 13 pav.):

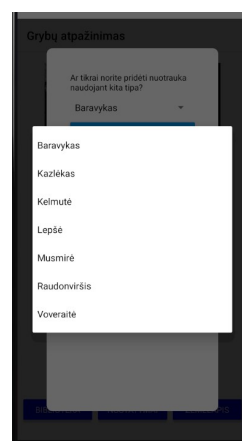
- Įkeltą nuotrauką pridėti prie grybų tipų (žr. 14 pav.).
- Eiti į nustatymų modulį.



12 pav. Pradinis langas prisijungus.



13 pav. Pradinis langas prisijungus pasirinkus grybą.

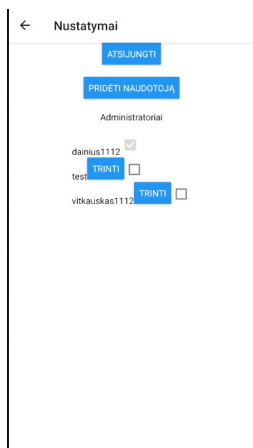


14 pav. Grybo tipo rinkimasis.

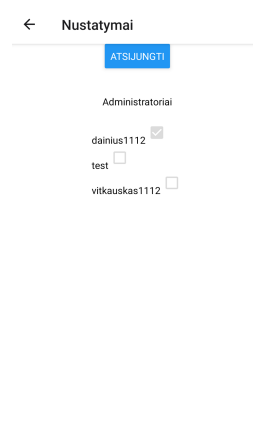
- Pridėti: Mygtukas prideda nuotrauką į Clarifai modelį, naudojant tipą, parinktą sistemos.
- Pridėti pasirenkant tipą: Mygtukas leidžia naudotojui pasirinkti tipą, prie kurio prisidės šita nuotrauka.

3.2.2. Nustatymų modulis

Į nustatymų modulį gali ateiti tik prisijungę naudotojai. Čia yra valdomas vartotojų prisijungimas ir turimos teisės. Vartotojai yra surūšiuoti pagal vardą. Savo asmeninę paskyrą užrakinau nuo keitimų, kad niekas negalėtų manęs ištrinti arba sumažinti mano teisių. Tik prisijungę administratoriai (žr. 15 pav.) gali atlikinėti visą CRUD funkcionalumą vartotojams. Ne administratoriai (žr. 16 pav.) iš čia gali tik atsijungti arba matyti kitus naudotojus.



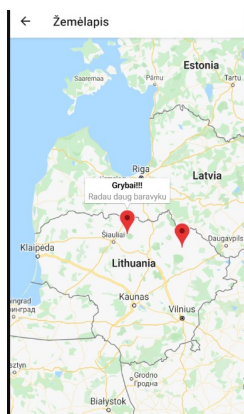
15 pav. Nustatymų modulis administratoriui.



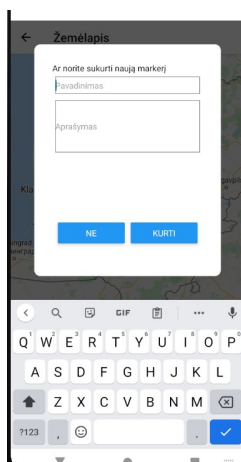
16 pav. Nustatymų modulis ne administratoriui.

3.2.3. Žemėlapių modulis

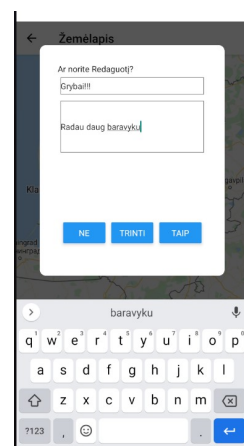
Čia atėję naudotojai gali matyti savo sukurtas žymes ir pagal tai grįžti į tas pačias vietas patikrinti ar yra naujų grybų (žr. 17 pav.). Palaikius kurį laiką ant norimos vietos žemėlapyje, iššoka kūrimo langas (žr. 18 pav.). Tas pats langas naudojamas ir redagavimui, trynimui (žr. 19 pav.). Reikia paspausti ant žymos aprašymo. Žemėlapis iškviečiamas naudojant GoogleMaps Api, o žymos



17 pav. Žemėlapis.



18 pav. Žymos kūrimas.



19 pav. Žymos redagavimas.

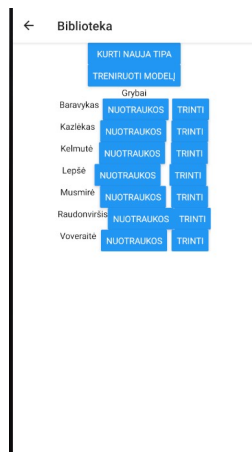
paimamos iš Sqlite.

3.2.4. Bibliotekos modulis

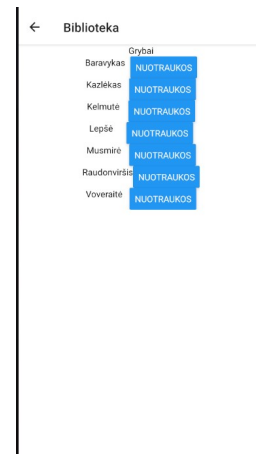
Bibliotekos modulis yra pasiekiamas visiems naudotojams. Ten yra sąrašas grybų tipų, kurie paimami iš Clarifai Api. Neprisijungusiems naudotojams (žr. 20 pav.), paspaudus ant grybo pa-

vardinimo, atsidarys langas, kuriame yra informacija apie pasirinktą grybą. Šią informaciją imu iš Firebase Api. Paspaudus mygtuką "Nuotraukos", esantį šalia grybo pavadinimo, atsidarys kitas langas, su visomis nuotraukomis, esamomis Clarifai, apie tą grybą. Prisijungusiems naudotojams (žr. 21 pav.) atsiranda daug papildomų mygtukų šiame modulyje:

- Treniruoti Clarifai modelį: Paspaudus šį mygtuką Clarifai api iš naujo treniruoja modelį su visais darytais keitimais.(Prieš tai pridėtos nuotraukos arba tipai yra, bet kol modelis su jais neištreniruotas, juos Clarifai api ignoruoja.)
- Kurti naują tipą: Šis mygtukas atidarys langą, kuriame galite parašyti naujo grybų tipo pavadinimą ir jį sukurti.
- Trinti pasirinktą tipą.
- Atidarius nuotraukų langą,prie kiekvienos nuotraukos yra mygtukas "ištrinti".
- Atidarius grybų tipo informacijos langą, galima redaguoti informaciją.



20 pav. Biblioteka prisijungus.



21 pav. Biblioteka neprisijungus.

3.3. Clarifai

Clarifai [1] tai kompanija, specializuota į dirbtinio intelekto kūrimą, mašininį mokymąsį ir vizualinį atpažinimą. Šios paslaugos suteikiamos per programų programavimo sąsają arba per programinės įrangos kūrimo rinkinį, skirtą mobiliosioms programėlėms. Clarifai sąsajos naudojimas nėra labai sudėtingas, bet vistiek reikia pasiskaityti ir pabandyti kelis dalykus:

3.3.1. Programos kūrimas

Prisiregistravus Clarifai svetainėje ir sukūrus programą, su vienu iš jų duotu modeliu, gauni išorinį raktą, kurį gali naudoti savo programėlėje. Gaila, bet jie neturi modelio grybų atpažinimui, tad reikia sukurti savo.

3.3.2. Modelio kūrimas

Grybo atpažinimo modelio kūrimui turiu rasti nuotraukų, su reikiamais grybais. Tai nėra lengva. Sunku rasti daug patikimų šaltinių, su geru kiekiu nuotraukų. Naudoju iš knygos "Grybai" nufotografuotus grybus ir iš dviejų svetainių paimtas grybų nuotraukas. Svarbu yra surinkti kiek įmanoma didesnę kiekį nuotraukų, atpažinimo tikslumui didinti. Kad gaučiau daugiau nuotraukų, turėjau sumaišyti visas skirtingas to grybo rūšis į vieną pvz.: karališkasis baravykas ir paprastasis baravykas. Dėl to truputį sumažėjo grybo atspėjimo galimybė, bet tai padidino grybų kiekį iki tokio, kur jau galiu bandyti mokytį modelį. Taip pat dedant geras nuotraukas, galiu dėti ir netinkamas. Tai ir padariau su musmirės nuotraukomis. Tai darau, kad musmirės atspėjimo šansas stipriai padidėtų ir stipriai pamažintų klaidingai teigiamo pasakymo galimybes.

3.3.3. Modelio rezultatai

Modelio rezultatų tikslumą Clarifai sistema leidžia pažiūrėti jų sistemoje. Jie paima mano modelį ir sukuria lentelę (žr. 22 pav.), kurioje yra nurodytas spėjimas ir koks šansas, kad tai teisingas spėjimas arba ne.

	Musmirė	Voveraitė	Kelmutė	Kazlėkas	Raudonviršis	Baravykas	Lepšė
Musmirė	.912	.005	.005	.003	.013	.005	.000
Voveraitė	.001	.774	.011	.000	.000	.000	.000
Kelmutė	.013	.008	.502	.007	.039	.038	.001
Kazlėkas	.015	.018	.019	.188	.121	.185	.555
Raudonviršis	.073	.030	.044	.126	.212	.106	.080
Baravykas	.019	.000	.015	.337	.073	.300	.191
Lepšė	.008	.000	.022	.107	.100	.191	.224

22 pav. Spėjimų šansų lentelė

X ašis nurodo spėjimą, o Y ašis rodo kas tai buvo iš tikrųjų. Iš to galime matyti, kad sistema geriausiai atspėja musmires, voveraites ir kelmutes. Visų kitų grybų spėjimo procentas yra mažesnis. Įdomus faktas, kad programa stipriai maišo kazlėkus su lepšiais.

Rekomendacijos ateities darbams

Sukurtas produktas visada gali būti geresnis. Programėlės kūrimo metu radau kelis funkcionalumus, kurie pagerintų programėlės populiarumą ir vartotojo patirtį(user experience):

1. Reikėtų įdėti visus Lietuvos grybus ir išmokyti programėlę juos atpažinti. Dabar sudėjau tik dažniausiai randamus Lietuvoje grybus.
2. Prie grybų aprašymų įdėti daugiau nuotraukų. Turėdami daugiau nuotraukų, žmonės galėtų pasitikslinti programėlės spėjimus patys.
3. Pagerinti programėlės išvaizdą. Dabar programėlė atrodo paprastai. Galėčiau pridėti daugiau spalvų ir mygtukų.
5. Didinti grybų spėjimo šansą, dedant vis daugiau nuotraukų modeliui mokytis. Dabartinis tikslumas gana mažas, tad pasitikėti rezultatais rizikinga.

Išvados ir rezultatai

Išvados:

- 1. Kadangi lietuviškų grybų atpažinimo programų pasirinkimas nėra didelis, o iOS app store neturi nei vienos lietuviškos programėlės apie grybus, šio darbo tikslas buvo sukurti lietuvišką mobiliąją Android, iOS programėlę, kuri pagal fotografiją padėtų atpažinti grybus ir pateiktų pagrindines jų savybes.
- 2. Savo tikslą pasiekiau grybų vaizdo atpažinimo modelis sukurdamas per Clarifai API. Prie programėlės galima prisijungti naudojant Google paskira. Modelį gali koreguoti ir keisti visi prisijungę.
- 3. Visi mobiliųjų programėlių tipai turi savų pliusų ir minusų. Viską apžvelgęs, nusprendžiau kurti hibridinio tipo programėlę tiek Android, tiek iOS vartotojams, turinčią tik atvaizduoti duomenis.
- 4. Kuriant šią programėlę, siekiant sukurti kiek įmanoma geresnį produktą, reikėjo ieškoti programėlių, kurios turėtų funkcionalumą, kuris būtų panašus ar vienodas mano produktui. Atlikta analizė parodė, kad tik viena programėlė skirta Lietuvos rinkai, bet ji neturi ieškojimo funkcionalumo ir naudoja nepatikimą informaciją. O visos kitos turi daug trūkumų.
- 5. Mano sukurta mobilioji programėlė - tai programinės įrangos paketas, kuriam naudoju React-native karkasą, nes jau turėjau bazinės React programavimo žinias iš interneto svetainių.
- 6. Kurdamas vaizdo atpažinimo programėlę išsamiai susipažinau ir naudojausi mašininio mokymosi veikimu ir jo rūšimis. (Kadangi atlikdamas darbą daviau duomenis ir jų rezultatus – naudojausi prižiūravimo mašininio mokymosi tipu.)
- 7. Atsižvelgęs į padarytą analizę nusprendžiau sukurti hibridinę programą dažniausiai Lietuvoje randamiems grybams atpažinti, dėl neginčijamų pranašumų programos kūrimo aplinka pasirinkau Visual Studio Code [4]. Tai Microsoft sukurta nemokama programavimo aplinka, kurios man kliudęs trūkumas yra tai, kad nėra telefono emuliacijos funkcionalumo, todėl turėjau įsirašinėti Android Studio.
- 8. Atpažinimo sistemą sudaro keturi sistemos moduliai, pasirinkus atitinkamą meniu punktą: "Grybo atpažinimo", "Nustatymų", "Bibliotekos" ir "Žemėlapis". Kiekviename modulyje yra skirtingos funkcijos, kurias gali pasiekti tam teises turintys asmenys.
- 9. Dėl to, kad programėlė atpažinimui naudoja Clarifai API aš, kaip programėlės kūrėjas, galėsiu gerinti modelį, kurio pasekoje didės atpažinimo tikimybė. Vartotojas neturės nieko papildomai atsisiųsti. Visa tai vartotojas matys naudodamasis programėle. Rezultatai:
 - 1. Naudojantis sukurta programėle vartotojas gali:
 - * atpažinti grybus pagal pateiktą nuotrauką.
 - * naudotis programėlėje esančia galerija.
 - * rasti išsamią informaciją apie grybus.
 - * pažimėti grybų augimo vietas žemėlapyje.

* gauti programėlėje padarytus atnaujinimus.

- 2. Grybų atpažinimo programėlės dėka naudotojai gali geriau susipažinti su Lietuvoje augančiais grybais, sužinoti jų charakteristikas, maistines savybes. Ši programėlė sumažina tikimybę prisirinkti ir suvalgyti nuodingų grybų. Net ir nepatyręs grybauotojas gali pasitikrinti ar jo rastas grybas yra valgomas. Tai sumažins apsinuodijimų nuodingais
- 3. Naudodamiesi programėle tėvai galės išmokyti vaikus pažinti grybus, todėl jų smalsumas viską ragauti neatneš nepageidaujamų pasekmių. Programėlę tinka naudoti edukaciniais tikslais. Ją gali naudoti biologijos ir pasaulio pažinimo mokytojai savo pamokose.

Tiesa ta, kad programėlė akiai pasitikėti nederėtų, todėl jei nesate tikri, kad rastas grybas nėra nuodingas, visada reiktų pasitarti su grybų žinovais. Programėlės vizija yra ta, kad prisijungę programėlės naudotojai būtų tikri grybų žinovai, kurie pildytų grybų žinyną ir fotografuodami grybus didintų sekančių spėjimų šansą. Kuo daugiau programėlės naudotojų prisijungs prie mano kuriamos grybų atpažinimo programėlės ir ją papildys, tuo tikslesni grybų atpažinimo rodikliai.

Literatūros šaltiniai

- [1] Clarifai.
<https://www.clarifai.com/>.
- [2] Flutter.
https://flutter.dev/?gclid=EAIaIQobChMItbKSnJO_6QIVxI2yCh2CVw5iEAAYASAAEgKiEPD_BwE&gclsrc=aw.ds.
- [3] Ionic.
<https://ionicframework.com/>.
- [4] Programų kūrimo aplinka visual studio code.
<https://code.visualstudio.com/>.
- [5] What are the popular types and categories of apps.
<https://thinkmobiles.com/blog/popular-types-of-apps/>.
- [6] Statista, 2019.
<https://www.statista.com/statistics/279286/google-play-android-app-categories/>.
- [7] Battle-Grau-Marieges. Mushroom - mushtool.
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mushtool.activities&hl=en>.
- [8] Ian Blair. Mobile app download and usage statistics (2019), 2019.
<https://buildfire.com/app-statistics/>.
- [9] Facebook. React-native.
<https://reactnative.dev/>.
- [10] AnnapurnApp Technologies UG haftungsbeschränkt. Mushroom identifier.
<https://apps.apple.com/us/app/mushroom-identifier/id1227854971?app=itunes&ign-mpt=uo%3D4>.
- [11] headcorp. Book of mushrooms.
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.headcorp.bookofmushrooms>.
- [12] Donny Truong Minh Huynh, Prashant Ghimire. Hybrid app approach: Could it mark the end of native app domination?
<http://iisit.org/Vol14/IISITv14p049-065Huynh3472.pdf>.
- [13] Kirill Sidorov. Genčių grybų.
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.do_apps.catalog_683.
- [14] Kirill Sidorov. Grybai.
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.do_apps.catalog_20.
- [15] Kosareva Svetlana. Mushroom book & identification.
<https://apps.apple.com/us/app/mushroom-book-identification/id452598309?app=itunes&ign-mpt=uo%3D4>.

- [16] Annapurnapp Technologies. Mushroom identify - automatic picture recognition.
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pingou.champignonuf>.
- [17] Rushi Trivedi. Top 5 hybrid mobile app frameworks in 2019.
<https://www.weboptimization.com/blog/hybrid-mobile-app-frameworks/>.