

Razvoj nadzornog sustava za lovce s prijenosom podataka na daljinu

Luka Žužić^a, Deni Vale^b

^a Student, Istarsko Veleučilište – Università Istriana di scienze applicate, Preradovićeve 9D, Pula-Pola, lzuzic@iv.hr

^b Predavač, mag. phys., Istarsko Veleučilište – Università Istriana di scienze applicate, Preradovićeve 9D, Pula-Pola, dvale@iv.hr

Sažetak

Razvoj nadzornog sustava za lovce koji koristi Raspberry Pi, kamera modul i integraciju SIM800C modula globalnog sustava za mobilne komunikacije (GSM) usmjeren je na stvaranje pouzdanog i efikasnog sustava za daljinsko praćenje lovišta. Sustav se oslanja na kamera modul povezan s Raspberry Pi uređajem za snimanje videozapisa i fotografija, koje se aktiviraju detekcijom pokreta pomoću pasivnog infracrvenog senzora. Kada se snimi fotografija, sustav automatski prenosi te podatke na poslužitelj pomoću SIM800C modula, omogućavajući korisnicima pristup svojim snimkama u bilo kojem trenutku. Provedena su mjerenja vremena učitavanja fotografija na poslužitelj na nekoliko lokacija južne i središnje Istre te otoka Krka. Izmjereno vrijeme učitavanja fotografija iznosi između 4 i 5 min za lokacije na kojima je cijeli proces uspješno napravljen. Na nekoliko lokacija nije bilo moguće učitati fotografije na server ni nakon nekoliko uzastopnih pokušaja, što pripisujemo slabom signalu i opterećenju mreže. Korištenje ove tehnologije ne samo da povećava učinkovitost lovačkih aktivnosti, već također doprinosi održivom upravljanju lovištem kroz precizno praćenje i analizu podataka.

Ključne riječi: nadzor lovišta, Raspberry Pi, prijenos slike i videa, video nadzor, internet stvari (IoT)

1. Uvod

S obzirom na sve veću potrebu za razumijevanjem i očuvanjem bioraznolikosti, proučavanje divljih životinja u njihovom prirodnom okruženju postalo je ključno za očuvanje ekosustava i vrsta i upravljanje lovištima. Metoda snimanja fotografija i video zapisa putem kamera s automatskim okidanjem, predstavlja jednu od najraširenijih suvremenih tehnika za neinvazivno prikupljanje podataka o divljim životinjama (Trolliet, Huynen, Vermeulen i Hambuckers, 2014; Reyserhove, Norton i

Desmet, 2023). Telemetrija koristi radio uređaje (LeMunyan, White, Nyberg i Christian, 1959; Lord, Bellrose i Cochran, 1962; Cochran i Lord, 1963) ili globalni položajni sustav (*engl. Global Positioning System*, GPS) koji se pričvršćuju na životinje kako bi se pratili njihovi migracijski obrasci, ponašanje i korištenje staništa (Aravind, Anupriya, Aarthi, i Chandrasekaran, 2017; Casazza i sur., 2023). Označavanje i praćenje preko prstenovanja ili oznaka pomaže u identifikaciji pojedinih životinja i prostorno-vremenskoj analizi (Lincoln, 1921; Dunstone i Gorman 1993). Uzorci iz izmeta (najčešće analiza

deoksiribonukleinske kiseline (DNK) iz izmeta) omogućuju istraživačima identificirati prisutnost vrsta u određenim područjima i praćenje njihovih prehranbenih navika (Taberlet i sur. 1997). Zvučna analiza uključuje snimanje i analizu zvukova koje životinje ispuštaju, što može pružiti informacije o njihovim komunikacijskim obrascima i prisutnosti pojedine vrste u određenom području (Jahns, Kowalczyk i Walter, 1997; Juodakis, 2022).

U doba moderne tehnologije, primjenjujemo tehnologiju u sve više tradicionalnih aktivnosti poput lova, gdje se suočavamo s izazovima povećanja broja jedinki određenih životinjskih vrsta. Kelić (2018) navodi da se u posljednjih 15-20 godina čagalj proširio na većem području Hrvatske, te da se njihov broj jako povećao na području istočne Hrvatske, pri čemu postoji bojazan od smanjenja brojnog stanja sitne, ali i plemenite divljači, budući da je izuzetno prilagodljiv i brzo osvaja nova lovišta. Prema Špremu, Treeru, Florijančiću i Safneru (2008) divlja svinja, čija populacija naglo raste, izaziva značajnu ekonomsku štetu poljoprivredi i ekosistemu zbog svog rovanja i svežderskih navika, uništavajući tlo, šume i kultivirane površine. Moderni nadzorni sustavi na lovištima omogućavaju lovcima ne samo praćenje brojnosti i kretanja populacija divljih životinja radi planiranja lova, već i praćenje invazivnih vrsta, što je ključno za očuvanje raznovrsnosti životinja. Invazivne vrste poput malog indijskog mungosa (*Herpestes javanicus auro punctatus*), koji je uveden u Hrvatsku u 20. stoljeću na otoke Mljet i Korčulu radi istrjebljenja zmija otrovnica, zbog svoje prilagodljivosti i široke prehrane nakon ispunjavanja prvobitne svrhe posao je prijetnja lokalnoj fauni, posebno pticama, gušterima i malim sisavcima. Stoga je zadnjih godina nastala potreba za efikasnim nadzorom i planom upravljanja populacijama mungosa čije se širenje može negativno odraziti na autohtone vrste i staništa (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2022). Pored spomenutog mungosa, u Hrvatskoj je zabilježeno više od 600 stranih vrsta biljaka i oko 300 stranih vrsta životinja te brojne strane vrste gljiva i organizama, od kojih se procjenjuje da je 10-15% invazivno (Invazivne strane vrste, bez dat.).

U ovom radu fokusirali smo se na opis vlastitog sustava koji koristi automatske kamere za snimanje divljih životinja u njihovom prirodnom staništu nakon detekcije pasivnim infracrvenim

senzorom (*engl. Passive Infrared Sensor, PIR*), a vrše učitavanje snimljenih fotografija na server koje su kasnije dostupne korisnicima putem web sučelja. Istražili smo način na koji se Raspberry Pi mikro-računalo može koristiti kao ključna komponenta automatske kamere, s naglaskom na primjenu u divljini, naglašavajući njegovu prilagodljivu prirodu i mogućnosti koje nudi svijetu lovaca i istraživača divljine. U ovom radu opisana je i izrada prototipa takve kamere, s ciljem efikasnog prikupljanja i prijenosa podataka u stvarnom vremenu, čime bi se poboljšalo praćenje populacija divljači i upravljanje lovištima. Stručni doprinos rada leži u primjeni inovativnih tehnologija za poboljšanje sustava nadzora divljih životinja, pružajući praktična rješenja za monitoring i očuvanje prirodnih staništa. Također, u ovom je radu istraženo vrijeme prijenosa fotografija s prototipa automatske kamere na server prilikom snimanja na nekoliko lovišta na području južne i središnje Istre i otoka Krka.

U drugom poglavlju ovog rada napravljen je pregled literature i povijesni razvoj automatskih kamera za snimanje divljih životinja. U trećem poglavlju opisane su metode i materijali potrebni za projektiranje cjelokupnog sustava za upravljanje prikupljenim podacima uz pomoć automatskih kamera za detekciju i snimanje divljih životinja, te izrada prototipa posljednjih. U navedenom poglavlju opisan je način mjerenja vremena prijenosa fotografija s kamere na server. U četvrtom poglavlju predstavljeni su rezultati spomenutih mjerenja. U petom poglavlju prokomentirani su prednosti i nedostaci dizajna cjelokupnog sustava te dobivenih mjerenja vremena prijenosa fotografija s automatske kamere na server.

2. Pregled literature i povijesni razvoj automatskih kamera za praćenje divljih životinja

Kamere koje fotografiraju slike divljih životinja bez prisutnosti ljudi imaju dugu povijest u ekologiji i istraživanju divljine, ali njihova se uporaba dramatično povećala početkom 1990-ih s uvođenjem komercijalnih kamera koje su aktivirale pomoću infracrvenih senzora. Trolliet i sur. (2014) istraživali su povijesni razvoj automatskih kamera za fotografiranje divljih životinja ističući kako su ove

tehnologije evoluirale i unaprijeđene tijekom vremena. George Shiras III, naširoko se smatra prvim izumiteljem kamera za nadzor divljih životinja davnih 1890-ih, a ujedno i metode „okidajuće žice i sustava bljeskalica“. Okidajuća žica mogla je imati privezan mamac ili jednostavno biti položena uz tlo. Bljeskovi su bili i zasljepljujući i iznimno glasni, a veličina same jedne od bljeskalica bila je veća od današnjih modernih fotoaparata.

Pearson (1959) je opisao dva sustava okidanja kamera, bez korištenja žice za pokretanje. Jedan je sustav koristio papučicu koja bi zatvorila električni prekidač kad bi miš prešao preko nje, dok je drugi sustav koristio snop crvenog svjetla koji bi, kada bi ga životinja prekinula, aktivirao kameru. Dodge i Snyder (1960) predstavili su prijenosni daljinski sustav kamere koji je radio na akumulatoru napona 6 V, za razliku od Pearsonovog (1959) sustava koji je zahtijevao napajanje od 110 V. Njihov dizajn koristio je svjetlosni snop koji bi, kada bi ga životinja prekinula, aktivirao zavojnicu povezanu s okidačem kamere. Korištena je filmska kamera koja bi snimila jedan kadar svaki put kad bi se okidač aktivirao, omogućujući seriju fotografija. Abbott i Coombs (1964) opisali su još prijenosniji uređaj s 35-mm kamerom i spremnikom za film koji omogućava do 420 snimaka, umjesto uobičajenih 36, pa je kamera mogla duže ostati na terenu. 35-mm film omogućio je veće negative u usporedbi s ranijim 16-mm filmskim kamerama. Međutim, napajan je motociklističkim baterijama od 6 V pa je težio 22 kg.

Savidge i Seibert (1988) koristili su filmsku kameru povezanu s infracrvenim odašiljačem koji je snimao fotografiju čim bi snop bio prekinut od strane životinje. Sustav je bio automatski: nakon što je snimljena fotografija, film bi se ponovno napunio i kamera bi bila spremna za nove snimke. Carthew i Slater (1991) opisali su automatski fotografski sustav koji koristi pulsirajući infracrveni snop za okidanje. Kada životinja pređe preko snopa, senzor šalje signal modificiranoj 35-mm kameri s automatskom kontrolom ekspozicije i bljeskalice, koja bilježi datum i vrijeme na svakom snimku. Ovaj sustav su koristili za promatranje životinja na stazama i identificiranje dnevnih i noćnih oprašivača u Australiji. Mace, Minta, Manley i Aune (1994) osmislili su daljinski fotografski sustav za sustavno istraživanje grizlija u Montani. Prilagodili su automatsku 35-mm kameru koja se

aktivira mikrovalnim senzorom pokreta i pasivnim infracrvenim senzorom topline. Koristeći krv kao mamac na stanicama postavljenim preko 817 km², fotografirali su grizlije, crne medvjede i 21 drugu vrstu divljih životinja, te dokumentirali rasprostranjenost grizlija i procijenili njihovu brojnost u istraživanom području.

Yasuda i Kawakame (2002) opisali su daljinski video sustav koji je putem servera prenosio video slike s digitalne kamere na računalo, omogućujući praćenje u stvarnom vremenu i automatsko pohranjivanje slika. Locke, Cline, Wetzel, Pittman, Brewer i Harveson (2005) predstavili su web-bazirani fotografski sustav prikladan za udaljena područja. Radilo se o sustavu koji je koristio senzore topline i pokreta za okidanje te solarne panele za neprekidno punjenje baterija, čime je bilo omogućeno kontinuirano praćenje divljih životinja u stvarnom vremenu, bez potrebe za ljudskim intervencijama.

Snimanje automatskim kamerama učinkovita je neinvazivna metoda za prikupljanje podataka o divljim životinjama, koja svoje početke vuče od Shirasa III, od varijante koja je koristila „okidajuću žicu i sustav bljeskalica“, dok se u suvremenom smislu može smatrati upotreba elektroničkih senzora u 80-tim godinama. Delisle, Flaherty, Nobbe, Wzientek i Swihart (2021) analizirali su 2167 radova objavljenih od 1994. do 2020. godine, otkrivši da je broj publikacija u kojima se koristi spomenuta metoda porastao 81 puta. Najčešće proučavane skupine životinja su papkari, mesožderi, primati i ptice, iako napredni senzori omogućuju detekciju manjih sisavaca, vodozemaca, gmazova, riba i beskralježnjaka.

Automatske kamere su posljednjih desetljeća postale popularne za prikupljanje podataka o bioraznolikosti na neinvazivan način, s minimalnim ometanjem divljih životinja. Tehnološki napredak omogućio je njihovu široku primjenu u praćenju različitih životinjskih vrsta u raznim staništima, a zadnjih desetljeća učitavanje podataka na server ili slanje fotografija elektroničkom poštom. Ovakve kamere mogu se kombinirati s drugim istovrsnim uređajima na nekom području ili drugim metodama (radio i GPS praćenjem, zvučnom analizom) i pritom generirati velike količine podataka koji zahtijevaju analizu, no prije toga podaci se moraju preuzeti, pohraniti, organizirati i označiti. Neki od načina najbolje prakse upravljanja i objave

podataka mogu se pronaći u trećem i četvrtom poglavlju dokumenta (Reyserhove, Norton i Desmet, 2023).

Automatske kamere u moderno doba, koje variraju od proizvoda raznih azijskih proizvođača do onih vlastite izrade, koriste se ne samo za lov, već i za brigu o hranjenju životinja, očuvanju njihovih staništa, te prikupljanja podataka o brojnosti i ponašanju vrsta i sigurnosti lovišta. Globalno tržište za spomenutu vrstu kamera ima procijenjenu vrijednost od \$109.5 mil., te se procjenjuje da će do 2030. godine porasti do \$175.1 mil (Grand View Research, bez dat.). Neki od najvećih proizvođača ovih kamera su: Spypoint, Wildgame Innovations, Cuddeback, Browning Trail Cameras. Većina navedenih proizvođača orijentirala se na sustave koje šalju slike putem svojih aplikacija ili e-maila, a neki od novijih modela su počeli uključivati i mogućnost slanja videa umjesto slika. Cijene ovih kamera variraju između proizvođača u rangu od \$100 do \$200 (Grand View Research, bez dat.). Ove kamere mogu imati određeni broj slika koje šalju korisniku besplatno, putem aplikacije, web stranice ili elektroničke pošte, ali je ipak u većini slučajeva potrebno platiti tarifu za slanje slika ili videozapisa. Cijene tarifa za slanje fotografija s automatskih kamera razlikuju se među proizvođačima, nudeći različite planove prema potrebama korisnika. Spypoint nudi 100 besplatnih fotografija mjesečno, dok plaćeni planovi počinju od \$5 za 250 fotografija, pa do \$15 za neograničeno slanje (Spypoint, 2024). Wildgame Innovations također nudi 100 besplatnih fotografija, s planovima od \$6 za 250 fotografija do \$12 za neograničeno slanje (Wildgame Innovations, 2022). Cuddeback i Browning nemaju besplatne opcije. Cuddeback naplaćuje od \$5 za 250 fotografija do \$13 za neograničeno slanje (Cuddeback, 2023), dok Browning cijene kreću od \$9.99 za 1200 fotografija do \$49.99 za 12000 fotografija mjesečno (Browning Trail Cameras, 2024). Razlike u cijenama omogućuju korisnicima odabir plana prema individualnim potrebama.

3. Metode i materijali

3.1. Razvoj hardverskog dijela sustava za snimanje divljih životinja automatskom kamerom

Slika 1. Fotografija eksperimentalne kamere.



Izvor: Izradili autori

Projekt nadzornog sustava za lovce uspješno je realiziran kroz nekoliko ključnih faza, koje su uključivale dizajn hardverske infrastrukture, razvoj softverskih komponenti i testiranje sustava u stvarnim uvjetima. Prvi korak u realizaciji projekta bio je postavljanje hardverske infrastrukture. Uključivali smo Raspberry Pi 4B kao glavni računalni modul, koji je zadužen za obradu podataka i upravljanje perifernim uređajima. Za značajnu uštedu energije korišten je Arduino Nano za upravljanje paljenja i gašenja Raspberry Pi-a putem tranzistora koji je spojen na USB C kabel kojim se napaja Raspberry Pi 4B. Arduino Nano je idealan radi svojeg stanja dubokog sna koje troši značajno manje energije,

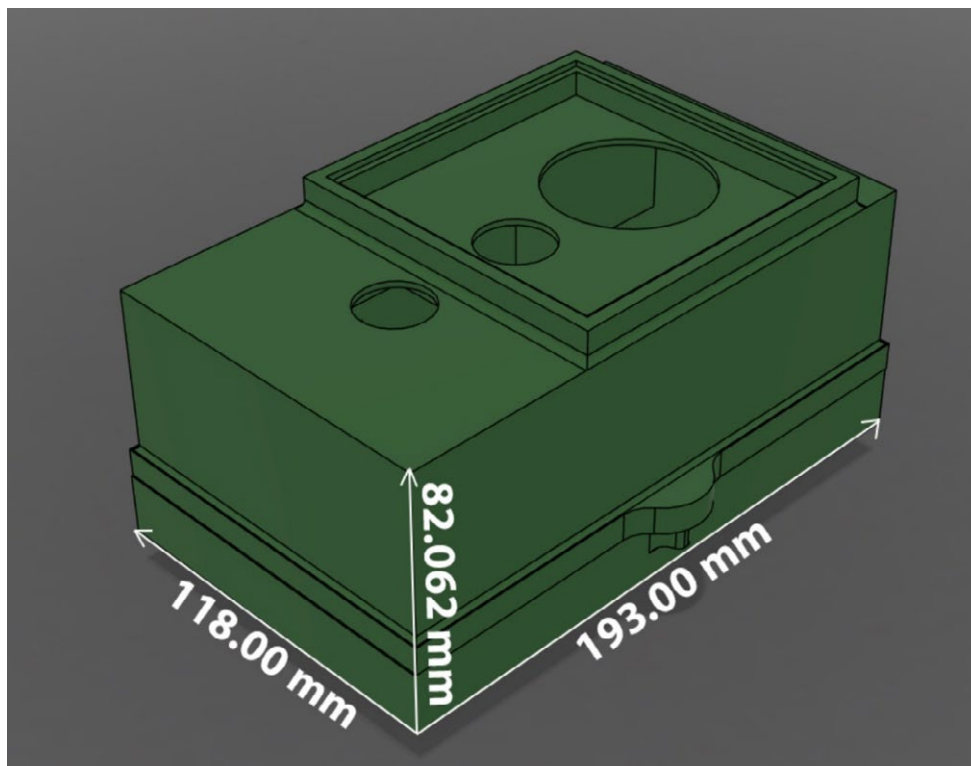
ali i dalje održava potrebnu funkcionalnost propuštanja električne energije kroz tranzistor pri detekciji kretanja na PIR senzoru.

3.1.1. Kućište

U kontekstu ovog sustava, kućište je pažljivo dizajnirano kako bi osiguralo pouzdano funkcioniranje u svim vanjskim uvjetima. Kućište automatske kamere oblika je kvadra dimenzija 193 x 118 x 86,062 mm. Korištenjem tehnologije 3D printanja, kućište je izrađeno od filamenata polilaktične kiseline (PLA), vrste plastike koja je izdržljiva i otporna na

različite ekološke faktore. U svrhu dodatne zaštite komponenti od vlage i vanjskih uvjeta, kućište je opremljeno kanalima na poklopcu u koje je dodatno ugrađena brtva promjera 2 mm napravljena od nitrilne gume (NBR) i učvršćena za kućište ljepilom, također za zaštitu samog kamera modula i infracrvene LED (*engl. Light Emitting Diode*) ploče, napravljena je izbočina u koju se postavlja akrilno staklo dimenzija 100 x 100 mm. Ovo rješenje omogućava sustavu da izdrži varijacije temperature, vlage i drugih nepovoljnih uvjeta, pružajući stabilnu i dugotrajnu zaštitu unutarnjim komponentama.

Slika 2. Kućište prototipa automatske kamere.



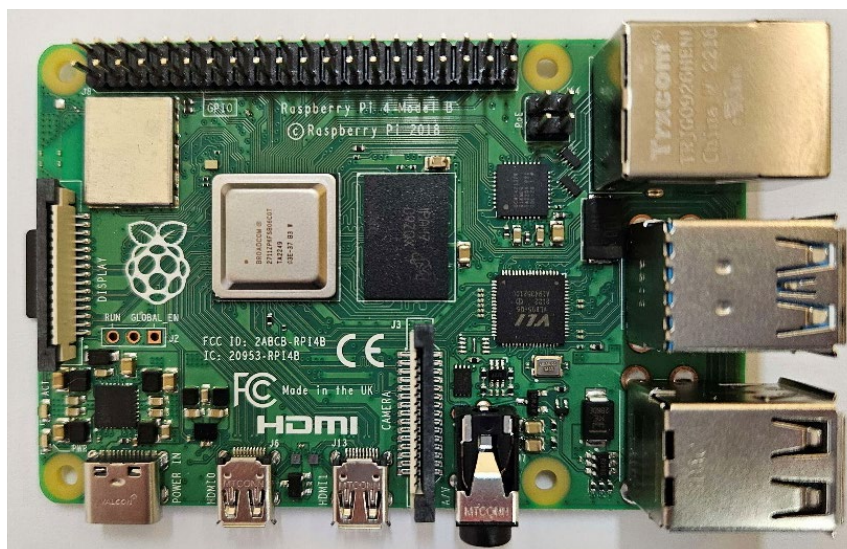
Izvor: Izradili autori

3.1.2. Raspberry Pi

Raspberry Pi se ističe svojom pristupačnosti, svestranosti, te modularnosti. Kao vrlo mali uređaj otvorenog koda, pokreće se putem standardnog USB-C napajanja i podržava veliki raspon operativnih sustava, uključujući nativni RaspbianOS, različite distribucije Linuxa, te Windows. Raspberry Pi 4B opremljen je s Broadcom BCM2711, Quad core

Cortex-A72 (ARM v8) 64-bitnim procesorom s radnom frekvencijom od 1.5 GHz, grafičkom karticom, 4GB RAM memorije, dva USB 3.0 porta, dva USB 2.0 porta, GPIO pločama za povezivanje s različitim elektroničkim komponentama, ethernet portom, mini HDMI izlazom, te ulazom za microSD karticu koja služi za spremanje podataka i operativni sustav (Raspberry Pi Foundation, bez dat.).

Slika 3. Raspberry Pi 4B



Izvor: Izradili autori

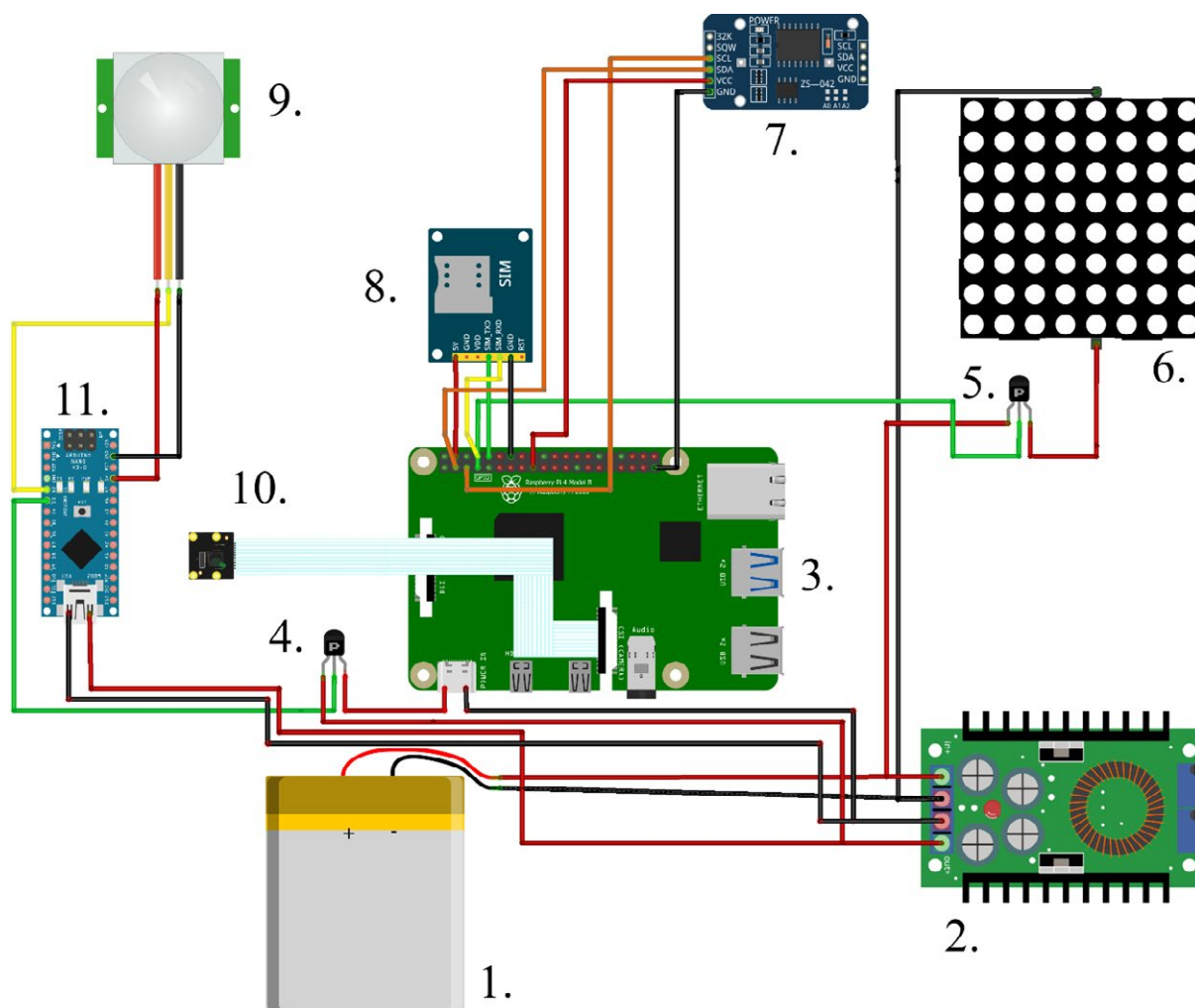
Jedna od najvećih prednosti Raspberry Pi-a je to što je riječ o mini računalu koje podržava otvoreni kod, uz pristup širokom spektru slobodnog softvera, dokumentacije, te elektroničkih komponenti i perifernih uređaja, omogućavajući pritom razvoj prilagođenih rješenja za nadzor i upravljanje populacijama divljih životinja.

3.1.3. Elektroničke komponente

Visokokvalitetna kamera modul (maksimalne video rezolucije 2028x1080p50, 12.3 megapiksela i rezolucije slike 4056x3040), spojena je na CSI konektor Raspberry Pi-a, omogućavajući snimanje fotografija i videozapisa visoke rezolucije. Za komunikaciju je korišten GSM modul (SIM800C), koji omogućava prijenos podataka putem mobilne mreže. Za osvjetljivanje okoline u uvjetima slabe svjetlosti koristi se infracrvena LED ploča koju napaja Raspberry Pi 4B pri pokretanju uz pomoć

PNP tranzistora kojem je emiter spojen direktno na bateriju od 12V. Sustav je također uključivao sat stvarnog vremena (*engl. Real-Time Clock, RTC*) koji služi za održavanje točnog vremena na Raspberry Pi-u, te pasivni infracrveni (PIR) senzor za detekciju pokreta, koji aktivira Arduino Nano, koji pomoću PNP tranzistora koji upravlja napajanjem Raspberry Pi 4B-a pokreće Raspberry Pi i pokreće skriptu za snimanje fotografije. Sustav je napajan litij-ionskom baterijom kapaciteta 7000 mAh i napona od 12V koji se pomoću buck-boost pretvarača napona spušta na sigurnih 5V za napajanje Raspberry Pi 4B-a i Arduino Nano-a. Baterija također osigurava autonomiju u radu na terenu, a kako bi uređaj radio optimalno u svim uvjetima, korišten je hladnjak za Raspberry Pi. Shema prikazana na slici 4. jasno prikazuje sve elektroničke komponente i način na koji su povezani, radi lakšeg razumijevanja funkcioniranja sustava.

Slika 4. Shematski prikaz uređaja. 1) Litij-ionska baterija, 2) buck-boost pretvarač napona, 3) Raspberry Pi 4, 4) i 5) PNP tranzistor, 6) infracrvena LED ploča, 7) sat stvarnog vremena (RTC) 8) SIM800C, 9) PIR senzor 10) Raspberry Pi HQ kamera, i 11) Arduino Nano.



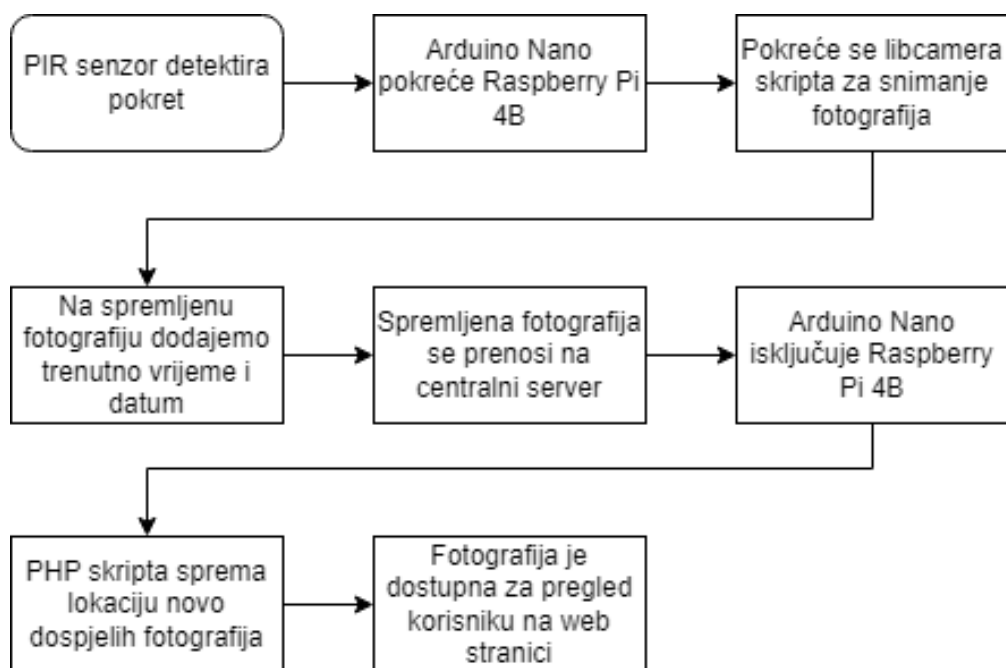
Izvor: Izradili autori

3.2. Razvoj softverskog dijela nadzornog sustava

Razvoj programskih komponenti sadržava nekoliko bitnih koraka: 1) upravljanje kamerom i integracija s libcamera bibliotekom, 2) prijenos podataka, 3) upravljanje datotekama na serveru i 4) zaštita podataka. Cijeli proces detekcije, prijenos fotografije na server, organizacija i dostupnost datoteka putem web stranice prikazani su na slici 5. Proces detekcije pomoću PIR senzora temelji se na registriranju promjena u infracrvenom zračenju između dva piroelektrična elementa na senzoru kada se u vidnom polju pojavi životinja koja emitira

topljinu. Do promjene u infracrvenom zračenju dolazi prilikom kretanja životinje pri čemu se generira električni signal koji prima Arduino Nano, koji potom pokreće Raspberry Pi i skriptu koja koristi libcamera platformu za fotografiranje životinje. Na spremljenu fotografiju dodaje se trenutno vrijeme i datum, te se zajedno prenose na središnji server. PHP skripta na serveru vodi računa o učitanim fotografijama te ih organizira sukladno korisniku, datumu i vremenu. Fotografija je dostupna korisniku putem web stranice te je može pregledati, preuzeti ili pobrisati. Prethodno spomenuti koraci detaljno su opisani u idućim potpoglavljima.

Slika 5. Dijagram toka sustava



Izvor: Izradili autori

3.2.1. Upravljanje kamerom i povezivanje libcamera biblioteke

Modul kamere je spojen na CSI konektor Raspberry Pi-a, te se upravlja putem nativne biblioteke libcamera koja je integralni dio operativnog sustava RaspbianOS (Raspberry Pi Foundation, bez dat.). Libcamera predstavlja značajan softverski projekt otvorenog koda koji nudi podršku ne samo za module kamere nego i za web kamere na operativnim sustavima baziranim na Linuxu. Glavni cilj ove biblioteke jest pojednostaviti proces upravljanja modulom kamere na Raspberry Pi-u, ali i na drugim sličnim uređajima, osiguravajući pritom učinkovitost i široku primjenjivost. Ova biblioteka je razvijena s naglaskom na modularnost i fleksibilnost, što programerima omogućava lako prilagoditi i integrirati libcamere u različite projekte. Zahvaljujući svojoj prilagodljivosti, libcamera se može koristiti i na drugim verzijama Raspberry Pi-a, ali i na širem spektru Linux baziranih sustava (libcamera, 2023). To znači da se softverska rješenja izvedena iz ovog projekta mogu primjenjivati u različitim kontekstima, bilo da se radi o edukacijskim projektima, industrijskim aplikacijama ili zahtjevnim tehnološkim inovacijama. Korištenjem libcamera biblioteke, programeri mogu iskoristiti

prednosti naprednih funkcija kamere kao što su automatsko fokusiranje, kontrola ekspozicije i obrada slike, koje su ključne za razvoj sofisticiranih vizualnih aplikacija. Integracija s Raspberry Pi hardverom putem libcamere osigurava da korisnici mogu maksimalno iskoristiti kapacitete svog hardvera, što čini ovu biblioteku izuzetno korisnom i pristupačnom za široku zajednicu korisnika i programera.

Libcamera dolazi s mnoštvom korisnih aplikacija koje omogućuju jednostavno snimanje videozapisa i slika, te i za testiranje funkcionalnosti kamere. Za korištenje ovih aplikacija u terminal ili skriptu upisujemo komande poput `"libcamera-still"`, ova aplikacija omogućava prilagodbu brojnih postavki kao što su vremena ekspozicije, ISO, balans bijele boje itd. dodavanjem argumenata na kraju komande poput `"--shutter <vrijednost između 1 i 670740>"` za mijenjanje vremena ekspozicije u milisekundama, `"-- gain <vrijednost>"` za mijenjanje ISO-a, `"--awb <auto, incandescent, flurescent>"` za balans bijele boje, `"--output <ime datoteke>"` za spremanje slike. Na isti ovaj princip također možemo koristiti i `"libcamera-vid"` komandu koja služi za snimanje videozapisa, i komandu `"libcamera-hello"` koja pokrene prijenos uživo s kamere tako da bi mogli vidjeti što kamera vidi u stvarnom vremenu, te po

potrebi mijenjati postavke kamere i vidjeti promjene uživo (Raspberry Pi Foundation, bez dat.).

Kamera se aktivira kad signal PIR senzora aktivira Arduino Nano koji putem tranzistora pokreće Raspberry Pi 4B i aktivira skriptu koja snima fotografiju okoline. Na spremljenu fotografiju dodaje se trenutno vrijeme i datum što je ostvareno spojenim satom stvarnog vremena na Raspberry Pi-u.

3.2.2. Prijenos podataka

Prijenos podataka ostvarujemo dodatnim GSM modulom za Raspberry Pi. GSM modul omogućuje spajanje na mobilnu mrežu, te primanje i slanje kratkih poruka (*engl. Short Message Service, SMS*) pomoću SIM kartice koju naknadno unosimo u modul. Prijenos podataka s Raspberry Pi-a na središnji poslužitelj može se pokazati dosta izazovnim u područjima gdje signal nije dobar, ovisno o količini podataka koju Raspberry Pi treba prenijeti na poslužitelj, trebamo znati točno kolika nam brzina slanja podataka treba. U slučaju slike, veličina datoteke može varirati od par kilobajta do više megabajta ovisno o rezoluciji kamere, kompresiji, dodatnim postavkama slike, te tipu slike. U našem projektu koristimo slike rezolucije 1024x768 budući da uzimaju svega 111 kilobajta. Iz poznate količine podataka koju je potrebno učitati na server, idući korak je odabir GSM modula koji će tu sliku prenijeti na poslužitelj u kratkom vremenu. Modul koji je korišten za izradu prototipa kamere je SIM800C tvrtke SIMCom. Model podržavaju osnovne GSM funkcionalnosti kao što su SMS poruke, glasovni pozivi i GPRS za prijenos podatka. U tehničkim specifikacijama GSM modula SIM800C, proizvođač navodi da modul podržava brzine prijenosa podataka do maksimalno 85.6 kbps kako za preuzimanje (download) tako i za slanje (upload) podataka (SIMCom, bez dat.). Ova brzina omogućuje našem sustavu slanje slike u relativno kratkom vremenu, te nam također omogućuje funkcionalnosti poput slanja i primanja tekstualnih poruka preko kojih dodatno možemo upravljati Raspberry Pi-em ako ne želimo ili ne možemo koristiti internetsku vezu.

3.2.3. Upravljanje datotekama na serveru

Razvijen je sustav koji koristi Raspberry Pi uređaj kao primarni izvor medijskog sadržaja. Raspberry

Pi je zadužen za pojedinačno ili kontinuirano snimanje slika i videozapisa, koji se zatim prenose na poslužitelj koji koristi Ubuntu 22.04 operativni sustav. U našem slučaju se radi o virtualnom privatnom poslužitelju (*engl. Virtual Private Server, VPS*) koji ima javnu IP adresu, iznajmljenom od tvrtke Contabo. Poslužitelj je jedna od najvažnijih komponenti našeg sustava jer ne samo da obrađuje i distribuira medijske datoteke, već upravlja i korisničkim pristupima, čime osigurava funkcionalnost i sigurnost cjelokupnog sustava.

Arduino Nano na kojeg je spojen PIR senzor upravlja napajanjem Raspberry Pi 4B uređaja na kojeg je spojena adekvatna kamera za snimanje visokokvalitetnih slika i videozapisa. Na uređaju je napravljena bash skripta koja se izvodi čim se uređaj pokrene, te uzima sliku, ove datoteke se Python kodom automatski šalju na poslužitelj putem GSM modula koristeći naredbe protokola za kontrolu prijenosa (*engl. Transmission Control Protocol, TCP*). TCP omogućuje pouzdan prijenos podataka između Raspberry Pi uređaja i poslužitelja. Korištenjem TCP-a, svi podaci se prenose u malim dijelovima (paketima) od 1500 bajtova od čega je 1460 bajtova podatkovni sadržaj, a 40 bajtova TCP/IP zaglavlja, što omogućava ponovno slanje bilo kojeg dijela koji nije ispravno primljen, čime se osigurava cjelovitost podataka (Ikegawa i Takahashi, 2005). Datoteke se spremaju u korisnikovu mapu na poslužitelju, što omogućuje lako razlikovanje datoteka pripadajućih različitim korisnicima i dodatno povećava organiziranost i sigurnost podataka. Ova metoda prijenosa također omogućava pregledavanje, preuzimanje i izmjenu direktorija i datoteka na udaljenom poslužitelju, omogućujući korisnicima obavljanje kompleksnijih operacija osim samog prijenosa.

Apache2 poslužitelj konfiguriran je radi posluživanja web stranice koja omogućuje korisnicima pregled i preuzimanje medijskih datoteka (Apache Software Foundation, bez dat.). Web poslužitelj je optimiziran za brze odzive i sposoban je podržavati veliki broj korisnika bez gubitka performansi. PHP skripte na poslužitelju kontinuirano skeniraju direktorije za novo dospjele medijske datoteke (.jpeg i .mp4). Kada se detektira nova datoteka, skripta automatski ažurira bazu podataka s novim lokacijama datoteka i dinamički ažurira web stranicu kako bi te datoteke bile odmah dostupne korisnicima.

3.2.4. Zaštita podataka

Podaci koji se prenose između Raspberry Pi-a i poslužitelja su šifrirani korištenjem SSL/TLS protokola putem AT komandi na GSM modulu, što osigurava njihovu zaštitu tijekom prijenosa. Web stranica koristi sigurni hipertekstualni prijenosni protokol (*engl. HyperText Transfer Protocol Secure, HTTPS*) za šifriranje prometa, dok pristup bazi podataka zahtijeva autentifikaciju, a sve osjetljive informacije unutar baze su šifrirane. Softver na poslužitelju redovito se ažurira kako bi se osigurala zaštita od poznatih ranjivosti i napada.

Flask i SQLite baza podataka se koriste za spajanje baze podataka i korisničkog sučelja koje se koristi za prijavu i odjavu korisnika. Hashiranje lozinki korisnika obavlja se putem bcrypt protokola, te se hashirane lozinke spremaju u SQLite tablicama. Prijava korisnika provjerava unesene podatke s zapisanim podacima u bazi podataka. Zaštita korisničke sesije implementirana je pomoću Flask session mehanizma koji koristi tajni ključ za šifriranje kolačića (Flask Documentation, bez dat.). Osiguravanje pristupa samo prijavljenim korisnicima obavlja se putem dekoratora za autorizaciju. Zaštita korisničkih podataka poput lozinki štite se koristeći AES-256 algoritam šifriranja (National Institute of Standards and Technology, 2001).

3.3. Metoda mjerenja vremena prijenosa fotografija na server

Za mjerenje vremena prijenosa podataka na server, odabrano je nekoliko lokacija na području južne i središnje Istre i otoka Krka. Na Raspberry Pi 4B uređaju razvijena je bash skripta koja mjeri vrijeme potrebno za izvršenje Python koda za slanje fotografija na server. Nakon svakog uspješnog prijenosa, skripta bilježi i ispisuje trajanje slanja fotografije. Na svakoj lokaciji postupak fotografiranja i prijenosa na server ponovljen je pet puta. Na kraju, izračunato je prosječno vrijeme prijenosa

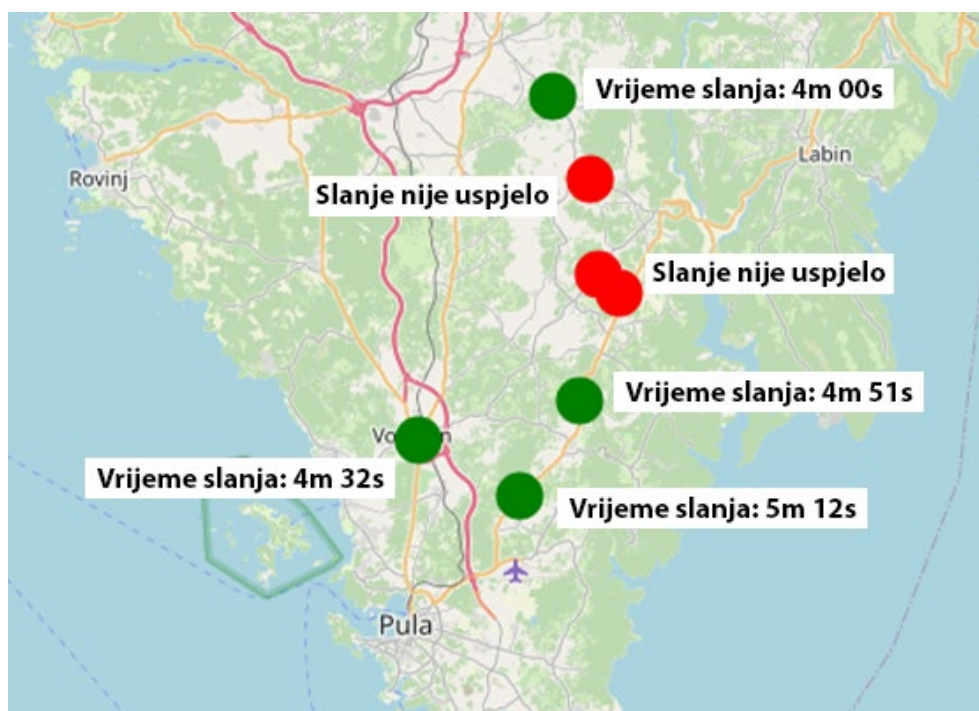
fotografija za svaku lokaciju, uzimajući u obzir sva mjerenja. Mjerenja u Istri provedena su 13. lipnja 2023. između 8:00 i 14:00 h, a na otoku Krku 22. lipnja između 11:00 i 14:00 h.

4. Rezultati

Za potrebe prijenosa podataka sustava odabran je operater Hrvatski Telekom zbog njihove pokrivenosti na područjima Istre i otoka Krka. Testiranje ispravnosti elektroničkih komponenti napravljeno je 13. lipnja 2024. u Centru za istraživanje METRIS Istarskog veleučilišta neposredno prije mjerenja na terenu. Ispitana je i jakost signala prilikom spajanja GSM/GPRS modula na mrežu, te su provedena mjerenja vremena prijenosa fotografije na server prije odlaska na teren. Jakost signala između 7:00 i 8:00 dobivena je pomoću AT+CSQ naredbe, te je u prostoriji u kojoj su vršena testiranja u METRIS-u iznosila između 18-22 prilikom mjerenja na skali raspona 0-31 (31 predstavlja maksimum). Prosječno vrijeme učitavanja fotografije veličine 111 kilobajta s automatske kamere na server prilikom testiranja iznosilo je 11 min i 24 s. Nakon toga je automatska kamera postavljena u stvarna lovišta na području Istre i otoka Krka, gdje je testirana funkcionalnost detekcije pokreta, fotografiranja i prijenosa podataka.

Mjerenja na području Istre pokazala su prosječno vrijeme slanja fotografije veličine 31 kilobajt u iznosu od 4 minute i 39 sekundi, odnosno 279 sekundi. Od 7 izabranih lokacija za testiranje povezivanja na svakoj lokaciji sustav je poslao 5 slika, te je uzeto prosječno vrijeme svih 5 slanja da bi dobili vrijeme slanja za lokaciju. Na 3 lokacije povezivanje na poslužitelj nije uspjelo radi veoma slabog signala ili radi nepostojanja signala. Lokacije s prosječnim vrijednostima učitavanja fotografije na poslužitelj za području južne i središnje Istre prikazane su na slici 6., a za područje Krka na slici 7.

Slika 6. Mjerenja na području Istre



Izvor: Izradili autori

Mjerenja na Otoku Krku pokazala su slične rezultate, prosječno vrijeme slanja je 4 minute i 40 sekundi, odnosno 280 sekundi. Također, slično kao i u Istri sustav se nije spojio na 3 lokacije zbog izrazito slabog signala ili radi nepostojanja signala budući da su to bila ruralna područja otoka.

Slika 7. Mjerenja na području otoka Krka



Izvor: Izradili autori

5. Diskusija

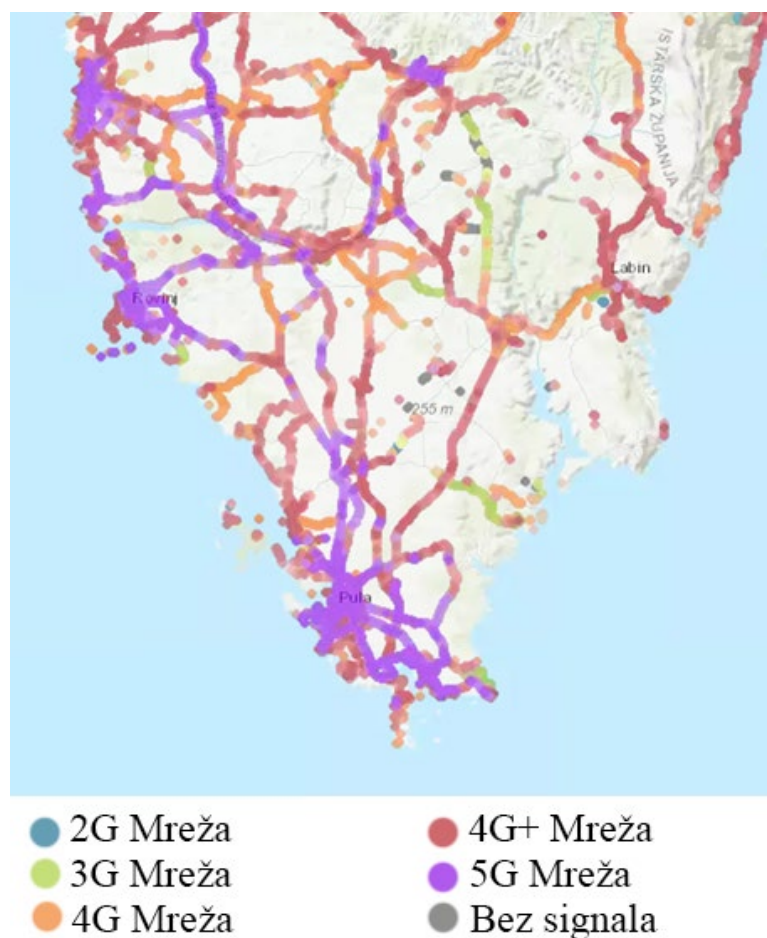
Većina mjerenja je pokazala da je vrijeme učitavanja fotografija na poslužitelj s lokacija u južnom i središnjem dijelu Istre te otoka Krka između 4 i 5 min. Međutim, na nekim lokacijama nije uopće bilo moguće učitati fotografiju na poslužitelj ni nakon nekoliko uzastopnih mjerenja. Iako postoji najava hrvatskog Telekomu da je 3G mreža u postupku gašenja i prelaska na energetski učinkovitije 4G i 5G tehnologije do početka 2025. godine (Blažev, 2023), 2G, 2.5G i EDGE ne planiraju se ugasiti još neko vrijeme. Stoga kao najvjerojatnije objašnjenje smatramo preopterećenost mreže, koja može biti djelomično vezana uz početak turističke sezone kada su rađena mjerenja (13.-22. lipnja 2024.). Moguće je da je kvaliteta signala bila izrazito loša na određenim mjestima gdje su provedena mjerenja uslijed nedostatne pokrivenosti odgovarajućim odašiljačima.

Kako bi korisnici mogli u potpunosti iskoristiti prednosti prelaska na 4G i 5G mreže, bitno je zamijeniti postojeće GSM module s onima koji podržavaju 4G mrežu. Nažalost, kod većine komercijalnih uređaja zamjena postojećih SIM modula s onima koji podržavaju 4G mrežu neće biti izvediva. Predlažemo ponoviti mjerenja na istim lokacijama uz zamjenu GSM modula s drugim koji podržava 4G i/ili 5G mrežu. Međutim, uz učitavanje fotografija na poslužitelj, valjalo bi izmjeriti i vrijeme slanja kraćih videozapisa (duljine do 30 s), budući da posljednji moduli podržavaju znatno veće brzine slanja podatkovnih paketa.

S ciljem optimizacije sustava i smanjenja troškova, preporučuje se smanjenje veličine uređaja zamjenom Raspberry Pi 4B s Raspberry Pi Zero 2 W. S obzirom na to da Raspberry Pi Zero 2 W ispunjava tehničke zahtjeve i podržava korištenje kamere, njegova upotreba može rezultirati manjim i kompaktnijim rješenjem bez značajnog kompromisa u funkcionalnosti. Pored spomenutog Raspberry Pi Zero 2 W troši značajno manje energije u usporedbi s Raspberry Pi 4B, što može rezultirati većom energetsom efikasnošću sustava i dužim

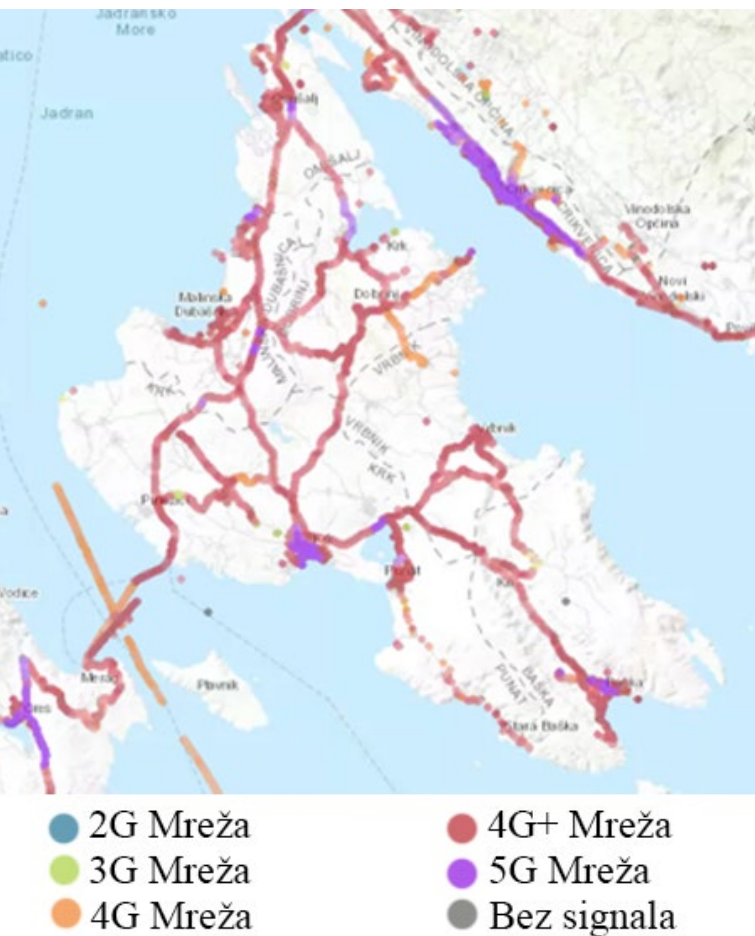
vremenom trajanja baterije. Također, preporučuje se zamjena postojećeg PLA materijala s alternativnim plastikama koje nude bolja svojstva u pogledu izdržljivosti i otpornosti na vanjske uvjete. Materijali poput akrilonitril-butadien-stirena (ABS-a) ili polietilen tereftalat glikola (PETG-a) mogli bi biti prikladniji za ovu primjenu zbog svoje veće otpornosti na udarce i bolje dugoročne stabilnosti u različitim okruženjima. Ove promjene mogu doprinijeti poboljšanju ukupne učinkovitosti i dugovječnosti sustava.

Slika 8. Pokrivenost 2G, 3G, 4G i 5G mrežom Hrvatskog Telekomu na području Istre.



Izvor: www.nperf.com

Slika 9. Pokrivenost 2G, 3G, 4G i 5G mrežom Hrvatskog Telekom na području otoka Krka.



Izvor: www.nperf.com

6. Zaključak

U ovom radu prikazali smo projektiranje i izradu cjelokupnog sustava za nadzor divljih životinja, koji se sastoji od specijalno dizajnirane kamere za fotografiranje/snimanje videozapisa s automatskim okidanjem kada PIR senzor detektira pokret toplokrvne životinje, a putem GPRS-a je povezana s poslužiteljem. Korisniku je putem web-a omogućen udaljen pristup fotografijama čime se omogućuje kontinuirano praćenje divljih životinja i prikupljanje podataka u realnom vremenu. Struktura našeg poslužitelja dizajnirana je tako da pruža robusnu, sigurnu i efikasnu platformu za upravljanje i distribuciju medijskog sadržaja. Sustav osigurava da su korisnički podaci i medijski sadržaj zaštićeni, dok su istovremeno lako dostupni ovlaštenim korisnicima putem web stranice. Ova struktura omogućava

skalabilnost i prilagodljivost potrebama korisnika, čineći je idealnom za širok spektar primjena.

Na području južne i središnje Istre te otoka Krka provedena su testiranja sustava, odnosno fotografiranje i učitavanje fotografija na poslužitelj. Na svim, osim nekoliko lokacija, izmjerena su prosječna vremena učitavanja fotografija s automatske kamere na poslužitelj između 4 i 5 min. Kod preostalih lokacija, nije uopće bilo moguće učitati fotografiju ni nakon nekoliko uzastopnih pokušaja. Smatramo da je zbog navedenog najvjerojatnije došlo zbog opterećenosti 2G mreže ili izrazito lošeg signala zbog nedostatne pokrivenosti odgovarajućim odašiljačima na nekim lokacijama gdje su vršena mjerenja. Zbog navedenog, ali i modernih zahtjeva za kraćim vremenom učitavanja fotografija, odnosno njihova slijeda ili većeg broja, osobito kod proučavanja većih populacija, te snimanja i učitavanja kraćih videozapisa, ako je fokus na proučavanja ponašanja jedinki, predlažemo zamjenu GSM modula s drugim koji bi udovoljio zahtjevima 4G i/ili 5G mreže. Kao moguća nadogradnja u budućnosti, potrebno je zamijeniti Raspberry Pi 4B s Raspberry Pi Zero zbog njegove manje potrošnje energije i kompaktnijih dimenzija, što može povećati energetske učinkovitost i smanjiti veličinu uređaja. Također, preporučuje se zamjena PLA materijala za izradu kućišta s plastikom poput ABS-a ili PETG-a, koja nudi bolju izdržljivost i otpornost na vanjske uvjete.

Zbog porasta populacije divljih svinja, čagljeva i lisica, koji se sve češće pojavljuju izvan lovišta i šuma razvoj ovakvog sustava za nadzor divljih životinja od posebne je važnosti za praćenje broja divljih životinja na području Istre i Krka, ali i Hrvatske. Praćenjem populacije divljih životinja ovim sustavom moguće je donošenje informiranih odluka o lovnim kvotama i izlučivanju pojedinih vrsta divljači. Provedbom tih odluka može se osigurati da nijedna vrsta ne postane dominantna na štetu drugih, čime je moguće očuvati biološku raznolikost ekosustava. Pored spomenutog, navedeni sustav mogao bi imati važnu ulogu u prevenciji štete na poljoprivrednim usjevima, budući da prekomjerne populacije divljih životinja mogu uzrokovati znatne štete s negativnim ekonomskim posljedicama za lokalne zajednice.

Osim tehničkog rješenja, ovaj rad donosi doprinos znanstvenoj zajednici i praktičnoj primjeni kroz mogućnost izrade većeg broja automatskih

kamera koje se mogu simultano povezati s centralnim poslužiteljem, omogućavajući sveobuhvatan i kontinuiran nadzor širokih područja, odnosno lovišta. Uz spomenutu nadogradnju lovcima i istraživačima sustav predstavljen u ovom radu može postati snažan alat za učinkovitije praćenje populacija divljih životinja, kao i za rano otkrivanje invazivnih vrsta ili promjena u ekosustavu, čime bi se dodatno unaprijedile metode upravljanja lovištima i očuvanje bioraznolikosti.

Zahvale

Zahvaljujemo studentu Patriku Radoloviću, koji je izradio odgovarajuće kućište za kameru različite vremenske uvjete i terene, osiguravajući tako da sustav može funkcionirati pouzdano u svim vanjskim uvjetima.

Literatura

- 4G.co.uk. (bez dat.). How fast is 4G?. Preuzeto s <https://www.4g.co.uk/how-fast-is-4g/>. Pristupljeno 15. travnja 2024.
- Abbott, H. G., & Coombs, A. W. (1964). A photoelectric 35-mm camera device for recording animal behavior. *Journal of Mammalogy*, 45(2), 327–330.
- Apache Software Foundation. (n.d.). Dokumentacija Apache HTTP poslužitelja. Preuzeto s <https://httpd.apache.org/docs/>. Pristupljeno 17. lipnja 2024.
- Aravind, D., Anupriya, S., Aarthi, A. T., & Chandrasekaran, S. (2017, February). An automatic wildlife tracking system using GPS and wireless sensor networks. *U Proceedings of the National Conference on Electronics, Communication and Computing (NCECC-2017)*. Pune, India.
- Blažev, K. (2023). HT najavio gašenje 3G mreže i obećao nadogradnju 4G i 5G infrastrukture. Preuzeto s <https://mob.hr/ht-najavio-gasenje-3g-mreze-i-obecao-nadogradnju-4g-i-5g-infrastrukture>. Pristupljeno 26. lipnja 2024.
- Browning Trail Cameras. (2024). Mobilni planovi. *Browning Trail Cameras*. Preuzeto s <https://browningtrailcameras.com/pages/mobile-plans-browning-trail-cameras>. Pristupljeno 17. kolovoza 2024.
- Carthew, S. M., & Slater, E. (1991). Monitoring animal activity with automated photography. *Journal of Wildlife Management*, 55(4), 689–692.
- Casazza, M. L., Lorenz, A. A., Overton, C. T., Matchett, E. L., Mott, A. L., Mackell, D. A., & McDuire, F. (2023). AIMS for wildlife: Developing an automated interactive monitoring system to integrate real-time movement and environmental data for true adaptive management. *Journal of Environmental Management*, 345, 118636. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118636>
- Cochran, W. W., & Lord, R. D. (1963). A radio-tracking system for wild animals. *The Journal of Wildlife Management*, 27(1), 9–24. <https://doi.org/10.2307/3797775>
- Cuddeback. (2023). *Tracks Cell Plans*. Cuddeback. Preuzeto s <https://www.cuddeback.com/CellManagement/TracksCellPlans>, pristupljeno 17. kolovoza 2024.
- Delisle, Z. J., Flaherty, E. A., Nobbe, M. R., Wzientek, C. M., & Swihart, R. K. (2021). Next-generation camera trapping: Systematic review of historic trends suggests keys to expanded research applications in ecology and conservation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.617996>
- Dodge, W. E., & Snyder, D. P. (1960). An automatic camera device for recording wildlife activity. *Journal of Wildlife Management*, 24(3), 340–342.
- Dunstone, N., & Gorman, M. L. (Eds.). (1993). *Mammals as predators: The proceedings of a symposium held by the Zoological Society of London and the Mammal Society, London, 22nd and 23rd November 1991*. Published for the Zoological Society of London by Clarendon Press; Oxford University Press.
- Flask Documentation. (n.d.). Session management. Preuzeto s <https://flask.palletsprojects.com/en/3.0.x/quickstart/#sessions>. Pristupljeno 23. srpnja 2024.
- Grand View Research. (n.d.). *Trail Camera Market Size, Share And Growth Report, 2030*. Preuzeto s <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/trail-camera-market>. Pristupljeno 15. ožujka 2024.
- Ikegawa, T., & Takahashi, Y. (2005). Effect of retransmitted packet size preservation property for wireless networks with a reliable communication protocol.
- Invazivne strane vrste. (bez dat.). Preuzeto s <https://zastita-prirode-kckzz.hr/invazivne-vrste/>. Pristupljeno 16. kolovoza 2024.

- Jahns, G., Kowalczyk, W., & Walter, K. (1997). Sound analysis to recognize different animals. *IFAC Proceedings Volumes*, 30(26), 169-173. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)41265-1](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)41265-1)
- Juodakis, J. (2022). *Improving automatic processing of wildlife sound recordings* (Doktorska disertacija, Victoria University of Wellington). Victoria University of Wellington, School of Mathematics and Statistics.
- Kelić, L. (2018). *Zlatni čagalj (Canis aureus L.) u sastavu šumske zoocenoze (Završni rad)*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:040096>
- Kucera, T. E., & Barrett, R. H. (2011). A history of camera trapping. In: A. F. O'Connell, J. D. Nichols, & U. K. Karanth (Eds.), *Camera traps in animal ecology: Methods and analyses*. Tokyo: Springer Inc.
- LeMunyan, C. D., White, W., Nyberg, E., & Christian, J. J. (1959). Design of a miniature radio transmitter for use in animal studies. *The Journal of Wildlife Management*, 23(1), 107-110. <https://doi.org/10.2307/3797755>
- libcamera. (2024). Documentation. libcamera. Preuzeto s <https://libcamera.org/docs.html>, pristupljeno 17. kolovoza 2024.
- Lincoln, F. C. (1921). The history and purposes of bird banding. *The Auk*, 38(2), 217-228. <https://doi.org/10.2307/4073884>
- Locke, S. L., Cline, M. D., Wetzel, D. L., Pittman, M. T., Brewer, C. E., & Harveson, L. A. (2005). From the field: A web-based digital camera for monitoring wildlife. *Wildlife Society Bulletin*, 33(2), 761-765.
- Lord, R. D., Bellrose, F. C., & Cochran, W. W. (1962). Radiotelemetry of the respiration of a flying duck. *Science*, 137(3523), 39-40. <https://doi.org/10.1126/science.137.3523.39>
- Mace, R. D., Minta, S. C., Manley, T., & Aune, K. E. (1994). Estimating grizzly bear population size using camera sightings. *Wildlife Society Bulletin*, 22(1), 74-83.
- Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. (2022). *Plan upravljanja malim indijskim mungosom (Herpestes javanicus auropunctatus (Hodgson, 1836))*. Preuzeto https://mingo.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA%20ZA%20A%C5%A0TITU%20PRIRODE/IAS/Plan%20upravljanja%20malim%20indijskim%20mungosom_bro%C5%A1ura.pdf. Pristupljeno 21. svibnja 2024.
- nPerf. (2024). Coverage map. <https://www.nperf.com/en/map>. Pristupljeno 26. lipnja 2024.
- National Institute of Standards and Technology. (2001). *Announcing the Advanced Encryption Standard (AES) (FIPS PUB 197)*. <https://doi.org/10.6028/NIST.FIPS.197>
- Pearson, O. P. (1959). A traffic survey of *Microtus Reithodontomys* runways. *Journal of Mammalogy*, 40(2), 169-180.
- Raspberry Pi Foundation. (n.d.). Camera software. Preuzeto s https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/camera_software.html. Pristupljeno 24. travnja 2024.
- Raspberry Pi Foundation. (n.d.). Raspberry Pi 4 Model B specifications. Preuzeto s <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>. Pristupljeno 15. ožujka 2024.
- Reyserhove, L., Norton, B., & Desmet, P. (2023). *Best practices for managing and publishing camera trap data (Version 1.0)*. Global Biodiversity Information Facility
- Savidge, J. A., & Seibert, T. F. (1988). An infrared trigger and camera to identify predators at artificial nests. *Journal of Wildlife Management*, 52(2), 291-294.
- SIMCom. (n.d.). SIM800 Series Specifikacije [PDF datoteka]. Preuzeto s https://simcom.ee/documents/SIM800/SIM800%20SPEC_20170914.pdf. Pristupljeno 15. travnja 2024.
- SIMCom. (n.d.). SIM900 Series Specifikacije [PDF datoteka]. Preuzeto s https://simcom.ee/documents/SIM800/SIM800%20SPEC_20170914.pdf. Pristupljeno 15. travnja 2024.
- SIMCom. (2020). A7670 Series Specifikacije [PDF datoteka]. Preuzeto s https://microchip.ua/simcom/LTE/Specification/A7670%20Series_SPEC_20200527.pdf. Pristupljeno 15. travnja 2024.
- SPYPOINT. (2024). Plans. SPYPOINT. Preuzeto s <https://www.spypoint.com/en/spypoint-experience/plans>, pristupljeno 17. kolovoza 2024.
- Šprem, N., Treer, T., Florijančić, T., & Safner, R. (2008). Damage on agricultural crops caused by wild boar (*Sus scrofa*) / Štete od divlje svinje (*Sus scrofa*) na poljoprivrednim kulturama. U M. Pospišil (Ur.), 43. hrvatski i 3. međunarodni simpozij agronoma: Agroekologija ekološka poljoprivreda: zbornik sažetaka = 43rd Croatian & 3rd International Symposium on Agriculture: Agroecology and ecological agriculture: book of abstracts (str. 205-206). Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Taberlet, P., Camarra, J. J., Griffin, S., Uhrès, E., Hanotte, O., Waits, L. P., Dubois-Paganon, C., Burke, T., & Bouvet, J. (1997). Noninvasive genetic tracking of the endangered Pyrenean brown bear population. *Molecular Ecology*, 6(9), 869-876. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1997.00251.x>

TrailCamPro. (2024). Trail Camera Data Plans. Preuzeto s <https://www.trailcampro.com/pages/trail-camera-data-plans>. Pristupljeno 24. travnja 2024.

Trolliet, F., Huynen, M. C., Vermeulen, C., & Hambuckers, A. (2014). Use of camera traps for wildlife studies: A review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 18(3), 446-454.

Wildgame Innovations. (2022). HuntSmart. Wildgame Innovations. Preuzeto s <https://www.wildgameinnovations.com/huntsmart/>, pristupljeno 17. kolovoza 2024.

Yasuda, M., & Kawakame, K. (2002). New method of monitoring remote wildlife via the Internet. *Ecological Research*, 17(1), 119-124.

Monitoring system for hunters with remote data transmission

Summary

The development of a monitoring system for hunters that uses Raspberry Pi, a camera module, and the integration of a Global System for Mobile Communication (GSM) SIM800C module is aimed at creating a reliable and efficient system for remote monitoring of hunting grounds. The system relies on a camera module connected to the Raspberry Pi device to record videos and photos, which are activated by motion detection using a passive infrared (PIR) sensor. When a photo is taken, the system automatically transfers this data to the server using the SIM800C module, allowing users to access their photos at any time. Measurements of the time of uploading photos to the server were carried out at several locations in southern and central Istria and the island of Krk. The measured photo upload time is between 4 and 5 min. for locations where the entire process was successfully completed. In several locations, it was not possible to upload photos to the server even after several consecutive attempts, which we attribute to weak signal strength and network load. The use of this technology not only increases the efficiency of hunting activities but also contributes to the sustainable management of hunting grounds through precise monitoring and data analysis.

Keywords: monitoring of hunting grounds, Raspberry Pi, image and video transmission, video surveillance, Internet of Things (IoT)