

Praćenje šeme ponašanja modrovrane

Robert Kovač, Branislav Tejić, Ivana Šenk, Gordana
Ostojić

Katedra za mehatroniku, robotiku i automatizaciju /
Departman za industrijsko inženjerstvo i menadžment
Fakultet tehničkih nauka
Novi Sad, Srbija
rkovac@uns.ac.rs, tejic@uns.ac.rs, ivanas@uns.ac.rs,
goca@uns.ac.rs

David Grabovac

Departman za veterinarsku medicinu
Poljoprivredni fakultet
Novi Sad, Srbija
davcogr@gmail.com

Sadržaj — Praćenje ponašanja životinja, posebno ugroženih vrsta, je od značaja za njihovu zaštitu. Modrovrana (*lat. Coracias garrulus*) je ugrožena vrsta (NT IUCN status), trenutno se na teritoriji Vojvodine nalazi oko 130 parova. Cilj ornitološkog istraživanja je praćenje šeme ponašanja modrovrane tokom jednog gnezdećeg perioda u veštačkoj duplji. U ovom radu je opisan uređaj za praćenje šeme ponašanja modrovrane u veštačkim dupljama, koji sakuplja podatke uz pomoć optičkog senzora, postavljenog na ulaz u duplju, i beleži vreme i temperaturu pri ulasku-izlasku ptice na memorijsku karticu. Uređaj je projektovan da bude autonoman u trajanju od dva meseca, kako se ne bi ometalo gnežđenje zaštićene ptice. Opisan projekat je realizovan u saradnji sa udruženjem ljubitelja prirode "Riparia" iz Subotice.

Ključne reči – praćenje životinja; uređaj za beleženje podataka; optički senzor;

I. UVOD

Praćenje životinja je od suštinskog značaja u zaštiti prirode. Njihovom praćenjem je moguće dobiti podatke o broju i polu jedinki, broju mladunaca, načinu ishrane, lokaciju staništa i druge podatke pomoću kojih biolozi saznaju neophodne osobine i karakteristike posmatranih životinja. Od posebnog je značaja praćenje ugrožene vrste životinja u koje spada i ptica modrovrana, koja je prikazana na Sl. 1.

Modrovrana [1] je vranolika ptica, plavozelene boje. Veličina odrasle jedinke je od 29 do 32 cm, a raspon krila joj se kreće od 52 do 58 cm i ima masu od oko 30 g.



Slika 1. Modrovrana (*Coracias garrulus*)

Modrovrana je ptica selica i gnezdi se u jugoistočnoj i srednjoj Evropi tokom juna, a od kraja avgusta pa do sredine maja boravi u predelima južne Afrike.

Ova ptica se gnezdi uz krajeve vrlo prozračnih šuma koje se graniče sa površinama koje su bogate insektima, kao što su livade, pašnjaci ili korišćene oranice. Ponekad koriste i velike parkove kao privremeno stanište. Kao dupljašice, obično traže već postojeće duplje (koje prave ptice iz porodice detlića) ili koriste postojeće duplje u lesnim zidinama.

Parjenje započinje u proleće ili početkom leta, kada ženka u duplju snese do šest jaja i pretežno ih ona greje. Nakon 18 dana mladunci izlaze iz jaja. Hrane ih oba roditelja, a nakon 30 dana mladunci su sposobni za samostalan let.

Ove ptice spadaju u strogo zaštićenu vrstu Evrope. Nestanak prirodnog mesta gnežđenja, pretežno zbog sanitarnih seča i poljoprivredne aktivnosti, dovelo je do toga da su pre deset godina skoro nestale sa teritorije Vojvodine. Tada je počela njihova aktivna zaštita sa beleženjem, brojanjem i postavljanjem veštačkih duplji. Na Sl. 2 je prikazana veštačka duplja, u okolini Horgoša, koja se koristila tokom prvog probnog perioda uređaja za beleženje aktivnosti ptice.



Slika 2. Izgled veštačke duplje modrovrane

Za praćenje ptica postoje različiti sistemi u zavisnosti od broja, veličine i načina ponašanja ptica koje se prate, i u zavisnosti od zahteva posmatrača. U najzastupljenije sisteme za praćenje ptica spadaju [2]:

- prstenovanje nogu ptice,
- praćenje pomoću markera postavljenih na krila ili vrat ptice, koje se mogu očitavati dvogledom sa veće daljine,
- praćenje pomoću pasivnih ili aktivnih RFID (*eng.* Radio Frequency Identification) prstena,
- praćenje pomoću GPS (*eng.* Global Positioning System) tehnologije, u vidu predajnika postavljanog na leđa ptice.

Svi ovi načini praćenja zahtevaju da se ptica uhvati i da se obeleži, što predstavlja stres za ptice, posebno kod osetljivih i zaštićenih vrsta.

Cilj predloženog projekta je razvoj uređaja za beleženje podataka o aktivnostima modrovrane, pomoću kog bi se istraživalo njihovo ponašanje, a koji ne zahteva hvatanje i markiranje ptice. Ovo praćenje je ostvareno pomoću optičkog senzora i uređaja za beleženje podataka, koji beleži ulazanje - izlazanje ptice iz duplje, u toku perioda korišćenja duplje. Dobijeni podaci pružaju mogućnost za otkrivanje broja i raspodele dnevne i noćne aktivnosti, ali takođe pružaju i uvid u razlike ponašanja ptica u različitim fazama gnežđenja, a to su: zauzimanje gnezda, nošenje jaja, ležanje na jajima, izleganje mladunaca, period intenzivnog hranjenja, izletanje mladih i napuštanje duplje. Pored vremena ulaska-izlaska ptica, uređaj beleži i podatke o trenutnoj temperaturi okoline gnezda, što pruža dodatne mogućnosti za utvrđivanje šeme ponašanja modrovrane u zavisnosti od vremenskih prilika.

Uređaj za beleženje podataka o aktivnostima modrovrane je razvijen u skladu sa zahtevima ornitologa udruženja ljubitelja prirode "Riparia", koji su bili autori i izvođači opisanog ornitološkog istraživanja [3].

U daljem radu daje se uvod u tehnologije za praćenje ptica, zatim se razmatra razvijeno i realizovano rešenje predloženog projekta sa stanovišta hardvera i softvera uređaja, i na kraju rada se daju predlozi poboljšanja tehnike za praćenje ptica i mogućnosti budućeg istraživanja.

II. PREGLED POSTOJEĆIH REŠENJA ZA PRAĆENJE PTICA

Pod sistemom za praćenje kretanja životinja podrazumeva se svaki sistem pomoću kog se sakupljaju podaci o migraciji životinja, o broju i polu jedinki, o njihovim navikama ili drugim traženim karakteristikama. Zavisno od tehnologije koja se koristi, može se dobiti više ili manje podataka o ponašanju životinja. U nastavku su navedene karakteristike najrasprostranjenijih načina za praćenje ptica.

Najčešći način za praćenje ptica je obeležavanjem pomoću metalnih prstenova (Sl. 3) [2]. Prsten se postavlja na nogu ptice, i na njega je utisnut jedinstveni broj. Da bi se izvršilo obeležavanje, neophodno je uhvatiti pticu, što je težak i rizičan zadatak. Takođe, za očitavanje prstena je potrebno ponovo uhvatiti pticu i izvršiti očitavanje.



Slika 3. Klasično obeležavanje ptica pomoću prstena

Ovom metodom ne mogu da se prate svakodnevne aktivnosti ptice, samo se hvatanjem dobijaju podaci o eventualnoj migraciji i telesnim promenama. Prednost ovog rešenja je to što obeležena ptica može da se prati u celom životnom periodu. Ovo rešenje predstavlja najjeftiniji način obeležavanja ptica, ali je za postavljanje prstena i kasnije očitavanje potrebno uložiti puno vremena i ljudskog rada.

Sledeci, napredniji način praćenja ptica je pomoću obeležavanja sa markerima krila ili vrata. Na ove markere se štampaju brojevi kodovi ili kodovi boja, po međunarodnim standardima za obeležavanje ptica. Za ovu metodu je takođe potrebno hvatanje ptice, ali je kasnije očitavanje moguće i pomoću dvogleda [2].

Drugi vid praćenja ptica je obeležavanjem RFID tagovima [4]. Ovi tagovi su obično u obliku prstena koji se postavlja oko noge ptice (Sl. 4). Ovim načinom je moguće beležiti puno korisnih informacija o pticama. Kod ove metode se takođe javlja problem hvatanja ptice zbog obeležavanja, ali se u ovom slučaju očitavanje tagova vrši beskontaktno, bez ponovnog hvatanja ptice. Očitavanje se vrši tako što se postavljaju RFID čitači na određena mesta i prilikom prolaska ptice neposredno pored čitača dolazi do očitavanja taga.

Za ovu metodu mogu da se koriste aktivni ili pasivni tagovi - prstenovi. Aktivni prstenovi sadrže izvor električne energije, bateriju, što obezbeđuje mogućnost očitavanja sa velike daljine, koja može da bude i nekoliko desetina metara. Mana aktivnih prstenova je ograničen životni vek. Vek trajanja baterije u ovim tagovima kreće se od jedne godine do pet godina. Za razliku od aktivnih, pasivni tagovi imaju praktično neograničen vek upotrebe. Njihova mana jeste to što je za očitavanje potrebna neposredna blizina čitača. Na primer, čitač treba da se nalazi na grani na koju sleće ptica.



Slika 4. Izgled RFID tagova u vidu prstena

Najnaprednija i najskuplja metoda za praćenje ptica je pomoću GPS uređaja [5]. I ova metoda zahteva hvatanje ptice da bi se postavio primopredajnik na nju. Praćenje pomoću GPS uređaja omogućava precizno praćenje putanje kretanja ptice, što predstavlja izuzetnu prednost u odnosu na prethodne tehnike. Očitavanje podataka se najčešće vrši beskontaktno, a preciznost beleženja lokacije, u zavisnosti od tipa uređaja koji se koristi, kreće se u rasponu od ± 1 do ± 20 metara. Nedostatak i ovog rešenja jeste životni vek baterije napajanja GPS uređaja. Za produžavanje vremenskog dometa uređaja koriste se solarne ćelije, koje se stavljaju na leđa ptice. Drugo ograničenje upotrebe ove metode jeste veličina i težina uređaja, zbog čega ne može da se primeni kod ptica male telesne mase.

Sve gore navedene tehnike zahtevaju hvatanje ptica za obeležavanje. Za praćenje aktivnosti ptica bez fizičkog obeležavanja, postoji mogućnost praćenja pomoću kamere ili drugih senzora prisustva. Praćenje pomoću kamere zahteva obradu slike u realnom vremenu pomoću računara i beleženje određene aktivnosti. Od korišćenja kamere je jednostavnija metoda za praćenje aktivnosti ptica pomoću namenskih senzora prisustva, postavljenih na određenim mestima, gde se očekuje pojavljivanje ptice. Ove metode pružaju mogućnost za lokalno praćenje ponašanja ptica, što odgovara zahtevima opisanog projekta.

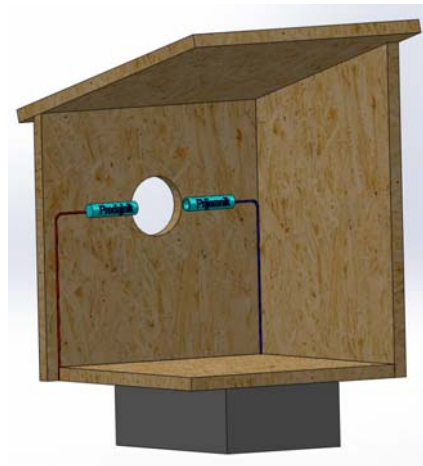
III. PRAKTIČNA REALIZACIJA SISTEMA

Za zahteve predloženog ornitološkog istraživanja potrebno je sakupljanje podataka o učestanosti i vremenima ulazno-izlaska modrovrane iz duplje, u toku perioda aktivnog korišćenja duplje. Kako se ne bi ometale ptice u ovom periodu, kao i zbog pogodnosti primene za praćenje ponašanja modrovrane korišćen je optički senzor, postavljen na ulaz u duplju. Zbog nedostatka prirodnih duplji, ornitolozi su postavili više od 350 veštačkih duplji na teritoriji Vojvodine. Takva veštačka duplja je korišćena za ugradnju eksperimentalnog sistema za praćenje ponašanja modrovrane. Budući da optički senzor ne zahteva fizički kontakt za detekciju ulaska, i emituje svetlost samo u nevidljivom, infracrvenom domenu, ovo rešenje ne ometa prirodan način ponašanja ptice. Uređaj je projektovan tako da radi bez potrebe za ljudskom intervencijom, što znači da od trenutka postavljanja u duplju, do iseljenja ptica, u periodu od skoro dva meseca, treba da radi potpuno autonomno. Zbog ovog je potrebno da potrošnja uređaja bude mala i da se napaja sa akumulatora zadovoljavajućeg kapaciteta.

U daljem tekstu se daje opis optičkog senzora, uređaja za beleženje podataka i algoritma rada sistema.

A. Implementacija optičkog senzora

Pomoću optičkog senzora se detektuju ulasci i izlasci iz duplje, na osnovu presecanja zraka svetlosti između primopredajničkog para. Optički senzor se postavlja na otvor duplje, čiji je prečnik 80 mm. Način postavljanja senzora i uređaja za beleženje podataka je prikazan na Sl. 5. Optički predajnik i prijemnik su postavljeni jedan naspram drugog, na ulazu, sa unutrašnje strane duplje. Uređaj za beleženje podataka, na koji je povezan optički senzor, smešten je ispod duplje u posebnu kutiju, čime je zaštićen od vremenskih uslova.



Slika 5. Način postavljanja optičkog senzora i uređaja za beleženje podataka na veštačku duplju

Optički senzor funkcioniše na osnovu primopredajničkog para infracrvene svetleće diode i fototranzistora [6]. Primopredajnički par čini normalno zatvoren prekidač, koji se otvara u slučaju presecanja zraka. Dioda neprekidno emituje svetlost, što osvetljava bazu fototranzistora, koji je u stanju saturacije, sve dok se ne desi prekid svetlosnog snopa. Do ovog prekida dolazi kada se stvori prepreka između diode i tranzistora, što će se u ovom slučaju desiti pri ulasku – izlasku ptice. Stanje fototranzistora se detektuje pomoću mikrokontrolera, odnosno uređaja za beleženje podataka.

Budući da foto dioda ovog senzora stalno treba da zrači, ona predstavlja najveći potrošač celog sistema. Da bi se smanjila potrošnja uređaja potrebno je podesiti struju diode da bude najmanja zadovoljavajuća, koja i dalje omogućava normalan rad senzora.

B. Opis uređaja za beleženje podataka

Za beleženje podataka je projektovana mikrokontrolerska jedinica sa ugrađenom satnicom, koja snima tražene podatke na MicroSD memorijsku karticu (Sl. 6). Razvijeni uređaj daje mogućnosti da se prati broj i tačno vreme ulazaka - izlaska ptice iz duplje, temperatura okoline u trenutku ulaska - izlaska, pri čemu se beleži i napon baterije napajanja radi provere. Ovi podaci se čuvaju na memorijskoj kartici u tabelarnom formatu, koji je pogodan za dalju obradu pomoću računara.

Uređaj za beleženje podataka se sastoji od sledećih funkcijskih delova (Sl. 7):

- regulator napona od 3.3 V i 5 V,
- sat realnog vremena DS1307,
- mikrokontroler Atmega32,
- microSD memorijska kartica,
- temperaturni senzor LM35,
- priključak za RS232 serijsku komunikaciju
- ulazni modul za priključivanje senzora.



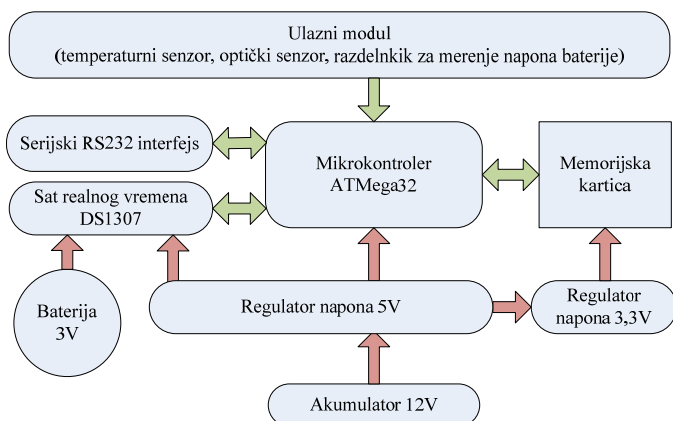
Slika 6. Izgled uređaja za beleženje podataka

Osnovu ovog uređaja čini mikrokontroler ATmega32, proizvođača Atmel [7], koji obavlja prikupljanje stanja sa senzora, očitavanje sata realnog vremena, snimanje podataka na memorijsku karticu i omogućava serijsku komunikaciju sa računarom radi podešavanja datuma i vremena. Snimljeni podaci na memorijskoj kartici takođe se mogu očitavati serijskim putem, pomoću računara, ali i pomoću čitača kartica.

Očitavanje stanja optičkog senzora se vrši na pinu mikrokontrolera za spoljašnji prekid (EXT INT), na kojoj se detektuje promena nivoa napona fototranzistora.

Za merenje realnog vremena korišćena je integrisana komponenta DS1307, koja meri vreme pomoću eksternog kristalnog oscilatora 32.768 KHz-a [8]. Za slučaj nestanka napajanja ovog modula, postoji dodatna litijumska baterija, koja obezbeđuje dalji rad sata. Podešavanje i očitavanje vremena se odvija I²C serijskom komunikacijom.

Beleženje podataka se vrši na memorijsku karticu tipa MicroSD, proizvoljnog kapaciteta [9]. Za rad ove kartice potreban je napon od 3,3 V, za koji postoji poseban regulator na projektovanoj ploči. Komunikacija između kontrolera i kartice se odvija putem SPI komunikacije, pri čemu su naponski nivoi prilagođeni naponskim razdelnicima. Podaci na kartici se čuvaju u CSV formatu (*eng.* Comma Separated Value).

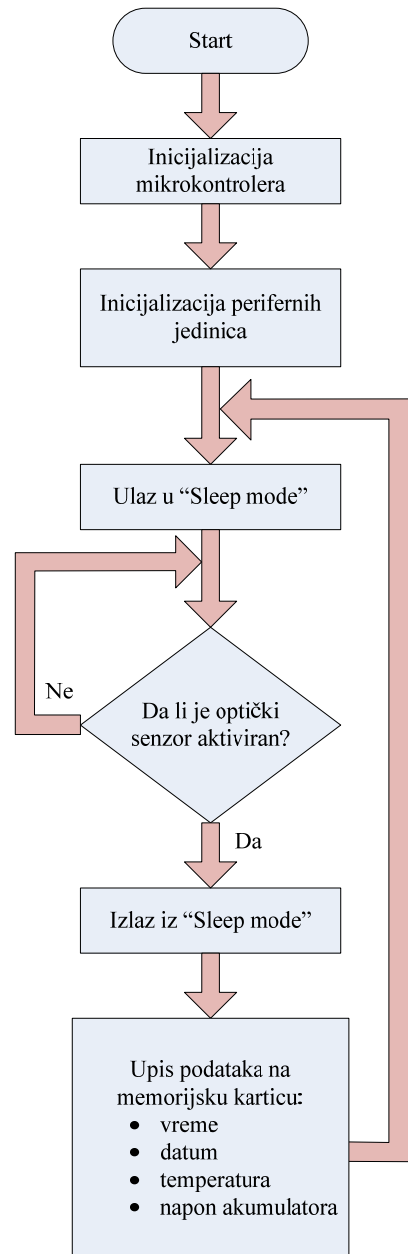


Slika 7. Blok šema uređaja za beleženje podataka

Za merenje trenutne temperature okoline služi analogni integrisani senzor LM35, koji daje napon srazmeran spoljašnjoj temperaturi, po 0,1 V po celsiusu. Očitavanje ovog senzora se vrši na analognom ulazu kontrolera, pomoću ugrađenog AD konvertora.

C. Algoritam rada uređaja

Glavni programski kod za rad uređaja za beleženje podataka je razvijen u razvojnom okruženju Atmel Studio 6, na programskom jeziku C, i kompajliran je pomoću GCC kompajlera. Algoritam prikazan na Sl. 7 je implementiran u glavni mikrokontroler sistema. Programski kod se sastoji od funkcija za rad sa pojedinim periferijama, i zasniva se na glavnom algoritmu rada uređaja.



Slika 8. Algoritam rada mikrokontrolera uređaja za beleženje podataka

Rad uređaja počinje sa inicijalizacijom kontrolera i svih perifera. Zatim, ako nema nikakvih dešavanja na optičkom senzoru za detektovanje ptice, kontroler ulazi u mod za spavanje (*eng.* Sleep mode). U ovom modu rada kontroler prestaje sa izvršavanjem programa, i jedino vrši proveru pina za spoljašnji prekid. Na ovaj način rad kontrolera zahteva minimalnu energiju. Iz ovog moda se izlazi samo ako se desi promena nivoa napona na pinu za spoljašnji prekid, na koji je spojen optički senzor i što govori da je ptica prekinula svetlosni snop senzora. U ovom trenutku kontroler očitava trenutni datum i vreme, trenutnu temperaturu i napon baterije, i sve ove podatke upisuje na spoljašnju memorijsku karticu. Posle završetka ove procedure, kontroler se vraća u mod za spavanje do sledećeg prekida.

Pomoću opisanog algoritma, potrošnja uređaja je smanjena na minimum, što iznosi u proseku ~10mA.

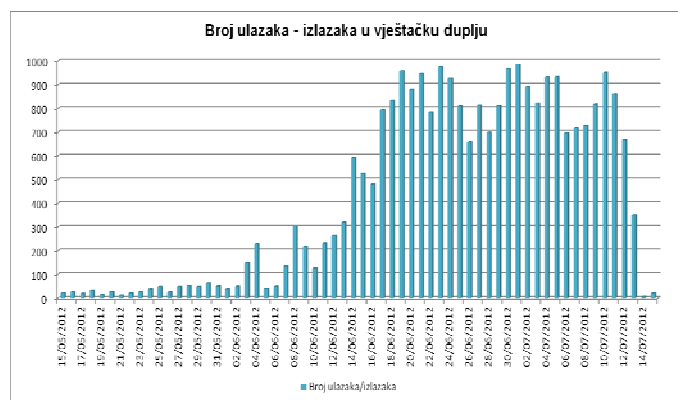
IV. PREZENTACIJA PRIKUPLJENIH PODATAKA

Pomoću opisanog uređaja i senzora dobijeni su podaci o broju ulazaka - izlazaka para modrovranica i mladunaca u jednoj duplji. Svaka aktivnost se beležila u jedan red tabele, CSV formata, gde je upisan datum, vreme, temperatura okoline i napon baterije. U tabeli 1. je prikazan format beleženih podataka o aktivnostima modrovranice.

TABELA 1. FORMAT BELEŽENIH PODATAKA

No.	Datum	Vreme	Temperatura	Napon
1.	15/05/2012	4:55:25	8.2 C	12.23 V
2.	15/05/2012	5:25:23	8.7 C	12.23 V
3.	15/05/2012	5:32:15	8.8 C	12.23 V

U daljoj analizi ovi podaci su filtrirani i grafički interpretirani, kao što je prikazano na Sl. 8. Na ovom grafikonu svaki stub predstavlja broj aktivnosti za određeni dan. Pomoću ovih podataka mogu se utvrditi razne karakteristike šeme ponašanja modrovranice u toku jednog gnezdećeg perioda, što je bio cilj ornitološkog istraživanja. Na primer, jasno se može razlikovati faza ležanja na jajama od perioda intenzivnog hranjenja mladunaca, kad su se aktivnosti udesetorostručile.



Slika 9. Grafikon raspodele aktivnosti modrovranice u toku perioda gnezđenja

Od posebne su važnosti podaci dobijeni o noćnim aktivnostima ptica, o kojima za sad ornitolozi nisu imali podataka. Pomoću razvijenog uređaja utvrdilo se da su ove ptice i noću aktivne, naspram dosadašnjih saznanja.

V. ZAKLJUČAK

Uređaj za beleženje aktivnosti modrovranice je bio postavljen u periodu gnezđenja, od 15.05.2012 do 15.07.2012. Uređaj je bio postavljen u duplju pre nego što su je modrovranice zauzele i bio u funkciji je sve do izletanja mladunaca. U posmatranom gnezdu su se izlegla 4 mladunaca, od kojih je 3 uspešno odraslo i napustilo duplju, jedan mladunac je uginuo. Rad uređaja je bio neometan sa strane ptica i drugih spoljašnjih uticaja, i svi podaci su sačuvani na memorijskoj kartici.

Razvijeno rešenje za detektovanje aktivnosti ptica ima svoja ograničenja, budući da se pomoću nje ne mogu utvrditi detalji, da li je ptica ulazila ili izlazila iz duplje i koja ptica je bila u pitanju. Ovi podaci bi mogli da se utvrde pomoću unapređivanja uređaja sa RFID čitačem i prstenovanjem ptica sa RFID tagovima. Na ovaj način bi se dobili odvojeni podaci za svaku jedinku.

Dalja mogućnost razvoja bi bila ugradnja GSM uređaja, pomoću koje bi se mogao dobiti izveštaj o dešavanjima, bez prilaženja gnezdu, korišćenjem mobilne mreže. Razvoj mobilne aplikacije bi omogućio posmatraču da ima uvid u prikupljene podatke u svakom trenutku.

U budućem radu je planiran dalji razvoj uređaja za beleženje podataka i prilagođavanje i za druga ornitološka istraživanja. U narednom periodu gnezđenja modrovranice, planirano je postavljanje uređaja u više duplji, kako bi se mogle utvrditi razlike u ponašanju različitih parova, na različitim mestima.

ZAHVALNICA

Posebno se zahvaljujemo udruženju ljubitelja prirode "Riparia" iz Subotice za uspešnu saradnju.

Rezultati prikazani u ovom radu su deo rezultata istraživanja na projektu TR - 35001 "Automatizovani sistemi identifikaciju i praćenje objekata u industrijskim i neindustrijskim sistemima", koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Резултати приказани у овом раду су део резултата истраживања на ТР – 35001 “Аутоматизовани системи за идентификацију и праћење објеката у индустријским и неиндустријским системима” који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

LITERATURA

- [1] D. Simić, S. Puzović: Ptice Srbije i područja od međunarodnog značaja, Beograd: Loa Srbije, 2008.
- [2] Colin J. Bibby, Neil D. Burgess, David A. Hill, Simon H. Mustoe, Bird Census Techniques. Elsevier Ltd., 2010.
- [3] Zvanična internet prezentacija udruženja ljubitelja prirode "Riparia", <http://www.riparia.org.rs>

- [4] Ivana Šenk, Kontrola pristupa i RFID tehnologija, INFOTEH-JAHORINA Vol. 8, Ref. E-III-14, p. 580-584, March 2009.
- [5] Ian Newton, The Migration Ecology of Birds. Elsevier Ltd., Academic Press, 2008.
- [6] Dr Inž. Vojin Cvekić, Elektronika II. Naučna knjiga, Beograd 1984.
- [7] Tehnička dokumentacija mikrokontrolera ATMEL - Atmega32, <http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>.
- [8] Tehnička dokumentacija sata realnog vremena Maxim - DS1307, <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>
- [9] Dogan Ibrahim, SD Card Projects Using the PIC Microcontroller. Elsevier Ltd., Newnes, 2010.

ABSTRACT

Monitoring the behavior of animals, especially endangered species, is of great importance for the protection of animals. European Roller (*lat. Coracias garrulus*) is a highly endangered species (IUCN NT status) and on the territory of

Vojvodina currently there are around 110 pairs. The aim of the research is the ornithological monitoring scheme of the behavior of European Roller during a nesting period in an artificial cavity. This paper describes a scheme for monitoring the behavior of the European roller in artificial cavities, which collects data using optical sensors mounted on the entrance to the cavity, and records the time and temperature at entry-exit of the birds to the memory card. The device is designed to be autonomous for two months, so as not to disturb the nesting of the protected birds. The described project is implemented in cooperation with the association of nature lovers "Riparia" from Subotica.

Monitoring the scheme of behavior of European Roller

Robert Kovač, Branislav Tejić, Ivana Šenk, Gordana Ostojić,
David Grabovac