



RAZVOJ VEB APLIKACIJE ZA NADZOR I UPRAVLJANJE SISTEMOM PAMETNOG OSVETLJENJA I UTIČNICA

DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR MONITORING AND CONTROL OF SMART LIGHTING AND SOCKETS

Anja Krneta, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je razvoj veb aplikacije za nadzor i upravljanje sistemom pametnog osvjetljenja i pametnih utičnica jednog kućnog okruženja. Aplikacija je razvijena u cilju praćenja, kontrole i smanjenja energetske potrošnje. Komunikacija između pojedinačnih pametnih uređaja i servera implementirana je putem MQTT protokola, dok je veb aplikacija razvijena u Ignition softverskoj platformi za razvoj SCADA sistema.

Ključne reči: MQTT, Ignition, kućna automatizacija

Abstract – This paper presents the development of a web application for supervision and control of a smart lighting system and smart sockets in a home environment. The application is developed in order to monitor, control and reduce energy consumption. Communication between individual smart devices and the server is implemented through the MQTT protocol and the web application is developed using Ignition integrated software platform for SCADA systems.

Keywords: MQTT, Ignition, Home automation

1. UVOD

U današnje vrijeme sve češće se suočavamo sa temama zaštite životne sredine, čuvanja resursa koje nam planeta daje, kao i posljedicama koje kao ljudska bića svojim aktivnostima svakodnevno doprinosimo.

Svoje mjesto u nizu mnogih mjera i akcija koje se preduzimaju, pronašla je i kućna automatizacija. Kao očekivana posljedica razvoja tehnologije, a sa druge strane napredan sistem održivosti energetske efikasnosti, nastala je kućna automatizacija. Takav sistem čini skup pametnih uređaja koji omogućavaju niz različitih funkcija u kući ili zgradi, kao što su upravljanje svijetlima i utičnicama, praćenje potrošnje energije, mjerenje i kontrola temperature. Ovi uređaji obično sadrže pametne senzore ili aktuatore, mikroprocesorske podsisteme, kao i komunikacione podsisteme, preko kojih odgovarajućim protokolima uspostavljaju vezu sa serverom i mogu se upravljati sa udaljenog mjesta.

Cilj ovog rada je kreiranje aplikacije za računar i telefon za nadzor i upravljanje simuliranim sistemom pametne kuće koji je baziran na upravljanju sistemom pametnog osvjetljenja i utičnica. Praćenjem i kontrolom sistema potrebno je analizirati moguća rješenja za smanjenje potrošnje energije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Ivana Šenk.

2. KUĆNA AUTOMATIZACIJA

Kućnu automatizaciju možemo definisati kao sistem za upravljanje, nadzor i optimizaciju električnih uređaja u domaćinstvima sa fokusom na posebne zahtjeve. Glavni ciljevi kućne automatizacije su prvenstveno da se korisnicima obezbijedi udobnost, fleksibilnost, poboljša sigurnost, bezbjednost, kao i da se smanje troškovi.

Tipični zadaci u sistemu kućne automatizacije su upravljanje svjetlom, utičnicama, roletnama, grejanjem, kao i nadzor temperaturnih senzora, detektora dima ili kontakata prozora. Ključna riječ „inteligentni“ u sistemu kućne automatizacije ukazuje na to da u pozadini sistema postoji inteligentno upravljanje kojim se mogu izvršavati zadate radnje, npr. upaliti svjetlo kada neko uđe u sobu, provjeriti da li su zaključana vrata kada vlasnik izađe iz kuće i sl. [1].

2.1. Energetska efikasnost u kućnoj automatizaciji

Očuvanje energije je praksa smanjenja upotrebe energije, ali i praćenje iste različitim metodama. Energetska efikasnost je jedna od osnovnih karakteristika po kojoj se prepoznaju pametne kuće. Međunarodna agencija za energetiku predviđa da će energetska potrošnja u zgradama porasti za 50% do 2050. godine ako se ne preduzmu određene mjere za poboljšanje energetske efikasnosti [2].

Jedan od ključnih koraka da bi se ispravno pristupilo procesu uštede energije jeste svijest o tome koliko energije određeni uređaji troše. Imajući to u vidu možemo lako manipulirati načinom rada samih uređaja, a tako i poboljšati njihovu efikasnost.

Prema istraživanjima najveći procenat potrošnje energije u jednom domaćinstvu dolazi od urađaja za zagrijavanje ili hlađenje prostorija. Međutim, značajnu ulogu zauzima i osvjetljenje sa oko 10 procenata potrošnje energije u tipičnom domaćinstvu i upotreba kućnih aparata koji čine oko 13 procenata, i upravo upravljanje osvjetljenjem i kućnim aparatima je odabrano kao ciljna oblast ovog rada [2].

3. MQTT PROTOKOL

Da bi se uspostavila komunikacija između pojedinačnih pametnih uređaja i servera potreban je odgovarajući komunikacioni protokol. Komunikacioni protokol predstavlja sistem pravila koja omogućavaju da dva ili više entiteta komunikacionog sistema razmjenjuju informacije. Protokol definiše pravila, sintaksu, semantiku i sinhronizaciju komunikacije i mogućnost oporavka od grešaka.

Za izradu veb aplikacije u okviru ovog rada korišten je MQTT (engl. *Message Queue Telemetry Transport*) protokol. MQTT protokol predstavlja *machine-to-machine* (M2M) protokol aplikativnog nivoa, koji radi na osnovu TCP/IP komunikacionog steka. Koncipiran je kao izrazito jednostavan protokol baziran na komunikacionom obrascu pretplate i objave (engl. *publish/subscribe*) [3].

Kako bi se izvršilo usmjeravanje poruka ka korisnicima kojima su namijenjene, definišu se odgovarajuće teme. Uređaj koji šalje, objavljuje poruku na određenu temu, dok se uređaj koji prima poruke pretplaćuje na određenu temu. Broker, kao centralna tačka svakog MQTT sistema, raspoređuje poruke između uređaja u skladu sa temama na koje su pretplaćeni i na kojima objavljuju poruke [4].

MQTT je koristan za konekcije sa udaljenih lokacija te tako predstavlja idealno rješenje za mobilne aplikacije zbog male veličine komunikacionih paketa, male potrošnje energije i smanjene količine paketa podataka, kao i efikasne distribucije informacija ka jednom ili više primaoca.

3.1. Način rada

MQTT sesija je podijeljena u četiri faze: konekcija, autentifikacija, komunikacija i prekid. Klijent započinje komunikaciju kreiranjem TCP/IP konekcije ka brokeru. Standardni portovi za MQTT komunikaciju su 1883 za neenkriptovanu komunikaciju i 8883 za komunikaciju enkriptovanu koristeći SSL/TLS. Sve poruke koje se šalju u MQTT sistemu sadrže samu poruku, kao i informaciju o načinu isporuke poruke, odnosno njenom QoS (engl. *Quality of Service*) nivou.

Najjednostavniji nivo je QoS 0 koji garantuje da će poruka biti isporučena najviše jednom. Klijent koji je poslao poruku sa QoS 0 nema nikakvu povratnu informaciju o isporuci poruke, i može se dogoditi da ona ne bude isporučena. Sledeći nivo je QoS 1, kod kog se očekuje potvrda isporuke poruke.

Ukoliko povratna poruka ne stigne u određenom vremenskom intervalu, klijent će ponovo objaviti početnu poruku. Međutim, to može rezultovati da pretplaćeni klijenti prime više kopija iste poruke. Treći nivo je QoS 2 sa kompleksnijim sistemom potvrde, i ovaj nivo garantuje se da će poruka biti isporučena tačno jednom [4].

Format sadržaja poruke u MQTT protokolu može biti različit, i definisan je od aplikacije do aplikacije. MQTT podržava BLOB (engl. *binary large object*) do 256 MB veličine.

Klijent koji želi da se pretplati na neku temu šalje SUBSCRIBE poruku brokeru. Ova poruka sadrži listu tema na koje klijent želi da se pretplati, kao i željeni QoS za svaku temu. Klijent koji želi da ukine pretplatu na neku temu šalje poruku UNSUBSCRIBE brokeru. I ova poruka sadrži listu tema sa kojih klijent želi da ukine pretplatu.

MQTT tema (engl. *topic*) je UTF-8 enkodovani string. Stringovi tema formiraju prirodno stablo tema korištenjem specijalnog karaktera odvajanja sledećeg nivoa tema kosom crtom (/).

4. IGNITION

Za vizualizaciju i izradu same veb aplikacije, da bi se podaci što vjernije prikazali, potrebno je pronaći razvojno

okruženje koje posjeduje sve potrebne alate neophodne za kreiranje centralne kontrolne table za upravljanje svim uređajima u okviru pametne kuće. Jedan od takvih sistema je *Ignition* koji predstavlja platformu za industrijsku primjenu sa alatima za razvoj rješenja u SCADA sistemima (engl. *Supervisory Control and Data Acquisition*), uz podršku za korišćenje IoT tehnologija (engl. *Internet of Things*).

U okviru *Ignition* platforme postoji posebno izdanje razvojnog okruženja, *Ignition Maker Edition*, namjenjen za manje nekomercijalne projekte poput kućne automatizacije.

Pored osnove *Ignition* platforme, ovo razvojno okruženje uključuje mnoge module, odnosno dodatne datoteke, koje razvojnog okruženju proširuju spektar mogućnosti. Jedan od njih je i *Perspective* modul u kom je realizovan projekat u okviru ovog rada. *Perspective* modul predstavlja sistem za vizualizaciju nove generacije za industrijske aplikacije, koji je između ostalog optimizovan i za korišćenje na mobilnim uređajima. Sve aplikacije koje se kreiraju korišćenjem *Perspective* modula, pokreću se unutar veb pretraživača, čime je obezbeđeno da se aplikacija može pokrenuti nezavisno od tipa uređaja koji se koristi [5].

4. IMPLEMENTACIJA SISTEMA

U ovom poglavlju opisana je implementacija sistema. Kao što je već napomenuto, za ovaj projekat odabrano je softversko razvojno okruženje *Ignition Maker Edition*. Osnovni cilj rada jeste razviti veb aplikaciju prilagodljivu različitim uređajima i veličinama ekrana, putem koje korisnik na jednostavan način vrši nadzor i upravljanje pametnim osvijetljenjem i potrošnjom uređaja u svom domu. Kreirana veb aplikacija nosi naziv *Shine Smart!* i pruža korisnicima mogućnost upravljanja pametnom rasvjetom i utičnicama različitih proizvođača.

U okviru *Ignition* razvojnog okruženja osnovu predstavlja *Ignition gateway* koji predstavlja mrežni čvor koji pravi konekciju sa uređajima, u kom se sve odvija u pozadini i gdje se skladište projekti. Drugi dio *Ignition* razvojnog okruženja čini *Designer*, softversko okruženje za razvoj same aplikacije, odnosno korisničkog interfejsa. Primjenom dva dodatna MQTT modula za *Ignition*, kompanije *Cirrus Link Solutions*, *MQTT Distributor Module* i *MQTT Engine Module*, ostvareno je povezivanje razvojnog okruženja i samih uređaja. *MQTT Distributor* je zapravo MQTT broker odnosno MQTT server, čija je uloga da prikuplja i preusmerava komunikaciju sa svih uređaja koji se na njega povežu, da zna njihove teme na kojima komuniciraju i da prosljeđuje sve poruke ostalim uređajima.

Sa druge strane, *MQTT Engine Module* omogućava da se razvijena aplikacija poveže na broker i da automatski preuzima poruke koje stižu u obliku tema i pretvara ih u odgovarajuće promjenljive, odnosno tagove.

Izabrani MQTT klijenti korišćeni za simulaciju sistema prilikom realizacije projekta bili su *MQTT.fx* i *Node-RED* za računar, dok je za simulaciju sa mobilnih uređaja korištena aplikacija *EasyMQTT*, pri čemu su *MQTT.fx* i *EasyMQTT* korišćeni za slanje pojedinačnih poruka u

MQTT sistemu, dok je *Node-RED* korišćen za kompletnu simulaciju sistema pametne kuće.

4.1. Simulacija sistema i komunikacija sa uređajima

Najveći broj uređaja u kućnom okruženju u okviru ovog rada je simuliran, međutim korištena su i dva stvarna uređaja proizvođača *Shelly*. To su pametna utičnica *Shelly Plug S* i pametna LED sijalica *Shelly DUO*. *Shelly DUO* je pametna WiFi LED sijalica snage 9W dizajnirana za priključivanje u standardno rasvjetno grlo koja podržava napajanje od 110V do 220V. Korisniku pruža mogućnost upravljanja kako bojom osvjetljenja, od hladno bijele do toplo žute nijanse, tako i intenzitetom osvjetljenja. *Shelly Plug S* je pametna WiFi utičnica koja daje precizne informacije o potrošnji za svaki uređaj koji je na nju priključen, jer posjeduje integrisan mjerač potrošnje električne energije. Podržava električne uređaje čija snaga je u opsegu do 2500W.

Da bi se uspostavila veza ovih uređaja sa MQTT brokerom potrebno je podesiti IP adresu brokera i port za komunikaciju (u ovom radu korišćen je standardni port 1883). Isto tako, neophodno je definisati korisnika koji ima pravo komunikacije sa brokerom, u ovom slučaju korišćen je korisnik „admin“, koji ima dozvolu da čita i piše na svim temama (kanalima). Nakon povezivanja MQTT brokera na *Ignition gateway*, potrebno je povezati se na broker i u okviru *MQTT Engine Module*, gde je korištenjem oznake # u polju *subscribe* izvršena pretplata na sve teme u sistemu, odnosno MQTT poruke na konkretnoj mreži. Ovakvim podešavanjem sve poruke aktivnih uređaja u kućnom okruženju automatski postaju vidljive kao promenljive (tagovi) u *Ignition* okruženju. Poruke se šalju na svakih 30 sekundi.

S obzirom da su korišteni uređaji proizvođača *Shelly*, oni posjeduju u svojoj specifikaciji definisane teme na kojima komuniciraju. Svaka tema mora da počinje sa *shellies/*, zatim slijedi naziv uređaja i identifikaciona šifra, i na kraju nastavak teme koji zavisi od parametra koji se posmatra. Konkretno, ova dva uređaja šalju poruke na sledećim temama: utičnica na *shellies/shellyplug-s-79D9AE/relay/0*, a sijalica na *shellies/ShellyBulbDuo-E8DB84AA8C61/light/0*, i na taj način daju informaciju o statusu, odnosno da li su uključeni ili ne.

Takođe, ovi uređaji šalju dodatne poruke kojima prijavljuju ukupnu količinu potrošene energije, zatim trenutnu potrošnju uređaja, ali i neke dodatne informacije poput unutrašnje temperature uređaja.

Pored ova dva uređaja, simuliran je rad dodatnih sijalica i utičnica kako bi se upotpunio sistem kućne automatizacije. Kao izabrani MQTT klijent za simulaciju uređaja u okviru ovog rada korišćen je *Node-RED*. Razlog tome jeste efikasnost i brzina upravljanja određenim vrijednostima kao i širok spektar funkcija koje mogu da se uključe u simulaciju da bi ovaj sistem što realnije izgledao.

Struktura simuliranog sistema sastoji se od čvorova koji su spojeni u tokove. Za simulaciju kućnog okruženja u okviru ovog rada kreirano je 7 sijalica i 10 utičnica.

Kako bi se što vjernije simulirao rad uređaja i prikupili se podaci koji su približni stvarnim vrijednostima, za sijalice je izabran čvor sa funkcijom *trigger*, koji mijenja njihovo stanje sa „on“ na „off“ u okviru izabranog intervala. Izlaz

iz *trigger* čvora je *string* vrijednost koja se šalje na temu za rad uređaja (*light/0*). Pored toga korišten je i *change* čvor koji daje mogućnost promjene svojstva poruke, odnosno njenog tipa. On pretvara vrijednost „on“ u konkretnu snagu svake sijalice. Struktura MQTT poruka za simulirane uređaje je kreirana po uzoru na stvarne *Shelly* uređaje, sa dodatnim obeležjem u zavisnosti od toga u kojoj se prostoriji nalazi sijalica ili utičnica (npr. *shellies/node/bulb/livingroom/1/relay/power*).

Kod simulacije rada kućnih uređaja (odnosno utičnica kojima se upravlja ovim uređajima), izabrano rješenje je upravljanje radom na osnovu nedeljnog rasporeda. U samom toku korištena je jedna od ugrađenih funkcija, odnosno čvor pomoću kog se može podesiti kada je potrebno da se uređaj uključi ili isključi, odnosno da se kreira raspored rada u toku nedelje.

4.1. Vizualizacija sistema

U okviru *Shine Smart!* aplikacije kreirano je nekoliko prikaza sa različitim sadržajem. Da bi se omogućila prilagodljivost aplikacije različitim veličinama ekrana, pri izradi pojedinačnih stranica u *Ignition* razvojnom okruženju korišteni su fleksibilni kontejneri, koji obezbijavaju efikasno postavljanje, poravnavanje i distribuciju prostora između komponenti. Oni mijenjaju širinu i visinu komponente kako bi se najbolje ispunio raspoloživi prostor na svim tipovima ekrana.

Sama struktura svake od stranica je građena tako da se sastoji od zaglavlja, glavnog prikaza i navigacionog bara (slika 1). Glavni prikaz realizovan je uz pomoć komponente *Embedded View* koja omogućava uključivanje jednog kompletnog prikaza unutar drugog. Da bi se ispravno koristila ova komponenta potrebno je podesiti putanju do prikaza koji želimo da bude inicijalno otvoren, ali i obezbijediti vezu sa navigacionim barom da bi se prikazi mjenjali u skladu sa izborom korisnika

Glavni meni ove aplikacije sastoji se iz tri polja, odnosno nezavisna prikaza, a sa desne strane nudi se opcija za promjenu teme same aplikacije (svijetla ili tamna tema). Glavni meni je konstantno fiksiran, kao i alarmna linija iznad njega, koja ima ulogu da obavijesti korisnika ukoliko se desi neko od alarmnih stanja u sistemu.

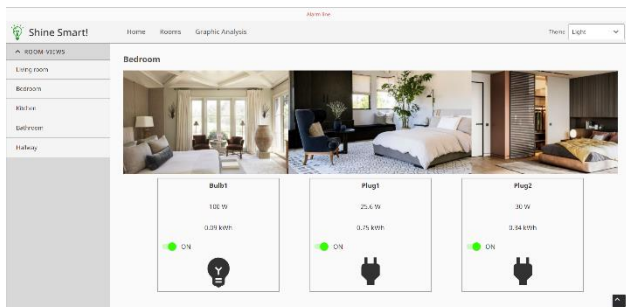
Ukoliko se na glavnom meniju izabere prikaz „Room“, mogu da se prate stanja rasvjetnih uređaja kao i svih uređaja koji su trenutno priključeni na utičnice u odabranoj prostoriji (slika 1).

Informacije u koje imamo uvid su trenutna snaga uređaja ili sijalice u vatima, potrošnja u kWh. Ispod njih nalazi se jedan *toggle* prekidač koji pokazuje da li je uređaj trenutno aktivan ili ne, ali isto tako nudi i mogućnost ručnog uključivanja, odnosno isključivanja uređaja. Da bi uređaju mogla da se zadaje komanda, potrebno je kreirati skriptu u okviru *Event Configuration* funkcije za datu komponentu (u ovom slučaju to je *toggle* prekidač). Sa lijeve strane aplikacije prikazan je meni u obliku stabla, koji omogućava da se korisnik kreće kroz dati prikaz odnosno da izabere prostoriju u kojoj želi da prati stanje uređaja. U ovom radu simulirano je domaćinstvo koje se sastoji od dnevne sobe, kuhinje, spavaće sobe, hodnika i kupatila.

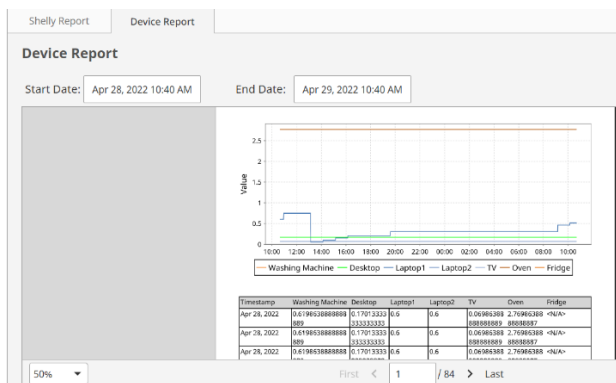
Treća opcija glavnog menija jeste „*Graphical Analysis*“, koja u sebi sadrži više različitih prikaza i načina posma-

tranja potrošnje u domaćinstvu. Kao i kod prethodnog prikaza, i ovdje je sa lijeve strane data mogućnost navigacije u formatu stabla.

Nudi se mogućnost prikaza potrošnje po prostorijama, potrošnje za konkretne uređaje, grafički prikaz istorije potrošnje kako za cjelokupnu rasvjetu tako i za sve uređaje domaćinstva, a na kraju je omogućeno i kreiranje izvještaja u kome se iz baze podataka uzimaju vrijednosti potrošnje za određeni period. Sam izvještaj, prikazan na slici 2, moguće je sačuvati u vidu PDF dokumenta.



Slika 1. Jednostavan grafički interfejs aplikacije



Slika 2. Izvještaj potrošnje uz grafički prikaz

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu kreirana je aplikacija za praćenje i upravljanje sistemom pametne rasvjete i utičnica simuliranog kućnog okruženja u cilju povećanja svijesti korisnika o potrošnji energetske resursa.

Kako su kućna automatizacija i očuvanje energije teme koje danas uživaju veliku popularnost, postoji ogroman broj članaka koji se bave istim. Na osnovu ovih radova došlo se do zaključka da većina sistema kućne automatizacije posjeduje pametne uređaje različitih proizvođača, pri čemu sve veći broj korisnika poseže i za samostalnim kreiranjem pametnih senzora.

Iz tog razloga neophodno je razviti i odgovarajuće aplikacije koje u sebi mogu da objedine različite pametne uređaje. Takođe, bilo bi poželjno da aplikacija bude fleksibilnog dizajna, odnosno da može jednako dobro da radi na svim veličinama i orijentacijama ekrana (mobilni telefon, računar).

Na osnovu ovih nalaza izvršena je analiza razvojnih okruženja koja bi odgovorila ovim zahtjevima, da imaju veliki broj raznovrsnih komponenti koje su prikladne za prikazivanje ali i čuvanje podataka.

Izabrano je *Ignition* razvojno okruženje, i *Perspective* modul kao odabrani modul za razvoj korisničkog interfejsa. Sa druge strane, kao komunikacioni protokol između servera i uređaja izabran je MQTT protokol, kao jedan od glavnih protokola za *Internet of Things* komunikaciju. Brzina slanja podataka, jednostavnost protokola i mogućnost komunikacije sa udaljenih lokacija bili su neki od glavnih faktora pri odabiru odgovarajućeg protokola.

Kako je tema i fokus ovog rada bio na uspješnoj vizuelizaciji, većina uređaja u ovoj implementaciji je simulirana. Jedan pravac u daljem razvitku ovog rješenja bio bi da se umjesto simuliranih uređaja iskoriste realni uređaji i senzori koji bi praćenjem na nekom dužem vremenskom intervalu doprinjeli boljoj analizi i pronalasku rješenja za smanjenje energetske potrošnje.

6. LITERATURA

- [1] R. Li, H. Li, C. Mak and T. Tang, "Sustainable Smart Home and Home Automation: Big Data Analytics Approach", *International Journal of Smart Home*, vol. 10, no. 8, pp. 177-198, 2016.
- [2] U.S. Energy Information Administration: Use of energy explained - Energy use in homes, pristup: 5.5.2022. preko <https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/electricity-use-in-homes.php>
- [3] MQTT: The Standard for IoT Messaging, pristup: 5.5.2022. preko www.mqtt.org
- [4] M. Antić, "Protokoli aplikativnog sloja u IoT", beleške sa predavanja iz Osnova računarskih mreža 2, pristup: 5.5.2022. preko https://www.rtrk.uns.ac.rs/sites/Orm2_Beleške_Predavanje12.pdf
- [5] InductiveAutomation: User Manual for Ignition 8.1, pristup: 5.5.2022. preko <https://docs.inductiveautomation.com/display/DOC81>

Kratka biografija:



Anja Krneta rođena je 22.02.1997. godine u Prijedoru. Osnovnu školu „Desanka Maksimović“ završila je 2012. godine. Gimnaziju „Sveti Sava“ u Prijedoru završila je 2016. godine. Iste godine upisala se na Fakultet tehničkih nauka, odsjek Mehatronika. Uža specijalnost na osnovnim studijama bila je robotika i automatizacija. Zvanje diplomirani inženjer stekala je 2020. godine, sa prosječnom ocjenom 8.88. Iste godine upisala je master akademske studije na smjeru Mehatronika, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Uža specijalnost na master studijama bila je takođe robotika i automatizacija.

kontakt: krneta.anja2@gmail.com