

Projektovanje i implementacija veb aplikacije za elektronsko zakazivanje, upravljanje pacijentima i generisanje medicinskih izveštaja

Isidora Jovanović¹

Sadržaj — Ovaj rad se bavi razvojem informacionog sistema u zdravstvu koji omogućava elektronsko zakazivanje pregleda, upravljanje pacijentima i generisanje medicinskih izveštaja. Predstavljen je pregled literature, arhitektura sistema, korišćene tehnologije i implementacija, kao i ključne funkcionalnosti aplikacije.

Ključne reči — elektronsko zakazivanje, elektronski zdravstveni karton, interoperabilnost, informacijski sistem u zdravstvu ;

I. UVOD

Digitalizacija zdravstvenih usluga predstavlja ključni pravac unapređenja kvaliteta i dostupnosti zdravstvene zaštite. Tradicionalni modeli zakazivanja pregleda i vođenja medicinske dokumentacije, zasnovani na papirnoj evidenciji i manuelnim procedurama, pokazali su se nedovoljno efikasnim u savremenom okruženju, jer produžavaju vreme čekanja, povećavaju administrativno opterećenje i otežavaju razmenu podataka među ustanovama. Evropska unija i Svetska zdravstvena organizacija (WHO) ističu elektronsko zakazivanje i elektronski zdravstveni karton (EHR) kao

1 Isidora Jovanović, Računarski fakultet, Srbija (email: ijovanovic4424m@raf.rs)

mehanizme za povećanje efikasnosti i smanjenje troškova zdravstvenih sistema.

U Srbiji, međutim, i dalje dominira telefonsko zakazivanje i delimično digitalizovana evidencija. Nacionalni portal eZdravlje i informacioni sistemi domova zdravlja uvode određene funkcionalnosti, ali su ograničeni u interoperabilnosti, mobilnoj dostupnosti i integraciji sa elektronskim kartonima. Ovo stvara prostor za razvoj rešenja prilagođenih domaćem kontekstu, koja omogućavaju integrisano zakazivanje termina, vođenje istorije pacijenata i generisanje izveštaja.

Cilj rada je predstavljanje veb aplikacije razvijene za elektronsko zakazivanje, upravljanje pacijentima i generisanje PDF medicinskih izveštaja. Aplikacija je zasnovana na troslojnoj arhitekturi (frontend u React okruženju, backend u Node.js/Express okruženju, i relaciona baza podataka u MySQL-u), sa naglaskom na sigurnost podataka i intuitivnost korišćenja. Rad daje pregled relevantne literature i postojećih rešenja, prikazuje arhitekturu sistema i ključne funkcionalnosti aplikacije.

II. PREGLED LITERATURE I KOMPARATIVNA ANALIZA

Digitalizacija zdravstvenih usluga poslednjih godina postaje centralni deo reformi zdravstvenih sistema širom Evrope i sveta. Prema izveštajima Svetske zdravstvene organizacije, interoperabilnost i dostupnost podataka iz elektronskih zdravstvenih kartona (EHR) predstavljaju osnovne preduslove za unapređenje kvaliteta zdravstvene zaštite i smanjenje troškova zdravstvenih sistema [1], [2]. Elektronski sistemi omogućavaju objedinjavanje informacija o pacijentima, bržu komunikaciju između ustanova i bolju dostupnost medicinske dokumentacije. Ipak, brojna implementirana rešenja pokazuju značajna ograničenja u pogledu funkcionalnosti, integracije i standardizacije.

U okviru razvijenih zdravstvenih sistema, platforme poput EMIS Health i SystemOne u Velikoj Britaniji omogućavaju objedinjeno upravljanje zakazivanjem, elektronskim kartonima i laboratorijskim podacima. Njihova prednost ogleda se u centralizovanom pristupu i mogućnosti razmene informacija na različitim nivoima zdravstvene zaštite, čime se obezbeđuje kontinuitet lečenja i smanjuje administrativno opterećenje lekara [3]. Međutim, složenost ovih sistema, kao i visoki infrastrukturni i finansijski zahtevi, ograničavaju njihovu primenu u manjim zdravstvenim ustanovama koje nemaju dovoljne tehničke i organizacione kapacitete.

Rešenja kao što su Doctena i PetalMD fokusirana su prvenstveno na zakazivanje termina, pretragu dostupnih lekara i administrativno upravljanje rasporedima [3]. Njihova ključna prednost je optimizacija za mobilne uređaje i jednostavnost upotrebe, što ih čini pogodnim za manje klinike i privatne prakse. Ipak, ona ne obuhvataju integraciju sa sveobuhvatnim sistemima elektronske zdravstvene dokumentacije, zbog čega nemaju širu primenu u nacionalnim zdravstvenim sistemima.

Kompanija CompuGroup Medical u Nemačkoj razvila je jedan od najrasprostranjenijih informacionih sistema u Evropi. On podržava međunarodne standarde razmene medicinskih podataka (HL7) i omogućava interoperabilnost između bolnica, laboratorija i apoteka [4]. Međutim, i pored značajnih funkcionalnosti, puna implementacija modernijih standarda poput FHIR-a još uvek nije univerzalno sprovedena, što usporava proces standardizacije i povezivanja na evropskom nivou.

U Republici Srbiji, centralno rešenje predstavlja portal eZdravlje, razvijen u okviru Republičkog fonda za zdravstveno osiguranje. Portal omogućava elektronsko zakazivanje pregleda kod izabranog lekara, produžavanje terapije i određeni uvid u podatke o pacijentu [5]. Iako funkcionalan, sistem se oslanja na interne formate podataka i ne koristi međunarodne standarde (HL7, FHIR), što značajno ograničava interoperabilnost sa drugim sistemima [2]. Pored toga, funkcionalnosti su redukovane – pacijentima nije omogućen uvid u celokupnu istoriju pregleda, niti postoji mogućnost zakazivanja specijalističkih usluga.

Pored nacionalnog sistema, zdravstvene ustanove u Srbiji primenjuju različite informaciono-komunikacione sisteme, kao što su Heliant i Intersoft ZIS [6], [7]. Ovi sistemi obezbeđuju funkcionalnosti zakazivanja termina, vođenja medicinske dokumentacije i kreiranja izveštaja. Međutim, oni ostaju zatvoreni i ne omogućavaju razmenu podataka sa državnim sistemom, što dodatno fragmentira zdravstveni sektor. Privatne zdravstvene ustanove (npr. Medigroup, Euromedik, Bel Medic) razvijaju sopstvena rešenja, optimizovana za svoje potrebe i pacijente, ali ona takođe ostaju izolovana i nekompatibilna sa nacionalnim okvirom. Analiza literature i postojećih sistema ukazuje na nekoliko zajedničkih problema:

- nedostatak interoperabilnosti zbog ograničene primene međunarodnih standarda [2],[4];

- nedovoljna optimizacija za mobilne uređaje i savremene načine pristupa podacima, što pacijentima otežava korišćenje servisa [4];
- fragmentacija funkcionalnosti, jer se zakazivanje termina često tretira odvojeno od vođenja medicinske dokumentacije [4];

Sistem / Rešenje	Funkcionalnosti	Prednosti	Ograničenja	Standardi
EMIS Health / SystemOne	Upravljanje terminima, EHR, laboratorijski podaci	Centralizovan sistem, interoperabilnost, kontinuitet lečenja	Kompleksnost, visoki infrastrukturni zahtevi	HL7
Doctena / PetalMD	Zakazivanje termina, pretraga lekara	Mobilna optimizacija, jednostavna upotreba	Nema integracije sa EHR, ograničen obim funkcionalnosti	-
CompuGroup Medical	Integrirani HIS, EHR, laboratorije, apoteke	Široka primena, interoperabilnost	Nedovoljna implementacija FHIR standarda	HL7, delimično FHIR
eZdravlje (Srbija)	Zakazivanje pregleda, produžavanje terapije	Nacionalno pokrivanje, dostupnost pacijentima	Nema integracije sa privatnim sistemima, ograničene funkcije	Interni formati
Heliant / Intersoft ZIS	Upravljanje pacijentima i terminima	Optimizovano za domaće ustanove	Zatvoren sistem, nema razmene podataka sa državnim sistemom	Interni formati

Privatni sistemi (npr. Medigroup)	Upravljanje pacijentima, zakazivanje, fakturisanje	Viši nivo korisničkog iskustva, fleksibilnost	Izolovanost, nema standardizacije	Interni formati
-----------------------------------	--	---	-----------------------------------	-----------------

Table 1 - Komparativna analiza sistema

- odsustvo standardizovanih sistema automatskih obaveštenja pacijentima, čime se povećava broj propuštenih pregleda [5].

U tabeli 1 data je komparativna analiza sistema na osnovu dostupne literature. Na osnovu sprovedene analize može se zaključiti da aktuelna rešenja, iako funkcionalna u određenoj meri, ne ispunjavaju u potpunosti zahteve savremenih zdravstvenih sistema. Najčešći izazovi odnose se na zatvorenost sistema, ograničenu interoperabilnost i nedostatak standardizovanih mehanizama za razmenu podataka. Posebno u domaćem kontekstu, gde dominiraju fragmentirana i zatvorena rešenja, jasno se uočava potreba za razvojem modularnog i skalabilnog informacionog sistema, koji bi objedinio zakazivanje termina, vođenje medicinske dokumentacije i generisanj

III. ARHITEKTURA I TEHNOLOGIJE SISTEMA

Razvoj informacionog sistema za elektronsko zakazivanje medicinskih termina i upravljanje podacima o pacijentima zasnovan je na troslojnoj arhitekturi, koja obezbeđuje jasno razdvajanje odgovornosti između slojeva i omogućava modularan i skalabilan razvoj. Ovakav pristup projektovanju obezbeđuje lakše održavanje, mogućnost paralelnog razvoja različitih delova aplikacije, kao i jednostavnija integracija novih funkcionalnosti bez narušavanja postojećeg rada.

Na najvišem nivou, arhitektura se sastoji od tri sloja: prezentacionog sloja, aplikacionog sloja i sloja podataka. Prezentacioni sloj realizovan je korišćenjem React.js biblioteke i predstavlja korisnički interfejs putem kojeg medicinsko osoblje i lekari ostvaruju interakciju sa sistemom. Njegova primarna uloga je da prikaže informacije preuzete iz aplikacionog sloja i da prenese korisničke zahteve ka serverskoj logici. Zbog upotrebe React okruženja obezbeđena je responzivnost i prilagodljivost interfejsa

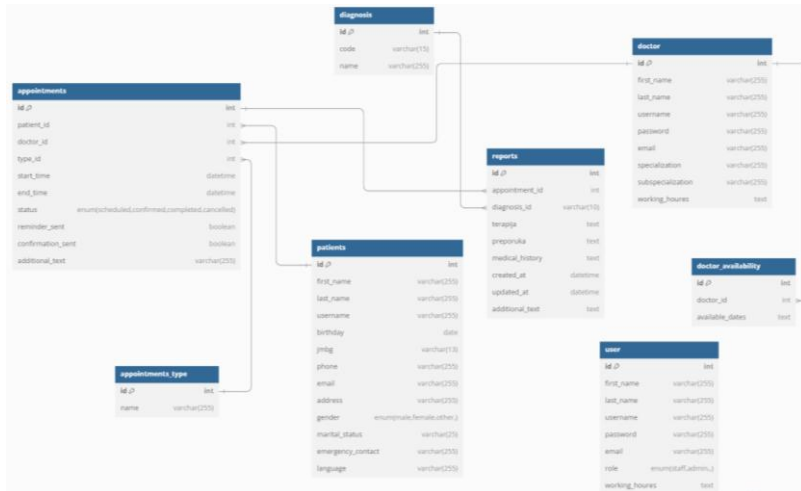
različitim uređajima, čime je omogućen rad u ordinacijama, na šalterima, ali i putem prenosivih računara i tableta.

Aplikacioni sloj implementiran je u Node.js okruženju uz korišćenje Express.js frejmvorka. Ovaj sloj zadužen je za realizaciju poslovne logike sistema, obradu korisničkih zahteva i komunikaciju sa slojem podataka. Express omogućava jednostavno definisanje REST API servisa koji predstavljaju standardizovani način razmene informacija između frontenda i backenda. Modularna organizacija aplikacionog sloja projektovana je tako da podržava nezavisni razvoj različitih celina sistema, poput upravljanja pacijentima, lekarima, terminima i medicinskim izveštajima. Poseban naglasak stavljen je na sigurnost i doslednu validaciju podataka, budući da sistem rukuje osetljivim medicinskim informacijama.

Treći sloj predstavlja baza podataka, implementirana u MySQL sistemu za upravljanje relacionim bazama podataka. Baza je projektovana da obezbedi konzistentnost i integritet podataka, kao i fleksibilnost u pogledu budućeg proširenja. Model baze podataka obuhvata nekoliko ključnih entiteta: pacijente, lekare, termine, medicinske izveštaje i korisnike sistema sa različitim ulogama. Entitet pacijent sadrži osnovne lične podatke i povezan je sa terminima i izveštajima, dok entitet lekar povezuje podatke o radnom vremenu i zakazanim pregledima. Termin je zamišljen kao centralni entitet koji povezuje pacijenta, lekara i izveštaj, čime se obezbeđuje sledljivost medicinske dokumentacije.

Struktura baze podataka projektovana je tako da bude normalizovana do treće normalne forme. Na ovaj način eliminisana je redundantnost i obezbeđeno da promene u jednoj tabeli ne narušavaju konzistentnost drugih. Normalizacija je takođe olakšala kasnije proširenje baze, jer omogućava dodavanje novih entiteta bez potrebe za velikim izmenama u postojećoj strukturi. Na primer, u slučaju dodavanja modula za laboratorijske nalaze ili elektronske recepte, dovoljno je dodati nove entitete povezane sa postojećim modelom, bez promene centralne logike sistema.

U nastavku je prikazan model baze podataka (slika 1), koji ilustruje osnovne entitete i njihove relacije. Dijagram pokazuje da pacijent može imati više zakazanih termina, a da svaki termin obavezno pripada jednom lekaru i jednom pacijentu. Medicinski izveštaji vezani su za tačno određen termin, čime je obezbeđena sledljivost i integritet podataka. Entitet korisnik služi za definisanje različitih uloga i prava pristupa, pa se tako razlikuju nalozi za lekare, administrativno osoblje i sistemske administratore.



Slika 1 - Model baze podataka

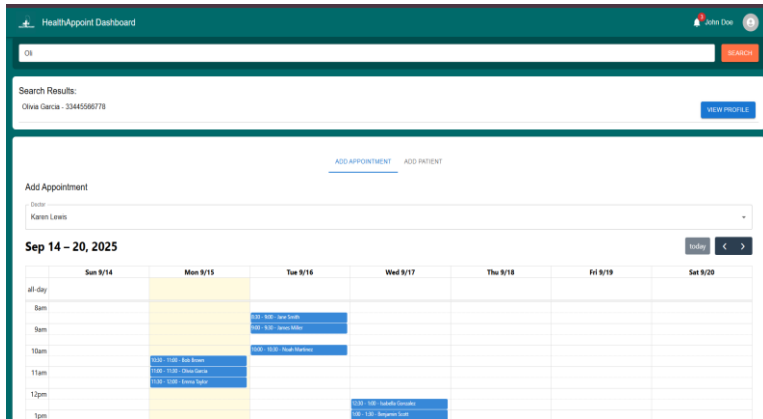
Izbor tehnologija koje čine tehnološki okvir sistema rezultat je kombinacije zahteva za pouzdanošću, skalabilnošću i jednostavnošću održavanja. React.js je odabran zbog sposobnosti da obezbedi interaktivan i responzivan interfejs, Node.js i Express.js zbog robusnosti u radu sa asinhronim zahtevima i velikog broja dostupnih biblioteka, dok je MySQL odabran kao stabilan i pouzdan sistem za relaciono upravljanje podacima. Korišćenjem ove kombinacije tehnologija obezbeđeno je da sistem bude stabilan, efikasan i lako proširiv.

Na nivou arhitekture, posebno je značajno to što je postignuta jasna separacija slojeva, jer ona omogućava nezavisno razvijanje i testiranje svakog dela sistema. Frontend može biti menjan i unapređivan bez izmene backend logike, dok baza podataka može biti proširivana bez direktnih uticaja na prezentacioni sloj. Time se obezbeđuje modularnost, dugoročna održivost i mogućnost integracije sa spoljnim servisima, uključujući nacionalne zdravstvene portale i druge informaciono-komunikacione sisteme.

IV. FUNKCIONALNOSTI APLIKACIJE

Funkcionalnosti razvijene aplikacije mogu se posmatrati kroz dva ključna korisnička interfejsa – za medicinsko osoblje i za lekare. Ovakva podela

uloga odražava procese u zdravstvenim ustanovama, gde se administrativne i medicinske obaveze nadovezuju i međusobno dopunjuju. Na narednim slikama prikazani su interfejsi koji ilustruju osnovne mogućnosti sistema i način na koji se podržava rad različitih kategorija korisnika.



Slika 2 - Prikaz korisničkog interfejsa namenjenog za medicinsko osoblje

Na slici 2 prikazan je interfejs namenjen medicinskom osoblju, koji predstavlja centralnu tačku za upravljanje podacima o pacijentima i terminima. Ovaj deo sistema razvijen je da objedini procese pretrage, zakazivanja i verifikacije termina u jedinstveno radno okruženje. Time se smanjuje potreba za korišćenjem više različitih softverskih alata i povećava efikasnost rada.

U gornjem delu interfejsa nalazi se funkcionalnost pretrage pacijenata, kojom osoblje može pronaći pacijenta na osnovu različitih kriterijuma (ime, prezime ili JMBG). U primeru je prikazan rezultat za pacijentkinju Oliviu Garciju, pri čemu osoblje dobija mogućnost da pristupi njenom profilu. Unutar profila nalaze se lični i kontakt podaci, istorija prethodnih pregleda, kao i informacije o budućim terminima. Time se omogućava sveobuhvatan uvid u medicinsku istoriju pacijenta i brza intervencija, na primer u slučaju potrebe za otkazivanjem ili izmenom zakazanog pregleda.

Drugi deo ekrana odnosi se na funkcionalnost dodavanja termina. Nakon što se lekar odabere iz padajućeg menija, sistem automatski prikazuje njegov radni kalendar sa zauzetim i slobodnim terminima. Na ovaj način obezbeđena je transparentnost raspoloživog vremena i smanjuje se rizik od preklapanja zakazanih pregleda. Medicinsko osoblje može da odabere slobodan termin i

popuni dodatna polja koja se odnose na vrstu pregleda, trajanje i eventualne napomene. Implementiran je i mehanizam validacije unetih podataka kako bi se sprečile greške pri unosu i osiguralo konzistentno vođenje evidencije.

Dodatna funkcionalnost Sistema je mogućnost razlikovanja između standardnog i urgentnog zakazivanja. Opcija *Save Appointment* koristi se za redovno zakazivanje i vodi računa o preklapanju sa već zauzetim terminima odabranog lekara. Opcija *Urgent Appointment*, s druge strane, omogućava unos termina bez provere raspoloživosti, uz minimalan set podataka (ime pacijent i lekar). Na ovaj način sistem podržava hitne slučajeve, gde je od ključne važnosti da lekar odmah dobije pristup profilu pacijenta i relevantnim informacijama. Ovakva funkcionalnost doprinosi povećanju fleksibilnosti i spremnosti zdravstvene ustanove da reaguje u urgentnim situacijama.

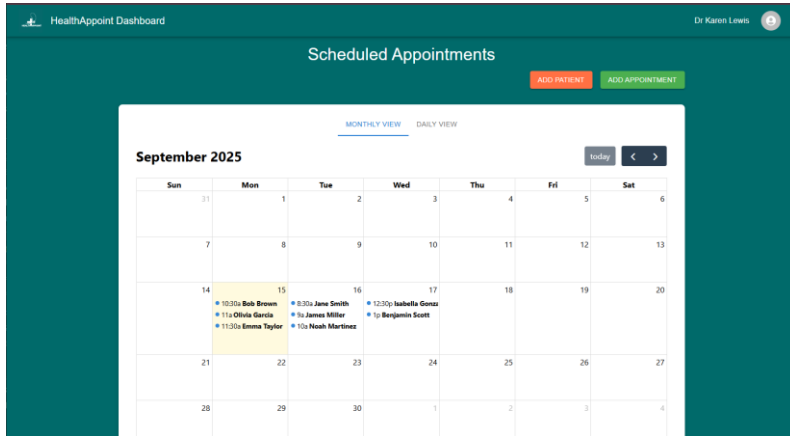
Pored zakazivanja, sistem omogućava i kreiranje novih pacijenata kroz opciju *Add Patient*. Prilikom unosa definišu se lični podaci, kontakt informacije i osnovni medicinski podaci pacijenta, čime se omogućava da novi korisnici budu odmah uključeni u radni proces bez dodatnih administrativnih procedura.

Pored osnovnih funkcionalnosti, sistem obezbeđuje komunikaciju sa pacijentima. Pacijentima se 24 časa pre zakazanog termina automatski šalje obaveštenje putem e-maila sa svim relevantnim informacijama o pregledu, kao i linkom za verifikaciju termina. Na vrhu prikazanog interfejsa nalazi se modul za notifikacije, koji prikazuje broj i sadržaj novih obaveštenja. Notifikacije se odnose na zakazane termine koji nisu verifikovani od strane pacijenata I sortirane su prema vremenskoj blizini termina. Na osnovu tih podataka, medicinsko osoblje može direktno kontaktirati pacijenta i potvrditi termin, čime se smanjuje broj nepojavljivanja na pregledima i povećava pouzdanost rasporeda.

Kombinovanjem ovih funkcionalnosti postignuta je integracija administrativnih zadataka u jedinstven informacioni sistem, čime se značajno unapređuje kvalitet rada i optimizuju procesi u zdravstvenim ustanovama.

Na slici 3 prikazan je interfejs namenjen lekarima, odnosno početni ekran nakon prijavljivanja u sistem. Centralni deo čini kalendar, koji omogućava prikaz termina u dva režima – mesečnom i dnevnom. Na ovaj način lekar

dobija pregled svih zakazanih pregleda u širem vremenskom okviru, ali i mogućnost detaljnog uvida u dnevne obaveze. Klikom na odabrani termin otvara se profil pacijenta povezanog sa tim pregledom.



Slika 3 – Prikaz korisničkog interfejsa namenjenog lekarima

Za razliku od medicinskog osoblja, kojem su dostupne informacije o samim terminima, lekari imaju proširen nivo pristupa. Njima je omogućeno da pregledaju i obrađuju medicinsku dokumentaciju pacijenata. Konkretno, lekar može da otvori postojeći izveštaj, dopuni ga i kreira novi u slučaju kontrolnog pregleda. Ova funkcionalnost obezbeđuje kontinuitet zdravstvene dokumentacije i olakšava praćenje hroničnih oboljenja ili terapija koje zahtevaju redovno praćenje. Važno je istaći da lekari nemaju mogućnost menjanja ličnih podataka pacijenata, čime se održava jasno razdvajanje odgovornosti između različitih korisničkih uloga u sistemu.

Glavna funkcionalnost modula za lekare jeste kreiranje medicinskog izveštaja. Sistem automatski povezuje podatke o terminu, pacijentu i lekaru i popunjava osnovna polja, čime se smanjuje rizik od grešaka i ubrzava unos podataka. U okviru izveštaja lekar može da izabere dijagnozu iz predefinisane menija, sa mogućnošću pretrage po nazivu ili šifri dijagnoze. Dodatna polja predviđena su za unos terapije, preporuka, relevantne medicinske istorije i slobodnog teksta izveštaja.

Nakon unosa podataka, lekar raspolaže sa tri opcije: *Print*, *Save I Canclle*. Opcija *Print* otvara novi prozor i generiše PDF dokument spreman za štampu, dok opcija *Canclle* vraća na predhodni ekran bez čuvanja novog izveštaja. Opcija *Save* omogućava čuvanje izveštaja u profilu pacijenta, čak i ako nije u potpunosti završen ili ne postoji potreba za stampanje izveštaja. Na taj način lekar može naknadno dopuniti ili izmeniti izveštaj, bez gubitka ranije unetih informacija. Ovakva fleksibilnost doprinosi većoj preciznosti i kvalitetu dokumentacije, jer se omogućava postupno dopunjavanje nalaza u skladu sa dostupnošću rezultata analiza.

Na kraju, i lekari i medicinsko osoblje imaju pristup sopstvenim profilima u okviru aplikacije, gde mogu ažurirati lične informacije. Ova funkcionalnost omogućava održavanje ažurnih podataka o korisnicima sistema i dodatno unapređuje bezbednost i tačnost podataka.

Integracijom funkcionalnosti za medicinsko osoblje i lekare postignuto je jedinstveno informaciono okruženje koje povezuje administrativne i kliničke procese, čime se ostvaruje efikasniji rad i viši nivo kvaliteta zdravstvene zaštite.

V. IMPLEMENTACIJA SISTEMA

Implementacija razvijenog informacionog sistema sprovedena je u skladu sa prethodno definisanom troslojnom arhitekturom, pri čemu je obezbeđeno dosledno razdvajanje slojeva i modularna organizacija koda. Prezencioni sloj, serverska logika i baza podataka razvijani su i testirani kao nezavisne celine, ali sa jasno definisanim interfejsima za komunikaciju, što je omogućilo njihovo integrisano funkcionisanje. Ovakav pristup obezbedio je fleksibilnost razvoja, mogućnost uvođenja novih funkcionalnosti i jednostavnije održavanje, jer se promene u jednom sloju ne odražavaju direktno na druge.

Na serverskoj strani sistema primenjeno je Node.js okruženje u kombinaciji sa Express.js frejmworkom, koji je omogućio definisanje REST API servisa kao standardnog načina komunikacije sa klijentskim delom aplikacije. Svi poslovni procesi razloženi su na nezavisne module – pacijenti, lekari, termini i izveštaji – od kojih svaki obuhvata rute, kontrolere i servisne funkcije. Modularnost je omogućila da se pojedinačne funkcionalnosti razvijaju i testiraju nezavisno, a da se istovremeno zadrži konzistentna celina sistema. Na primer, modul za pacijente obuhvata

kreiranje novih pacijenata, izmenu i pretragu postojećih zapisa, dok modul za termine obezbeđuje zakazivanje, otkazivanje i ažuriranje statusa pregleda. Organizacija koda doprinosi preglednosti i olakšava pronalaženje potencijalnih grešaka tokom razvoja.

Posebna pažnja posvećena je aspektu sigurnosti sistema, budući da se rukuje podacima o pacijentima i medicinskoj dokumentaciji. Za autentifikaciju korisnika implementiran je JSON Web Token (JWT) mehanizam, pri čemu se token generiše nakon uspešnog logovanja i koristi za autorizaciju svakog narednog zahteva. Lozinke korisnika čuvaju se u bazi u heširanom obliku korišćenjem bcrypt algoritma, čime se eliminiše rizik od kompromitovanja u slučaju neovlašćenog pristupa bazi. Dodatno, svi zahtevi prema API-ju prolaze kroz middleware koji proverava validnost tokena i time sprečava neautorizovan pristup osetljivim podacima. Sledeći primer ilustruje middleware koji je implementiran radi autentifikacije korisnika:

```
function authenticateToken(req, res, next) {
  const authHeader = req.headers['authorization'];
  const token = authHeader && authHeader.split('
')[1];
  if (!token) return res.sendStatus(401);
  jwt.verify(token, process.env.JWT_SECRET, (err,
user) => {
    if (err) return res.sendStatus(403);
    req.user = user;
    next();
  });
}
```

Ovaj fragment pokazuje kako se svaki zahtev validira pre obrade. Ukoliko token nije prisutan ili je nevažeći, zahtev se odbacuje, čime se smanjuje rizik od zloupotrebe sistema. Na sličan način implementirana je i kontrola obima zahteva (rate limiting), čime je aplikacija zaštićena od napada tipa brute force.

Pored mehanizama bezbednosti, posebna pažnja posvećena je validaciji podataka, kako na strani klijenta tako i na strani servera. Tako je u rutama predviđeno da se proverí prisustvo i ispravnost svih obaveznih parametara pre nego što se upis izvrši u bazu podataka.

Frontend aplikacija razvijena je u React.js okruženju, uz korišćenje paradigme komponentno zasnovanog razvoja. Svaka komponenta aplikacije

implementira jednu funkcionalnu celinu, kao što su kalendarski prikaz, unos pacijenta, pregled istorije ili generisanje izveštaja. Na ovaj način postignuta je preglednost i mogućnost ponovne upotrebe koda, dok se logika jasno odvaja od prikaza. Ključna komponenta interfejsa jeste kalendar, koji lekarima omogućava jasan uvid u zauzete i slobodne termine i jednostavno ažuriranje njihovog statusa. Pored toga, implementirane su forme za unos pacijenata, koje validiraju obavezna polja i šalju podatke ka backend servisima. Primer jedne takve forme prikazan je u nastavku:

```
function AddPatientForm({ onSave }) {
  const [formData, setFormData] = useState({
    firstName: "", lastName: "", jmbg: "",
    phone: "", email: ""
  });
  const handleChange = (e) => setFormData({
    ...formData, [e.target.name]: e.target.value });
  const handleSubmit = (e) => {
    e.preventDefault();
    onSave(formData);
  };
  return (
    <form onSubmit={handleSubmit}>
      <input name="firstName" placeholder="Ime"
onChange={handleChange} required />
      <input name="lastName"
placeholder="Prezime" onChange={handleChange}
required />
      <input name="jmbg" placeholder="JMBG"
onChange={handleChange} required />
      <button type="submit">Sačuvaj
pacijenta</button>
    </form>
  );
}
```

Prikazani fragment demonstrira način na koji se frontend povezuje sa backend servisima kroz prosleđivanje unetih podataka. Na nivou interfejsa, validacija je obezbeđena HTML atributima, dok se na serverskoj strani sprovodi dodatna provera konzistentnosti, čime se postiže dvostruka sigurnost. Responzivnost interfejsa postignuta je kombinacijom CSS fleksibilnih layout-a i biblioteke Material UI, čime je osigurano da aplikacija bude podjednako upotrebljiva na desktop i mobilnim uređajima.

Jedna od funkcionalnosti koja je imala ključnu ulogu u implementaciji jeste generisanje PDF izveštaja, realizovano korišćenjem biblioteke jsPDF. Proces započinje unosom podataka o dijagnozi i terapijskim preporukama od strane lekara, nakon čega se podaci preuzimaju iz baze i formatiraju u dokument. Na taj način se obezbeđuje konzistentna dokumentacija, a pacijent može dobiti izveštaj u elektronskoj formi ili na papiru, u zavisnosti od potreba. Kreiranje PDF-a dodatno rasterećuje medicinsko osoblje jer eliminiše potrebu za ručnim pisanjem i arhiviranjem izveštaja.

Implementacija sistema uključila je i automatizovanu komunikaciju sa pacijentima, koja je ostvarena korišćenjem biblioteka Nodemailer i node-schedule. Sistem je projektovan tako da automatski generiše potvrde i podsetnike na osnovu statusa termina i podataka u kalendaru. Na primer, pacijent dobija elektronsku poštu prilikom zakazivanja pregleda, kao i podsetnik dan pre termina. Ovaj mehanizam direktno doprinosi smanjenju broja propuštenih pregleda i povećanju zadovoljstva korisnika, dok medicinsko osoblje dobija značajno rasterećenje jer se eliminiše potreba za manuelnim obaveštavanjem.

Sprovedena implementacija pokazala je da arhitektonske odluke, poput modularne organizacije i razdvajanja slojeva, značajno doprinose kvalitetu sistema. Korišćenjem savremenih tehnologija postignuti su sigurnost, stabilnost i efikasnost, dok je fleksibilnost omogućila prilagodljivost budućim zahtevima. Sistem se tako potvrdio kao pouzdana platforma za zakazivanje pregleda, vođenje elektronske dokumentacije i generisanje izveštaja, koja odgovara na potrebe savremenih zdravstvenih ustanova i otvara mogućnost za dalji razvoj kroz integraciju sa nacionalnim servisima i uvođenje naprednih tehnologija.

VI. ZAKLJUČAK

Razvijeni sistem predstavlja modularnu i skalabilnu veb aplikaciju koja objedinjuje ključne funkcionalnosti savremenih zdravstvenih informacionih sistema, uz naglasak na jednostavnost upotrebe i sigurnost podataka.

Rešenje može doprineti efikasnijem radu zdravstvenih ustanova u Srbiji, skraćenju listi čekanja i većoj dostupnosti usluga pacijentima. U budućnosti, planirana su proširenja kroz integraciju sa nacionalnim sistemom eZdravlje, razvoj mobilne verzije i primenu veštačke inteligencije u analizi medicinskih podataka.

LITERATURA

- [1] Zamri, N. S., & Mohamad Hassim, Y. M. (2022). Development of Web-Based Clinic Management System. *Applied Information Technology and Computer Science*, 3(1), 466–485. DOI: [10.30880/aitcs.2022.03.01.031](https://doi.org/10.30880/aitcs.2022.03.01.031)
- [2] IHE Europe. (2021). Interoperability Standards in Healthcare.
- [3] European Commission. (2023). Doctena: Booking appointments with health specialists. Preuzeto sa: <https://data.europa.eu/en/news-events/news/doctena-booking-appointments-health-specialists>
- [4] HL7. (2023). FHIR Overview. Preuzeto sa: <https://www.hl7.org/fhir/overview.html>
- [5] Ministarstvo zdravlja RS. (n.d.). eZdravlje. Preuzeto sa: <https://www.ezdravlje.gov.rs>
- [6] Heliant. (2024). Sistem za domove zdravlja. Preuzeto sa: <https://www.heliant.rs>
- [7] Intersoft. (2024). Zdravstveni informacioni sistem. Preuzeto sa: <https://www.intersoft.rs>

ABSTRACT

This thesis presents the design and implementation of a web application for managing patient data, scheduling medical appointments, and generating reports. The aim of the system is to improve the efficiency of healthcare institutions by digitizing scheduling processes, providing access to patient history, and automating report generation. Based on a comprehensive review of literature and an analysis of European and domestic solutions, functional and technical requirements of the system were defined. The application was developed using modern web technologies, with a focus on data security and user-friendliness. Key features include appointment scheduling, calendar-based time selection, patient history tracking, and PDF report generation. The thesis also includes testing results and a comparative analysis with existing solutions in Europe and Serbia. The conclusion emphasizes the importance of digital transformation in healthcare and suggests directions for further system development.

Design and implementation of a web application for patient data management, medical appointments, and report generation

Isidora Jovanovic