

BLOKČEJN U ZDRAVSTVU

Prof. dr Aleksandra Labus

aleksandra.labus@matf.bg.ac.rs

aleksandra.labus@fon.bg.ac.rs

Sadržaj

- Uvod
- Analiza primene blokčejna u zdravstvu
- Ekosistem zdravstva zasnovan na blokčejnu
-
- Decentralizovane aplikacije
-
- Zaključak

UVOD



Digitalna transformacija zdravstva

Savremene informaciono-komunikacione tehnologije, poput veb i mobilnih tehnologija, cloud computinga, big data analitike, blokčejna, Interneta intelighetnih uređaja (IoT), veštačke inteligencije (AI), virtuelne i proširene realnosti, unapređuju poslovanje zdravstvenog sektora kroz uvođenje moderne digitalne infrastrukture koja omogućava efikasniju digitalizaciju zdravstvenih usluga i procesa..

Blokčejn tehnologija ima potencijal da reši ključne izazove u zdravstvu:

1. upravljanje medicinskim podacima,
2. transparentnost transakcija,
3. poverenje u obradu podataka,
4. zaštita privatnosti,
5. interoperabilnost sistema i
6. efikasnije upravljanje odnosima između svih stejkholdera.

Healthcare 4.0

Healthcare 4.0 predstavlja primenu savremenih digitalnih tehnologija u zdravstvu sa ciljem unapređenja organizacije, lečenja i upravljanja podacima.

Ovaj koncept omogućava:

- komunikaciju u realnom vremenu između pacijenata i zdravstvenih ustanova,
- bržu razmenu medicinskih informacija,
- analizu velikih skupova zdravstvenih podataka,
- praćenje zdravstvenih parametara pomoću inteligentnih uređaja,
- efikasnije donošenje medicinskih odluka,
- bolje upravljanje zdravstvenim procesima.

Zdravstvo se na ovaj način pomera ka modelu koji je više usmeren na pacijenta i njegove stvarne potrebe.

Problemi savremenih zdravstvenih sistema

Savremeni zdravstveni sistemi se suočavaju sa velikim brojem izazova. Jedan od najvažnijih problema jeste fragmentacija podataka, jer se medicinski nalazi, istorija bolesti, recepti i terapije često nalaze u različitim sistemima i institucijama.

To dovodi do problema kao što su:

- otežan pristup kompletnim zdravstvenim podacima,
- ponavljanje analiza i pregleda,
- sporija dijagnostika,
- veći administrativni troškovi,
- rizik od medicinskih grešaka,
- nedovoljna kontrola pacijenta nad sopstvenim podacima.

Zbog toga se javlja potreba za rešenjima koja omogućavaju sigurnu, transparentnu i interoperabilnu razmenu zdravstvenih informacija.

Upravljanje zdravstvenim podacima

Zdravstveni podaci su veoma osetljivi jer uključuju informacije o:

- dijagnozama,
- terapijama,
- laboratorijskim rezultatima,
- osiguranju,
- lekovima i
- ličnim zdravstvenim navikama pacijenta.

U centralizovanim sistemima ovi podaci mogu biti izloženi rizicima kao što su:

- neovlašćen pristup,
- gubitak podataka,
- manipulacija,
- nedovoljna kontrola.

Novi pristup upravljanju podacima u zdravstvu treba da omogućí:

- veću kontrolu nad podacima od strane pacijenata,
- pouzdane podatke za zdravstvene ustanove,
- nepromenljivo beleženje medicinskih podataka,
- bezbednu razmenu informacija.

ANALIZA PRIMENE BLOKČEJNA U ZDRAVSTVU



Blokčejn u zdravstvu

Primena blokčejn tehnologije u domenu zdravstva omogućava:

- sigurnu, decentralizovanu i transparentnu razmenu zdravstvenih podataka između različitih učesnika zdravstvenog ekosistema,
- praćenje i evidenciju svih pristupa medicinskim podacima, uključujući informacije o tome ko je pristupio podacima, kada, u koje svrhe i sa kojim ovlašćenjima,
- bezbedno upravljanje elektronskim zdravstvenim kartonima i personalnim zdravstvenim podacima pacijenata,
- unapređenje upravljanja medicinskom dokumentacijom (elektronski zdravstveni kartoni, laboratorijski nalazi, dijagnostički izveštaji, recepti, terapije, istorije bolesti i ostali podaci o pružanju zdravstvenih usluga),
- veću transparentnost i efikasnost u procesima zdravstvene administracije,
- praćenje i kontrolu lanca snabdevanja lekovima radi smanjenja rizika od falsifikovanih medicinskih proizvoda,
- podršku razvoju telemedicine i digitalnih zdravstvenih usluga uz visok nivo bezbednosti i zaštite privatnosti podataka.

Blokčejn u upravljanju zdravstvenim podacima

Blokčejn omogućava povezivanje zdravstvenih podataka iz različitih ustanova u jedinstven i pouzdan sistem, uz visok nivo sigurnosti, transparentnosti i kontrole pristupa podacima.

Ključne mogućnosti:

- integracija podataka iz više zdravstvenih sistema,
- sigurna i transparentna razmena medicinskih podataka,
- decentralizovano upravljanje pristupom podacima,
- evidencija svih pristupa i izmena podataka,
- očuvanje integriteta i sledljivosti medicinske dokumentacije.

Na blokčejnu se mogu evidentirati:

- hash reference medicinskih zapisa,
- dozvole pristupa podacima,
- evidencije transakcija i pristupa,
- pametni ugovori za razmenu podataka.

Blokčejn u upravljanju zdravstvenim podacima

Zdravstveni podaci obuhvataju različite vrste informacija relevantnih za zdravstveno stanje pacijenta, pružanje zdravstvenih usluga i funkcionisanje zdravstvenog sistema:

- **medicinske podatke:**

- dijagnoze i istoriju bolesti,
- laboratorijske nalaze,
- radiološke snimke i izveštaje,
- terapije i elektronske recepte,
- podatke o medicinskim intervencijama i hospitalizaciji,

- **personalne zdravstvene podatke:**

- alergije,
- vakcinacije,
- hronične bolesti,
- podatke o životnim navikama i faktorima rizika,
- podatke o fizičkom stanju i vitalnim parametrima,

- **podatke iz digitalnih i IoT sistema:**

- podatke sa pametnih medicinskih uređaja i senzora,
- podatke iz telemedicine i mobilnih zdravstvenih aplikacija,
- kontinuirani monitoring zdravstvenih parametara,

- **administrativne i osiguravajuće podatke:**

- podatke o zdravstvenom osiguranju,
- evidenciju termina, uputa i zdravstvenih usluga,
- administrativnu dokumentaciju zdravstvenih ustanova.

Bezbednost, integritet i nepromenljivost zdravstvenih podataka



Bezbednost, integritet i nepromenljivost zdravstvenih podataka

Bezbednost, integritet i nepromenljivost podataka predstavljaju ključne karakteristike blokčejna u zdravstvu.

Nakon evidentiranja zdravstvenog zapisa ili transakcije u blokčejn sistemu, podaci se više ne mogu menjati ili brisati bez narušavanja strukture lanca blokova.

Ovo je posebno značajno prilikom provere porekla podataka, identifikacije učesnika koji je izvršio unos, vremena nastanka zapisa i praćenja svih aktivnosti nad medicinskom dokumentacijom.

Blokčejn doprinosi većoj bezbednosti, transparentnosti, autentičnosti i pouzdanosti zdravstvenih podataka, uz smanjenje mogućnosti manipulacije medicinskom dokumentacijom.

Transparentnost zdravstvenih transakcija

U zdravstvenom ekosistemu blokčejn omogućava:

- transparentno i pouzdano evidentiranje različitih transakcija,
- veće poverenje između učesnika,
- smanjenje administrativnih nesporazuma i
- efikasnije upravljanje zdravstvenim procesima.

Transakcije mogu uključivati razmenu podataka između pacijenata, lekara, laboratorija, apoteka, zdravstvenih ustanova, osiguravajućih kuća i istraživačkih institucija.

Transparentnost u blokčejn sistemima ne podrazumeva javnu dostupnost zdravstvenih podataka, već postojanje proverljivog i sledljivog zapisa o tome kada je određena transakcija izvršena, ko je učestvovao u procesu i pod kojim uslovima je pristup ostvaren.

Sigurnost i privatnost zdravstvenih podataka

U zdravstvu je sigurnost podataka posebno važna, jer medicinski podaci pripadaju najosetljivijim kategorijama ličnih informacija.

Blokčejn omogućava da se pristup podacima kontroliše kroz digitalne identitete, pametne ugovore i pravila pristupa.

Pacijent može dati ili povući dozvolu određenom lekaru, farmaceutu, laboratoriji ili drugom učesniku sistema.

Na ovaj način se povećava poverenje jer se svaka interakcija može evidentirati, a korisnik ima jasniji uvid u to ko koristi njegove podatke i u koju svrhu.

Elektronski zdravstveni karton: EHR

Elektronski zdravstveni karton (Electronic Health Record – EHR) predstavlja digitalni zdravstveni zapis koji vode zdravstvene ustanove i zdravstveni radnici radi evidencije i upravljanja medicinskim podacima pacijenata.

EHR može sadržati:

- podatke o pregledima i dijagnozama,
- laboratorijske nalaze i radiološke izveštaje,
- terapije, e-recepte i e-upute,
- podatke o alergijama i vakcinaciji,
- istoriju hospitalizacija i medicinskih intervencija,
- druge relevantne medicinske informacije.

Ključni problemi tradicionalnih EHR sistema:

- podaci su često fragmentisani između različitih ustanova,
- otežana interoperabilnost zdravstvenih sistema,
- ograničena razmena podataka između učesnika sistema,
- zavisnost od centralizovanih baza podataka.

Uloga blokčejna u EHR-u:

- sigurnija i transparentnija razmena podataka,
- povezivanje podataka iz više zdravstvenih ustanova,
- očuvanje integriteta i sledljivosti medicinskih zapisa,
- decentralizovano upravljanje pristupom podacima,
- veća bezbednost i pouzdanost zdravstvene dokumentacije.

Personalni zdravstveni karton: PHR

Personalni zdravstveni karton (Personal Health Record – PHR) predstavlja digitalni sistem u kojem je pacijent u centru zdravstvenog ekosistema i ima veću kontrolu nad svojim zdravstvenim podacima i upravljanjem pristupom tim podacima..

PHR pacijentu omogućava pristup:

- medicinskim izveštajima i laboratorijskim nalazima,
- terapijama, e-receptima i vakcinacijama,
- podacima o alergijama i hroničnim bolestima,
- podacima sa wearable uređaja,
- osnovnim zdravstvenim, administrativnim i informacijama o zdravstvenom osiguranju.

Ključne karakteristike PHR-a su:

- veća kontrola pacijenta nad sopstvenim podacima,
- mogućnost upravljanja dozvolama pristupa podacima,
- integracija podataka iz različitih zdravstvenih ustanova,
- bolja dostupnost i razmena zdravstvenih informacija,
- aktivnije učešće pacijenta u upravljanju sopstvenim zdravljem.

Uloga blokčejna u PHR-u:

- sigurnije deljenje zdravstvenih podataka,
- transparentno upravljanje pristupom podacima,
- očuvanje privatnosti, integriteta i sledljivosti podataka,
- decentralizovano upravljanje zdravstvenim informacijama.

Razlika između EHR-a i PHR-a

EHR je primarno namenjen zdravstvenim ustanovama i medicinskom osoblju, dok PHR omogućava pacijentu aktivnije učešće u upravljanju sopstvenim zdravstvenim podacima i deljenju informacija sa različitim učesnicima zdravstvenog sistema.

EHR (Electronic Health Record)	PHR (Personal Health Record)
Fokusiran na zdravstvenu ustanovu	Fokusiran na pacijenta
Podatke vode lekari i zdravstvene ustanove	Pacijent upravlja svojim podacima
Deo informacionog sistema bolnice ili klinike	Integriše podatke iz različitih izvora
Koristi se za dijagnostiku i lečenje	Koristi se za praćenje i upravljanje sopstvenim zdravljem
Ograničena kontrola pacijenta nad podacima	Veća kontrola pacijenta nad pristupom podacima
Podaci su često fragmentisani između ustanova	Omogućava objedinjeni pregled zdravstvenih podataka

Interoperabilnost zdravstvenih sistema

Interoperabilnost predstavlja sposobnost različitih zdravstvenih informacijskih sistemov, aplikacij i servisa da medusobno razmenjuju, interpretiraju i koriste zdravstvene podatke.

U savremenom zdravstvenom ekosistemu interoperabilnost predstavlja jedan od ključnih izazova, jer:

- svaka država često razvija sopstveni nacionalni zdravstveni informacijski sistem,
- državne i privatne zdravstvene ustanove koriste različite IS i softverske alate,
- EHR i PHR sistemi često funkcionišu u različitim tehnološkim okruženjima,
- podaci nisu standardizovani niti lako dostupni između različitih ustanova.

Interoperabilnost zdravstvenih sistema

Zdravstvene ustanove mogu pripadati:

- primarnom nivou zdravstvene zaštite – domovi zdravlja, ambulate, opšta medicina,
- sekundarnom nivou – opšte bolnice i specijalističke ustanove,
- tercijarnom nivou – klinički centri, univerzitetske bolnice i visoko specijalizovane ustanove.

Zbog toga je neophodno omogućiti sigurnu i standardizovanu razmenu podataka između svih učesnika zdravstvenog sistema.

U novijim modelima za razmenu zdravstvenih podataka značajnu ulogu ima standard HL7 FHIR, koji omogućava lakšu integraciju i komunikaciju između različitih zdravstvenih informacionih sistema i digitalnih zdravstvenih servisa.

Uloga blokčejna u interoperabilnosti zdravstvenih sistema

Blokčejn može doprineti interoperabilnosti zdravstvenih sistema kroz:

- povezivanje podataka iz različitih EHR i PHR sistema,
- decentralizovano upravljanje pristupom zdravstvenim podacima,
- evidenciju i sledljivost razmene podataka između ustanova,
- sigurniju autentifikaciju i upravljanje dozvolama pristupa,
- očuvanje integriteta i transparentnosti zdravstvenih transakcija.

Interoperabilnost je posebno značajna za:

- telemedicinske i telerehabilitacione sisteme,
- mobilne zdravstvene aplikacije,
- IoT i wearable uređaje,
- sisteme za daljinski monitoring pacijenata,
- platforme za upravljanje personalnim zdravstvenim kartonima (PHR).

Telemedicina i daljinski pristup podacima

Telemedicina omogućava pružanje zdravstvenih usluga na daljinu korišćenjem digitalnih komunikacionih tehnologija.

Da bi telemedicina bila efikasna, lekar mora imati pristup relevantnim i tačnim zdravstvenim podacima pacijenta.

Uloga blokčejna u telemedicini:

- sigurna razmena zdravstvenih podataka,
- upravljanje dozvolama pristupa podacima,
- interoperabilnost između različitih zdravstvenih sistema,
- evidencija i sledljivost zdravstvenih transakcija,
- povezivanje EHR i PHR sistema.

Pacijent može dati lekaru privremeni pristup svojim nalazima, terapiji ili podacima iz PHR aplikacije.

Ovo je posebno značajno za pacijente koji putuju, žive u udaljenim mestima ili koriste usluge više različitih zdravstvenih ustanova.

IoT i nosivi uređaji u zdravstvu

Internet inteligentnih uređaja (IoT) u zdravstvu obuhvata pametne i nosive uređaje koji omogućavaju kontinuirano prikupljanje i praćenje zdravstvenih podataka u realnom vremenu.

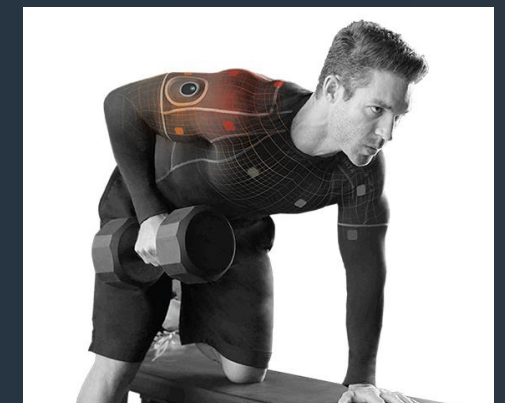
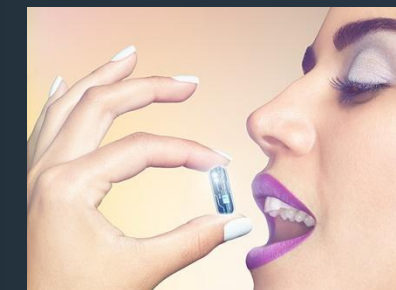
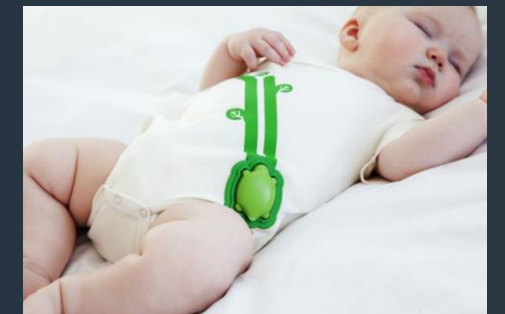
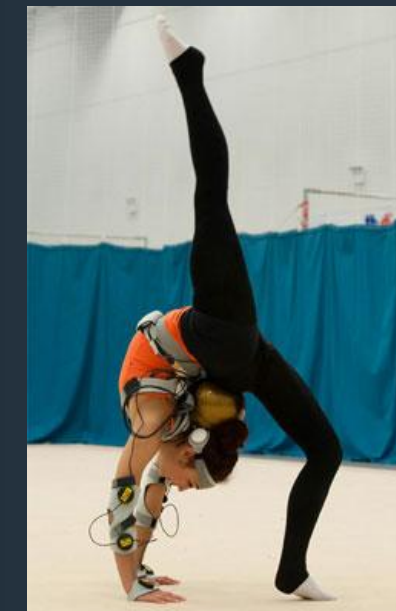
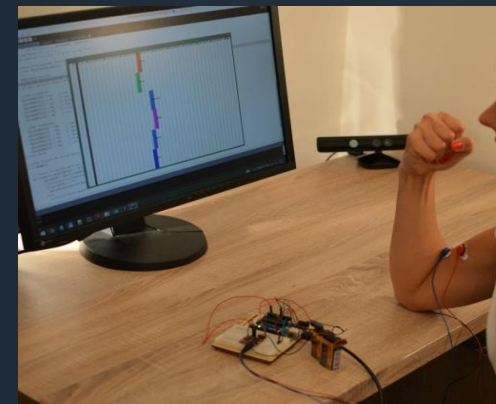
IoT uređaji mogu pratiti:

- puls i krvni pritisak,
- nivo kiseonika i šećera u krvi,
- nivo stresa i kvalitet sna,
- fizičke aktivnosti i potrošnje kalorija,
- sportske performanse, zamor mišića i oporavak nakon povreda.

Primena u zdravstvu:

- daljinski monitoring pacijenata,
- telemedicina i telerehabilitacija,
- praćenje hroničnih bolesti,
- povezivanje sa PHR i mobilnim zdravstvenim aplikacijama.

Prikupljeni podaci mogu se analizirati i bezbedno deliti sa lekarima radi efikasnijeg praćenja zdravstvenog stanja pacijenta.



EKOSISTEM ZDRAVSTVA ZASNOVAN NA BLOKČEJNU



Ekosistem zdravstva zasnovan na blokčejnu

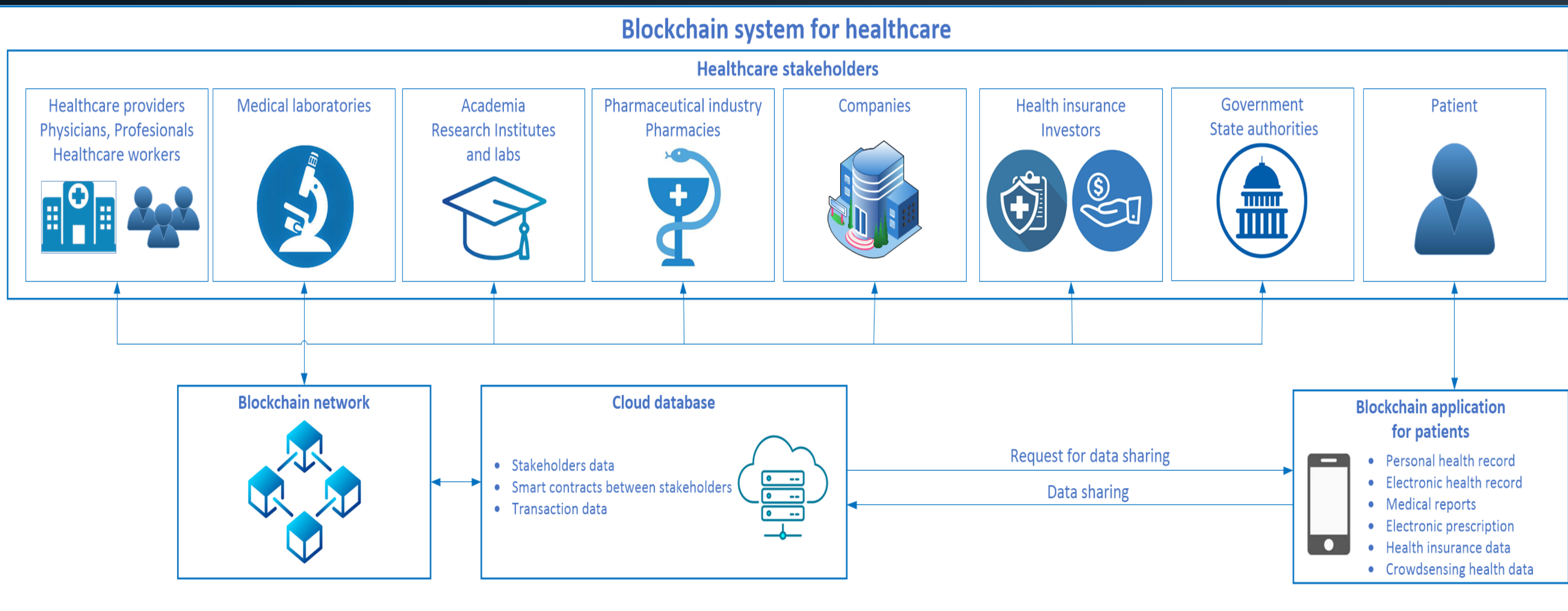
Podrazumeva međusobno povezivanje različitih učesnika kroz sigurnu i transparentnu razmenu zdravstvenih podataka i usluga. dokumentacije.

Ključne karakteristike blokčejn ekosistema:

- decentralizovana razmena zdravstvenih podataka,
- interoperabilnost između različitih sistema i aplikacija,
- transparentnost i sledljivost zdravstvenih transakcija,
- upravljanje dozvolama pristupa podacima,
- veća bezbednost i privatnost zdravstvenih informacija,
- smanjenje mogućnosti grešaka i manipulacije zdravstvenim podacima,
- povećanje poverenja između učesnika zdravstvenog sistema.

Blokčejn u ovom kontekstu predstavlja zajedničku digitalnu infrastrukturu koja omogućava sigurniju saradnju i efikasnije upravljanje zdravstvenim podacima.

Ekosistem zdravstva zasnovan na blokčejnu



Stejkholderi u ekosistemu zdravstva zasnovanom na blokčejnu

Glavni stejkholderi su:

1. pacijenti,
2. zdravstvene ustanove i lekari,
3. medicinske laboratorije,
4. apoteke i farmaceutska industrija,
5. akademska zajednica i istraživačke institucije,
6. osiguravajuće kuće,
7. državne institucije i regulatorna tela,
8. Kompanije i investitori.

Blokčejn omogućava da se interakcije i transakcije evidentiraju na siguran, transparentan i proverljiv način korišćenjem pametnih ugovora za:

1. upravljanje pristupom zdravstvenim podacima,
2. evidenciju saglasnosti pacijenata,
3. validaciju i razmenu medicinske dokumentacije,
4. proveru prava na zdravstvene usluge i osiguranje,
5. autentifikaciju i autorizaciju učesnika sistema,
6. evidenciju izdavanja recepata i terapija,
7. praćenje laboratorijskih i medicinskih izveštaja,
8. automatizaciju administrativnih i poslovnih procesa,
9. praćenje transakcija u lancu snabdevanja lekovima i medicinskom opremom,
10. evidentiranje telemedicinskih i telerehabilitacionih usluga.

Pacijenti

U savremenom zdravstvenom ekosistemu pacijent se posmatra kao aktivni učesnik koji ima veću kontrolu nad svojim zdravstvenim podacima i upravljanjem pristupom tim podacima.

Kroz PHR aplikacije pacijent može:

1. pristupati medicinskim izveštajima, nalazima i terapijama,
2. pratiti istoriju pregleda i zdravstveno stanje,
3. objediniti podatke iz različitih zdravstvenih ustanova i uređaja,
4. upravljati dozvolama pristupa zdravstvenim podacima,
5. deliti podatke sa lekarima, laboratorijama i drugim učesnicima sistema.

Zdravstvene ustanove i lekari

Kroz EHR i druge zdravstvene informacione sisteme zdravstvene ustanove i lekari mogu evidentirati različite zdravstvene podatke i medicinske aktivnosti, uključujući:

- lekarske preglede i anamneze,
- dijagnoze i istoriju bolesti,
- laboratorijske analize i radiološke izveštaje,
- terapije, medicinske tretmane i e-recepte,
- podatke o alergijama, vakcinaciji i hroničnim bolestima,
- podatke o hospitalizaciji i medicinskim intervencijama,
- podatke o rehabilitaciji i praćenju zdravstvenog stanja pacijenta,
- medicinske izveštaje i druge zdravstvene transakcije.

Povezivanjem sa blokčejn sistemom moguće je obezbediti sigurniju razmenu zdravstvenih podataka, kontrolu pristupa medicinskoj dokumentaciji, proveru ovlašćenja učesnika i evidentiranje hash vrednosti koje omogućavaju proveru autentičnosti i integriteta zdravstvenih zapisa.

Medicinske laboratorije

Medicinske laboratorije generišu nalaze koji su važni za dijagnostiku, praćenje toka bolesti i donošenje odluka o terapiji.

U blokčejn ekosistemu laboratorijski rezultati mogu biti povezani sa zdravstvenim kartonom pacijenta i dostupni lekarima samo uz odgovarajuću dozvolu.

Ovakav sistem smanjuje mogućnost gubitka nalaza, ponavljanja analiza i administrativnih grešaka.

Svaki laboratorijski rezultat može imati proverljiv trag o poreklu, vremenu nastanka i učesnicima koji su mu pristupili.

Apoteke i farmaceutska industrija

Farmaceutska industrija i apoteke imaju važnu ulogu u proizvodnji, distribuciji i izdavanju lekova.

Blokčejn omogućava:

- proveru elektronskih recepata,
- evidenciju izdavanja lekova,
- praćenje lanca snabdevanja lekovima,
- proveru porekla proizvoda,
- evidenciju uslova transporta i skladištenja.

Na ovaj način smanjuju se:

- zloupotrebe recepata,
- višestruka izdavanja istog leka,
- povećava kontrola nad korišćenjem terapije,
- smanjuje rizik od falsifikovanih ili neispravno skladištenih lekova.

Akademsko zajednica i istraživačke institucije

Akademsko zajednica i istraživačke institucije imaju važnu ulogu u razvoju inovacija i unapređenju zdravstvenog ekosistema.

Njihova uloga obuhvata razvoj novih:

- metoda lečenja,
- medicinskih uređaja,
- informacionih sistema i softverskih alata za podršku dijagnostici, medicinskom odlučivanju, administrativnim procesima i upravljanju zdravstvenim podacima.

Istraživačke institucije koriste zdravstvene podatke za sprovođenje kliničkih i naučnih istraživanja, analizu efikasnosti terapija i razvoj personalizovane medicine.

Blokčejn može omogućiti sigurnije deljenje i razmenu anonimizovanih zdravstvenih podataka između istraživačkih centara, zdravstvenih ustanova i univerziteta, uz očuvanje privatnosti pacijenata i proveru integriteta podataka.

Osiguravajuće kuće

Blokčejn omogućava osiguravajućim kućama sigurniju i transparentniju obradu zdravstvenih transakcija i administrativnih procesa, uključujući:

- proveru podataka o polisama i statusu osiguranja,
- evidenciju izvršenih zdravstvenih usluga,
- obradu zahteva za refundaciju i nadoknadu troškova,
- proveru prava pacijenata na određene zdravstvene usluge,
- autentifikaciju učesnika i proveru ovlašćenja pristupa podacima,
- evidenciju saglasnosti pacijenata za korišćenje zdravstvenih podataka,
- smanjenje administrativnih grešaka i zloupotreba,
- transparentnije praćenje zdravstvenih i finansijskih transakcija između osiguravajućih kuća, pacijenata i zdravstvenih ustanova.

Državne institucije i regulatorna tela

Državne institucije i regulatorna tela imaju važnu ulogu u:

1. definisanju pravila za razmenu i obradu zdravstvenih podataka,
2. kontroli usklađenosti sa zakonima i regulatornim standardima,
3. zaštiti privatnosti i bezbednosti zdravstvenih informacija,
4. uspostavljanji standarda interoperabilnosti između zdravstvenih sistema,
5. nadzoru nad pristupom i korišćenjem zdravstvenih podataka,
6. regulisanju elektronskih recepata, digitalnih identiteta i zdravstvenih transakcija,
7. podršci transparentnom i etičkom korišćenju zdravstvenih tehnologija.

Kompanije i investitori

Kompanije i investitori imaju važnu ulogu u razvoju i finansiranju digitalnih zdravstvenih rešenja i modernizaciji zdravstvenog ekosistema.

Njihova uloga obuhvata razvoj i ulaganje u:

- PHR i EHR platforme,
- IoT i wearable uređaje za praćenje zdravstvenog stanja,
- AI modele za podršku dijagnostici i medicinskom odlučivanju,
- cloud infrastrukturu za obradu zdravstvenih podataka,
- blokčejn sisteme za sigurnu evidenciju i razmenu zdravstvenih transakcija,
- telemedicinske i telerehabilitacione platforme.

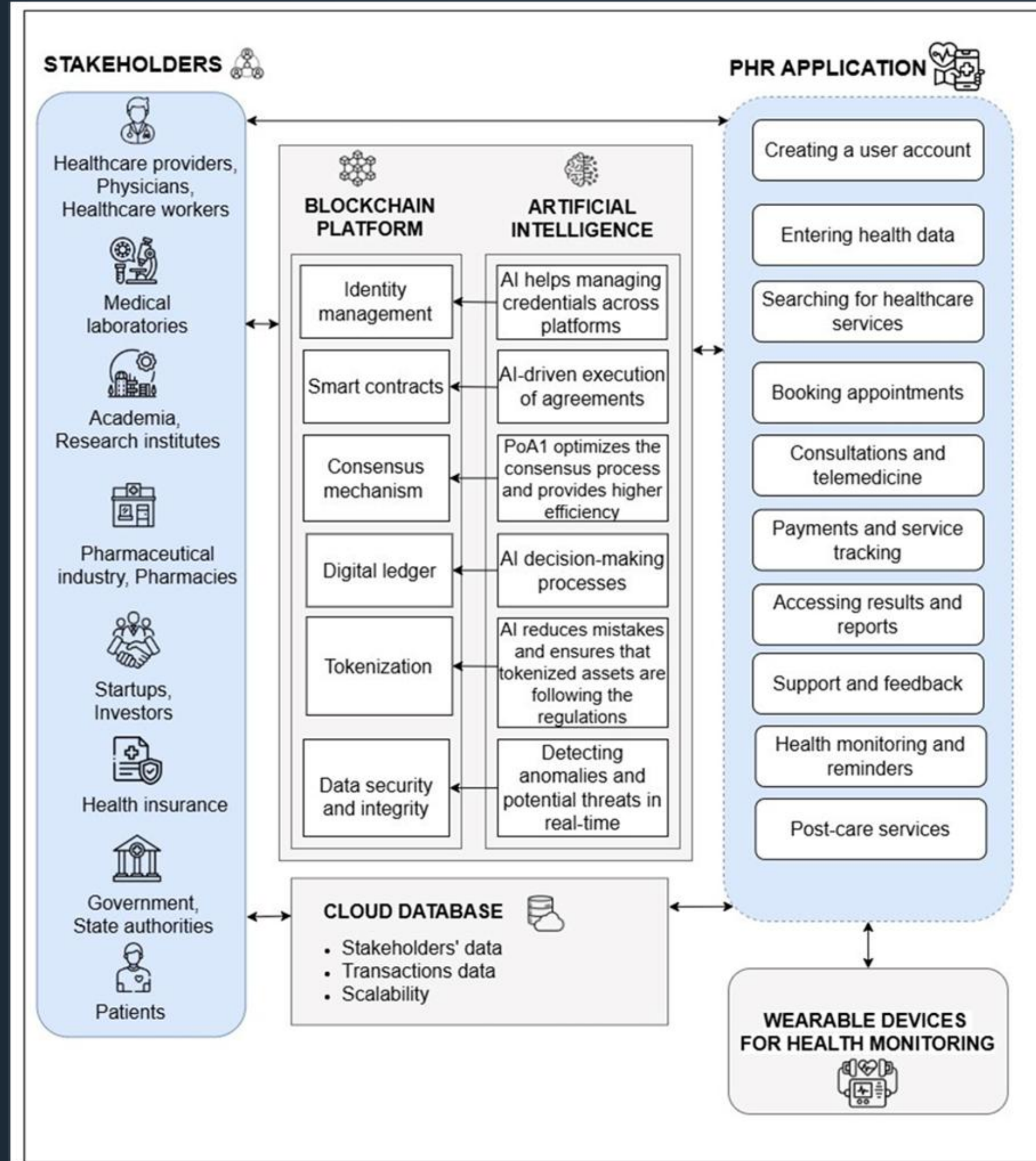
Biznis ideja: Razvoj PHR aplikacije zasnovane na blokčejnu, koja omogućava pacijentima da na jednom mestu čuvaju, prate, upravljaju i dele svoje zdravstvene podatke sa lekarima, laboratorijama, apotekama, osiguravajućim kućama i drugim ovlašćenim učesnicima.

Partneri: Zdravstvene ustanove Lekari i medicinsko osoblje Medicinske laboratorije Apoteke i farmaceutske kompanije Zdravstveno osiguranje Istraživačke institucije Državne i regulatorne institucije IoT/wearable proizvođači Cloud provajderi Blockchain provajderi IT i AI/Big Data partneri Pacijenti	Ključne aktivnosti: Razvoj i održavanje PHR aplikacije Integracija sa EHR/HIS sistemima Upravljanje pristupom podacima Razvoj i testiranje pametnih ugovora Evidentiranje transakcija na blokčejnu Integracija sa IoT i wearable uređajima Obrada i analiza zdravstvenih podataka Obezbeđivanje privatnosti i sigurnosti Edukacija pacijenata i zdravstvenih radnika Saradnja sa zdravstvenim i regulatornim institucijama	Vrednost za zainteresovane strane: Objedinjeni zdravstveni podaci Veća kontrola pacijenta nad zdravstvenim podacima Sigurna razmena podataka Smanje i eliminacija dupliranih analiza, grešaka i manipulacija Bolji pristup lekarima Podrška telemedicini i telerehabilitaciji	Odnos sa korisnicima: Personalizovan pristup zdravstvenim podacima Kontrola dozvola za pristup podacima Mogućnost davanja i povlačenja saglasnosti Obaveštenja i podsetnici za korisnike Korisnička podrška kroz aplikaciju Edukacija o korišćenju PHR aplikacije Transparentan uvid pristupa podacima	Segmenti kupaca: Pacijenti koji žele da upravljaju svojim zdravstvenim podacima Hronični pacijenti Pacijenti u procesu rehabilitacije Korisnici wearable uređaja Lekari i medicinsko osoblje Zdravstvene ustanove Medicinske laboratorije Apoteke i farmaceutska industrija Osiguravajuće kuće Istraživačke institucije Državne institucije
	Ključni resursi: PHR aplikacija Blokčejn mreža Pametni ugovori Cloud infrastruktura IoT uređaji Medicinski podaci AI/Big Data modeli Razvojni tim		Kanali: Mobilna aplikacija Veb aplikacija PHR platforma Zdravstvene ustanove Laboratorije i apoteke Telemedicinski servisi Integracija sa IoT/wearable uređajima Osiguravajuće kuće Direktna edukacija i obuke korisnika	

Struktura troškova: Razvoj i održavanje PHR aplikacije, Razvoj pametnih ugovora, Cloud infrastruktura i hosting, Blockchain transakcije i održavanje mreže, Integracija sa EHR/HIS sistemima, Integracija sa IoT i wearable uređajima, IT bezbednost i zaštita podataka, Sigurnosni audit i testiranje sistema, Edukacija korisnika i zdravstvenih radnika, Marketing i korisnička podrška, Pravni troškovi i usklađivanje sa regulativom	Izvori Prihoda: Premium funkcionalnosti, pretplate ustanova, integracije sa osiguranjem i EHR/HIS sistemima, telemedicina, telerehabilitacija, blockchain-as-a-service, anonimizovana analitika uz saglasnost, istraživačka partnerstva i subvencije.
---	---

➔ Model zdravstvenog ekosistema zasnovan na inovativnim tehnologijama

- **Blokčejn** omogućava upravljanje identitetima, razmenu podataka i izvršavanje pametnih ugovora kroz PHR decentralizovanu aplikaciju, u kojoj se čuvaju i dele zdravstveni podaci pacijenata uz kontrolisan pristup.
- **AI** unapređuje sistem kroz analizu podataka, optimizaciju uslova za izvršavanje pametnih ugovora i podršku donošenju odluka, čime povećava tačnost i efikasnost transakcija na blokčejnu. Može doprineti prediktivnoj analitici, personalizovanim preporukama, prepoznavanju rizika i podršci u dijagnostici
- **IoT** omogućava kontinuirano prikupljanje zdravstvenih podataka putem nosivih uređaja i njihovu integraciju u PHR aplikaciju za praćenje stanja u realnom vremenu.
- **Cloud** i hibridni model skladištenja omogućavaju čuvanje osetljivih podataka van blokčejna (off-chain), dok se na blokčejnu čuvaju samo heš vrednosti i metapodaci, čime se obezbeđuju skalabilnost, privatnost i integritet podataka.
- **Big Data** omogućava obradu i analizu velikih količina zdravstvenih podataka radi generisanja uvida i unapređenja zdravstvenih usluga.
- **HL7 FHIR standard** se koristi kako bi se omogućila interoperabilnost u razmeni podataka.



DECENTRALIZOVANE APLIKACIJE



Decentralizovane aplikacije

Decentralizovane aplikacije (dApps) predstavljaju aplikacije koje koriste distribuiranu infrastrukturu umesto potpuno centralizovanog servera.

dApps koriste pametne ugovore za izvršavanje pravila i transakcija.

Korisnicima omogućavaju:

- davanje dozvole za pristup podacima,
- praćenje transakcija,
- uvid u celokupnu zdravstvenu dokumentaciju,
- potvrđivanje određenih aktivnosti.

Decentralizovana PHR aplikacija

Decentralizovana PHR aplikacij omogućava pacijentu da:

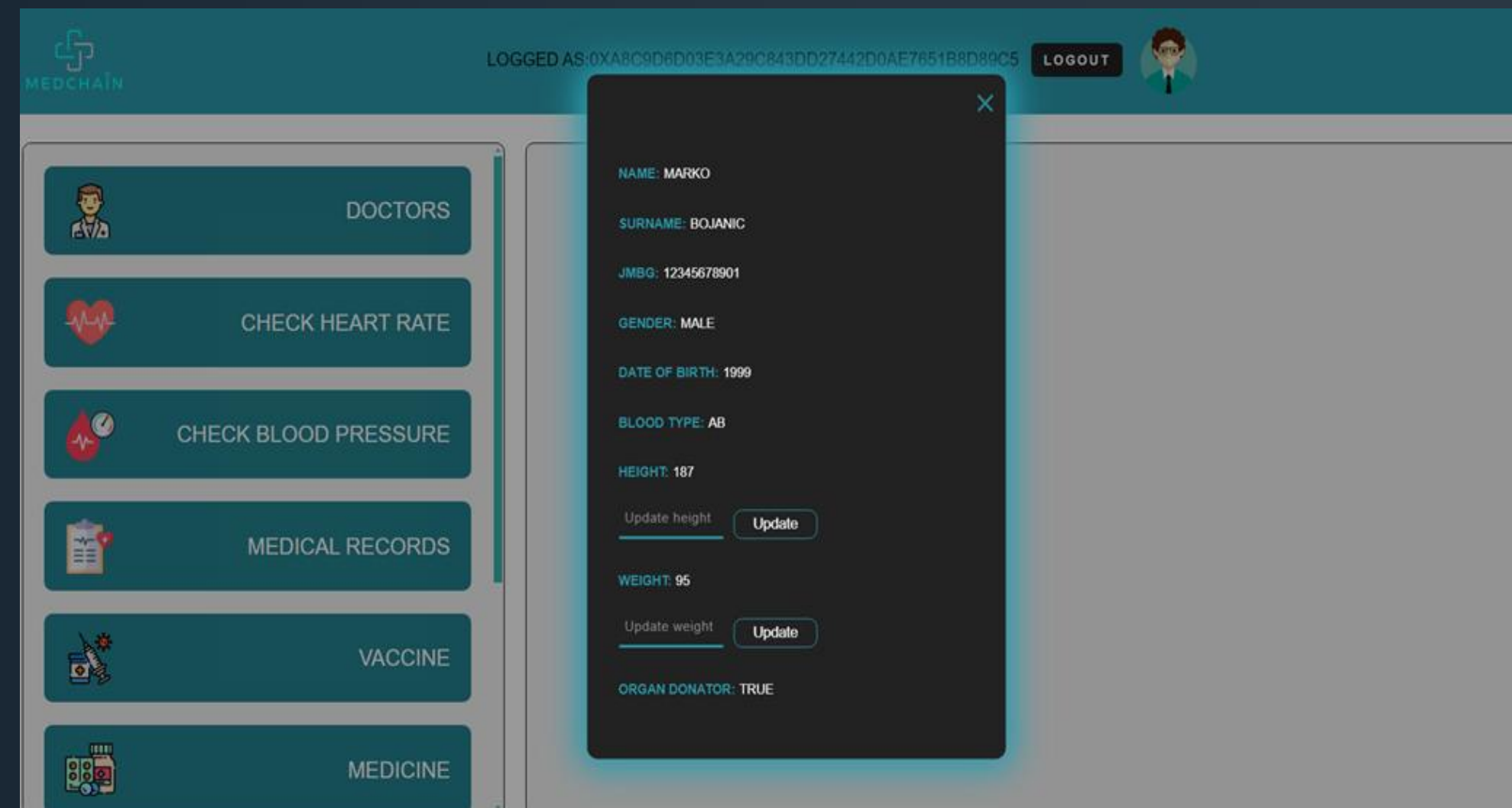
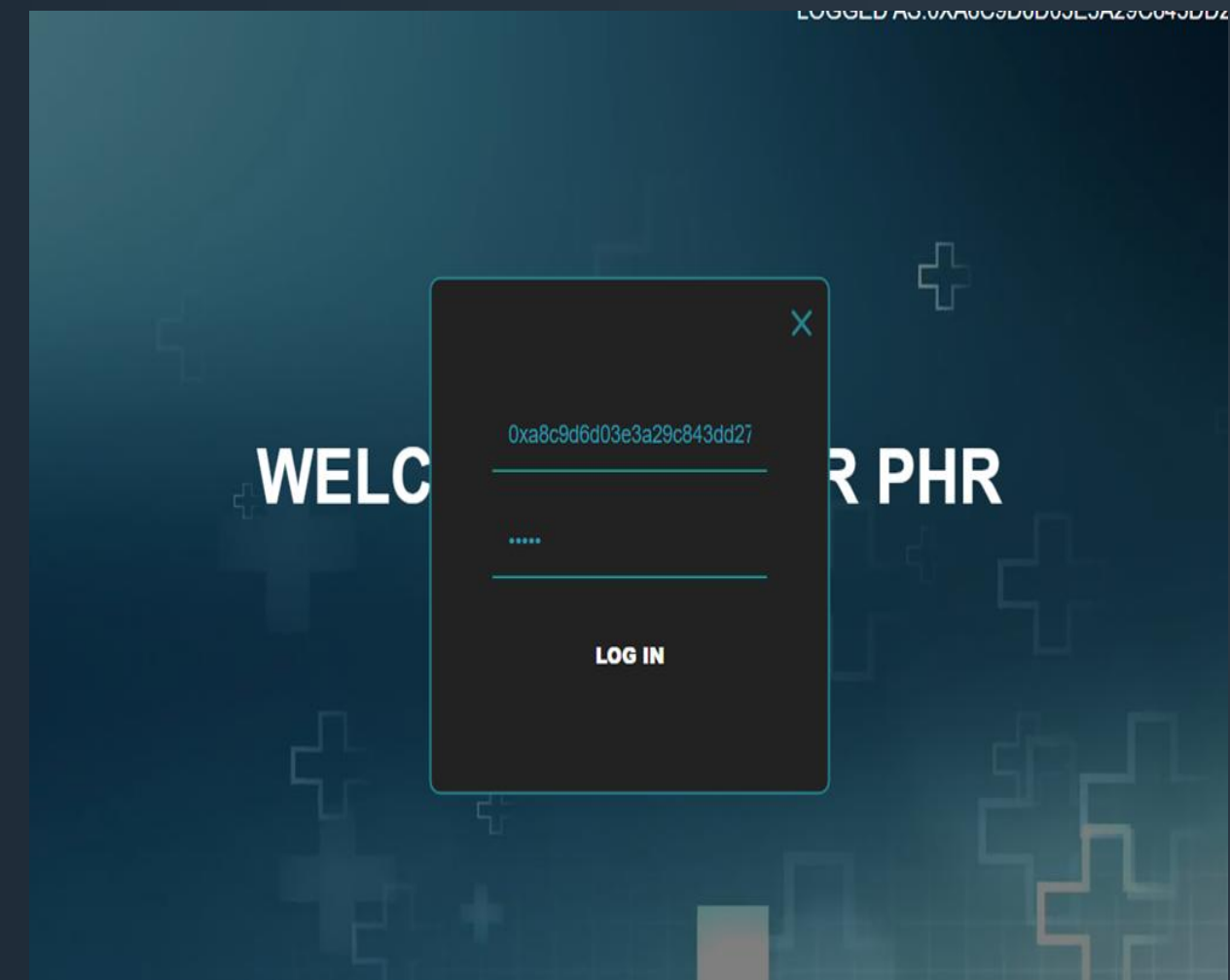
- elektronski čuva, pregleda i deli zdravstvene podatke,
- objedinjuje podatke iz različitih izvora – bolnica, laboratorija, apoteka, osiguravajućih kuća i nosivih uređaja,
- prati medicinske izveštaje, analize, terapije i zdravstvene parametara u realnom vremenu,
- kontroliše pristup podacima i odlučuje kome će omogućiti pristup,
- smanjuje zavisnost od jednog informacionog sistema ili zdravstvene ustanove,
- omogućava objedinjeni pregled zdravstvenog na jednom mestu.

Lekar može dobiti pristup relevantnim nalazima, laboratorija može dodati rezultate analiza, farmaceut može dobiti uvid u recept, a osiguravajuća kuća može obraditi podatke potrebne za pokriće troškova.

Osnovni podaci pacijenta

Jedna od osnovnih funkcionalnosti PHR aplikacije jeste prikaz osnovnih informacija o pacijentu:

- Ime i prezime,
- datum rođenja,
- krvna grupa,
- visina i težina,
- identifikacioni broj,
- status donora organa.



Upravljanje pristupom lekara

PHR omogućava pacijentu da doda ili promeni glavnog lekara, upravlja listom zdravstvenih radnika koji imaju pristup njegovim medicinskim podacima.



LOGGED AS:0XA8C9D6D03E3A29C843DD27442D0AE7651B8D89C5 [LOGOUT](#) 

DOCTORS

CHECK HEART RATE

CHECK BLOOD PRESSURE

MEDICAL RECORDS

VACCINE

MEDICINE

MAIN DOCTOR: PETROVIC/ALJOSA /0X01307A0DAC9CB05BBC51D5E0F016DD47AFB0DAD4/
SELECT GENERAL PRACTITIONER:

SPAJIC/PETRA /0X03C8A4C31A431EF5E1A721574C1564D2DD777A9A

SAVE MAIN DOCTOR

CHOOSE MEDICAL PERSON TO SHARE DATA:

GENERAL_PRACTITIONER MARIC/MIODRAG /0X2D1AAE5406648EA8D5839CC33946D94883505C26

SHARE DATA

CHOOSE MEDICAL PERSON TO EXCLUDE:

LAB TECHNICIAN JANKOVIC/SASA /0XAC220E3F9F3F47EDD5DCCACE67956D99E8EA9D96

EXCLUDE

Role name	Last name	First name	Adress
lab technician	Jankovic	Sasa	0xaC220E3F9f3F47eDd5dCCAcE67956D99e8EA9d96
pharmacist	Slavkovic	Maja	0x521D9eC458984ABBa44cFCdd764E693D0F4fB00d
general practitioner	Spajic	Petra	0x03cBa4C31a431EF5e1a721574c1564D2dD777A9A
cardiologist	Janketic	Milena	0xd1aa585162d6913FB47F48e1460852e306251121
pharmacist	Bozic	Evica	0x68060D767Fa07C34cF3fCb69d788873aBe49D491

Medicinski izveštaji u PHR aplikaciji

Panel za medicinske izveštaje omogućava pacijentu da pregleda svoje nalaze i izveštaje na organizovan način kroz filtriranje prema datumu ili dijagnozi.

LOGGED AS:0XA8C9D6D03E3A29C843DD27442D0AE7651B8D89C5

LOGOUT

CHECK BLOOD PRESSURE

MEDICAL RECORDS

VACCINE

MEDICINE

LABORATORY

APPOINTMENTS

Medical Records

CHOOSE DATE:

dd. mm. yyyy.

SELECT REPORT:

A053 - INTOXICATIO ALIMENTARIA PER VIBRIONEM PARAHAEMOLYTICAM

SHOW RECORDS BY DATE

SHOW RECORDS BY DIAGNOSIS

SHOW ALL RECORDS

Diagnosis	Date
-----------	------

dd. mm. yyyy.

SELECT REPORT:

A053 - INTOXICATIO ALIMENTARIA PER VIBRIONEM PARAHAEMOLYTICAM

SHOW RECORDS BY DATE

SHOW RECORDS BY DIAGNOSIS

SHOW ALL RECORDS

Diagnosis	Date	
AO53 - Intoxicatio alimentaria per Vibionem parahaemolyticam	28. 3. 2024. 12:09:48	DETAILS
A25 - Febris post morsum muris	28. 3. 2024. 12:35:36	DETAILS
A25 - Febris post morsum muris	28. 3. 2024. 12:36:12	DETAILS
A923 - Febris West Nile	28. 3. 2024. 12:38:36	DETAILS
F321 - Episodium depressivum, gradus moderat	28. 3. 2024. 12:40:36	DETAILS
Z010 - Examination of ears and hearing	28. 3. 2024. 12:42:36	DETAILS
J00 - Nasopharyngitis acuta	28. 3. 2024. 12:44:12	DETAILS
A220 - Anthrax cutaneus	28. 3. 2024. 12:49:36	DETAILS
A25 - Febris post morsum muris	28. 3. 2024. 12:51:00	DETAILS
Z010 - Examination of ears and hearing	28. 3. 2024. 12:55:48	DETAILS

Detaljan prikaz zdravstvenog zapisa

Omogućava pacijentu da vidi informacije o konkretnom medicinskom izveštaju, dijagnozi, terapiji i receptu.

U aplikaciji pacijent može odrediti i farmaceuta koji dobija dozvolu da vidi recept povezan sa određenim izveštajem.

Pametni ugovori omogućavaju:

- izbor glavnog lekara,
- dodelu pristupa farmaceutu,
- pregled recepta,
- upravljanje zdravstvenim transakcijama.

The screenshot displays the MedChain application interface. The top header is teal with the MedChain logo on the left and a user login status on the right: "LOGGED AS 0xA8C9D6D03E3A29C843DD27442D0AE7651B8D89C5" with a "LOGOUT" button and a user profile icon.

The main content area is divided into two panels. The left panel is a sidebar with six teal buttons, each with an icon and a label: "CHECK HEART RATE" (heart icon), "CHECK BLOOD PRESSURE" (blood pressure icon), "MEDICAL RECORDS" (document icon), "VACCINE" (vaccine icon), "MEDICINE" (pill bottle icon), and "LABORATORY" (microscope icon).

The right panel, titled "Medical Record Details", shows the "PATIENT ADDRESS:" section. It contains a light blue box with the following information:

- Record id: 1
- Patient: 0xA8C9D6D03E3A29C843DD27442D0AE7651B8D89C5
- Type of record: A053 - Intoxicatio alimentaria per Vibrionem parahaemolyticum
- Description: Symptoms of Vibrio parahaemolyticus infection may include watery diarrhea, abdominal cramps, nausea, vomiting, fever, and chills. The diagnosis typically involves a combination of clinical presentation, laboratory testing, and history of recent consumption of raw or undercooked seafood, particularly shellfish. Testing may include stool cultures, which can confirm the presence of Vibrio parahaemolyticus.
- Recipe: OMEPROL, blister, 15 - 20 mg, one per day; PANRAZOL, blister, 14 - 40 mg, three times per week.
- Date of record: 28. 3. 2024. 12:09:48
- Doctor writing this report: 0x01307a0Dac9Cb05bBc51D5e0F016dD47A1B0daD4
- Pharmacist who can see recipe: 0x521D0eC458964AB8a44cFCdd764E693D0F4fB00d

Below the light blue box, there is a text input field labeled "Enter a pharmacist with access" and two buttons: a green "Save" button and a red "Cancel" button.

Tehnologije korišćene za razvoj PHR aplikacije

Frontend PHR aplikacije razvijen je u React framework-u.
Za povezivanje sa blokčejnom koriste web3 biblioteke i MetaMask novčanik.

B2C pametni ugovori su razvijeni u Solidity programskom jeziku i testirani na Ethereum test mreži Sepolia.

Request for
transaction

Realisation of
transaction



User confirms
transaction



MAIN DOCTOR: PETROVIC/ALJOSA /0X01307A0DAC9CB05BBC51D5E0F016DD47AFB0DA4/
SELECT GENERAL PRACTITIONER:

SPAJIC/PETRA /0X03CBA4C31A431EF5E1A721574C1564D2DD777A9A

SAVE MAIN DOCTOR

CHOOSE MEDICAL PERSON TO SHARE DATA:

CARDIOLOGIST JANKETIC/MILENA /0XD1AA585162D6913FB47F48E1460852E306251121

Role name	Last name	First name	Adress
lab technician	Jankovic	Sasa	0xaC220E3F9f3F47eDd5dCc
general practitioner	Petrovic	Aljosa	0x01307a0Dac9Cb05bBc51D
general practitioner	Spajic	Petra	0x03cBa4C31a431EF5e1a72

MetaMask

Sepolia test network

Account 1 → 0x3f869.....

http://localhost:3000

0x3f869...ECf14 : UGOVORNA INTERAKCIJA ⓘ

ДЕТАЉИ HEX

Estimated fee

0.00017391 SepoliaETH

Market -30 sec Max fee: 0.00018955 SepoliaETH

Ukupno

0.00017391 SepoliaETH

Amount + gas fee

0.00018955 SepoliaETH

Одбиј Потврди

DOCTORS

CHECK HEART RATE

CHECK BLOOD PRESSURE

MEDICAL RECORDS

VACCINE

MEDICINE

MAIN DOCTOR: PETROVIC/ALJOSA /0X01307A0DAC9CB05BBC51D5E0F016DD47AFB0DA4/
SELECT GENERAL PRACTITIONER:

SPAJIC/PETRA /0X03CBA4C31A431EF5E1A721574C1564D2DD777A9A

SAVE MAIN DOCTOR

CHOOSE MEDICAL PERSON TO SHARE DATA:

GENERAL_PRACTITIONER MARIC/MIODRAG /0X2D1AAE5406648EA8D5839CC33946D94883505C26

SHARE DATA

Role name	Last name	First name	Adress
lab technician	Jankovic	Sasa	0xaC220E3F9f3F47eDd5dCCAcE67956D99e8EA9d96
general practitioner	Petrovic	Aljosa	0x01307a0Dac9Cb05bBc51D5e0F016d47AfB0daD4
general practitioner	Spajic	Petra	0x03cBa4C31a431EF5e1a721574c1564D2d777A9A
cardiologist	Janketic	Milena	0xd1aa585162d6913FB47F48e1460852e306251121

MetaMask • ynпao

Confirmed transaction

Transaction 143 confirmed! View on Sepolia Etherscan

Pametni ugovori u PHR aplikaciji

Patient.sol - with some of its functions

```
contract Patient{
    address private id_account; //address of patient
    string private first_name; //first name of patient
    string private last_name; //last name of patinet
    string private password; //password
    string private gender; //gender {male,female}
    string private year_of_birth; // in format {1999}
    string private unique_in; //JMBG
    string private blood_type; // {A+, A-, B+, B-, AB+, AB-, O+, O-}
    string private height; // in format 185 (measure will be cm)
    string private weight; // in fromat 80 (measur will be kg)
    address private mainDoctor; // address of the patient's main doctor
    address[] private medical_persons_with_access; // list of the medical persons which can see patient's medical records
    EmergencyPerson private emergencyPerson; //a person who will be contacted if it is neccessary to make a decision instead of patient
    Insurance[] private insurances; //list of insurances which patinet takes
    Immunisation[] private immunisations; //list of immunisations which patient got
    bool private donor; //if patient is donor {true, false}
    string[] private donations; // list of organs which patient will donate
    MedicalRecord[] private medicalRecords; //list of insurances which patinet takes
    HeartRate[] private heartRateList; //list of heart rate records
    BloodPressure[] private bloodPressureList; //list of blood pressure records
    uint256 counterMedicalRecord = 0;

    struct EmergencyPerson{ ...
    }
    struct HeartRate{ ...
    }
    struct BloodPressure{ ...
    }
    struct Insurance{ ...
    }
    struct Immunisation{ ...
    }
    struct Immunisation{ ...
    }

    struct MedicalRecord{
        uint256 id; // unique identification number of medical record
        string typeOfRecord; //da li je operacija, alergija, hronicna bolest, povreda
        string description; //doktorova zapazanja
        address doctorSignature; //adresa doktora koji je napravio record
        uint256 date_time_of_record; //datum kada je napravljen record
        string recipe; // recept
        address patient; // address of patiente
        address medicalPersonWhoCanSeeRecipe; //person in pharmacy who can see patiente's recipe
    }
```

```
contract MedicalPerson{
    address private medicalPersonAccount; //address of medical person
    string private first_name; //first name of doctor
    string private last_name; //last name of doctor
    string private roleName; //position of the doctor

    constructor(address _medicalPersonAccount,string memory _first_name,string memory _last_name,string memory _roleName){
    }

    function getMedicalPersonAccount() public view returns(address){
        return medicalPersonAccount;
    }

    function setMedicalPersonAccount(address _medicalPersonAccount) public{
        medicalPersonAccount = _medicalPersonAccount;
    }

    function getMedicalPersonFirstName() public view returns(string memory){
        return first_name;
    }

    function setMedicalPersonFirstName(string memory _first_name) public{
        first_name = _first_name;
    }

    function getMedicalPersonLastName() public view returns(string memory){
        return last_name;
    }

    function setMedicalPersonLastName(string memory _last_name) public{
        last_name = _last_name;
    }

    function getMedicalPersonRole() public view returns(string memory){
        return roleName;
    }

    function setMedicalPersonRole(string memory _roleName) public{
        roleName = _roleName;
    }
}
```

MedicalPerson.sol - with some of its functions

MedicalRecord.sol - with some of its functions

```
contract MedicalRecord{
    uint256 private id; // unique identification number of medical record
    string private typeOfRecord; //da li je operacija, alergija, hronicna bolest, povreda
    string private description; //doktorova zapazanja
    address private doctorSignature; //adresa doktora koji je napravio record
    string private date_time_of_record; //datum kada je napravljen record
    string private recipe; // recept
    address private patient; // address of patiente
    address private doctorWhoCanSeeRecipe; //person in pharmacy who can see patiente's recipe

    constructor(uint _id, string memory typeOfRec, string memory desc, address docSignature, address _patient,string memory _date_time_of_record,string memory _recipe){
        id = _id;
        typeOfRecord = typeOfRec;
        description = desc;
        doctorSignature = docSignature;
        date_time_of_record = _date_time_of_record;
        patient = _patient;
        recipe = _recipe;
    }

    function getID() public view returns(uint256){
        return id;
    }

    function getTypeOfRecord() public view returns(string memory){
        return typeOfRecord;
    }

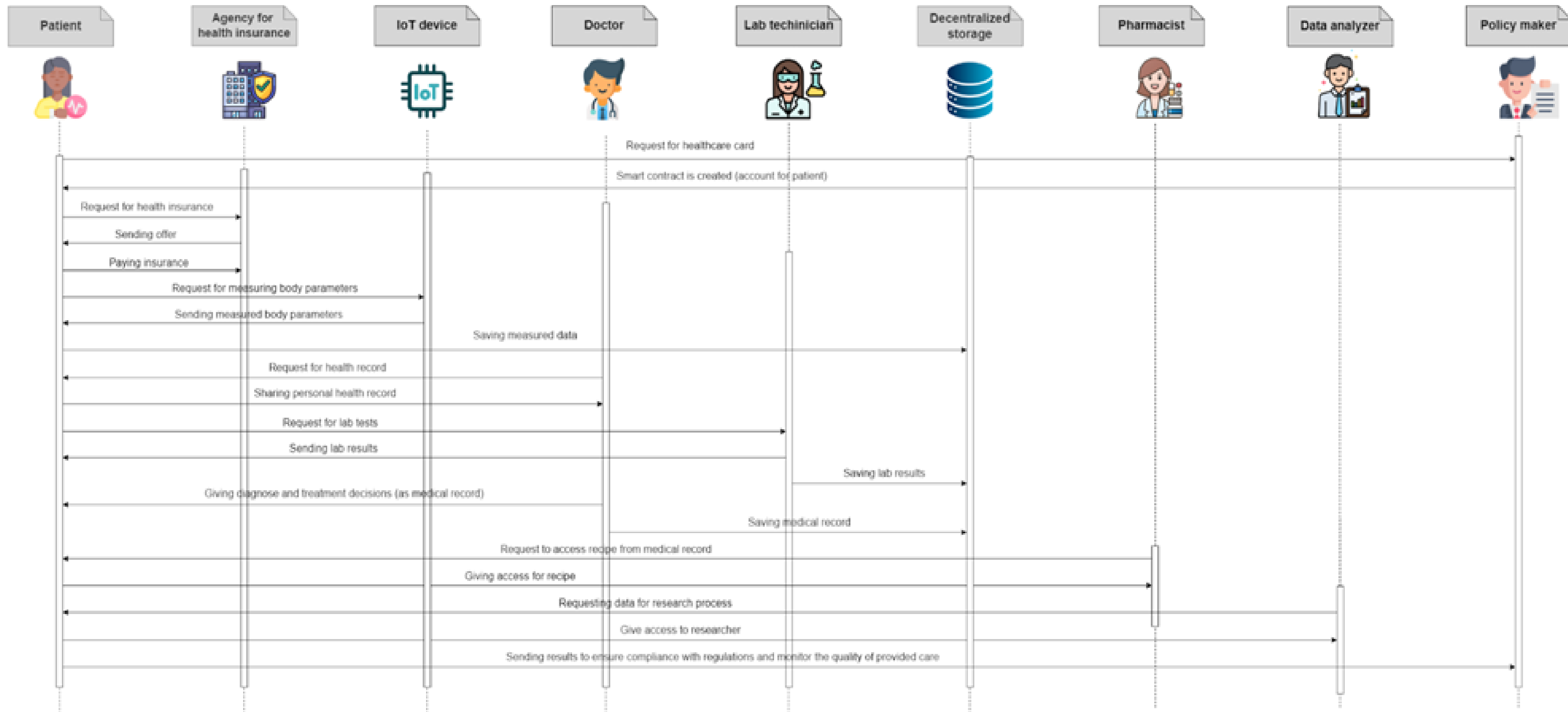
    function setTypeOfRecord(string memory tyOR) public {
        typeOfRecord = tyOR;
    }

    function getDescription() public view returns(string memory){
        return description;
    }

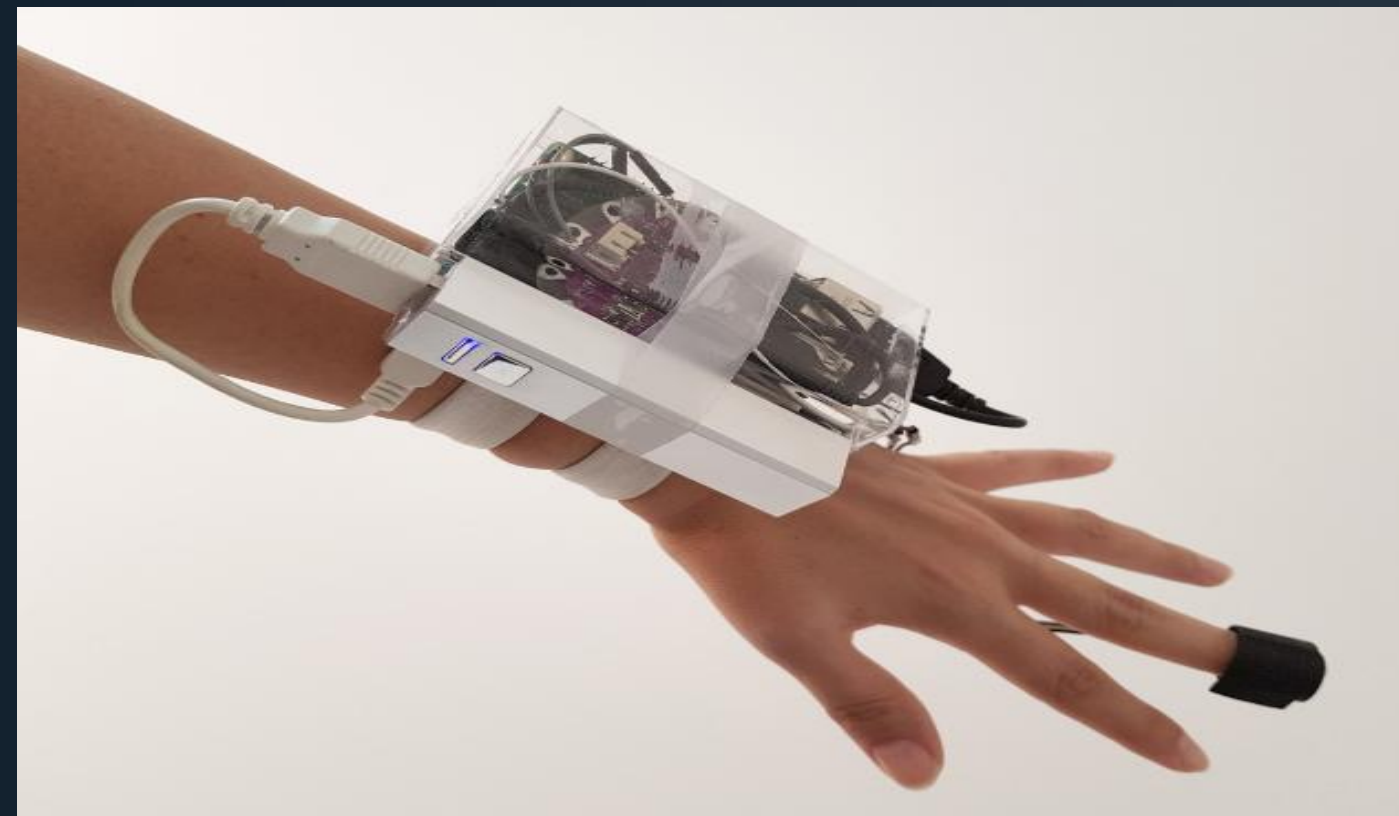
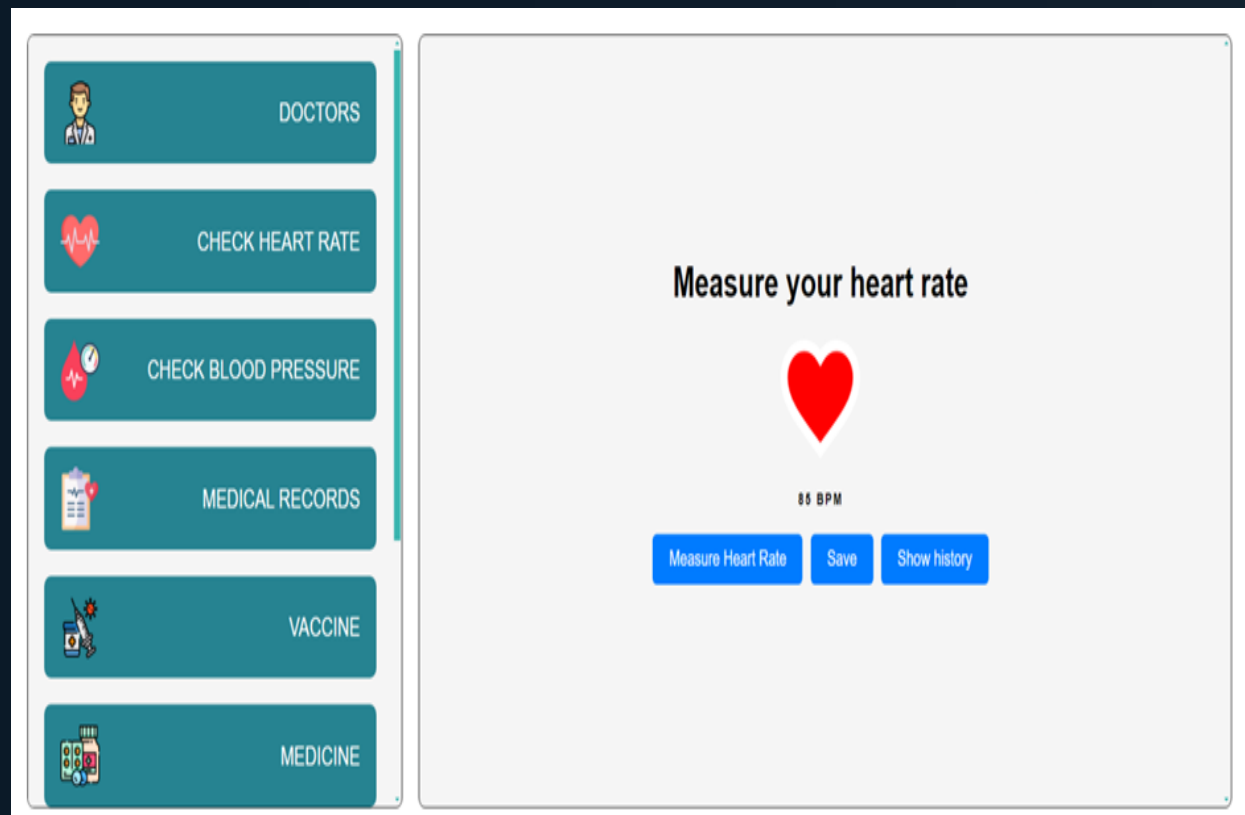
    function setDescription(string memory desc) public {
        description = desc;
    }

    function getDoctorSignature() public view returns(address){
        return doctorSignature;
    }
}
```

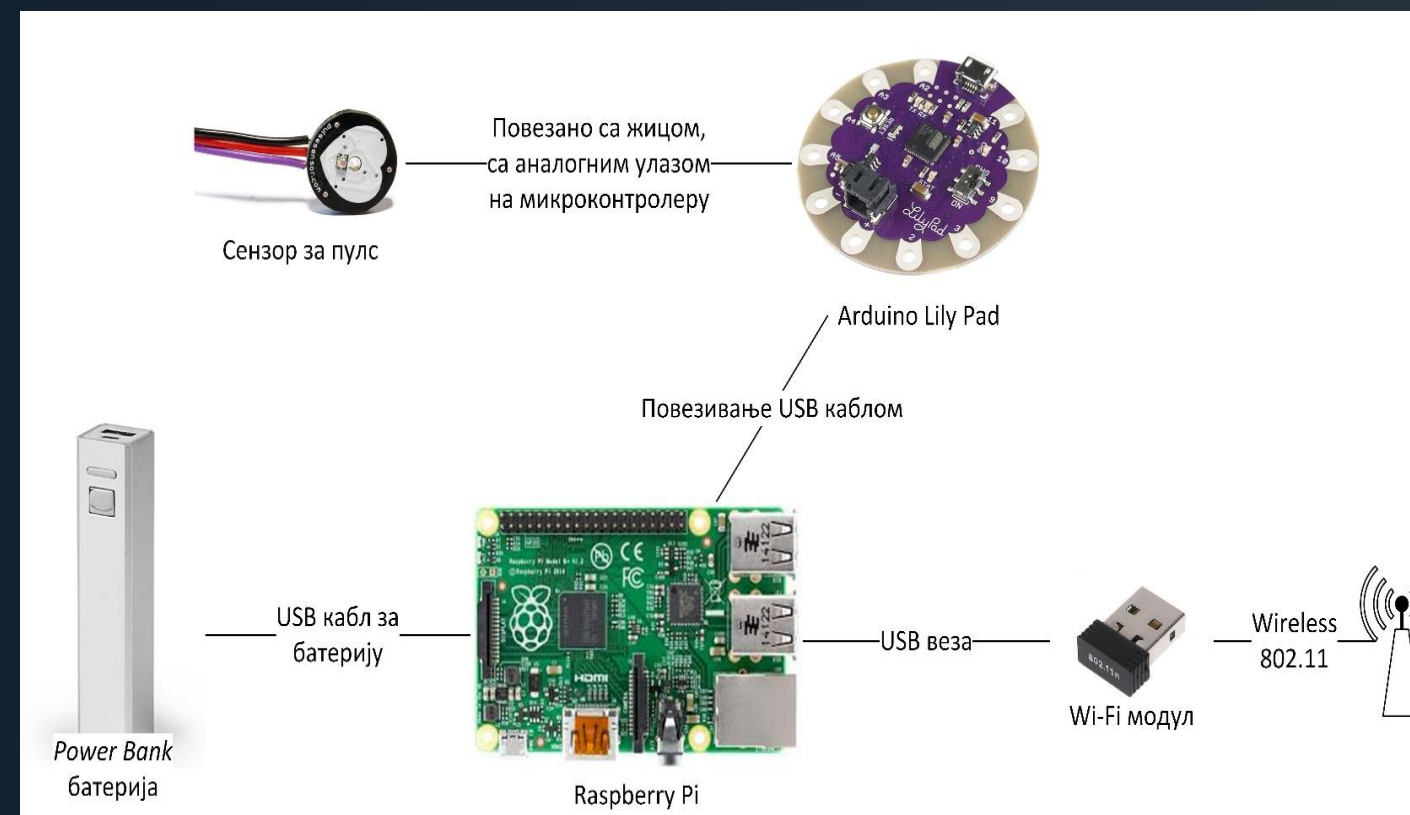
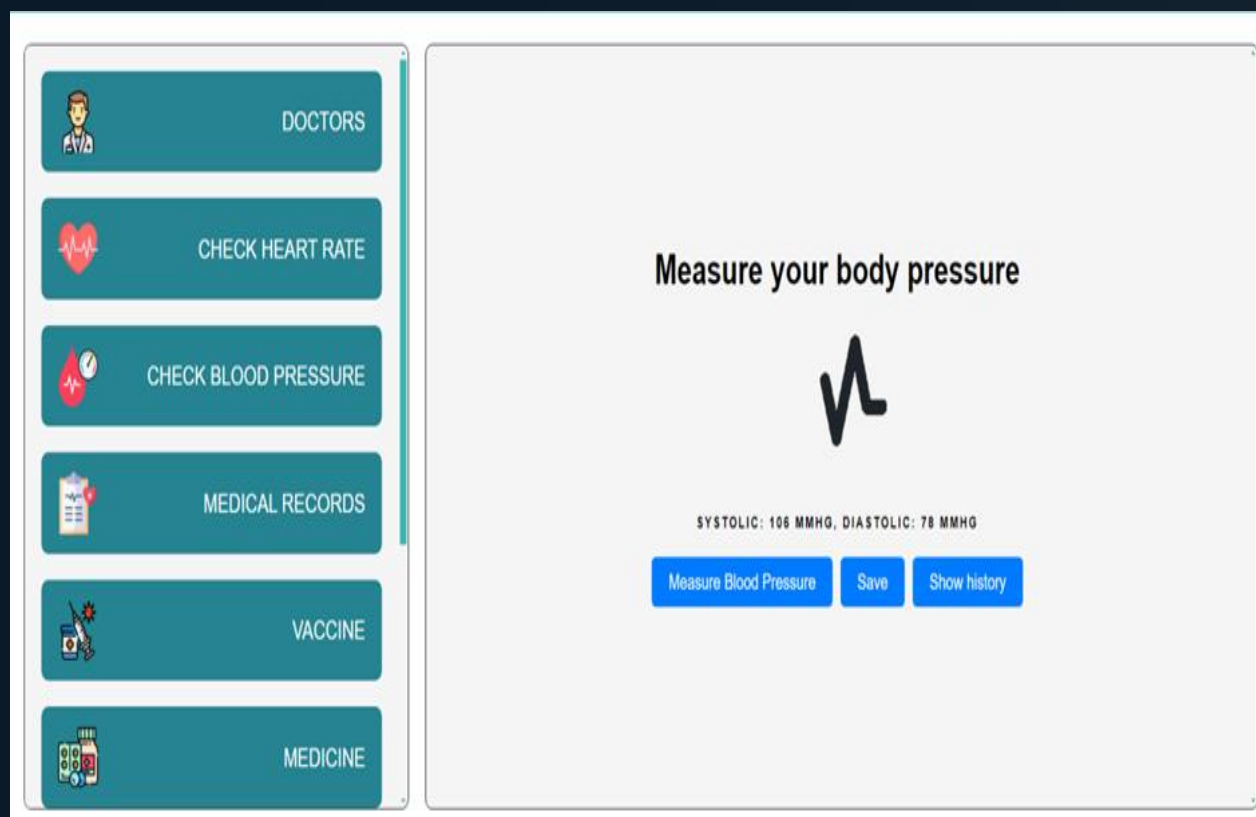
Dijagram sekvenci PHR aplikacije



IoT funkcionalnosti u okviru PHR-a



Korisnik može izmeriti, sačuvati i pratiti istoriju merenja pulsa i stresa pomoću različitih wearable uređaja.



AI algoritmi mogu prepoznati obrasce, dati preporuke ili upozoriti korisnika na potencijalni zdravstveni rizik.

Vrednost PHR aplikacije za korisnike

PHR aplikacija donosi vrednost jer omogućava sigurno čuvanje podataka, lakše deljenje sa lekarima i bolnicama, stalni pristup zdravstvenim podacima bez obzira na ustanovu u kojoj je pregled obavljen.

Pacijent dobija veći stepen kontrole nad svojim podacima, dok zdravstveni radnici mogu donositi odluke na osnovu potpunijih informacija.

Dodatna vrednost može biti praćenje lekova, povezivanje sa wearable uređajima, pregled osiguranja i mogućnost korišćenja anonimizovanih podataka za medicinska istraživanja.

Prihodi i troškovi razvoja i održavanja PHR aplikacije

Prihodi PHR aplikacije:

- premium funkcionalnosti i pretplate,
- servisi telemedicine,
- licenciranje PHR platforme zdravstvenim organizacijama,
- AI servisi za analitiku i podršku medicinskom odlučivanju,
- partnerstva sa osiguravajućim kućama i farmaceutskom industrijom,
- naknade za korišćenje anonimizovanih podataka u istraživačke svrhe,
- personalizovani servisi za praćenje zdravlja i hroničnih pacijenata.

Troškovi razvoja i održavanja:

- razvoj, testiranje i održavanje decentralizovane PHR aplikacije,
- troškovi realizacije i čuvanja transakcija na blokčejnu (gas fees za izvršavanje transakcija, validaciju i potvrdu transakcija, kao i čuvanje hash zapisa i podataka na mreži),
- cloud infrastruktura,
- razvoj AI modela i analitike,
- povezivanje IoT i wearable uređaja,
- marketing, korisnička podrška i edukacija korisnika.

ZAKLJUČAK



Prednosti blokčejna u zdravstvu

Blokčejn u zdravstvu ima potencijal da unapredi način čuvanja, razmene i korišćenja zdravstvenih podataka kroz:

- sigurnije čuvanje i razmenu zdravstvenih podataka,
- veću transparentnost i sledljivost zdravstvenih transakcija,
- bolju kontrolu pristupa i upravljanja dozvolama,
- smanjenje mogućnosti manipulacije i grešaka u podacima,
- lakšu interoperabilnost između različitih zdravstvenih sistema,
- veću kontrolu pacijenata nad sopstvenim podacima,
- podršku telemedicini, PHR aplikacijama i IoT uređajima,
- bolju sledljivost lekova, terapija i zdravstvenih usluga.

Izazovi primene blokčejna u zdravstvu

Iako blokčejn ima veliki potencijal u zdravstvu, njegova primena zahteva rešavanje tehničkih, pravnih i organizacionih izazova.

Zdravstveni sistemi rade sa velikom količinom osetljivih podataka i moraju obezbediti sigurnost, interoperabilnost i usklađenost sa regulativama.

Glavni izazovi uključuju:

- zaštitu privatnosti i usklađenost sa zakonima,
- skalabilnost sistema i obradu velikog broja transakcija,
- integraciju sa postojećim EHR i zdravstvenim informacionim sistemima,
- troškove razvoja, održavanja i blokčejn transakcija,
- standardizaciju razmene zdravstvenih podataka,
- edukaciju korisnika i prihvatanje tehnologije od strane zdravstvenih radnika i pacijenata.

Budući razvoj blokčejna u zdravstvu zasnivaće se na pilot projektima, interoperabilnim standardima i jasnim pravilima upravljanja zdravstvenim podacima.

BLOKČEJN U ZDRAVSTVU

Prof. dr Aleksandra Labus

aleksandra.labus@matf.bg.ac.rs

aleksandra.labus@fon.bg.ac.rs