



Sistemi za upravljanje bazama podataka

Cloud baze podataka i Database-as-a-service rešenja – MongoDB

Mentor:

prof. dr Aleksandar Stanimirović

Student:

Marija Milošević 1045

Sadržaj

1. Uvod	3
2. Cloud – osnovni pojmovi	4
2.1. Računarstvo u oblaku	4
2.2. Cloud skladištenje	4
2.3. Cloud baze podataka i Database-as-a-Service	5
2.3.1. Deployment modeli	5
2.3.2. Arhitektura i najčešće karakteristike	6
2.3.3. Model podataka	7
2.3.4. Prednosti upotrebe cloud baza podataka	8
2.3.5. Potencijalni problemi cloud baza podataka	9
2.3.6. Kako odabrati provajdera?	11
3. MongoDB	12
3.1. MongoDB Atlas	13
3.1.1. MongoDB Atlas hijerarhija	15
3.1.2. Osnovna podešavanja i CRUD operacije	15
3.1.3. Nadgledanje klastera i kreiranje rezervi	18
3.1.4. Bezbednosne mere	21
3.1.5. Vizualizacija – MongoDB Charts	22
4. Zaključak	23
Literatura	24

1. Uvod

Poslovanje bilo koje kompanije se ne može zamisliti bez dobro organizovane i visoko funkcionalne baze podataka. Činjenica je da je kompanijama u interesu da za bazu koriste rešenje koje bi im davalo visoku pouzdanost i tolerantnost na greške, uz minimalne troškove. U poslednjih petnaestak godina, na scenu stupaju cloud sistemi i cloud baze. Ovaj princip obuhvata kupovinu ili iznajmljivanje kapaciteta za skladištenje podataka od provajdera, koji će kompaniji olakšati posao tako što će preuzeti brigu o bazi – provajder je zadužen za dostupnost i pristup podacima, kao i za zaštitu i održavanje fizičkog okruženja. Pristup bazi se obezbeđuje u vidu nekog „Database-as-a-service“ rešenja (DBaaS).

Cloud je sada već opšte prihvaćena praksa i po nekim procenama, do kraja 2020. godine globalno tržište cloud usluga moglo bi da dostigne vrednost od 266 biliona dolara. Ova cifra ne bi trebalo da predstavlja iznenađenje budući da, prema istraživanju iz 2019. godine, više od 90% kompanija koristi neki vid cloud-a u svom poslovanju.

U ovom radu će biti predstavljeni osnovni koncepti cloud baza podataka, kao i Database-as-a-service rešenja. Nakon toga će biti dat osvrt na MongoDB i opcije koje on nudi pri korišćenju MongoDB Atlas cloud baze podataka – s posebnim naglaskom na opcije u besplatnoj verziji, uz odgovarajuće primere.

2. Cloud – osnovni pojmovi

2.1. Računarstvo u oblaku

Računarstvo u oblaku (*eng. Cloud computing*) je dostupnost računarskih resursa na zahtev, posebno skladištenja podataka i računarske moći, bez direktnog aktivnog upravljanja korisnika. Termin se uopšteno koristi za opis centara podataka koji su preko interneta dostupni velikom broju korisnika. Cloud može biti ograničen na jedinstvenu organizaciju (*enterprise cloud*), a može biti dostupan i za više organizacija (*public cloud*).

Cilj računarstva u oblaku je da omogući korisnicima da iskoriste prednosti svih uključenih tehnologija bez potrebe za dubljim poznavanjem bilo koje od njih. Cloud teži da smanji troškove i pomogne korisnicima da svoj fokus usmere na samo vođenje posla, a ne na IT prepreke. Zagovornici javnih i hibridnih cloud-ova zapažaju da računarstvo u oblaku dozvoljava kompanijama da izbegnu ili minimiziraju troškove IT infrastrukture. Oni takođe tvrde da to omogućava kompanijama brže pokretanje i funkcionisanje aplikacija uz poboljšano upravljanje i manje održavanja, kao i da IT timovi brže menjaju resurse kako bi se poklopili sa promenljivom i nepredvidivom potražnjom, tako pružajući opciju računanja u naletima (*eng. burst computing*) – visoku moć računanja u periodima najveće potražnje.

Računarstvo u oblaku popularizovano je 2006. godine kada je Amazon izbacio EC2 (*Elastic Compute Cloud*). Dostupnost mreža visokog kapaciteta, jeftine računarske moći i uređaja za skladištenje, kao i široko prihvatanje virtuelizacije hardvera, servisno orijentisane arhitekture dovelo je do porasta upotrebe računarstva u oblaku.

2.2. Cloud skladištenje

Cloud skladištenje je model skladištenja računarskih podataka gde se digitalni podaci smeštaju u logičke pool-ove. Fizičko skladište se nalazi na više servera, ponekad i na više lokacija, a fizičko okruženje tipično održava i poseduje hosting kompanija. Ovi provajderi su zaduženi za dostupnost i pristup podacima i zaštitu i održavanje fizičkog okruženja. Ljudi i organizacije mogu kupiti ili iznajmiti kapacitete za skladištenje od provajdera za smeštanje raznih vrsta podataka. Cloud skladištenje se bazira na visoko virtualizovanoj infrastrukturi i na neki način predstavlja šire računarstvo u oblaku – u smislu interfejsa kojima se može pristupati, skoro pa trenutnoj elastičnosti i skalabilnosti, broju korisnika i resursa. Ovo skladištenje se tipično odnosi na hostovanu uslugu skladištenja, ali se termin proširio i na ostale tipove skladištenja podataka koji su sada dostupni kao usluga, poput blok skladištenja. Cloud skladištenje je visoko tolerantno na greške kroz

redundantnost i distribuciju podataka, visoko izdržljivo zbog opcije kreiranja verzija kopija, i tipično ima „eventualnu konzistentnost“ u odnosu na replike podataka.

2.3. Cloud baze podataka i Database-as-a-service

Cloud baza podataka je kolekcija struktuiranih ili nestruktuiranih podataka koji su na privatnoj, javnoj ili hibridnoj cloud infrastrukturnoj platformi. Sa strukturne perspektive i perspektive dizajna, cloud baza se ne razlikuje od one koja se pokreće na serverima u posedu kompanije. Kritična razlika je u tome gde je baza smeštena. Baza na posedu kompanije je s lokalnim korisnicima povezana preko LAN-a, a cloud baza je na serverima i skladištima DBaaS provajdera i pristupa joj se isključivo preko interneta. Zbog ovoga može doći do malog usporavanja pri odzivu baze, upravo jer se za svaku interakciju s cloud bazom koristi internet, a ne LAN mreža.

2.3.1. Deployment modeli

Postoje dva primarna načina za pokretanje i upotrebu baze u cloud-u:

- Slika virtuelne mašine – cloud platforme omogućavaju kupovinu instanci virtuelnih mašina na ograničeno vreme, i na njima se mogu pokretati baze. Korisnici mogu otpremiti sopstvenu sliku mašine sa instaliranom bazom, ili koristiti već kreirane slike koje uključuju optimizovanu instalaciju baze.
- Database-as-a-service (*DBaaS*) – upotrebom ovog modela, vlasnici aplikacija ne moraju samostalno da instaliraju i održavaju bazu. Umesto toga, provajder usluga je odgovoran za instalaciju i održavanje, dok se vlasnicima naplaćuje usluga shodno njenoj upotrebi. DBaaS se trudi da pruži sledeće prednosti:
 - Agilnost – korisnici funkcionišu brzo zbog jednostavnosti pristupa podataka i nije im neophodno detaljno poznavanje podataka koji su u pozadini. Strukture podataka i zahtevi vezani za lokacije mogu se modifikovati po potrebama korisnika.
 - Isplativost – provajderi mogu kreirati bazu s ekspertima i outsource-ovati prezentacioni sloj, što dovodi do isplativih korisničkih interfejsa i lakših promena u prezentacionom sloju.
 - Kvalitet podataka – pristup podacima se kontroliše preko servisa koji teži da poboljša kvalitet podataka, jer postoji jedinstvena tačka za ažuriranja. Kada se ti

servisi testiraju, ukoliko su oni za naredni deployment nepromenjeni, neophodno je samo regresiono testiranje.

Na stotine različitih DBaaS pružaoca usluga postoji na webu, a cenovni modeli koje koriste uglavnom upadaju u dve glavne kategorije:

1. Model baziran na obimu, koji ima dva pristupa:
 - a. Kvantitet – najjednostavniji model za implementaciju. Pružalac usluga naplaćuje uslugu klijentima u odnosu na količinu podataka koji žele da koriste. Postoje i pretplate za neograničenu količinu podataka (tzv. *firehose* pristup).
 - b. Plaćanje po pozivu – pružalac usluga naplaćuje svaki poziv API-ja od strane klijenta.
2. Model baziran na tipu podataka, kod kojih pružalac usluga naplaćuje uslugu u odnosu na tip ili atribut podataka koji je neophodan. Geografski, finansijski i istorijski podaci su primeri tipova podataka na osnovu kojih se može bazirati ovaj model. Neki servisi, poput Microsoft Azure-a, smeštaju podatke u tri različita tipa: blob-ove, redove i tabele.

Mane DBaaS pristupa su slične onima koje su pomenute kod računarstva u oblaku, a odnose se na činjenicu da se korisnik uzda u mogućnost pružaoca usluge da izbegne bilo koje vreme mirovanja (*eng. downtime*) na serveru. Česta kritika DBaaS modela proističe iz toga što, u poređenju s tradicionalnom isporukom podataka, klijent ovde samo „iznajmljuje“ podatke i koristi ih na uvid ili za analizu, a originalni podaci nisu dostupni za preuzimanje.

2.3.2. Arhitektura i najčešće karakteristike

Najveći broj ovakvih servisa nudi veb konzole, preko kojih krajnji korisnik konfiguriše instance baze. Servisi baza podataka se sastoje od „database manager“ komponente, koja kontroliše pozadinske instance baze preko API-ja. Taj API je izložen krajnjem korisniku i on preko njega može vršiti operacije vezane za održavanje i skaliranje na svojim instancama baze.

Pozadinski stek softvera tipično uključuje operativni sistem, bazu i softver od trećeg lica koji se koristi za upravljanje bazom podataka. Pružalac usluge je zadužen za instaliranje, zakrpu i ažuriranje steka i obezbeđivanje bezbednosti i performansa baze.

Skalabilnost će se razlikovati od jednog do drugog provajdera – neki nude autoskaliranje, dok drugi imaju opciju skaliranja preko API-ja ali ne nude automatsko skaliranje. Pored toga, tipično postoji obećanje nivoa visoke dostupnosti (na primer, 99.9% ili 99.99%). Ovo se postiže repliciranjem podataka i preusmeravanjem na druge instance baze.

2.3.3. Model podataka

Dizajn i razvoj tipičnih sistema koriste upravljanje podacima i relacione baze kao ključne elemente. Napredni upiti izraženi preko SQL-a funkcionišu dobro uz stroge veze koje se kreiraju nad informacijama u relacionim bazama. Međutim, tehnologija relacionih baza nije inicijalno dizajnirana i razvijana za upotrebu u distribuiranim sistemima. Ovaj problem je dobijao određena rešenja dodavanjem klasterovanja relacionim bazama, iako bi neki osnovni zadaci zahtevali kompleksne i skupe protokole, kao što je reč kod sinhronizacije podataka. Dok su SQL baze lako vertikalno skalabilne, horizontalna skalabilnost je izazov na koji treba obratiti pažnju pri cloud servisima.

Moderne relacione baze loše su se pokazale u „data-intensive“ sistemima pa se zato ideja NoSQL-a koristi u sistemima za upravljanje cloud bazama podataka. Ovo je bolja varijanta jer unutar NoSQL implementiranog skladišta ne postoje zahtevi za fiksne šeme tabela i izbegava se upotreba *join* operacija. NoSQL baze su kreirane za opsluživanje velike količine podataka i lako se skaliraju, pa se više uklapaju u ideju cloud-a. Ipak, većina klasičnih aplikacija se razvija oko SQL modela podataka, pa je za rad sa NoSQL bazama često neophodno menjati kod aplikacije.

Neke SQL baze su razvile i NoSQL sposobnosti poput JSON, BSON i key-value tipova podataka. Multi-model baza sa kombinovanim relacionim i nerelacionim mogućnostima pruža standardni SQL interfejs korisnicima i aplikacijama i olakšava upotrebu u aplikacijama koje su građene oko SQL modela. Native multi-model baze podržavaju više različitih modela podataka i jedan glavni upitni jezik za pristup svim modelima.

U tabeli su dati pružaoci usluga koji nude cloud baze, u zavisnosti od modela deploymenta (slika virtuelne mašine ili DBaaS) i modela podataka koji koriste (SQL ili NoSQL).

	VM deployment	DBaaS
SQL	<ul style="list-style-type: none">• MariaDB• MySQL• EDB Postgres Advanced Server• Oracle Database• PostgreSQL	<ul style="list-style-type: none">• Amazon Relational Database Service• Amazon Aurora, MySQL based service• Google Cloud SQL• Microsoft Azure SQL Database• Oracle Database Cloud Service
NoSQL	<ul style="list-style-type: none">• Apache Cassandra na Amazon EC2 ili Google Compute Engine• CouchDB na Amazon EC2 ili Google Cloud Platform	<ul style="list-style-type: none">• Amazon DynamoDB• Google Cloud Bigtable• Google Cloud Datastore

	<ul style="list-style-type: none"> • MongoDB na Amazon EC2, Google Compute Engine, Microsoft Azure ili Rackspace • Neo4J na Amazon EC2 ili Microsoft Azure 	<ul style="list-style-type: none"> • MongoDB Database as a Service (više opcija) • Oracle NoSQL Database Cloud Service • Amazon DocumentDB
--	--	---

2.3.4. Prednosti upotrebe cloud baza podataka

Prednosti upotrebe cloud baza su mnogobrojne, a uglavnom se vezuju za smanjenje troškova kompanije, smanjenje rizika, poboljšanu agilnost i inovativnost na nivou usluga:

- Kompanije plaćaju samo za skladište koje zapravo koriste – tipično je to prosek konzumiranja na mesečnom nivou. Ovo ne podrazumeva da je cloud skladištenje jeftinije, samo da se odnosi na operativne, a ne na kapitalne troškove.
- Dostupnost skladišta i zaštita podataka je svojstvena arhitekturi skladišta tako da se, u zavisnosti od primene, dodatni naponi i troškovi za dodavanje zaštite mogu eliminisati. Provajderi mogu da koriste automatizaciju kako bi podržali upotrebu najboljih praksi i smanjili verovatnoću da dođe do ljudske greške – primarnog uzroka pada softvera. Automatizovane opcije visoke dostupnosti i ugovori na nivou usluga¹ mogu smanjiti ili eliminisati poslovne gubitke u periodu otkaza. Pored toga, predviđanje i planiranje kapaciteta više nije kritičan problem pri implementiranju projekata, jer cloud može biti beskonačan prostor infrastrukture i usluga.
- Kompanije koje koriste cloud skladištenje smanjuju utrošak energije za 70%.
- Organizacije mogu odabrati opcije skladištenja van ili unutar svojih prostorija, čak i kombinaciju ove dve opcije, u zavisnosti od kriterijuma koji su im bitni, poput kontinuiteta operacija, oporavka od katastrofa, politika kompanije, itd.
- Cloud skladištenje pruža korisnicima trenutni pristup širokom spektru resursa i aplikacija koje su hostovane na infrastrukturi druge organizacije preko veb interfejsa. Pored toga, ovaj vid skladištenja može se koristiti za kopiranje slika virtuelne mašine sa cloud-a na lokacije unutar kompanije ili za importovanje slike sa lokacije u cloud biblioteku. U slučaju prirodne katastrofe, cloud skladište se može koristiti kao sigurnosna kopija.

¹ Ugovori na nivou usluga (*eng. Service Level Agreements, SLA*) – sporazum između IT organizacije i klijenta koji definiše detalje implementacija usluga.

- O hardveru i povezanoj infrastrukturi brine se pružalac usluga. Ovo može biti ogromna prednost jer sklanja teret sa sistema i administratora baze podataka. Umesto razmatranja hardvera, bira se količina procesorske moći, memorija i skladište koje želite za instancu baze. Provajderi često imaju ponude koje mogu da poboljšaju performanse u odnosu na strategije koje se već koriste u kompaniji: tako Microsoft Azure SQL Data Warehouse nudi SSD skladištenje, a Amazon DynamoDB ima specijalnu in-memory keš verziju.
- Veliki cloud provajderi (AWS, Azure, Google Cloud) nude izolaciju posla u okviru virtualne mašine, ali i izolaciju celih korporativnih mreža u cloudu – virtualni privatni cloud (VPC). VPC na ovaj način potencijalno čuva novac dok veći deo mrežne bezbednosti prenosi na provajdera. Može se i podesiti VPN za komunikaciju između VPC-a i računara u okviru kompanije.
- Cloud provajderi nude različite lokacije koje su bitne iz više razloga: da ponude servere koji su geografski bliži korisničkim bazama klijenata, da pruže redundantnost u slučaju katastrofe, da dozvole balansiranje opterećenja, itd. Neke zemlje, posebno u EU, zahtevaju da se određeni tipovi podataka skladište u okviru njihove pravne jurisdikcije, zbog privatnosti i drugih pravnih razloga.
- Cloud provajderi nude i sofisticirane načine za skaliranje usluga, pružanje otpornosti na greške, i balansiranje opterećenja. Ako vaša instanca baze padne a konfiguracija je podešena na visoku dostupnost, nova instanca može biti odmah dostupna. Slično, ako je opterećenje na instanci visoko, nova se može pokrenuti da to opterećenje preraspodeli, a onda se može i ugasi kada više nije neophodna. Ovde je reč o elastičnom skaliranju.
- Neke od bezbednosnih faktora na koje se mora obraćati pažnja u okviru kompanije ovde će rešiti provajder. Logično, oni će kontrolisati fizički pristup serverima. U zavisnosti od toga kako se koriste njihove usluge, oni mogu štititi i od internet napada na niskom nivou, poput skeniranja portova i DoS napada.
- Provajderi nude ugrađene alate za nadgledanje i performanse koji se mogu prilično lako povezati s bazama a koji uvek generišu nove mogućnosti.

2.3.5. Potencijalni problemi cloud baza podataka

Izdvojena su tri veća potencijalna problema: bezbednost podataka, trajanje i pristup.

- Bezbednost podataka – Iako je u prethodnom poglavlju rečeno da se za neke delove bezbednosti brine pružalac usluga, ima stvari koje mogu poći po zlu:
 - Kada se podaci distribuiraju, oni se smeštaju na više lokacija i time se povećava rizik od neautorizovanog fizičkog pristupa podacima. U cloud arhitekturi, podaci se repliciraju i često izmeštaju tako da se rizik od neautorizovanog pribavljanja

podataka dramatično povećava. Način na koji se podaci repliciraju zavisi od nivoa usluga koji je klijent odabrao i od samog pružanja usluge.

- Broj ljudi koji ima pristup podacima koji se mogu kompromitovati ovde raste. Kompanija može imati mali tim administratora, inženjera i tehničara, ali kompanija za cloud skladištenje imaće puno klijenata i na hiljade servera, pa samim tim i mnogo veći tim tehničkog osoblja sa fizičkim i elektronskim pristupom skoro svim podacima možda i u okviru cele kompanije. Ključevi za dekripciju koje čuva korisnik usluge (a ne pružalac usluge) ograničavaju pristup podacima od strane zaposlenih kod pružaoca usluge. Kada je reč o deljenju podataka s većim brojem korisnika na cloud-u, veliki broj ključeva mora se poslati korisnicima preko bezbednih kanala za dekripciju, a i oni se moraju bezbedno skladištiti na uređajima korisnika.
 - Ne treba zanemariti i to da se povećava broj mreža preko kojih podaci putuju – umesto samo LAN ili SAN mreže, cloud zahteva i WAN koji ih povezuje.
 - Na kraju, deljenjem skladišta i mreža sa mnogo klijenata moguće je da drugi klijenti pristupe vašim podacima – ponekad je to zbog pogrešnih akcija, loše opreme, бага ili zlonamernih akcija. Ovaj rizik se odnosi na sve tipove skladišta, ne samo na cloud skladištenje, i on se može smanjiti enkripcijom u toku prenosa podataka, ali i kada podaci „miruju“.
- Trajanje - Kompanije nisu nepromenljive, pa se tako proizvodi i usluge konstantno menjaju. Outsource-ovanje skladišta podataka ka drugoj kompaniji treba pažljivo isplanirati jer ništa nije sigurno - kompanije mogu da bankrotiraju, promene vlasnika, promene fokus poslovanja, ili pretrpe katastrofu od koje se ne mogu oporaviti, a ugovori koji se potpišu ne vrede ništa uz takve okolnosti ili prestanak postojanja kompanije.
 - Pristup - Performanse outsource-ovanog skladišta će verovatno biti manje od performansi lokalnog skladišta, u zavisnosti od toga koliko je klijent voljan da potroši za WAN protok. Uz to, pouzdanost i dostupnost zavise od dostupnosti WAN mreže i od nivoa mera koje su preduzete od strane pružaoca usluga. Pouzdanost se bazira i na hardveru i algoritmima koji se koriste.

Postoji par dostupnih opcija za izbegavanje ovih problema. Jedna je upotreba privatnog cloud-a umesto javnog. Još jedna opcija je transfer podataka u enkriptovanoj formi, pri čemu se ključ nalazi u vašoj infrastrukturi. Pristup se najčešće obavlja upotrebom cloud gateway-a na posedu kompanije, koji ne samo da enkriptuje i kompresuje podatke pre slanja nego i preslikava skladište na više cloud provajdera i uklanja rizik gašenja jedinstvenog provajdera. Takav gateway nudi i opciju keširanja podataka, uz njihovu analizu.

Od ostalih izazova koji se mogu javiti, izdvajaju se ograničenje prostora i upotreba multicloud operacija. Kada je reč o ograničenju prostora, AWS, Azure i ostali provajderi ne nude neograničenu skalabilnost prostora, a bazama na nivou preduzeća neophodna je opcija da se vremenom prošire. Multicloud operacije na nivou centara podataka kompanije ili kod provajdera javnih cloud-ova mogu predstavljati izazov. Javni cloud DBaaS sistemi su moćni ali nisu direktno kompatibilni, što znači da će izmeštanje podataka s jednog na drugi zahtevati komplikovanja i podešavanja.

2.3.6. Kako odabrati provajdera?

Postoji mnogo provajdera i opcija, a cilj je naći model koji je najbolji za specifične poslovne potrebe kompanije. Pri biranju provajdera, treba razmišljati o budućim pravcima organizacije.

Neke od osnovnih stvari koje treba razmotriti su:

- Performanse – onlajn i nezavisno skaliranje skladišta, zakrpe i ažuriranja – uz neprekidnu dostupnost podataka aplikacijama – obezbediće da kapacitet baze zadovolji potrebe kompanije bez ikakvih uzurpiranja toka poslovanja. Neophodno je imati automatizovanu onlajn optimizaciju performansi, poput auto-indeksiranja. Takođe bi bilo dobro skaliranje klastera i za čitanje i za upis kako bi se obezbedio neometan tok kritičnih opterećenja u realnom vremenu.
- Bezbednost – jake bezbednosne mere su najvažnija stavka. Koji god model baze podataka da odaberete, trebalo bi da postoji opcija enkripcije podataka i u mirovanju i u transferu, uz pružanje automatskih bezbednosnih ažuriranja. Pored toga, bitno je obezbediti striktno odvajanje zadataka, tako da operacije ne mogu pristupiti korisničkim podacima. Jake mogućnosti uređivanja podataka omogućavaju da se obezbedi ograničavanje vidljivosti osetljivih podataka. Detekcija i prevencija eksternih napada algoritmima mašinskog učenja pruža dodatan nivo bezbednosti u realnom vremenu. Na kraju, za najkritičnije poslovne aplikacije, trebaće namenska cloud infrastruktura koja podrazumeva izolaciju hardvera od drugih korisnika.
- Cena, stabilnost, podrška režimima poštovanja zakona, alati za veštačku inteligenciju, itd.

3. MongoDB

MongoDB je moćna, fleksibilna i skalabilna baza podataka opšte namene. To je „document-oriented“ baza - ima dokument kao osnovnu jedinicu podataka. Dokumenti se predstavljaju u JSON notaciji, i sadrže uređene skupove ključeva sa odgovarajućim vrednostima . Kolekcije su grupe dokumenata i slične su tabeli u relacionom modelu, dok je dokument pandan zapisu u tabeli (jednom redu). Kolekcije pripadaju bazi u MongoDB-u. Dokumenti su serijalizovani u BSON formatu. Na ovaj način, uključeni su i dodatni tipovi poput *int*, *long*, *date*, *floating point*. Ovo olakšava aplikacijama obradu, sortiranje i upoređivanje podataka.

Jedan od razloga zbog koga se timovi opredeljuju za baze sa JSON i BSON modelima podataka je dinamična i fleksibilna šema koju pružaju nasuprot striktnim tabelarnim modelama u relacionim bazama. JSON dokumenti su polimorfni – polja mogu varirati od dokumenta do dokumenta unutar jedne kolekcije, za razliku od relacionog modela gde se mora znati struktura tabele. Na ovaj način se elegantno rukuje podacima bilo koje strukture. Pored toga, ukoliko treba dodati novo polje u dokument, ono se može dodati bez ikakvog uticaja na ostale dokumente u kolekciji. Kada je neophodno promeniti model podataka, baza nastavlja da smešta modifikovane objekte bez potrebe da se izvede operacija *ALTER TABLE* ili redizajnira cela šema.

Kada govorimo o opcijama za cloud koje MongoDB nudi, one su raznovrsne:

- MongoDB Atlas – upravljana cloud baza, rešava kompleksnost raspoređivanja, upravljanja i korekcija deploymenta. Dostupna je u više od 70 regiona uz jednog od tri veća provajdera (AWS, Azure, GCP).
- MongoDB Atlas Data Lake – skalabilna opcija kreiranja upita i analiziranja podataka na Atlasu upotrebom MongoDB Query Language-a (MQL). Nema potrebe za pomeranjem podataka – uklanjaju se operativni troškovi i plaća se samo za izvršene upite.
- MongoDB Atlas Search – dostupan ekskluzivno uz MongoDB Atlas, ovaj alat omogućava napredne funkcionalnosti pretrage bez dodatnog upravljanja. Pruža različite vrste analizatora teksta, rangiranja rezultata po skor i bogat upitni jezik.
- MongoDB Charts – alat za kreiranje vizualnih reprezentacija MongoDB podataka.
- MongoDB Realm – servis za pojednostavljenje razvoja mobilnih i veb aplikacija – brži razvoj ključnih zahteva i pojednostavljenje koda.
- MongoDB Cloud Manager – alat za automatizaciju administrativnih zadataka, lako nadgledanje i generisanje rezervi unutar MongoDB infrastrukture.
- MongoDB Compass – GUI za MongoDB koji se instalira i pomaže u CRUD operacijama i vizualizaciji.

Svaka od opcija je kratko pomenuta, a neke od njih će detaljnije biti objašnjene u narednim poglavljima.

3.1. MongoDB Atlas

MongoDB Atlas, kao deo šire DaaS razvojne platforme, predstavlja moćnu alternativu upravljanja NoSQL ili tradicionalnom bazom. Cloud baza radi tako što, umesto instaliranja, konfiguracije i održavanja instanci baze, obezbeđuje automatizovani sistem za pružanje, održavanje i skaliranje pozadinskog klastera za vas. Ovakvi servisi upravljaju kompleksnostima održavanja konzistentno dostupnog klastera visokih performansi tako da developerima daju priliku da mu pristupe kao jednostavnom i globalno dostupnom resursu. Klaster se može tretirati kao jedinstvena instanca baze pokrivena transparentnim cenovnim modelom koji se zasniva na upotrebi, tako da nema problema oko previše ili premalo troškova korišćenja.

Izazovi koji postoje, a koje MongoDB Atlas rešava su:

- Visoka dostupnost (*eng. High Availability - HA*) – metrika koja govori da li je sistem kontinualno operativan u željenom periodu. Ovo je jako bitno za kompanije jer je svaki minut mirovanja izgubljena prilika za poslovanje. Iz šire perspektive, postizanje visoke dostupnosti zahteva rešavanje jedinstvenih tački otkaza preko redundantnosti i posmatranje šta se dešava u slučaju otkaza. MongoDB Atlas postiže visoku dostupnost sposobnošću MongoDB replikacije. Atlas klasteri su ili replika setovi ili šardovani klasteri (*eng. sharded clusters*) gde je svaki šard zapravo replika set. Atlas pruža arhitekturu tolerantnu na otkaze sa sposobnostima „samoozdravljenja“. On obezbeđuje minimalno vreme mirovanja u toku otkaza primarnog čvora ili poslova održavanja poput ažuriranja. Pored toga, podaci mogu biti replicirani između različitih regiona za brže performanse i bolju garanciju dostupnosti.
- Privatnost i bezbednost – bezbednost baza podataka pokriva širok spektar praksi i bitan je aspekt dizajna, konfiguracije i upravljanja bazom. Privatnost posebno postaje bitna ako podaci sadrže lične informacije. Uz regulacije poput GDPR-a², kompanije moraju da budu usaglašene s njihovom politikom. Obezbeđivanje privatnosti i bezbednosti može biti lakše kada postoji kontrola nad serverima u okviru kompanije. Međutim, kada podacima direktno pristupaju korisnici na neki način, i dalje će postojati brojni rizici vezani za cloud baze. Sve ovo zahteva detaljno nadgledanje, kontinualne testove i, prvenstveno, razumevanje baze koja se koristi. Ako govorimo o uspešnom DBaaS servisu, privatnost i bezbednost su ugrađene u dizajn metodama autentifikacije i autorizacije, enkripcijom u toku transakcija i u mirovanju, otpornošću i opcijama za nadgledanje i obaveštavanje. MongoDB Atlas ima opcije koje su podrazumevane, poput upotrebe TLS/SSL-a za enkripciju i VPC strukture. Postoje i opcione mogućnosti, poput dvofaktorske autentifikacije i ostalih poštovanja regulacija. O bezbednosti će kratko biti reči u poglavlju 3.1.4.
- Nadgledanje – logovi i obaveštenja podržani od strane provajdera su glavni izvor informacija za administratore baza, budući da nije moguće pristupiti fizičkoj infrastrukturi.

² GDPR – General Data Protection Regulation

Nadgledanje baza uglavnom obuhvata nadgledanje dolazećih upita, performansi i utroška resursa. Ono je bitno za optimizaciju baze ali i analizu ponašanja krajnjih korisnika. MongoDB Atlas pruža nadgledanje u okviru svojih opcija i daje logove o aktivnosti uz metrike performansi, kao i obaveštenja kada se korišćenje resursa približi određenom pragu. Ovo će biti pomenuto u poglavlju 3.1.3.

Ovo su tehnički aspekti vezani za infrastrukturu i dizajn baze, međutim, za kompanije postaje sve bitnije kako se baza u pozadini koristi. DBaaS rešenja outsource-uju posao kreiranja i održavanja baza, a u slučaju Atlasa, posao se prosleđuje istom timu koji je razvio bazu, što ceo proces čini lakšim. Više vremena se ostavlja developerima da rade na aplikacijama. DBaaS olakšava posao za kompanije koje tek počinju, ali i za kompanije koje bi da smanje napore oko upravljanja bazama.

3.1.1. MongoDB Atlas hijerarhija

Atlas pruža hijerarhiju koja se bazira na organizacijama i projektima kako bi olakšala upravljanje klasterima. Organizacija može sadržati više projekata. Za pristup organizaciji ili projektu unutar organizacije, korisnik mora biti član organizacije. U zavisnosti od njegove uloge, od korisnika će se možda tražiti i da bude član projekta kako bi mu mogao pristupiti. Unutar ove strukture se mogu koristiti timovi za zadavanje projekata korisnicima u okviru organizacije. Korisnici mogu biti u više timova, a timovi mogu raditi na više projekata. Pristup članova tima projektu definisan je ulogom.

Postojanjem više projekata u okviru organizacije, mogu se:

- Izolovati različita okruženja;
- Povezati različiti korisnici/timovi s različitim okruženjima ili dati različite dozvole korisnicima u različitim okruženjima;
- Održavati odvojene bezbednosne konfiguracije za klastere;
- Kreirati različita podešavanja za alerte u različitim okruženjima.

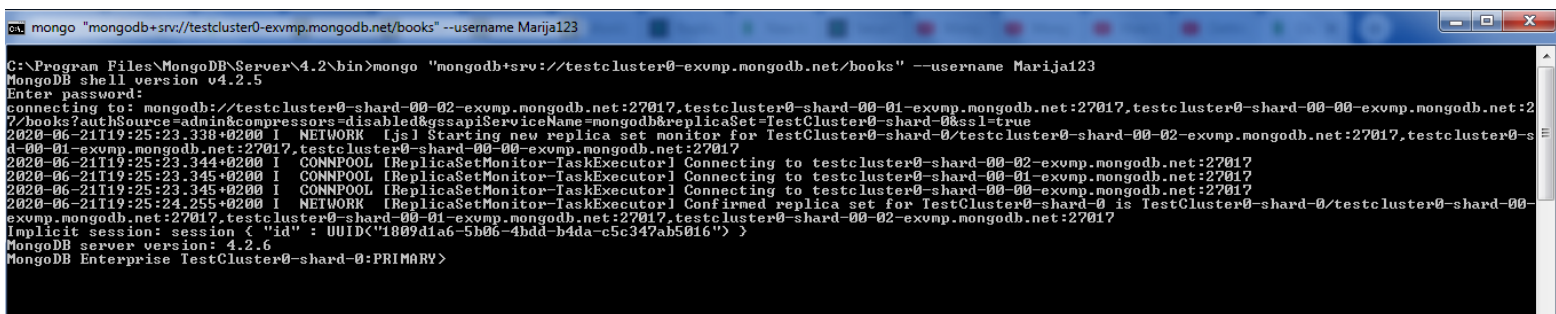
Klasteri se sada povezuju s projektima i moraju imati jedinstvena imena unutar projekta. Za pristup klasterima u projektu, korisnik mora raditi na tom projektu (pripadati mu). Svaki Atlas projekat podržava do 25 klastera.

3.1.2. Osnovna podešavanja i CRUD operacije

Za korišćenje MongoDB Atlasa, neophodno je registrovati se ili prijaviti na postojeći nalog. Za kreiranje klastera ponuđene su tri različite opcije, od kojih je samo jedna besplatna, i ujedno nudi najmanje mogućnosti: nije dostupno autoskaliranje, metrika performansi u realnom vremenu ni repliciranje podataka kroz različite regione. Primeri će se bazirati na onome što se može uraditi sa probnom verzijom naloga, ali će biti pomenuto još par naprednijih opcija u ponudi. Da bi povezivanje na klaster bilo moguće, neophodno je ubaciti IP adrese sa kojih je dozvoljeno pristupiti klasteru i napraviti korisnika baze podataka – treba pomenuti da se Atlas nalog i korisnički nalog razlikuju, jer postojanje Atlas naloga ne podrazumeva mogućnost pristupa određenoj bazi. Prvi korisnik koji se kreira će podrazumevano dobiti ulogu administratora, dok se za svakog sledećeg može odabrati da li će biti administrator ili imati privilegije čitanja i upisa, ili samo čitanja. Za različite nivoe klastera moguće je odabrati i različite tipove autentifikacije za korisnika – kako je u besplatnoj verziji nivo klastera M0, moguće je autentifikovati korisnika samo pomoću lozinke. Bitno je reći da je na nivou projekta moguće kreirati samo jedan besplatan klaster.

Za povezivanje na klaster, neophodno je odabrati metodu za povezivanje. Atlas nudi tri opcije: povezivanje preko mongo shell-a, povezivanje aplikacije uz MongoDB drajvere i povezivanje preko MongoDB Compass-a ukoliko je on instaliran. Za ove primere, korišćen je mongo shell. Suština sva tri pristupa je kopiranje konekcionog stringa koji Atlas obezbeđuje za određenog kreiranog korisnika baze, nakon čega se konekcija ostvaruje unosom lozinke tog korisnika. Proces povezivanja preko shell-a je prikazan na slici 1. Vidi se da se korisnik *Marija123* povezuje na *testCluster0* pri čemu je podrazumevana konekcija za bazu *bookstore*. Prikazan je i deo za unos lozinke, nakon čega je korisniku odobren pristup.

Atlas nudi i opciju importovanja probnih baza (spisak postoji u dokumentaciji), ali su ovde za primere uneti podaci o knjigama i radnicima za bazu knjižare. Nakon unosa podataka, oni se mogu i videti na klasteru u odeljku Collections, kao na slici 2, gde se vide podaci o radnicima.



```
mongo "mongodb+srv://testcluster0-exvmp.mongodb.net/books" --username Marija123
C:\Program Files\MongoDB\Server\4.2\bin>mongo "mongodb+srv://testcluster0-exvmp.mongodb.net/books" --username Marija123
MongoDB shell version v4.2.5
Enter password:
connecting to: mongodb://testcluster0-shard-00-02-exvmp.mongodb.net:27017, testcluster0-shard-00-01-exvmp.mongodb.net:27017, testcluster0-shard-00-00-exvmp.mongodb.net:27017/?authSource=admin&compressors=disabled&gssapiServiceName=mongodb&replicaSet=TestCluster0-shard-0&ssl=true
2020-06-21T19:25:23.338+0200 I NETWORK [js] Starting new replica set monitor for TestCluster0-shard-0/testcluster0-shard-00-02-exvmp.mongodb.net:27017, testcluster0-shard-00-01-exvmp.mongodb.net:27017, testcluster0-shard-00-00-exvmp.mongodb.net:27017
2020-06-21T19:25:23.344+0200 I CONNPPOOL [ReplicaSetMonitor-TaskExecutor] Connecting to testcluster0-shard-00-02-exvmp.mongodb.net:27017
2020-06-21T19:25:23.345+0200 I CONNPPOOL [ReplicaSetMonitor-TaskExecutor] Connecting to testcluster0-shard-00-01-exvmp.mongodb.net:27017
2020-06-21T19:25:23.345+0200 I CONNPPOOL [ReplicaSetMonitor-TaskExecutor] Connecting to testcluster0-shard-00-00-exvmp.mongodb.net:27017
2020-06-21T19:25:24.255+0200 I NETWORK [ReplicaSetMonitor-TaskExecutor] Confirmed replica set for TestCluster0-shard-0 is TestCluster0-shard-0/testcluster0-shard-00-01-exvmp.mongodb.net:27017, testcluster0-shard-00-02-exvmp.mongodb.net:27017, testcluster0-shard-00-00-exvmp.mongodb.net:27017
Implicit session: session { "id" : UUID("1809d1a6-5b06-4bdd-b4da-c5c347ab5016") }
MongoDB server version: 4.2.6
MongoDB Enterprise TestCluster0-shard-0:PRIMARY>
```

Slika 1. Povezivanje na Atlas preko mongo shell-a.

DATABASES: 1 COLLECTIONS: 2

VISUALIZE YOUR DATA REFRESH

+ Create Database

Q NAMESPACES

bookstore

books

employees

bookstore.employees

COLLECTION SIZE: 541B TOTAL DOCUMENTS: 4 INDEXES TOTAL SIZE: 36KB

Find Indexes Schema Anti-Patterns 0 Aggregation Search

INSERT DOCUMENT

FILTER {"filter": "example"}

Find Reset

QUERY RESULTS 1-4 OF 4

```

_id: ObjectId("5ee7b77c600dd83ad06302f6")
✓ fullname: Object
  firstname: "Janko"
  surname: "Jankovic"
  address: "Bulevar Nemanjica 35"
  location: "Nis"

```

```

_id: ObjectId("5ee7b77c600dd83ad06302f7")
✓ fullname: Object
  firstname: "Janko"
  surname: "Markovic"
  address: "Bulevar Nemanjica 74"
  location: "Novi Sad"

```

```

_id: ObjectId("5ee7b77c600dd83ad06302f8")
✓ fullname: Object
  firstname: "Milica"
  surname: "Jankovic"
  address: "Bulevar Medijana 12a"
  location: "Kragujevac"

```

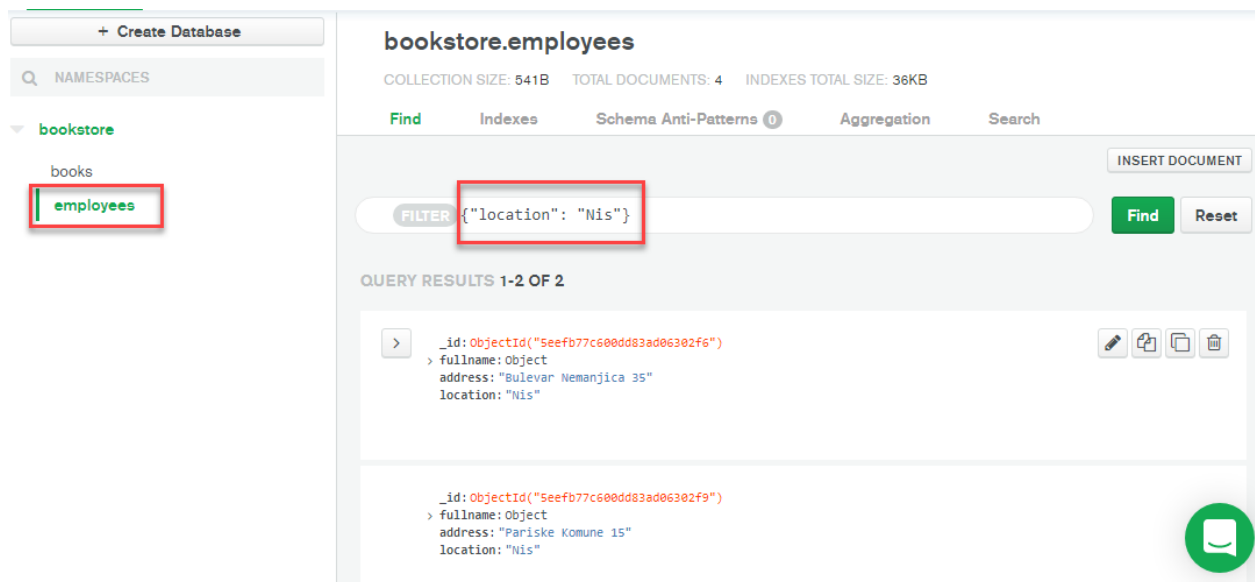
```

_id: ObjectId("5ee7b77c600dd83ad06302f9")
✓ fullname: Object
  firstname: "Nevena"
  surname: "Nestorovic"
  address: "Pariske Komune 15"
  location: "Nis"

```

Slika 2. Prikaz podataka o radnicima.

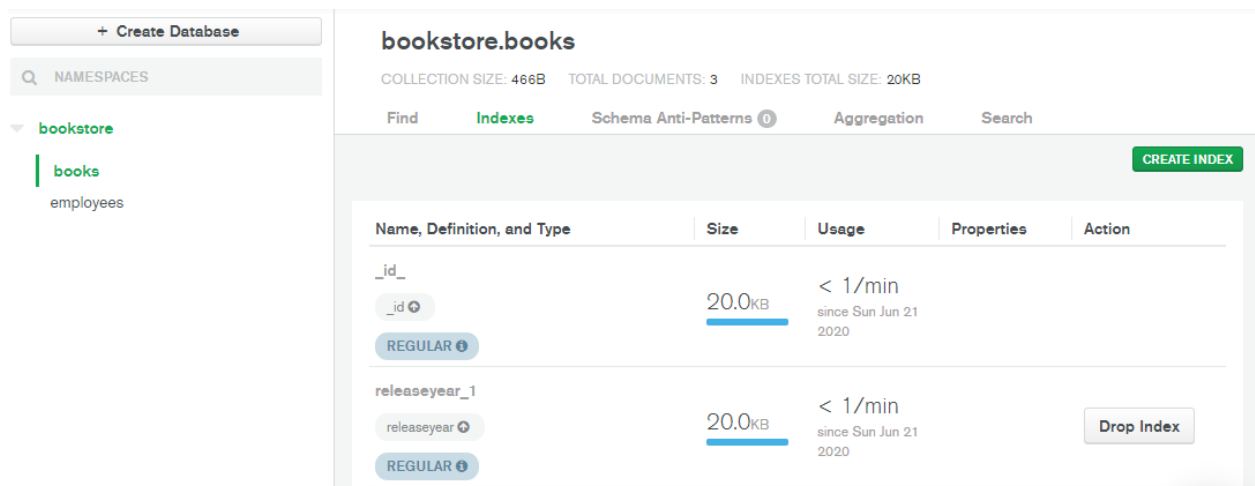
Treba pomenuti da se ne mogu kreirati nove kolekcije u *config* i *system* bazama podataka. MongoDB Atlas nudi i opciju da se preko ovog prikaza na slici 2, što je suštinski *Data Explorer* tab, dodaju nove baze, kolekcije i dokumenti, i to prilično lako i intuitivno. Moguće je i filtrirati podatke po samostalno određenim kriterijumima. Na slici 3 prikazano je filtriranje radnika po gradu u kojem rade.



Slika 3. Filtriranje dokumenata preko Data Explorer-a.

Dokumenti se preko *Data Explorer*-a mogu i editovati, kopirati, klonirati ili izbrisati, što se vrši biranjem neke od ikonica s desne strane prikazanog dokumenta. Treba napomenuti da je za ove akcije neophodno da korisnik ima određene dozvole (a kako je u primeru korisnik administrator baze podataka, njemu su ove opcije dostupne).

Ovaj prikaz omogućava i upravljanje indeksima: njihov prikaz, kreiranje i brisanje. Pri kreiranju je čak data i šema po kojoj se indeks treba kreirati, uz savete i dokumentaciju. Na slici 4 je prikazan kreirani indeks nad kolekcijom *books* i poljem *releaseyear*. Vidi se da pored njega postoji i podrazumevani *_id* indeks, koji se ne može obrisati.



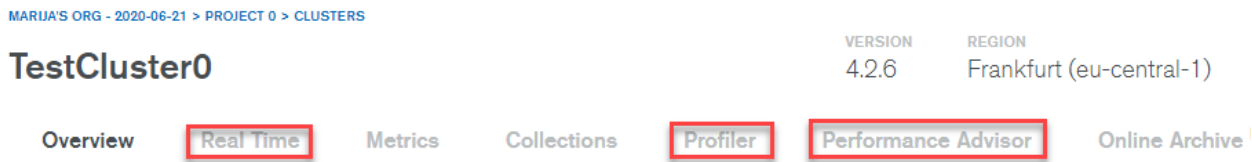
Slika 4. Indeksi za kolekciju books u bazi bookstore.

Kada govorimo o migraciji podataka, Atlas obezbeđuje migraciju sa postojećih MongoDB deploymenta ili JSON/CSV dokumenata upotrebom lajv migracije replika seta, šardovanog klastera ili samostalnog MongoDB čvora na Atlas klaster repliku seta ili šardovani klaster, pri čemu se samostalni MongoDB čvor konvertuje u jedan replika set. Pri migraciji treba voditi računa o verzijama izvora i odredišta. Za importovanje podataka iz JSON/CSV dokumenata može se koristiti *mongoimport*.

3.1.3. Nadgledanje klastera i kreiranje rezervi

MongoDB Atlas pruža par opcija za nadgledanje performansi klastera:

- Analiziranje sporih upita – postoje tri alata za ovu analizu: *Performance Advisor*, *Real-Time Performance Panel* i *Query Profiler*. Nijedna od ove tri opcije u besplatnoj verziji nije dostupna, ali se svima može pristupiti pri odabiru željenog klastera, kao na slici 5. *Performance Advisor* nadgleda upite koje MongoDB smatra sporim (treba im više od 100ms da se izvrše) i predlaže nove indekse koji bi poboljšali performanse upita. *Real-Time Performance Panel* nadgleda i prikazuje trenutni mrežni saobraćaj, operacije u bazi na mašinama koje hostuju bazu i statistiku o hardveru hostova. Koristi se za vizuelnu identifikaciju bitnih operacija, procenu izvršenja upita i odnos skeniranih i vraćenih dokumenata, kao i nadgledanje opterećenja mreže. *Query Profiler* dijagnostifikuje i nadgleda probleme u performansama. Ovo može otkriti spore upite i ključnu statistiku njihovih performansi. Sve tri opcije se koriste tek za klastere na nivou M10+.



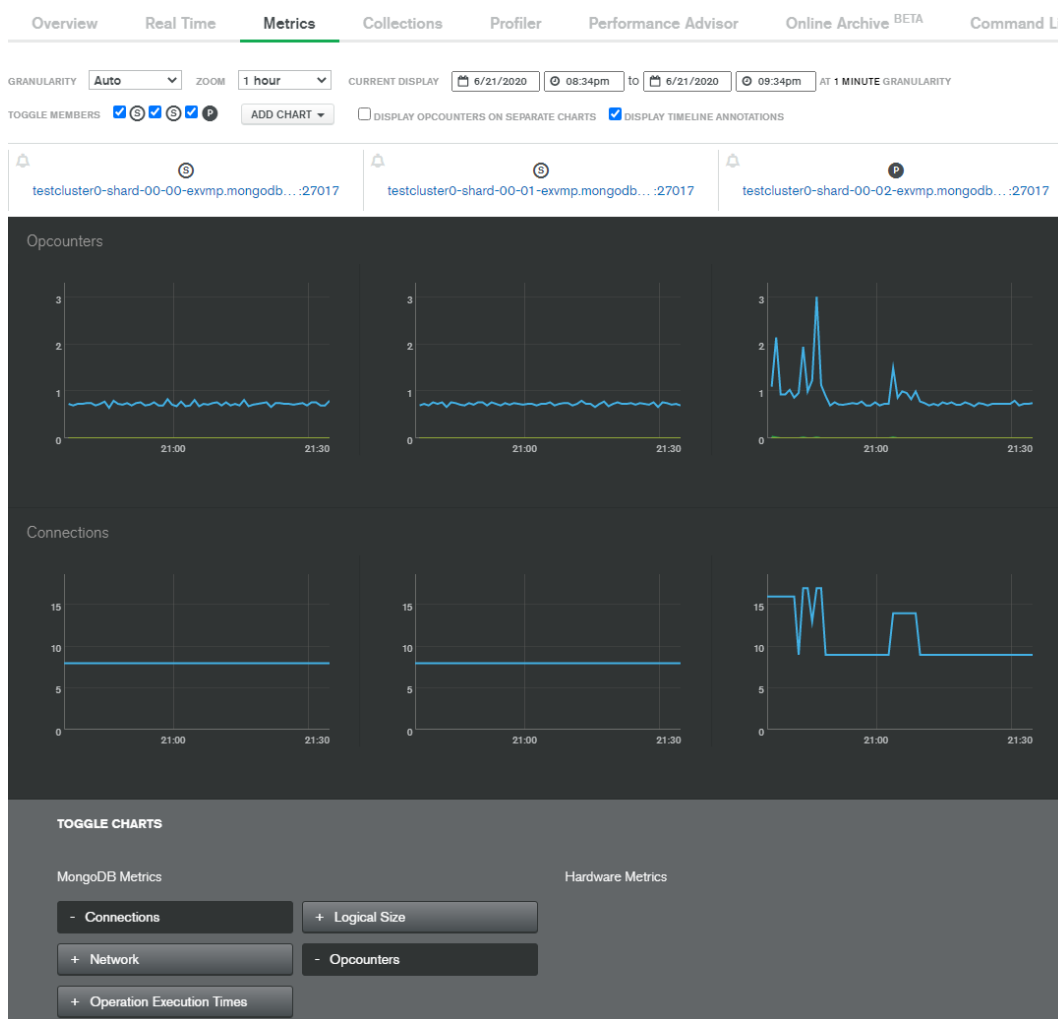
Slika 5. Tri opcije za analizu sporih upita.

- Poboljšanje šeme – šema je arhitektura klastera, uključujući kolekcije, indekse i dokumente. Atlas nudi dva načina za detektovanje najčešćih problema sa šemom i predlog modifikacija: *Performance Advisor* i *Data Explorer*. Neki od najčešćih saveta su: smanjenje *\$lookup* operacija, uklanjanje nepotrebnih indeksa, smanjenje broja kolekcija i smanjivanje veličine velikih dokumenata.
- Pregled metrike klastera – pri odabiru klastera i taba *Metrics* dobija se par grafika kojima se mogu podešavati parametri: period za koji se posmatra, granularnost, itd. Prikazani su podaci za tri servera na kojima se klaster nalazi – primarni i dva sekundarna. Na slici 6 prikazana je metrika za broj konekcija i broj operacija. Pri dnu se vidi koje su još opcije moguće, a dobra stvar je što se za bilo koju od njih se mogu videti i tačne informacije o tome šta se na graficima nalazi. Prelaskom preko grafika dobijaju se širi podaci za

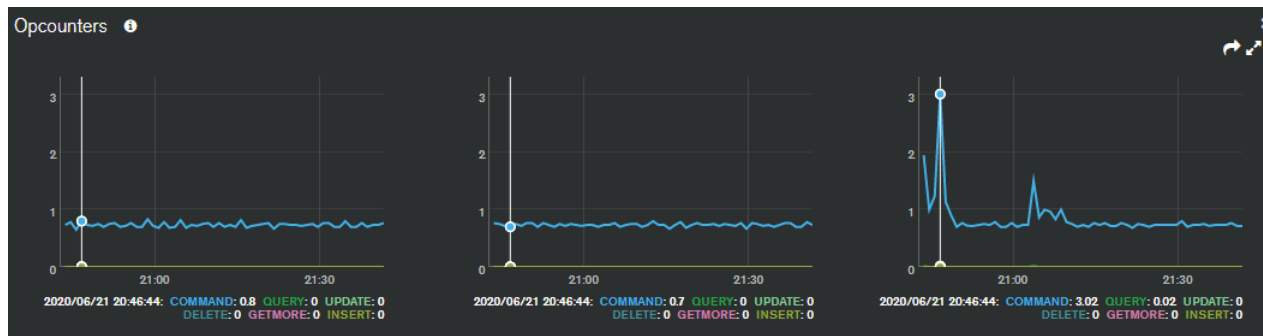
selektovani period – na primer, na slici 7, u delu Opcounters, dobijaju se dodatni parametri koji su objašnjeni u legendi na slici 8.

- Konfigurisanje i razrešenje *alert*-ova – Atlas izdaje alertove za ono što je konfigurisano u podešavanjima. Kada neki uslov izazove alert, Atlas će prikazati upozorenje na klasteru i poslati obaveštenje. Slanje obaveštenja će se nastaviti u regularnim intervalima dok se stanje ne razreši ili se alert ne onemogući/obriše. Na slici 9 dato je kreiranje novog alerta koji se okida kada se korisniku promeni uloga. Mogu se videti opcije koje se mogu koristiti za obaveštavanje. Jedina onemogućena opcija je Slack, koji se može konfigurisati u opštim podešavanjima organizacije.
- Pregled i preuzimanje MongoDB logova – Atlas zadržava poruke logova 30 dana za svaki od nivoa klastera. Međutim, ova opcija nije dostupna na nivou besplatne verzije.

Ako govorimo o bekapovanju, tj. kreiranju kopija, one enkapsuliraju stanje klastera u određenom momentu i pružaju bezbednosnu meru u slučaju gubitka podataka. Za M0 nivo klastera (koji se ovde koristi), bekapovanje nije obezbeđeno i tek se omogućava za M10+ klastere. Svakako, treba paziti o kojim je verzijama baze reč pri bekapovanju.



Slika 6. Metrics.



Slika 7. Opcounters i specifični parametri.

Chart Info

command	The average rate of commands performed per second over the selected sample period
query	The average rate of queries performed per second over the selected sample period
update	The average rate of updates performed per second over the selected sample period
delete	The average rate of deletes performed per second over the selected sample period
getmore	The average rate of getMores performed per second on any cursor over the selected sample period. On a primary, this number can be high even if the query count is low as the secondaries "getMore" from the primary often as part of replication.
insert	The average rate of inserts performed per second over the selected sample period

Chart Annotations

Annotations may appear as colored vertical lines on your charts to indicate server events. The color/event combinations are:

red	A red vertical bar indicates a server restart
orange	An orange vertical bar indicates the server is now a primary
brown	A brown vertical bar indicates the server is now a secondary

Slika 8. Informacije o parametrima.


Create New Alert


✓ Select Target and Condition Add Notification Methods ← Go Back Create


Your Alert Preview


Target: User
Condition: User had their role changed


3 Add Notification Method
These are all the notification methods available given your selected target and condition


**Organization**
Sends the alert to different org roles via email or SMS


**User**
Sends the alert to specified user via email or SMS

**Email Address**
Sends the alert to a specified email address

**Mobile Number**
Sends the alert to the specified phone number

**Slack**
Sends the alert to a slack channel

**Flowdock**
Sends the alert to a Flowdock account

**Datadog**
Sends the alert to a Datadog account

Slika 9. Kreiranje alerta.

3.1.4. Bezbednosne mere

Kao što je već pomenuto u poglavlju 3.1, Atlas ima dve prekonfigurisane mere: upotrebu TLS/SSL protokola za enkripciju konekcija, i VPC cloud opciju. Pored toga, postoje stavke koje se moraju omogućiti kao mere bezbednosti. Jedna od njih je dodavanje stavki na *whitelist*-u: Atlas će dozvoliti samo konekcije onih klijenata čije se IP adrese nalaze na listi – zato je u poglavlju 3.1.2. rečeno da se IP adresa tamo upisuje. Pored ovoga, treba omogućiti i autentifikaciju i autorizaciju korisnika, što se postiže kreiranjem korisničkih naloga i dozvoljavanjem pristupa projektima dodelom privilegija i uloga.

Neke od opcionih bezbednosnih mera su:

- Kreiranje novih uloga – kada podrazumevane Atlas uloge ne opisuju ono što je neophodno za definisanje korisnika, mogu se kreirati nove uloge. One se mogu dodati u meniju *Database Access* koji potpada pod *Security* deo.
- Dvofaktorska autentifikacija – kombinovanje korisničkog imena i šifre sa šestocifrenim brojem koji se šalje na definisan način prilikom svakog unosa akreditiva.
- Enkripcija dok podaci miruju – obezbeđuje se bezbednost podataka na disku. Uključuje se u *Advanced* podešavanjima i može uticati na cenu usluge.

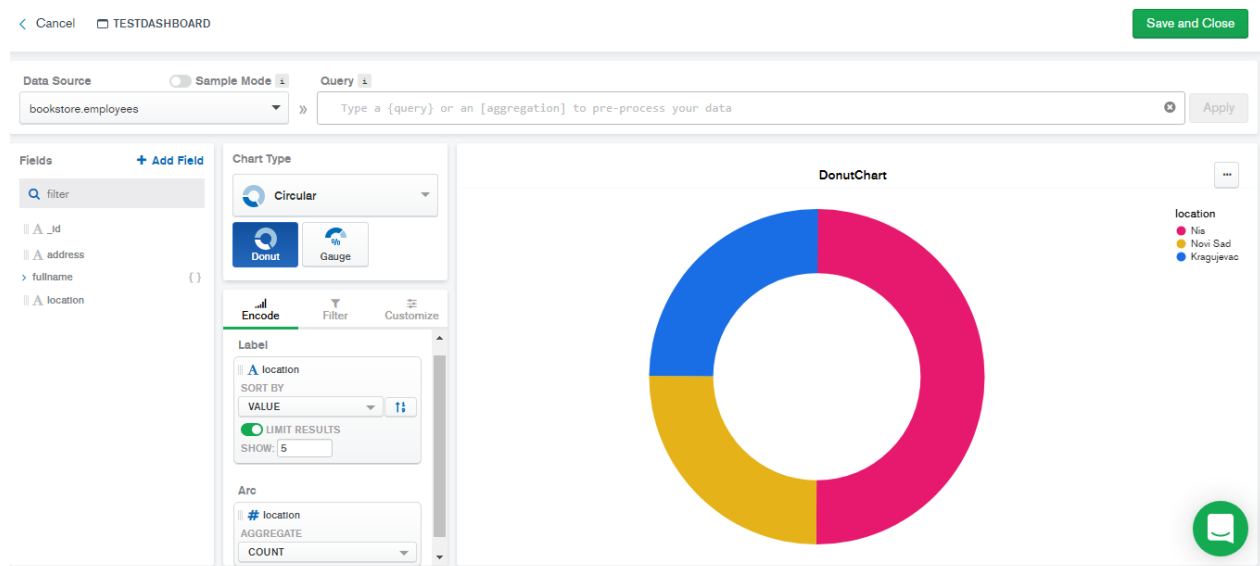
Postoji i par tehnika koje nisu dostupne u besplatnoj verziji Atlasa, kao na primer:

- Praćenje pristupa bazi – prate se uspešni ali i neuspešni pokušaji autentifikacije.
- Privatni endpoint-ovi;
- Autentifikacija/autorizacija preko LDAP (*eng. Lightweight Directory Access Protocol*);
- Revizija baze (*eng. Database Auditing*);
- X509 autentifikacija.

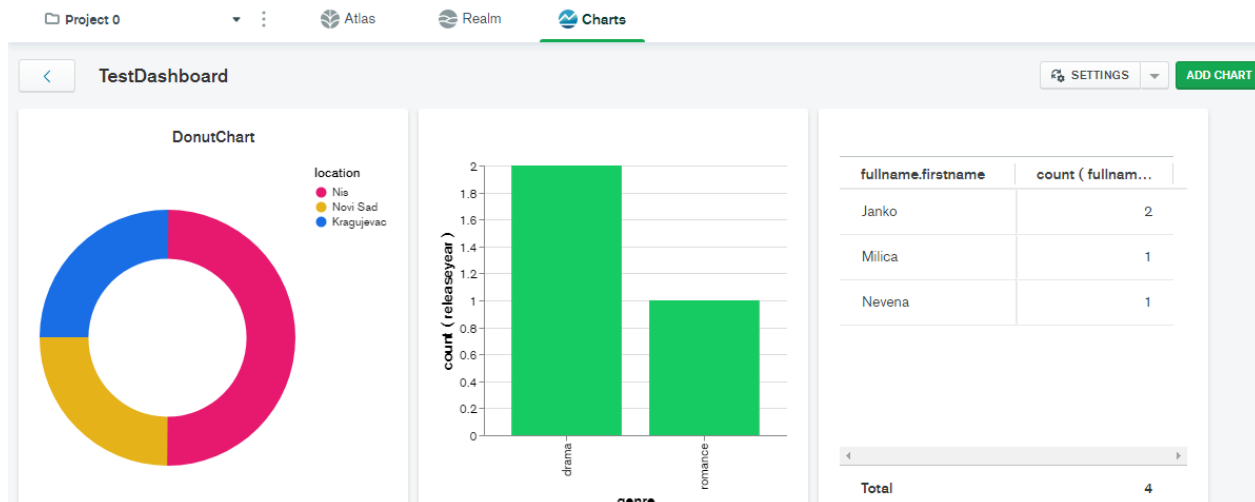
3.1.5. Vizualizacija – MongoDB Charts

Kao što je kratko pomenuto u poglavlju 3, Charts je alat za kreiranje vizualnih reprezentacija MongoDB podataka. Vizualizacija podataka je ključna komponenta za jasno razumevanje podataka, naglašavanje veza između entiteta i lakše uočavanje šablona i trendova u okviru skupa podataka. Dobra strana ovog alata je što je integrisan u MongoDB Atlas i u par koraka se mogu dobiti različite reprezentacije podataka.

Da bi se Charts aktivirao u okviru MongoDB Atlasa, neophodno je povezati ih i odabrati izvore podataka (*eng. Data Sources*) koji će se prikazivati. Zatim je moguće kreirati *Dashboard-ove* sa jednim ili više različitih *chart-ova*. Na slici 10 je prikazan jednostavan *chart* koji prikazuje radnike grupisane po lokacijama – prikazan je i naziv *Dashboard-a* u kome se *chart* kreira. Moguće je podešavati boje i razmeru za svaki *chart*. Na slici 11 je prikaz istog *Dashboard-a* sa još dva dodata *chart-a* različite vrste.



Slika 10. Donut Chart – radnici po lokacijama.



Slika 11. TestDashboard sa tri kreirana charta.

Treba napomenuti da je u radu izostavljeno par opcija, na primer: uključivanje usluga Atlas Data Lake-a i načini plaćanja. U dokumentaciji se mogu naći informacije o njima, kao i o najboljim praksama za kreiranje aplikacija uz MongoDB Atlas koje pomažu u odabiru najboljeg nivoa klastera.

4. Zaključak

Cloud baze podataka uzimaju primat nad tradicionalnim bazama fizički smeštenim u okviru kompanija. Organizacije su uvidele prednost prepuštanja brige o upravljanju bazama podataka provajderima, a uz povećanu skalabilnost cloud se nameće kao logičan izbor. U radu je pokazano da MongoDB Atlas nudi dosta opcija koje mogu olakšati poslovanje. Pored toga, rešenje je dobro dokumentovano i za svaku od mogućnosti iznosi prednosti i mane, tako da kompanije mogu odabrati upravo ono rešenje koje im najviše odgovara u vidu usluga, ali i u vidu troškova.

LITERATURA

- [1] W.A. Neu, V. Vlasceanu, A. Oram, S. Alapati, *An Introduction to Cloud Databases: A Guide for Administrators*, O'Reilly, 2019.
- [2] MongoDB dokumentacija: <https://docs.mongodb.com/cloud/>
- [3] Cloud Computing, Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing
- [4] Cloud Storage, Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_storage
- [5] Cloud Database, Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_database
- [6] Data as a Service, Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Data_as_a_service
- [7] Cloud Adoption Statistics for 2020, Hostingtribunal: <https://hostingtribunal.com/blog/cloud-adoption-statistics/#gref>
- [8] Rightscale 2019 State of the Cloud Report, *Flexera*, 2019.
- [9] Cloud database, <https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/cloud-database>
- [10] Cloud-Based Database Workloads: An Introduction : <https://cloud.netapp.com/blog/cloud-based-database-challenges-and-advantages>
- [11] What is a Cloud Database, Oracle: <https://www.oracle.com/database/what-is-a-cloud-database/>
- [12] MongoDB Atlas: Database as a Service, Software Engineering Daily: <https://softwareengineeringdaily.com/2018/10/23/mongodb-atlas-database-as-a-service/>