

Pojam nerelacionih baza podataka

- Relacionim bazama podataka su prethodile baze podataka zasnovane na drugim modelima podataka
 - hijerarhijske
 - mrežne
- ... ali se danas termin *nerelacione baze podataka* (uglavnom) ne odnosi na njih

Pojam nerelacionih baza podataka

- U savremenom razvoju softvera termin **nerelacione baze podataka** se odnosi na sisteme za upravljanje kolekcijama podataka koje:
 - nemaju strogu statičku strukturu podataka
 - nemaju iscrpnu proveru uslova integriteta
 - ne koriste upitni jezik SQL
 - (nekada se podrazumeva i distribuiranost)
 - ... kakva je onda korist od njih?

Slabosti relacionih baza podataka

- Relacione baze podataka imaju mnoge kvalitete
- Ali ti kvaliteti imaju cenu:
 - relativno visoka cena čitanja
 - zbog neredundantnosti i stroge strukture podataka
 - tj. zbog čestog spajanja podataka
 - otežano distribuiranje
 - pre svega zbog “ultimativne” konzistentnosti podataka
 - skupa promena strukture
 - zbog povezanosti strukture sa upotrebom i optimizacijama

Primer: Globalne veb aplikacije

- Današnje globalno dostupne aplikacije (web, mobilni uređaji, internet stvari) postavljaju specifične izazove pred baze podataka:
 - konkurentni korisnici (transakcije ili čitanja)
 - milioni
 - količina podataka
 - dnevna proizvodnja terabajta i petabajta podataka
 - često prevazilazi mogućnost jednog servera
 - obrada
 - svaka aktivnost korisnika zahteva neku obradu podataka
 - makar i samo zbog praćenja navika korisnika...
 - opterećenje
 - nepredvidiv porast opterećenja
 - neravnomerno opterećenje
 - velika dinamičnost
 - neprekidno dodavanje novih mogućnosti. tj. proširivanje strukture baze podataka
 - promena postojećih komponenti sistema, tj. menjanje postojeće strukture baze podataka

- Pri distribuiranju RBP performanse ne raste dovoljno brzo
 - ne raste ni blizu linearno
 - a opterećenje raste čak i eksponencijalno
 - nije jednostavno dodavati i sklanjati čvorove
- Normalizovana shema
 - zahteva spore operacije spajanja
 - zahteva vrlo pažljivo fragmentisanje i repliciranje
 - otežava menjanje

- Olakšica dolazi iz poslovnog modela:
 - Što je aplikacija veća, uobičajeno je i da veći deo te aplikacije bude besplatan
 - Ako je aplikacija besplatna, onda nešto *može* da se žrtvuje
 - Obično se relativno bezbolno podnosi umereno žrtvovanje konzistentnosti

- Osnovne karakteristike RBP su nastale radi obezbeđivanja čvrste i stabilne strukture baze podataka
- Šta ako se neka od osnovnih karakteristika relacionih baza podataka **oslabi** da bi se prevazišli problemi koje opisuje teorema CAP?
 - Da li se i ostale onda dovode u pitanje...
- Pitanja koja se prirodno postavljaju:
 - Da li je isplativo plaćati cenu RBP, ako se pri tome ipak odustaje od nekih njihovih kvaliteta?
 - Da li je isplativije odustati od još nekih osobina RBP?

- Svet RBP je beskompromisno orijentisan prema pouzdanosti i konzistentnosti
- U svetu DBP kompromisi su neophodni
 - ...teorema CAP...
- U domenu baza podataka danas jednu od najaktivnijih oblasti istraživanja i razvoja predstavljaju upravo različiti vidovi nerelacionih SUBP (NRSUBP, NRBP)
 - ...traži se prava mera kompromisa...

Kada se razmišlja nerelaciono?

- Neko može razmišljati nerelaciono zato što:
 - ...ne poznaje dobro RBP, pa misli da RBP nisu rešenje za neke probleme čak i kada one to jesu
 - ...ima **problem koji ne može da reši pomoću RBP**

Šta to znači u praksi?

- Razmatraju se efikasna nerelaciona rešenja
 - ako je potrebno da se ostvari
 - jednostavnije i efikasnije distribuiranje podataka
 - lako dodavanje čvorova
 - visoka raspoloživost
 - slobodna (ili bar fleksibilnija) struktura podataka
 - ako je prihvatljivo da se žrtvuje
 - određen nivo konzistentnosti
 - automatska provera integriteta
 - ako “ciljevi” i “žrtve” mogu da se usklade

Definicija?

- Nema jedinstvene definicije, ali može se reći:
- NRBP je BP koja:
 - ne počiva na relacionom modelu podataka (ili ga se bar ne drži čvrsto)
 - lako se distribuira
 - horizontalno je skalabilna
- Druge česte karakteristike:
 - bez statičke sheme
 - laka replikacija
 - jednostavan API
 - eventualna konzistentnost
 - počiva na skupu uslova BASE a ne ACID
 - pretpostavlja izuzetno velike količine podataka

- Često se NRBP označavaju kao NoSQL baze podataka
 - izvorno, odstupanje od SQL-a, kao simbola RBP
 - “no SQL”
 - danas uglavnom teže da imaju jezik nalik na SQL...
 - ...pa se često tumači kao “not only SQL”

Tipični problemi i alt. rešenja

- Složene strukture podataka u specifičnim domenima
 - objektne baze podataka
- Visok nivo distribuiranja
 - različite nerelacione baze podataka
- Slobodna ili fleksibilna struktura podataka
 - različite nerelacione baze podataka
- Neophodne izuzetno visoke performanse
 - memorijske baze podataka
- Ogromne količine podataka niske složenosti
 - različite vrste matričnih baza podataka

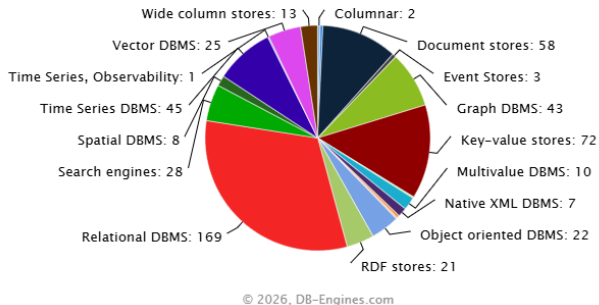
- Osnovne vrste nerelacionih baza podataka:
 - parovi ključeva i vrednosti
 - skladišta širokih kolona
 - skladište dokumenata
 - grafovske baze podataka
 - objektne baze podataka
 - tabelarne baze podataka
 - skladište torki
 - viševrednosne
 - multimodelne
 - XML baze podataka
 - skladišta sadržaja (dokumenata, resursa,...)
 - sistemi za pretraživanja
 - baze vremenskih serija

Popularnost prema modelima

Rank			DBMS	Database Model	Score		
Jun 2026	May 2026	Jun 2025			Jun 2026	May 2026	Jun 2025
1.	1.	1.	Oracle	Relational, Multi-model ⓘ	1140.04	-3.24	-90.35
2.	2.	2.	MySQL	Relational, Multi-model ⓘ	856.29	-0.21	-97.29
3.	3.	3.	Microsoft SQL Server	Relational, Multi-model ⓘ	698.04	-2.95	-78.71
4.	4.	4.	PostgreSQL	Relational, Multi-model ⓘ	688.23	+5.55	+7.58
5.	5.	5.	MongoDB	Document, Multi-model ⓘ	387.97	+3.33	-14.87
6.	6.	6.	Snowflake	Relational	214.57	-1.07	+40.09
7.	7.	↑ 12.	Databricks	Multi-model ⓘ	157.58	+5.80	+52.91
8.	8.	↓ 7.	Redis	Key-value, Multi-model ⓘ	150.02	+2.39	-1.70
9.	9.	↓ 8.	IBM Db2	Relational, Multi-model ⓘ	113.53	+0.49	-11.60
10.	10.	↑ 11.	Apache Cassandra	Wide column, Multi-model ⓘ	102.97	+1.30	-5.30

Popularnost prema modelima

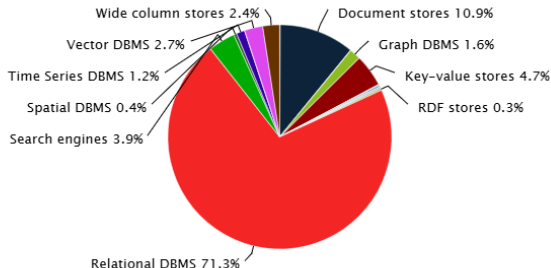
Number of systems per category, June 2026



DB-Engines lists 441 different database management systems, which are classified according to their database model (e.g. relational DBMS, key-value stores etc.). This pie-chart shows the number of systems in each category. Some of the systems belong to more than one category.

Popularnost prema modelima

Ranking scores per category in percent, June 2026



© 2026, DB-Engines.com

This chart shows the popularity of each category. It is calculated with the popularity (i.e. the [ranking scores](#)) of all individual systems per category. The sum of all ranking scores is 100%.

Popularnost – par komentara...

- Prethodne dijagrame bi trebalo posmatrati sa rezervom
- Predstavljaju trend, tj. promenu popularnosti od početka perioda
- Popularnost je procenjena na osnovu novih referisanja na vebu, broja traženja na Guglu, oglasa za posao,...
- Od kraja 2013. ima mnogo tekstova o značajnoj ulozi grafovskih baza u specifičnim problemima, ali broj primena verovatno nije mnogo veći od toga
- Baze dokumenata i baze sa proširivim slogovima su već dovoljno dobro dokumentovane i postoji veoma veliki broj primena i mimo toga
- “Klasične” baze parova ključeva i vrednosti se polako povlače pred bazama dokumenata i bazama sa proširivim slogovima

Baze parova ključeva i vrednosti (1)

- Engl. *key-value databases*
- Struktura:
 - svaka kolekcija podataka je jedna heš tabela
 - podacima se pristupa **isključivo** na osnovu poznatog ključa
 - vrednosti su u načelu jednostavne ili vrlo nisko strukturirane
 - ako vrednosti imaju visoku složenost, obično se BP klasifikuje kao baza sa proširivim slogovima ili baza dokumenata

Baze parova ključeva i vrednosti (2)

- Doprinosi:
 - podržavaju veoma velike skupove podataka
 - veoma su brze
 - obično podržavaju automatsko repliciranje i horizontalno particionisanje kolekcija
- Slabosti:
 - podrazumeva se visok nivo redundantnosti
 - složene strukture se implementiraju velikim brojem kolekcija
 - u osnovi nemaju mehanizme za očuvanje integriteta
 - često ne obezbeđuju čak ni atomičnost transakcija
 - ne mogu da se pretražuju po podacima
 - svaki indeks je nova kolekcija podataka...
 - uslov traženja je isključivo fiksna vrednost ključa ili raspon vrednosti ključa
- Primeri:
 - Redis, Memcached, Hayelcast, Riak ...

Baze sa proširivim slogovima

- Engl. *wide-column databases, extensible record stores*
- Struktura:
 - u osnovi slično kao baze parova ključeva i vrednosti
 - vrednost predstavlja kolekciju velikog broja parova imena i vrednosti
 - obično broj parova bar načelno nije ograničen
 - sve skupa izgleda kao baza parova ključeva i vrednosti sa dve dimenzije
- Doprinosi:
 - podržavaju veoma velike skupove podataka
 - i velike podatke i veliki broj podataka
 - veoma su brze
 - osim u nekim slučajevima vrednosti sa veoma složenom strukturom
 - većina podržava automatsko repliciranje i horizontalno particionisanje kolekcija
- Slabosti:
 - sve kao za baze parova ključeva i vrednosti
- Primeri:
 - Cassandra, BigTable, Druid, Accumulo, HDFS (Hadoop Distributed File System), HBase

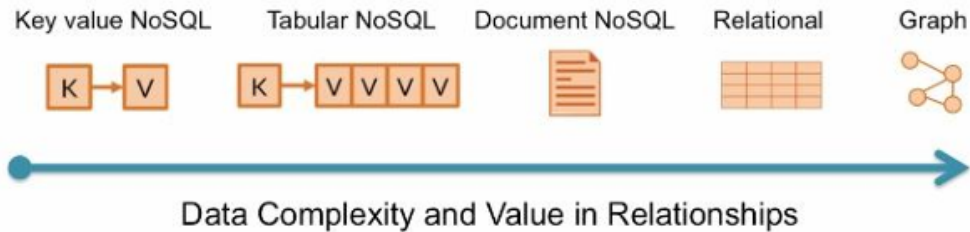
- Engl. *document databases*
- Struktura:
 - u osnovi liči na bazu parova ključeva i vrednosti
 - svaki dokument predstavlja vrednost kome se dodeljuje ključ
 - dokumenti se zapisuju u strukturiranim (XML, YAML, JSON, BSON,...) ili nestrukturiranim oblicima (npr. PDF)
 - svaki dokument ima metapodatke
 - telo dokumenta (ako je strukturiran) i metapodaci se automatski interno strukturiraju
 - korisnik ne mora ništa da zna o tome

- Doprinosi:
 - obično veoma jednostavan i efikasan rad
 - obično podržavaju bar poluautomatsko repliciranje i horizontalno particionisanje kolekcija
- Slabosti:
 - relativno ograničen domen primene
 - mnoge implementacije ne omogućavaju ad-hok upite i menjanja podataka
 - neke implementacije ne trpe veliku učestalost menjanja podataka
- Primeri:
 - MongoDB, CouchDB, MarkLogic, RavenDB, Amazon DynamoDB, Google Cloud Datastore

Grafovske baze podataka

- Engl. *graph databases*
- Struktura:
 - bazu čine čvorovi i veze među njima
 - nema čvrste sheme, podaci imaju veoma slobodnu strukturu
 - akcenat je na odnosima između podataka, a ne na strukturi podataka
- Doprinosi:
 - nasuprot drugim nerelacionim BP, veoma su efikasne kada su u pitanju uobičajene operacije sa grafovima
 - neke podržavaju transakcije i ACID režim uslova
- Slabosti:
 - relativno ograničen domen primene
 - nisu pogodne van svog domena
- Primeri:
 - Neo4J, OrientDB, ArangoDB, Allegro, Virtuoso, MS Azure Cosmos DB, Titan, GraphDB

Složenost strukture podataka



- Raznovrsnost modela otežava standardizaciju i učenje
- Kod baza dokumenata to predstavlja nešto manji problem, zato što je veći deo strukture baze podataka implicitno određen i korisnik mu ne pristupa neposredno
- Kod baza parova ključeva i vrednosti imamo izuzetno veliku zbrku
- Primetimo da su baze sa proširivim slogovima najbliže nekom vidu standardizacije

- Prepoznaju se još neke kategorije baza podataka
 - Višedimenzionalne baze podataka
 - Rešetkaste baze podataka
 - XML baze podataka
 - Objektne baze podataka
 - Naučne baze podataka
 - Vektorske baze podataka
 - Višemodelne - predstavljaju spoj više modela
 - na primer: ArangoDB
 - i druge...
- Prilično iscrpan pregled nerelacionih baza podataka postoji na stranici:
 - <http://nosql-database.org/>

- U poslednje vreme se kao alternativa nerelacionim bazama razvijaju relacije baze prilagođene distribuiranju
 - pretpostavlja se upotreba više čvorova
 - čvorovi imaju jasno razdvojene namene (na primer: kontrolni, procesni i skladišni čvorovi)
 - pogodne za oblak
- Primeri
 - MS Azure Synapse
 - YDB

Projektovanje nerelacionih baza podataka

Postupak projektovanja ima iste osnovne korake kao i u slučaju RBP, ali se ti koraci razlikuju

- **Konceptualno projektovanje**

- obrađeni koraci su u osnovi isti
- potrebno je prikupiti informacije koje će pomoći pri odabiru ciljnog modela podataka i SUBP

- **Logičko projektovanje**

- kao prvi korak se obavlja odabir modela podataka i SUBP
- odvija se u odnosu na konkretan model i SUBP

- **Fizičko projektovanje**

- odvija se u odnosu na konkretan model i SUBP

Odabir ciljnog modela podataka

- Odabir ciljnog modela podataka se odvija na osnovu
 - specifičnosti napravljenog konceptualnog modela baze podataka
 - na osnovu specifičnih informacija o planiranoj upotrebi
- Postoji veliki broj specifičnih vrsta i implementacija nerelacionih BP
 - potrebno je proceniti koji od njih je konceptualno i implementaciono najbliži stvarnim potrebama i konkretnom konceptualnom modelu

Pogrešan izbor?

- Veoma često se pravi pogrešan izbor modela i SUBP
- Primer:
 - pravi se baza dokumenata i meta-podataka o dokumentima
 - izabere se MongoDB
 - zatim se ispostavi da je primarna složenost u obradi meta-podataka ili čak transakcijama na meta-podacima
 - SUBP MongoDB je odličan za rad sa dokumentima i pruža veliku fleksibilnost u modeliranju i radu sa meta-podacima
 - **Ali nije dobar za transakcionu obradu**
 - podržava ACID transakcije
 - ali su relativno neefikasne, posebno ako su iole složenije (ako se jedna transakcija odnosi na više dokumenata)
 - jedinica obrade je dokument, a ne podatak...

Pogrešan izbor? (2)

- Da bi se izbegao pograšan izbor neophodno je da se pažljivo prikupe i analiziraju informacije o upotrebi, kao i konceptualni model
- Primer:
 - veb-prodavnica, podaci o proizvodima
 - svaka vrsta proizvoda ima različite karakteristike i značajne attribute
 - fiksna shema RBP predstavlja problem
 - mada mogu da se koriste tzv. generički atributi
 - MongoDB je u ovom slučaju sasvim opravdan i dobar izbor
 - podržava varijabilnu shemu meta-podataka
 - ne zahtevaju se složene transakcije nad meta-podacima
- Potencijalni problem:
 - ako se pokuša da se MongoDB koristi i za narudžbenice, plaćanja i slično

Kako izbeći pogrešan izbor?

- Najpre razmotriti mogućnost primene RBP
- Ako se ne nađe na probleme, držati se RBP
- Ako se uočavaju potencijalno ozbiljni problemi u slučaju upotrebe RBP, razmotriti različite modele NRBP
- Za svaki model (SUBP) koji se razmatra, pažljivo sagledati
 - Da li uspešno rešava uočene probleme RBP?
 - Da li uspešno rešava ono što rešava i RBP?
 - Da li uvodi neke nove probleme?
 - npr. ključ-vrednost baze podataka (Redis) omogućava izuzetnu brzinu ali uvodi vrlo ograničene upite
 - npr. baza sa proširivim slogovima (Cassandra) omogućava horizontalno skaliranje ali uvodi eventualnu konzistentnost

- Logičko i fizičko projektovanje imaju slične korake kao kod RBP, ali su oni prilagođeni odgovarajućem modelu podataka i konkretnom SUBP
 - zato ih nećemo detaljnije razmatrati
- Imajući u vidu da:
 - je model podataka NRBP često tesno povezan sa izborom SUBP;
 - da se često radi o bazama podataka koje imaju specifičnu i lokalno složenu strukturu, ali koja globalno nije složena
 - tj. odnosi među podacima mogu biti veoma složeni, ali se ukupna struktura BP sastoji od relativno malo elemenata (za razliku od nekoliko stotina tabela kod RBP)
- ...razlika između logičkog i fizičkog projektovanja može da se “istopi”
- Ipak, ostaje preporuka kao kod RBP – ne preskakati logičko projektovanje

- Lynch, Gilbert, Brewer's conjecture and the feasibility of consistent, available, partition-tolerant web services, ACM SIGACT News, Vol.33/2 (2002)
- Eric Brewer, Towards Robust Distributed Systems, PODC (2000)
- Dan Pritchett, BASE: An Acid Alternative, ACM Queue, 2008/06
- <http://www.julianbrowne.com/article/viewer/brewers-cap-theorem>
- <http://danweinreb.org/blog/what-does-the-proof-of-the-cap-theorem-mean>
- <http://maniagnosis.crsr.net/2010/09/some-misconceptions-about-cap-theorem.html>

- Sugam Sharma, An Extended Classification and Comparison of NoSQL Big Data Models, Arxiv, 2015.
- DB-Engines
- <https://db-engines.com/en/>
- Internet...