

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

Uvod - opšti koncepti

Arhitekture sistema velikih skupova podataka, dr Vladimir Dimitrieski

1

Sadržaj

- Uvod
- Inženjering podataka i nauka o podacima
- Uloge u timu za rad sa podacima
- Veliki skupovi podataka
- Arhitekture sistema velikih skupova podataka (ASVSP)
- Paketna obrada podataka
- Obrada podataka u realnom vremenu
- Primeri ASVSP

2

2

Uvod

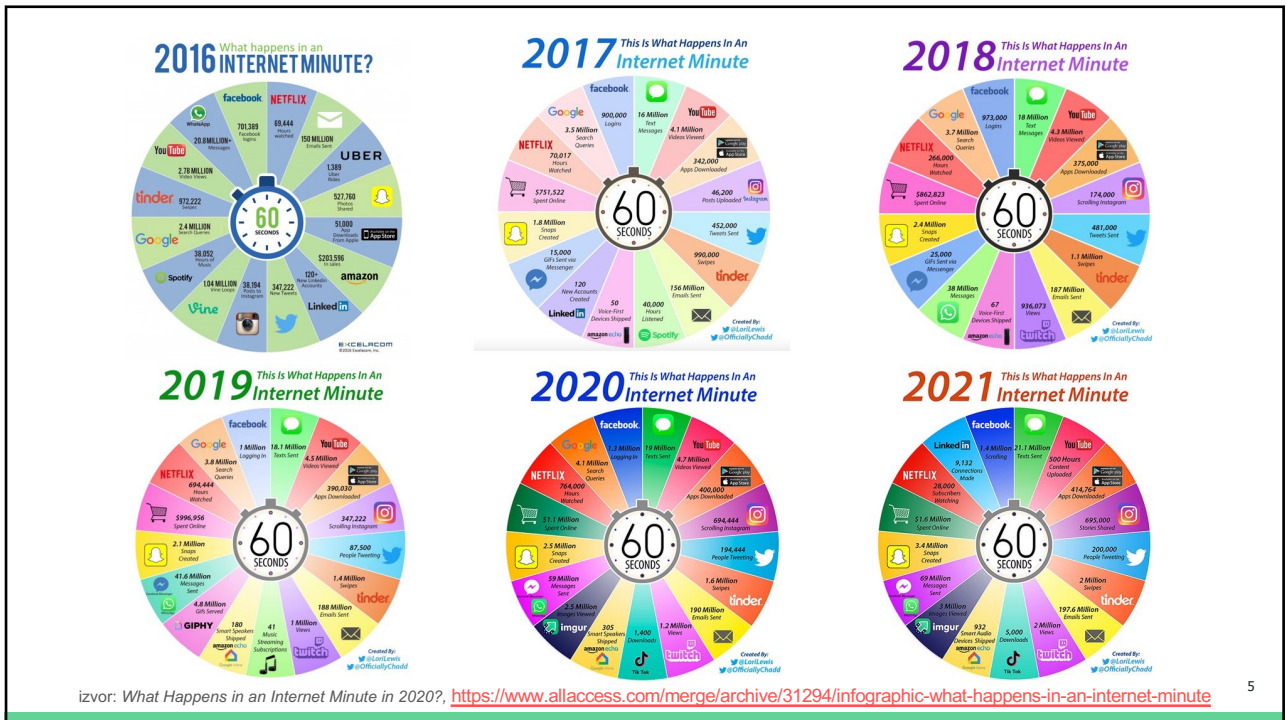
3

Uvod

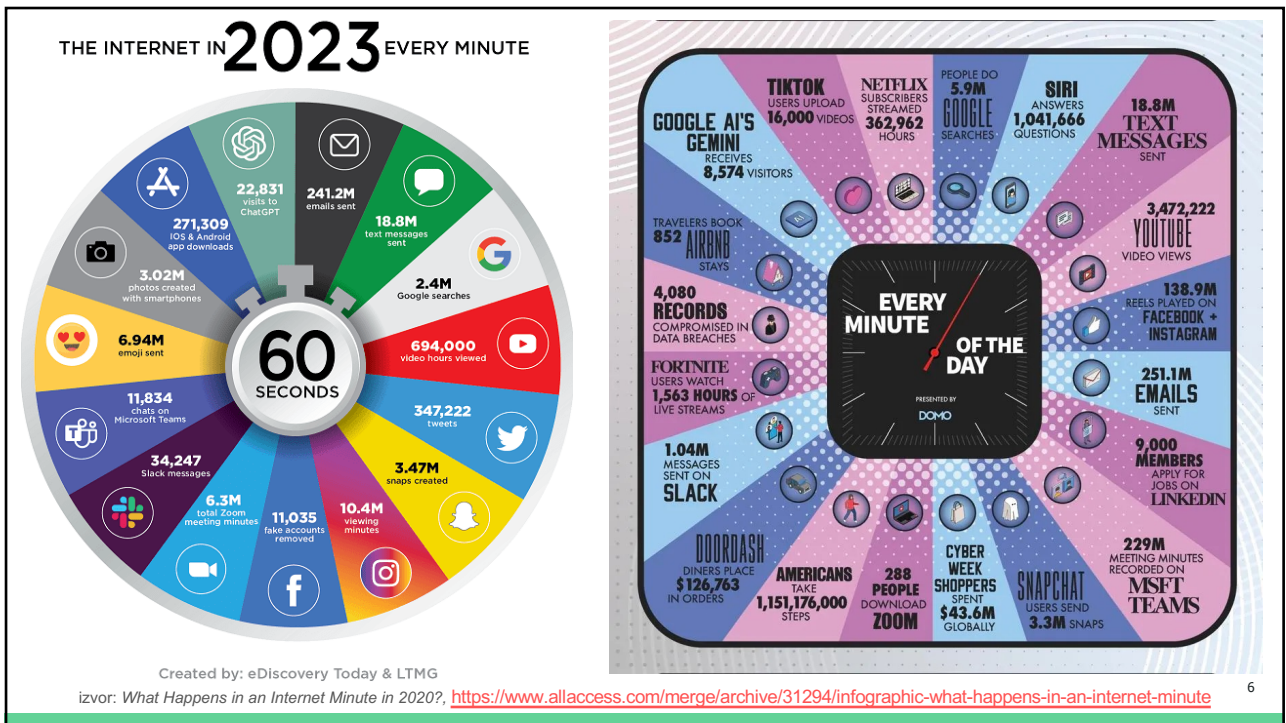
- Od sredine 2000-ih godina dolazi do "eksplozije" podataka
 - veliki skupovi podataka su postojali od 60ih i 70ih godina 20og veka
 - rešenje problema upravljanja njima uključivalo je prelazak na relacione baze podataka
 - oko 2005. godine se uočava se **trend povećanog generisanja podataka** od strane ljudi
 - korišćenjem servisa poput *Facebook*-a i *YouTube*-a i sveprisutnih pametnih uređaja
 - uočavaju se ograničenja tradicionalnih tehnika skladištenja i upravljanja podacima
 - prvenstveno relacionih baza podataka
 - ograničenja se odnose na mogućnost skaliranja i performansi
 - nakon 2005. godine svakodnevno se povećava količina generisanih podataka
 - trenutno se generiše više od **30.000GB svake sekunde**
 - sa tendencijom da se taj broj drastično poveća
 - jer osim ljudi podatke sada generiše i sve veći broj IoT uređaja
 - mnogo izvora podataka i različitih oblika/formata podataka

4

4



5



6

Uvod

- **"Data is the new oil."** — Clive Humby (UK data scientist)
- "Data really powers everything that we do." — Jeff Weiner (LinkedIn ex-CEO)
- "Without big data, you are blind and deaf and in the middle of a freeway." — Geoffrey Moore (US business expert)
- "You can have data without information, but you cannot have information without data." — Daniel Keys Moran (US programmer and author)
- **"Big data is at the foundation of all of the megatrends that are happening today, from social to mobile to the cloud to gaming."** — Chris Lynch (US IT entrepreneur)

7

7

Uvod

- "With data collection, 'the sooner the better' is always the best answer." — Marissa Mayer (Yahoo! ex-CEO)
- **"Without a systematic way to start and keep data clean, bad data will happen."** — Donato Diorio (DtaZ CEO)
- **"Big data isn't about bits, it's about talent."** — Douglas Merrill (US IT entrepreneur)

8

8

Uvod

- Nastaju nove naučne discipline i radna mesta
 - **inženjering podataka** (engl. *Data Engineering*)
 - **nauka o podacima** (engl. *Data Science*)
- Nastaju nove tehnologije i metodologije obrade velikih skupova podataka
 - pažnja se usmerila na **paralelizaciju** obrade i na **horizontalno skaliranje** sistema
 - uz težnju da se smanji kompleksnost obrade velikih količina podataka
 - mahom proistekle iz projekata velikih kompanija kao što su *Netflix, Yahoo, Google* i *Amazon*
 - ali postoji i veliki broj projekata otvorenog koda
 - nastaju mnoge NoSQL baze podataka
 - sa različitim ciljevima i mogućnostima
 - nastaju algoritmi za paralelnu obradu podataka (npr. *MapReduce*)

9

9

Uvod

- Nastaju nove tehnologije i metodologije obrade velikih skupova podataka
 - teži se ka zameni postojećih sistema skladišta/baza podataka
 - glavni faktori koji utiču na nemogućnost rada sa velikim skupovima podataka
 - brzina traženja na disku
 - koja je niska
 - mogućnost skaliranja
 - koja nije dovoljno dobra

10

10

Brzina traženja na disku

- Brzina traženja na disku
 - ne razvija se istim tempom kao i veličina diska niti kao brzina prenosa podataka
 - obuhvata vreme potrebno da se glava diska pozicionira za čitanje sektora
 - kod tradicionalnih sistema, traženje je dominantna operacija
 - B-stablo je dobro za rad sa manjim delovima baze podataka
 - nepogodno sa ažuriranje ili čitanje većeg dela skladištenih podataka
 - drastično usporava rad sa velikim količinama podataka
 - koji se vrlo često čitaju redosledno i u celosti

11

11

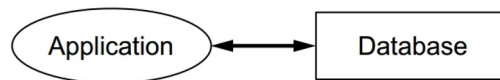
Skaliranje

- Skaliranje u tradicionalnim sistemima
 - jedan od osnovnih problema tradicionalnih sistema
 - u kojima se koriste relacione baze podataka
 - sa povećanjem količine podataka
 - više se brine o arhitekturi sistema
 - redovi čekanja, particije, replikacija itd.
 - nego o samoj poslovnoj logici
 - relacione baze podataka
 - nisu pogodne za horizontalno particionisanje
 - usled izuzetno loših performansi spojeva
 - mali broj relacionih baza podataka podržava interno horizontalno particionisanje

12

12

Inkrementalne arhitekture



izvor: *Big Data: Principles and best practices of scalable real-time data systems*, Nathan Marz, James Warren

- Inkrementalne arhitekture
 - veoma rasprostranjene
 - koriste baze podataka za upis i ažuriranje podataka
 - održavajući ažurnu sliku stanja realnog sveta
 - direktnim ažuriranjem prethodne slike stanja
 - inkrementalno ažuriranje podataka
 - umesto čuvanja svih izvornih podataka čuvaju se agregati
 - npr. ukupan broj pristupa web stranici
 - umesto pojedinačnih pristupa
 - npr. ukupna plata zaposlenog nakon svih povišica
 - umesto osnovne plate i povišica odvojeno
 - ne zavise od izbora relacione ili NoSQL baze podataka
 - zavise od **pristupa projektovanju** šeme baze podataka
 - zavise od **odabira algoritama** za rad sa podacima

13

13

Inkrementalne arhitekture

- Inkrementalne arhitekture - Primer
 - aplikacija za praćenje analitike posete web prezentacijama
 - omogućava praćenje broja poseta definisanom URL-u
 - potrebno je da podrži **izveštaj o 100 najposećenijih URL-ova**
 - šema relacione baze podataka
 - *id* - veštački ključ
 - *user_id* - identifikator korisnika sistema koji zahteva praćenje poseta određenoj stranici
 - *url* - adresa stranice za koju se prati broj poseta
 - *pageviews* - ukupan broj pristupa stranici

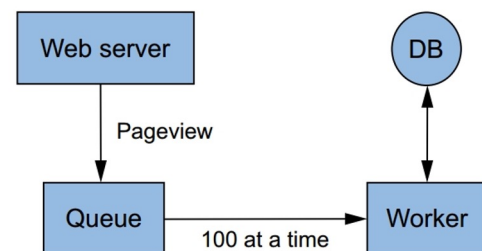
Column name	Type
id	integer
user_id	integer
url	varchar(255)
pageviews	bigint

izvor: *Big Data: Principles and best practices of scalable real-time data systems*, Nathan Marz, James Warren ¹⁴

14

Inkrementalne arhitekture

- Inkrementalne arhitekture - Primer
 - **Problem 1:** porast broja korisnika dovodi do problema sa uvećavanjem brojača
 - pojavljuje se greška: engl. *Timeout error on inserting to the database*
 - prouzrokovana nemogućnošću baze podataka da isprati broj poseta i ažuriranja
 - **Rešenje 1:** umesto pojedinačnih uraditi paketna ažuriranja
 - uvesti red čekanja između aplikativnog servera i baze podataka
 - periodično preuzimati podatke iz reda čekanja i raditi paketno (objedinjeno) ažuriranje BP
 - obrada u radnom čvoru (engl. *worker*)
 - npr. na svakih 100 elemenata u redu



izvor: *Big Data: Principles and best practices of scalable real-time data systems*, Nathan Marz, James Warren ¹⁵

15

Inkrementalne arhitekture

- Inkrementalne arhitekture - Primer
 - **Problem 2:** prepunjava se red usled prevelikog broja zahteva
 - **Rešenje 2.1:** povećati broj radnih čvorova
 - ponovo dolazi do zagušenja BP usled prevelikog broja ažuriranja
 - vraćamo se na **problem 1**
 - **Rešenje 2.2:** povećati broj radnih čvorova i horizontalno particionisati BP (engl. *sharding*)
 - svaka particija sadrži deo sadržaja tabele
 - postoji direktna veza između particije i ključa torke
 - npr. pronalazi se *hash* ključa i smešta se u particiju čija se adresa dobije kao ostatak pri deljenju *hash*-a sa brojem particija
 - uniformna raspoređenost vrednosti ključeva po particijama
 - aplikativni server može biti svestan particionisanja ili prepustiti upravljanje SUBP-u
 - postojanje particija dovodi do povećanja kompleksnosti upita
 - **kako pronaći 100 najposećenijih URL-ova?**

16

16

Inkrementalne arhitekture

- Inkrementalne arhitekture - Primer
 - **Problem 3:** dolazi do zagušenja na particijama usled prevelikog broja zahteva
 - **Rešenje 3:** povećati broj particija
 - svako povećanje broja particija zahteva ponovno reparticionisanje podataka
 - usled potrebe za uniformnom obradom podataka
 - potrebno obezbediti što manji gubitak novih podataka
 - nastao zbog nedostupnosti servera usled reparticionisanja baze podataka

17

17

Inkrementalne arhitekture

- Inkrementalne arhitekture - Primer
 - **Problem 4:** hardver na kojima se nalaze particije otkazuje
 - engl. *fault-tolerance issues*
 - što je veći broj particija to je veća verovatnoća da će doći do otkaza
 - **Rešenje 4:** uvesti replikaciju i redundantne redove
 - radni čvorovi pišu u redundantne redove
 - dok se ne oporavi particija
 - svaka particija se replicira na odgovarajući broj drugih particija
 - replikacione kopije služe isključivo za čitanje
 - ***više vremena se brinemo o arhitekturi sistema nego o samoj poslovnoj logici!***

18

18

Inkrementalne arhitekture

- Inkrementalne arhitekture - Primer
 - **Problem 5:** slučajno propagiranje i akumulacija greške
 - engl. *corruption issues*
 - slučajno uvedena greška u algoritam brojanja, koja uveća brojač za 2 umesto za 1
 - nije moguće smanjiti brojače poseta
 - **Rešenje 5:** izmena šeme baze podataka???
 - **odbacivanje inkrementalnog pristupa obradi podatka**

19

19

Inkrementalne arhitekture

- Inkrementalne arhitekture - izazovi i problemi
 - **operaciona složenost**
 - prouzrokovana složenošću upravljanja infrastrukturom nad kojom se izvršava aplikacija
 - npr. sažimanje indeksa u bazama podataka
 - intenzivna operacija koja zahteva dosta procesorskog vremena
 - zahteva izuzetno pažljivo podešavanje baze podataka
 - i planiranje u ranim fazama projektovanja sistema
 - može da prouzrokuje zagušenje sistema pa čak i otkaz
 - ako nije konfigurisana na odgovarajući način

20

20

Inkrementalne arhitekture

- Inkrementalne arhitekture - izazovi i problemi
 - **konvergentna konzistentnost**
 - **CAP teorema** za distribuirane sisteme
 - nije moguće istovremeno imati konzistentan sistem, dostupan sistem i sistem koji toleriše razdvojenost svojih delova
 - **žrtvuje se konzistentnost**
 - dozvoljeno je da u pojedinim trenucima sistem bude nekonzistentan
 - ali nakon razdvojenosti sistema da se vrati u konzistentno stanje
 - kako bi se izbeglo gubljenje podataka
 - zahteva pažljivo projektovanje šeme baze podataka i pristupa skladištenju podataka
 - zahteva pažljivu koordinaciju aplikacija i replikacije podataka

21

21

Inkrementalne arhitekture

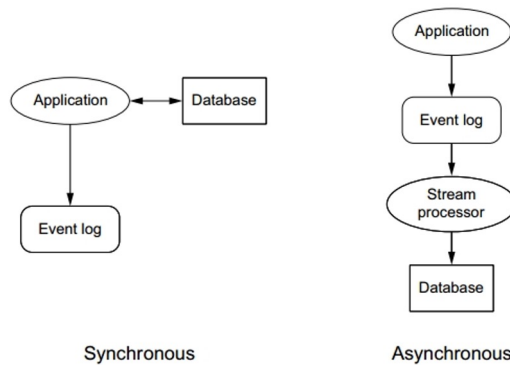
- Inkrementalne arhitekture - izazovi i problemi
 - **nedovoljna otpornost na ljudske greške**
 - ažuriranje stanja u bazi podataka se obavlja čak i u prisustvu ljudske greške
 - često nije moguće oporaviti se od greške
 - zbog kumulativne/agregatne osobine izmenjenog podatka
 - može se rešiti bez kompletne izmene arhitekture
 - dovoljno je uočiti problem prilikom projektovanja arhitekture i šeme baze podataka
 - umesto agregata čuvati pojedinačne zapise o svakom događaju iz realnog sveta

23

23

Inkrementalne arhitekture

- Inkrementalne arhitekture - izazovi i problemi
 - **nedovoljna otpornost na ljudske greške - rešenje**



izvor: *Big Data: Principles and best practices of scalable real-time data systems*, Nathan Marz, James Warren

24

24

Inkrementalne arhitekture

- Rešavanje problema u tradicionalnim sistemima za upravljanje podacima
 - potrebno pronaći **nove načine za upravljanje podacima**
 - potrebno pronaći **nove načine za unapređenje obrade podataka**
 - vertikalno ili horizontalno skaliranje
 - povećanje procesne moći
 - povećanje prostora skladištenja
 - **ne postoji jedinstveno rešenje**
 - različiti problemi zahtevaju različite pristupe
 - postoje tehnologije i arhitekturni principi koji mogu doprineti lakšem upravljanju velikom količinom podataka
 - izvršiti **adekvatnu obuku novih generacija inženjera**
 - u oblasti **inženjeringa podataka** i **nauke o podacima**
 - da bi mogli da rade u uslovima sve veće količine podataka
 - da pronađu (inovativno) rešenje za konkretan problem

25

25

Inženjering podataka i nauka o podacima

26

Informacioni sistemi

- **Informacioni sistem (IS)** (engl. *Information system*)
 - **model dela ili celog realnog sistema razvijen sa ciljem pružanja informacija, neophodnih za funkcionisanje i upravljanje sistemom**
 - **integrisani skup alata za sakupljanje, čuvanje, obradu i prenošenje informacija**
 - u cilju donošenja boljih poslovnih odluka, koordinaciju, analizu i kontrolu u okviru organizacije
 - kombinacija hardvera, softvera i telekomunikacionih mreža
 - koju ljudi koriste kako bi sakupili, kreirali i distribuirali korisne informacije u okviru neke organizacije
- Mesto IS u sistemu
 - **infrastrukturna komponenta sistema**
 - deo upravljačkog sistema za sistem

27

27

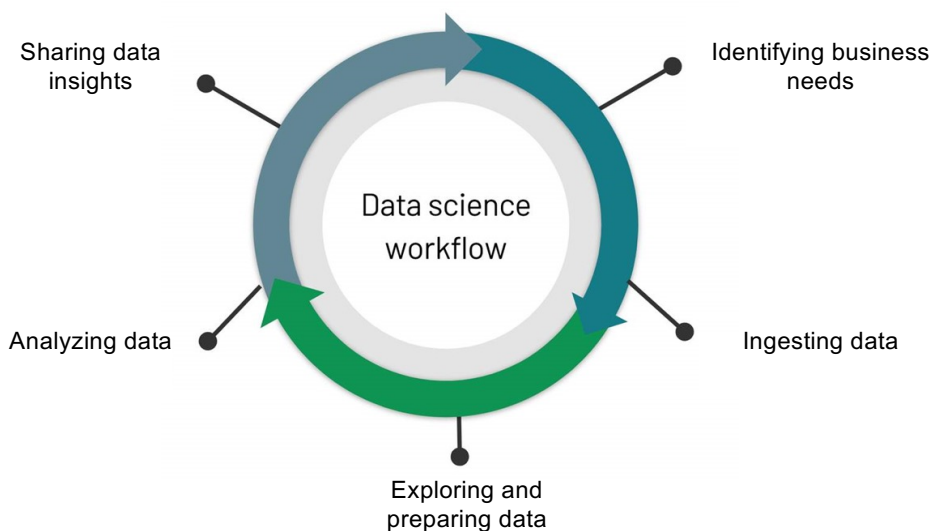
Nauka o podacima

- **Nauka o podacima** (engl. *Data science*)
 - skup fundamentalnih principa koji nas vode ka izdvajanju informacija i znanja iz podataka
 - **interdisciplinarna oblast** koja obuhvata naučne metode, procese i sisteme
 - za izvlačenje znanja ili dobijanja uvida u značenje podataka
 - strukturiranih ili nestrukturiranih
 - objedinjuje discipline matematike, statistike, analize podataka i povezanih metoda
 - radi razumevanja i analiziranja realnih događaja i fenomena pomoću podataka

28

28

Proces rada u okviru nauke o podacima



29

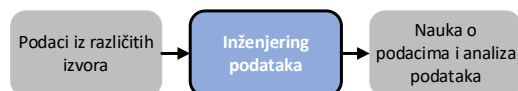
izvor: *Fundamentals of Big Data, Databricks*. <https://academy.databricks.com/>

29

Inženjering podataka

- **Inženjering podataka** (engl. *Data Engineering*)

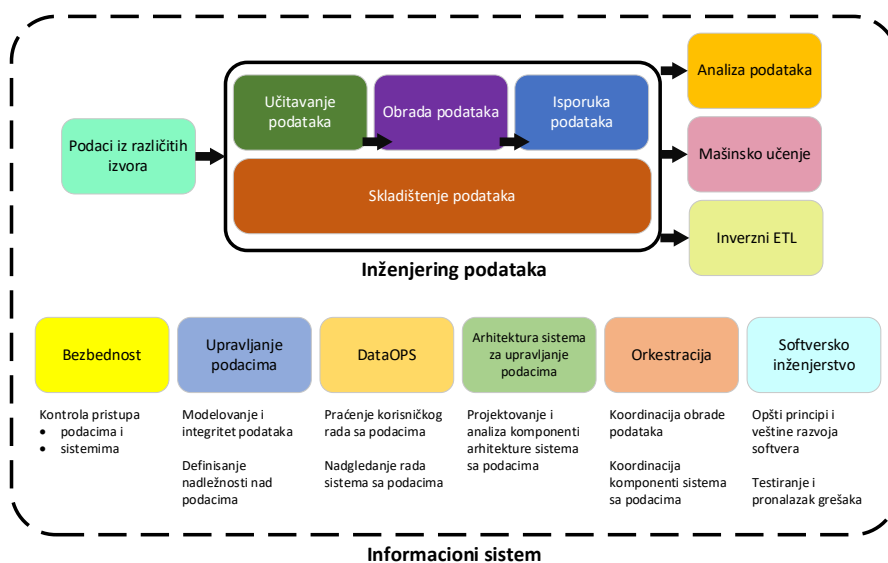
- aspekt nauke o podacima, **usmeren ka pozadinskim (engl. *Backend*) zadacima u cilju obuhvata, obrade i isporuke podataka**
 - obuhvat podataka i priprema za analizu
 - tokovi i pristup informacijama
 - obrade i podaci smaknuti u vremenu (engl. *data pipeline*)
 - iskorišćenje izvora velikih skupova podataka radi analiza
 - **primena velikih skupova podataka u realnom svetu**
- ne bavi se krajnjom analizom podataka – izveštavajućom funkcijom IS
- bavi se
 - **arhitekturama sistema velikih skupova podataka**
 - projektovanjem i konfiguracijom baza podataka
 - interfejsima ka izvorima podataka
 - tehnikama programiranja



30

30

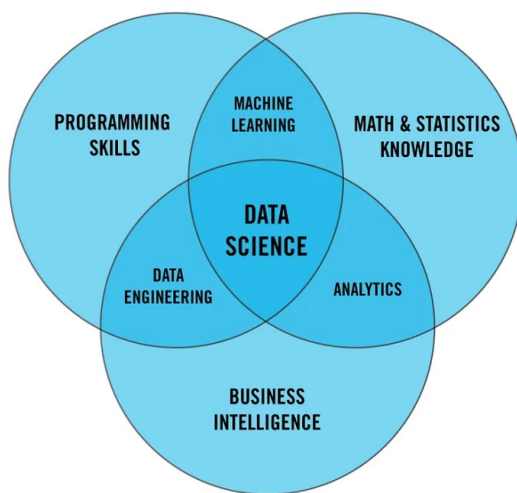
Inženjering podataka – povezani elementi



31

31

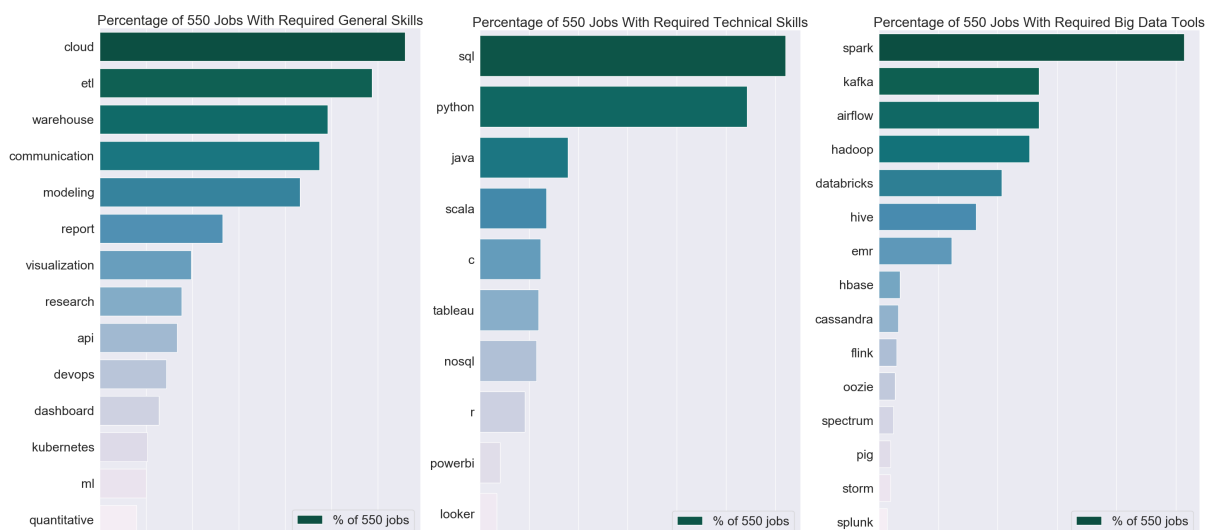
Nauka o podacima i inženjering podataka



32

32

Veštine potrebne inženjerima podataka (2022)



izvor: *What Skills Do You Need to Become a Data Engineer*, <https://www.linkedin.com/pulse/what-skills-do-you-need-become-data-engineer-peng-wang/>

33

33

Veliki skupovi podataka

40

Veliki skupovi podataka

- **Veliki skup podataka**

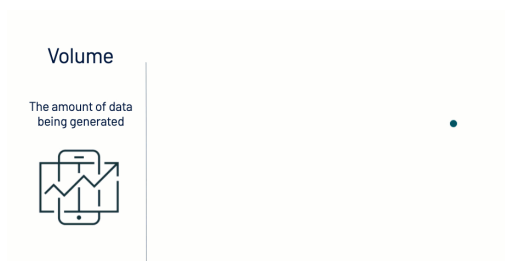
- engl. *big data*
- šta je veliki skup podataka?
- šta veliki skup podataka čini velikim?
- ne postoji jasna i opšte prihvaćena definicija
 - različite kompanije imaju različito poimanje pojma **veliki skup podataka**
- istorijski prva i najčešće korišćena/citirana definicija koju je dao *Doug Laney*
 - često se naziva i 3 V definicija
 - **veliki skup podataka je skup podataka koji sadrži raznovrsne podatke (engl. *variety*) koji se prikupljaju u sve većem obimu (engl. *volume*) i sve većom brzinom (engl. *velocity*).**

41

41

Veliki skupovi podataka

- Veliki skup podataka
 - veliki skup podataka je definisan kroz tri V osobine
 - **količina podataka** (engl. *volume*) - količina prikupljenih podataka koju treba obraditi
 - najčešće je potrebno obraditi nestrukturirane podatke
 - u zavisnosti od kompanije, meri se u stotinama GB pa čak i u desetinama ZB



izvor: *Fundamentals of Big Data, Databricks*. <https://academy.databricks.com/>

42

42

Veliki skupovi podataka

- Veliki skup podataka
 - veliki skup podataka je definisan kroz tri V osobine
 - **brzina prikupljanja podataka** (engl. *velocity*) - količina podataka koji su prikupljeni u jedinici vremena
 - nekada se posmatra i kao brzina po kojoj se prikupljaju i analiziraju podaci
 - najbrže prikupljanje podataka je ono koje smešta podatke u radnu memoriju



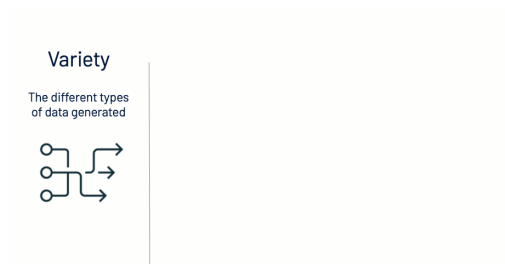
izvor: *Fundamentals of Big Data, Databricks*. <https://academy.databricks.com/>

43

43

Veliki skupovi podataka

- Veliki skup podataka
 - veliki skup podataka je definisan kroz tri V osobine
 - **raznolikost podataka** (engl. *variety*) - dostupnost različitih tipova podataka u skupu
 - tradicionalni skupovi podataka su bili strukturirani sa jasno definisanim tipovima
 - danas, podaci se često prikupljaju u nestrukturiranom ili polustrukturiranom obliku



izvor: *Fundamentals of Big Data, Databricks*, <https://academy.databricks.com/>

44

44

Veliki skupovi podataka

- Veliki skup podataka - pet V osobina



izvor: *The 5 Vs of Big Data, Oracle*, <https://blogs.oracle.com/step/the-5-vs-of-big-data-and-fujitsu-m10>

45

45

Veliki skupovi podataka

- Veliki skup podataka - dodatne osobine
 - **vrednost podataka** (engl. *value*) - vrednost koja može biti dobijena kao rezultat analize sprovedene nad prikupljenim podacima
 - karakteristika bitna za menadžment kompanije
 - vrednost koja im se može vratiti ulaganjem u prikupljanje i obradu velikih količina podataka
 - **verodostojnost podataka** (engl. *veracity*) - stepen istinitosti i tačnosti podataka
 - skup podataka može da sadrži i pogrešno/delimično prikupljene podatke, maliciozne podatke itd.
 - definiše da li su prikupljeni podaci odgovarajući za problem koji se rešava
 - od svih V osobina, **najteže je obezbediti verodostojnost podataka**

46

46

Veliki skupovi podataka

- Veliki skup podataka - alternativne definicije
 - **veliki skup podataka je skup podataka koji je prevelik za skladištenje u tradicionalnim bazama podataka ili previše složen za obradu u tradicionalnim informacionim sistemima**
 - različite kompanije imaju različite informacione sisteme
 - drugačija granica kada skup podataka postaje prevelik i previše kompleksan
 - 100 GB ~ 100 TB ~ 100 PB ~ 10 ZB
 - **veliki skup podataka je skup strukturiranih i nestrukturiranih podataka koji dozvoljava kompaniji da putem naprednih tehnika analize podataka izvuče informacije od vrednosti za njeno poslovanje**
 - novija definicija usled razvoja IS-ova i BP-a
 - inherentno obuhvata i velike količine podataka
 - iako veličina nije ključna osobina već dobijena vrednost iz podataka

47

47

Veliki skupovi podataka

- Veliki skup podataka
 - **raznolikost podataka**
 - izuzetno je bitna jer utiče na **način na koji se obrađuju podaci**
 - tipovi podataka prema strukturi
 - **strukturirani podaci**
 - **nestrukturirani podaci**
 - **polustrukturirani podaci**

48

48

Veliki skupovi podataka

- Tipovi podataka prema strukturi
 - **strukturirani podaci**
 - postoji **šema** koja definiše format podataka
 - striktno zadovoljavaju predefinisani format
 - u praksi, očekuje se da takva šema bude razrađena do potrebnog stepena detaljnosti
 - uobičajeno **pogodni za analizu**
 - primer
 - podaci u relacionoj bazi podataka
 - sve torke imaju isti format

49

49

Veliki skupovi podataka

Structured

Conforms to a
schema



Order	CustID	Month	Item	Color	Price
101	20051	Dec	Pen	Red	2.99
102	20045	Mar	Pencil	Blue Yellow Red	3.99
103	29584	May	Eraser	Blue	1.25
104	29584	May	Pen	White	2.25
105	29584	May	Pencil	Blue Yellow Red	2.99
106	27485	Jan	Eraser	Blue Yellow	2.75
107	29574	Jan	Marker	Green	1.75
108	24447	Feb	Marker	Yellow Blue	7.25
109	26466	Jul	Pen	Black Red	5.25
110	27467	Jun	Pencil	Black	2.95

izvor: *Fundamentals of Big Data, Databricks*. <https://academy.databricks.com/>

50

50

Veliki skupovi podataka

- Tipovi podataka prema strukturi
 - **nestrukturirani podaci**
 - (A) može postojati šema koja definiše format podataka
 - tipovi podataka su, međutim, često "preširoki"
 - nedovoljno detaljni sa stanovišta semantike podataka
 - (B) ne postoji ni šema koja definiše format podataka
 - ne postoji nikakav ugrađeni format kojeg podaci prate
 - moguće je da postoji nekakav eksterni format koji opisuje semantiku podataka, ali on ne pripada strukturi
 - **najrasprostranjeniji** tip podataka
 - po International Data Corporation (IDC), 90% svih podataka su nestrukturirani
 - primeri
 - objave sa socijalnih mreža ili email poruke
 - tekstualni ili multimedijalni dokumenti
 - podaci su nestrukturirani sa stanovišta sistema za njihovo skladištenje

51

51

Veliki skupovi podataka

Unstructured

Does not fit neatly
Into a schema



izvor: *Fundamentals of Big Data, Databricks*. <https://academy.databricks.com/>

52

52

Veliki skupovi podataka

- Tipovi podataka prema strukturi
 - **polustrukturirani podaci**
 - **imaju definisanu strukturu ali postoje i odstupanja**
 - atributi mogu da postoje
 - u svim entitetima
 - samo u nekim entitetima
 - prikazuju se, često, putem grafova i stabala
 - moguće je definisati šemu
 - koja specificira moguće elemente
 - koji učestvuju u strukturi
 - mogu ali ne moraju svi da postoje
 - primer
 - HTML kôd

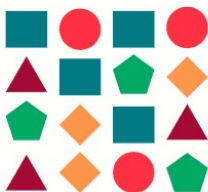
53

53

Veliki skupovi podataka

Semi-structured

Some level of organization



```

▼<div class="new-main-menu">
  ▼<div class="header-desktop-block">
    ▼<div class="container new-menu">
      ▶<a class="main-logo" rel="home" href="https://databricks.com/" title="Databricks">...</a>
      ▼<div id="new-m" class="menu-bar">
        ▼<div id="mega-menu-wrap-headerNew" class="mega-menu-wrap">
          ▶<div class="mega-menu-toggle">...</div>
          ▼<ul id="mega-menu-headerNew" class="mega-menu max-mega-menu mega-menu-horizontal" data-event="hover_intent" data-effect="fade_up" data-effect-speed="200" data-effect-mobile="disabled" data-effect-speed-mobile="0" data-panel-width="body" data-panel-inner-width="#new-m" data-mobile-force-width="false" data-second-click="close" data-document-click="collapse" data-vertical-behaviour="standard" data-breakpoint="1199" data-unbind="true">
            ▶<li class="mega-main-bar-li mega-menu-item mega-menu-item-type-custom mega-menu-item-object-custom mega-menu-item-has-children mega-menu-megamenu mega-
  
```

izvor: *Fundamentals of Big Data, Databricks*. <https://academy.databricks.com/>

54

54

Veliki skupovi podataka

- Obrada podataka
 - aktivnost esencijalna za dobijanje vrednosti iz podataka
 - **podaci**
 - kolekcija znakova, cifara i simbola, bez predefinisano značenja
 - potrebno je staviti podatke u kontekst radi dobijanja semantike
 - podatak = (entitet, obeležje, vreme, vrednost)
 - **informacije**
 - interpretirani podaci koji donose vrednost
 - obrađeni podaci kojima je pridodato značenje
 - obično nastaju kao posledica (automatizovane) obrade podataka
 - **znanje**
 - usvojene informacije koje se mogu koristiti za rešavanje problema
 - može biti eksplicitno i implicitno

55

55

Veliki skupovi podataka

- Obrada podataka
 - potrebno primeniti različite tehnike obrade nad podacima
 - radi dolaska do zaključaka i izvlačenja informacija i znanja iz podataka
 - najpopularnije tehnike koje se primenjuju
 - **veštačka inteligencija**
 - **mašinsko učenje**
 - **duboko učenje**
 - **statisticke metode nauke o podacima**

56

56

Arhitekture sistema velikih skupova podataka (ASVSP)

57

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Arhitektura sistema velikih skupova podataka (ASVSP) - Definicija
 - engl. *big-data architecture*
 - **arhitektura sistema velikih skupova podataka je arhitektura sistema koja je projektovana tako da omogući obuhvat, obradu i analizu velikih skupova podataka**
 - **obuhvat** (engl. *ingestion*) - mogućnost prijema i skladištenja velikih količina podataka koji dolaze sa visokom učestanošću
 - **obrada** (engl. *processing*) - transformacija podataka u oblike pogodne za izvršenje upita i analizu podataka
 - **analiza** (engl. *analysis*) - rad sa podacima u cilju dobijanja informacije od vrednosti za osobu ili kompaniju koja je sprovodi

58

58

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Aspekti koji utiču na izbor elemenata ASVSP
 - **tip analize podataka** (engl. *analysis type*)
 - **metodologija obrade podataka** (engl. *processing methodology*)
 - **učestanost obuhvata podataka i veličina podataka** (engl. *data frequency and size*)
 - **tip podataka** (engl. *data type*)
 - **strukturiranost podataka** (engl. *content format*)
 - **izvor podataka** (engl. *data source*)
 - **odredišta podataka** (engl. *data consumers*)
 - **hardver** (engl. *hardware*)
 - **poslovni aspekti i korisnički zahtevi** (funkcionalni i nefunkcionalni)
 - **željeni nivo otpornosti na otkaze**

59

59

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

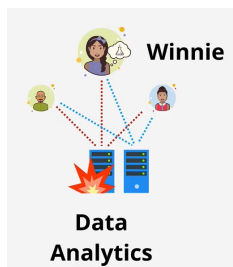
- Aspekti koji utiču na izbor elemenata ASVSP
 - **željeni nivo otpornosti na otkaze**
 - **„Sve će kad-tad otkazati!”**(engl. *“Everything fails”*, Werner Vogels, CTO, AWS)
 - najviše uticaja na ASVSP imaju strategije za:
 - **visoku dostupnost** (engl. *high availability*)
 - **otpornost na otkaze** (engl. *fault tolerance*)
 - **oporavak od otkaza** (engl. *disaster recovery*)
 - **veoma bitno razlikovati visoku dostupnosti od otpornosti na otkaze**

60

60

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- **Visoka dostupnost**
 - **osobina da je sistem kontinualno dostupan duži vremenski period**
 - minimizacija nedostupnosti sistema
 - **sistem može biti nedostupan** jedan period vremena
 - **predviđeno ugovorom** sa pružaoцем usluga
 - 99.9% = 8.77 sati godišnje dozvoljene nedostupnosti
 - 99.999% = 5.26 minuta godišnje dozvoljene nedostupnosti



61

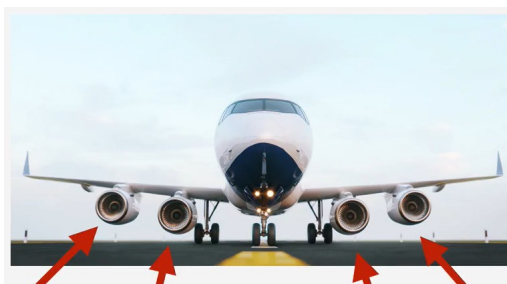
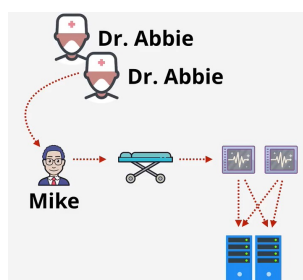
izvor: AWS Architect Associate, Learn Cantrill, <http://learn.cantrill.io>

61

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

• Otpornost na otkaze

- **osobina sistema da nastavlja da neometano radi čak i u prisustvu delimičnog otkaza komponenti**
- projektovanje da se potpuni **otkaz ne može dogoditi**
 - ili da je **verovatnoća otkaza minimalna**



izvor: AWS Architect Associate, Learn Cantrill, <http://learn.cantrill.io>

62

62

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

• Oporavak od otkaza

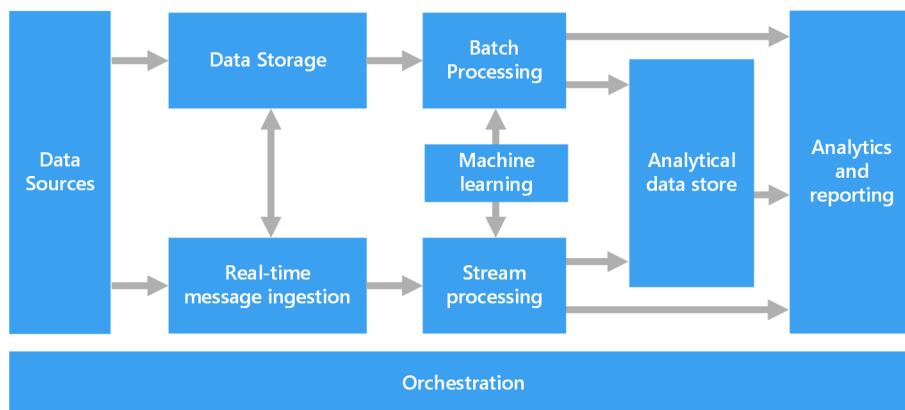
- obuhvata **skup polisa, alata i procedura** koje obezbeđuju **oporavak ili nastavak izvršavanja** esencijalnih infrastrukturnih elemenata ili sistema **nakon otkaza**
- izvršava se ukoliko osobine visoke dostupnosti ili otpornosti na otkaze nisu bile ispunjene
- dve bitne karakteristike
 - u odnosu na koje se takođe vrši izbor i konfiguracija komponenti ASVSP
 - **ciljna tačka oporavka** (engl. *recovery point objective*, RPO)
 - količina podataka koja može biti izgubljena prilikom oporavka od otkaza
 - često merena kao jedinica vremena a ne količine podataka
 - **ciljno vreme oporavka** (engl. *recovery time objective*, RTO)
 - vreme za koje mora biti uspostavljen normalan rad sistema nakon otkaza
 - kako bi se izbegle neželjene posledice po poslovanje organizacije

63

63

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Elementi ASVSP
 - uobičajni elementi arhitekture (ne moraju svi biti prisutni u svakoj arhitekturi)



izvor: Big data architectures, Microsoft, <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/data-guide/big-data/>

64

64

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Elementi ASVSP
 - **izvori podataka** (engl. *data sources*)
 - obuhvataju sve digitalne entitete iz kojih se mogu dobiti podaci
 - često generišu nestrukturirane ili polustrukturirane podatke
 - koji se u takvom obliku preuzimaju i skladište u sistemu
 - izuzetno bitno imati pouzdane izvore podataka
 - kako prikupljeni podaci ne bi doveli do pogrešnih rezultata prilikom analize
 - **utiče na verodostojnost podataka**
 - npr. baze podataka, datoteke različitih namena i uređaji koji šalju podatke u realnom vremenu

65

65

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Elementi ASVSP
 - **skladišta podataka** (engl. *data storage*)
 - skladište velike količine podataka projektovano sa ciljem da podaci budu obrađeni u režimu paketne obrade
 - često su u pitanju distribuirani sistemi datoteka
 - optimizovani za horizontalno skaliranje
 - **paketna obrada podataka** (engl. *batch processing*)
 - obrada velike količine podataka radi transformacije podataka u oblik pogodan za analizu
 - obrađuju se paketi podataka a ne pojedinačni podaci
 - skladište mora biti optimizovano za čitanje i pisanje paketa podataka
 - naglasak je na paketnom čitanju
 - dugotrajna i paralelna obrada podataka
 - prisutno horizontalno skaliranje resursa

66

66

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Elementi ASVSP
 - **obuhvat podataka u realnom vremenu** (engl. *real-time message ingestion*)
 - potreban u slučaju postojanja izvora podataka koji šalje podatke u realnom vremenu
 - npr. IoT uređaji
 - sve poruke dospele od izvora u realnom vremenu potrebno je prihvatiti i skladištiti
 - obuhvata redove čekanja i *buffer zone*
 - obično se zahteva da garantuje isporuku i obradu poruka
 - jer je ponovno generisanje i slanje poruke od izvora često nemoguće
 - **obrada tokova podataka** (engl. *stream processing*)
 - obrada podataka primljenih od izvora u realnom vremenu radi transformacije podataka u oblik pogodan za analizu
 - potrebno da obrada traje kraće nego što je slučaj sa paketnom obradom
 - jer se očekuje kraći odziv sistema i brže davanje odgovora na postavljene upite

67

67

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Elementi ASVSP
 - **skladište podataka spremnih za analizu** (engl. *analytical data store*)
 - obuhvata podatke spremne za analizu i za postavljanje upita
 - rezultati paketne i obrade tokova podataka
 - često obuhvata strukturirane podatke
 - može da obuhvata relacione BP, relaciona skladišta podataka ali i NoSQL BP
 - **analiza podataka i izveštavanje** (engl. *analysis and reporting*)
 - cilj većine ASVSP je da pružaju usluge izveštavanja i analize velikih količina podataka
 - i kroz te aktivnosti da kreiraju vrednost i pruže nove informacije od interesa
 - **orkestracija** (engl. *orchestration*)
 - omogućava funkcionisanje ASVSP kao celine
 - osim velikog broja elemenata, svaki od elemenata može da bude implementiran kao distribuirani sistem na kojem se izvršava više instanci procesa

68

68

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Tipični procesi podržani od strane ASVSP
 - **paketna obrada** velike količine uskladištenih podataka
 - **obrada podataka** koji se prikupljaju **u realnom vremenu**
 - **interaktivna pretraga** ("istraživanje") uskladištenih podataka
 - **prediktivna analiza** trendova u podacima i **podrška za mašinsko učenje**

69

69

Paketna obrada podataka

70

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- **Paketna obrada podataka**

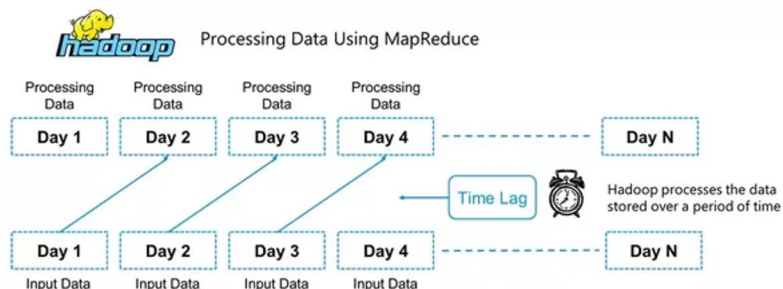
- efikasna obrada velike količine podataka
 - pristupa se svim podacima
 - obrađuje pakete podataka a ne pojedinačne podatke
- obrađuje podatke koji su prikupljeni duži vremenski period
 - npr. dani, meseci, godine
- obrada traje duži vremenski period
 - dovoljno dugo da se ova obrada ne bi posmatrala kao obrada u realnom vremenu
 - trajanje obrade se meri u minutima ili satima
- koriste alati/radni okviri kao što su *Hadoop* i *MapReduce*
- koristi se kada je potrebna dublja i detaljnija analiza podataka
 - od brze analize i dobijanja odgovora
- npr. obrada u sistemima za obračun plate i fakturisanje

71

71

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Paketna obrada podataka



izvor: *Big Data Battle : Batch Processing vs Stream Processing*, Gowthamy Vaseekaran, <https://medium.com/@gowthamy/big-data-battle-batch-processing-vs-stream-processing-5d94600d8103>

72

72

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

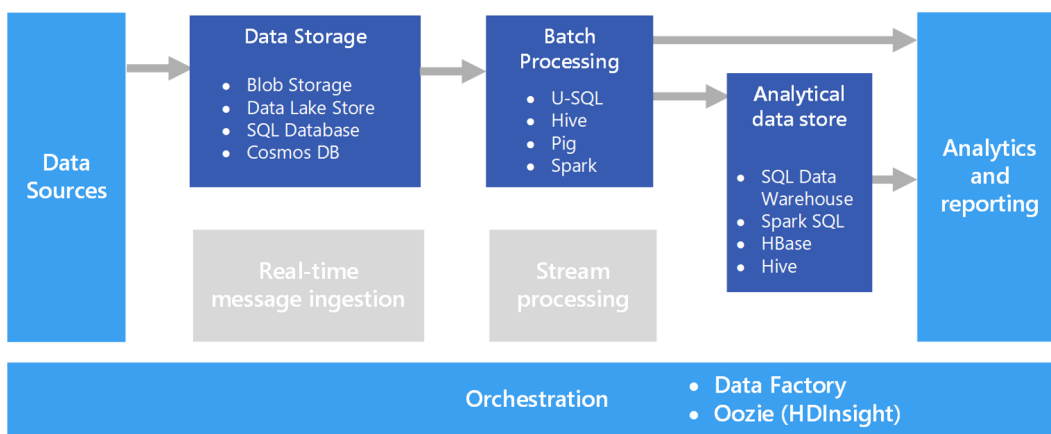
- Paketna obrada podataka
 - prednosti
 - pogodna i optimizovana za obradu velike količine podataka
 - visoka otpornost na uticaj ljudskih grešaka
 - obrada se može izvršavati neovisno od svakodnevnih aktivnosti sistema
 - kada je sistem slobodan ili manje zauzet
 - u slučaju korišćenja *cloud* platforme - kada je iznajmljivanje resursa povoljnije
 - održava trag obrade podataka
 - u svakom koraku obrade mogu se videti izvršene transformacije i oblik koji su podaci imali pre i nakon obrade
 - mane
 - kašnjenje između obuhvata novih podataka i dobijanja rezultata obrade
 - obrađeni podaci ne moraju biti najsvežiji u svakom trenutku
 - obrada podataka koju treba izvršiti samo jednom je obično veoma spora
 - jer usled prirode ovakve obrade često se ne piše na optimalan način

73

73

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Paketna obrada podataka



izvor: Big data architectures, Microsoft, <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/data-guide/big-data/batch-processing>

74

74

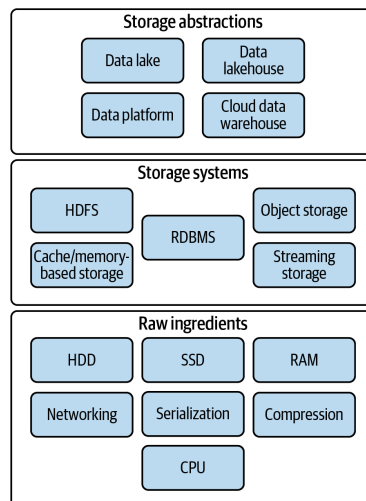
Skladištenje podataka

- **Skladištenje podataka** je jedan od osnovnih elemenata inženjerstva podataka
 - sve ostale komponente ASVSP kontinualno komuniciraju sa skladištem podataka
 - radi pisanja i čitanja podataka
 - odabir odgovarajućeg skladišta podataka je od velikog značaja
 - kako za paketnu obradu tako i za obradu u realnom vremenu
 - za paketnu obradu posebno, zbog potrebe za učitavanjem i smeštanjem velikih količina podataka
 - optimizacija skladišta ovde ima mnogo veće posledice na performantnost sistema za obradu

75

Skladištenje podataka

- Osnovni pogledi na skladišta podataka
 - **Osnovne komponente skladišta podataka** (engl. *raw ingredients*)
 - medijumi za skladištenje podataka kao
 - upravljanje memorijom na niskom nivou apstrakcije
 - **Sistemi za skladištenje podataka** (engl. *storage systems*)
 - **Logičke apstrakcije skladišta podataka** (engl. *storage abstractions*)



izvor: Joe Reis, Matt Housley: *Fundamentals of Data Engineering*, O'Reilly ⁷⁶

76

Obrada podataka u realnom vremenu

77

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- **Obrada podataka u realnom vremenu**

- obuhvata kontinualni obuhvat i obradu podataka
 - obrađuje pojedinačne podatke
 - može prikupljene podatke i da spoji u mikro-pakete i tako ubrza obradu
- obrađuje podatke koji su prikupljani kraći vremenski period
 - npr. sekunde ili minute
- obrada traje kratko
 - mala količina podataka koja se obrađuje
 - obrada se događa pre snimanja pristiglih podataka na disk
- koriste alati/radni okviri kao što su *Kafka* i *Storm*
- koristi se kada je potrebna brza analiza i reakcija na neki događaj
 - npr. detekcija neovlašćenog pristupa ili detekcija pokušaja prevare ili napada
- često se zapravo radi o obradi u skoro realnom vremenu (engl. *near-realtime data processing*)
 - jer postoji kašnjenje reda veličine nekoliko sekundi u dobijanju odgovora
- npr. obrada u bankomatima i radarskim sistemima

78

78

Osnovi obrade podataka u realnom vremenu

- Obrada podataka u realnom vremenu

- vrste obrade podataka u realnom vremenu
 - **obrada podataka u realnom vremenu**
 - engl. *realtime processing*
 - **obrada podataka približno u realnom vremenu**
 - engl. *near-realtime / soft realtime processing*
 - kategorizacija ne zavisi od implementacione tehnike već samo od **garantovanja vremenskog okvira** izvršenja
 - moguće imati obradu nad tokovima podataka ili obradu putem specijalizovanog hardvera

79

79

Osnovi obrade podataka u realnom vremenu

- Vrste obrade podataka u realnom vremenu
 - **obrada podataka u realnom vremenu**
 - obrada podataka u kojoj postoje **jasni vremenski okviri u kojima je rezultat zagarantovan**
 - vremenski okviri su izuzetno kratki, mere se u milisekundima i sekundima
 - npr. algoritam trgovine deonicama na berzi mora da garantuje rezultat obrade podataka u okviru 10ms
 - obrada koja je izuzetno teška za implementaciju
 - sa softverske tačke gledišta, potrebni jezici višeg nivoa apstrakcije
 - zadaci obrade podataka obično nisu izolovani
 - već zavise od prethodno sračunatih vrednosti
 - sistem mora izvršavati prioriternije zadatke pa može doći do kašnjenja izvršenja nekog zadatka

80

80

Osnovi obrade podataka u realnom vremenu

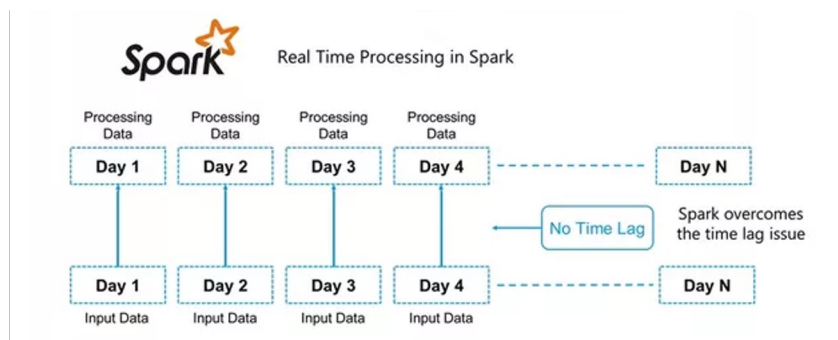
- Vrste obrade podataka u realnom vremenu
 - **obrada podataka u približno realnom vremenu**
 - obrada podataka u **kojoj postoje vremenski okviri u kojima je rezultat zagarantovan ali sistem ne garantuje da će taj okvir biti uvek i ispoštovan**
 - npr. u 99% slučajeva će vremenski okvir biti ispoštovan
 - obično postoji značajna degradacija performansi ukoliko se propusti nekoliko vremenskih okvira
 - češće susretana vrsta obrade podataka

81

81

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Obrada podataka u realnom vremenu



izvor: *Big Data Battle : Batch Processing vs Stream Processing*, Gowthamy Vaseekaran, <https://medium.com/@gowthamy/big-data-battle-batch-processing-vs-stream-processing-5d9460d8103>

82

82

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

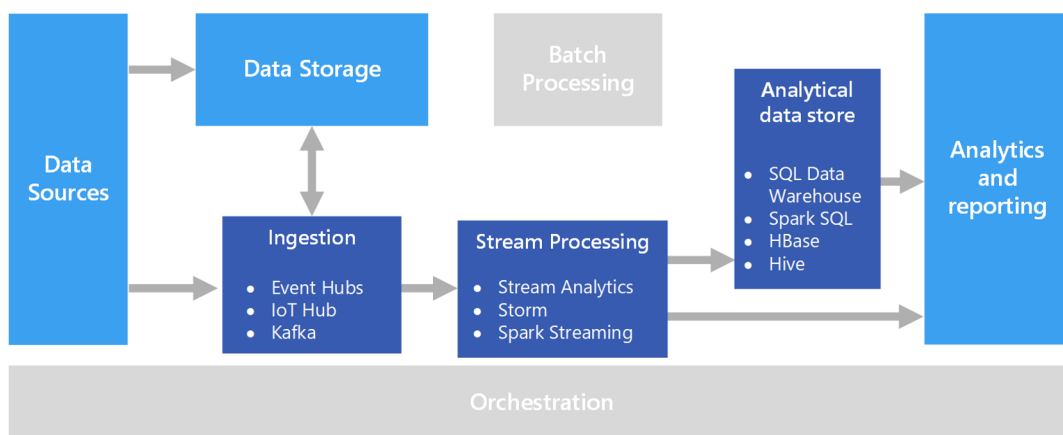
- Obrada podataka u realnom vremenu
 - prednosti
 - nema bitnijeg kašnjenja obrade podataka u odnosu na obuhvat podataka
 - obrađeni podaci predstavljaju najsvježiju sliku stanja sistema
 - jer se tek pristigli podaci skoro pa trenutno obrađuju
 - omogućava kompanijama i pojedincima da brzo reaguju na novootkrivene informacije
 - mane
 - algoritmi obrade podataka u realnom vremenu su po prirodi dosta kompleksni
 - kompleksno održavanje traga obrade podataka
 - manja otpornost na ljudske greške

83

83

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- Obrada podataka u realnom vremenu



izvor: Big data architectures, Microsoft, <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/data-guide/big-data/real-time-processing>

84

84

Osnovi obrade podataka u realnom vremenu

• Obrada tokova podataka

- engl. *stream processing*
- odnosi se na metodologiju implementacije obrade u kojoj se obrađuju neprekidni tokovi podataka dobijeni od izvora
- ne moraju postojati definisani vremenski okviri u kojima se garantuje obrada
 - podaci se obrađuju istom brzinom kojom i pristižu
 - ali je moguća i situacija u kojoj ti podaci i čekaju na obradu
 - obično se povezuje sa obradom u (približno) realnom vremenu
- obično se postavljaju dva zahteva pred sistem za obradu tokova podataka
 - **da je učestanost generisanja rezultata obrade podataka veća ili makar jednaka sa učestanošću prikupljanja podataka**
 - inače nastaju problemi skladištenja podataka koji čekaju na obradu
 - **da sistem za obradu poseduje dovoljno memorije da skladišti sve ulazne podatke koji pristižu u trenucima kada je sistem zauzet obradom kompleksnog tekućeg podatka**

85

85

Osnovi obrade podataka u realnom vremenu

- Obrada tokova podataka
 - u opštem slučaju, tok podataka se odnosi na podatke **koji se neprestano obuhvataju iz nekog izvora podataka**
 - npr. *stdin, stdout, FileInputStream, TCP connection, VOIP*
 - svodi se na obradu tokova **događaja**
 - engl. *event stream processing*
 - događaj je atomički, nepromenljiv podatak koji opisuje događaj iz realnog sveta
 - nad kojim se izvršava obrada podataka
 - analogan torci u sistemima paketne obrade datoteka
 - npr. akcija korisnika u sistemu, merenje sa senzora, linija u logu aplikativnog servera itd.

86

86

Osnovi obrade podataka u realnom vremenu

- Obrada tokova podataka
 - događaj je generisan od strane jednog **generatora**
 - engl. *producer, publisher, sender*
 - događaj može biti prihvaćen od strane više **primaoca**
 - engl. *consumers, subscribers, recipients*
 - srodni događaji mogu biti grupisani u **teme** ili **tokove podataka**
 - engl. *topic, stream*
 - primaoci poruke su obavešteni kada postoji novi događaj koji je potrebno obraditi (engl. *push*)
 - efikasnije rešenje nego u slučaju kada primaoci poruke pitaju bazu podataka da li postoji izmena usled veće iskorišćenosti komunikacionog kanala (engl. *pull*)
 - kao što je slučaj kod paketne obrade podataka

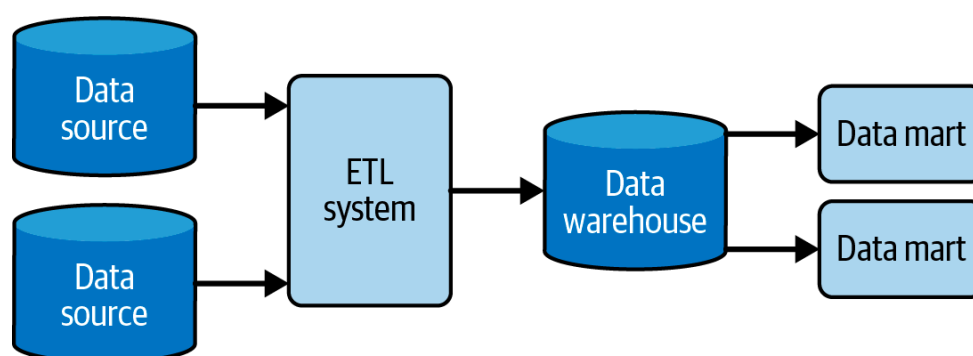
87

87

Primeri ASVSP

88

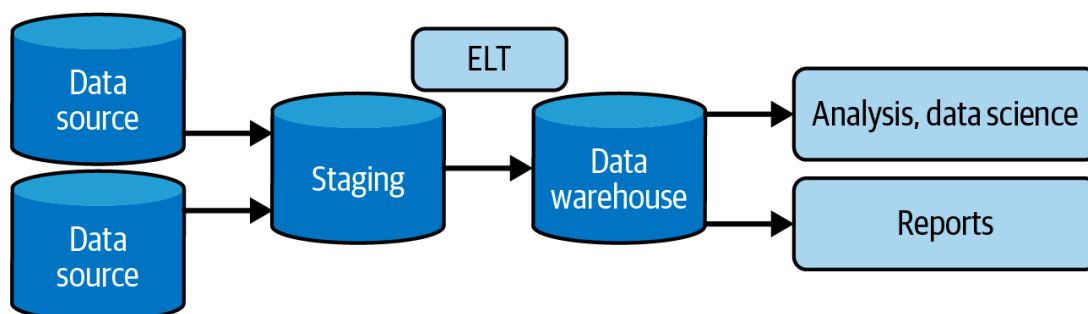
Skladište podataka



izvor: *Fundamentals of Data Engineering*, Joe Reis, Matt Housley

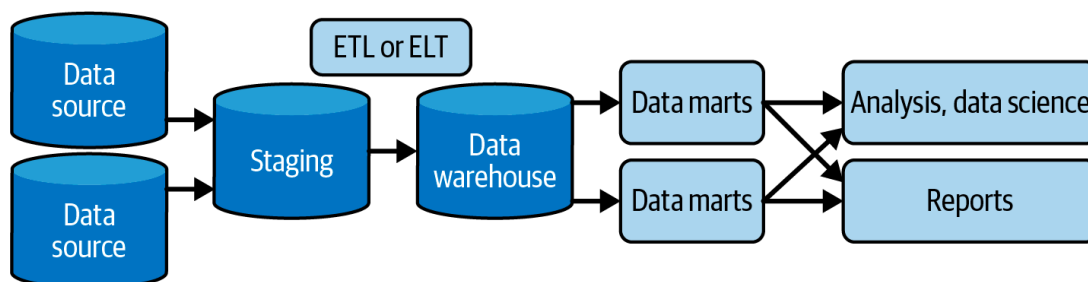
89

Skladište podataka



izvor: *Fundamentals of Data Engineering*, Joe Reis, Matt Housley

90

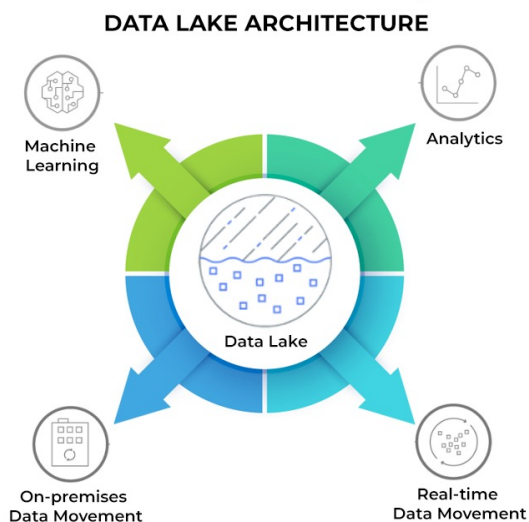
Skladište podataka i *data marts*

izvor: *Fundamentals of Data Engineering*, Joe Reis, Matt Housley

91

Jezera podataka

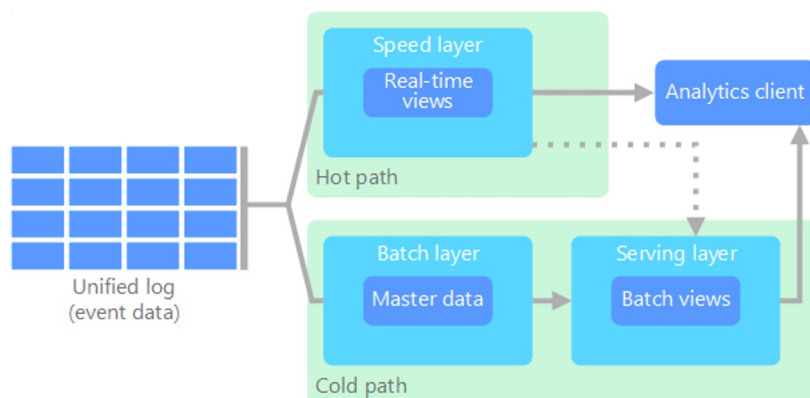
spiceworks



92

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- ASVSP - Primeri arhitektura - Lambda



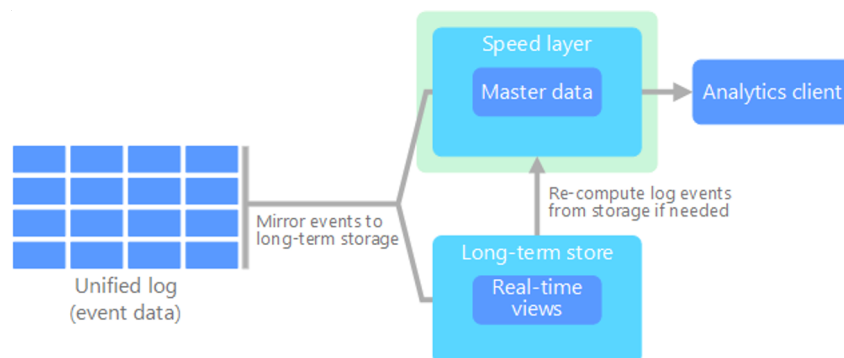
izvor: Big data architectures, Microsoft, <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/data-guide/big-data/>

93

93

Arhitekture sistema velikih skupova podataka

- ASVSP - Primeri arhitektura - Kappa

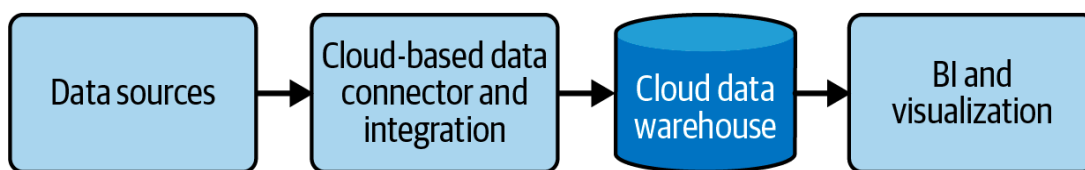


izvor: Big data architectures, Microsoft, <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/data-guide/big-data/>

94

94

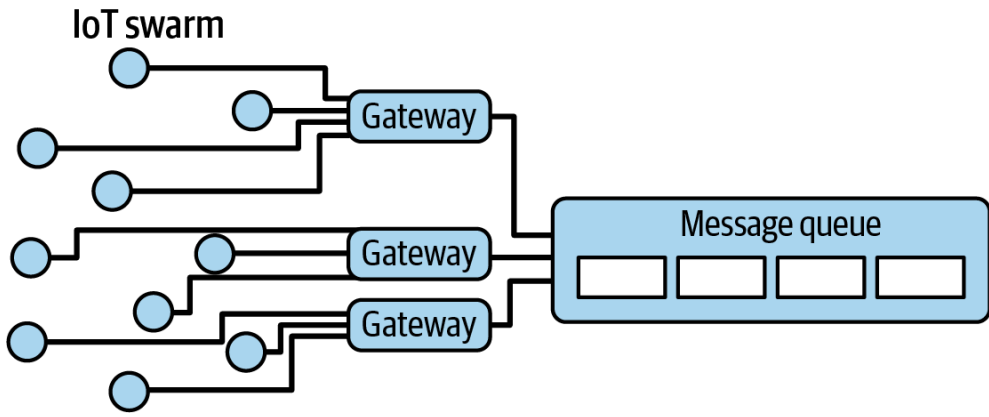
Modern Data Stack



izvor: Fundamentals of Data Engineering, Joe Reis, Matt Housley

95

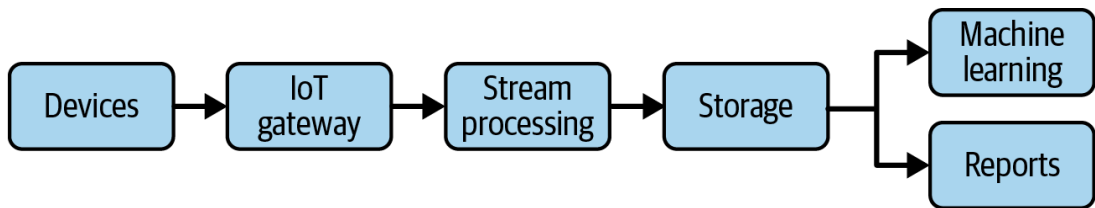
Arhitektura IoT



izvor: *Fundamentals of Data Engineering*, Joe Reis, Matt Housley

97

Arhitektura IoT



izvor: *Fundamentals of Data Engineering*, Joe Reis, Matt Housley

98

