



Mazās Matemātikas Universitātes nodarbība

Modernā datu zinātne un mākslīgais intelekts

Statistisko pētījumu un datu
analīzes laboratorija

FMOF studenti

23.03.2024.

Statistisko pētījumu un datu analīzes laboratorija (**SPDAL**)

SPDAL ir LU FMOF Matemātikas nodaļas apakšvienība, kas izveidota 2017.gadā

Tās uzdevumi:

- ❑ Nodrošināt ar varbūtību teoriju, statistiku un datu zinātni saistīto **lekciju kursu pasniegšanu FMOF**
- ❑ Attīstīt jaunas statistiskās un mašīnmācīšanās metodes, **veicot zinātniskus pētījumus**
- ❑ **Piedalīties lietišķos pētījumu projektos**, nodrošinot ar datu ievākšanu, apkopošanu un analizēšanu saistītos pētījumu posmus
- ❑ **Sniegt konsultācijas statistikā un datu zinātnē** LU studentiem un citiem interesentiem



SPDAL pārstāvji 2022. gada **Fizmatdienu** gājienā

Šodienas SPDAL MMU komanda

Lekcijas vadītāji



Leonora Pahirko
LU SPDAL darbiniece,
matemātikas doktore



Jānis Valeinis
LU SPDAL vadītājs,
matemātikas profesors

Praktiskās nodarbības vadītāji



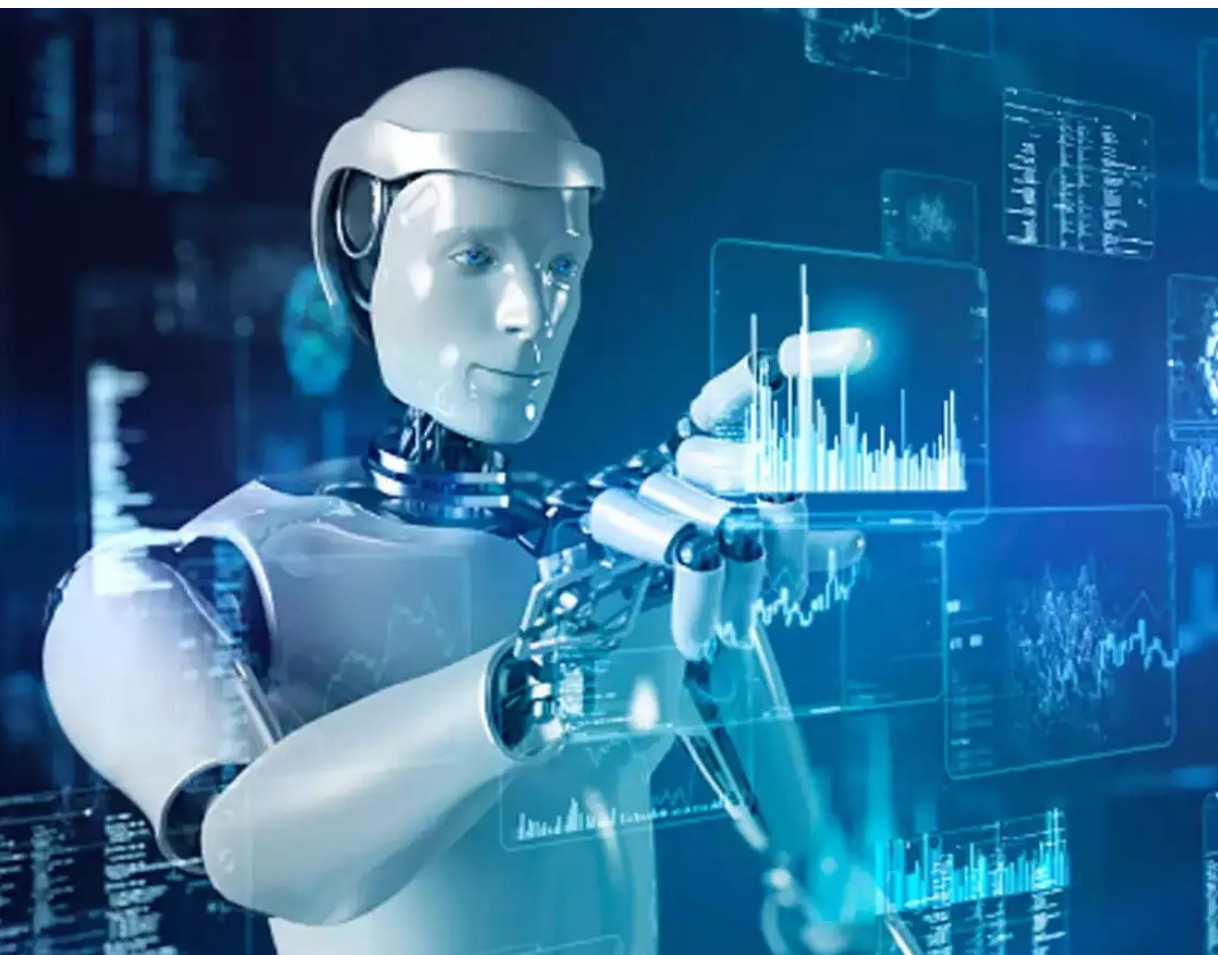
Mārtiņš Lūsis
LU SPDAL laborants,
matemātikas students



Deivids Jēkabsons
statistikas students



Reinis Isaks
matemātikas students



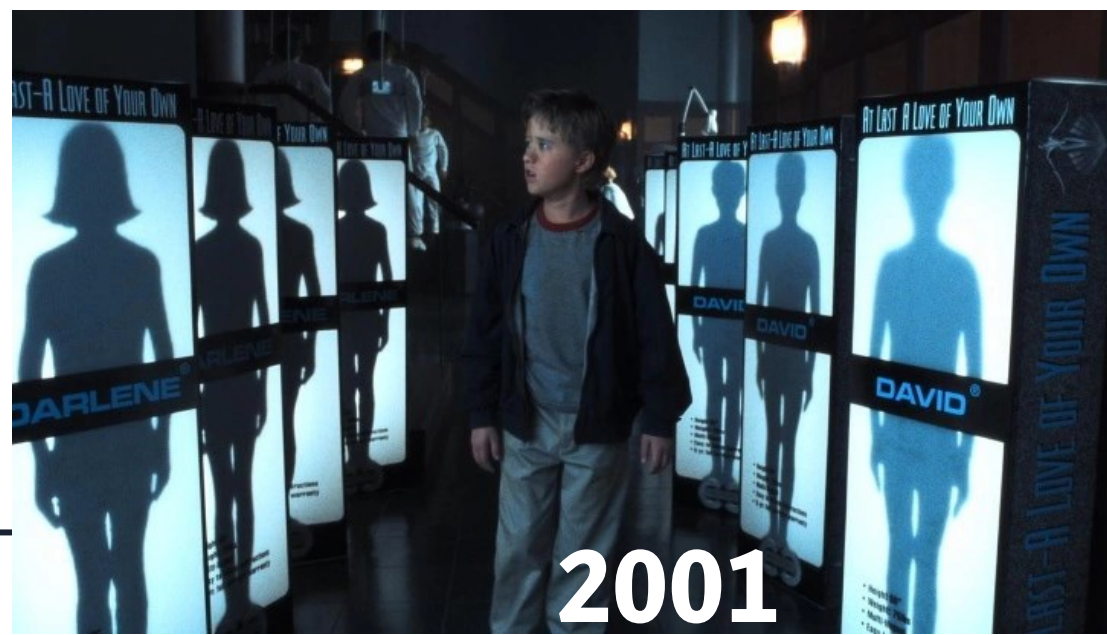
Kas ir
mākslīgais
intelekts?



1984



1999



2001

Zinātniskā fantastika jau daudzus gadus atpakaļ bija paredzējusi «mašīnu» intelekta pieaugumu!

«The Guardian» MI filmu Top 20 [šeit!](#)

Mākslīgs

Tāds, kas ir radīts tieši cilvēka praktiskajā darbībā pēc kāda dabā eksistējoša parauga



Intelekts

- Spēja iegūt un pielietot zināšanas, risināt problēmas, pielāgoties jaunām situācijām, abstrakti spriest un mācīties no pieredzes, izmantojot izziņas rezultātus, darboties jaunā situācijā

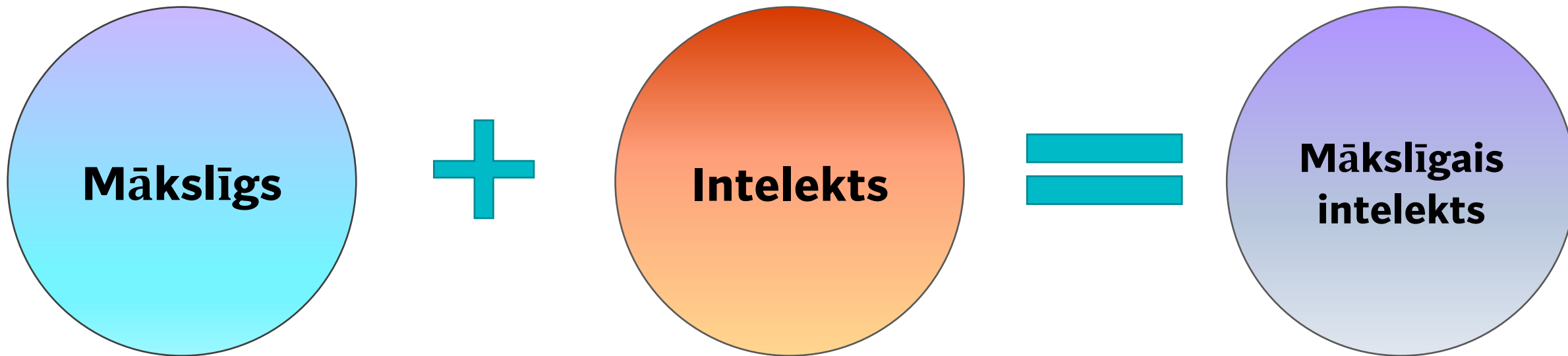
Sternberga triarhiskā intelekta teorija

Psihologs R. Sternbergs ierosināja trīs inteligences aspektus:

- analītisko inteligenci (spēja analizēt un izvērtēt informāciju),
- radošo inteligenci (spēja radīt jaunas idejas un risinājumus)
- praktisko inteligenci (spēja pielietot zināšanas un pielāgoties reālām situācijām)



Kas ir mākslīgais intelekts?

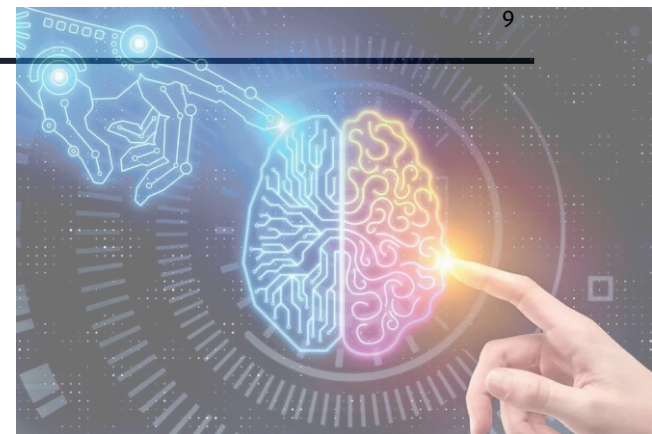


Definīcija. Vārdu savienojums «**Mākslīgais intelekts**» tiek attiecināts uz tādām datorsistēmām vai mašīnām, kas spēj veikt uzdevumus, kuru izpildei parasti nepieciešams cilvēka intelekts un kas spēj atdarināt ar cilvēka prātu saistītās kognitīvās funkcijas.

Piemēram, mācīšanos, spriešanu, problēmu risināšanu, uztveri, valodas izpratni un lēmumu pieņemšanu.

Mākslīgā intelekta

dažādi virzieni ir



- **Mašīnmācīšanās:** Algoritmi, kas ļauj datoriem mācīties no datiem un laika gaitā uzlabot savu veikspēju bez tiešas programmēšanas.
 - **Dabiskās valodas apstrāde (NLP):** Datoru spēja saprast, interpretēt un radīt valodu.
 - **Datorredze:** Mašīnu spēja interpretēt vizuālo informāciju no attēliem vai video, kas ļauj veikt tādus uzdevumus kā objektu atpazīšana, attēlu klasifikācija un sejas atpazīšana.
 - **Robotika:** Robotika ir mākslīgā intelekta un fizisko mašīnu integrācija, lai autonomi vai daļēji autonomi veiktu uzdevumus fiziskajā pasaulē.
 - **Ekspertu sistēmas:** mākslīgā intelekta sistēmas, kas izmanto zināšanu bāzes, lai pieņemtu lēmumus vai nodrošinātu risinājumus specializētās jomās, atdarinot cilvēka zināšanas.
-

Mākslīgā intelekta piemēri mūsu ikdienā

VIRTUĀLIE ASISTENTI

**ROBOTI UN AUTONOMI
TRANSPORTLĪDZEKĻI**

ČATBOTI

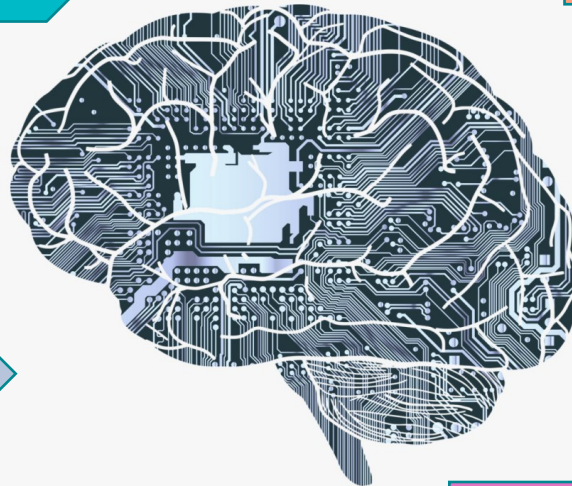
E-KOMERCIJA

**REKOMENDĀCIJU
SISTĒMAS**

**NAVIGĀCIJAS
LIETOTNES**

ATTĒLU ATPAZĪŠANA

TEKSTA APSTRĀDE



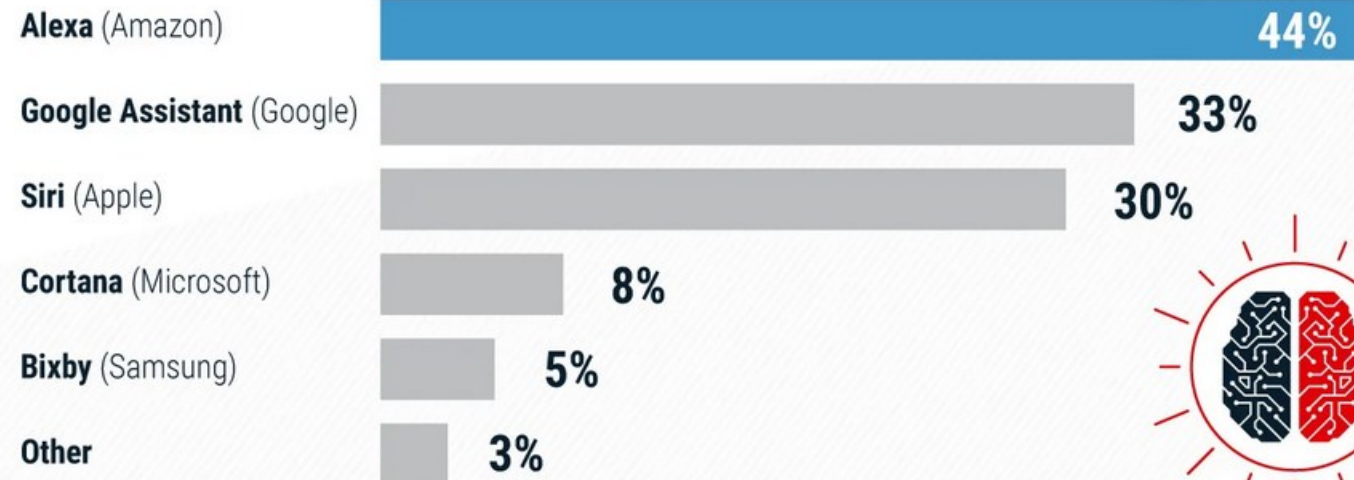
Virtuālie asistenti

Izstrādāti, lai **palīdzētu** lietotājiem **veikt dažādus uzdevumus**, sākot no vienkāršiem pieprasījumiem līdz sarežģītām mijiedarbībām, **izmantojot dabiskās valodas apstrādes un mākslīgā intelekta tehnoloģijas**.

Piemēram:

- atbildēt uz jautājumiem
- kontrolēt viedās mājas ierīces
- atskaņot mūziku
- iestatīt atgādinājumus
- sūtīt ziņas,
- veikt zvanus
- u.c.

Aptauja: Kuri virtuālie asistenti, jūsuprāt, ir visintelīgākie?

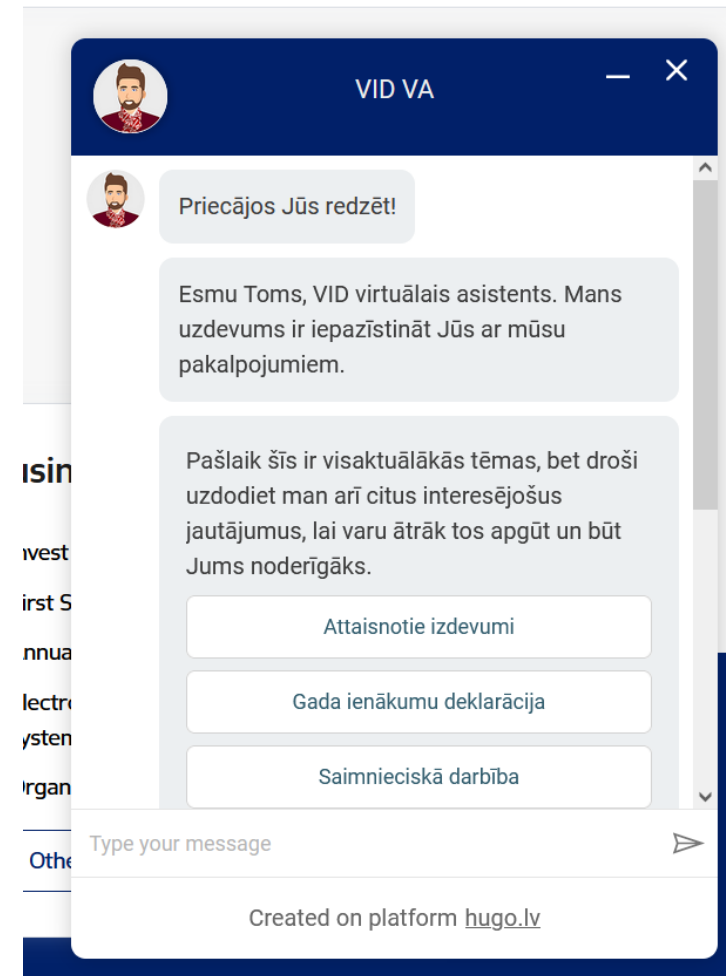


Respondentiem bija atļautas vairākas izvēles; Dati ievākti 2001.gada jūlijā no 1 041 ASV respondentiem vecumā 18+

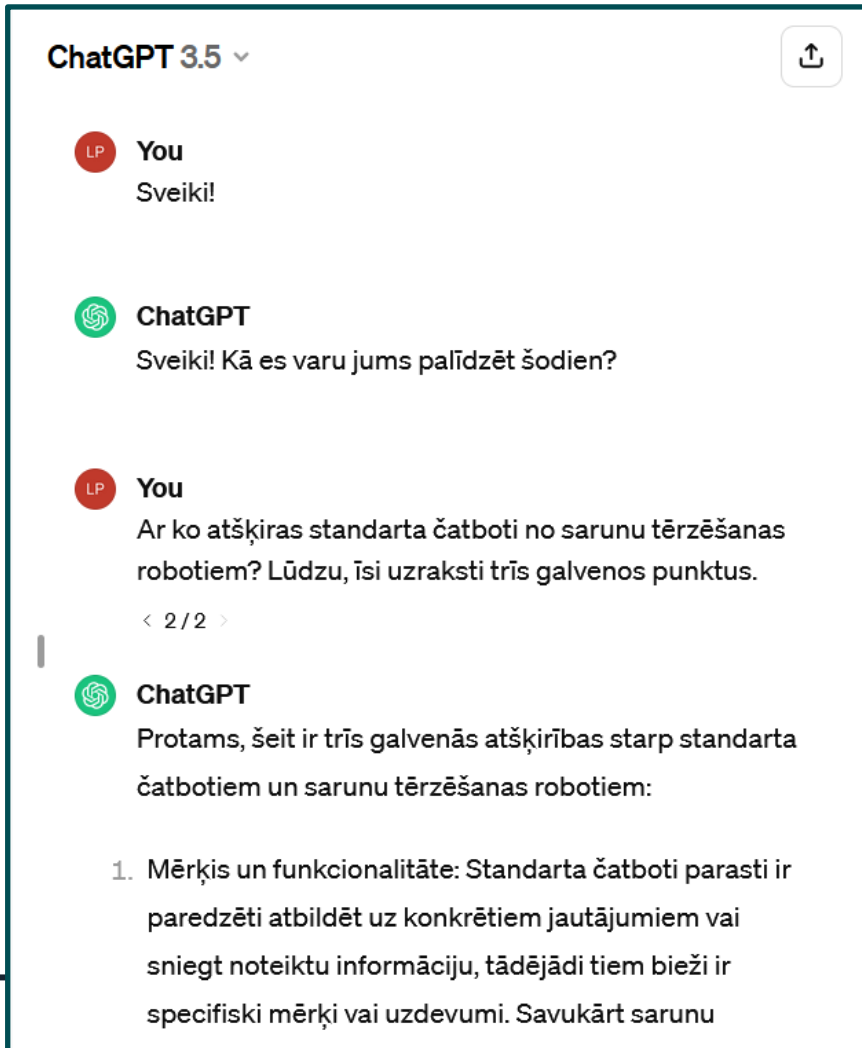
Čatboti un tērzēšanas roboti

Standarta tērzēšanas roboti (čatboti)

- izmanto statistiku lēmumu koku vai "ja - tad" loģiku
- Uz noteikumiem balstītas atbildes
- Ierobežota elastība
- Strukturēta mijiedarbība
- Ierobežota dabiskās valodas izpratne
- Fiksētas atbildes
- Konkrēta uzdevuma funkcionalitāte
- Viegla ieviešana



Čatboti un tērzēšanas roboti



Sarunu tērzēšanas roboti

- Iesaistītās sarunās ar lietotājiem, kas atdarina cilvēku sarunu
- izmanto dabiskās valodas apstrādes (NLP) un izpratnes (NLU) metodes
- Spēj saglabāt kontekstu vairākos sarunas pagriezienos
- Ģenerē kontekstam atbilstošas atbildes, tās ir personalizētas
- Var veikt uzdevumu automatizāciju
- Notiek nepārtraukta mācīšanās

Kā «uzlauzt» sarunu tērzēšanas robotus?

1. Pamēģiniet uzdot jautājumu

«Ja māja=2, saullēkts = 6, ritenis = 4, cepumi = 3. Kas ir telefons?»

vai līdzīgu, kur nepieciešams sadalīt vārdu pa burtiem. Varat sniegt norādi, ka cipari apzīmē līdzskaņu skaitu. Ja atbilde ir pareiza, pārjautāji

«Vai tiešām?»

2. Pamēģiniet uzdot jautājumu

«cik burtu "t" ir virknē "aaaeottaaeetoo"?».

Latviešu valoda
ir sarežģīta...

ChatGPT 3.5 ▾

You
cik burtu "t" ir virknē "aaaeottaaeetoo"?

ChatGPT
Virknē "aaaeottaaeetoo" burtu "t" ir 2 reizes.

You
Vai tiešām?

ChatGPT
Paldies, ka mani pārbaudījāt. Man bija kļūda.

Lai pareizi atbildētu uz jūsu jautājumu, mums jāskaita cik bieži parādās burts "t" virknē "aaaeottaaeetoo".

Virsnieks parādās 4 reizes. Tātad virknē "aaaeottaaeetoo" burts "t" parādās 4 reizes.

Vēl idejas [Delfi rakstā!](#)

Rekomendāciju sistēmas

Vairāki labi zināmi uzņēmumi izmanto **ieteikumu jeb rekomendāciju sistēmas**, lai **uzlabotu lietotāju pieredzi** un **veicinātu iesaistīšanos**.

Daži no spilgtākajiem piemēriem ir:



Spotify®

Pinterest



NETFLIX

amazon



YouTube

LinkedIn

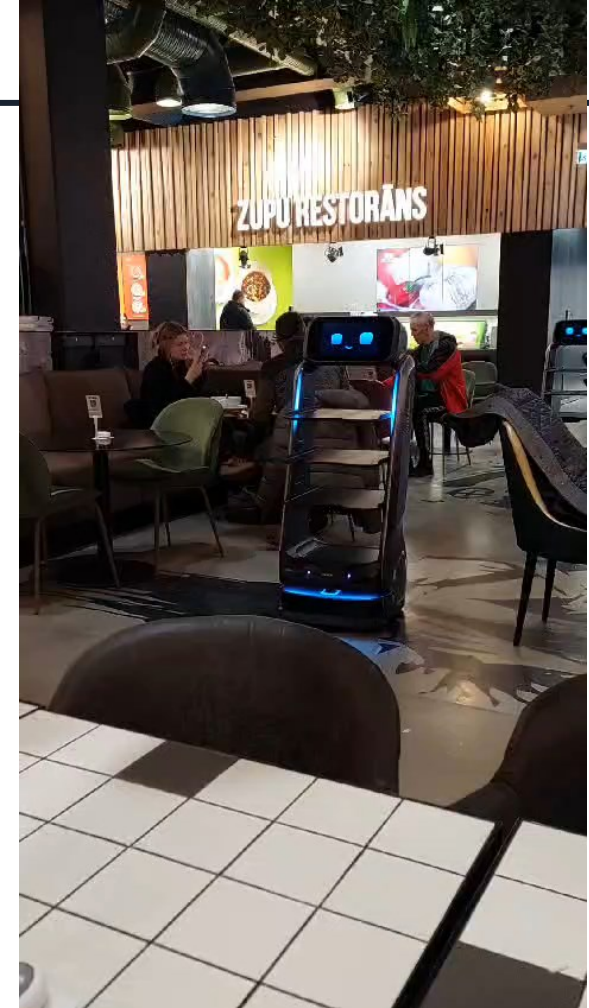
Google

Roboti un autonomi transportlīdzekļi



Piegādes roboti Tallinas ielās

Jaunākās paaudzes roboti
zāles-pļāvēji



Robots, kas «strādā»
apkalpojošā sfērā Rīga Plaza
ēdināšanas zonā

Ar mākslīgo intelektu saistītie riski

1. Caurspīdīguma trūkums
2. Uzkrāta novirze, diskriminācija
3. Bažas par privātumu
4. Ētisku apsvērumu dilemmas
5. Drošības riski
6. Darbavietu aizstāšana
7. Atkarība no MI
8. Ļaunprātīga izmantošana



Atbildīga MI lietošana

2023. gadā ES apstiprināts MI akts: [pirmā regula mākslīgā intelekta pārvaldībai](#).

Aizliegts: cilvēku uzvedību manipulējošas sistēmas, «sociālo reitingu sistēma» (cilvēku klasificēšana), seju atpazīšana (izņemot smagu kriminālnozieģumu izmeklēšanai)

Būtiski - pasargāt cilvēkus (diskriminācija, dezinformācija), nodrošināt caurskatāmību, taisnīgumu, privātumu, ētisku lietošanu





Kas ir datu
zinātne?

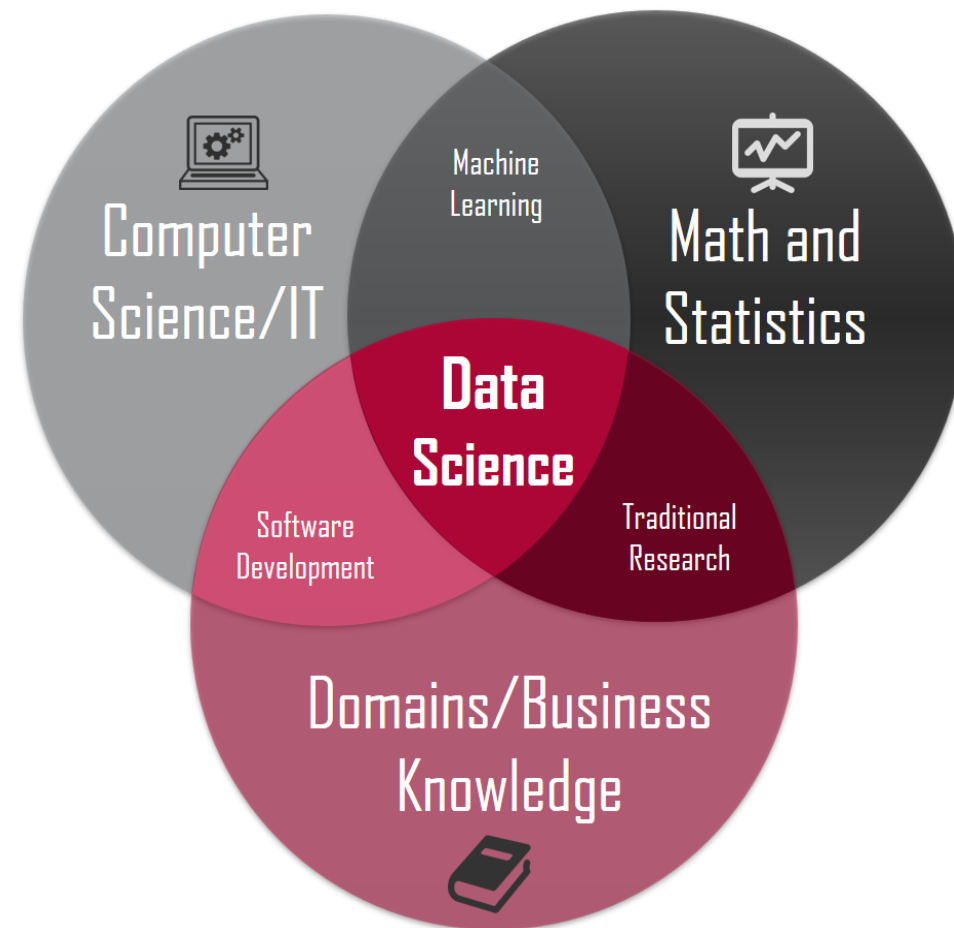
Datu zinātnieks – viena no pieprasītākajām profesijām mūsdienās

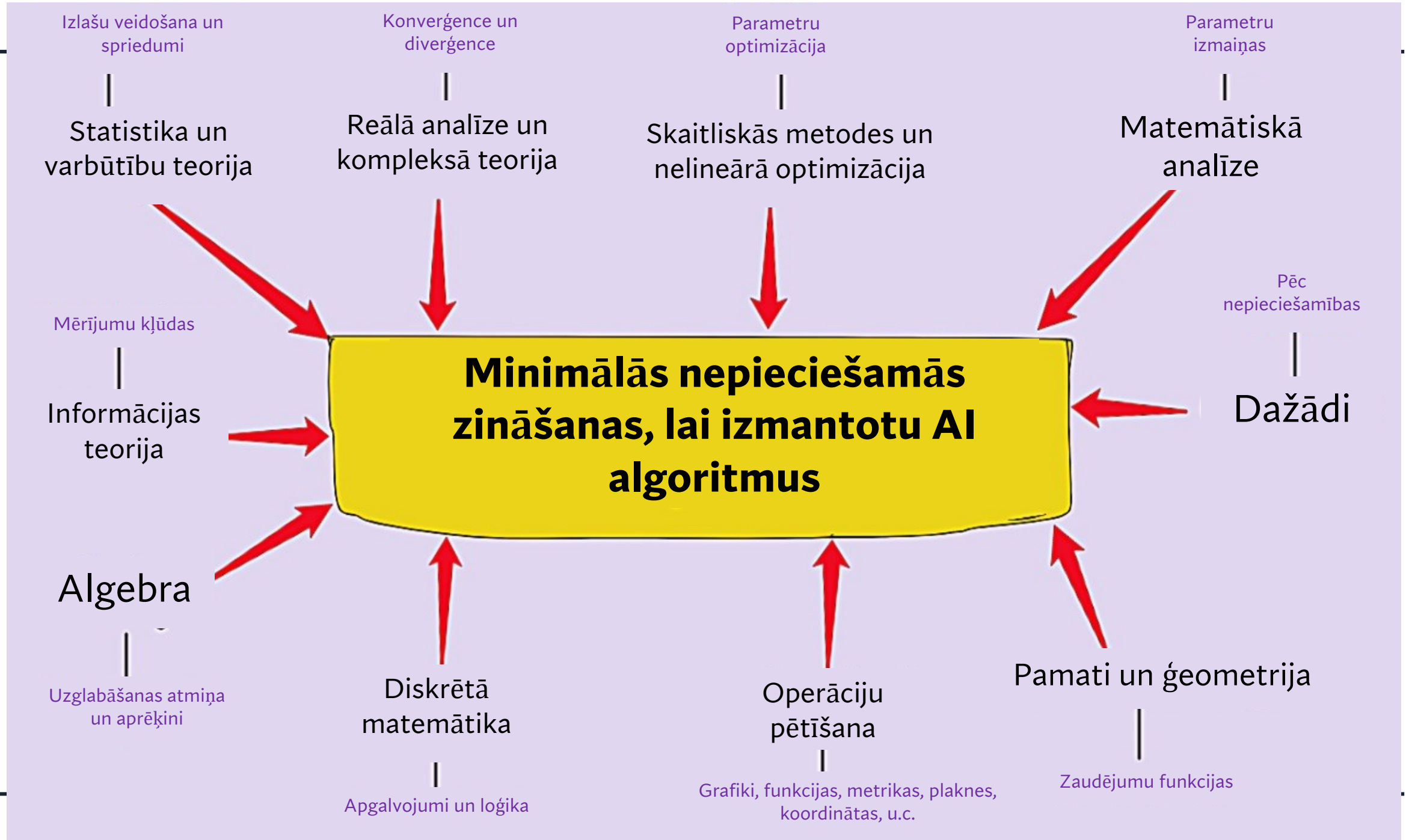
Forbes Top 10 vispieprasītākās prasmes 2024. gadā iekļauj arī prasmes, kas saistītas ar

- Ģeneratīvo mākslīgo intelektu
- Datu izpratni
- Mākoņdatošanas prasmēm
- Mašīnmācīšanās inženieriju

Avots: [Forbes](#)

Saskaņā ar *Glassdoor* datiem datu zinātnieks ir trešais labākais darbs ar apmierinātības novērtējumu 4,1/5.





Jauna maģistra studiju programma: Matemātika un datu zinātne

Trīs apakšprogrammas:

1. **Matemātika un datu zinātne**
2. **Tehnoloģiju matemātika**
3. **Tīrā matemātika**

Jauna maģistra studiju programma!  **LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS
UN OPTOMETRIJAS
FAKULTĀTE**

MATEMĀTIKA UN DATU ZINĀTNE*

Apakšprogrammas

Datu zinātne

- māšīnmācīšanās algoritmi
- neparametriskā un asimptotiskā statistika
- finanšu un apdrošināšanas matemātika
- lielo datu tehnoloģijas

Tīrā matemātika

- matemātiskās struktūras un analītiskās metodes
- kvantu skaitļošana un datorzinātne

Tehnoloģiju matemātika

- lietišķās matemātiskās modelēšanas metodes
- skaitliskās metodes
- neironu tīkli
- datu virzīti algoritmi



Studiju ilgums - 4 semestri Skenē QR kodu un apskati studiju plānu




📍 Jelgavas ielā 3, Rīga, Zinātņu māja
🌐 www.fmof.lu.lv
☎ 28650543

* Programma stāties spēkā pēc akreditācijas procesa noslēgšanas

Visa pamatā: dati un to analīze!

Mašīnmācīšanās (ML) metodes
(learning from data)

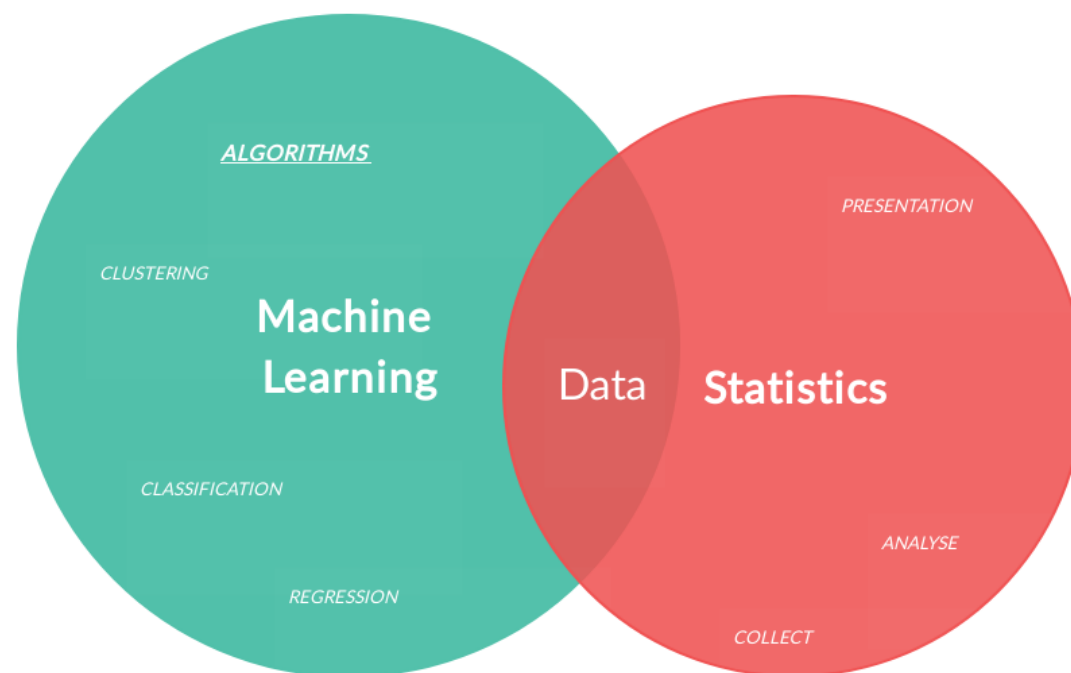
Statistiskās metodes
(statistical learning)

Galvenā atšķirība starp ML un statistiskajām metodēm ir to izmantošanas mērķis:

- Statistiskās metodes meklē un cenšas izskaidrot savstarpējo saistību starp mainīgajiem
- ML metodes ir veidotas, lai nodrošinātu precīzas prognozes bez tiešas papildus programmēšanas (mācību process iekļauts metodes algoritmā)

Daudzas metodes ir kopīgas: lineārā regresija, loģistiskā regresija, u.c.

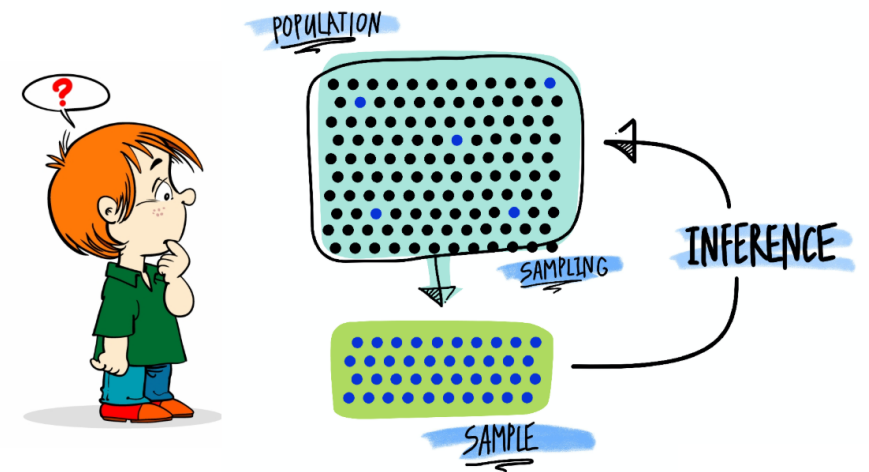
Statistiskās metodes arī mācās no datiem!



Statistiskās metodes

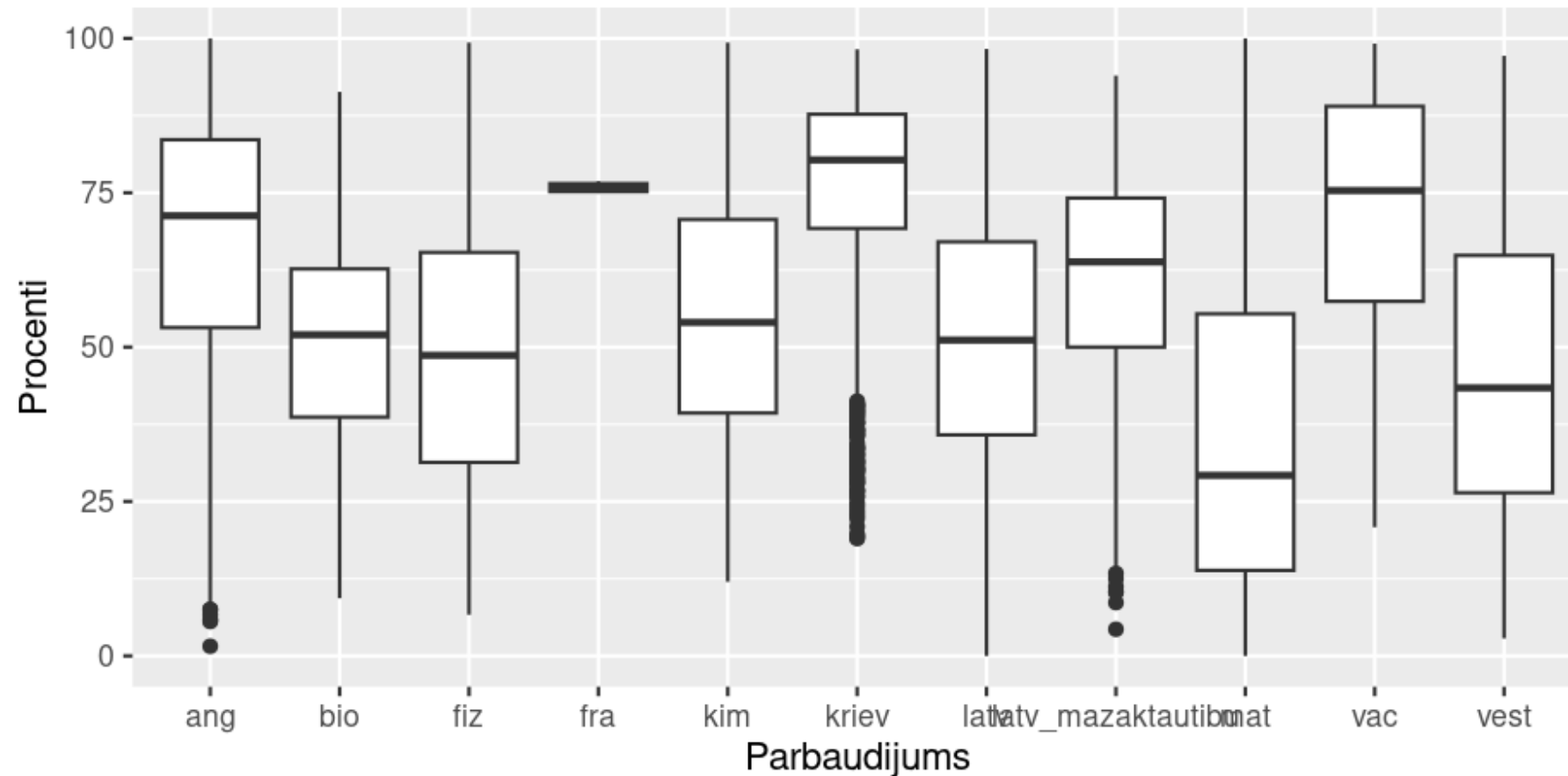
Visbiežāk izmantotās statistiskās metodes ir:

- Aprakstošā statistika
- Hipotēžu pārbaude
- Ticamības intervāli
- Parametru novērtēšana
- Korelāciju analīze un lineārā regresija
- Vispārinātie lineārie modeļi
- Klasifikācijas uzdevumi



Aprakstošā statistika: kastu diagrammas

2021.gada centralizēto eksāmenu rezultāti



Normālais sadalījums

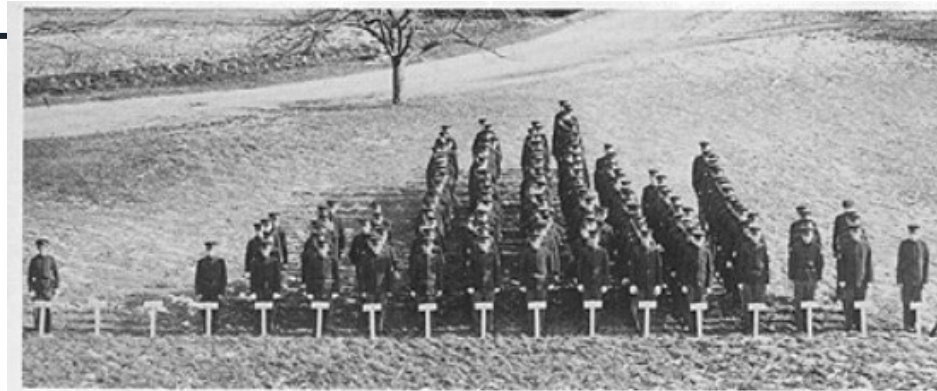
Apzīmē $N(\mu, \sigma^2)$

$f(x)$ ir blīvuma funkcija normālajam sadalījumam

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \text{ kur } x \in \mathbb{R}, \mu \in \mathbb{R} \text{ un } \sigma > 0$$

Ja $Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$, tad $Z \sim N(0,1)$ jeb Z ir standartnormālais sadalījums

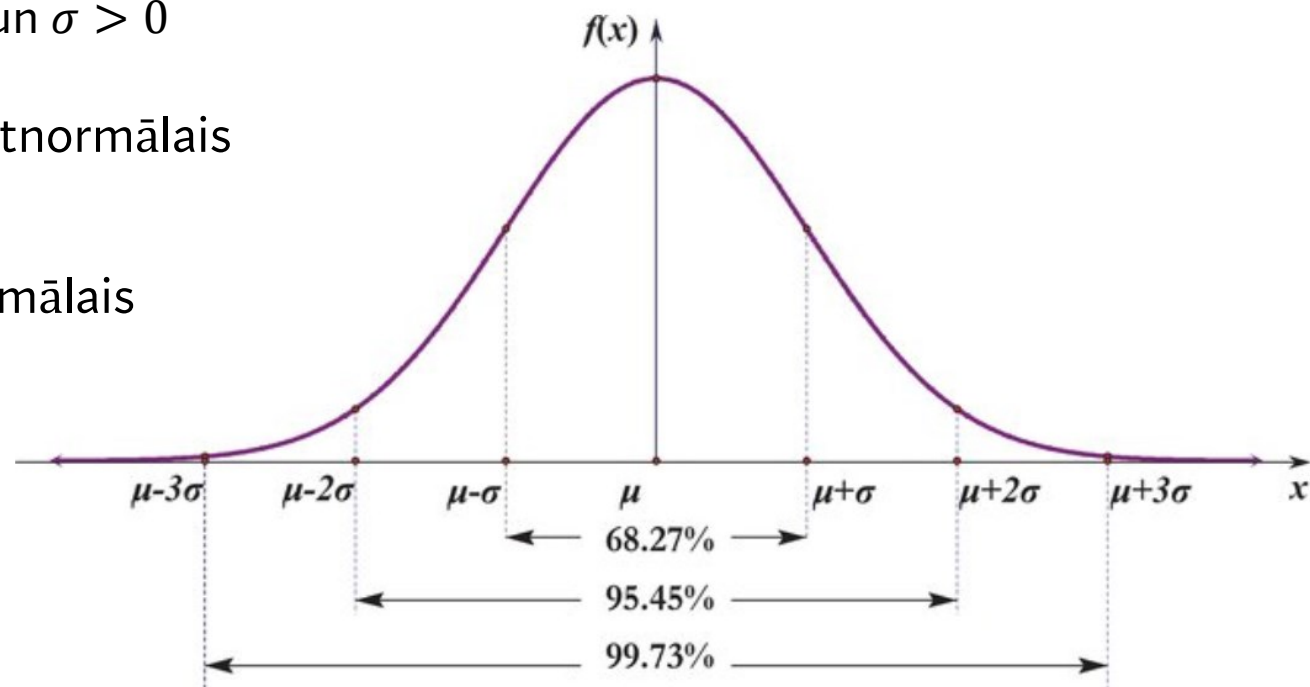
Ja $Y = e^X$, tad $Y \sim \text{LogN}(\mu, \sigma^2)$ jeb Lognormālais sadalījums.



1 0 0 1 5 7 7 22 25 26 27 17 11 17 4 4 1
4'10" 4'11" 5'0" 5'1" 5'2" 5'3" 5'4" 5'5" 5'6" 5'7" 5'8" 5'9" 5'10" 5'11" 6'0" 6'1" 6'2"

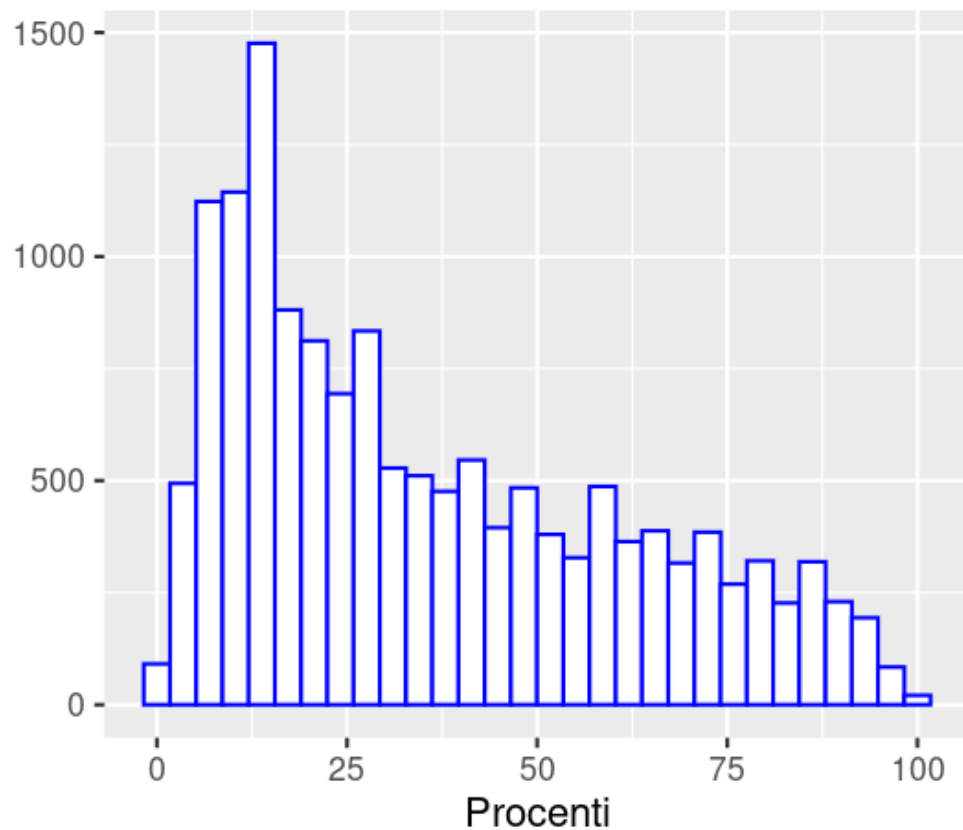
Figure 1.5

Differences in height in the same population: heights of conscripts over 60 years ago. (From A. Blakeslee, *Journal of Heredity*, vol. 5, 1914.)

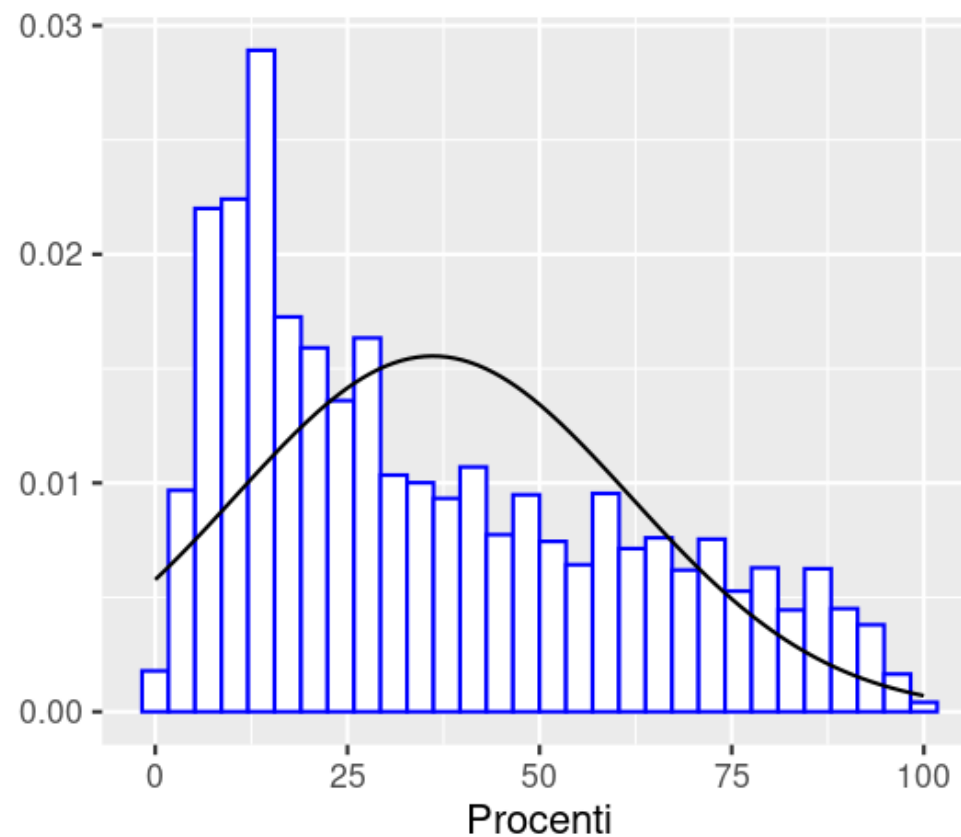


Vai datiem ir normālais sadalījums?

Matemātika, biežuma histogramma

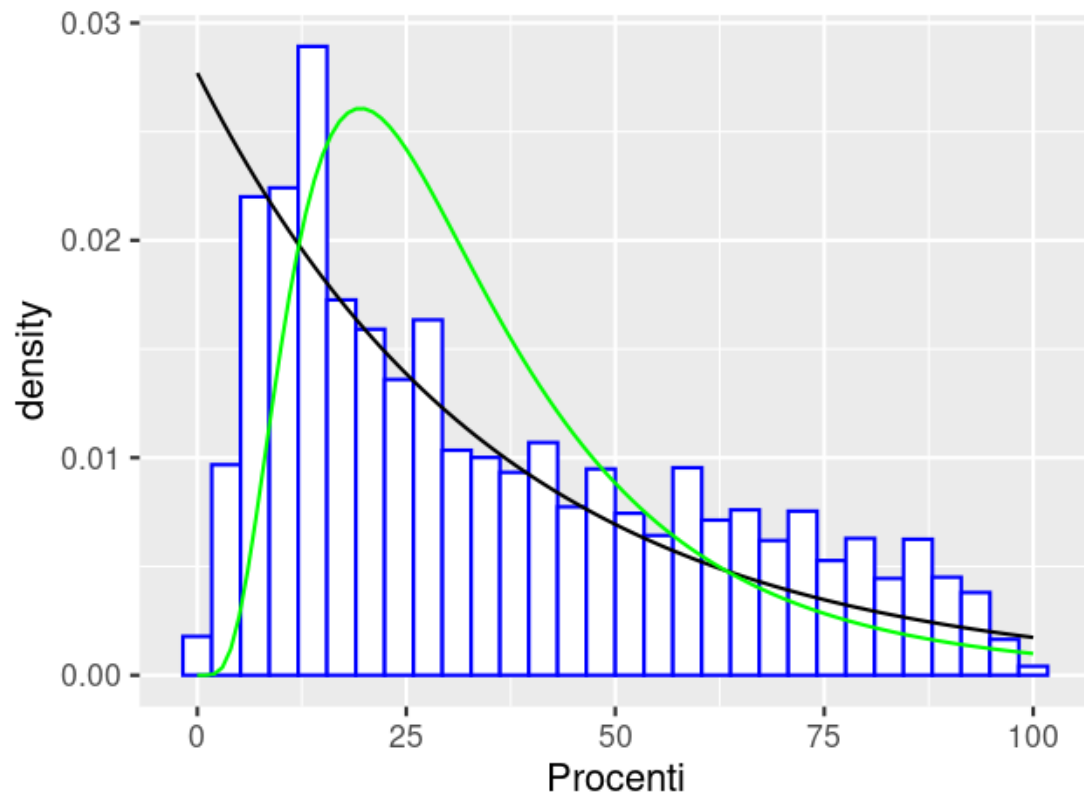


Matemātika, varbūtību histogramma

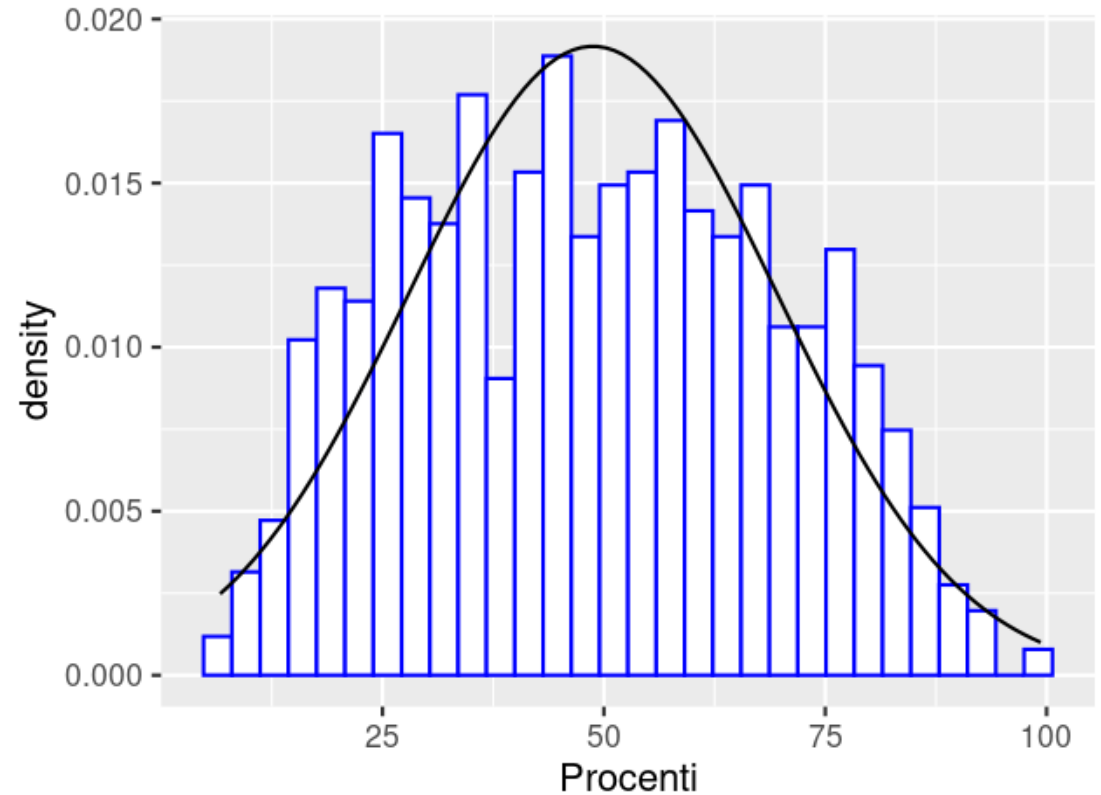


Aprakstošā statistika: citi sadalījumi

Matemātika, Lognormālais un eksponenciālais



Fizika, normālais sadalījums



Hipotēžu pārbaude

Lēmumu pieņemšanas procedūra, kas ļauj **izšķirties** par nulles hipotēzi vai alternatīvu.

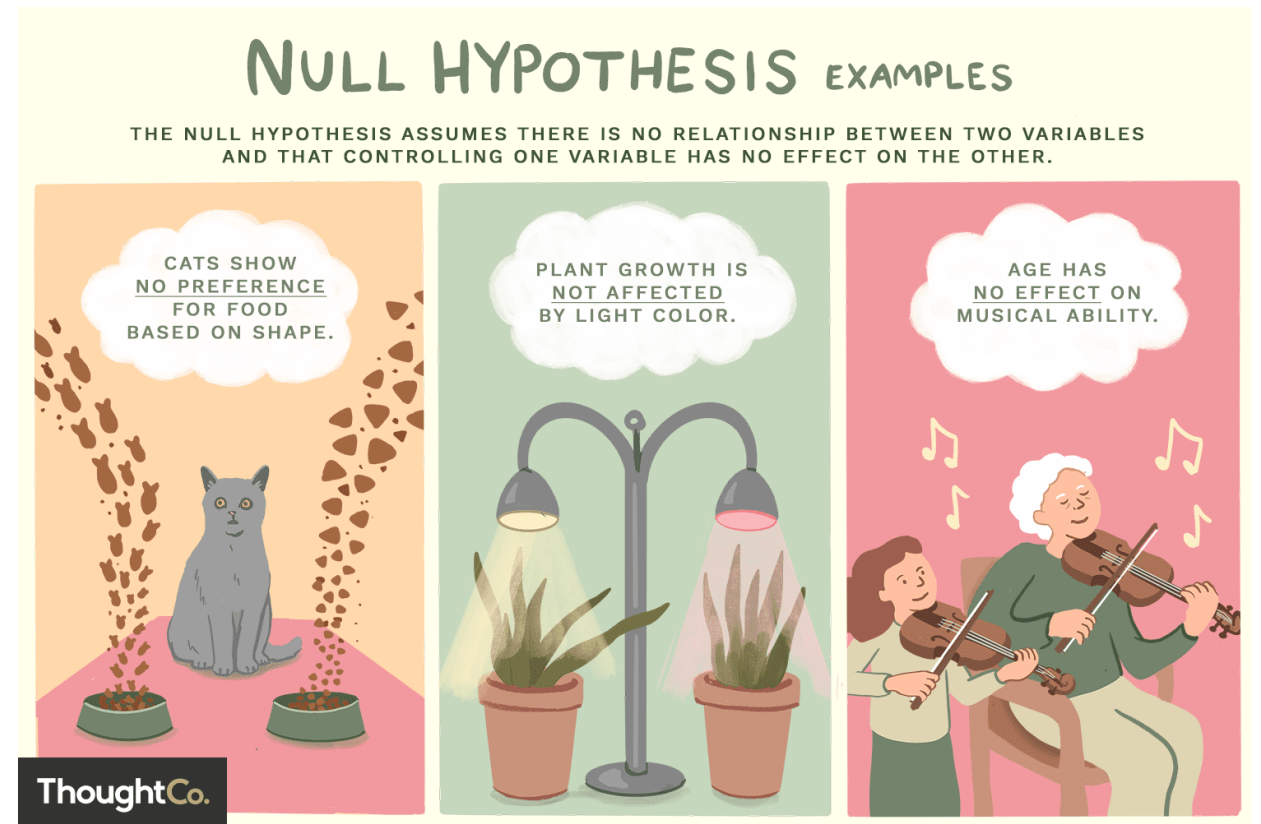
One-Sample T-Test

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Two-Sample T-Test

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Nevar lietot AI vai mašīnmācīšanās metodes!
Izmantojam statistiskos testus!



Lineārā regresija

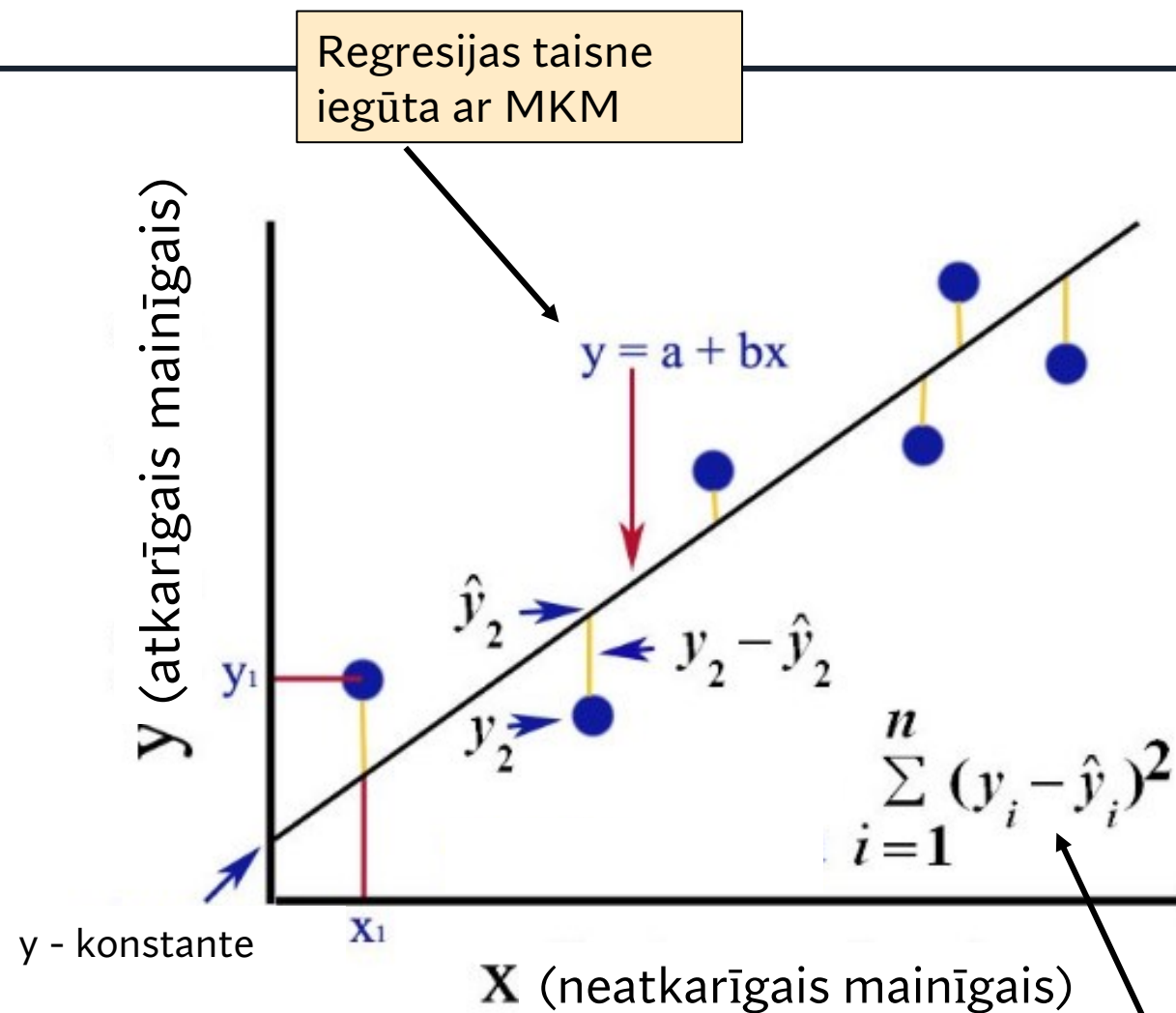
Mērķis:

1. pētīt atkarību ar lineāras un/vai polinomiālas funkcijas palīdzību
2. veikt prognozi ar parametriskas funkcijas palīdzību

Kā atrast labāko taisni caur dotiem datiem?

Notiek mācīšanās no datiem: algoritms pielāgo labāko lineāro funkciju, minimizējot kļūdu kvadrātu summu!

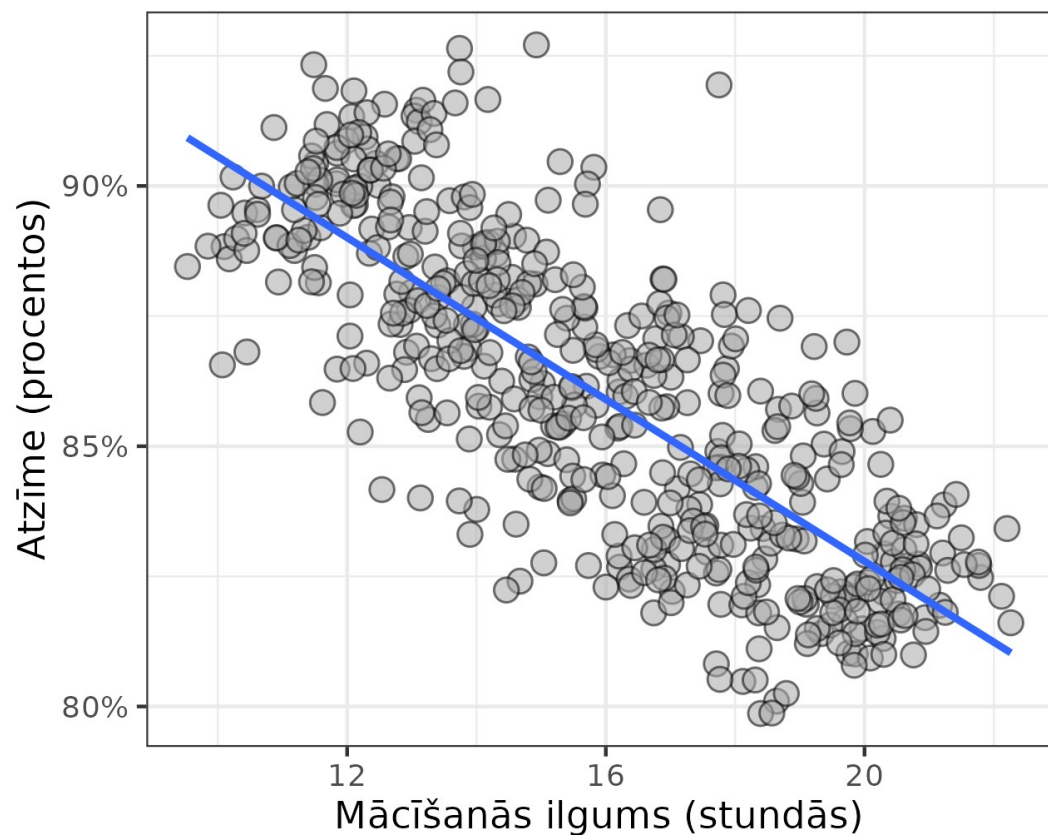
Problēma: kā, pielāgojoties datiem, iegūt «labāko funkciju»?



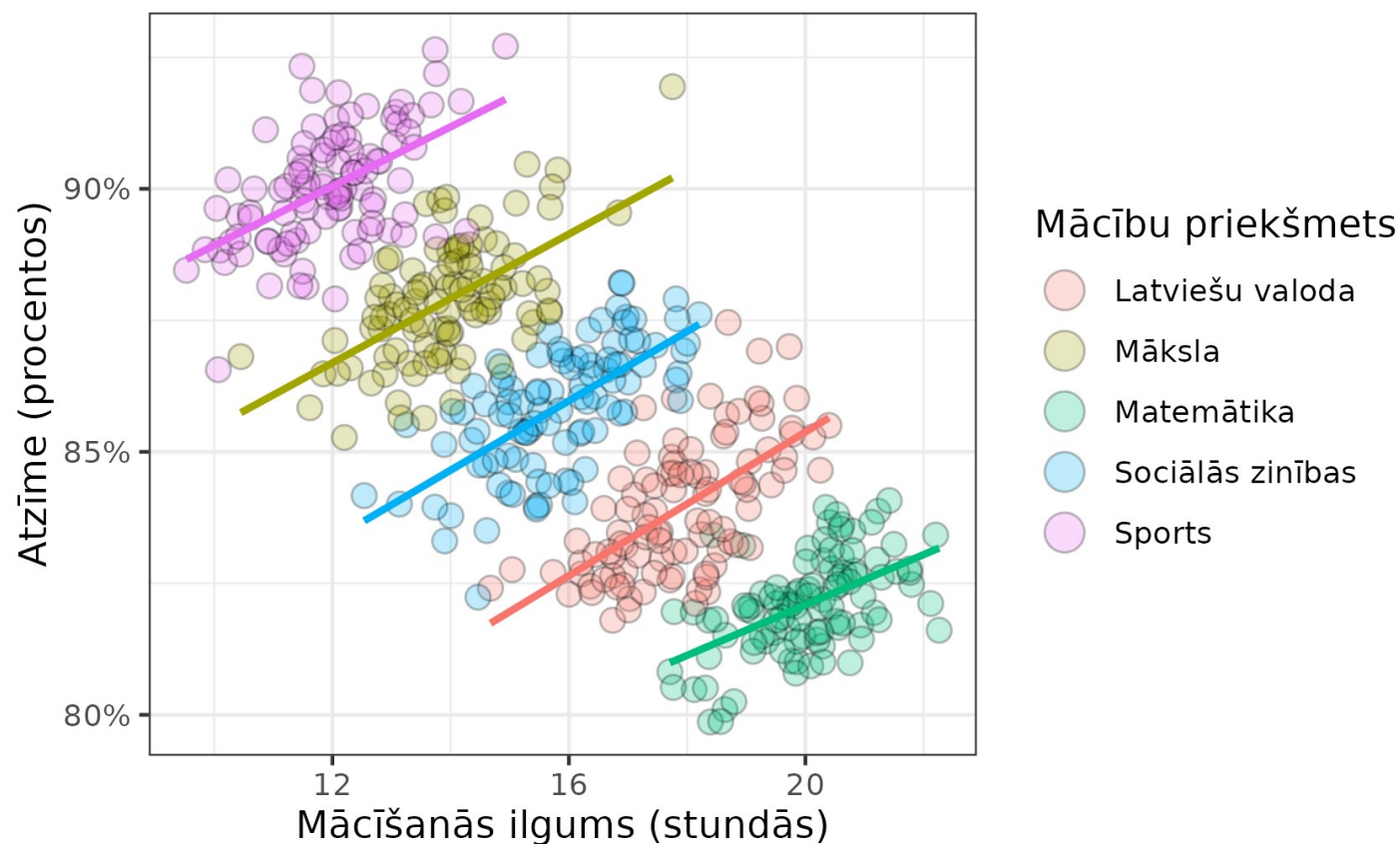
Kļūdu kvadrātu summa, ko minimizē - to sauc par Mazāko kvadrātu metodi

Simpsona paradokss: lineārās regresijas tendences atšķiras!

Mācīšanās ilguma ietekme uz atzīmi

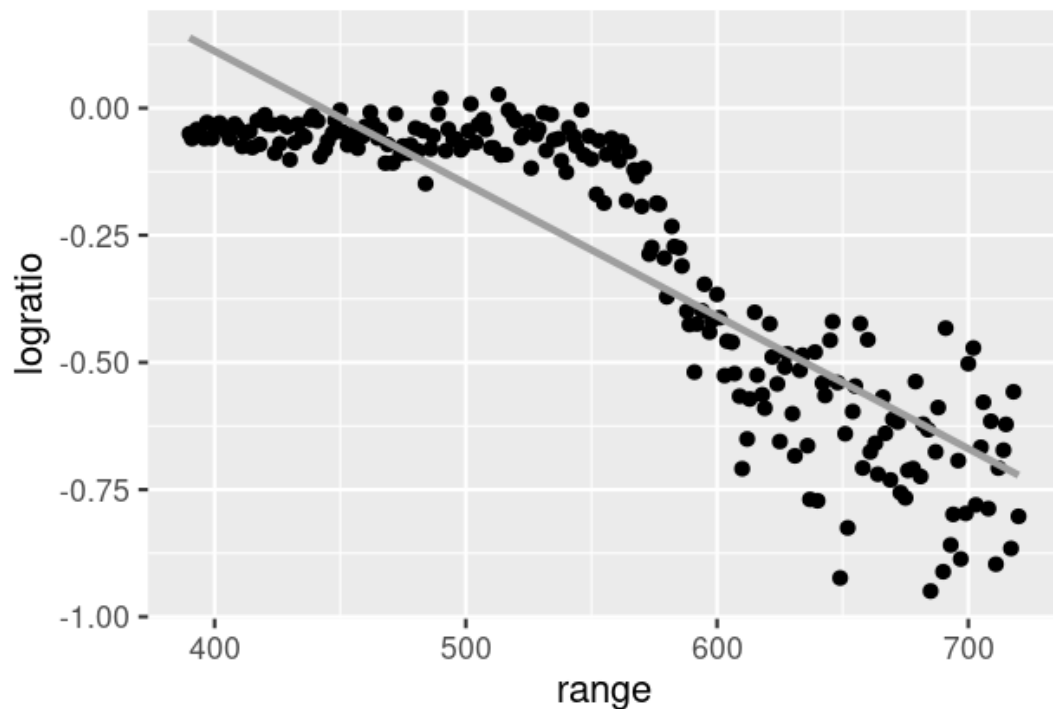


Mācīšanās ilguma ietekme uz atzīmi

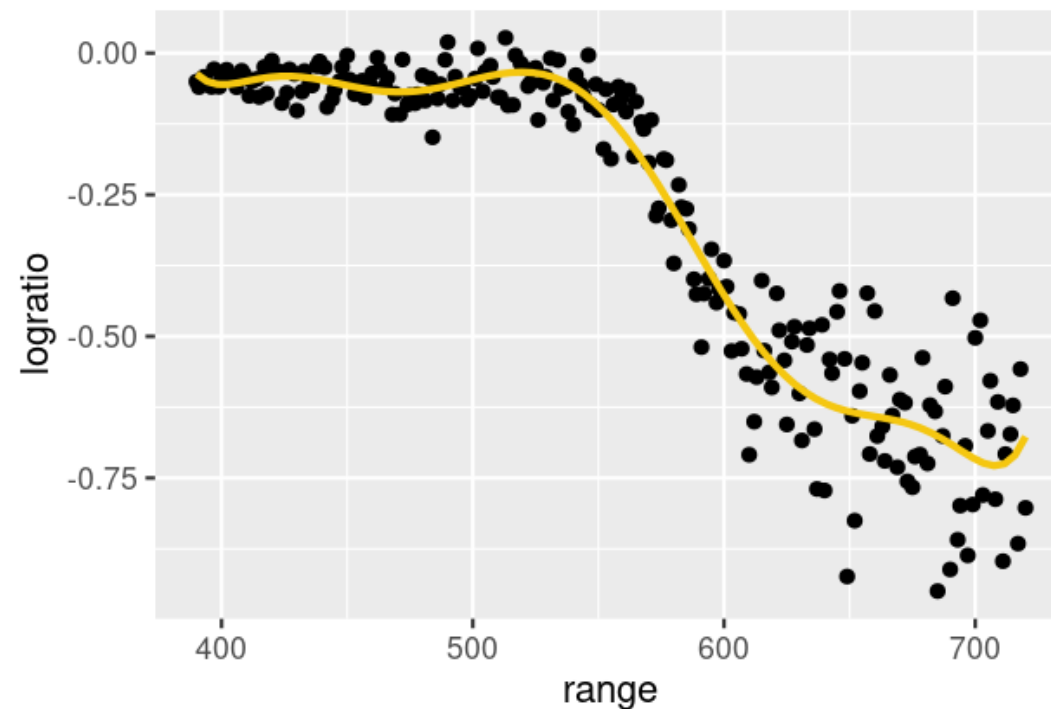


Vai lineārā regresija vienmēr der?

Lidar dati, lineāra regresija



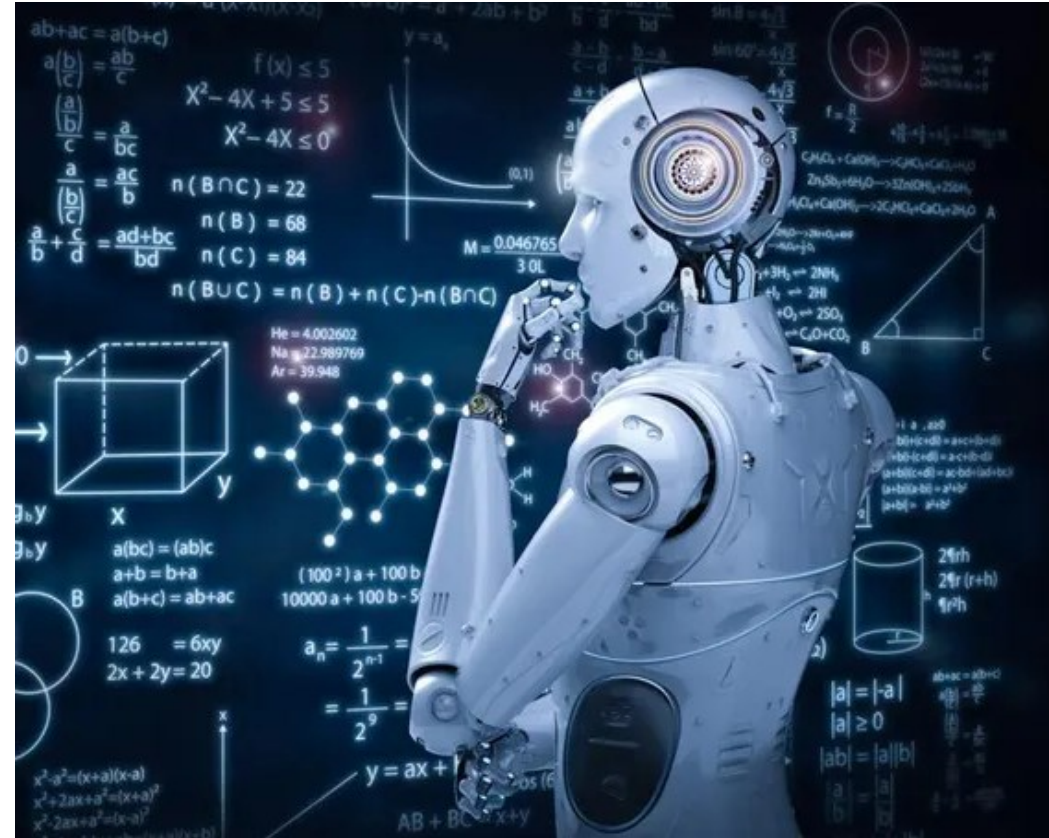
Lidar dati, polinomiāla regresija



Vienkāršs lineārās regresijas modelis $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$.

Kā uzdot šādu modeli, kurš apraksta datus labāk?

Kas ir mašīnmācīšanās?

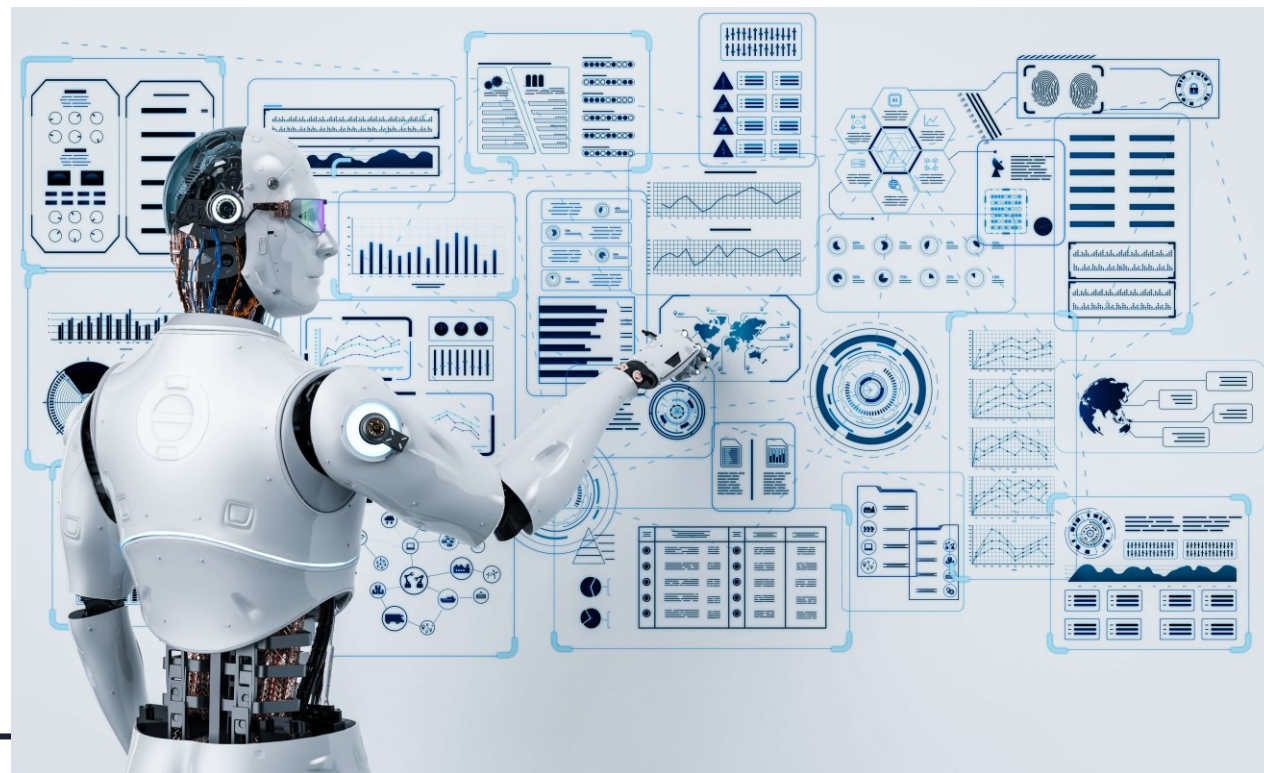


Mašīnmācīšanās problēmas

Mašīnmācīšanās ir tādu datorsistēmu izmantošana un izstrāde, kas **spēj mācīties un pielāgoties**, nesekojot skaidriem norādījumiem, bet izmantojot algoritmus un statistikas modeļus, lai izdarītu secinājumus no datiem.

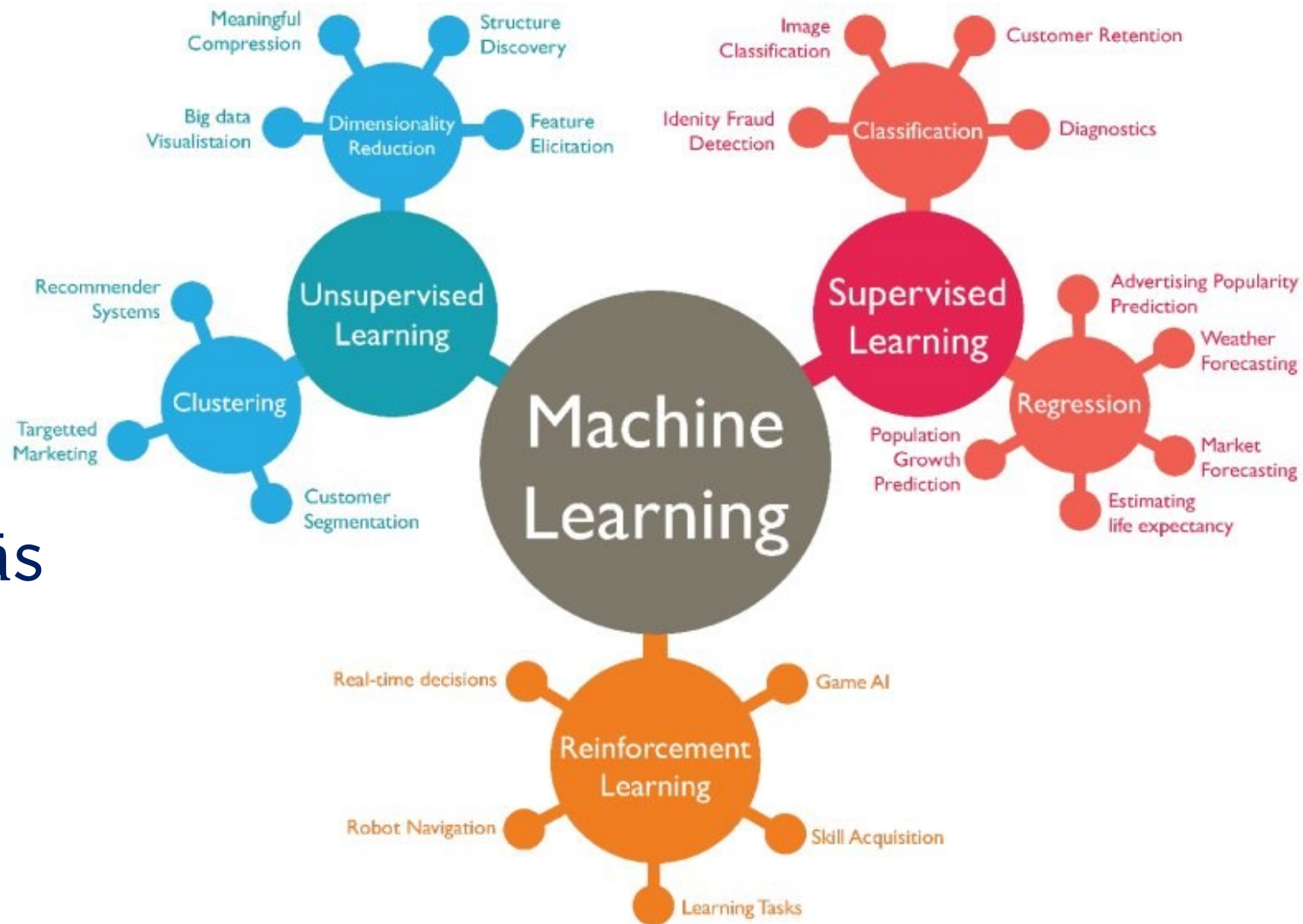
Populārākās mašīnmācīšanās problēmas ir

- Klasifikācijas uzdevumi
- Regresijas problēmas
- Klasterizācija (dalīšana grupās)
- Prognozēšana
- Anomāliju noteikšana
- Rekomendāciju/ieteikumu sistēmas
- Dabiskās valodas apstrāde (Lielie valodu modeļi)
- Attēlu atpazīšana (datorredze) un apstrāde



Mašīnmācīšanās veidi

1. Uzraudzīta mašīnmācīšanās
2. Neuzraudzīta mašīnmācīšanās
3. Pastiprinātā mācīšanās

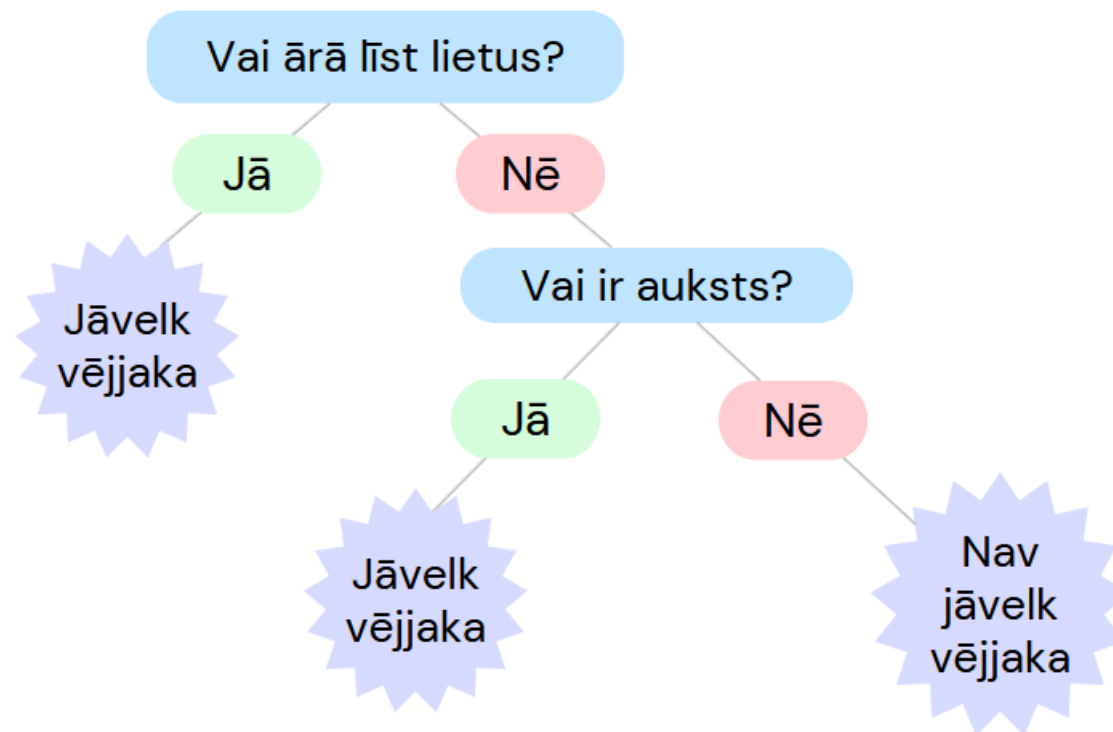


Lēmumu koki

- Modeļu veids, ko izmanto gan klasifikācijai, gan regresijai
- Modelis rīkojas ar **«ja tas, tad tas»** tipa nosacījumiem
- Koki atbild uz secīgiem jautājumiem, kas virzās pa noteiktu koka maršrutu līdz lēmumam (prognozei)

Vienkārša lēmumu koka piemērs

«Vai man šodien būtu jāvelk vējjaka?»



Lēmumu koki: priekšrocības un trūkumi

Lēmumu koku izmantošanas priekšrocības:

1. Viegli interpretējami un viegli vizualizējami
2. Ir iespējams novērot to iekšējo darbību, un tādējādi ir iespējams reproducēt darbu
3. Var apstrādāt gan skaitliskus, gan kategoriskus datus
4. Labi darbojas ar lielām datu kopām.
5. Ir ļoti ātri



Lēmumu koku izmantošanas trūkumi:

1. Algoritmi nosaka optimālo izvēli katrā mezglā (kā piemēram, Hanta jeb alkatīgais algoritms). Tādā veidā netiek ņemts vērā globālais optimums.
2. Lēmumu kokiem ir nosliece uz pārmērīgu pielāgošanu (*overfitting*), jo īpaši, ja koks ir ļoti dziļš. To var novērst, nosakot maksimālo koka dziļumu.



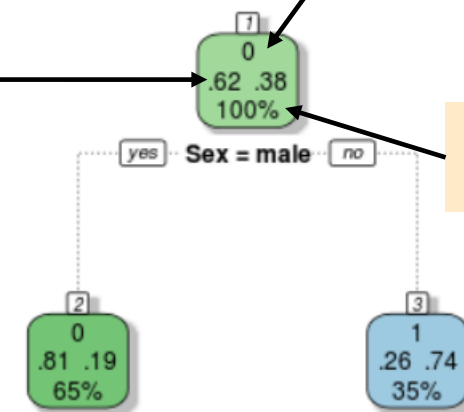
Titanic pasažieru datu piemērs

leskats *Titanic* pasažieru datu kopā

| | Survived | Pclass | Sex | Age | Parch | Fare | Embarked | Has_Cabin | FamilySize | IsAlone | Title |
|---|----------|--------|-----|-----|-------|------|----------|-----------|------------|---------|-------|
| 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | 3 |
| 2 | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 |

Tiek apskatīti rādītāji: vai izdzīvoja, ceļošanas klase, dzimums, vecums, ģimenes locekļu skaits, tituls u.c.

62% pasažieru gāja bojā, 38% izdzīvoja



Koks Nr.1

Pirmajā mezglā pieņem, ka visi pasažieri iet bojā, piešķir vērtību 0

Datu daudzums šajā mezglā/lapā

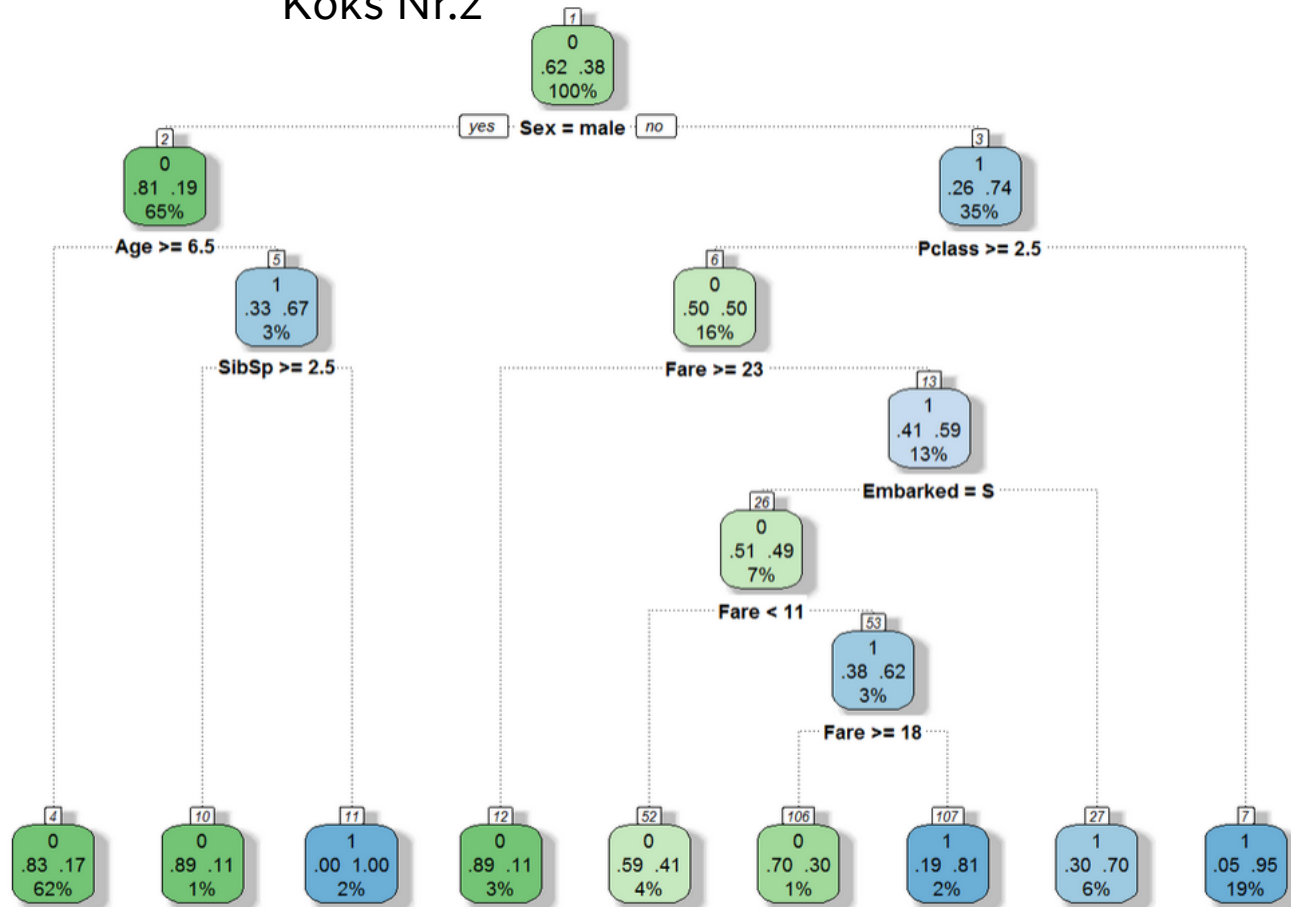
Secinājums:

Ja pasažieris ir vīrietis, tad 81% varbūtība, ka viņš gāja bojā.

Vai ir vēl kādi būtiski rādītāji, kas ietekmēja izdzīvošanas varbūtību Titānika katastrofā?

Titanic pasažieru datu piemērs

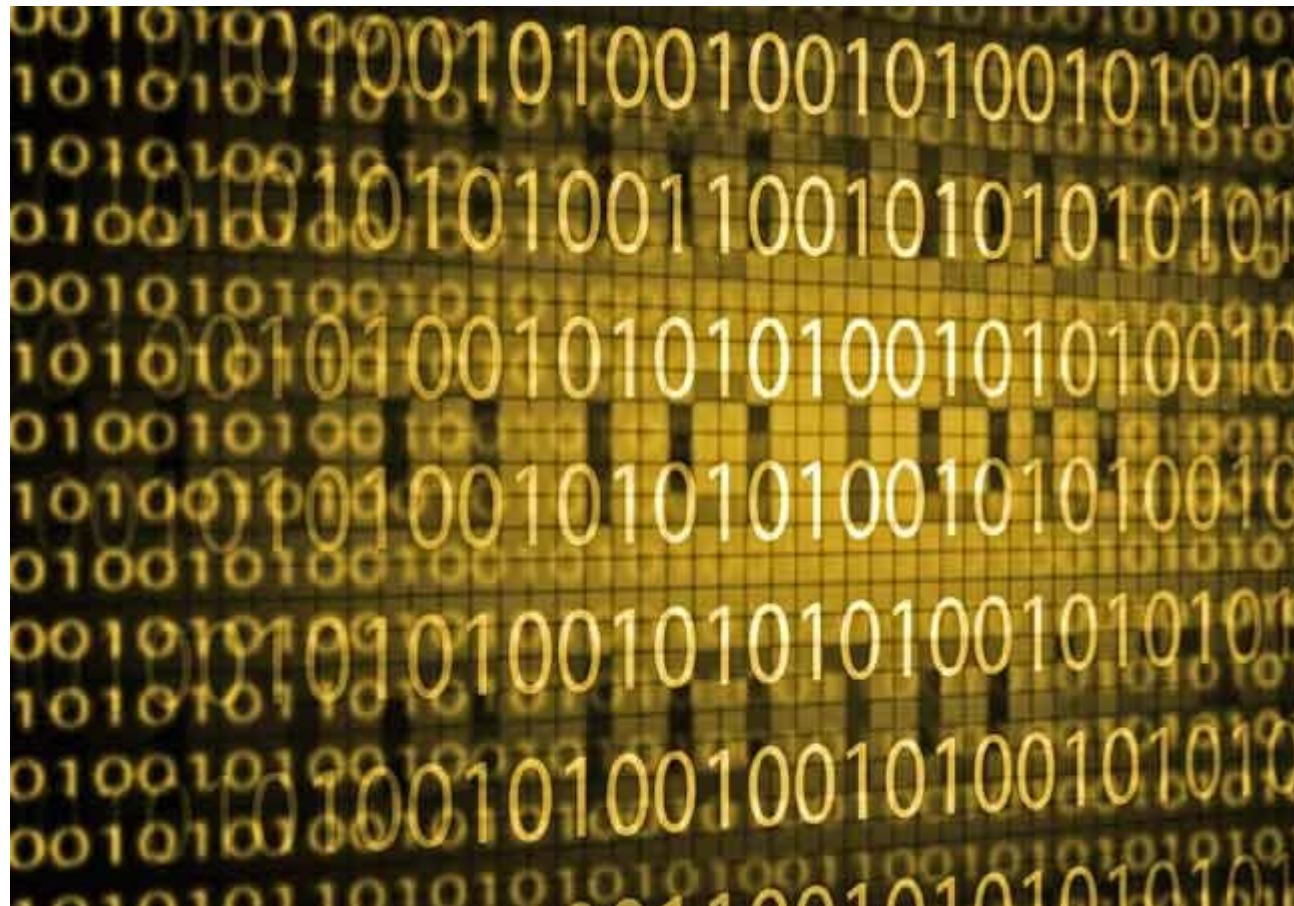
Koks Nr.2



Piezīmes:

1. Mašīnmācīšanās algoritmi katrā solī meklē vislabāko dalījumu, kas minimizē zaudējumu funkciju (piemēram, vecumam, biļetes cenai)
2. Visaugstāk kokā ir tie rādītāji, kam ir lielāka ietekme uz klasifikāciju
3. Praksē parasti veido daudzus kokus balstītus uz nejaušām rādītāju vai datu apakškopām, lai uzlabotu modeļa veiktspēju un samazinātu pārpielāgošanos (iegūst **gadījuma mežu**)

Kas ir
loģistiskā
regresija?



Logistiskā regresija

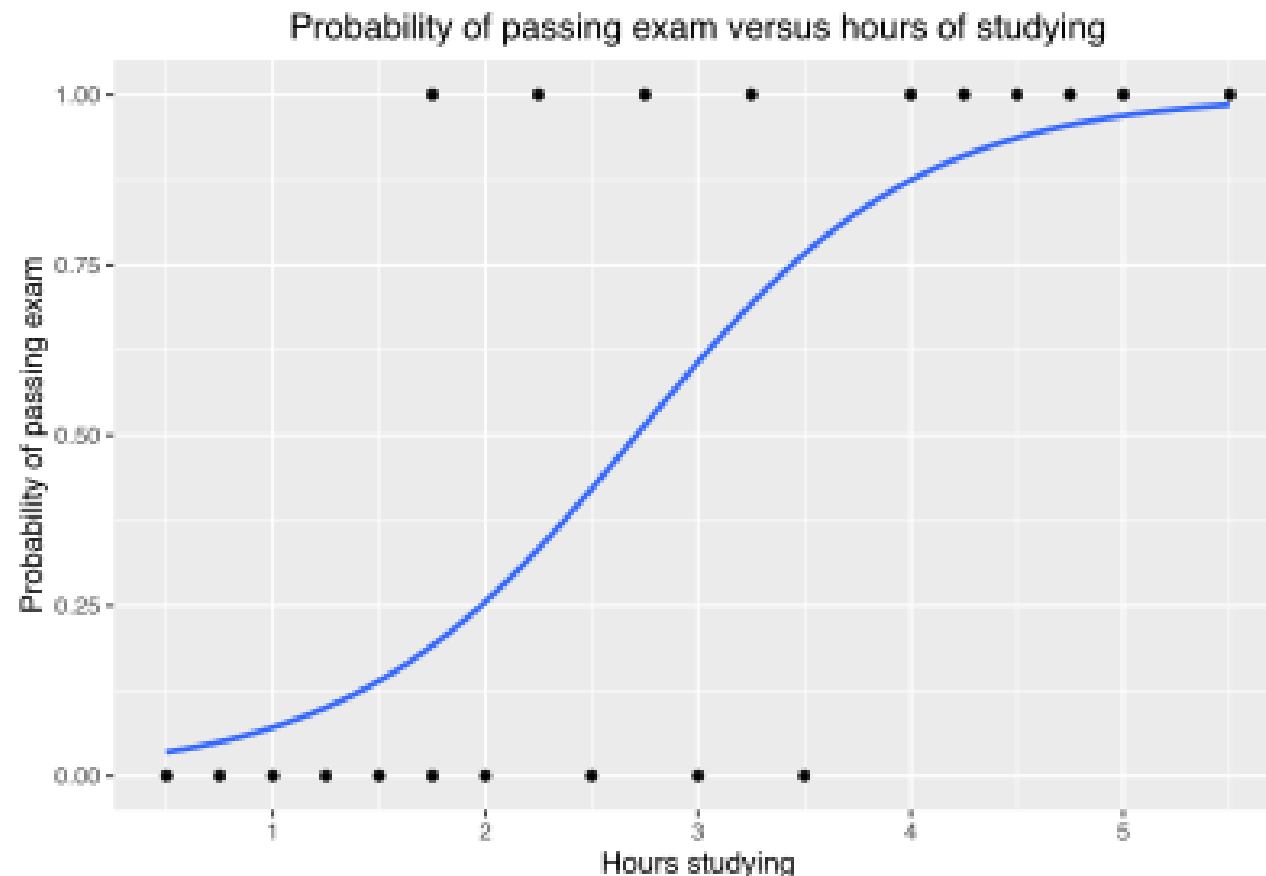
Mērķis:

1. Prognozēt varbūtību kādam bināram iznākumam (0 = nē, 1 = jā)
2. Veikt klasifikācijas uzdevumu, iedalot datus divās grupās (0 = nē, 1 = jā)

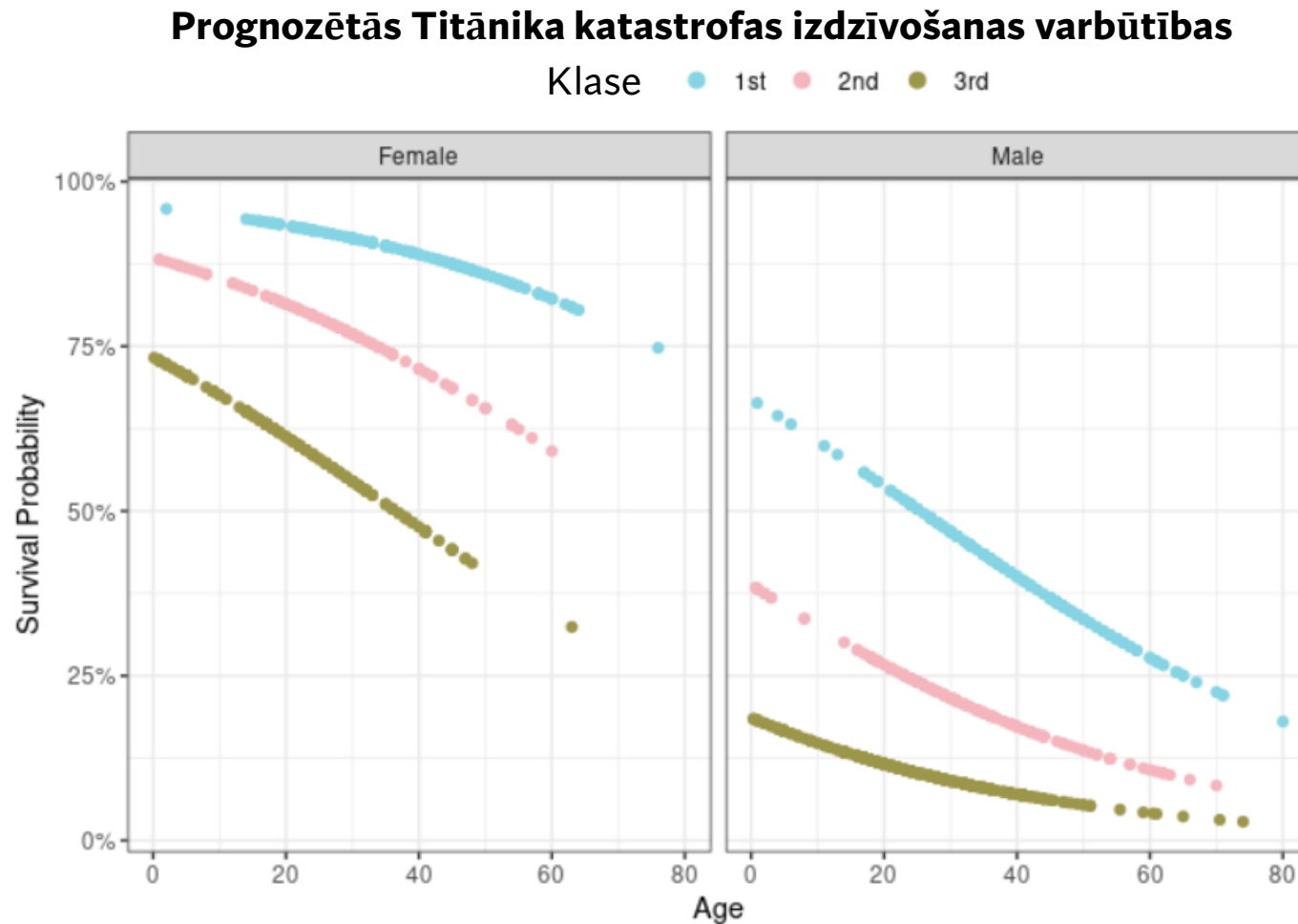
Logistiskās regresijas modeļa funkcija ir

$$p(x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x}}$$

Kā pielāgot šo funkciju datiem?
Kā sadalīt datus pa klasēm pēc varbūtībām?



Logistiskās regresijas modelis *Titanic* datiem



Logistiskās regresijas modelis *Titanic* datiem

Iegūtais logistiskās regresijas modelis ir

$$p(x) = \frac{e^{3.19 - 2.49x_1 - 2.18x_2 - 1.16x_3 - 0.03x_4}}{1 + e^{3.19 - 2.49x_1 - 2.18x_2 - 1.16x_3 - 0.03x_4}},$$

kur

x_1 - apzīmē, vai pasažieris ir vīrietis;

x_2 - apzīmē, vai pasažieris bija trešajā klasē;

x_3 - apzīmē, vai pasažieris bija otrajā klasē;

x_4 - apzīmē pasažiera vecumu.



Piemēram, 60 gadu vecam vīrietim trešajā klasē tiek prognozēta 3.6% izdzīvošanas varbūtība.

R kods:

```
p_x <- function(x) exp(3.19-2.49*x[1]-2.18*x[2]-1.16*x[3]-0.03*x[4])/
  (1+exp(3.19-2.49*x[1]-2.18*x[2]-1.16*x[3]-0.03*x[4]))
```

```
p_x(c(1,1,0,60))
```

Sieviete ar tādiem pašiem
pārējiem rādītājiem tiek
prognozēta 31.2%
izdzīvošanas varbūtība.

Kas ir neironu
tīkli?

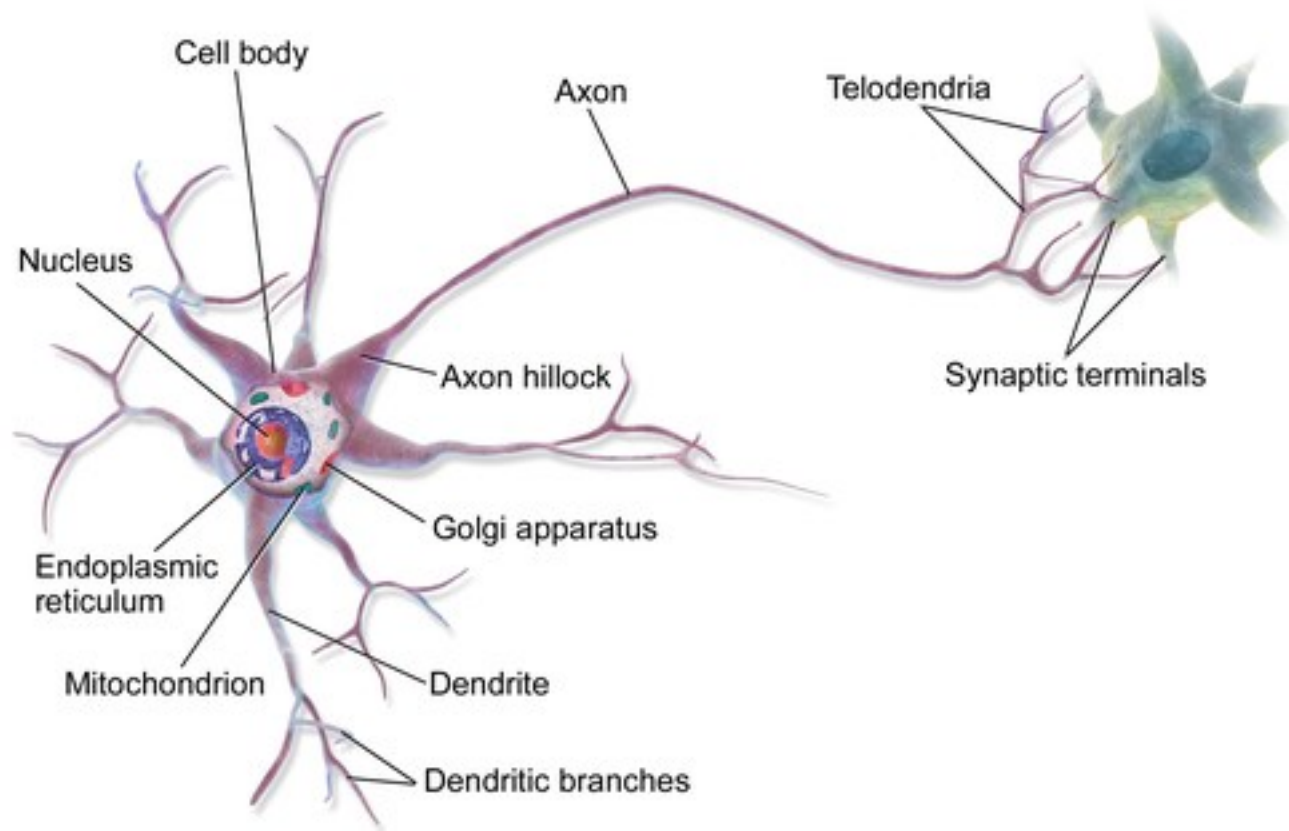


Neironu tīkli

Neurons ir nervu sistēmas pamatvienība, kas sastāv no šūnas ķermeņa un izaugumiem, un vada nervu impulsus.

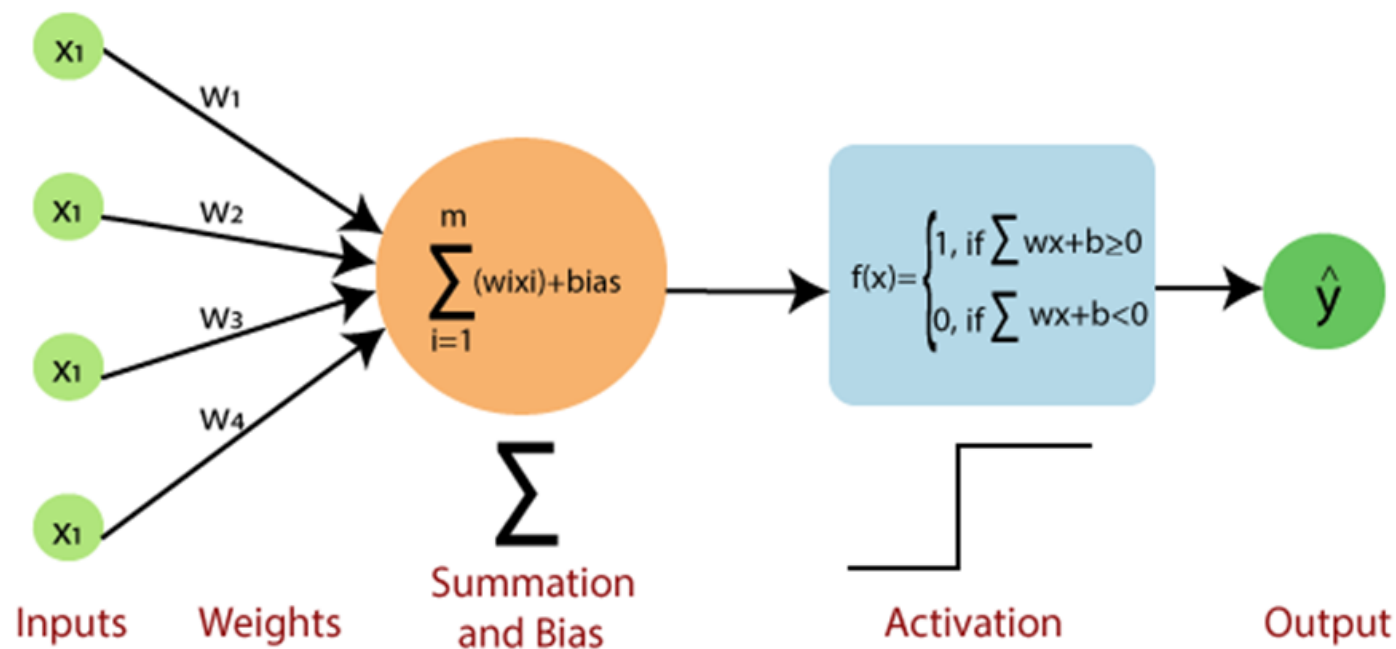
Tās ir elektriski kairināmas šūnas, kuras apstrādā un nodod tālāk informāciju.

Cilvēka smadzenēs ir aptuveni 86 miljardi neironu.



Neirona uzbūve

Neironu tīkli



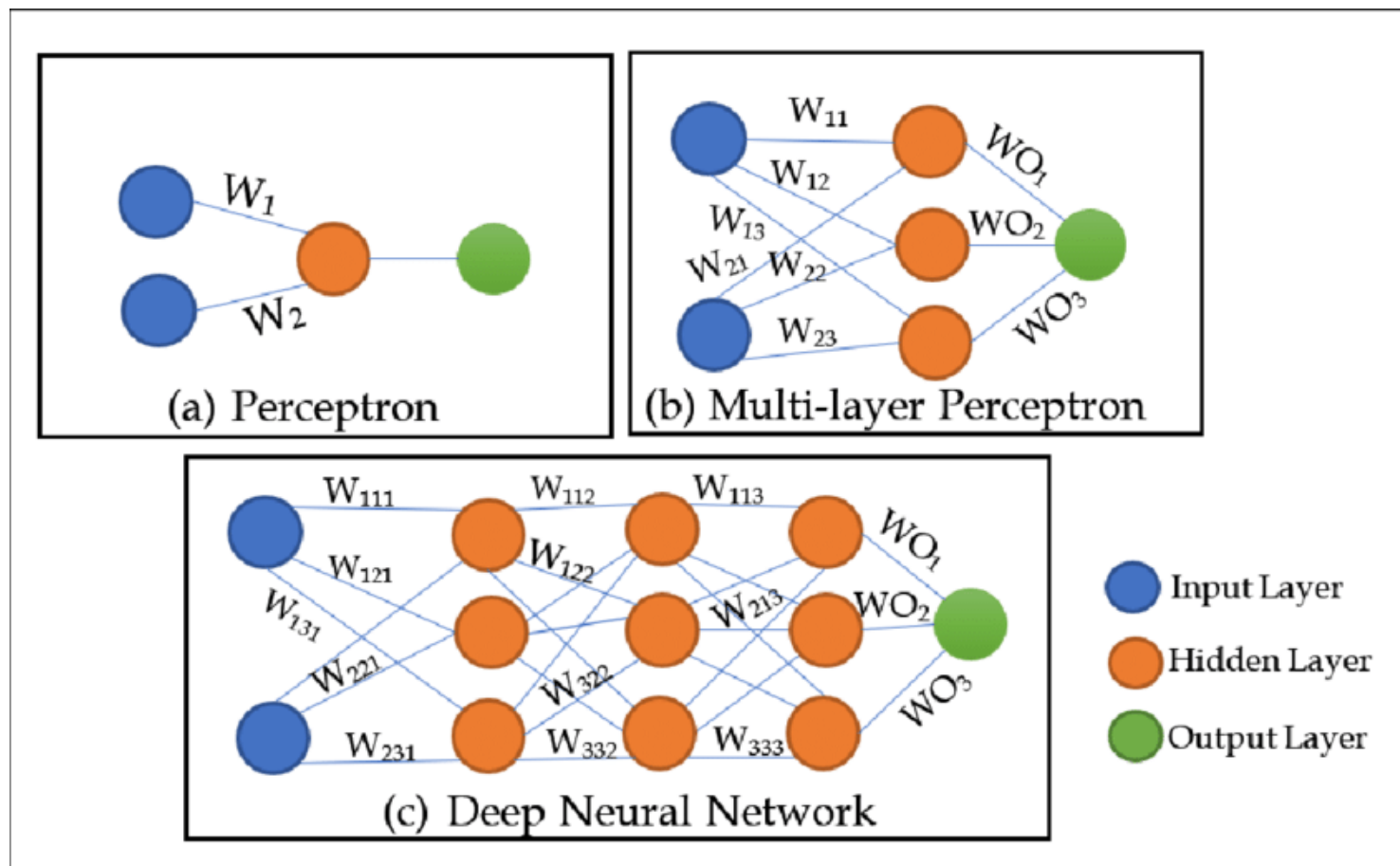
Lieto: klasifikācijas uzdevumiem, prognozēm, regresijas problēmām, anomāliju noteikšanai utt.

Piemēri: praktiskajā nodarbībā!

Daudzslāņu un dziļie neironu tīkli

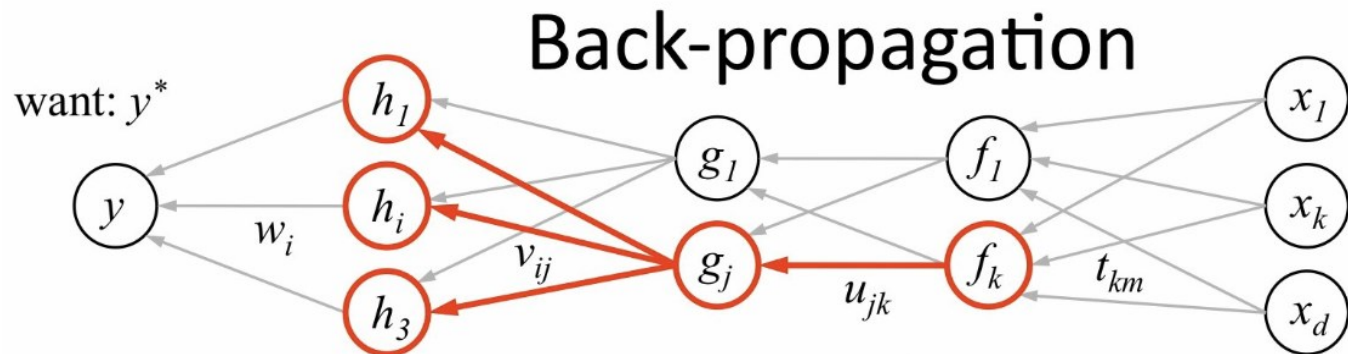
- Perceptronam nav slēptu slāņu
- Daudzslāņu tīklam ir viens slēpts slānis
- Dziļajam neironu tīklam ir daudz slēptu slāņu

Bet: **kā notiek mācīšanās?**



Mācīšanās neironu tīklā?

- Tiek minimizēta zaudējumu funkcija
- Izmanto **atpakaļizplatīšanās algoritmu**
- Neironu tīkls pats apmācās, līdz kamēr tiek sasniegts vēlamās kļūdas sliekšnis



1. receive new observation $\mathbf{x} = [x_1 \dots x_d]$ and target y^*
2. **feed forward:** for each unit g_j in each layer $1 \dots L$ compute g_j based on units f_k from previous layer: $g_j = \sigma \left(u_{j0} + \sum_k u_{jk} f_k \right)$
3. get prediction y and error $(y - y^*)$
4. **back-propagate error:** for each unit g_j in each layer $L \dots 1$

(a) compute error on g_j

$$\underbrace{\frac{\partial E}{\partial g_j}}_{\text{should } g_j \text{ be higher or lower?}} = \sum_i \underbrace{\sigma'(h_i)}_{\text{how } h_i \text{ will change as } g_j \text{ changes}} \underbrace{v_{ij}}_{\text{was } h_i \text{ too high or too low?}} \underbrace{\frac{\partial E}{\partial h_i}}_{\text{was } h_i \text{ too high or too low?}}$$

(b) for each u_{jk} that affects g_j

(i) compute error on u_{jk}

$$\frac{\partial E}{\partial u_{jk}} = \underbrace{\frac{\partial E}{\partial g_j}}_{\text{do we want } g_j \text{ to be higher/lower}} \underbrace{\sigma'(g_j)}_{\text{how } g_j \text{ will change if } u_{jk} \text{ is higher/lower}} f_k$$

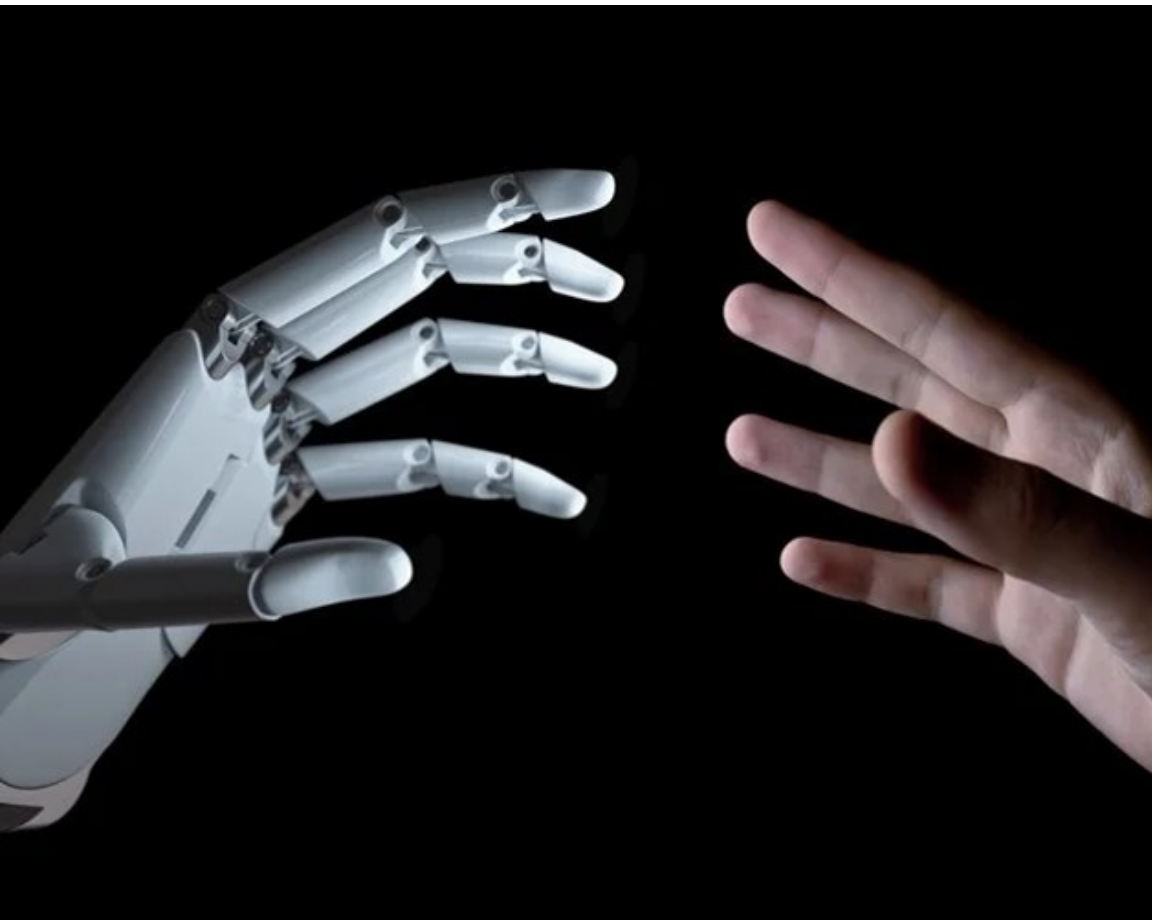
(ii) update the weight

$$u_{jk} \leftarrow u_{jk} - \eta \frac{\partial E}{\partial u_{jk}}$$

Noslēgums...



Secinājumi



- **Cilvēka un AI sadarbība:** mākslīgais intelekts aizvien biežāk tiek uzskatīts nevis par cilvēku aizstājēju, bet gan par rīku, kas papildina cilvēku spējas un uzlabo produktivitāti. Cilvēka un AI sadarbība, kurā cilvēki un AI sistēmas papildina viens otra stiprās puses, ir daudzsoļoša, lai efektīvāk risinātu sarežģītas problēmas.
- Datu analīzē un lēmumu pieņemšanā nepieciešamas datu zinātnieka iemaņas: tās ir gan **matemātika**, gan **statistika**, gan **programmētāja** iemaņas.
- Mākslīgais intelekts tiek izmantots **integrēti datu zinātnieka darbā**, pielietojot statistiskās un mašīnmācīšanās metodes dažādu problēmu risināšanai.

Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte, Matemātikas nodaļa

Priecāsimies Tevi satikt kādā no studiju programmām!

- Bakalaura studiju programma «**Matemātika**» – 3 gadi
- Profesionālā bakalaura studiju programma «**Matemātiķis-Statistiķis**» – 4 gadi
- Maģistra studiju programma «**Matemātika un datu zinātne**» – 2 gadi





Paldies par uzmanību!
