



# Vilnius universitetas

## Matematikos ir informatikos fakultetas



# Mašininis mokymasis

prof. dr. Olga Kurasova  
[Olga.Kurasova@mif.vu.lt](mailto:Olga.Kurasova@mif.vu.lt)

# Šių dienų raktažodžiai

- **Didieji duomenys** (angl. *big data*)
- **Dirbtinis intelektas** (angl. *artificial intelligence*)
- **Mašininis mokymasis** (angl. *machine learning*)
- **Gilusis mokymasis** (angl. *deep learning*)
- **Gilieji neuroniniai tinklai** (angl. *deep neural networks*)

# Mašininis mokymasis

- **Mašininis mokymasis** (angl. *machine learning*) – tai informatikos sritis, suteikianti kompiuteriams galimybę mokytis be aiškių instrukcijų.
- **Machine learning** is a field of computer science that gives computers the ability to learn without being explicitly programmed (*Wikipedia*).
- **Machine learning** is the use of artificial intelligence to automate algorithms that can learn without explicit instructions (*Intro to Machine Learning Course / Udacity*)

# AI vs ML vs DL

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Early artificial intelligence stirs excitement.



## MACHINE LEARNING

Machine learning begins to flourish.



## DEEP LEARNING

Deep learning breakthroughs drive AI boom.



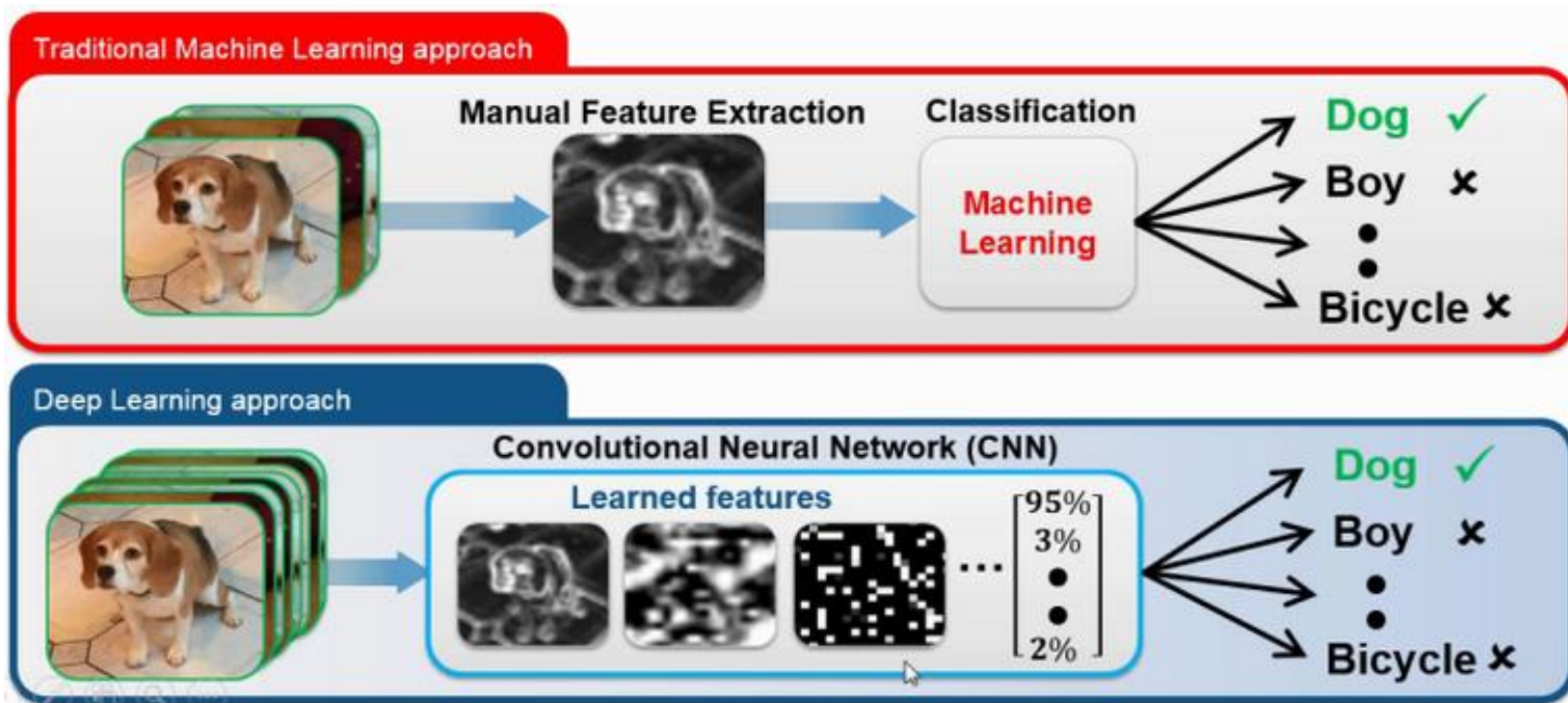
1950's 1960's 1970's 1980's 1990's 2000's 2010's

# Skirtumai

- **Dirbtinis intelektas** – tai sistema, kuri gali mąstyti, jausti, veikti ir prisitaikyti.
- **Mašininis mokymasis** – tai algoritmai, kurių veikimas gerėja, kai jie gauna daugiau duomenų.
- **Gilusis mokymasis** – tai mašininio mokymosi poaibis, kuris efektyvus mokant naudojant didžiulius duomenų kiekius.



# Mašininis vs gilusis mokymasis



P. S. Vėliau bus pateikta daugiau informacijos apie gilųjį mokymąsi.

[https://leonardoaraujosantos.gitbooks.io/artificial-intelligence/content/deep\\_learning.html](https://leonardoaraujosantos.gitbooks.io/artificial-intelligence/content/deep_learning.html)

# Mašininis mokymasis

## **Sinonimai lietuvių kalba:**

- Automatinis mokymasis
- Kompiuterių mokymasis
- Sistemų mokymasis



# Mašininis mokymasis

- Algoritmas/programa **išmoksta** iteratyviai pateikiant **daug duomenų** be iš anksto suprogramuotų aiškių instrukcijų.





# Brain Differences

---

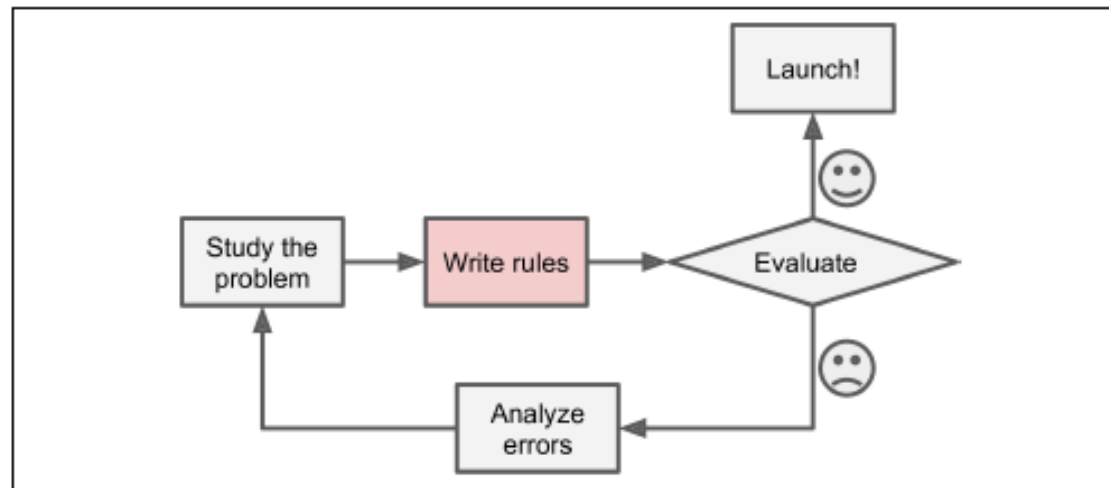
Now wait before you start thinking that you can just create a huge neural network and call strong AI, there are some few points to remember:

Just a list:

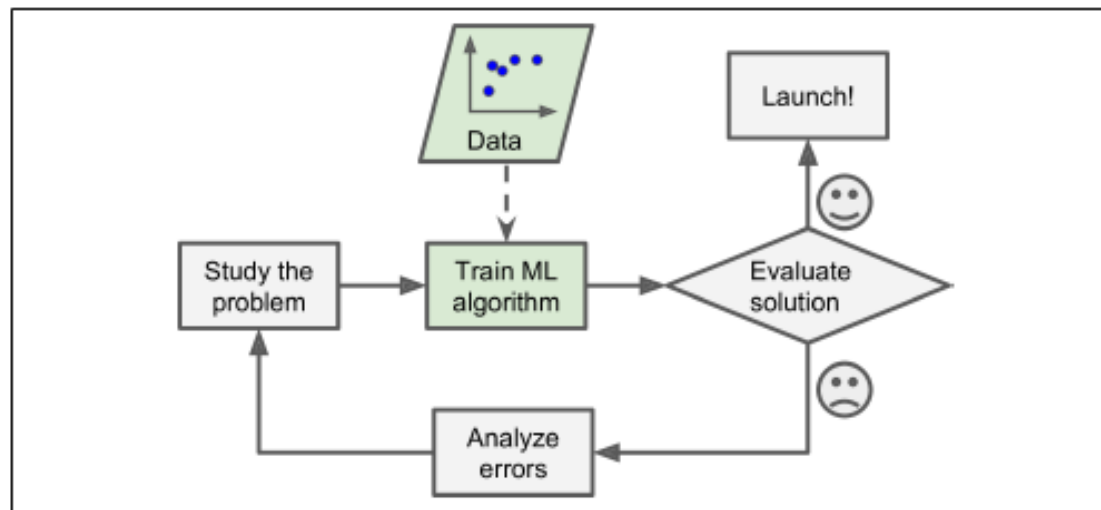
- The artificial neuron fires totally different than the brain
- A human brain has 100 billion neurons and 100 trillion connections (synapses) and operates on 20 watts(enough to run a dim light bulb) - in comparison the biggest neural network have 10 million neurons and 1 billion connections on 16,000 CPUs (about 3 million watts)
- The brain is limited to 5 types of input data from the 5 senses.
- Children do not learn what a cow is by reviewing 100,000 pictures labelled "cow" and "not cow", but this is how machine learning works.
- Probably we don't learn by calculating the partial derivative of each neuron related to our initial concept. (By the way we don't know how we learn)

[https://leonardoaraujosantos.gitbooks.io/artificial-intelligence/content/neural\\_networks.html](https://leonardoaraujosantos.gitbooks.io/artificial-intelligence/content/neural_networks.html)

## Tradīcinis būdas



## Mašīniniu mokymusi grīstas būdas



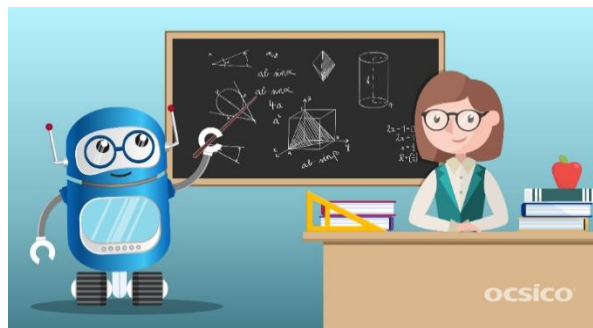
Géron, A. (2017). *Hands-on machine learning with Scikit-Learn and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems*. O'Reilly Media, Inc.

# Mašininiam mokymuisi reikia:

- **Duomenų**, pagal kuriuos bus mokomasi;
- **Modelio** (pvz., statistiniai modeliai ar dirbtiniai neuroniniai tinklai);
- **Tikslo funkcijos**, kuri kiekybiškai įvertins, kaip gerai (arba blogai) veikia modelis; jos dar vadinamos **nuostolių** (paklaidos) funkcijomis.
- **Algoritmo**, skirto modelio parametrams koreguoti, kad būtų optimizuota tikslo funkcija (pvz., gradientinis nusileidimas).

# Mašininio mokymosi tipai

- **Su mokytoju / Prižiūrimas** mokymasis (*supervised*),
- **Be mokytojo / Neprižiūrimas** mokymasis (*unsupervised*),
- **Dalinei prižiūrimas** mokymasis (*semi-supervised*),
- **Sustiprintas** mokymasis (*reinforcement*).

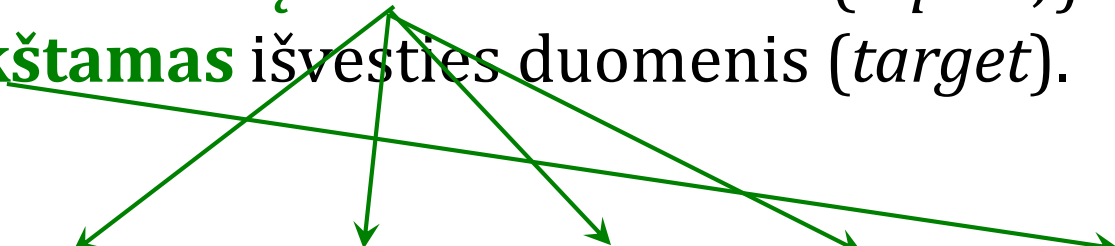


# Prižiūrimas mokymasis

- Būtina žinoti ir **įvesties** duomenis (*inputs, features*) ir **trokštamą** išvesties duomenis (*target*).

# Prižiūrimas mokymasis

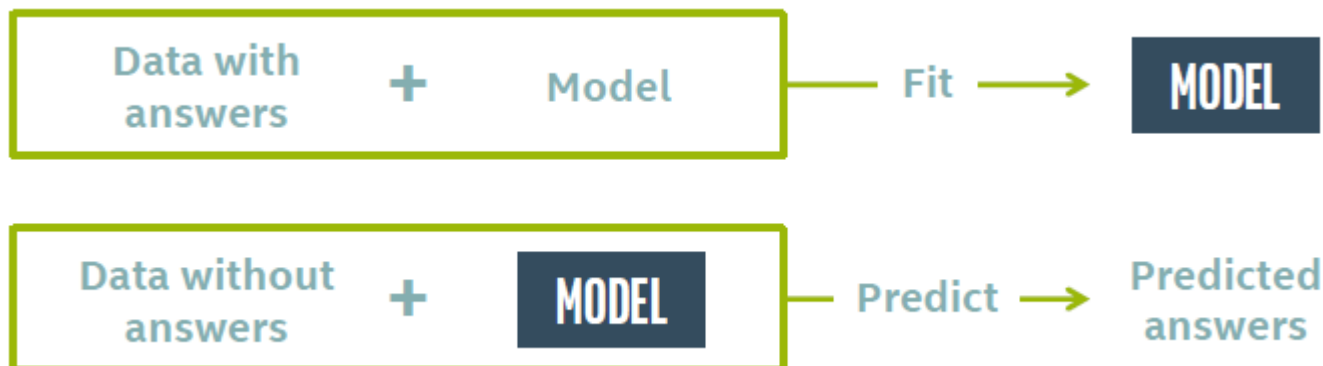
- Būtina žinoti ir **įvesties** duomenis (*inputs, features*) ir **trokštamą** išvesties duomenį (*target*).



	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	<b>Klasė</b>
$X_1$	85	0,001	24,1	1025	sveikas
$X_2$	77	0,002	21,3	2036	sveikas
$X_3$	68	0,015	35,8	1059	sveikas
...	...	...	...	...	...
$X_{101}$	101	0,001	22,4	3011	serga
$X_{102}$	95	0,001	28,0	2645	serga
...	...	...	...	...	...
$X_{201}$	86	0,002	30,1	2987	???
$X_{202}$	72	0,010	19,5	1259	???

# Prižiūrimas mokymasis

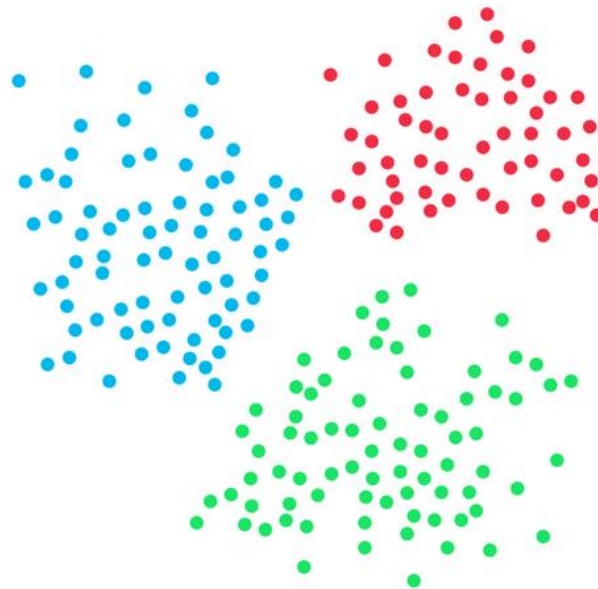
- Mokymosi eigoje **ieškomi ryšiai** tarp įvesties duomenų ir trokštamų išvesties duomenų.
- Tam yra taikomi **įvairūs algoritmai**.
- Nustačius tokius ryšius, algoritmas gebės **automatiškai nustatyti išvesties reikšmes** naujiems duomenimis, kurie nebuvo naudojami mokyme ir kurių išvestis nėra žinoma.





# Neprižiūrimas mokymasis

- Algoritmai **ieško ryšių** tarp įvesties duomenų nežinodamas jokių trokštamų išvesčių.



# Dalinai prižiūrimas mokymasis

- **Dalinai prižiūrimo** (*semi-supervised*) mokymosi algoritmai naudoja dalį duomenų, kurių klasės (ar kitos žymės) žinomos ir dalį duomenų su nežinomomis klasėmis.
- Jis svarbus, kai **mokymui reikia daug duomenų**, o anototų (sužymėtų) yra nedaug.

# Charakteringų uždavinių klasės

- **Prižiūrimo mokymosi** algoritmais sprendžiami uždaviniai:
  - klasifikavimas,
  - prognozavimas,
- **Neprižiūrimo mokymosi** algoritmais sprendžiami uždaviniai:
  - klasterizavimas.

# Mašininio mokymosi taikymai

- Automated theorem proving<sup>[39][40]</sup>
- Adaptive websites<sup>[citation needed]</sup>
- Affective computing
- Bioinformatics
- Brain–machine interfaces
- Cheminformatics
- Classifying DNA sequences
- Computational anatomy
- Computer vision, including object recognition
- Detecting credit-card fraud
- General game playing<sup>[41]</sup>
- Information retrieval
- Internet fraud detection<sup>[28]</sup>
- Linguistics
- Marketing
- Machine learning control
- Machine perception
- Medical diagnosis
- Economics
- Insurance
- Natural language processing
- Natural language understanding<sup>[42]</sup>
- Optimization and metaheuristic
- Online advertising
- Recommender systems
- Robot locomotion
- Search engines
- Sentiment analysis (or opinion mining)
- Sequence mining
- Software engineering
- Speech and handwriting recognition
- Financial market analysis
- Structural health monitoring
- Syntactic pattern recognition
- Time series forecasting
- User behavior analytics
- Translation<sup>[43]</sup>

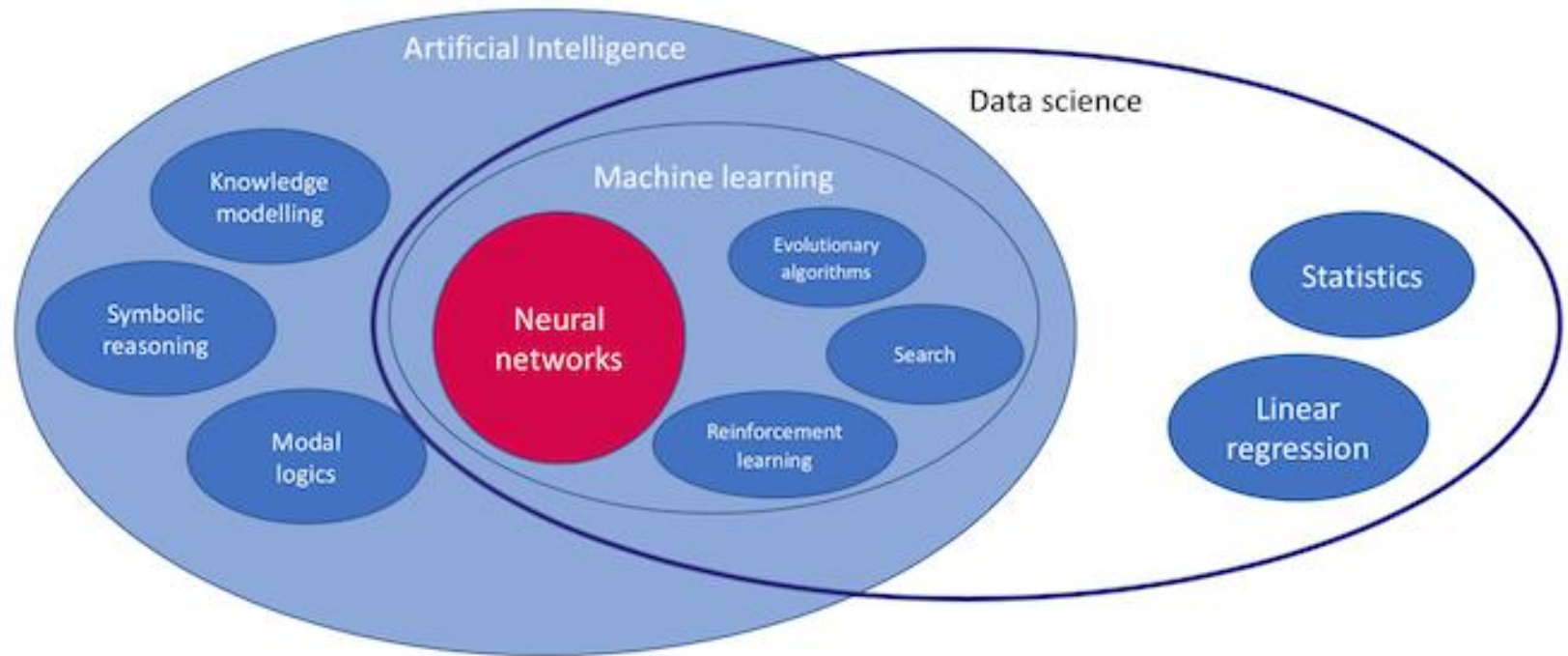
# Mašininio mokymosi iššūkiai

- **Mažas/nepakankamas duomenų kiekis**: reikia turėtų tūkstančius ar dar daugiau duomenų.
- Mokymo duomenys **nėra reprezentatyvūs**.
- **Blogos kokybės** duomenys: klaidos, triukšmas, išskirtys, trūkstami įrašai ir kt.
- **Netinkami duomenų požymiai**: būtinas tinkamas požymių atrinkimas iš esamų (*feature selection*), naujų sukūrimas iš esamų (*feature extraction*).
- **Modelio permokymas** (*overfitting*): gerai veikia mokymo duomenims, bet blogai su naujais duomenimis.

# Mašininis mokymasis ir dirbtinis intelektas

- Yra nuomonė, kad **mašininis mokymasis** apsiriboja **klasikiniais algoritmais** ( $k$ -vidurkių, atraminių vektorių klasifikatoriai,  $k$ -artimiausių kaimynų algoritmas ir kt.), o **neuroniniai tinklai** priklauso **giliajam mokymuisi**. **Ar tai tiesa?**
- Geriausias atsakymas – citata iš IBM tinklapio: „**Neural networks**, also known as artificial neural networks (ANNs) or simulated neural networks (SNNs), are **a subset of machine learning** and are **at the heart of deep learning** algorithms.“

# AI, ML, ANN, DS



<https://ictinstitute.nl/ai-machine-learning-and-neural-networks-explained/>



# Gilusis mokymasis

- **Gilusis mokymasis** (angl. *deep learning*) – tai plačios mašininio mokymosi metodų šeimos dalis pagrįsta duomenų pateikimo (reprezentatyvumo) mokymusi, priešingai nei yra algoritmuose konkretiems uždaviniams spręsti.
- **Deep learning** (also known as deep structured learning or hierarchical learning) is part of a broader family of machine learning methods based on **learning data representations**, as opposed to task-specific algorithms.

# Dimensiškumo prakeiksmas

- Mašininio mokymosi uždaviniuose labai dažna vadinamojo **dimensiškumo prakeiksmo** (angl. *curse of dimensionality*) problema.
- Jei nagrinėjamus duomenis apibūdina daug požymių, tokių duomenų **dimensija bus didelė**.
- Tuomet objektų (duomenų įrašų) turi **būti labai daug**.

# Dimensiškumo prakeikimas

- Tarkime turime vienmatį atvejį: vienetinio ilgio atkarpoje atidėtus **10 taškus**.
- Norint, kad toks pats tankis išliktų dvimatėje erdvėje, reikia  **$10^2=100$  taškų**, trimatėje –  **$10^3=1000$  taškų**, n-matėje –  **$10^n$  taškų**. Priešingu atveju, duomenis yra **labai reti** (angl. sparse).
- Pavyzdžiui, jei duomenis apibūdina 20 požymių, norint kad algoritmas gerai apsimokytų, reikia jį mokyti  **$10^{20}$  įrašais**. Tiek įrašų turėti arba visai **neįmanoma**, arba mokymosi procesas truks **labai ilgą laiką**.
- Tikslinga pasitelkti **dimensijos mažinimo metodus**.

# Gilusi mokymasis

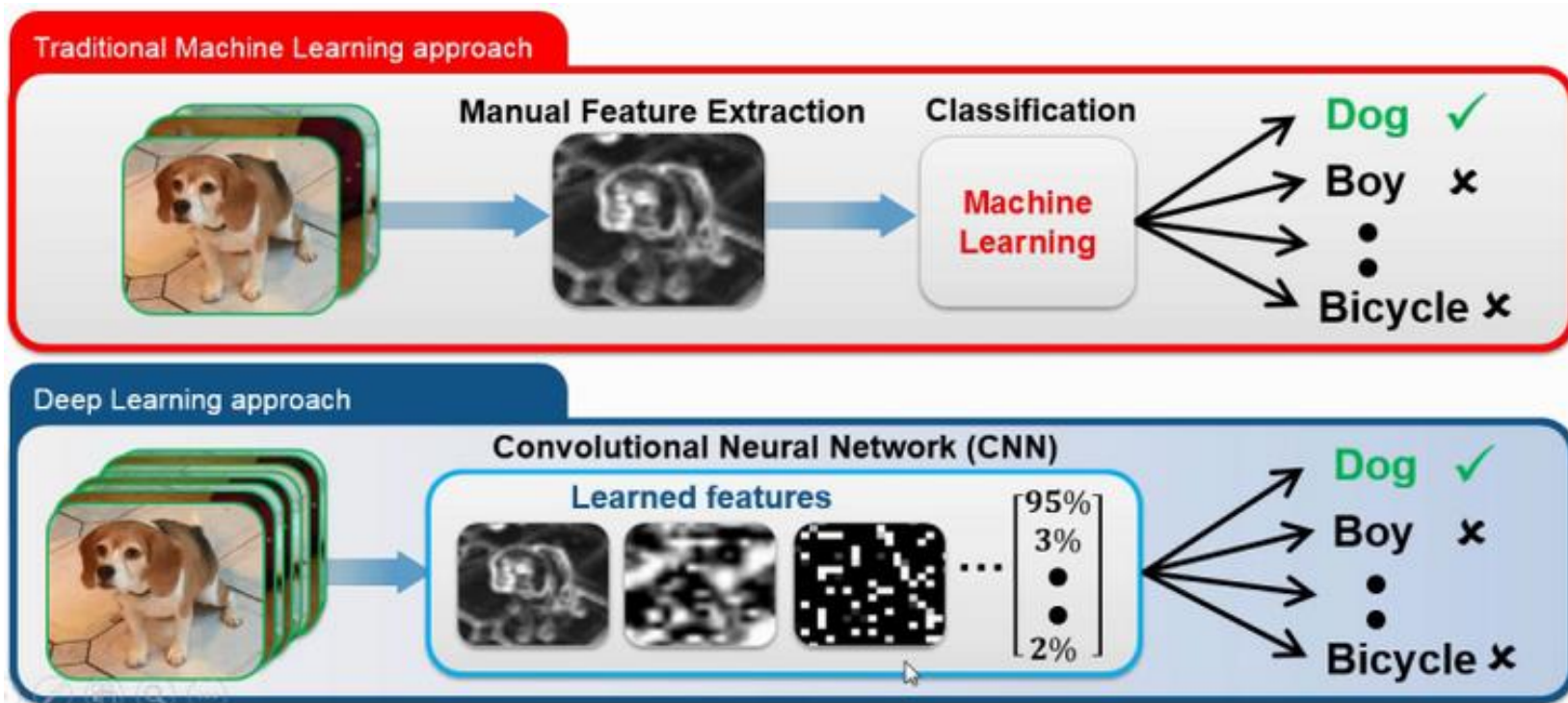
**Deep learning** is a class of machine learning algorithms that:

- use a **cascade of multiple layers** of nonlinear processing units for feature extraction and transformation. Each successive layer uses the output from the previous layer as input.
- learn in **supervised** (e.g., classification) and/or **unsupervised** (e.g., pattern analysis) manners.
- learn **multiple levels of representations** that correspond to different levels of abstraction; the levels form a hierarchy of concepts.
- use some form of **gradient descent** for training via backpropagation.

# Duomenų reprezentavimas (pateikimas)

- **Duomenų reprezentavimas (pateikimas)** yra labai svarbus aspektas.
- Būtina atsakyti į klausimą, **kokie požymiai geriausiai reprezentuoja** analizuojamus objektus.
- Tai ypač aktualu tokiose srityse, kaip **šnekos, vaizdo** ir **garso** atpažinimas ir pan., kur būtina išgauti tinkamiausius požymius iš turimo signalo ar vaizdo.

# Mašininis vs gilus mokymasis



[https://leonardoraujosantos.gitbooks.io/artificial-intelligence/content/deep\\_learning.html](https://leonardoraujosantos.gitbooks.io/artificial-intelligence/content/deep_learning.html)

# Duomenų reprezentavimo (pateikimo) pavyzdys

- Pavyzdžiui, įprastai, žmogui atlikti skaičių, pateiktų **arabiškais skaitmenimis**, aritmetinius veiksmus yra nepalyginamai **paprasciau** nei tą patį atlikti su skaičiais, pateiktais **romėniškais skaitmenimis**.

$$\text{III} + \text{VII} =$$

$$\text{II} + \text{V} =$$

$$23 + 32 =$$

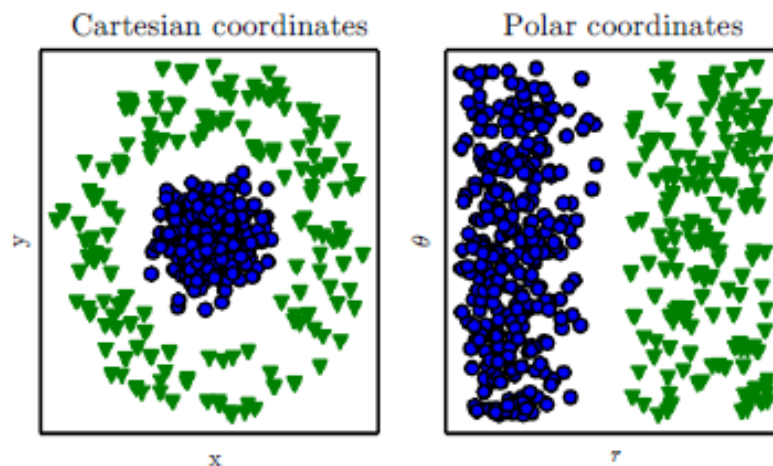
$$42 + 21 =$$

$$55 + 12 =$$

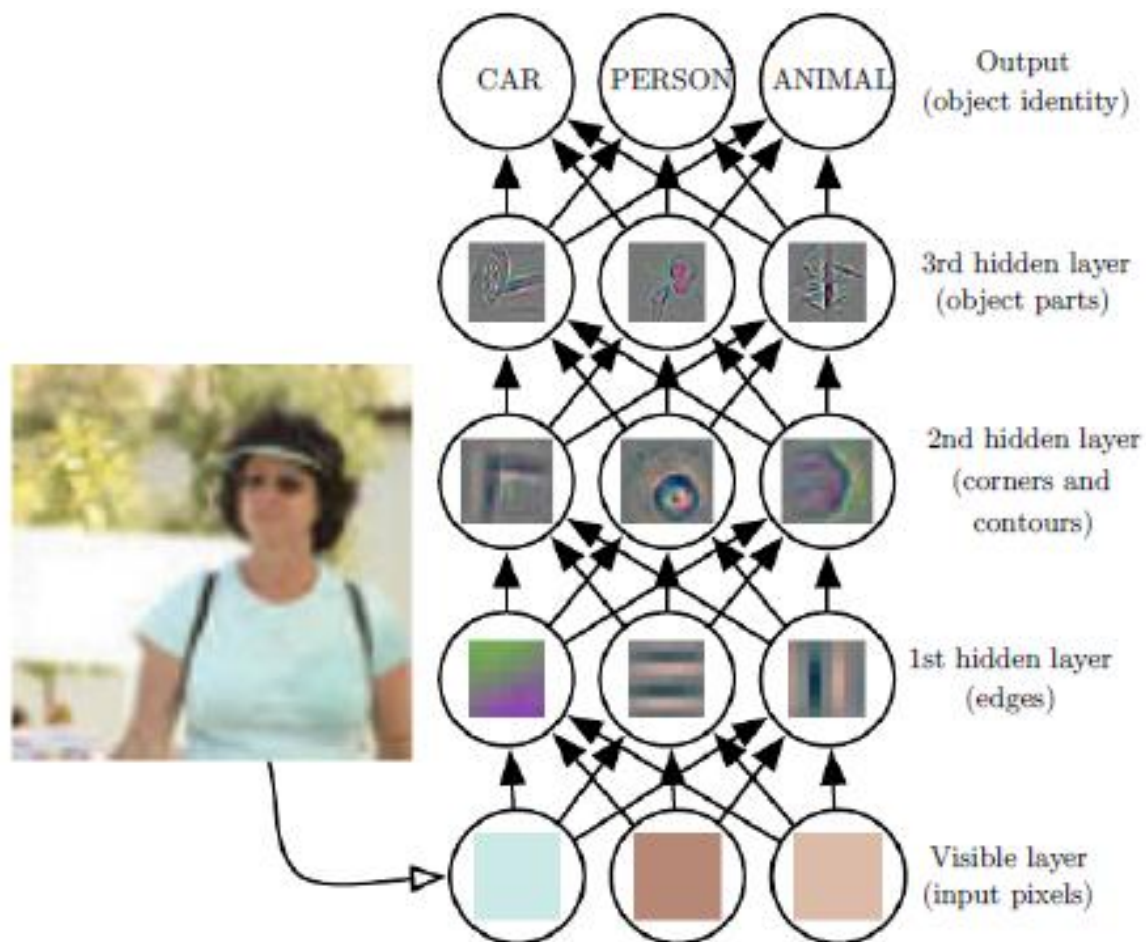


# Duomenų reprezentavimo (pateikimo) pavyzdys

- Pavyzdžiui, pateikus tuos pačius duomenis Dekarto ar polinėje koordinačių sistemoje, iš esmės pasikeičia **klasių tiesinio atskyrimo** problema.



# Gilusis mokymasis



# Duomenų reprezentavimas giliajame mokymesi

- Duomenų **reprezentavimas** giliajame mokymesi yra ypač svarbus, kadangi čia siekiama, kad **automatiškai** būtų parinkta **geriausia** duomenų reprezentacija.

# Gilusis mokymasis

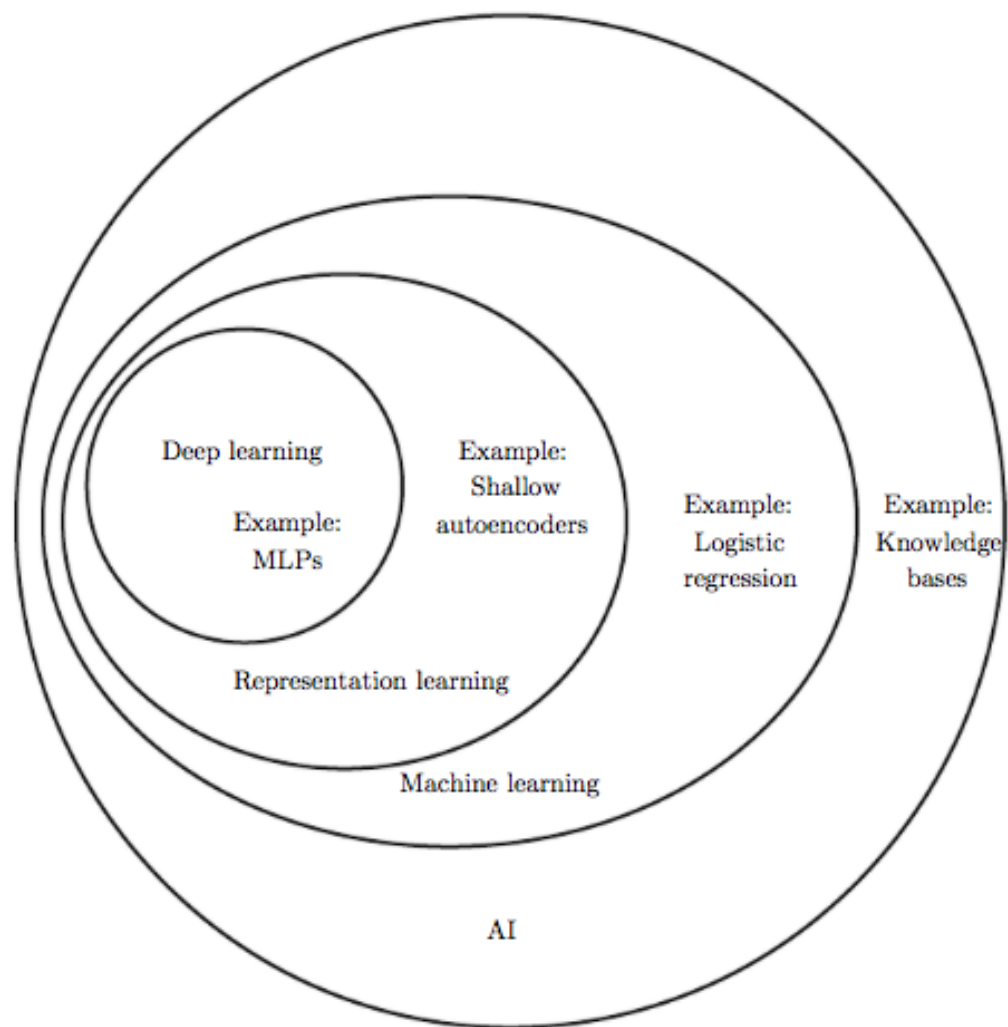
- **Deep learning** is a particular kind of machine learning that achieves **great power** and flexibility by representing the world as a nested hierarchy of concepts, with each concept defined in relation to simpler concepts, and **more abstract representations** computed in terms of less abstract ones (Goodfellow et al., 2016)

# Gilusis mokymasis

- Dėl savo savybių gilusis mokymasis dažniausiai taikomas
  - **Vaizdų** apdorojime ir analizėje
  - **Garsų** apdorojime ir analizėje (šnekos atpažinimas)
  - **Signalų** apdorojime ir analizėje (kalbos analizė)



# Gilusis mokymasis ir dirbtinis intelektas



# Gilusis mokymasis: istoriniai aspektai

- Giliojo mokymosi paradigma **nėra naujas dalykas**, bet įvairiais laikotarpiais turėjo įvairius vardus.
- Gilusis mokymasis tapo naudingas kai **išaugo mokymo duomenų kiekis**.
- Giliojo mokymosi modeliai tapo sudėtingesniais, kai **išsiplėtė skaičiavimų infrastruktūra** (tiek programinė, tiek techninė įranga). Tas leidžia spręsti sudėtingus taikomuosius uždavinius per sąlyginai trumpą laiką.



# Gilusis mokymasis: istoriniai aspektai

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Early artificial intelligence stirs excitement.



## MACHINE LEARNING

Machine learning begins to flourish.



## DEEP LEARNING

Deep learning breakthroughs drive AI boom.



1950's 1960's 1970's 1980's 1990's 2000's 2010's

# Gilusis mokymasis: kodėl katinas?

- Šiais laikais **pirmasis pavyzdinis uždavinys** naudojant giliojo mokymo paradigmą buvo:
  - Iš YouTube vaizdų bibliotekos išrinkti **vaizdus su katinais**.



# Gilusis mokymasis: šiandien

● deep learning  
Paieškos terminas

+ Palyginti

Pasaulyje ▼

Pastarieji 5 metai ▼

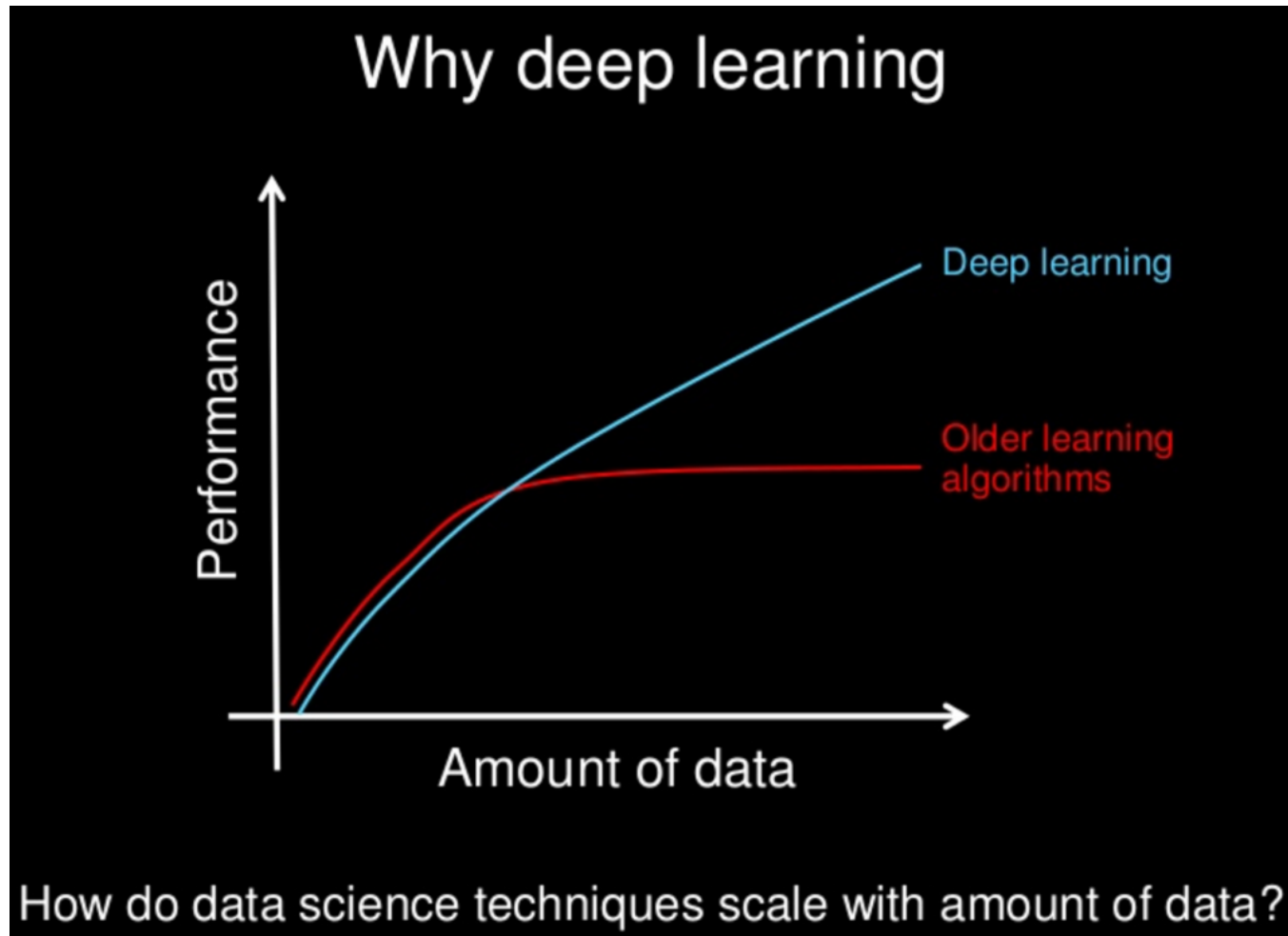
Visos kategorijos ▼

Žiniatinklio paieška ▼

Susidomėjimas per laikotarpį ?



# Giliojo mokymosi pajėgumai

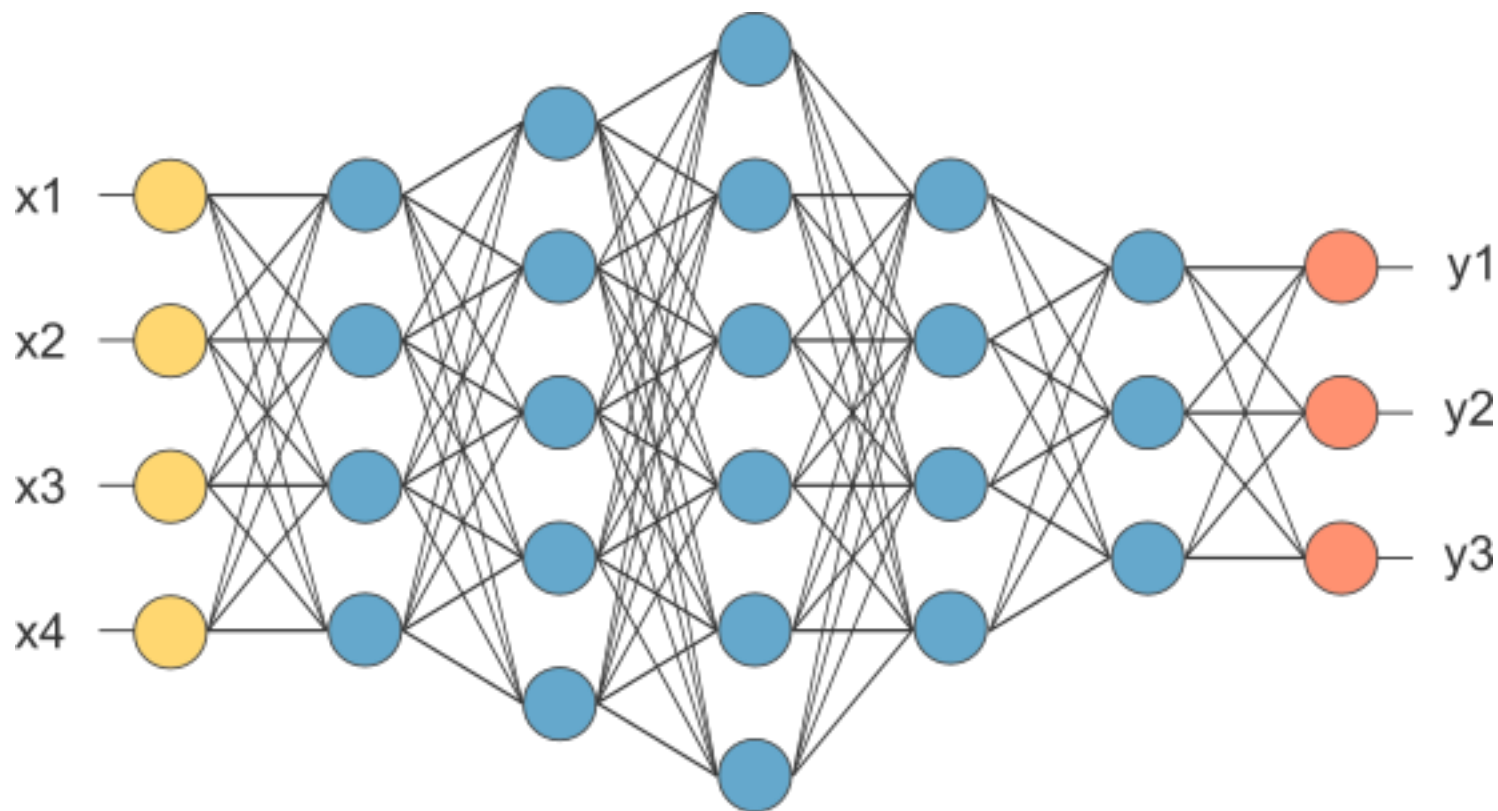


<https://machinelearningmastery.com/what-is-deep-learning/>

# Gilieji neuroniniai tinklai

- Nors **tiesioginio sklidimo neuroniniai tinklai** gali turėti norimą kiekį paslėptų sluoksnių ir neuronų skaičių juose, tačiau dėl buvusio skaičiavimo resursų ribotumo, dažnai buvo naudojami **tik vienas ar du paslėpti sluoksniai**, turintys po kelis neuronus.
- Šiuo metu plečiantis skaičiavimo resursų pajėgumams, atsirado galimybė naudoti **daugiau sluoksnių** ir **daugiau neuronų juose**.
- Taip išpopuliarėjo **gilieji neuroniniai tinklai**.

# Giliųjų NN struktūra



Paveikslas iš <http://www.opennn.net>

# Giliųjų DNT pradžia

- **Giliųjų DNT pradžia** laikoma **1965** m.
- Ivakhnenko, A. G. and Lapa, V. G. (1965). Cybernetic Predicting Devices. CCM Information Corporation.

