



# Strojové učení

## 1 Základy

- Základní pojmy a jejich definice
- Vztah dat, informací a znalostí
- Komponenty kognitivních systémů
- Problematika strojového učení
- Učení s učitelem a bez učitele
- Aplikace a příklady





# Strojové učení

## Definice pojmu kognice

**Kognice** (z lat. *cognoscere* = poznávat) – proces získávání znalostí, zejm. zpracováním informací; v pův. psychologickém významu soubor mentálních procesů zahrnující především:

- 1) **pozornost** (*Attention*)
- 2) **paměť** (*Memory*)
- 3) **tvorbu/porozumění řeči**

(*Language Production/Understanding*), též známé jako NLP

- 4) **řešení problémů** (*Problem Solving*)
- 5) **rozhodování** (*Decision Making*)
- 6) **učení se** (*Learning*) ← **systém by neměl opakovat chyby**

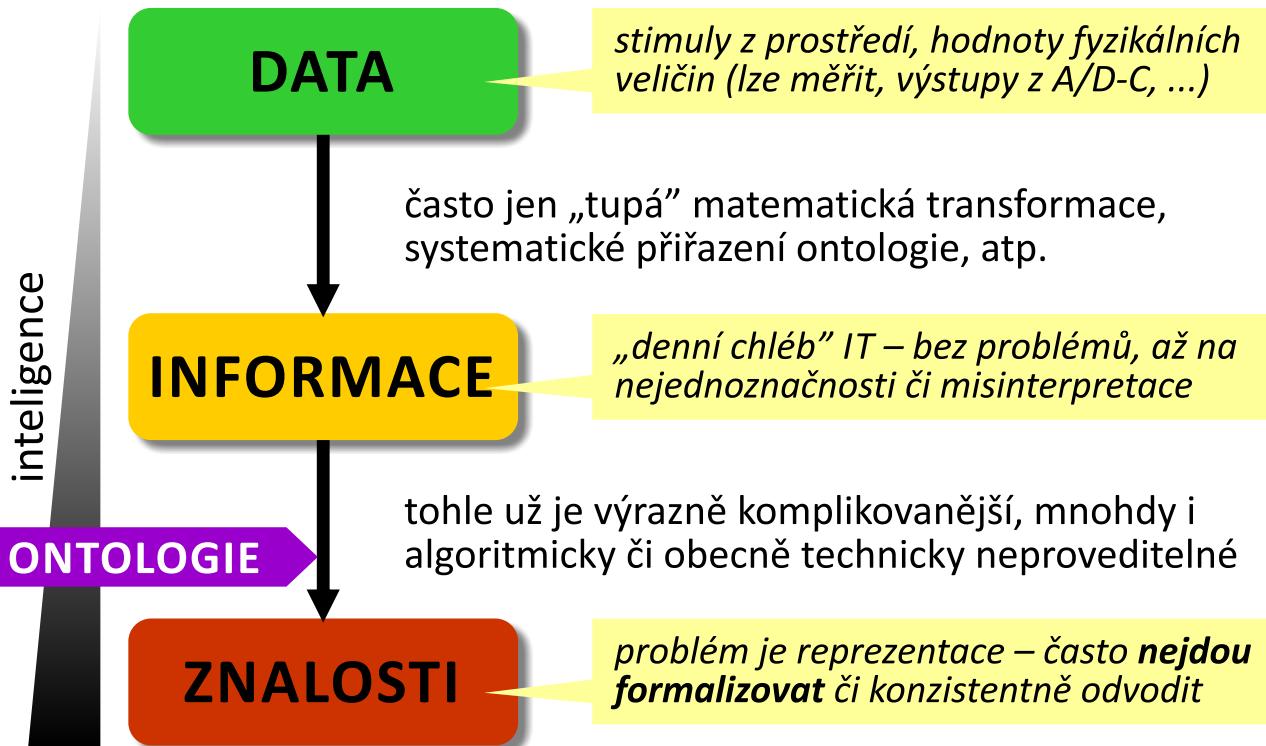
Mysl je chápána jako informační procesor, který z dat z prostředí vytváří informace, transformuje je a odvozuje **znalosti**.





# Vztah dat, informací a znalostí

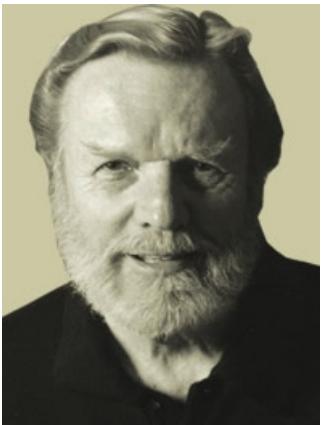
## Důležitý poznatek pro celé další studium





# Vztah dat, informací a znalostí

## Důležitý poznatek pro celé další studium



**John Naisbitt** – americký futurolog,  
autor slavného bestselleru Megatrends:  
*„We are drowning in information  
but starved for knowledge.“*

Výrok velmi dobře charakterizuje věk informační exploze: Na Internetu jsou terabyty informací, ale obecně jsou nám k ničemu, protože je **neumíme transformovat na znalosti...**

**Google** { “Xperia sucks” → 439 000 výsledků  
“Xperia rules” → 452 000 výsledků



# Teorie kognitivních systémů

## Ontologie

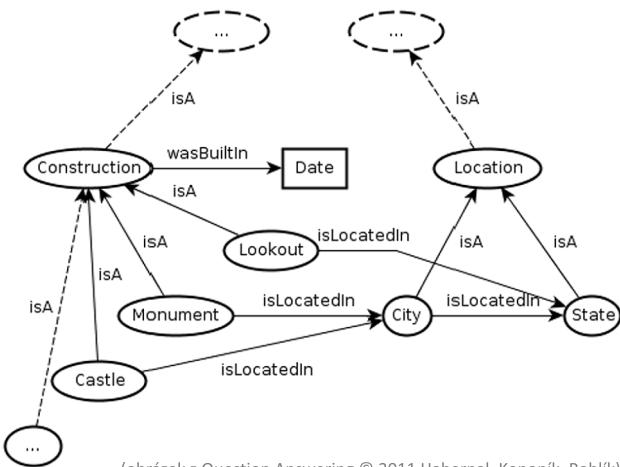
**Ontologie** (z řec. ὄντος = to, co jest) –

historicky vychází z metafyziky, která se zabývá podstatou reality – toho, co jest, co existuje; v CS je to pak formální reprezentace znalostí jako množiny konceptů z určité domény a jejich vzájemných vztahů.

Teoreticky umožňuje ontologie formalizovat definitoricky dané vztahy, tj. „co je čím“ (viz obr.):

### Problémy:

- slovník (např. Dublin Core)  
<http://dublincore.org/>
- transfer dat mezi systémy
- tvorba z dat vs expertem
- možná nejednoznačnost



(obrázek z Question Answering © 2011 Habernal, Konopík, Rohlík)



# Strojové učení

## Fundamentální problémy

**Znalosti (Knowledge) –**

- Co je znalost?
- Jak je znalost organizovaná a strukturovaná?
- Co jsou pravdivé/nepravdivé (dobré/špatné) znalosti?

**Vnímání (Perception) a učení (Learning) –**

- Jak systém získává nové znalosti?
- Jak se interpretují do systému vstupující informace?
- Co je vnímání, učení a objevování?
- Jaký je rozdíl mezi znalostí a pamětí?

**Inteligence (Intelligence) –**

- Jak systém využívá znalosti?
- Jak systém řeší problémy, činí rozhodnutí, či plánuje činnosti?



# Kognice (*Cognitive Science*) jako multidisciplinární vědní obor

Objevil se v 70. letech 20. stol. jako důsledek pokusů o počítačové simulace kognitivních procesů biologických organismů.

Zahrnuje zejména tyto oblasti:

- kognitivní psychologie
- umělá inteligence (**počítačová simulace kognice**)
- epistemologie, logika, filosofie vědy
- lingvistika
- neurověda
- kulturní antropologie a etnografie
- etologie



**Takto pojatý přístup je ovšem příliš teoretický, nelze implementovat; realizační pokusy přinášely zklamání**, protože tradiční kognice se snaží mysl biologických organismů redukovat na algoritmus/program (byť velmi složitý)...



# Strojové učení

## Definice kognitivního systému

**Kognitivní systém** – systém (nikoliv nutně výpočetní či uměle vytvořený), který vykazuje schopnosti:

- **vnímání (percepce)**, tj. získávání dat (stimulů) z prostředí,
- **transformace dat** (stimulů) na informace a znalosti,
- **flexibilní, inteligentní a systematické reakce na stimuly**,
- **racionálního chování** za účelem dosažení cíle,
- **odvozování, ukládání a reprezentace znalostí**,
- **učení**

strojové učení (*Machine Learning*)  
je jádrem předmětu KIV/SU

## Kognitivní stroj –

inteligentní zařízení (vybavené kognitivním systémem), které získává a využívá podněty z prostředí a využívá jich k rozhodování, adaptaci, atp.



# Unified Theories of Cognition (UTC)

## Úvahy na pomezí IT, biologie, $\Psi$ a $\Phi$

**Unified Theories of Cognition** (vyšlo 1990) je kniha profesora Carnegie Mellon University **Allena Newella** (1927 – 1992), jednoho z významných průkopníků oboru umělé inteligence a kognitivní psychologie.

Podle Newella musí UTC vysvětlovat, jak inteligentní systémy flexibilně reagují na podněty z prostředí, jak projevují orientované chování a racionálně dosahují cílů, jak uchovávají znalosti a **jak se učí**.

Na základě tezí knihy vyvinuli Laird, Newell a Rosenbloom na CMU projekt **Soar** (<http://sitemaker.umich.edu/soar/home>), symbolickou kognitivní architekturu – teoretickou vizi kognice a programovou implementaci této vize prostředky UI → zajímavé čtení, ale dost daleko od běžné průmyslové reality.



# **Strojové učení (jako součást kogn. systémů)**

## Realita na úrovni inženýrského studia

**Cílem je být schopen implementovat průmyslově využitelné učící se kognitivní systémy, tj. SW/HW, který**

- inteligentně reaguje na podněty z okolí (které zpracovává),
  - **učí se** (odvozuje nové znalosti ze stávajících na omezených doménách),

**Filosofii (i  $\Psi$ ) ponecháme stranou! Přináší s sebou inženýru nepříjemné otázky, jako např.:**

- zda to, co systém „vidí“, skutečně existuje (naivní realismus)
  - épistémé (έπιστήμη) = poznání vs dóxa (δόξα) = mínění  
(již starořecký filosof Parmenidés z Eleje pochyboval o smyslovém poznání) – kde se pohybuje kognitivní systém?
  - sci-fi problémy (Asimovovy 3 zákony)
  - možné sociální dopady aplikace umělé inteligence



# Strojové učení a učící se algoritmy

## Proč jsou důležité? (důležitější než FE)

Extrakce příznaků (*Feature Extraction*) **není podstatou** umělé inteligence – konkrétní postup FE je jen jednou možnou cestou získání informací, **následné zpracování je mnohem důležitější** (navzdory rozšířenému přesvědčení, že stačí jen vhodně vybrat a získat příznaky).

Existuje řada příkladů v oblasti umělé inteligence, kdy:

- volba příznaků není vůbec důležitá (např. v ASR)
- výpočetně řádově různě náročné metody FE dívají nakonec stejné (stejně špatné) výsledky
- vysoko sofistikované metody FE vedou k špatným výsledkům
- překvapivě primitivní metody FE dívají vynikající výsledky

**Extrakcí příznaků intelligentní proces nekončí, ale začíná.**  
Následné zpracování je (většinou) mnohem důležitější.



# Strojové učení a učící se algoritmy

## Proč je používat?

**Systém může vykazovat inteligenci, aniž by se učil** (tj. adaptoval na své prostředí), ovšem pak je jistě méně inteligentní, než když se učí...

Míra inteligence ( $\uparrow$ ) ovšem není jediný důvod pro využití učících se algoritmů.

Každý **inteligentní systém** může být teoreticky **řízený pravidly**, ovšem v praxi je to nemožné z řady důvodů:

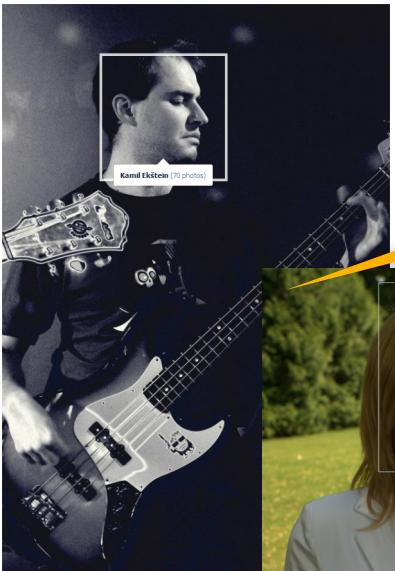
- pravidla nejsou tvůrci systému známá
- pravidla jsou velmi složitá
- pravidel je takové množství, že je nelze naprogramovat
- není k dispozici expert, který by pravidla dokázal stanovit
- pravidla netvoří zcela disjunktní množiny
- a mnoho dalších...





# Příklady učících se algoritmů v běžných aplikacích

Např. vyhledávání/označování osob na digitálních fotografiích:



(obrázek z [www.facebook.com](http://www.facebook.com))



(obrázek z [Google Picasa 3.9](http://Google Picasa 3.9))

V těchto případech  
se zdá být úloha té-  
měř triviální...

## Naivní představa:

- separace komponent
- předpoklad o barvě a velikosti plochy
- pattern matching nosu, očí, rtů
- ohodnocení kandidátů
- výběr dle nejvyššího skóre



# Příklady učících se algoritmů v běžných aplikacích



Na této fotografii ale náš naivní algoritmus zřejmě selže...

- zde **pattern matching** ne-najde oči ani rty
- pro lidského pozorovatele je ovšem lokalizace obličeje pořád zcela triviální...

**Problém:** Jak vybrat vhodné příznaky nebo jak je zpracovat?





# Příklady učících se algoritmů v běžných aplikacích

The screenshot shows a user interface for managing people in a photo album. On the left, a large image of a person wearing sunglasses and a helmet is displayed. A small rectangular box highlights a portion of their face. Below this box is the text "Přidat jméno". To the right of the main image is a sidebar titled "Osoby" containing instructions:

**Pokyny:**

- 1) Nastavte obdélník tak, aby obsahoval obličej osoby, kterou chcete přidat.  
Obdélník lze přesouvat přetahem a jeho tvar lze měnit posunutím stran.
- 2) Klikněte na možnost Přidat jméno pod obdélníkem a zadějte jméno osoby.  
(Nezapomeňte po zadání jména stisknout klávesu Enter nebo kli automaticky dokončené jméno).

Below these instructions is a "Zrušit" button with a red X icon. The main image area shows a close-up of a woman's face with a white bounding box drawn around it. The name "Magda" is written below the box. In the bottom right corner of the image area, there is a button labeled "Vytvořte popisek." On the far right, a separate window titled "Osoby" shows a thumbnail of the same woman with the name "Magda" next to it. At the bottom right of the entire interface is a button labeled "Přidat osobu ručně".

(screenshoty Google Picasa 3.9)



# Příklady učících se algoritmů v běžných aplikacích

Jsou ke spolehlivé identifikaci osoby (tj. zjištění, zda je osoba na referenčním a na testovacím snímku shodná) zapotřebí **data** (= bitmapa), **informace** (= příznaky) nebo **znalosti**?





# Příklady učících se algoritmů v běžných aplikacích

The screenshot shows the Mozilla Thunderbird email client interface. On the left is a sidebar with a tree view of folders, including 'Inbox' (containing 'periodicals' and 'silverorange' subfolders), 'Projects' (containing 'Archive', 'Intranet', 'NovaScotian Crystal', 'Sloan', 'StarMaker', 'Vesleys', and 'Veteran's Affairs'), 'slice' (containing 'resumes' and 'steven' subfolders), 'Drafts', 'Templates', 'Sent', 'Junk (101)' (which is selected and highlighted in yellow), and 'Trash (7)'. The main pane displays a list of messages in the 'Junk (101)' folder. The columns are 'Sender', 'Subject', 'Date', and 'Size'. The messages are from various senders like support@arachiver.com, nima@audioseek.net, info@avir.sk, sada60@yahoo.com, see@shareware.ee, webmaster@audioseek..., admin@afghanOnline.c..., winrar@diana.dti.ne.jp, and admin@afghanOnline.c... The subject of the selected message is 'Thank you!'. A tooltip box with an orange arrow points to this message, containing the text: 'Mozilla Thunderbird thinks this message is junk mail'. Below the message details, it says 'Please see the attached file for details.' At the bottom of the tooltip, it lists the message's details: Subject: Thank you!, From: sada60@yahoo.com, Date: 9/9/2003 2:05 AM, To: steven@actsofvolition.com. The tooltip also includes an 'Attachments:' section showing 'your\_details.pif'. The status bar at the bottom right shows 'Unread: 101 Total: 2648'.

Automatická detekce spamu v moderních poštovních klientech.



# Příklady učících se algoritmů v běžných aplikacích

Screenshot of Mozilla Firefox browser showing a Google search results page for "machine learning".

The search bar contains "machine learning". The results page shows approximately 73,200,000 results found in 0.26 seconds.

Left sidebar categories include Web, Images, Maps, Videos, News, Shopping, Books, Blogs, and More.

Top search result: [Machine learning - Wikipedia, the free encyclopedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)

Second result: [Machine Learning textbook](http://www.cs.cmu.edu/~tom/mlbook.html)

Third result: [Machine Learning \(Theory\)](http://hunch.net/)

Fourth result: [Machine Learning](http://www.springer.com/.../Computer%20Science%20/Artificial%20Intelligence)

Fifth result: [Introduction to Machine Learning](http://robotics.stanford.edu/~nilsson/mlbook.html)

Sixth result: [Artificial Intelligence: Machine Learning - Stanford School of ...](http://see.stanford.edu/see/courseinfo.aspx?coll=348ca38a-3a6d-4052)

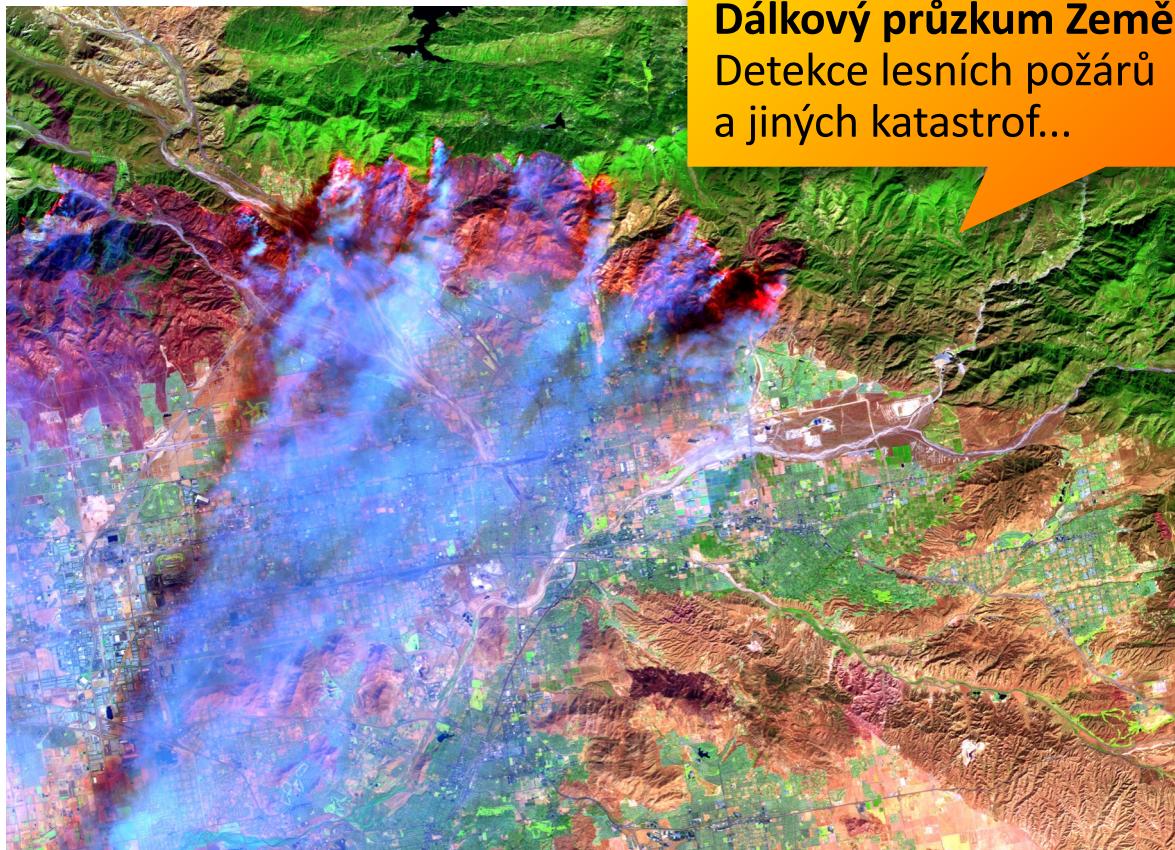
Right sidebar: "People related to machine learning" section featuring Andrew Ng and Tom Mitchell.

Yellow arrow points from the sidebar to the text below.

**Google PageRank™: míra významnosti dokumentu v množině.**



# Příklady učících se algoritmů v méně běžných aplikacích

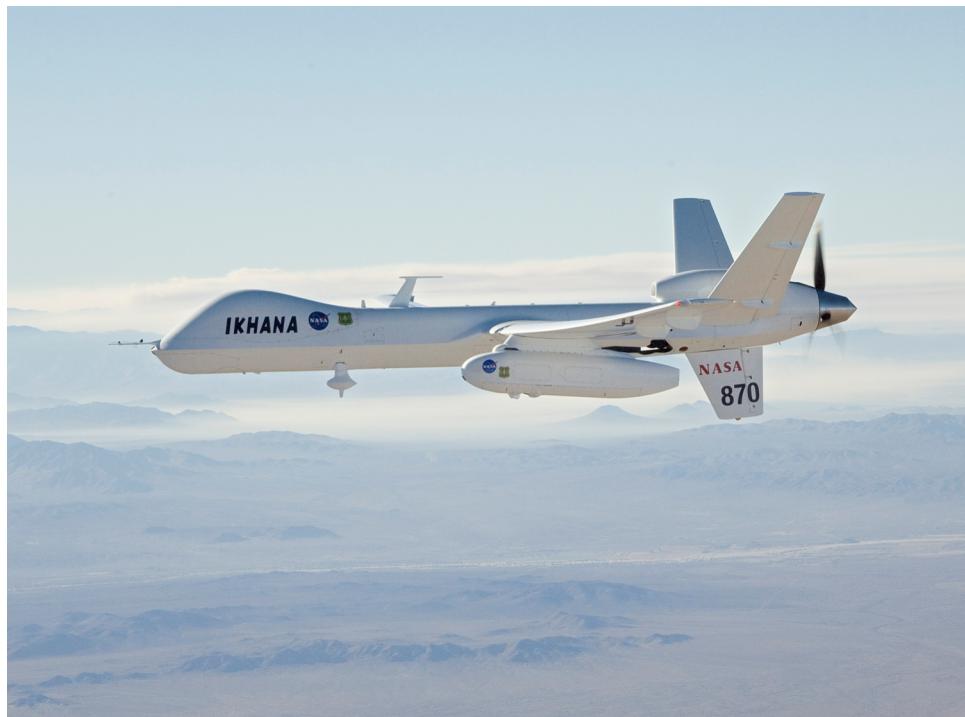


(snímek ze satelitu ASTER © 2003 NASA Jet Propulsion Laboratory. URL <http://asterweb.jpl.nasa.gov>)



# Příklady učících se algoritmů v méně běžných aplikacích

- ovládání autonomních mobilních zařízení
- řízení technologických procesů (chemičky, jaderné elektrárny)



(snímek stroje Ikhana – Predator B © 2007 NASA & U. S. Forest Service. URL <http://spinoff.nasa.gov>)



# Příklady učících se algoritmů

## Další příklady z různých oblastí

- **Dolování dat (*Data Mining*)**

analýza rozsáhlých dat z webu – zprávy (ČTK, Reuters), blogy, sociální sítě; lékařské záznamy, biologická data; astronomická data; průmyslová data; ...

- **Aplikace, které nelze naprogramovat „ručně“**

řízení autonomních mobilních zařízení; rozpoznávání – OCR, OCI, ASR, NLP; počítačové vidění

- **Přizpůsobující se (*Self-customizing*) aplikace**

reklamy na Facebooku a jiných sociálních sítích; některé kancléřské balíky; poštovní klienty; mobilní zařízení – T9, apod.

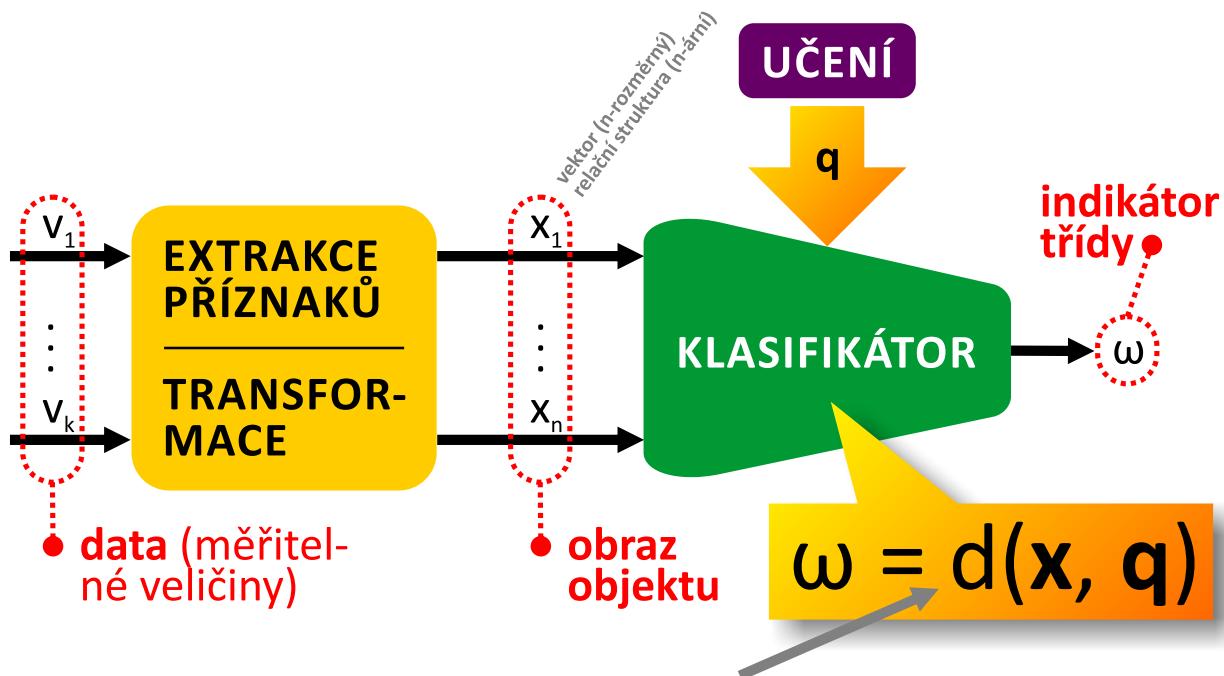
- **Výzkum v oblasti biologických systémů**

$\Psi$  – učení, paměť, inteligence; fyziologie mozku; atd.



# Obecná klasifikační úloha

## Kde je prostor pro strojové učení?



**Rozhodovací pravidlo (Decision Rule)** je funkcí obrazu objektu a vektoru  $q$  parametrů klasifikátoru (nastavení).



# Strojové učení

## Definice

**Strojové učení (*Machine Learning*)** = souhrnné označení procesů, kterými (výpočetní) systém modifikuje svojí strukturu, chování nebo znalosti na základě analýzy podnětů zvenčí tak, aby jeho výkon v budoucnu rostl.

- pro pochopení problému zcela postačující definice
- další (jiné) definice lze nalézt v literatuře, na webu, atd.
- obecně lze říct, že každá definice, která zmiňuje zvýšení inteligence systému, je správná
- zásadní důležitost v procesu učení mají podněty zvenčí (tj. vstupující do zkoumaného systému z okolního prostředí)  
➔ nejsou-li podněty (trénovací data) k dispozici, systém se učit **nemůže**



# Strojové učení

## Další (jiné) definice

**Arthur Samuel (1959):** Strojové učení – vědní obor, který zajišťuje počítačům schopnost učit se (vykonávat nějakou úlohu), aniž by byly explicitně programovány (k jejímu vykonávání).

**Tom Mitchell (1998):** O počítačovém programu řekneme, že se učí vykonávat nějakou úlohu  $U$  ze zkušenosti  $Z$  s úspěšností  $P$  tehdy, když úspěšnost  $P$  na úloze  $U$  roste se vzrůstající zkušeností  $Z$ .

**Wikipedia (2012):** Odvětví umělé inteligence, zabývající se návrhem a vývojem algoritmů, které mají na vstupu empirická data (např. ze senzorů nebo databází) a produkují vzory nebo předpovědi, jež jsou dány vlastnostmi mechanismu latentně přítomného ve vstupních datech.





# Strojové učení

## Mitchellova definice – příklad

Poštovní klient (např. Mozilla Thunderbird) sleduje, které zprávy uživatel označí jako spam a na základě toho se učí, jak lépe odfiltrovat spam z příchozí pošty.

### Co je v tomto příkladu úloha U?

- Klasifikace e-mailů na spam a ne-spam.
- Sledování, které zprávy uživatel označí jako spam.
- Počet zpráv správně klasifikovaných jako spam/ne-spam.
- Nic z výše uvedeného – nejedná se o problém strojového učení.



# Strojové učení

## Mitchellova definice – příklad

Poštovní klient (např. Mozilla Thunderbird) sleduje, které zprávy uživatel označí jako spam a na základě toho se učí, jak lépe odfiltrovat spam z příchozí pošty.

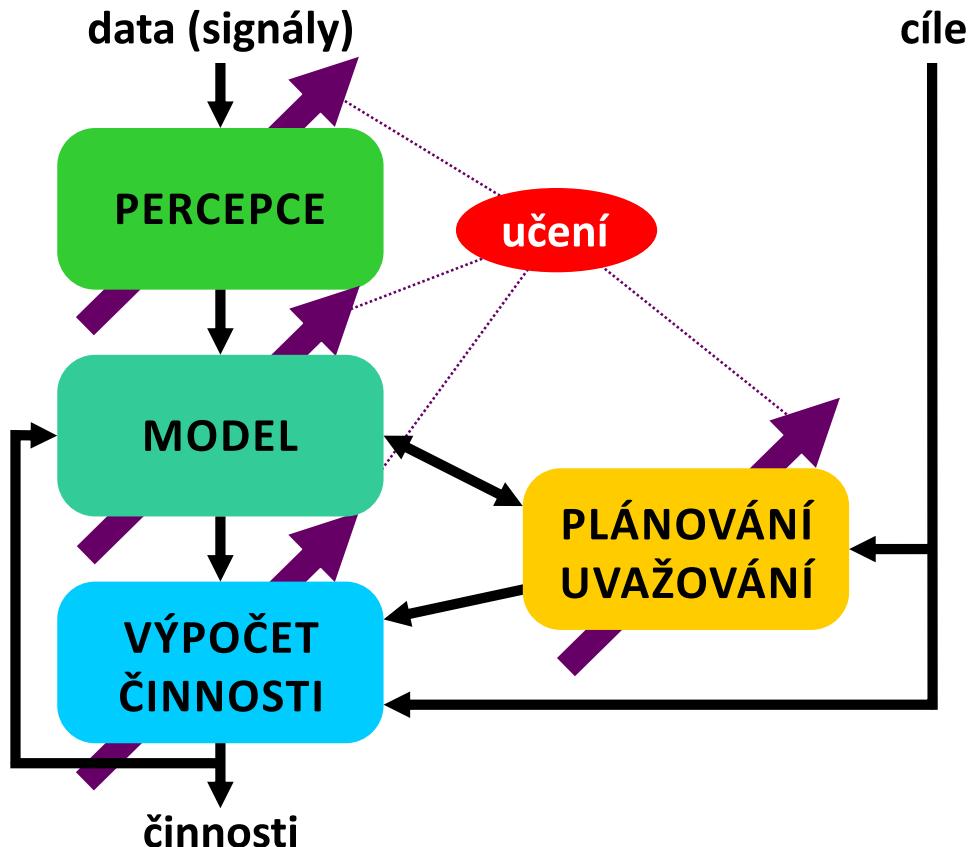
### Co je v tomto příkladu úloha U?

- Klasifikace e-mailů na spam a ne-spam. U
- Sledování, které zprávy uživatel označí jako spam. Z
- Počet zpráv správně klasifikovaných jako spam či ne-spam. P
- Nic z výše uvedeného – nejedná se o problém strojového učení.



# Obecný učící se systém

## Schématické znázornění





# Základní pojmy strojového učení

## Operátory strojového učení

**Generalizace** (*Generalization*) – základní a nejdůležitější princip ML: Schopnost vhodně a dostatečně natrénovaného algoritmu úspěšně pracovat s novými daty, která nebyla součástí trénovací množiny, tj. algoritmus je nikdy „neviděl“.

**Specializace** (*Specialization*) – opak generalizace, tj. schopnost aplikovat generalizaci získaný obecný koncept na konkrétní vzorky, a tak je správně zpracovat (klasifikovat, atp.).

Tyto operátory mohou být buď **induktivní** nebo **deduktivní**:  
**Dedukce** je způsob inference (odvozování), který **zachovává pravdivost**: „*Vypneme-li vypínač, žárovka zhasne.*“  
**Indukce** je způsob inference, který **zachovává nepravdivost**: „*Jestliže Franta pije, bude opilý.*“



# Základní pojmy strojového učení

## Operátory strojového učení

**Abstrakce (Abstraction)** – z původního popisu odebereme část informace: „Franta má 3,7% alkoholu v krvi.” → „Franta je opilý.”

**Konkretizace (Concretization)** – je opakem abstrakce, doplnění informací, přidání zpřesňujících údajů nebo podrobností.

**Problém učení = problém prohledávání stavového prostoru** všech možných transformací dané úlohy. Při prohledávání se může uplatňovat všech 6 operátorů, tj. induktivní a deduktivní generalizace, induktivní a deduktivní specializace, abstrakce a konkretizace. Je-li prostor příliš velký pro úplné prohledání, aplikují se tzv. **heuristiky (Heuristics)**.



# Základní pojmy strojového učení

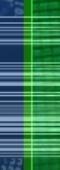
## Obecné zadání úlohy strojového učení

### Zadáno:

- množina příkladů (trénovací množina)
- popis příkladů (vyjádřený jako vektor v prostoru  $\mathbb{R}^n$ )
- klasifikace příkladů (jde-li o učení s učitelem)
- znalosti omezující prohledávaný stavový prostor

### Hledá se:

- dostatečně obecný formální popis problému  
(který umožní správně zpracovat i data jiná, než ta obsažená v trénovací množině)

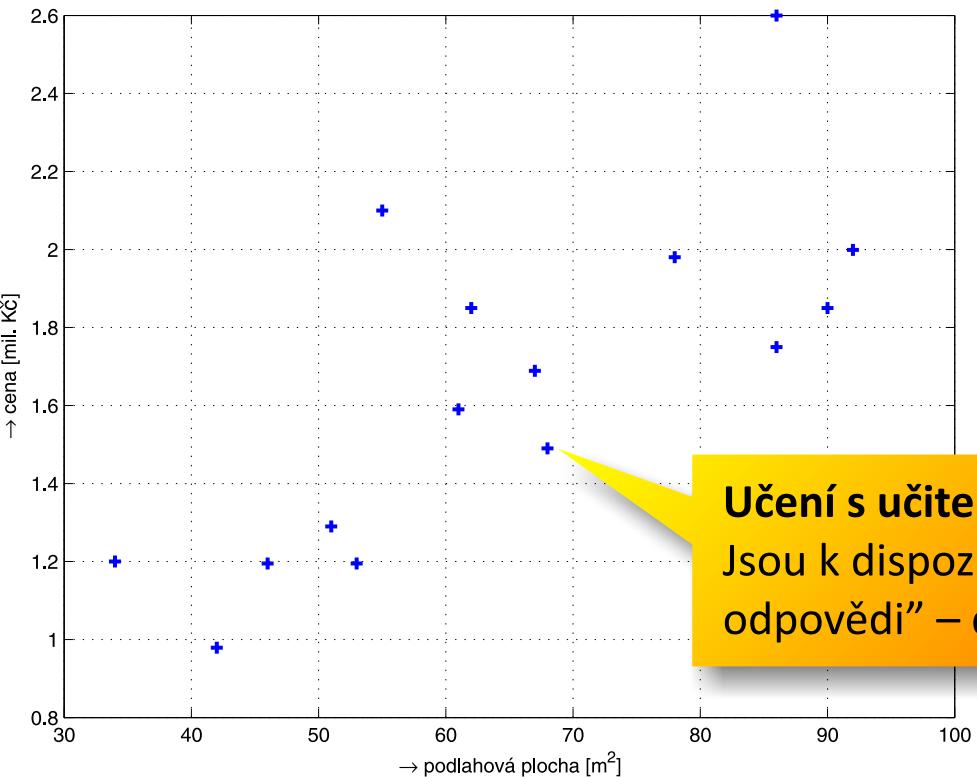




# Učení s učitelem (*Supervised Learning*)

## Paradigma úlohy

Příklad: Odhad ceny bytu v Plzni podle podlahové plochy...



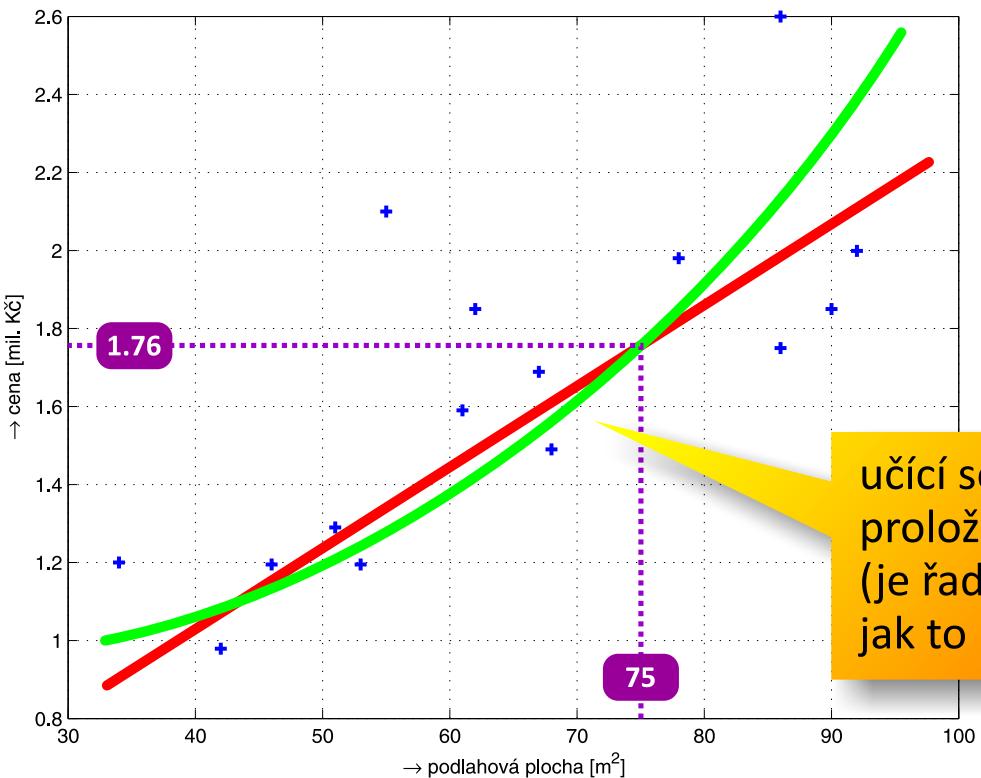
**Učení s učitelem:**  
Jsou k dispozici „správné odpovědi“ – dává je učitel



# Učení s učitelem (*Supervised Learning*)

## Paradigma úlohy

Chceme odhadnout cenu bytu s plochou např.  $75 \text{ m}^2$ ...





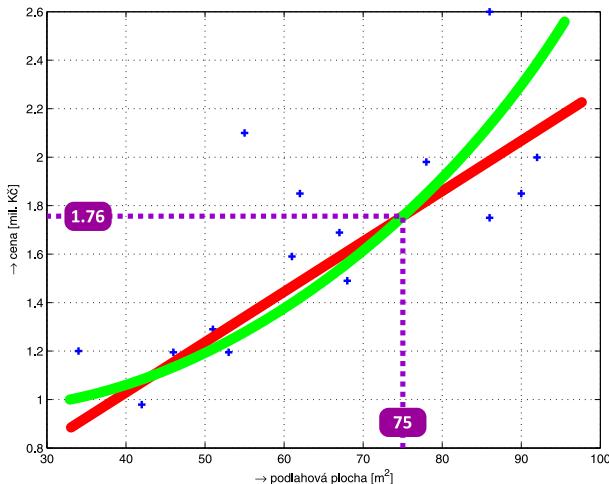
# Učení s učitelem (*Supervised Learning*)

## Regresce

V matematické terminologii se tento typ úloh nazývá **regrese** (*Regression*): Trénovací množina je diskrétní (body, ve kterých známe obě veličiny, tj. cenu bytu i podlahovou plochu), snažíme se nalézt spojitou funkci, která by co „nejlépe“ procházela body, abychom mohli spojitě určovat cenu libovolně velkého bytu...

Podle druhu funkce, kterou body prokládáme, se pak regrese označuje jako

- **lineární**,
- **polynomiální**,
- **logistická**,
- **nelineární**, atp.





# Učení s učitelem (*Supervised Learning*)

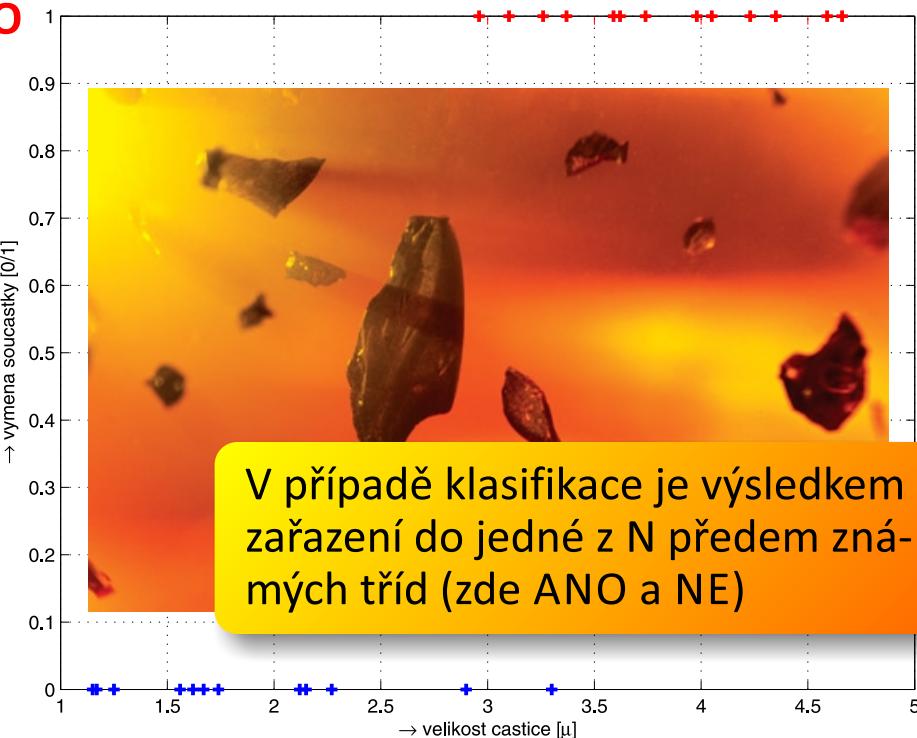
## Klasifikace

**Příklad:** Tribodiagnostika – měříme velikost kovových částic v oleji, který maže ložisko...

Je třeba ložisko  
vyměnit?

ANO

NE



V případě klasifikace je výsledkem zařazení do jedné z N předem známých tříd (zde ANO a NE)

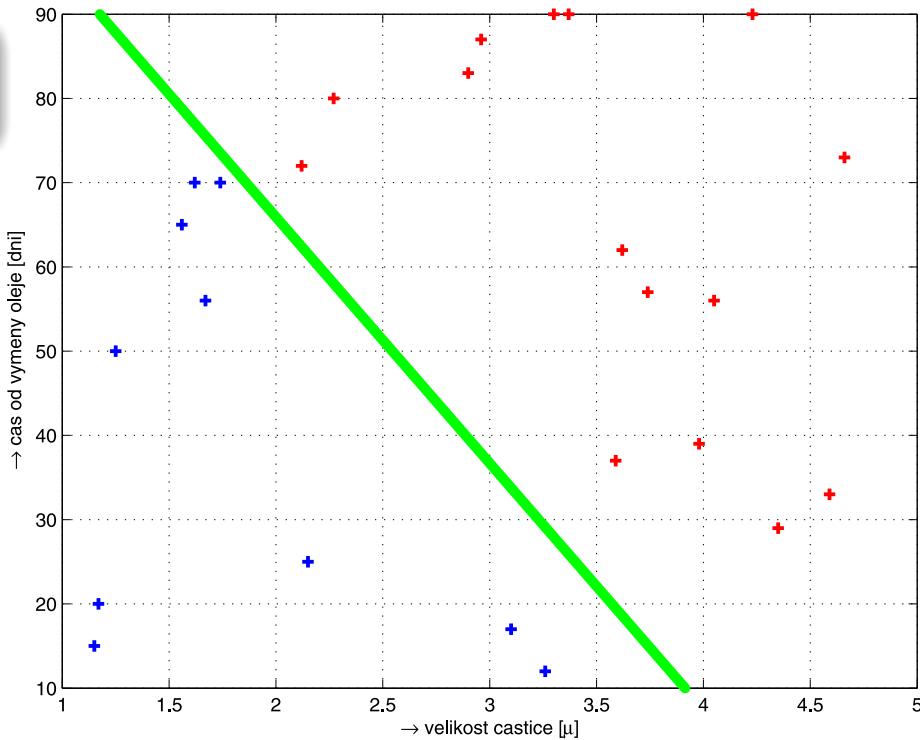


# Učení s učitelem (*Supervised Learning*)

## Klasifikace

**Vyšší počet dimenzí:** hledá se nadplocha, která oddělí vzorky jednotlivých tříd...

Lineární  
klasifikátor





# Učení s učitelem (*Supervised Learning*)

## Kontrolní příklad

Firma potřebuje učící se algoritmy, které mají vyřešit následující problémy:

- Na skladě je velká zásoba identických kusů zboží. Firma chce odhadnout, kolik kusů zboží se prodá během následujících 3 měsíců.
- Zákazníci mají své individuální účty ke komunikaci s firmou, objednávání zboží, atp. Firma chce zjistit, které z účtů byly „hacknuté“.

Jedná se o **klasifikační** nebo **regresní** úlohy?

- Obě úlohy jsou klasifikační.
- První úloha je klasifikační, druhá regresní.
- První úloha je regresní, druhá klasifikační.
- Obě úlohy jsou regresní.



# Učení bez učitele (*Unsupervised Learning*)

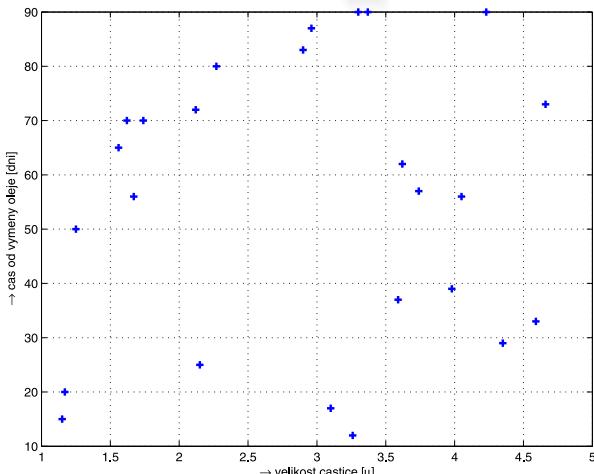
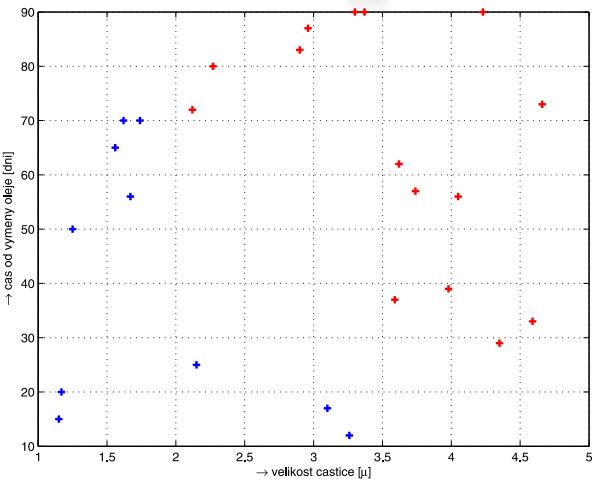
## Rozdíl oproti učení s učitelem

**S učitelem:**

Učitel stanovil, kdy je třeba ložisko vy-  
měnit...

**Bez učitele:**

Žádná informace o  
třídě výsledku není.

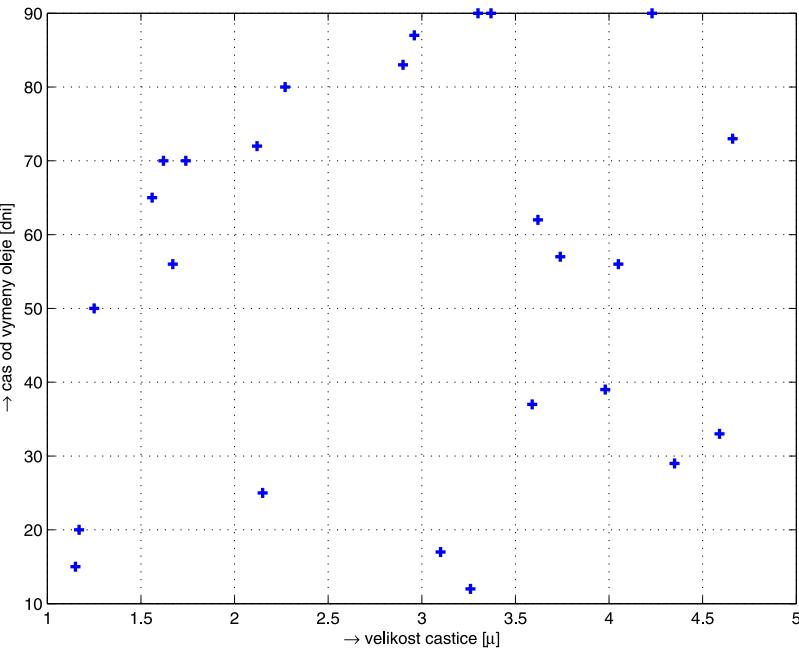




# Učení bez učitele (*Unsupervised Learning*)

## Dosažení cíle

- techniky inteligentního zpracování dat (ortogonalizace, projekce – snížení dimenzionality, atp.)
- analýza shluků
- VQ
- ...





# Učení bez učitele (*Unsupervised Learning*)

## Typické aplikace

Firefox > Facebook > Grafické karty > Výrobce grafického čipu > česká republika - Google Search

<https://www.google.cz/search?q=white+house&ie=utf-8&q=t&rls=org.mozilla.en-US&official&client=firefox-a#hl=en&client=firefox-a&h>

+ You Search Images Maps Play YouTube Gmail Drive Calendar Translate More

Google

česká republika

Search About 152,000,000 results (0.18 seconds)

Web  
Images  
Maps  
Videos  
News  
Shopping  
More

Plzeň  
Change location

Show search tools

**Česko - Wikipedie**  
[cs.wikipedia.org/wiki/Cesko](https://cs.wikipedia.org/wiki/Cesko) · Translate this page  
 Jump to Česká socialistická republika a Česká republika v rámci federace ... a Česká republika získala své vlastní ... Českou republikou a Slovenskou ...  
 Vlajka - Vznik Československa - Zánik Československa - Krajské město

**Czech Republic - Wikipedia, the free encyclopedia**  
[en.wikipedia.org/wiki/Czech\\_Republic](https://en.wikipedia.org/wiki/Czech_Republic)  
 The Parliament (Parlament České republiky) is bicameral, with the Chamber of Deputies (Czech: Poslanecká sněmovna) (200 members) and the Senate ...  
 Czech language - Czech Republic national ... Czech Republic and the euro - Portal

**Česká republika - Home**  
[www.czech.cz/cz](https://www.czech.cz/cz) · Translate this page  
 Česká republika je ráj pro všechny milovníky zahrad a parků ... Čeští módní návrháři mají co nabídnout, proto jsou úspěšní nejen v Čechách, ale i v zahraničí.

**Czech Republic**  
[www.czech.cz/](https://www.czech.cz/)  
 General information from the Ministry of Foreign Affairs, with topics including travel, business, leisure, study, and work.

**Images for česká republika - Report images**  


**Úvodní stránka I Vláda ČR**  
[www.vlada.cz/](https://www.vlada.cz/) · Translate this page  
 Oficiální stránky Vlády České republiky, respektive Úřadu vlády České republiky.

**Velvyslanectví České republiky v Londýně**  
[www.mzv.cz/london](https://www.mzv.cz/london)  
 Embassy of the Czech Republic in London. Offers information about the Czech Republic, bilateral relations, consular details, calendar of events, and related ...

**Obchodní rejstřík na Internetu - Justice cz**  
[www.justice.cz/ori/](https://www.justice.cz/ori/) · Translate this page

Kamil Ekstein ▾

**Czech Republic**  
  
 The Czech Republic is a landlocked country in Central Europe. The country is bordered by Poland to the north, Germany to the west, Austria to the south and Slovakia to the east. Its capital and largest city, with 1.3 million inhabitants, is Prague.  
en.wikipedia.org  
Wikipedia

**Capital:** Prague  
**Dialing code:** 420  
**Currency:** Czech koruna  
**Population:** 10,546,000 (2011) World Bank  
**GDP:** US\$ 215.2 billion (2011) World Bank  
**Official language:** Czech Language

**Points of interest**  
  
 Prague Castle  
 Prague National Gallery  
 House of the Black Madonna  
 Vyšehrad  
 Podyjí

Feedback

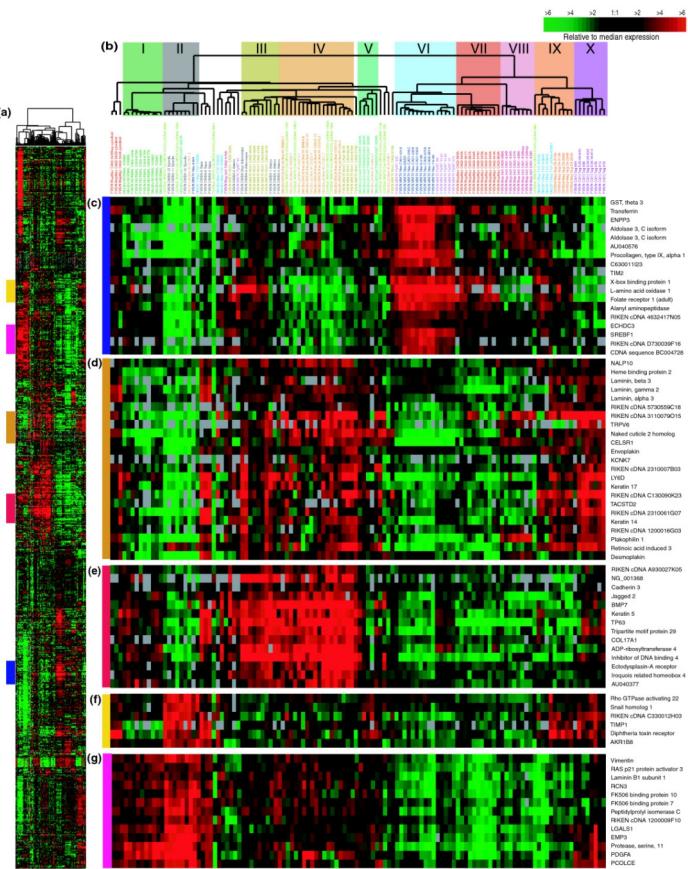


# Učení bez učitele (*Unsupervised Learning*)

## Typické aplikace

V genetice se využívá řada inteligentních algoritmů postavených na **učení bez učitele** – informace učitele totiž neexistují: Genetici většinou nevědí, který gen co znamená... Také jejich obrovské množství je problém.

# Clusterová analýza genomu myší



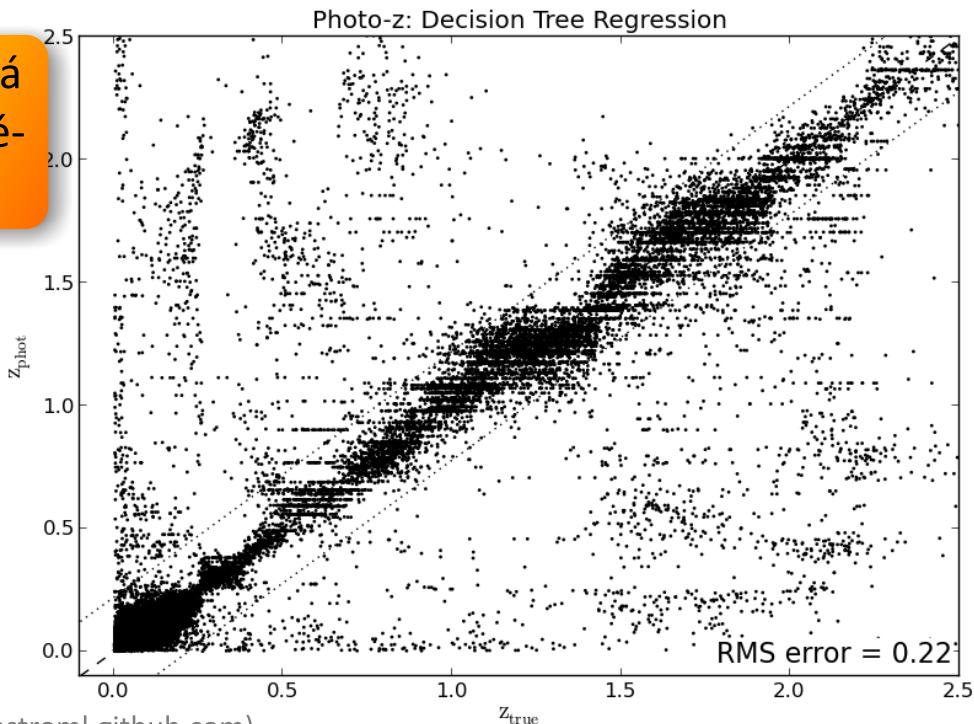


# Učení bez učitele (*Unsupervised Learning*)

## Typické aplikace

Nesmírně rozsáhlá astronomická data, vznikající automatickým pozorováním pozemními stanicemi a sondami...

Fotometrická analýza rudého posuvu



(obrázek z <http://astroml.github.com>)



# Učení bez učitele (*Unsupervised Learning*)

## Typické aplikace

- optimalizace topologie počítačových sítí
- optimalizace organizace výpočetních clusterů
- segmentace trhu pro účely marketingu
- analýza ekonometrických údajů (čištění)
- analýza sociálních sítí
- klasifikace a summarizace dokumentů
- identifikace jazyka a strojový překlad
- opravování chyb
- odstraňování šumu (z audiosignálů i snímků)
- vylepšování (enhancing) dat  
(např. RTG/MR/CT snímků)
- řízení technologických procesů a celků
- predikce živelních katastrof
- atd.

