

Umelá inteligencia v medicíne



Štefan Trenkler
I. KAIM UPJŠ LF Košice
OAIM Nemocnica Krompachy



Rozvrh



1. Definícia
2. Vývoj
3. Pojmy, pozadie
4. Data
5. Umelá inteligencia a
 - medicína
 - anestézia, perioperačná medicína
 - intenzívna medicína; sepsa
 - urgentná medicína
6. Zariadenia, roboty
7. Perspektívy
8. Záver

Názory na umelú inteligenciu

Luc Julia

Umelá inteligencia neexistuje

Toby Walsh

Superinteligencia v roku 2062

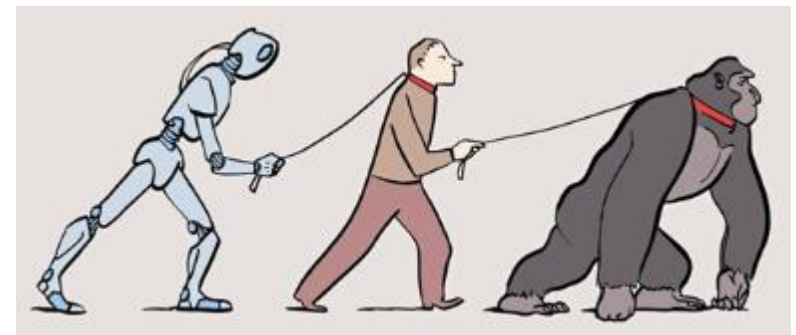


Entretien avec Luc Julia



Umelá = rozšířená (augmented) inteligencia

- 0001. Homo digitalis ... 11
- 0002. Das Ende von uns ... 37
- 0003. Das Ende des Bewusstseins ... 91
- 0004. Das Ende der Arbeit ... 115
- 0005. Das Ende des Krieges ... 147
- 0006. Das Ende der menschlichen Werte ... 173
- 0007. Das Ende der Gleichheit ... 207
- 0008. Das Ende der Privatsphäre ... 233
- 0009. Das Ende der Politik ... 255
- 0010. Das Ende des Westens ... 275
- 0011. Das Ende ... 289



May 11th, 1997

Computer won world champion of chess

(Deep Blue)

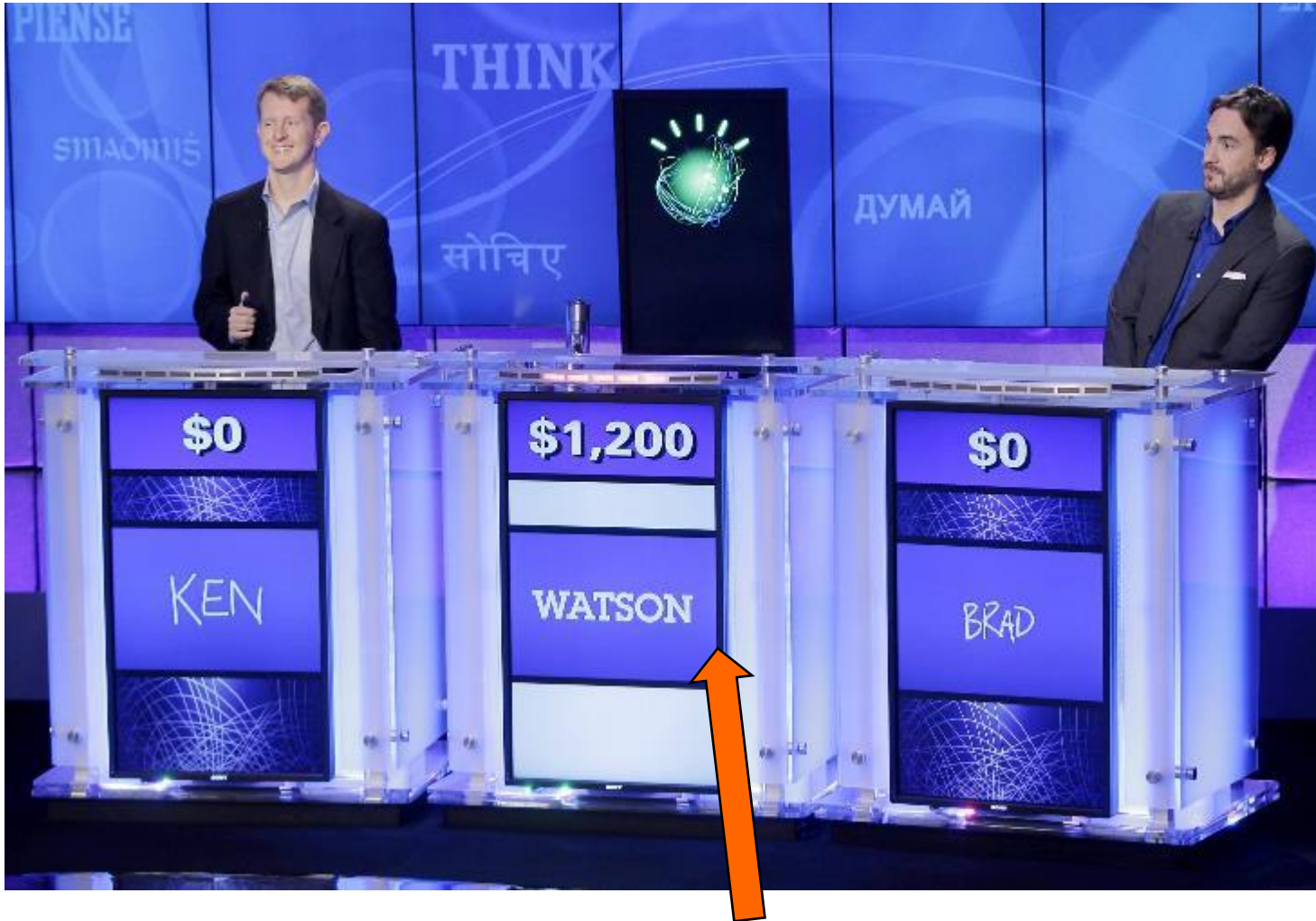
(Garry Kasparov)



(Reuters = Kyodo News)



2011: Jeopardy!
Ken Jennings, 74 víťazstiev
Brad Rutter, vyhral 3,25 miliónov \$



IBM

DeepBlue
Watson

Go má svého boha: umělá inteligence porazila nejlepšího hráče světa 3:0

25. května 2017 17:14, aktualizováno 30. května 11:12 [f](#) [t](#) [G+](#) [l](#)

Software AlphaGo si poradil s nejlepším hráčem go současnosti. V sérii na dva vítězné zápasy zvítězil celkem jednoznačně, jednotlivá střetnutí byla přesto zajímavá.



Reklama



Google
DeepMind



Za dva týdny nejlepším hráčem. Umělá inteligence porazila mistra v DOTA2

14. srpna 2017 5:56    



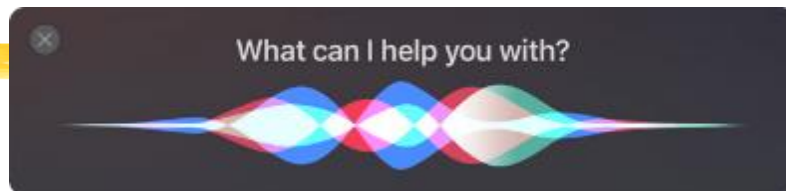
OpenAI



Hráči trénují měsíce. Umělá inteligence se za dva týdny stala mistrem.

Asistentky

- Siri – Apple



- Alexa/Echo – Amazon

amazon alexa



- Cortana - Microsoft



- Google home - Google



Google preklad – 17.4.2017

Neurónové siete

Google

Prekladač

Vypnúť okamžitý preklad



slovenčina angličtina taliančina rozpoznávaný jazyk



angličtina slovenčina taliančina

preložiť

Google v apríli 2017 začal prekladať s použitím umelej inteligencie, teraz už aj v slovenčine.



In April 2017, Google began to translate with the use of artificial intelligence, now also in Slovak.



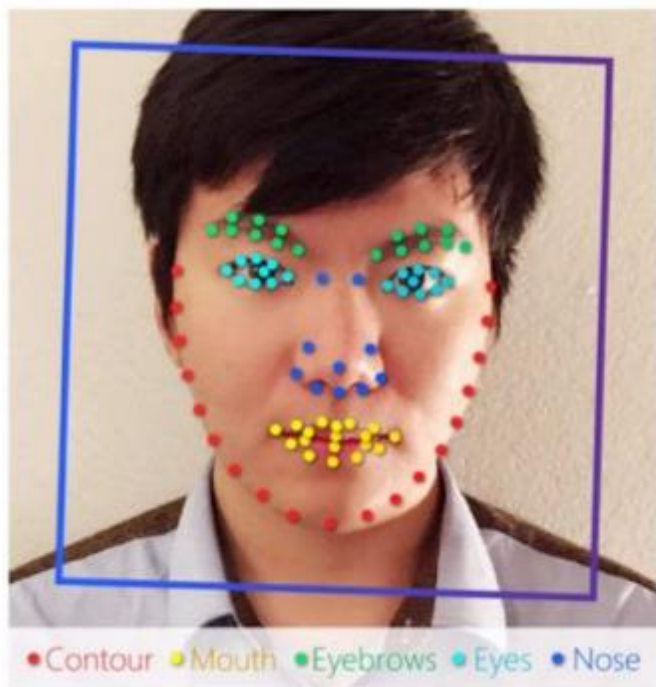
94/5000



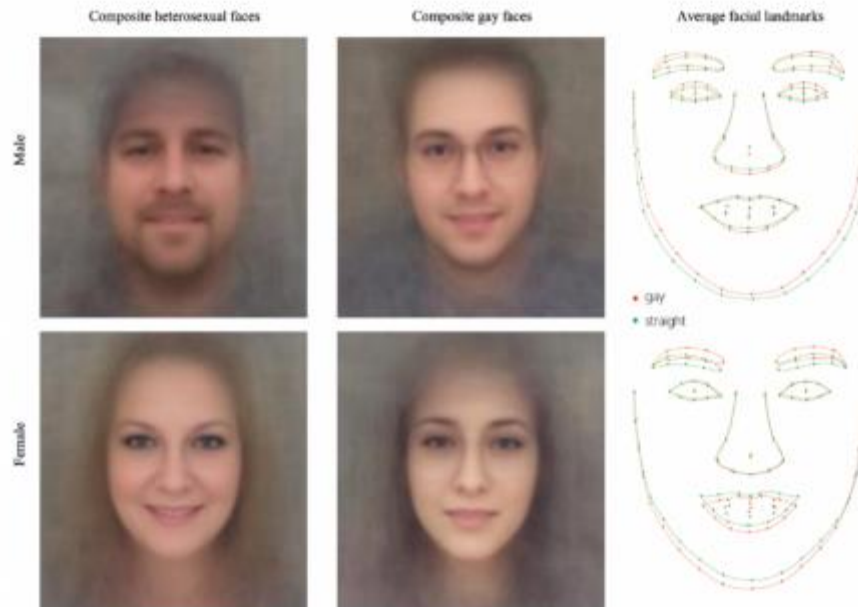
Navrhnuť úpravu



Umelá inteligencia dokáže určiť sexuálnu orientáciu



Vedci sa môžu pochváliť vysokou presnosťou svojho algoritmu



Zdroj: Stanford

živé

Martin Sabol

Nová štúdia zo Stanfordskej univerzity prináša zaujímavý pohľad na sexuálnu orientáciu.

Vedci zo Stanfordu ponúkli nový pohľad na ľudskú sexualitu. Analyzovali 1000 fotografií tvárí a na ich základe vybudovali umelú inteligenciu, ktorá dokáže určiť sexuálnu orientáciu z tváre.

Deep Neural Networks Are More Accurate Than Humans at Detecting Sexual Orientation From Facial Images

By Michal Kosinski, Yilun Wang

Journal of Personality and Social Psychology. February 2018, Vol. 114, Issue 2, Pages 246-257.

[Organizational Behavior](#)

Umělá inteligence se rozvíjí **netušeným tempem**.
Výhra v go ani samořiditelná auta vůbec neměla být

Čína předstihne Spojené státy ve výzkumu umělých inteligencí,
varuje think-tank

Umělá inteligencia vo **Worde**? Umělá inteligencia môže opraviť
gramatické chyby, ale pomáhať bude aj s **kontextom**.

Umělú inteligenciu na **sledovanie**

nepoužíva iba Čína ale aj ďalších 75 krajín

Umělá inteligencia môže **test osmakov**, chápe a rieši úlohy.

Nebojte sa **umelých inteligencií**?
Výskum naznačuje **vierohodné falošné**
spracovanie

Toto musíte vyskúšať! Umělá inteligencia vám
na základe fotky povie, **aký ste človek**

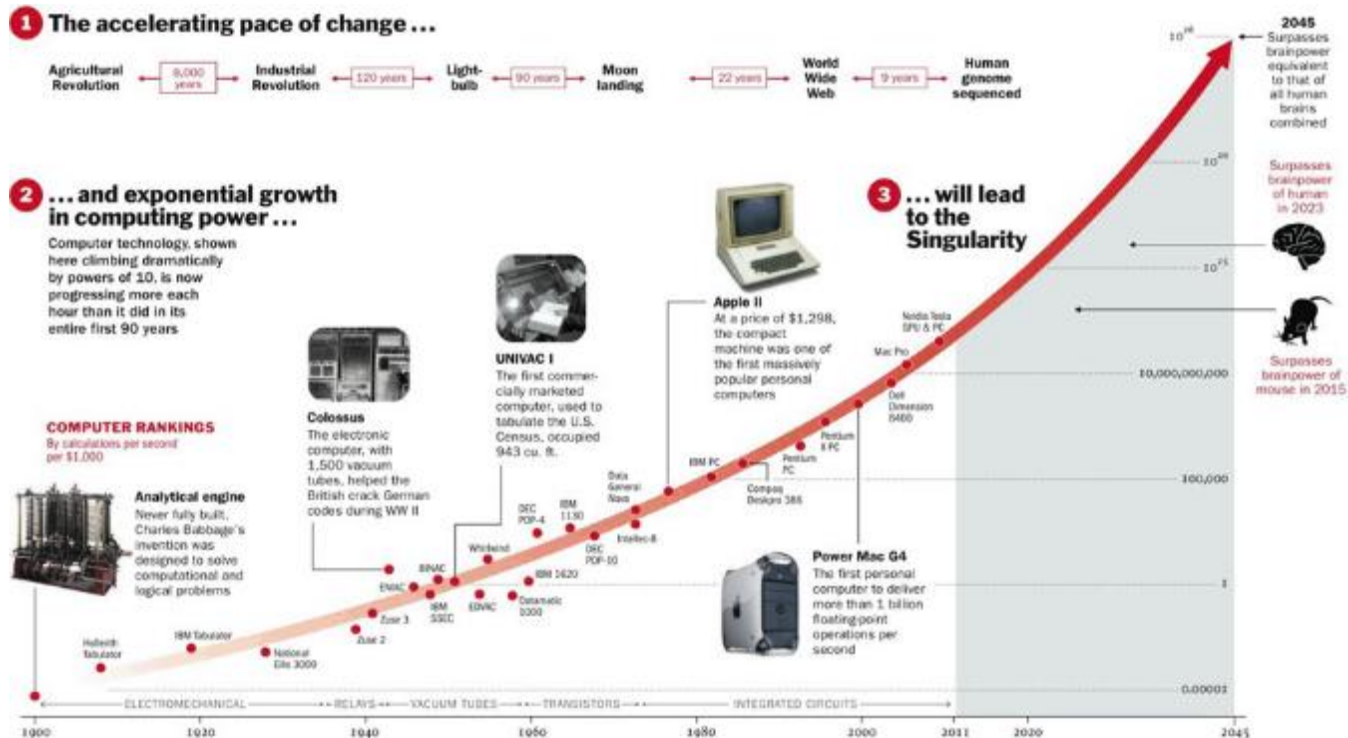
Mať vysoké IQ nie je med lízať: Tieto
problémy zažívajú iba ľudia s
nadpriemernou inteligenciou



Ľudia s vysokým IQ sú často považovaní za šťastlivcov. Všetci si myslia a predpokladajú, že vďaka svojmu intelektu majú ľahší život, že mnohé veci sú pre nich oveľa jednoduchšie. Nie je to však tak, ako sa môže na prvý pohľad zdať. Nadpriemerné inteligentných ľudí často trápi mnohé problémy. Viete, aké sú tie najčastejšie? Možno vám niektoré z nich budú dobre známe.

Čo sa dialo a deje

- **Moorov zákon:** dvojnásobok každých 18 mesiacov (kapacita diskov, počet tranzistorov, výpočtová rýchlosť množstvo ukladaných údajov, pokles ceny)



Čo sa dialo a deje



- 1. Počítače** – menšie, rýchlejšie, lacnejšie; GPU
- 2. Softvér** výkonnejší
- 3. Úložiská dát;** cloudy
- 4. Internet** + sociálne siete, networking, IoT
- 5. Digitalizácia + Big Data**
- 6. Miniaturizácia** - senzory ako mikročipy, tatoo, IoT

Čas na umelú inteligenciu

Čo je umelá inteligencia?



- **Inteligencia ...** Ľudská vz. strojová
- **Zariadenie/program, ktorý dokáže imitovať rozmýšľanie ľudí:** -učiť sa, -uvažovať, -chápať, -riešiť problémy, -samostatne hľadať spôsoby, ako sa -dostať k cieľu
- **Augmentovaná inteligencia** – rozširujúca
- strojové učenie, inteligentné algoritmy...
- Smart zariadenia
- John McCarthy (1950): As soon as it works no one calls it AI anymore".

Tri úrovne UI



- 1. ANI (Artificial **Narrow** Intelligence)** - *špecializovaná*, zvláda jednu konkrétnu úlohu (smartfón - malá veľká zbierka ANI)
- 2. AGI (Artificial **General** Intelligence)** - na *úrovni človeka* - zvláda všetky úlohy, ktoré zvláda aj človek. Teoreticky je to spojenie mnohých ANI do jednej
- 3. ASI (Artificial **Super** Intelligence)** - naprieč všetkými oblasťami *múdrejšia* ako človek

Singularita = ASI

Čo je za tým? Imitácia



- Strojové učenie (štatistické modelovanie)
- Umelé neurónové siete
 - hlboké učenie
 - data mining
- Big data
 - tera, peta, exa, zetta, yotta (10^{24})



ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Programs with the ability to learn and reason like humans

MACHINE LEARNING

Algorithms with the ability to learn without being explicitly programmed

DEEP LEARNING

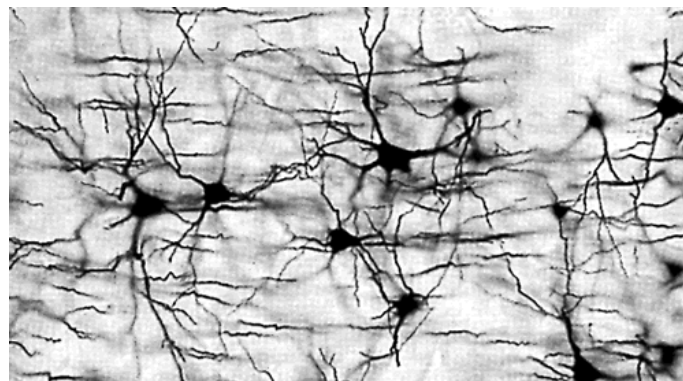
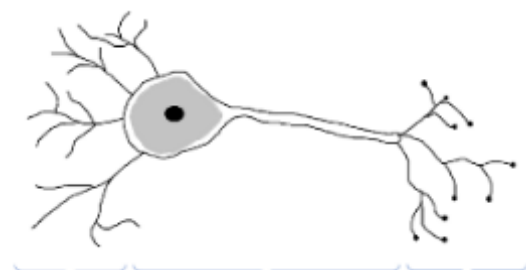
Subset of machine learning in which artificial neural networks adapt and learn from vast amounts of data

Strojové učenie

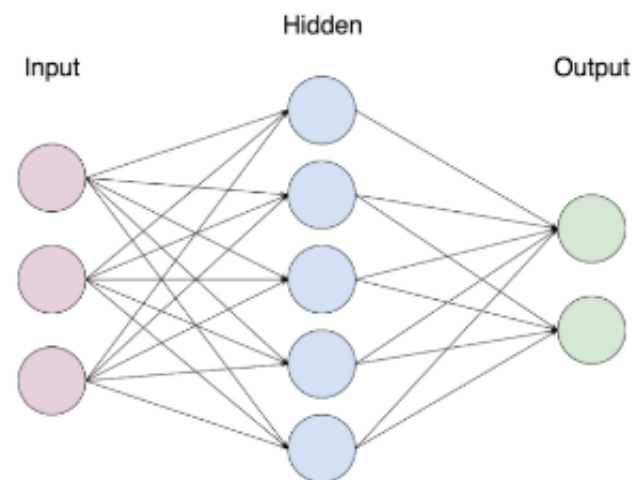
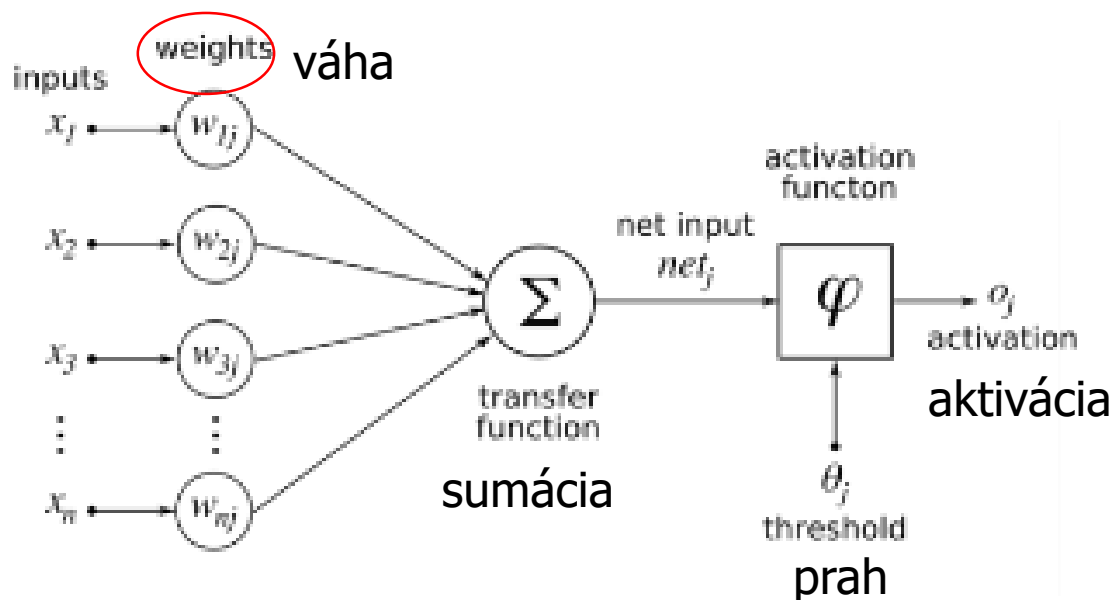


- Jednoduchšie, lineárne problémy
- Štatistické programy
 - Random forest model
 - Fuzzy logic
 - Cox proportional hazards model
 - Regresná analýza
 -
- **Hlboké strojové učenie** (ako človek)
 - umelé neurónové siete

Umelé neurónové siete (ANN)

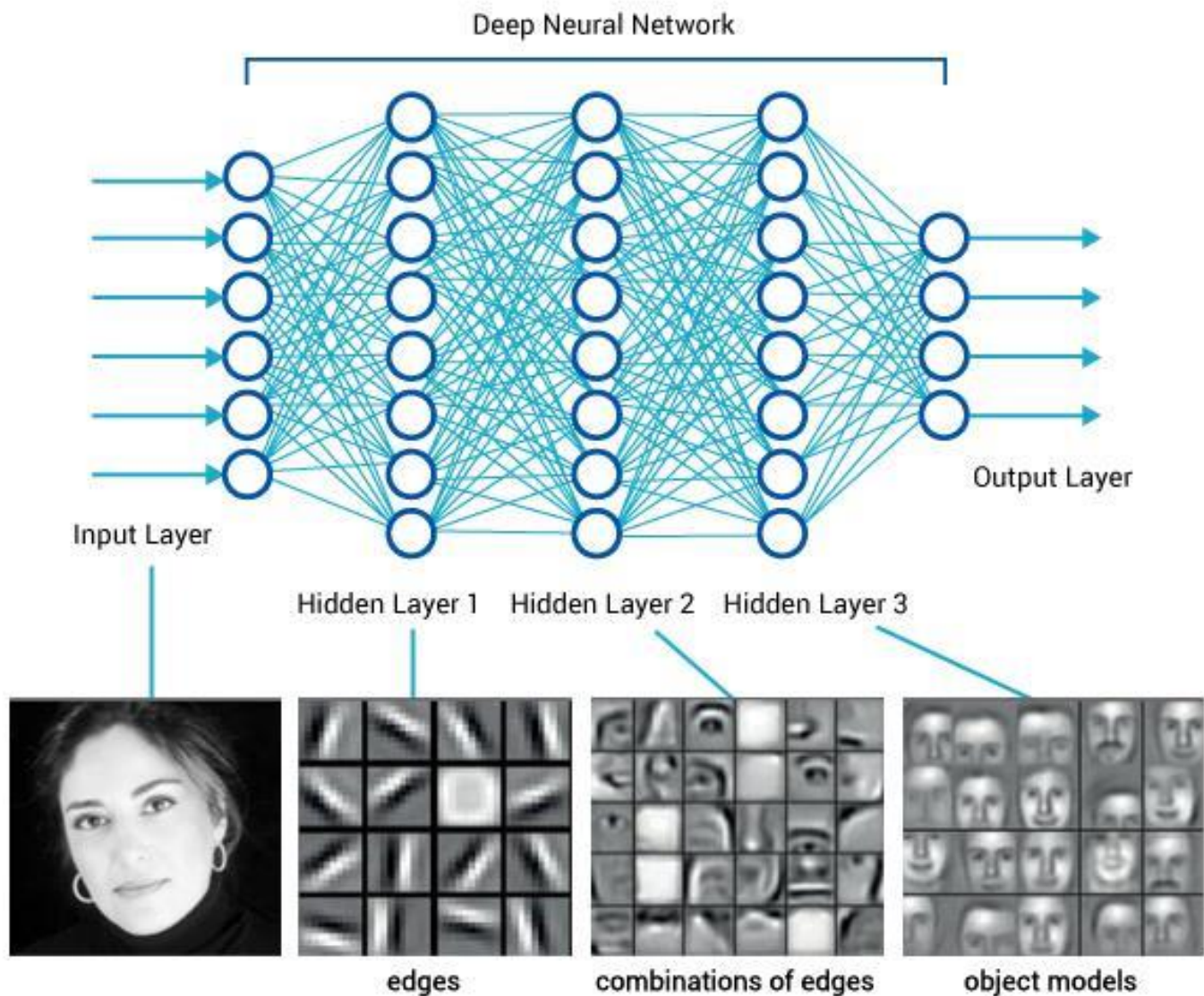


80 miliárd neurónov

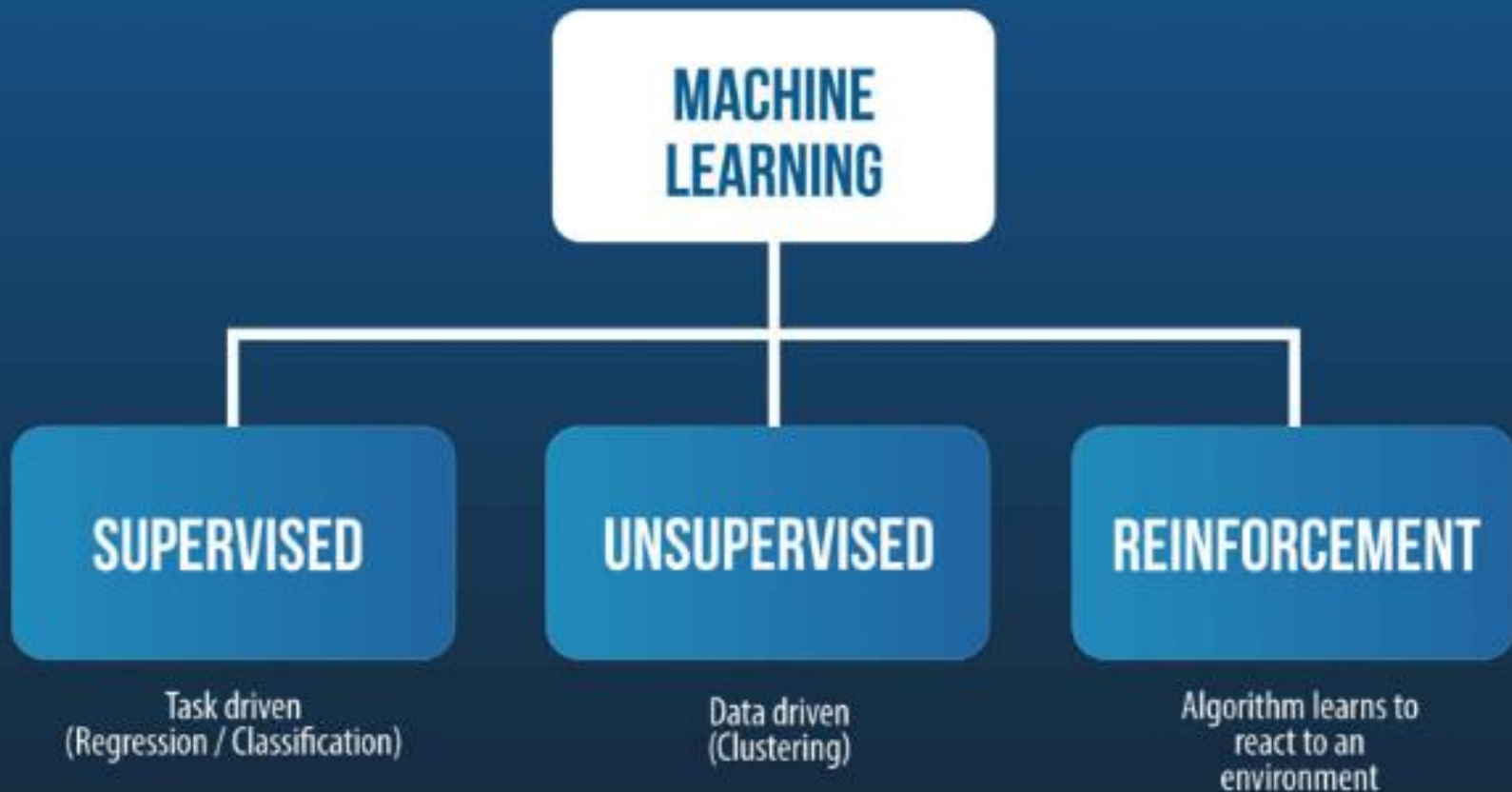


Hlboké neurónové sete

Hlboké učenie (deep learning);



TYPES OF MACHINE LEARNING



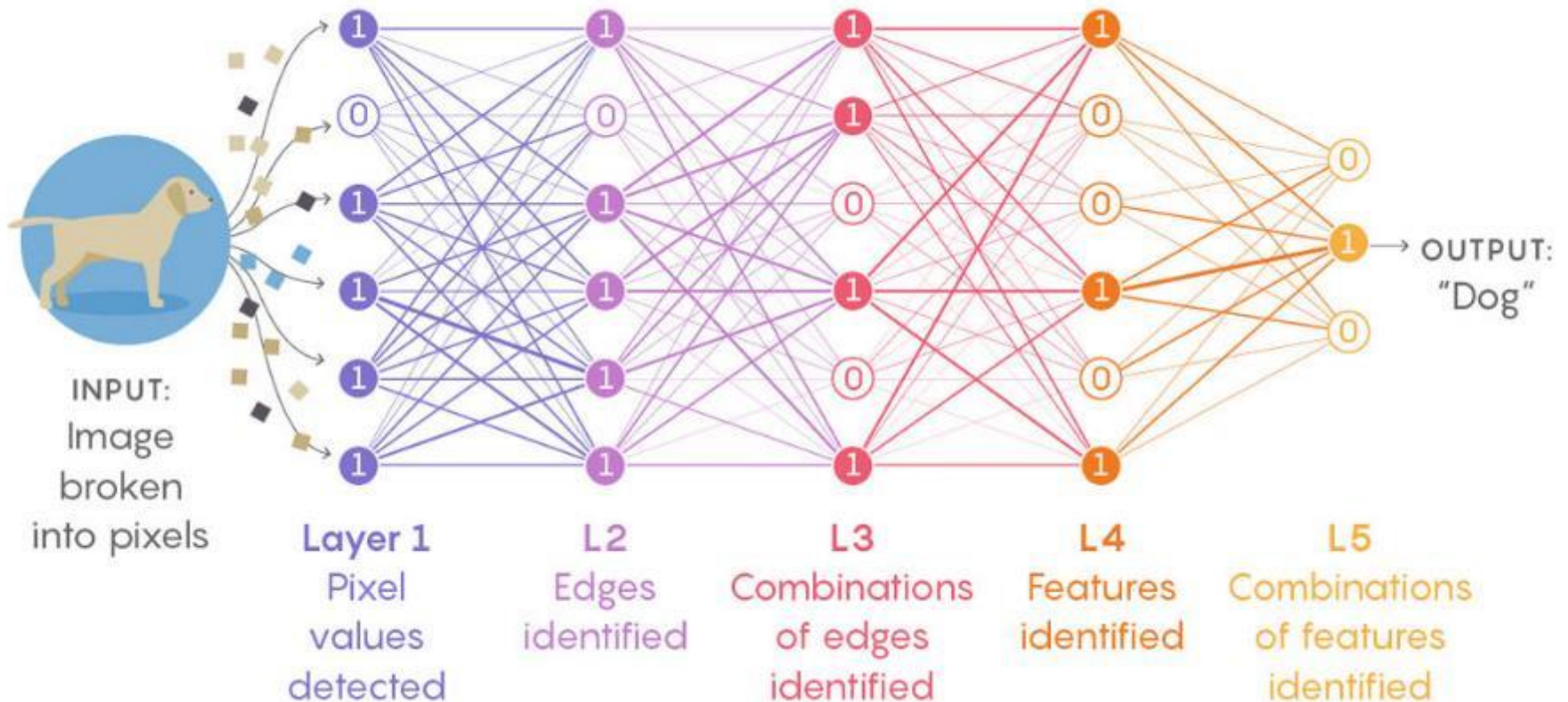
Strojové (hlboké) učenie



1. Učenie pod dohľadom (s učiteľom)
(**supervised** learning); vstupné + výstupné informácie
2. Učenie bez dohľadu (bez učiteľa)
(**unsupervised** learning); žiadne informácie iba súbor
3. Učenie s čiastočným dohľadom
(semisupervised learning)
4. Učenie s posilňovaním
(**reinforcement** learning); učenie chyba/omyl

Learning From Experience

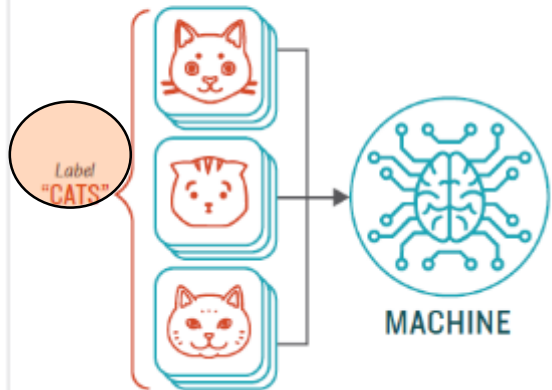
Deep neural networks learn by adjusting the strengths of their connections to better convey input signals through multiple layers to neurons associated with the right general concepts.



S dohl'adom

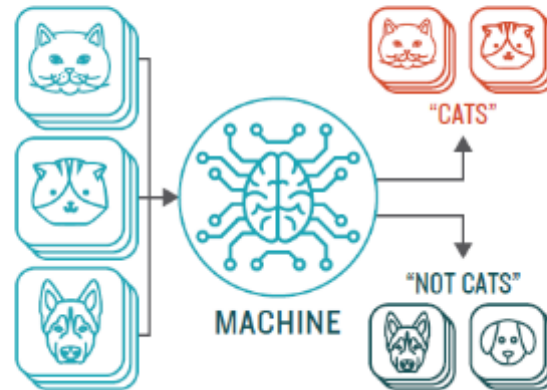
STEP 1

Provide the machine learning algorithm categorized or "labeled" input and output data from to learn

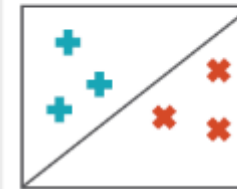


STEP 2

Feed the machine new, unlabeled information to see if it tags new data appropriately. If not, continue refining the algorithm

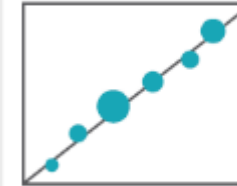


TYPES OF PROBLEMS TO WHICH IT'S SUITED



CLASSIFICATION

Sorting items into categories



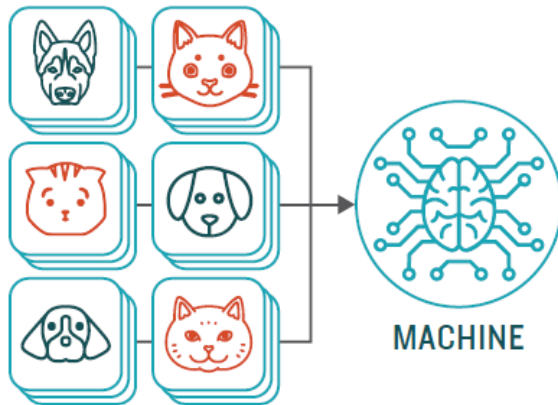
REGRESSION

Identifying real values (dollars, weight, etc.)

Bez dohl'adu

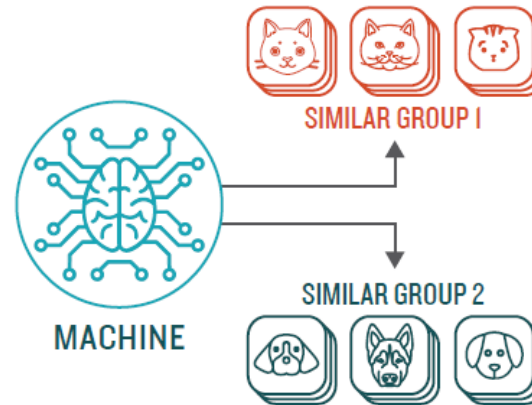
STEP 1

Provide the machine learning algorithm uncategorized, unlabeled input data to see what patterns it finds

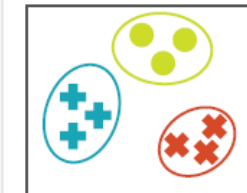


STEP 2

Observe and learn from the patterns the machine identifies



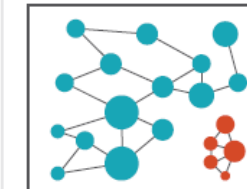
TYPES OF PROBLEMS TO WHICH IT'S SUITED



CLUSTERING

Identifying similarities in groups

For Example: Are there patterns in the data to indicate certain patients will respond better to this treatment than others?

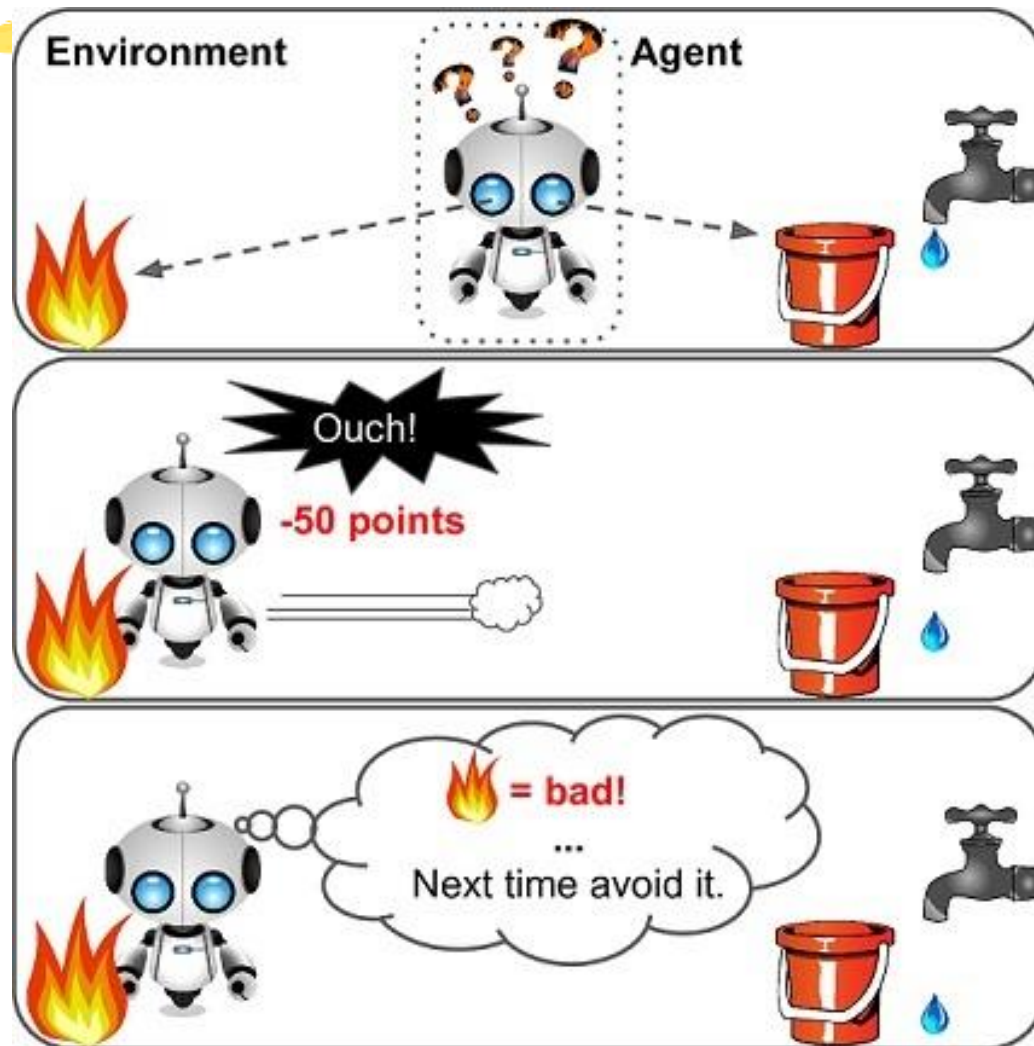


ANOMALY DETECTION

Identifying abnormalities in data

For Example: Is a hacker intruding in our network?

S posilňováním (Reinforcement)



- 1 Observe
- 2 Select action using policy
- 3 Action!
- 4 Get reward or penalty
- 5 Update policy (learning step)
- 6 Iterate until an optimal policy is found

Dáta, dáta, dáta dáta ... Yotta dáta

- UI sa učí pomaly na príkladoch a vyžaduje veľký počet údajov
- **Big data**
 - veľký objem
 - rôzne zdroje
 - heterogenita (číslo, text, obraz, zvuk, el. signál...)
 - rýchlosť vzniku a prenosu
 -
- Ako ich spracovať?
- Ropa 21. storočia
- Databázy:
 - **cvičná**
 - **testovacia** databáza



Medicínske (mega) dáta



1. Chorobopis, digitalizovaný – EHR
 2. Údaje z prístrojov, monitorov (on-line), nositeľnej elektroniky, sociálnych sietí
 3. Zobrazovacie metódy
 4. Laboratória, genomika, mikrobióm...
 5. Výsledky (observačných) štúdií, medicínska literatúra
- Medicína: data science podporovaná lekármi
 - Lekár: klinický data scientists (+vedomosti, múdrosť)
interpretácia - kauzalita, validácia

Growth in healthcare data

1 exabyte = 1 billion gigabytes



2013

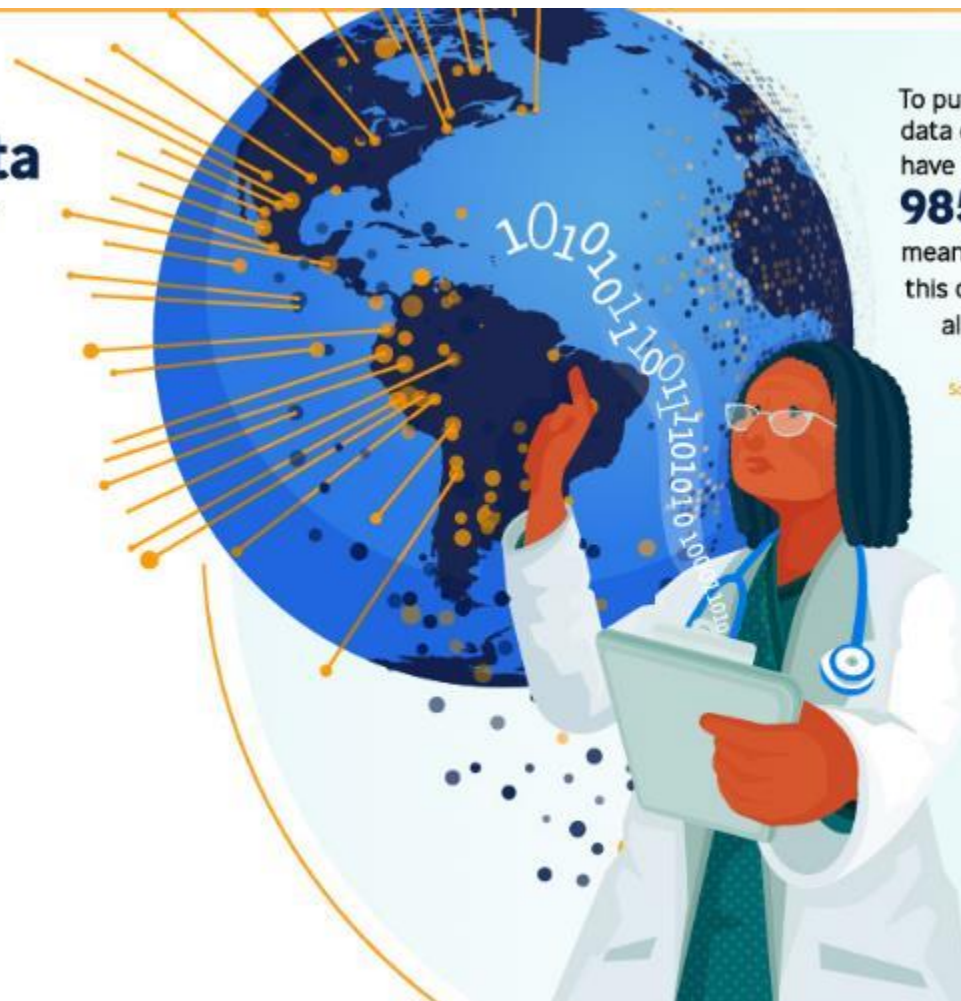
153
EXABYTES



2020

2,314
EXABYTES

Source: Stanford Medicine 2017, IDC 2014



To put that into perspective, data centers globally will only have enough room for an estimated **985 exabytes by 2020**—meaning that almost two and a half times this capacity would be required to house all the healthcare data.

Source: Cisco Global Cloud Index 2016

DATA STORAGE VS MEDICAL DATA (2020)

STORAGE CAPACITY	MEDICAL DATA GENERATED
985 EXABYTES	2,314 EXABYTES

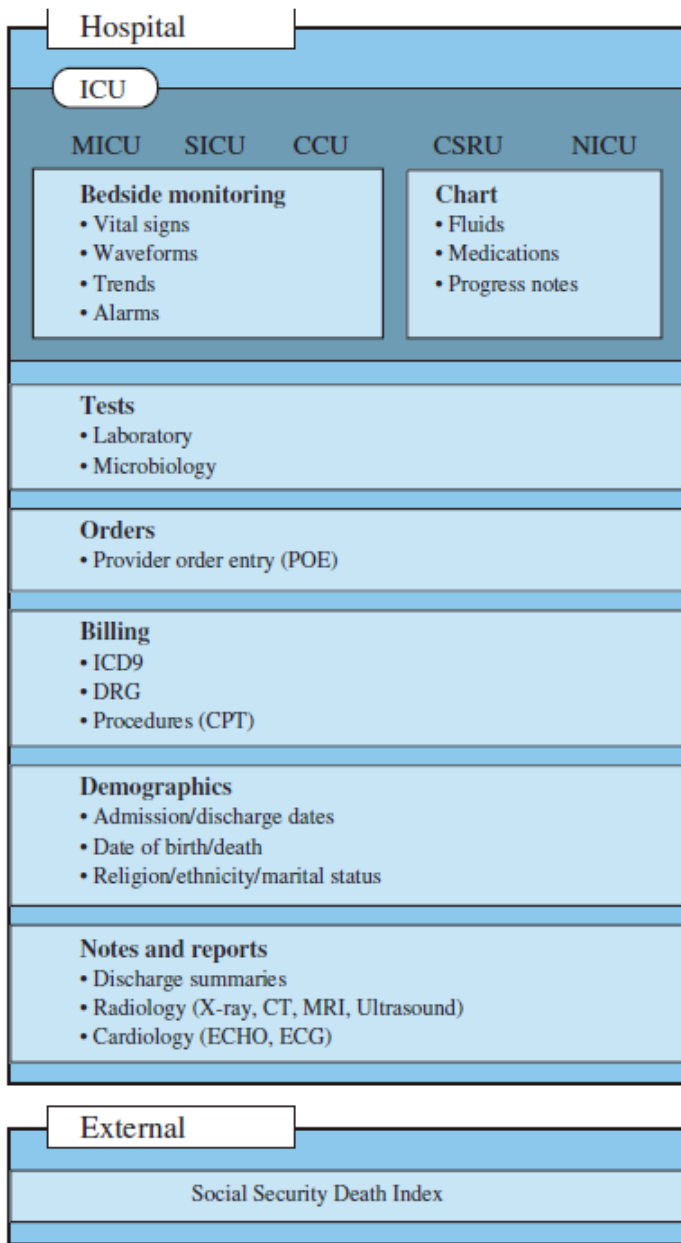


tera, peta, exa, zetta, yotta

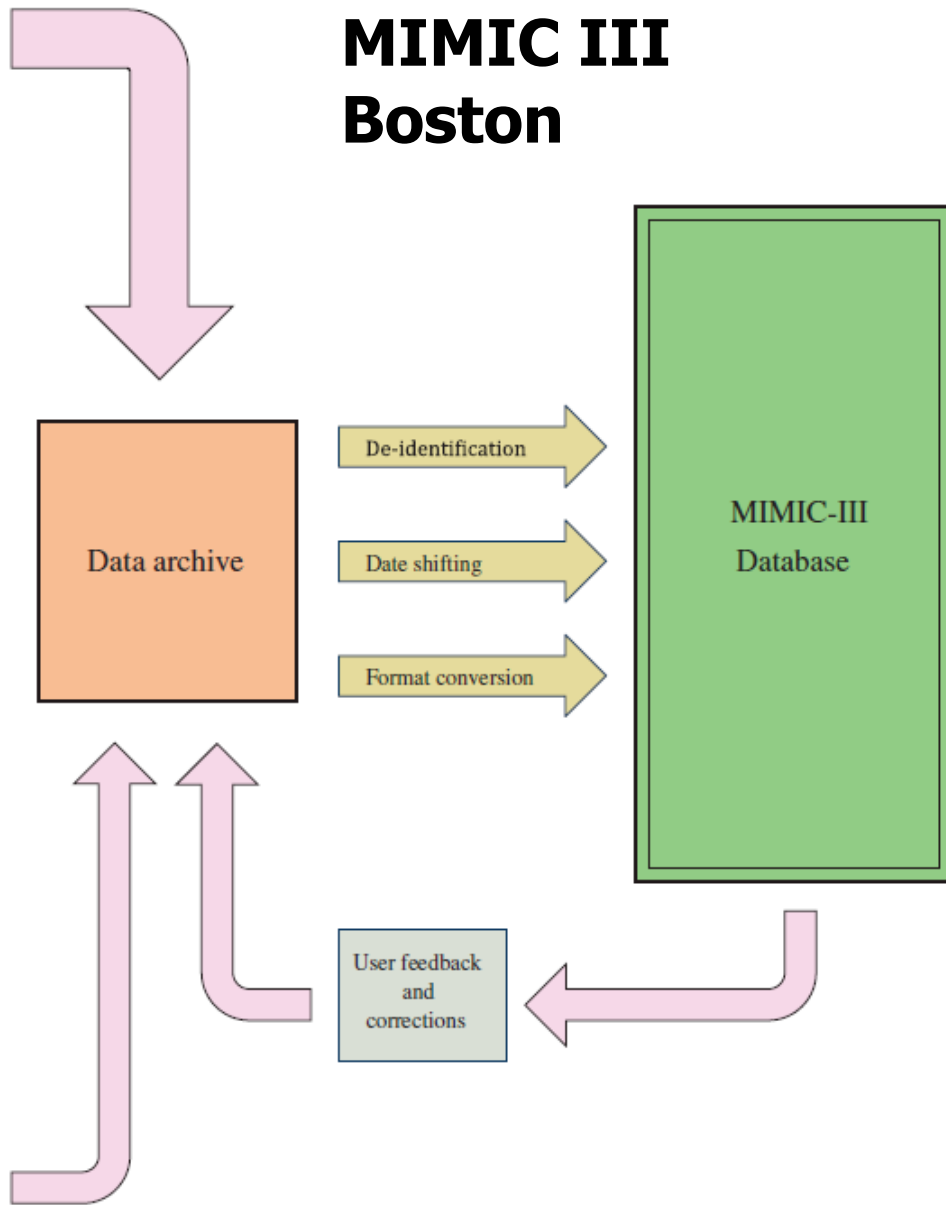
<https://www.visualcapitalist.com/big-data-healthcare/>

Data a (intenzívna) medicína

- Databázy
 - benchmarky, národné registre
 - observačný výskum, prediktívne modely
- Electronic health record (EHR)
- **MIMIC III** (MIT, Boston), BIDMC ICU 5x populácia
 - kompletne data
 - 53 500 hospitalizácií; dostupné na požiadanie
- **eICU** - Collaborative Research Database (Philips)
 - 128 nemocníc, dostupné na požiadanie
-
- Data mining, clustering, sekundárne analýzy



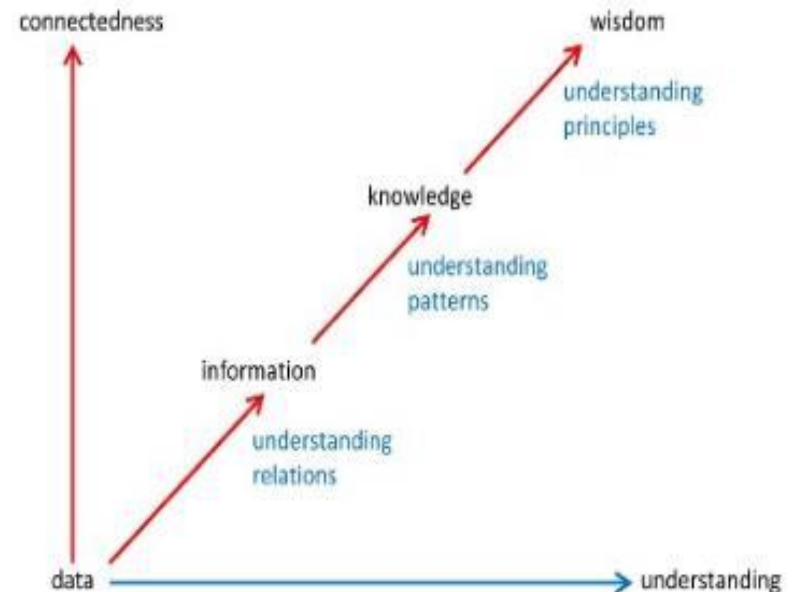
MIMIC III Boston

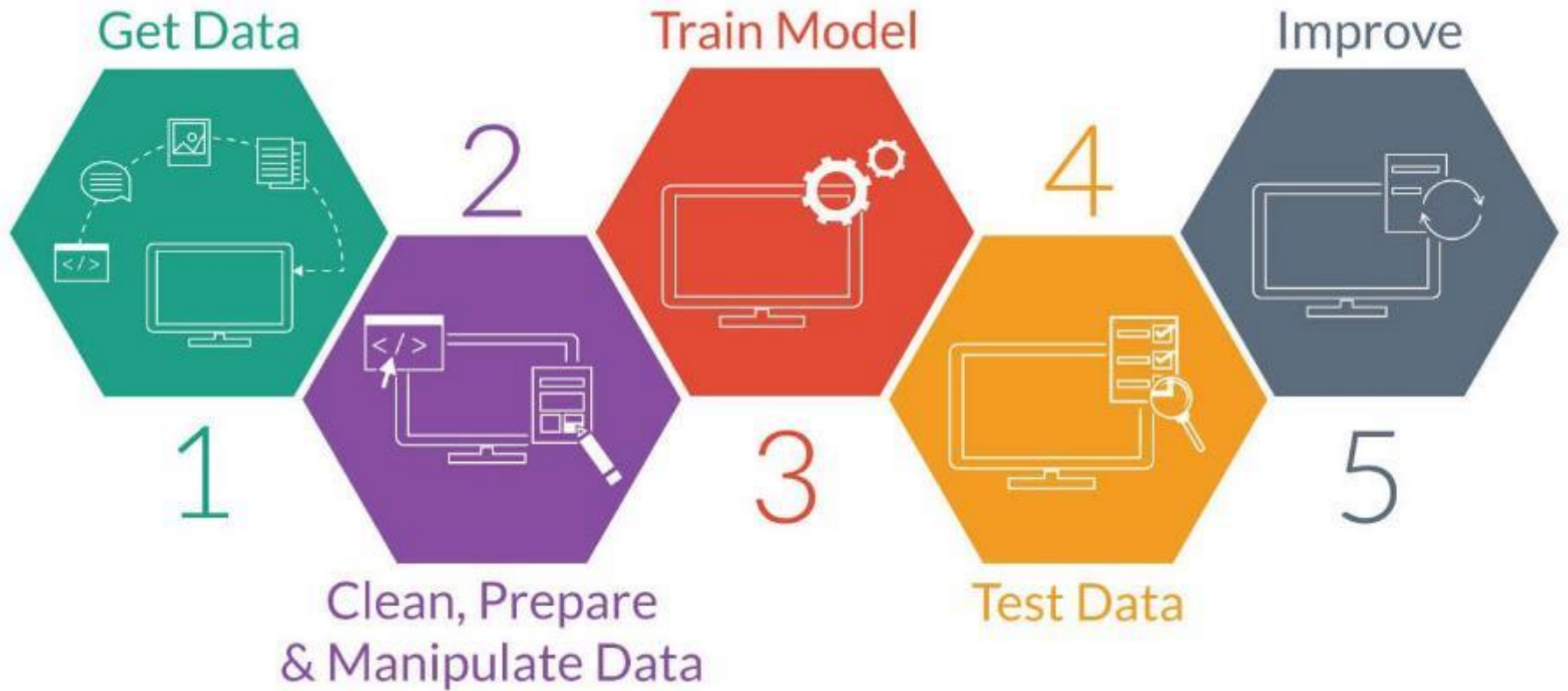


Data - nestačia



- Organizovať – štruktúrovať – analyzovať - použiť
- Údaj \Rightarrow informácia \Rightarrow vedomosť \Rightarrow **múdrost'**
- Zmysel, užitočnosť, hodnota, relevancia pre konkrétnu potrebu, situáciu, kontext
- Múdrost': jedinečná pre človeka?
- **Hod'te to do Watsona**



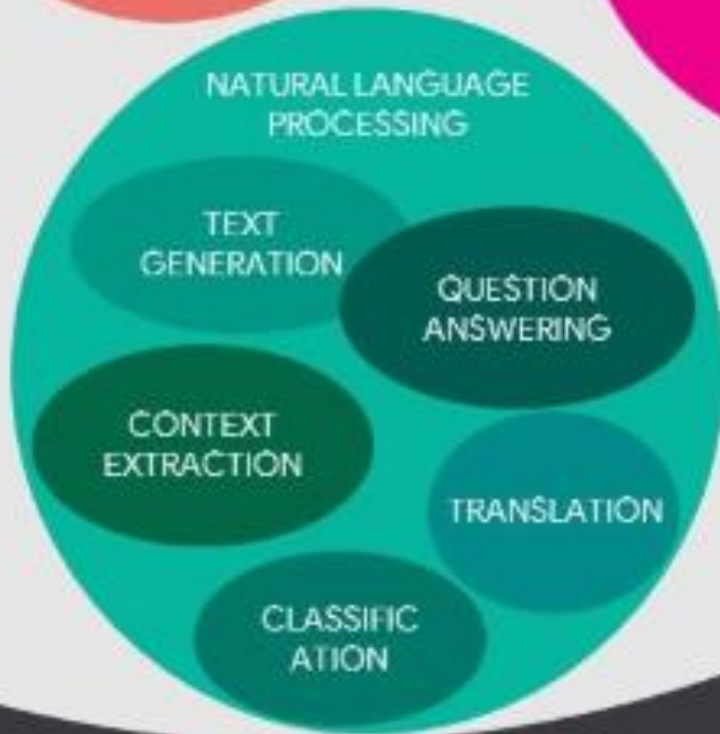
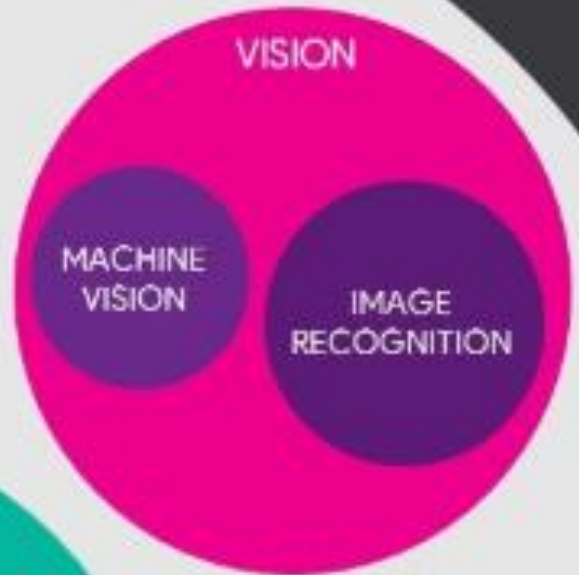
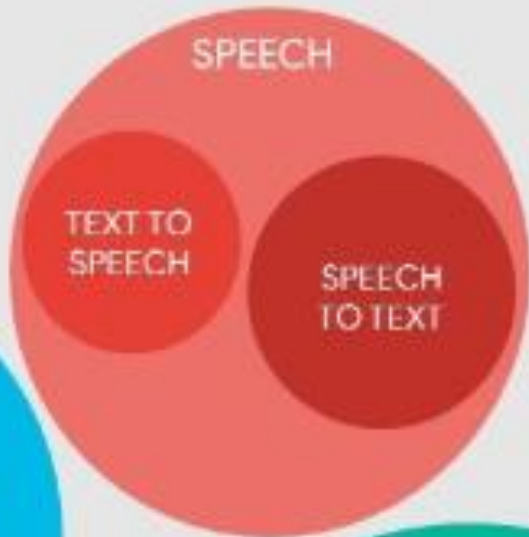
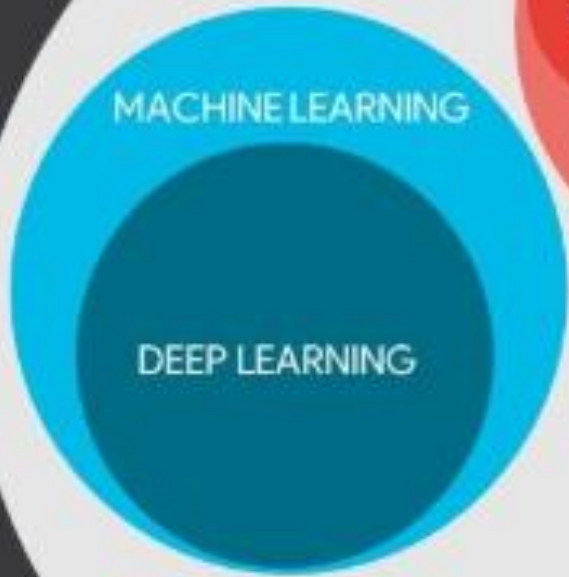


Problémy s dátami



- Zber, uchovanie, spracovanie, výber dát, klinická otázka/kontext, model, analýza, vizualizácia, interpretácia, korelácia vz. kauzalita, rozhodnutia
- Heterogenita - štandardizácia, harmonizácia
- Správnosť, kompletnosť
- Prenositel'nosť, extrapolácia
- Kultúrne rozdiely, organizačné rozdiely
- Ochrana súkromia, etické a legálne problémy; GDPR, aj mimo Európy, regulácie
- Anonymizácia/explicitný súhlas, dobrovoľné zdieľanie
- Komeracionalizácia údajov
- Otvorený prístup

ARTIFICIAL INTELLIGENCE



Medicína - výzvy



- **Trojité cieľ:**
 - 1) kvalitná a
 - 2) bezpečná starostlivosť,
 - 3) ekonomicky udržateľným spôsobom.
- **Kvalitný** výsledok (zdravie), **bezpečnosť** (minimálne iatrogénne poškodenie), **spokojnosť** pacienta
- Spokojnosť zdravotníckeho personálu - prostredie, produkčný tlak, nedostatok personálu, riziko vyhorenia...

UI - schopnosti

- **Analyzovať** štruktúrované i neštruktúrované **dáta** z databáz
 - všetky **digitalizované** dáta (EHR, **obrazy**, signály z prístrojov, vyšetrení...),
 - napísaný **text** (chorobopis, odborná literatúra) s tvorbou súhrnov
 - hovorenú **reč** (prevod na text)
 - **zvuky** (digitálny fonendoskop),
- V dátach hľadať **súvislosti** (data mining, clustering)
- Stratifikácie, predikcie (prognózy)
- Riadiť prístroje, súčasťou robotov (podpora manuálnej zložky činnosti)
- Učiť sa a zdokonaľovať.

UI - možnosti

- Individuálna, presná medicína
- Éra „nomics“ (genomika, proteomika, metabolomika, mikrobiomika, nutrigenomika) - racionálna **individualizovaná precízna medicína**
- Odbremenenie lekára od rutinných činností (posudzovanie normálnych nálezov, administratíva...)
- Zlepšená diagnostická a liečebná presnosť
- Prevencia omylov, vytrvalosť, rýchlosť...,
- Úspora nákladov
- Lekár/sestra sa budú viac venovať priamo pacientovi.
- **Podpora klinického rozhodovania** (kognitívnej zložky činnosti) - „**kognitívny asistent**“.

MACHINE INTELLIGENCE LANDSCAPE 2016

AGENTS

PROFESSIONAL	PERSONAL	OS INTERFACES
Howdy! x.ai KASIST DigitalGenius OVERLAP.CC meekan @clara PRIMER	facebook XIAOICE large fuse machines assistant.ai nestor @awesome Magic	Siri Cortana VIV maluba api.ai COGNEA Google Now

AUTONOMOUS SYSTEMS

AIR	GROUND	SEA	INDUSTRIAL
SDR DJI PROJECT LOON VERTICAL DroneDeploy AIRODOG SKYLATCH SKYDIO Airware LILY	Google UBER TESLA CRUISE MOBILEYE COMMA AdasWorks	LIQUID ROBOTICS bluefin data OPENRV BluHaptics	KIVA Systems fetch HARVEST CLEARPATH AVIDBOTS ENERGID rethink robotics GREYORANGE OSARO

ENTERPRISE

SECURITY / FRAUD	HR / RECRUITING	SALES	MARKETING	CUSTOMER SUPPORT	INTERNAL INTEL	MARKET INTEL
Sentinel graphistry BITSIGHT feedzai AREA1 drawbridge siftscience CYCLANCE Brighterion	textio hiQ gild SpringRole entelo unitive GIGSTER	sense infer people pattern Preact Prism AVISO Vidora sentient telegraphist Gainsight	LiftIgniter RADIUS brightfunnel retention AIRPR	CLARABRIDGE QUANTIFIND Wiseio loop ACTIONIO DigitalGenius FRAMED	Alation ADATAO Palantir sapho SKIPFLAG lucid Rainbird Digital Reasoning	Quid mattermark Datafox bottleneck PREMISE enigma CB INSIGHTS

PLATFORMS

RESEARCH / AGI	FULL STACK	MACHINE LEARNING	INDUSTRIAL IOT	AUDIO	VISION	DATA ENRICHMENT
vicarious Cycorp Google DeepMind Numenta mnasense 格 CURIOUS SCALED INFERENCE GEOMETRIC INTELLIGENCE	context relevant CognitiveScale NVIDIA TERADEEP QUALCOMM NERVANA SYSTEMS	rapidminer big ml AYASDI cortical.io amazon Azure nalogics blueyonder SKYTREE	ThingWorx UPTAKE IMUBIT preferred Networks Alluvium xively PLANET OS	Gridspace TalkIQ nexidia vocaliq NUANCE Expect Labs popUP archive	ORBITAL INSIGHT Descartes Labs DEXTR0 cortica darifai PLANET IOT MetaMind	diffbot Parsata TRIFACTA iDIBON CrowdFlower WorkFusion

INDUSTRIES

ADTECH	AGRICULTURE	FOR GOOD	RETAIL FINANCE	LEGAL	MATERIALS & MFG	HEALTHCARE
ADTHEOBENT distillery BEYONDOVERBAL METAMARKETS TAPD rocketfuel affectiva	BLUE RIVER tule TerraVision mavrx THE CLIMATE CORPORATION CERES HONEYCOMB	Conservation Metrics DataKind thorn BAYES IMPACT	inVenture affirm earnest MIRADOR Lendo nest finance LendUp	Everlaw RAVEL LEGAL ROBOT seal BEAGLE ROSS Lex Machina	zymergen AUGMATE GINKGO BIOWORKS BRIGHT MACHINE TECHNOLOGIES CALCULARIO Eigen Innovations	deep genomics 3SCAN enitic Calico Atomwise recombine color METABIOTA GRAND ROUNDS Google Life Sciences IBM Watson Health

INDUSTRIES (CONT'D)

EDUCATION	TRANSPORT & LOGISTICS	INVESTMENT FINANCE
KNEWTON coursera turnitin gradescope UDACITY KHANACADEMY	NAUTO taleris PRETECKT clearmetal	Bloomberg Quantopian Datamin KENSHO ISENTIUM NEURENSIC alphasense

TECH USER TOOLS

DATA SCIENCE	MACHINE LEARNING	OPEN SOURCE
DOMINO kaggle Sentenai sense yseop Outlier yhat DataRobot	Cortana Analytics AlchemyAPI glowfl.sh IBM Watson Platform Anodot MonkeyLearn (h[s]) HyperScience fuzzy.io SIGOPT Oxdata H2O SPARKBEYOND indico	SKYMINJND TensorFlow DL4J Caffe theano Microsoft Spark MLlib spaCy SciKit CGT

Watson Health, IBM



IBM Watson Health



IBM Watson for Genomics

Bringing the promise of precision medicine to more cancer patients, Watson can interpret genetic testing results faster and with greater accuracy than manual efforts. Our partnership with Quest Diagnostics means that all providers can potentially benefit, regardless of access to in-house sequencing.

[Watson for Genomics](#)



IBM Watson for Drug Discovery

Help researchers identify novel drug targets and new indications for existing drugs. The platform can help researchers uncover new connections and develop new treatments ahead of the competition.

[Learn more about Drug Discovery](#)

Social Program Management

Supporting government agencies in their work to deliver health and human services that enable citizens to meet their maximum potential while protecting the most vulnerable populations.

[Learn more about Social Program Management](#)

IBM Watson for Oncology

Spend less time searching literature and more time caring for patients. Watson can provide clinicians with evidence-based treatment options based on expert training by Memorial Sloan Kettering (MSK) physicians.

[Watson for Oncology](#)

IBM Watson Care Manager

Use personalized care plans, automated care management workflows, and integrated patient engagement capabilities to help create more informed action plans.

Rýchle si naštuduje všetko, všetko....

UI a AN IM UM KPR AL

- **Čo potrebujeme riešiť?**
- Spokojnosť pacienta
 - výsledok (kvalita)
 - bezpečnosť (omyly)
- Spokojnosť lekára
 - nedostatok času, personálu, produkčný tlak...
- Perioperačná medicína
- Náklady
-
- **Má tu miesto UI?**

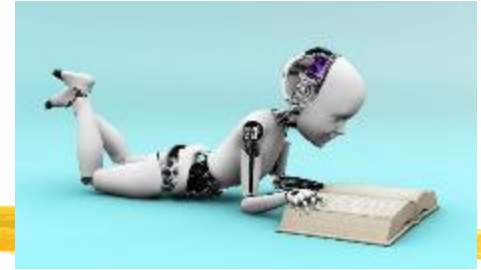




1. Anestézia / perioperačná medicína

- Lekár: kognitívna / manuálna činnosť
- Technológie: monitory, pracovné stanice, ventilátory, pumpy, informačné systémy ...
- Perioperačné obdobie (multidisciplinárny tím)
- UI: 1. podporné kognitívne systémy/rozhodovanie
2. automatizovaná anestézia
- Lekár: sústredenie na: „vyššie“ klinické rozhodovanie pacienta

1.2 POM - predoperačne



- Predanestetické vyšetrenie:
 - identifikácia/stratifikácia rizík
 - predikcia komplikácií
 - úprava stavu pacienta, anestézie
 - zlepšenie výsledku (bezpečnosť)
- UI: pozná **pacienta**, ale aj **retrospektívne údaje** o danom type pacienta, operácii, rozhodnutiach anesteziológa, komplikáciách, pooperačnom priebehu (výsledku) (big data)
Učí sa z množstva podobných prípadov
- K dispozícii databázy, EHR, resp. „prečítanie“ chorobopisu
- Postup „Bottom-up“ – z dát sa tvoria predikcie

Predanestetické vyšetrenie



Automatické

1. Digitálny dotazník
2. Stanovenie perioperačného rizika na základe údajov o pacientovi + EBM
3. Rozhodnutie na základe klinickej skúsenosti a dát zo systému

UI

1. Digitálny dotazník
2. Stratifikácia rizika s **ML**, návrh postupov, ktoré optimalizujú výsledok na základe minulých pacientov
3. Rozhodnutie na základe klinickej skúsenosti a odporúčaní algoritmu

1.2 POM - peroperačne



- Adaptívna a integrujúca povaha ML
- Integrácia viacerých vstupov, v reálnom čase
- Predikcia intraoperačných príhod (TK, oxygenácia...)
- Klinické odporúčania
- Automatizovaný systém anestézie (autopilot)
 - Mayo a Bickford 1950, McSleepy 2010, Sedasys 2015

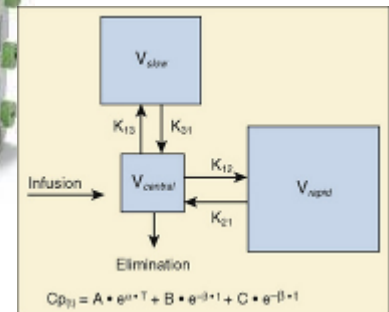
Prediction of Bispectral Index during Target-controlled Infusion of Propofol and Remifentanyl

(ANESTHESIOLOGY 2018; 128:492-501)

A Deep Learning Approach

Hyung-Chul Lee, M.D., Ho-Geol Ryu, M.D., Ph.D., Eun-Jin Chung, M.D., Chul-Woo Jung, M.D., Ph.D.

- TIVA: propofol + remifentanyl (TCI)
 - BIS: predikcia verzus skutočná hodnota
1. FK + FD modely (Schinder/Minto)

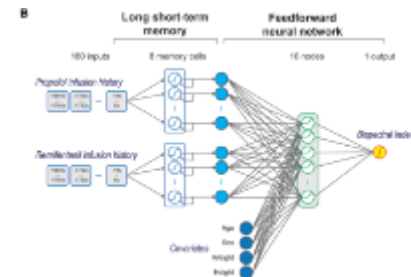


2. Metóda hlbokého učenia

- long short term memory (koncentrácie)
- feed forward neural network (demografia)

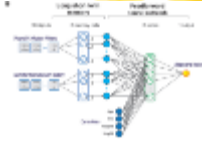
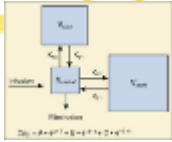
Žiadna znalosť FK a FD

ale **2 milióny údajov** (big data) z pump a BIS



Umelá inteligencia bola lepšia

PK/PD model vz. UI

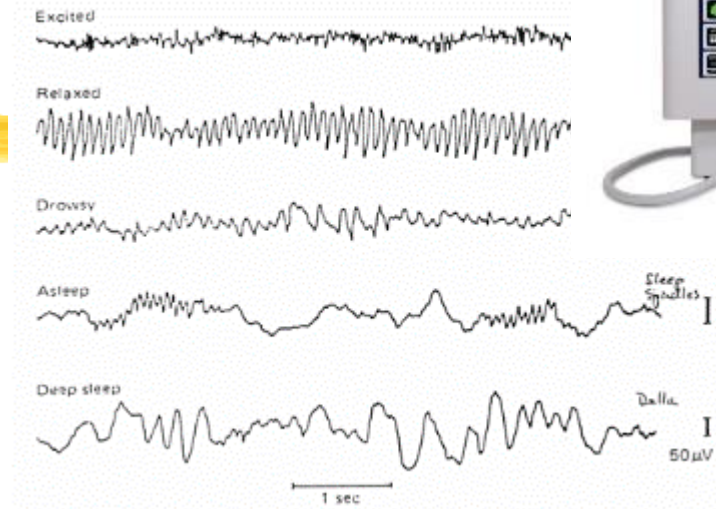


- FK/FD: distribúcia, eliminácia, synergia, vplyv tela
- Vieme simulovať najrozličnejšie situácie, extrapolovať
- UI: FK/FD nepozná, určí len to, čo sa naučila.
Veľká odchýlky od tréningu - problém
Preto – naozaj VEĽKÉ údaje
- Celosvetové masívne databázy (internet, cloudy)
- FK a FD zatiaľ potrebujeme, ale....



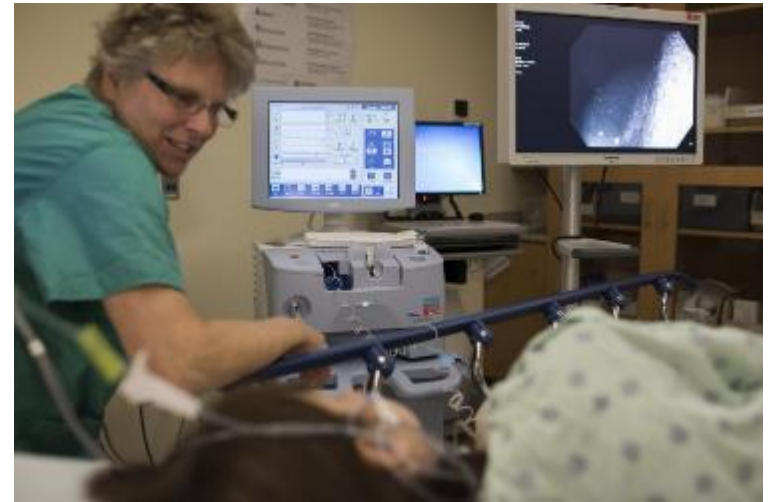
„Híbka“ anestézie

- Spánok, awareness
- Mozog – jeho funkcia
- Čo meriame?
- Optimalizovať „híbku“, cognitive impairment
- Predpoklad automatickej anestézie
- Analýza EEG (delta, theta vlny, power spectrum ...)
- **AI je tu! Rýchle sa učí**



1. **Electroencephalographically controlled anesthesia in abdominal surgery.**

MAYO CW, BICKFORD RG, FAULCONER A Jr.



3. **SEDASYS robotic anesthesiologist approved by FDA**

By Frank Tobe | September 29, 2013



The FDA recently approved SEDASYS, a new robotic device which can automate the sedation of healthy patients having colonoscopies. Ethicon Endo-Surgery, a Johnson & Johnson subsidiary, created SEDASYS, a computer-assisted device that administers the prescription drug propofol into the bloodstream via intravenous IV infusion. The device can detect signs associated with oversedation and can automatically modify or stop infusion.



2. **First all-robot surgery performed at McGill University 2010**



**Intenzívna medicína – optimálne prostredie
pre UI**

Intenzívna medicína – optimálne prostredie pre UI



- Nestabilní, kriticky chorí pacienti, MOF; neistota
- Prostredie s „big data“ (popisy, monitory, laboratória, obrazy...)
- Heterogenita pacientov, ochorení
- Viacero liečebných postupov (lieky)
- Zlyhávanie rozsiahlych RCT, odporúčania?

- Realita: postup podľa skúsenosti, inštinktu...
- Variabilita
- ...

ICU a UI



- Nájsť komplexné vzťahy v (big) heterogénnych dátových súboroch
- **Analýza údajov** z prístrojov v reálnom čase (on-line)
- **Predikcia** rizika, priebehu, výsledku (alarmu)
- **Podpora** klinického rozhodovania (kognitívny asistent)
- **Odporúčania** pre diagnózu a liečbu
- Personalizácia medicíny (precision, personal)

Personalizovaná, precízná medicína

- Populácia vz. individuum
- Dnes: genomika, proteomika, metabolomika, mikrobiomika, nutrigenomika
- Fenotyp choroby, odpoveď na liečbu
- Kriticky chorý pacient:
 - Analýza big data + on-line data - podrobnejší pohľad na pacienta
- Dynamic clinical data mining (DCDM)
- Diagnostická a liečebná presnosť!
- Klinický prínos!



Sepsa / septický šok

- Medicínsky urgentný stav
 - I.M., NCMP, polytrauma...
- Nemocnice: včas rozpoznať (skrining), predvídať
- Hour-1 bundle
 - okamžite začať konať
 - laktát, hemokultivácia, AB, tekutiny, vazopresory...
- Stratifikácia rizika
- Prognostické faktory
- EBM manažment?

B. SCREENING FOR SEPSIS AND PERFORMANCE IMPROVEMENT

1. We recommend that hospitals and hospital systems have a performance improvement program for sepsis, including sepsis screening for acutely ill, high-risk patients (BPS).



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Computers in Biology and Medicine

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/combiomed>

Clinical applications of artificial intelligence in sepsis: A narrative review

M. Schinkel^{a,1}, K. Paranjape^{a,1}, R.S. Nannan Panday^a, N. Skyttberg^b, P.W.B. Nanayakkara^{a,*}

^a Section Acute Medicine, Department of Internal Medicine, Amsterdam UMC, VU University Medical Center, De Boelelaan 1118, 1081HZ, Amsterdam, the Netherlands

^b Department of Learning, Informatics, Management and Ethics, Health Informatics Centre, Karolinska Institutet, 171 77, Stockholm, Sweden

- 15 článkov - predikcia
 - patogén
 - liečba
 - prognóza
- ED, ICU
- Sľubný prínos – lepšie ako klasické metódy

Specific types of artificial intelligence models.

Author	Year	Type of Learning	Type of model
Delahanty	2019	Supervised	Gradient-boosted tree model
Desautels	2016	Supervised	Gradient-boosted tree model
Mao	2018	Supervised	Gradient-boosted tree model
Kam	2017	Reinforced	Long short-term memory
Kaji	2019	Reinforced	Neural Network
Nemati	2018	Supervised	Modified Weibull-Cox proportional hazards model
Taneja	2017	Supervised	Support Vector Machine
Van Steenkiste	2018	Reinforced	Long short-term memory neural network
Oonsivalai	2018	Supervised	Random Forest Model
Dybowski	1996	Reinforced	Artificial Neural Network
Taylor	2016	Supervised	Random Forest model
Aushev	2018	Supervised	Machine Learning
Meiring	2018	Reinforced	Deep Learning Model
Jaimes	2005	Reinforced	Artificial Neural Network
Garcia-Gallo	2018	Supervised	Stochastic Gradient Boosting
Komorowski	2018	Reinforced	Markov decision process
Merouani	2008	Reinforced	Fuzzy Logic
Shimbukuro	2017	Supervised	Machine learning
Henry	2015	Supervised	Cox proportional hazards model
Ward	2017	Supervised	Causal Probabilistic Network

Diagnóza

Author, year	Study design	Setting	Database (MIMIC = Medical Information Mart for Intensive Care)	No. predictor variables in model	Outcome
Diagnosis Delahanty, 2019	Retrospective	Emergency Department	Hospital database (2.759.529 patient encounters)	13	AUROC: 0.93 at 1-h, AUROC 0.97 at 24-h
Desautels, 2016	Retrospective	Intensive Care	MIMIC-III	8	AUROC: 0.880 at disease onset
Kaji, 2019	Retrospective	Intensive Care	MIMIC-III	119	AUROC: 0.952 at same-day, 0.876 at next-day
Kam, 2017	Retrospective	Intensive Care	MIMIC-III	9	AUROC: 0.929
Mao, 2018	Retrospective	Hospital wide	Hospital database (17.467.987 patient encounters) MIMIC-III	6	AUROC: 0.92 4-h before sepsis onset.
Nemati, 2017	Retrospective	Intensive Care	Hospital database (27.527 patient encounters) MIMIC-III	65	AUROC: 0.85 4-h before sepsis
Taneja, 2017	Retrospective	Hospital wide	Hospital database (444 patient encounters)	21	AUROC: 0.81 at disease onset
Henry, 2015	Retrospective	Intensive care	MIMIC-III	26	AUROC: 0.83 28.2-h before sepsis onset.
Saqib, 2018	Retrospective	Intensive care	MIMIC-III	12	AUROC: 0.696
Shashikumar, 2017	Retrospective	Intensive Care	Hospital database (242 patient encounters)	Unclear	AUROC: 0.78 4-h before sepsis onset.
Barton, 2019	Retrospective	Hospital Wide	Hospital database (91,445 patient encounters) MIMIC-III	6	AUROC: 0.83 48-h before onset.

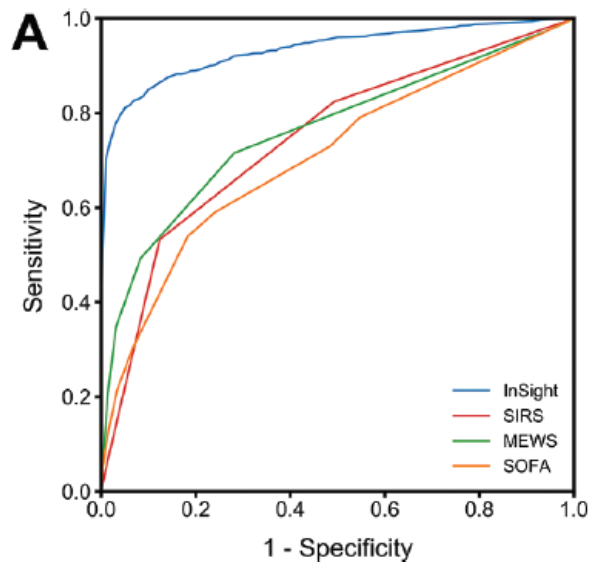
BMJ Open Multicentre validation of a sepsis prediction algorithm using only vital sign data in the emergency department, general ward and ICU

1. Predikcia

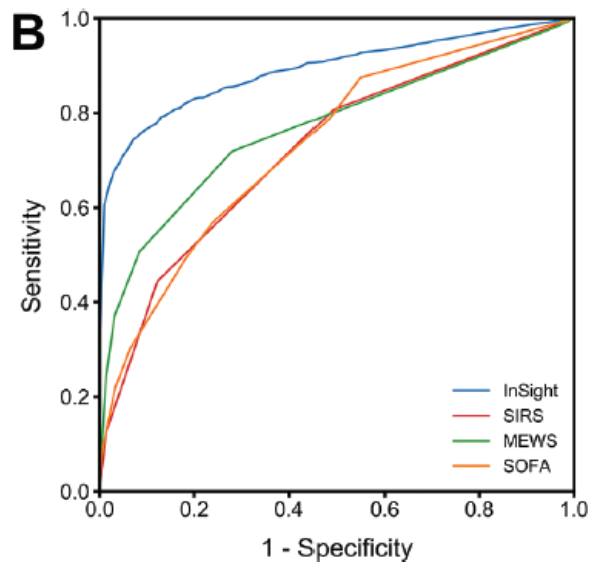
Qingqing Mao,¹ Melissa Jay,¹ Jana L Hoffman,¹ Jacob Calvert,¹ Christopher Barton,² David Shimabukuro,³ Lisa Shieh,⁴ Uli Chettipally,^{2,5} Grant Fletcher,⁶ Yaniv Kerem,^{7,8} Yifan Zhou,^{1,9} Ritankar Das¹

- **InSight** algoritmus
- Predikcia a detekcia sepsa/t'ážká sepsa/šok
- Porovnanie so SIRS, MEWS, SOFA
- AU-ROC, senzitivita, špecificita
- 6 hodnôt VF z EHR (TKs, TKd, HR, RR, SpO₂, TT)
- Extrakcia dát z viacerých databáz
- UCSF (nemocnica): 90 000
- tréning 80 %. Validácia 20 %
- MIMIC-III (ICU): 21 000

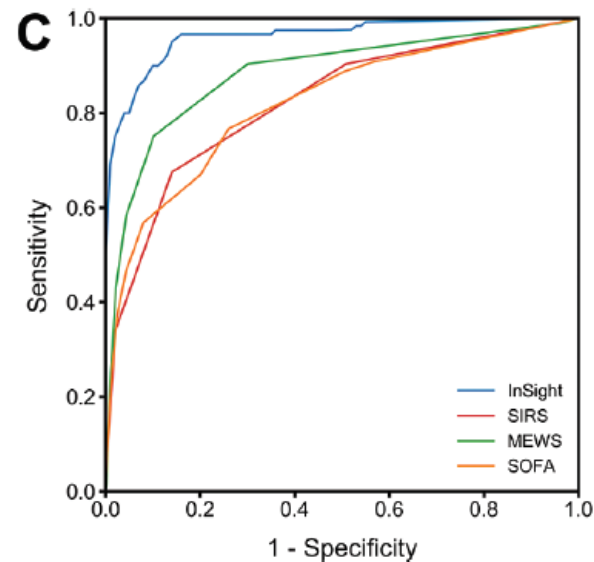
Výsledky- ROC krivky



Nástup sepsy



Nástup ťažkej sepsy



4 hod pred šokom

Výsledky – AU-ROC, senzitivita, špecificita

		InSight	MEWS	SOFA	SIRS
AU-ROC		0,92	0,84	0,76	0,75
Senzitivita	Sepsa	0,98	0,98	0,82	0,82
	Ťažká sepsa	0,99	0,98	0,90	0,81
	Šok	1,00	1,00	0,99	0,91
Špecificita	Sepsa	0,95	0,72	0,32	0,51
	Ťažká sepsa	0,85	0,72	0,37	0,50
	Šok	0,99	0,91	0,58	0,49

Možnosť prenosu vlastných údajov



Predikcia - meta-analýza

Prediction of sepsis patients using machine learning approach: A meta-analysis



Md. Mohaimenul Islam^{a,b}, Tahmina Nasrin^{a,b}, Bruno Andreas Walther^c, Chieh-Chen Wu^{a,b}, Hsuan-Chia Yang^b, Yu-Chuan Li (Jack)^{a,b,d,e,*}

- Predikcia sepsy 3 - 4 hod pred nástupom
- ML verzus klasické skore
- 135 štúdií, zaradených 7

	AU-ROC 95%CI	Senzitivita 95%CI	Špecificita 95%CI
ML	0.89; 0,86–0,92	0,81; 0,80–0,81	0.72; 0,72–0,72
SIRS, MEWS, SOFA	0,7	0,5	0,68

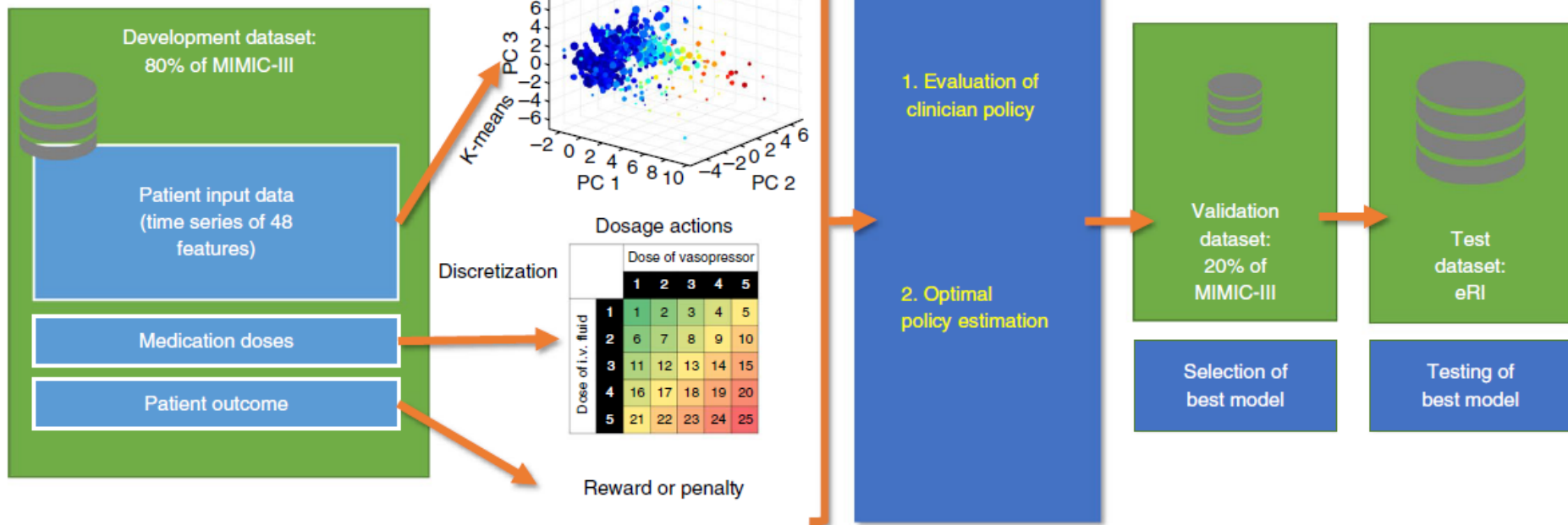
2. Liečba

The Artificial Intelligence Clinician learns optimal treatment strategies for sepsis in intensive care

Matthieu Komorowski^{1,2,3}, Leo A. Celi^{3,4}, Omar Badawi^{3,5,6}, Anthony C. Gordon^{1*} and A. Aldo Faisal^{2,7,8,9*}

NATURE MEDICINE | VOL 24 | NOVEMBER 2018 | 1716-1720 |

- Imperial College London
- 96 000 pacientov so sepsou, ICU
 - tréning: MIMIC-III (17 000, 5 ICU)
 - validovanie: eRI (79 000, 128 nemocníc)
- 48 premenných; 90-dňová mortalita
- Data o liečbe – tekutiny, vazopresory (dávka a 4 hod)
- ML - Reinforcement learning
 - hľadá pravidlá pre optimálny výsledok
- Markov decision process
- Ktoré postupy lekárov viedli k najlepším výsledkom
- Porovnanie: lekári vz. algoritmus



Dizajn AI Clinicians

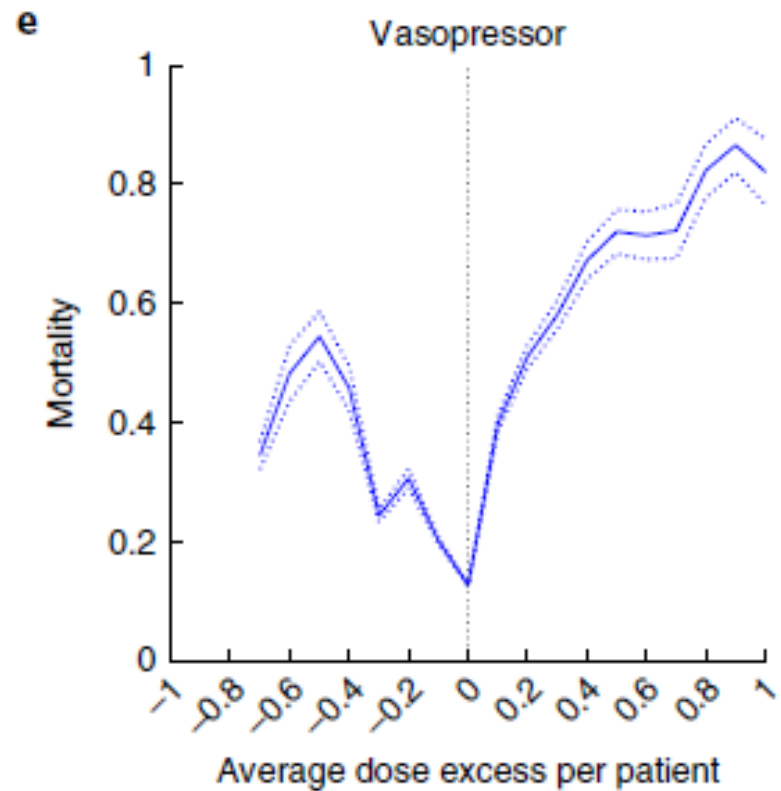
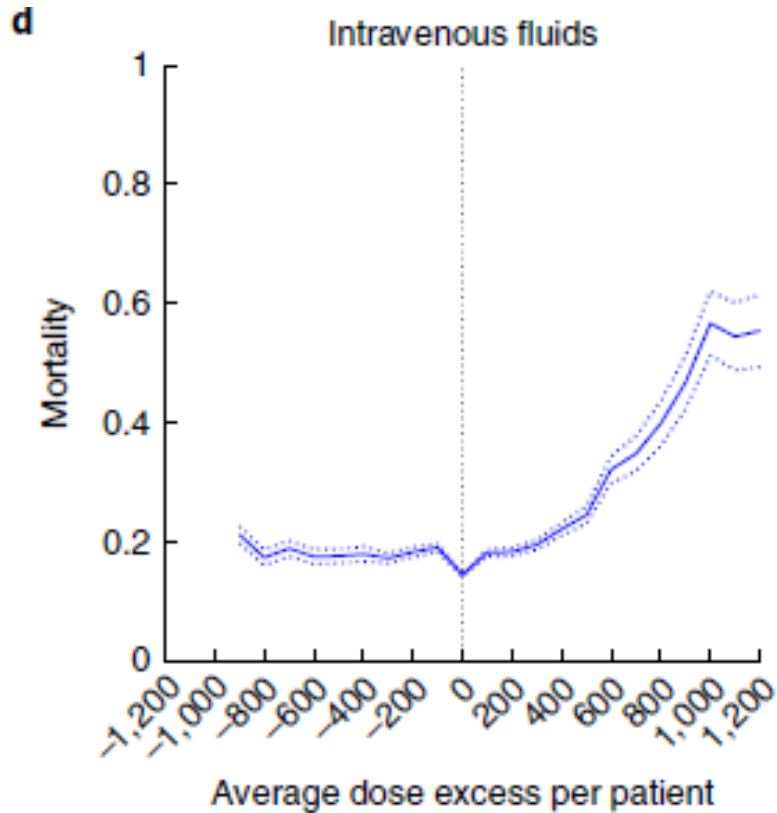
Výsledky, validačný súbor



- Liečba podľa UI – najnižšia mortalita
- Podanie vyššej alebo nižšej dávky zvyšovalo mortalitu
- Lekári - menej vazopresorov, viac tekutín

- Výsledky treba overiť v reálnom živote

Porovnanie AIC a lekára v eRI



3. Data mining

JAMA | Original Investigation | CARING FOR THE CRITICALLY ILL PATIENT

Derivation, Validation, and Potential Treatment Implications of Novel Clinical Phenotypes for Sepsis

Christopher W. Seymour, MD, MSc; Jason N. Kennedy, MS; Shu Wang, MS; Chung-Chou H. Chang, PhD; Corrine F. Elliott, MS; Zhongying Xu, MS; Scott Berry, PhD; Gilles Clermont, MD, MSc; Gregory Cooper, MD, PhD; Hernando Gomez, MD, MPH; David T. Huang, MD, MPH; John A. Kellum, MD, FACP, MCCM; Qi Mi, PhD; Steven M. Opal, MD; Victor Talisa, MS; Tom van der Poll, MD, PhD; Shyam Visweswaran, MD, PhD; Yoram Vodovotz, PhD; Jeremy C. Weiss, MD, PhD; Donald M. Yealy, MD, FACEP; Sachin Yende, MD, MS; Derek C. Angus, MD, MPH

JAMA. 2019;321(20):2003-2017.

Dizajn štúdie

- **Sepsa – heterogénne ochorenie**
- 3 observačné kohorty (Seneca, GenIMS) – učenie/validácia
- 3 RCT (ACCESS, Prowess, ProCESS) – vplyv fenotypu
- **29 premenných** (demografia, komorbidity, vitálne známky, markery zápalu, markery MODS); bežné parametre pri prijatí
- Najhoršia hodnota prvých 6 hodín
- ML, **unsupervised clustering** (Optics), veľké databázy,
- Hľadať fenotypy
 - korelácia s biomarkermi
 - mortalita v nemocnici, 28/60 dní

Výsledky



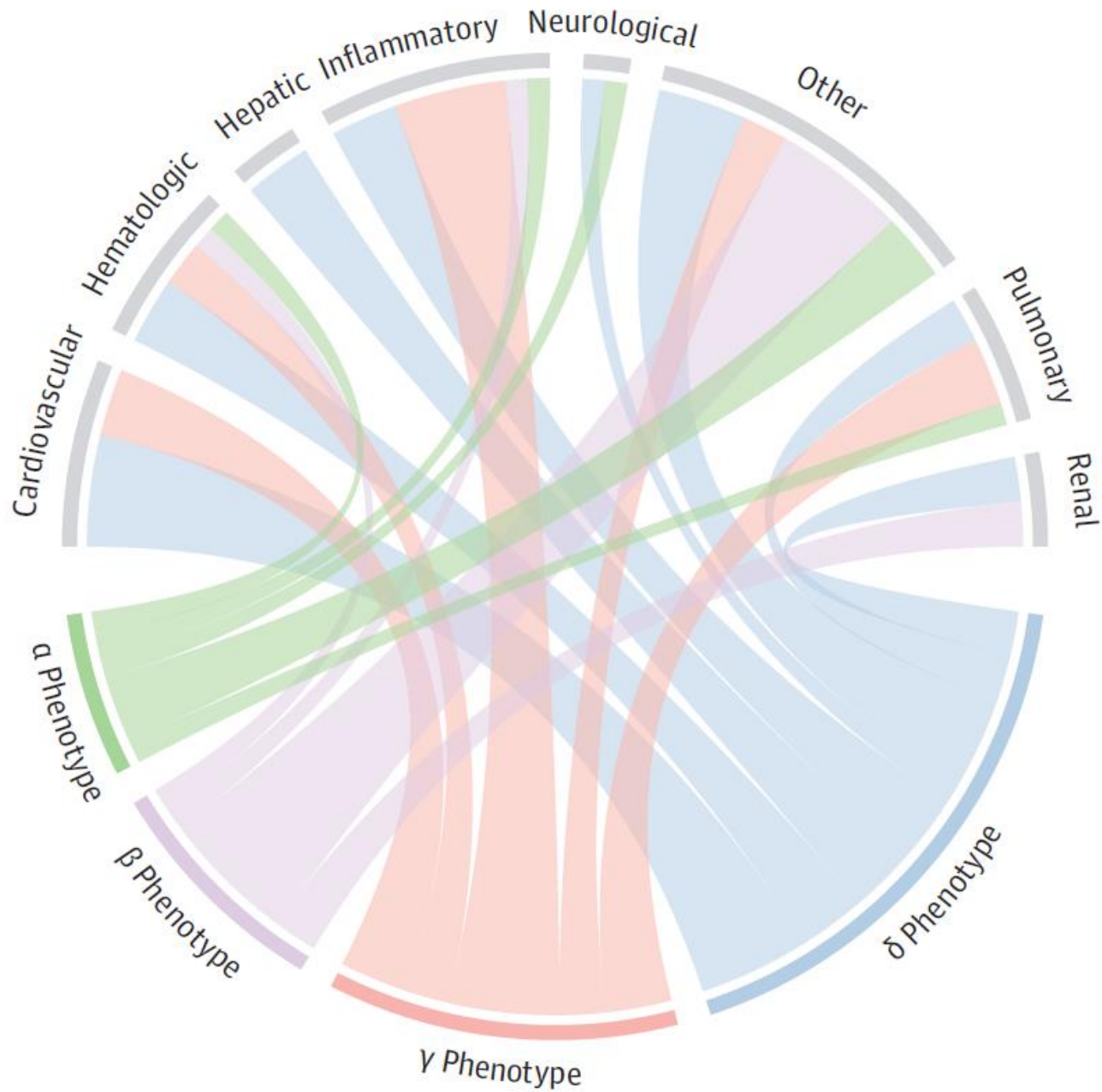
- 110 000 SENECA derivačná kohorta
- 146 000 SENECA validačná kohorta
- RCT: 4737/1690/1341pts - reanalýza
- 4 modely:
 - alfa
 - beta
 - gama
 - delta

Fenotypy sepsy

- Alfa (24-42 %): menej abnormalít
- MARS 3
- Beta (19-30 %): starší, komorbidity, obličky
- Gama (23-50 %): zápalové markery, albumín, teplota
- Delta (5-23 %): laktát, transaminázy, hypotenzia, pečeň
- MARS 2
- Bez rozdielov: pohlavie, natrémia, glykémia, leukocytóza
- Fenotypy nekorelovali so závažnosťou či miestom infekcie, prekrývali sa hlavne beta a gama fenotypy.
- Fenotypy mutidimenzionálne, rozdielne, nezodpovedajú tradičnému deleniu (miesto, závažnosť, postihnutie orgánov)

Jedinečné klinické podskpiny

A All phenotypes combined

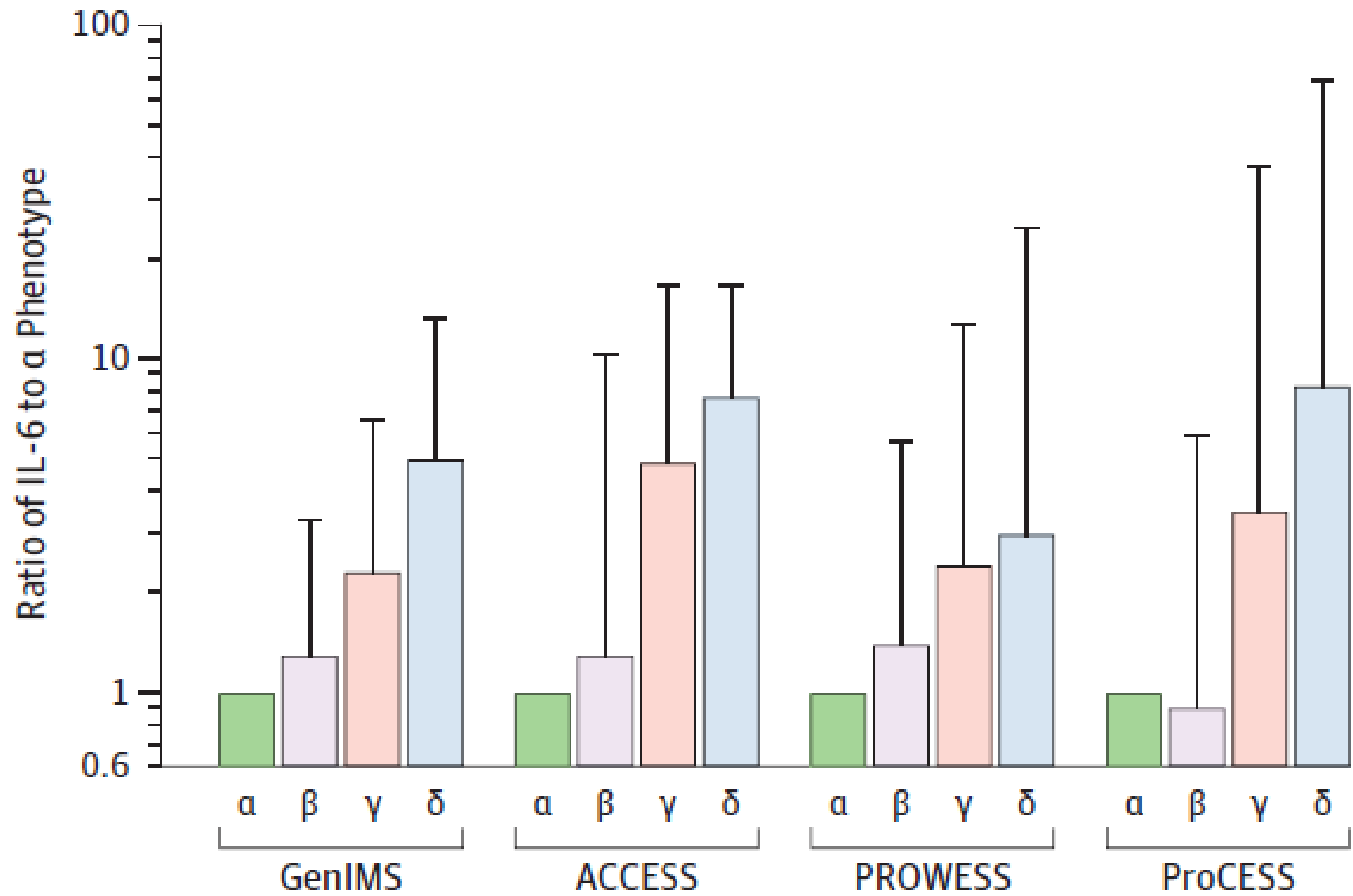


Korelácia s biomarkermi

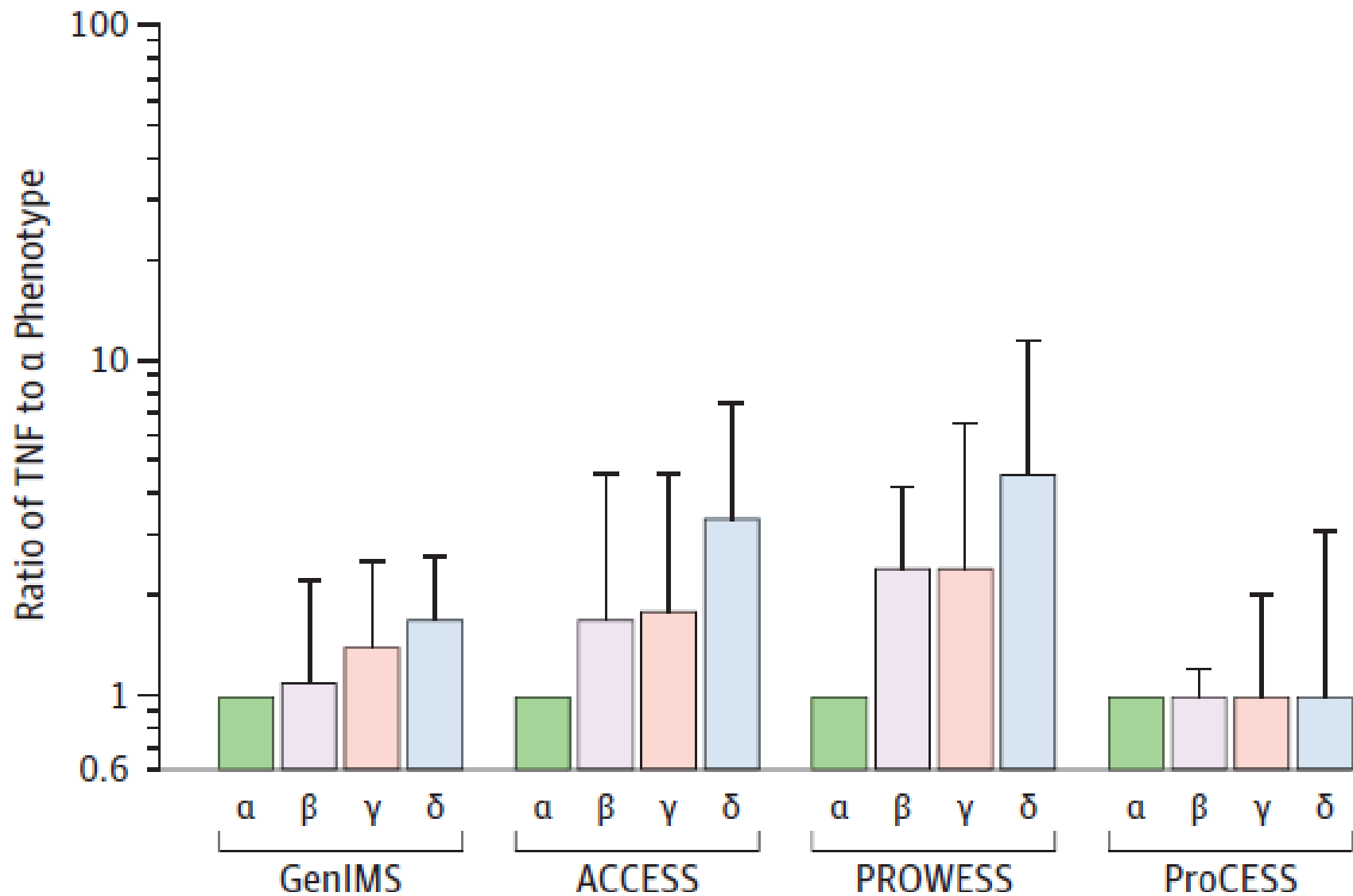


- Vyššie hodnoty v gama, delta
- Delta: koagulačné abnormality
- Beta, delta: renálne faktory

A Ratio of IL-6 to a phenotype

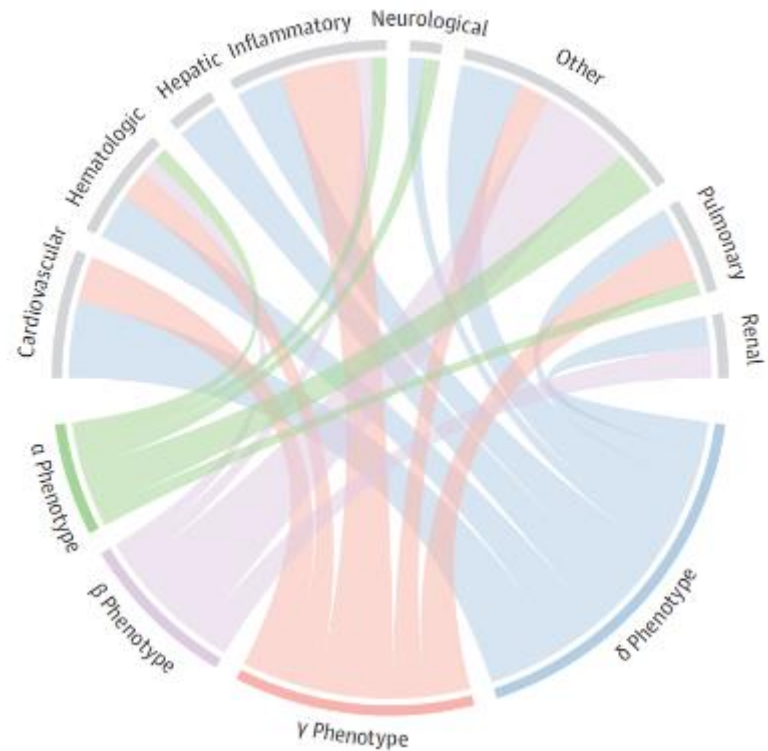


C Ratio of TNF to a phenotype



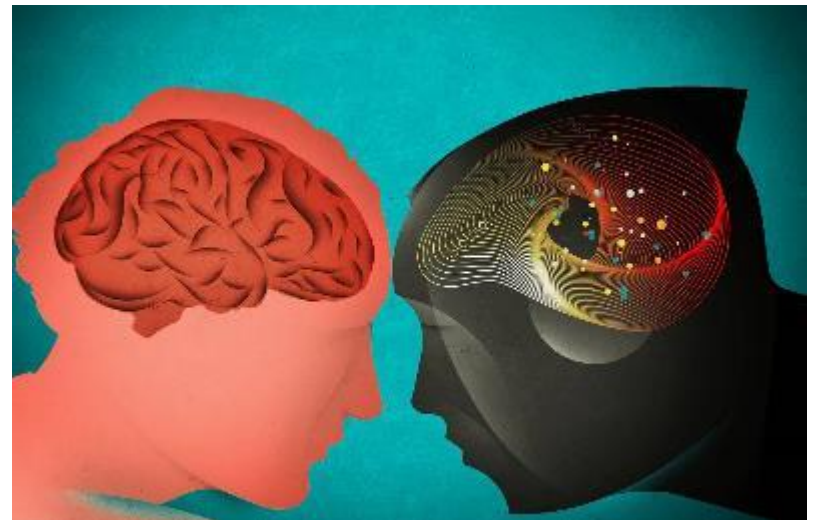
Outcome - mortalita

- Alfa 2 %
- Beta 5 %
- Gama 15 %
- Delta 32 %



Sepsa a výskum

- Pokračujúca diskusia o definícii sepsy
- Heterogénny, diverzný komplex
- Digitálne zdravotníctvo (EHR)
- Databázy – harmonizácia, dostupnosť
- ML predikčné systémy
- Zmena výsledku?
- Prospektívne overenie
- Implementácia
- Sme stále na začiatku



Umelá ventilácia



- Sedácia, analgézia
 - variabilita odpovede
- Víning/extubácia - predčasný, optimálny, neskorý
 - predikcia?
- UI: personalizácia, zníženie variability
- Príklady:
 - Prasad et al (2017): extubácia, víning lepšie ako klinická predikcia



Nové prístupy

Merania hluku, svetla, okolia

- delírium, trigery

Analýza tváre

- bolesť, utrpenie, sedácia

Nositeľná elektronika

- poloha, spánok, EKG

DL analýza existujúcich údajov

- EKG...



Sleep trackers

1. Fitbit Versa

Best wearable sleep tracker, with reliable accuracy and great App



Urgentná medicína

- **Operačné stredisko ZZS Kodaň, Corti:**
analýza hlásenia (rýchle spracovanie audio), vrátane šumu s pozadia tónu, emócie
- Čo sa ešte pýtať v urgentnom prípade
- Zistenie kvintetu prvej hodiny
- Automatická extrakcia údajov
- Preklad z jazykov, dialekty
- Odpovedať na čakajúce hovory
- Prepis do textu, spätná väzba pre dispečerov





ACC.18™

775
JACC March 20, 2018
Volume 71, Issue 11



Heart Failure and Cardiomyopathies

MACHINE LEARNING MODELS SIGNIFICANTLY IMPROVE OUTCOME PREDICTION AFTER CARDIAC ARREST

Poster Contributions
Poster Hall, Hall A/B
Saturday, March 10, 2018, 3:45 p.m.-4:30 p.m.

Conclusion: In patients admitted to ICU following cardiac arrest, novel machine learning approaches significantly enhance predictive discrimination compared to classical logistic regression mortality prediction techniques, with a stacked ensemble approach proving most accurate. The impact of pre-hospital data may increase the accuracy of mortality prediction, and further efforts need to be made to enhance the explainability of such models to encourage translation to clinical application.

An Algorithm Based on Deep Learning for Predicting In-Hospital Cardiac Arrest




Joon-myung Kwon, MD;* Youngnam Lee, MS;* Yeha Lee, PhD; Seungwoo Lee, BS; Jinsik Park, MD, PhD

Journal of Clinical Monitoring and Computing
<https://doi.org/10.1007/s10877-019-00343-7>

EDITORIAL



Predicting vital sign deterioration with artificial intelligence or machine learning

Simon T. Vistisen^{1,2}  · Alistair E. W. Johnson³  · Thomas W. L. Scheeren⁴ 

Flechet et al. *Critical Care* (2019) 23:282
<https://doi.org/10.1186/s13054-019-2563-x>

Critical Care

Received: 17 June 2019 / Accepted: 24 June 2019
 © Springer Nature B.V. 2019

RESEARCH

Open Access

Machine learning versus physicians' prediction of acute kidney injury in critically ill adults: a prospective evaluation of the AKIpredictor



Marine Flechet^{3†}, Stefano Falini^{1†}, Claudia Bonetti², Fabian Güiza³, Miet Schetz³, Greet Van den Berghe³ and Geert Meyfroidt^{3*} 

Problémy a výzvy UI



UI v medicíne - v plienkach.

Výzvy, na čo sa pripravovať:

1. Dáta, tvorba a využitie databáz

- a) Vytvorenie obrovských databáz
- b) Kompatibilita heterogénnych údajov
- c) Správnosť a kompletnosť údajov
- d) Zdieľanie údajov, otvorený prístup
- e) Personálne zdroje na popis údajov pre supervised tréning
- f) Interné a externé validovanie algoritmov
- g) Prenositel'nosť výsledkov medzi pracoviskami, extrapolácia

Problémy a výzvy UI



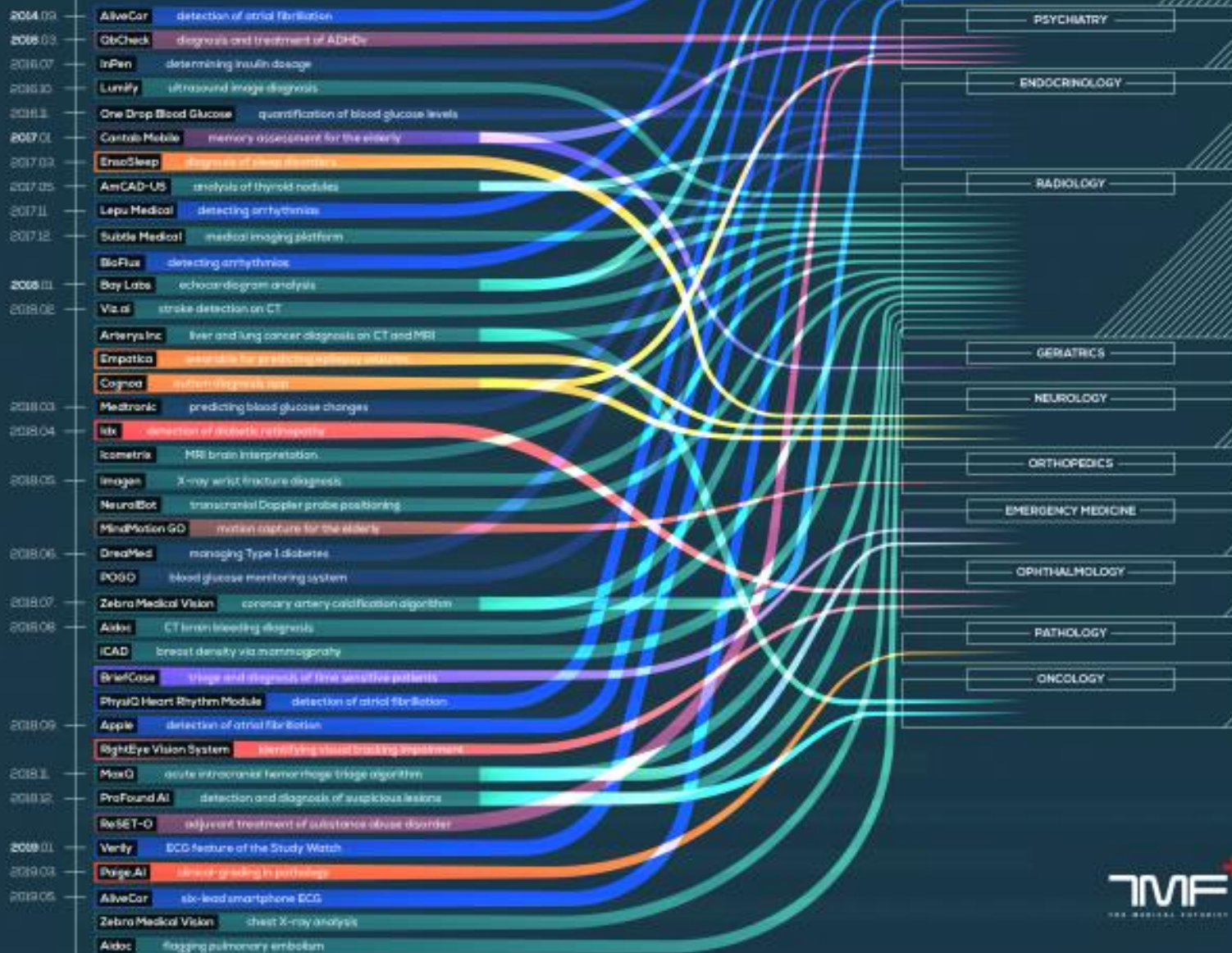
2. Transparentnosť, zrozumiteľnosť
3. Etické otázky
4. Právne otázky, zodpovednosť
5. Ochrana údajov a súkromie pacienta, komercializácia údajov
6. Bezpečnosť pacienta
7. Nezamýšľané dôsledky
8. Implementácia do dennej praxe
9. Strata pracovných miest.

Giganti v zdravotníctve

Google	Deep Mind, Genomics	Výskum, text/hlas, senzory, chorobopis, genetika, štúdie
Apple	Ekosystém telefóny, mobily	Apple Health, data management, chorobopisy
IBM	Watson	Kognitívny asistent
Amazon	Internetový obchod, Alexa	Lieky, pomôcky, doručovanie drónmi, domáci doktor



FDA APPROVALS FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED ALGORITHMS IN MEDICINE



Implementácia - realita



- Variabilné výsledky
- Medicína je pomaly sa meniaci moloch
- Kvalitné dáta – základ všetkého
- Klinický dátolog + vedecký dátolog + počítačový špecialista
- Porovnanie s inými systémami (skúsenosť...)
- Validácia, kritické posúdenie algoritmov
- Užívateľská prítulnosť
- Použitelnosť v reálnej klinickej praxi – integrovať do existujúcich systémov
- Implementácia v radiológii - pomaly

Čo hovoria na záver naši autori?



- L. Julia je optimista:
 - ľudia sú pod vplyvom hollywoodských katastrofických filmov
 - vzdelávať sa, zachovať si kritické myslenie
 - VUI: súčasné prostriedky neumožnia vznik
 - rozhodovať budú empatickí, senzibilní ľudia s „common sense“ s podporou rozšírenej inteligencie



Čo hovoria na záver naši autori?

- Toby Walsh: koniec všetkého?
 - 10 argumentov proti možnosti VUI
 - čo treba robiť
 - regulácia dát
 - regulácia trhov
 - ...
 - rozvoj kreativity
 - všetci budú profitovať z výhod UI
 - blahobyť pre všetkých





- Hlavný problém – **inkompatibilita dát**
- Veľké algoritmy môžu priniesť **nulový** úžitok pre **pacienta**
- Základná technológia s **prínosom pre pacienta** je produktívnejšia ako ML s malým klinickým významom
- Nadšenia s ML upadá, pozeráme sa na AI s dopadom na pacientov.
- Skôr **rozšírená** inteligencia
- Nájsť optimálny postoj k robotom
- **Vzdelávanie** v UI má začať v ranom veku na školách, až po **studentov LF a lekárov**
- Máme nielen big data, ale aj medicínske vedomosti; **integrovat'**
- Presnosť nástrojov AI sa musí **validovat'** s ohľadom na výsledok a klinickú užitočnosť.

MAGAZÍN

AD 2017

Nahradí raz

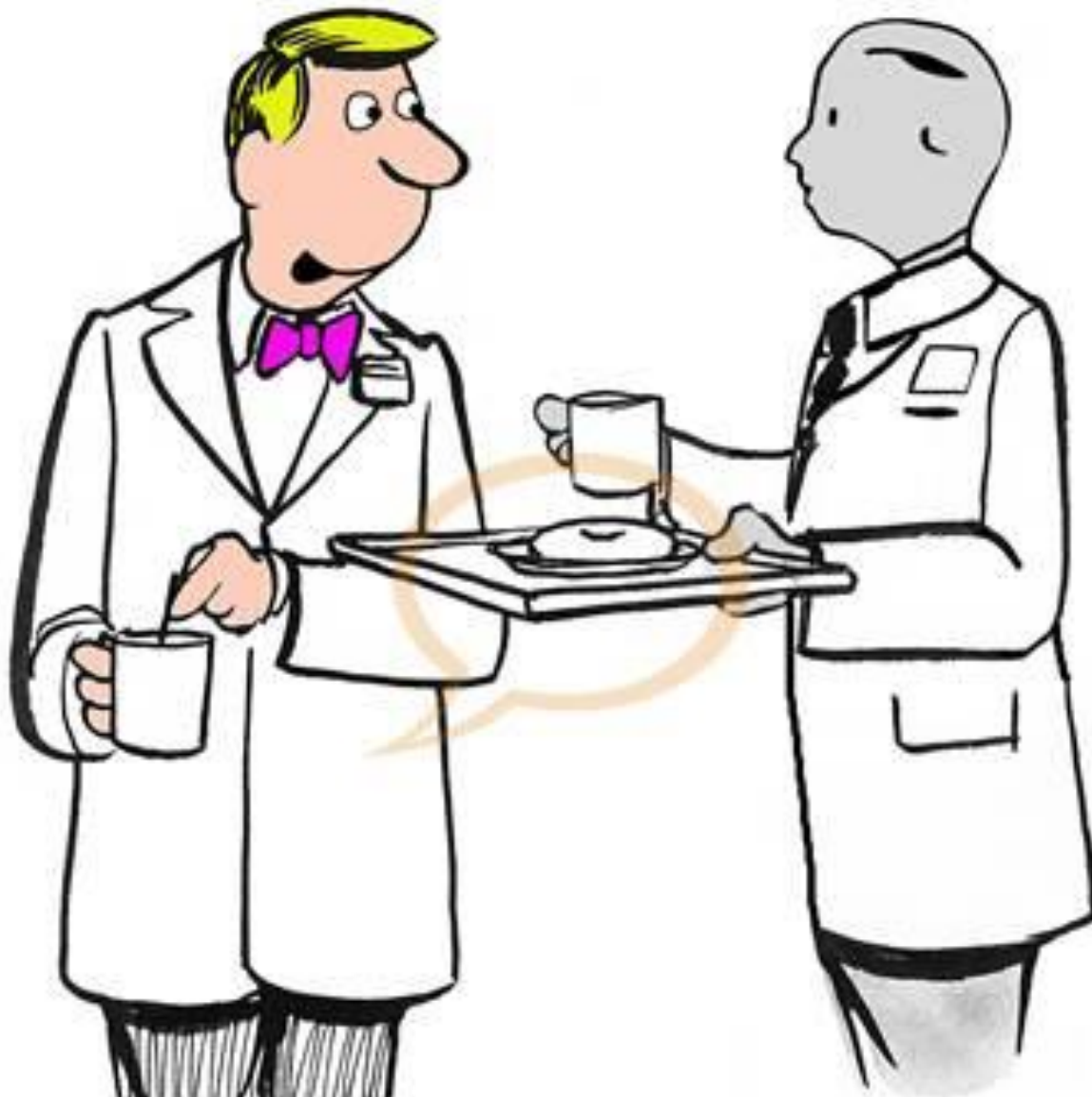
umelá inteligencia

LEKÁROV?

Automatizovaný lekár?



- Electronic Health Record
- Kamera
- Všetka znalosť medicíny je na webe
- Diagnózy a liečby je možné vložiť do rozhodovacích vetiev
- K dispozícii je hlasová komunikácia
- Fyzikálne vyšetrenie?
- Zobrazovacie metódy, laboratória – digitalizované
- Počítač lacnejší ako 6 + 5 ročné štúdium
- inštalovať neobmedzene.....



**„Nuž, jedna vec je istá.
Roboty nikdy nenahradia lekára“**

Úloha lekára u UI

- Byť v čele iniciatívy (early adopters), snívať
- Formulácia potrieb
- Spolupráca s dátovými a počítačovými špecialistami
- Vzdelávanie, silné/slabé stránky UI
- Validovať algoritmy - bezpečnosť a účinnosť, efektívnosť, presnosť, transparentnosť
- Sledovať počínanie strojov, algoritmov, Korigovať.
 - Diagnostic machine supervisor
- **PACIENT; Individualizovaná medicína**
- Po implementácii: čas na priania, potreby, nádeje obavy našich pacientov; komunikácia; empatia, starostlivosť, umenie medicíny, hodnoty pacienta...

Pozitívna perspektíva

- Klinicko-digitálna konvergencia
 - integrácia
 - medicínskych údajov
 - umelej inteligencie
 - personalizovanej medicíny
- s použitím symbiózy ľudského intelektu a strojovej inteligencie.
- Individualizovaná EBM prax, lepší klinický výsledok
 - Viac času pre priamy kontakt s pacientmi



Empatia: výhradne ľudská?



Ďakujem za pozornosť



stefan.trenkler@upjs.sk