



Informační systémy ve zdravotnictví a e-health

Cvičení 1

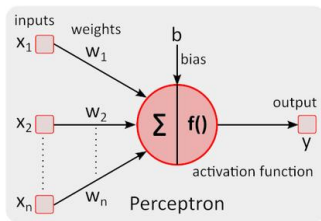
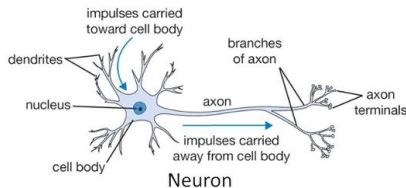
Mgr. Markéta Trnečková, Ph.D.

Umělá inteligence (AI)

- Různá odvětví
 - strojové učení
 - hluboké neuronové sítě
 - zpracování přirozeného jazyka
 - konvoluční NS (zpracovávající obraz)

Neuronová síť – inspirace biologií

- Inspirováno činností nervových buněk v mozku.
- **Neuron** = jednoduchá výpočetní jednotka.
- Každý neuron:
 - přijímá vstupy,
 - každý vstup má svou **váhu** (síla spojení),
 - spočítá součet a aplikuje **aktivační funkci**.



$$z = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots w_nx_n + b$$

$$y = f(z)$$

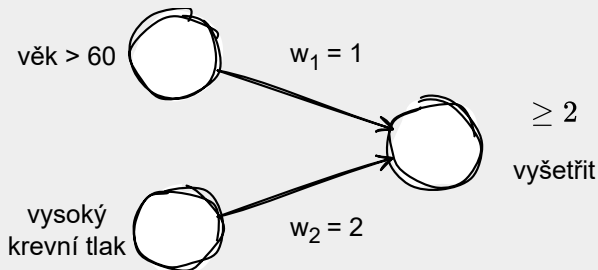
Příklad

Příklad

Jaký bude výstup pro staršího pacienta s vysokým krevním tlakem?

Jaký bude výstup pro staršího pacienta s normálním tlakem?

Jaký bude výstup pro mladšího pacienta s vysokým tlakem?

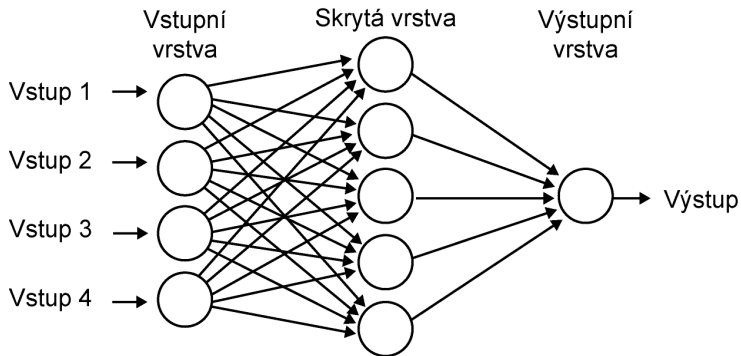


Jak bychom upravili neuron, aby se vyšetřili jen starší pacienti s vysokým tlakem?

Jak funguje neuronová síť

■ Neurony jsou propojené do vrstev:

- vstupní vrstva — přijímá data (např. obrázek, EKG signál),
- skryté vrstvy — zpracovávají a kombinují informace,
- výstupní vrstva — dává výsledek (např. diagnóza).



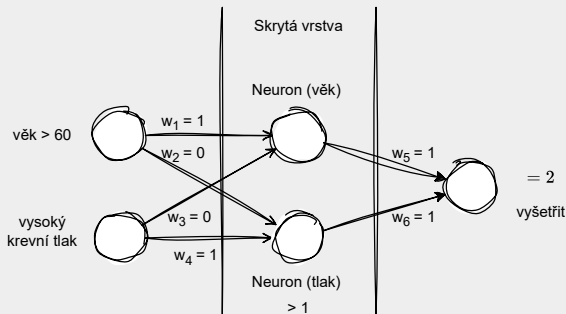
Příklad

Příklad

Jaký bude výstup pro staršího pacienta s vysokým krevním tlakem?

Jaký bude výstup pro staršího pacienta s normálním tlakem?

Jaký bude výstup pro mladšího pacienta s vysokým tlakem?



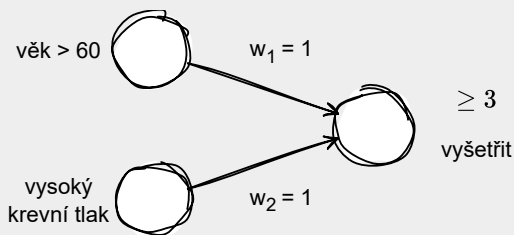
Učení neuronové sítě

- Síť se učí podobně jako člověk:
 - dostane vstup (např. RTG snímek) a správný výstup (diagnóza),
 - propočítá svůj výsledek,
 - **chyba** se použije k úpravě vah spojů (*zpětná propagace*).
- Opakováním na tisících příkladů se síť „naučí“ rozpoznávat vzory.

Příklad

Příklad

Na začátku nastavíme nějak váhy.



Máme staršího pacienta s vysokým krevním tlakem. Síť vrací, že není třeba vyšetřit. Víme, že bychom ho vyšetřit měli. Úprava vah.

Vizualizace učení neuronové sítě

- **TensorFlow Playground:** <https://playground.tensorflow.org/>
- demonstrace učení neuronové sítě na základě počtu a volbě parametrů a počtu neuronů

Příklad

- 1 Vyberte data Exclusive or (tedy taková, která se nedají rozdělit přímkou)



- 2 Nastavme si síť – Features jen x_1 a x_2 , jedna skrytá vrstva se dvěma neurony

↺	▶	Epoch	Learning rate	Activation	Regularization	Regularization rate	Problem type
		000,000	0.03	Tanh	None	0	Classification

Vizualizace učení neuronové sítě

Co můžeme pozorovat:

- Skrytá vrstva umožňuje rozdělit data, která nelze oddělit lineárně.
- Chyba (loss) se s tréninkem snižuje → vizualizace učení.
- Rychlost učení: zvyšte / snižte learning rate → ukázka, že příliš vysoká hodnota způsobí „přeskakování“ optima, příliš nízká → pomalé učení.
- Vliv počtu neuronů: 1 neuron → síť se nenaučí; 4 neurony → rychlejší a přesnější učení.

Příklad

Vyzkoušejte si vytvořit a správně nastavit neuronovou síť pro spirálová data.



Příklad využití v medicíně

- Rozpoznávání nádorů na snímcích (mamografie, CT, MRI).
- Automatická detekce arytmií z EKG.
- Predikce rizika komplikací u pacientů.
- Neurony nerozumí medicíně – jen hledají vzory v datech.

Neuronová síť = **statistický model**, který se učí z velkého množství příkladů.

AI v současné a budoucí medicíně

- v poslední době jedno z nejrychleji se rozvíjejících odvětví
- v medicíně AI představuje soubor sofistikovaných systémů, které jsou schopny napodobovat procesy lidského myšlení a rozhodování při řešení komplexních úloh
- schopnost analyzovat obrovské objemy dat, rozpoznávat v nich vzory a učit se z předchozích zkušeností

Příklad

Jaký je rozdíl mezi algoritmem a softwarem založeným na AI?

■ Využití v medicíně:

- analýza radiologických snímků
- optimalizace procesů
- predikce průběhu onemocnění
- ...

■ Problémy:

- řada etických a právních otázek
- odpovědnost při rozhodování
- limitace AI

Aplikace AI

- stále se rozšiřuje oblast, kde se využívá

Příklad

Víte o nějakém konkrétním příkladu?

- analýza biomedicínských dat
- podpora rozhodování lékaře
- počítačem podporovaná detekce (computer-aided detection CAdE)
- počítačem podporovaná diagnostika (computer-aided diagnosis CAdx)
- personalizovaná medicína
- automatizace administrativních úkonů

Analýza biomedicínských dat

- Analýza dat zahrnuje:
 - získání dat
 - analýza dat
 - interpretace
- jedná se o velké množství dat (digitálních informací z různých zdrojů)
- **Zdroje:**
 - elektronická zdravotní karta/dokumentace
 - lékařské snímky (RTG, MR, ...)
 - medicínské signály (EMG, ...)
 - nositelná technologie (chytré hodinky, ...)

Analýza biomedicínských dat

Konkrétní příklady

■ Vývoj nových léčiv

- urychlení vývoje
- InSilico Medicine využila tuto metodu při vývoji léčby idiopatické plicní fibrózy
- ze stovek tisíc molekul dokázala jejich AI v krátké době vybrat několik slibných kandidátů

■ Navrhování zcela nových chemických sloučenin na základě požadovaných parametrů

- zpracování velkého množství dat a kombinací
- AI predikuje například i jejich chování v lidském organismu nebo afinitu k cílovým proteinům
- společnost Schrödinger – zaměřuje se na identifikaci nových terapeutických cílů stávajících, běžně využívaných léků

■ Vývoj lékařských přístrojů

- může pomáhat při návrhu a testování nových přístrojů, což může zlepšit jejich výkon a bezpečnost
- společnost Johnson & Johnson – využívá AI k simulaci a testování nových designů lékařských přístrojů

Podpora rozhodování lékařů

- Systém pro podporu rozhodování (clinical decision support system – CDSS, CDS) je zdravotnický informační systém určený k podpoře rozhodnutí lékaře či jiného zdravotnického pracovníka ve směru diagnostiky, léčby či dalšího postupu u konkrétního pacienta.
- **Dělení:**
 - znalostní (knowledge-based) – obsahují aktuální data např. interakcí léčiv, laboratorních hodnot, doporučených klinických postupů, doporučených způsobů léčby. Takový systém je nutno aktivně aktualizovat, doplňovat nutné informace z aktuálních studií a udržovat databázi znalostí;
 - systémy s umělou inteligencí (machine learning, non-knowledge based) – tyto systémy neobsahují žádné znalosti, ale empiricky sledují různé ukazatele v datech, analyzují je a v případě nutnosti uživateli navrhnou vhodný postup. Pokud vydají nějaké doporučení, pak nedokáží poskytnout žádný relevantní zdroj informací, protože odhad je založen pouze na statistickém a empirickém zhodnocení dosavadních dat (jde například o sledování laboratorních ukazatelů a upozornění lékaře např. na rozvíjející se nemocniční infekci na základě dat dané nemocnice).
- AI asistuje při rozhodování
- poskytuje řadu měřitelných (kvantitativních) parametrů, ty lze individuálně porovnávat

Podpora rozhodování lékařů

Princip

- obecně se jedná o rozhodování na základě snímků, laboratorních výsledků a podobně
- ukážeme si to na příkladu použití generativní AI pro diagnostiku – ChatGPT (<https://chatgpt.com/>)
- generativní AI dokáže analyzovat text (příznaky, anamnéza)
- umí navrhnout možné diagnózy

Podpora rozhodování lékařů

Příklad

Příklad

Pomocí ChatGPT zkuste určit diagnózu následujících pacientů (vyberte si jednoho). Sami se zamyslete, co by mohlo být pacientovi, případně, jaké je potřeba ještě udělat vyšetření, a vydejte doporučení. Srovnejte ho s tím, které jste dostali od chatbota.

- Muž, 54 let. Opakované bolesti na hrudi při námaze, trvající 2 týdny. Kouří, má vysoký krevní tlak a vysoký cholesterol. Při fyzické aktivitě dušnost.
- Žena, 28 let. 3 dny horečka 38,5°C, suchý kašel, bolesti svalů, únava. Nemá očkování proti chřipce.
- Chlapec, 9 let. Náhlá bolest břicha vpravo dole, nechutenství, teplota 37,8°C. Bolest se zhoršuje při chůzi.
- Muž, 78 let. Poslední 2 dny zmatený, horší orientace, občas neklid. Dlouhodobě léčen pro hypertenzi, diabetes 2. typu.

Je možné využít i copilota po přihlášení do portálu UP (Office 365).

Podpora rozhodování lékařů

Příklad

Příklad

Jsou zde nějaká omezení, nebo limitace? Rozhodl se vždy správně?

Jak AI chatboti fungují?

- generativní (textová) AI je statistický model jazyka
- učí se z velkého množství textů předpovídat další „kousek textu“ (tzv. token – část slova nebo slovo) na základě toho, co už viděla
- místo „databáze faktů“ je to pravděpodobnostní stroj: pro daný kontext spočítá rozdělení pravděpodobností pro další token a vylosuje z něj pokračování
- jako kdybyste po přečtení tisíců zpráv a učebnic odhadovali, jak pravděpodobně bude pokračovat další věta v dané diagnóze

Příklad

Ahoj. Jak se . . .

Jak AI chatboti fungují?

Příklad

Ahoj. Jak se ...

- ... máte, ... daří, ... vede, ... jmenujete
- dle pravděpodobnosti vybereme výsledek
- výstup není deterministický, je ovlivněn několika parametry (jak moc má být kreativní)

Jak AI chatboti fungují?

Jak to funguje více podrobně?

- 1 text se rozdělí na tokeny – to jsou kusy slov (např. „lékař“, „-ský“, nebo i celé slovo)
- 2 každý token je namapován na vektor (embedding) – seznam čísel (např. 1 024 nebo 2 048 čísel)
Embedding tabulka je naučená během tréninku; vektory zachycují významové vztahy (podobné tokeny mají podobné vektory)
- 3 každému tokenu je také přiřazena informace o pozici tokenu (aby bylo známé pořadí tokenů)
- 4 každý token si vytvoří 3 vektory (Query, Key, Value) a „ptá se“ ostatních tokenů, jak jsou důležité. Výsledek je vážený součet, takže token zohledňuje kontext (Self-attention)
- 5 transformer blok umožňuje tokenu, aby prošel krátkou neuronovou sítí, která upraví jeho reprezentaci
- 6 poslední dva kroky se opakují paralelně víckrát, pokaždé s jinou Self-attention funkcí

Jak AI chatboti fungují?

Jak to funguje více podrobně?

- model při generování vidí jen omezený počet posledních tokenů (tzv. kontextové okno)
- model maximalizuje pravděpodobnost textu, ne „pravdu“ – když data v kontextu nestačí, doplní nejpravděpodobnější informace (i smyšlené) – **halucinace**
- RAG (Retrieval-Augmented Generation): před generováním se vyhledají relevantní dokumenty (guidelines, lokální protokoly) a přidají se do kontextu → snižuje halucinace a zvyšuje aktuálnost
- Safety & filtering layers: dodatečné moduly pro detekci nebezpečného obsahu, ochranu soukromí, kontrolu faktické přesnosti
- Tooling / plugins: model může volat kalkulačku, lékové databáze, EHR API apod. a začlenit výsledky do odpovědi
- Hlavní omezení:
 - Bias v tréninkových datech: model může reprodukovat demografické nebo diagnostické zkreslení
 - Nedostatečné schopnosti kauzálního uvažování — model je silný v korelaci a vzorech, slabší v provádění komplexních, certifikovatelných závěrů bez dalších nástrojů

Jak AI chatboti fungují?

Rady, co dělat při využití v klinické praxi

- Používejte modely jako pomocníka, nikoli jako definitivní zdroj
- Vyžadujte zdroje / citace a ověřujte je (ideálně RAG-podporované systémy)
- Logujte vstupy a výstupy a udržujte audit trail — důležité pro odpovědnost
- Preferujte specializované/schválené systémy (CDSS, radiologické modely) pro diagnostická rozhodnutí; ChatGPT je užitečný pro sumarizace, edukaci, návrhy otázek, tvorbu dokumentace

studie ukazují, že i ChatGPT dosahuje jen kolem 37% správnosti v otevřené diagnostické situaci vs. specializované systémy.

Příklad dalšího využití ChatGPT

Příklad

Shrňte (pomocí ChatGPT) text tak, aby ho pochopil člověk bez medicínského vzdělání a vysvětlíte, co má pacient dále dělat.

Jméno pacienta: Jan Novák

Rodné číslo: 730415/1234

Datum vyšetření: 5. 9. 2025

Oddělení: Interní ambulance

Anamnéza:

Pacient udává intermitentní bolesti na hrudi při fyzické zátěži trvající poslední 3 týdny, někdy provázené dušností. V osobní anamnéze hypertenze (10 let), hyperlipidémie, kouření 20 cigaret/den. Rodinná anamnéza: otec zemřel na infarkt myokardu v 58 letech.

Fyzikální vyšetření:

TK 155/95 mmHg, puls 86/min, BMI 30. Srdeční ozvy pravidelné, bez šelestů. Na plicích poslechově čistý nález.

EKG:

Sinusový rytmus, horizontální deprese ST segmentu v II, III, aVF při zátěži.

Laboratoř:

Celkový cholesterol 6,8 mmol/l, LDL 4,5 mmol/l, glykemie nalačno 5,6 mmol/l, troponin negativní.

Závěr:

Klinický obraz suspektní z anginy pectoris.

Doporučení:

Odeslat k provedení zátěžové echokardiografie.

Zahájit léčbu betablokátozem a statinem.

Důrazně doporučena úprava životosprávy, zákaz kouření.

Příklad dalšího využití ChatGPT

Příklad

Jak hodnotíte shrnutí?
Kdo z vás zadal i RČ?

Podpora rozhodování lékařů

Specializovaní medicínští AI

- DrugGPT (Oxford) – asistuje lékařům při předepisování léčby, flaguje lékové interakce a vysvětluje výběr léčiva s odkazem na klinické studie a postupy
- Doctronic – anonymní chat s pacientem 24/7, poskytuje až 4 možné diagnózy + výstupy v „čisté angličtině“ i formátu SOAP, s možností rapidního přesměrování na lékaře; HIPAA-kompatibilní
- MedSync – zadávání symptomů přes AI konverzační rozhraní, analýza, možné diagnózy a doporučení; HIPAA-kompatibilní
- VisualDx — umožňuje zadání symptomů a nabízí obrázkové srovnání diagnóz včetně možných medikamentózních reakcí
- Další: <https://www.keragon.com/blog/ai-chatbots-in-healthcare>

Výhody:

- Používají pro trénování medicínské databáze, odbornou logiku (na rozdíl od ChatGPT, který je obecný)
- Dosahují vysoké přesnosti ve specializovaných úlohách
- Jsou regulované a mají lékařský dohled

Podpora rozhodování lékařů

Příklad

Příklad

Pomocí Doctronic.ai (<https://www.doctronic.ai/>) nebo MedSync (<https://chat.medsync.ai/>) zkuste určit diagnózu následujících pacientů (vyberte si jednoho). Srovnejte ho s tím, které jste dostali od ChatGPT.

- Muž, 54 let. Opakované bolesti na hrudi při námaze, trvající 2 týdny. Kouří, má vysoký krevní tlak a vysoký cholesterol. Při fyzické aktivitě dušnost.
- Žena, 28 let. 3 dny horečka 38,5°C, suchý kašel, bolesti svalů, únava. Není očkována proti chřipce.
- Chlapec, 9 let. Náhlá bolest břicha vpravo dole, nechutenství, teplota 37,8°C. Bolest se zhoršuje při chůzi.
- Muž, 78 let. Poslední 2 dny zmatený, horší orientace, občas neklid. Dlouhodobě léčen pro hypertenzi, diabetes 2. typu.

Počítačem podporovaná detekce

computer-aided detection CAdE

- umožňuje detekci abnormalit v medicínských datech (identifikace lézí, jejich počtu, objemu, sledování změn v čase, ...)
- **Příklady:**
 - nnU-Net – automaticky segmentuje lékařské snímky (např. CT nebo MRI). Používá se k „označení“ různých struktur v těle (např. nádorů, orgánů) v obraze.
 - MedSAM – také automaticky segmentuje lékařské snímky

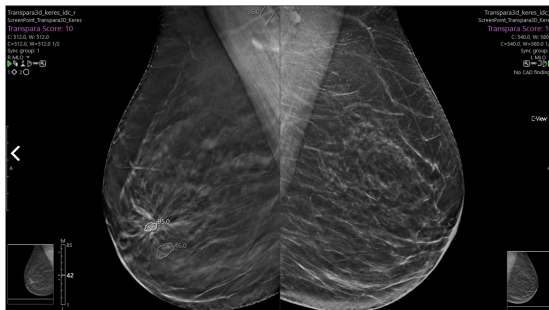


Segmentace obrazu znamená, že počítač rozdělí obrázek na oblasti podle toho, co k sobě patří – např. odliší orgán od okolní tkáně.

Počítačem podporovaná diagnostika

computer-aided diagnosis CADx

- na základě detekovaných abnormalit AI umožňuje určovat typ či grading nádoru nebo klasifikovat jiné patologické nálezy
- např. prognóza na základě objemu ischemických změn u mozkového infarktu
- poskytuje informace nad rámec pouhé identifikace → přesnější diagnóza i léčba
- **Systém Transpara pro mamografii**
 - Výrobce: ScreenPoint Medical
 - Automaticky analyzuje mamografické snímky (2D i 3D); Označí oblasti s podezřením na rakovinu prsu; Vyhodnotí riziko u každého nálezu (od 1 do 10)



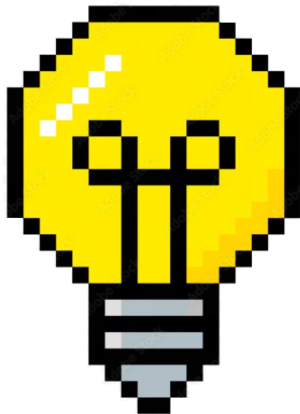
Reprezentace obrazu v počítači

2D obraz

- obraz je reprezentován obrazovými body – **pixely**
- každý pixel nese informaci o barvě
 - B/W obrázek – každý pixel hodnota 0 nebo 1 (1 bit)
 - šedotónový – světlost obrázku (většinou hodnota 0, ..., 255 = 1 byte)
 - barevný obrázek – barevný model (např. RGB), pro každou složku jedna hodnota tj. 3 byty
- **Příklad:** RTG snímek, mamografie

Příklad

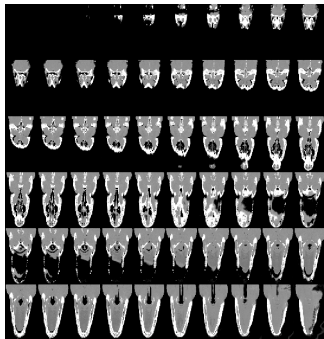
Předpokládejme, že máme barevný obrázek velikosti 1000×500 . Kolik hodnot ho reprezentuje?



Reprezentace obrazových dat

3D data

- 3D obraz: objemová data – **voxely** (např. CT, MRI)
- každý voxel nese informaci o intenzitě (např. hustota tkáně)
- 3D data umožňují rekonstrukci orgánů, měření objemů, sledování změn



Příklad

Kolik voxelů obsahuje CT snímek o rozměrech $512 \times 512 \times 100$?

Formát DICOM

Standard pro lékařské obrazové záznamy

- **DICOM** = Digital Imaging and Communications in Medicine
- obsahuje obrazová data + metadata (pacient, přístroj, datum, dávka záření)
- umožňuje interoperabilitu mezi zařízeními a softwary
- každý snímek je uložen jako samostatný soubor nebo série

Praktické cvičení

Práce s DICOM soubory online

Příklad

- Otevřete webovou stránku <https://www.dicomlibrary.com>
- Vyberte libovolnou studii vlevo DICOM Samples (např. CT mozku, MRI kolene)
- Klikněte na View
- Prohlédněte si jednotlivé snímky ve studii
- Všimněte si:
 - počtu snímků ve studii
 - typu modality (CT, MRI, RTG, ...)
 - rozměrů snímku (např. 512×512)
 - metadata – jméno modality, datum, ID pacienta, typ přístroje
- Zkuste odpovědět:
 - Kolik voxelů má celá studie?
 - Jaký typ vyšetření byl proveden?
 - Jaké informace o pacientovi a přístroji jsou dostupné?

PACS systém

Ukládání a sdílení obrazových dat

- **PACS** = Picture Archiving and Communication System
- slouží k ukládání, vyhledávání a sdílení obrazových dat
- napojení na nemocniční informační systém (NIS)
- umožňuje přístup k snímkům z různých pracovišť



Praktické cvičení

Práce s PACS-like systémem – OHIF Viewer

Příklad

- Otevřete webovou aplikaci: <https://viewer.ohif.org>
- Vyberte si nějakou studii (Basic Viewer)
- Prohlédněte si snímky ve studii pomocí nástrojů:
 - posun, zoom, měření vzdálenosti
 - změna kontrastu (window/level)
 - přepínání mezi snímky (scroll)
- Zjistěte:
 - kolik snímků studie obsahuje
 - jaký je typ modality (CT, MRI, ...)
 - jaké jsou rozměry snímku (např. 512×512)
- Vyzkoušejte nástroj pro měření – změřte velikost vybrané struktury

OHIF Viewer vs. PACS systém

Porovnání webového nástroje a nemocničního systému

OHIF Viewer	Klasický PACS systém
Webový open-source prohlížeč DICOM snímků	Komplexní nemocniční systém pro správu obrazových dat
Není nutná instalace – běží v prohlížeči	Instalace na serverech, napojení na NIS/RIS
Základní nástroje: zoom, měření, kontrast	Pokročilé nástroje: porovnání studií, 3D rekonstrukce, AI analýza
Vhodné pro výuku, výzkum, testování	Určeno pro klinické použití lékaři, radiology
Omezená bezpečnost, není určeno pro reálná data	Vysoká bezpečnost, auditní záznamy, přístupová práva
Samostatný nástroj	Integrovaný do nemocničního systému

Příklad

Jaké jsou výhody a nevýhody 3D zobrazení oproti 2D.

Software pro práci s obrazovými daty

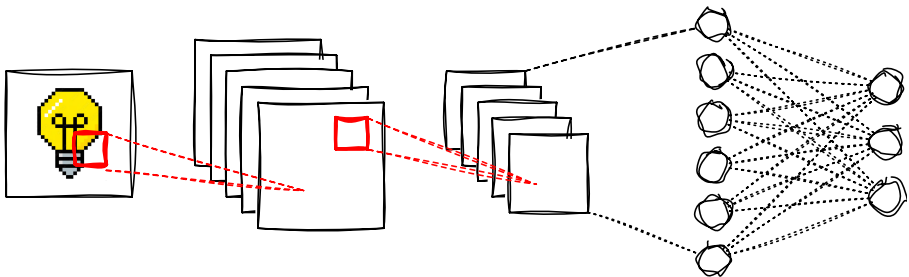
Používané nástroje v medicíně

- **OsiriX, RadiAnt, 3D Slicer, Horos, InVesalius**
- funkce: prohlížení DICOM, segmentace, 3D rekonstrukce, měření
- některé nástroje podporují AI analýzu (např. klasifikace nádorů)
- open-source i komerční řešení

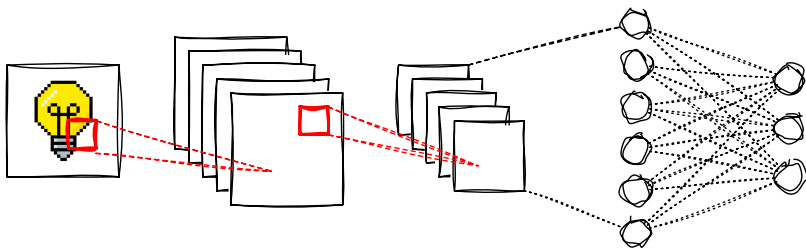


Jak AI pracuje s obrazy?

- každá hodnota (nebo jen pixel) jako vstupní hodnota → obrovské množství parametrů
- pixely mají lokální strukturu – sousední pixely spolu souvisí
- řešení = **konvoluční neuronové sítě**



Jak AI pracuje s obrazy?



- na obrázek aplikujeme několik filtrů, pomocí kterých hledáme nějaké vzory, textury, tvary (feature extraction)
- po každém filtrování se obrázek zmenší (např. se vezme z 2×2 pixelů maximum) (pooling)
- toto můžeme udělat několikrát
- nakonec z matic uděláme jeden vektor čísel (flatten)
- tento vektor je vstupem do plně propojené neuronové sítě
- nakonec se nalezené rysy pošlou do klasifikátoru, který určí s jakou pravděpodobností se jedná o nějaký objekt

Jak AI pracuje s obrazy?

Příklad

- **Teachable machine:** <https://teachablemachine.withgoogle.com/>
- v Teachable Machine neprogramujeme filtry ručně
- filtry jsou předtrénované na milionu obrázků
- síť je možné dotrénovat vlastními obrázky

Jak AI pracuje s obrazy?

Příklad

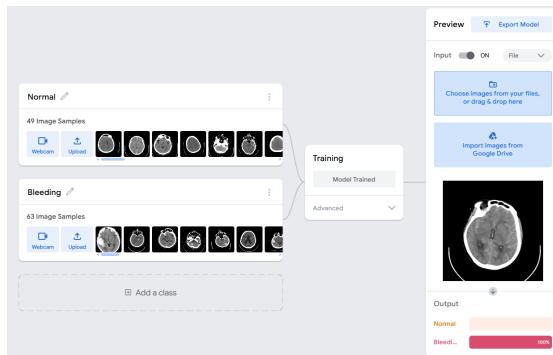
Příklad

- 1 otevřete <https://teachablemachine.withgoogle.com/> → Get started → Vyberte model
- 2 vytvořte dvě sady obrázků – dvě třídy pro klasifikaci (např. zdravé a nemocné plíce)
- 3 část z obrázků použijte pro dotrénování sítě
- 4 na zbylých vyzkoušejte, zda je model správně vyhodnotí

Online se dá najít mnoho již hotových datasetů. Například Brain Stroke dataset <https://www.kaggle.com/datasets/ozguraslank/brain-stroke-ct-dataset>.

Jak AI pracuje s obrazy?

Příklad



Příklad

Jaké jsou limitace využití AI pro klasifikaci?

Jak AI pracuje s obrazy?

Limitace

- Velikost datasetu – příliš málo obrazů, nebude fungovat správně
- Různorodost snímků – různá pohlaví, různé přístroje, různé rasy, . . .
- Výstup je pravděpodobnost s jakou patří snímek do jedné z kategorií, nepoví proč tak rozhodl
- Regulace (např. EU AI Act, FDA approval) – model musí projít validací.

Personalizovaná medicína

- tradiční hodnocení – na základě velikosti, tvaru lézí, . . .
- personalizovaná medicína – zohledňuje i další (epi)genetické, environmentální a životní faktory (chronická onemocnění)
- AI umožní zdravotnickým pracovníkům přizpůsobit léčebné strategie přímo pacientovi na míru
- to vede ke zlepšení kvality výsledku

Automatizace administrativních úkonů

- efektivnější provoz zdravotnických zařízení
- Příklad:
 - automatické přepisování a strukturování lékařských záznamů
 - vystavovat a posílat elektronické žádanky
 - extrahovat informace
- **Konkrétní příklad:**
 - Emory Toolbox – automatizované generování zpráv (využívá více než 230 pravidel – zatím jen omezení na kardiologii, komplexní ještě neexistuje)

Vysvětlitelná umělá inteligence (xAI)

- zaměřuje se na transparentnost AI systémů
- zejména tak, aby byly rozhodovací systémy pochopitelné pro lidi
- v medicíně je důležité porozumět, jak AI dospěla k nějakému závěru, aby lí lékaři mohli důvěřovat a vysvětlit zjištění pacientům
- transparentnost = akceptace AI v medicíně (rozhodnutí jsou eticky a klinicky opodstatněné)

Etické a právní aspekty využití AI v medicíně

- Ochrana soukromí pacientů
- Odpovědnost za rozhodnutí učiněná s podporou AI
- Regulace a standardizace AI systémů v medicíně

Lékaři velmi rychle podléhají závislosti na AI, naznačuje výzkum

Tomáš Karlík

Zdroj: ČT24, Lancet Gastroenterology and Hepatology, NPR



<https://czch.tv/zavislostai>

Etické a právní aspekty využití AI v medicíně

Ochrana soukromí pacientů

- zejména ochrana osobních údajů
- v ČR pravidla vycházejí z
 - obecného nařízení EU o ochraně osobních údajů (GDPR)
 - občanského zákoníku
 - zákona o zdravotních službách
 - zákona o zpracování osobních údajů
- klíčové otázky
 - právní důvod shromažďování údajů ze soukromí pacienta a jejich dalšího uchovávání
 - oprávnění přístupu k těmto údajům
 - oprávnění využívání těchto dat pro jiné účely než je poskytování zdravotních služeb (včetně trénování AI)
- je-li AI využívána při poskytování zdravotních služeb (např. jako nástroj pro zpracování zdravotní dokumentace), jedná se o **dovolené zpracování údajů**
- právním důvodem je plnění povinností stanovených právními předpisy
- není potřeba souhlas pacienta
- v případě, že jsou data využívána neoprávněně, má pacient právo se domáhat toho, aby od tohoto jednání bylo upuštěno a aby byl odstraněn následek tohoto zásahu do soukromí

Etické a právní aspekty využití AI v medicíně

Odpovědnost za rozhodnutí učiněná s podporou AI

- pokud zdravotnický pracovník používá pro své rozhodnutí o tom, zda a jakou zdravotní péči pacientovi poskytnout, nástroje založené na AI, je prvním příkázáním pro tento jeho postup povinnost poskytovat zdravotní služby na náležitě odborné úrovni (viz § 49 odst. 1 zákona o zdravotních službách)
- to znamená, že musí poskytovat zdravotní služby zejména podle pravidel vědy a uznávaných medicínských postupů
- pokud je AI komponentou zdravotnického prostředku, je povinností zdravotníka používat tento prostředek v souladu s pokyny výrobce (viz § 39 odst. 1 o zdravotních prostředcích a diagnostických zdravotnických prostředcích in vitro)
- poskytovatel zdravotnických služeb (až na výjimky) neodpovídá za výsledek, ale za dodržování povinností spojených s poskytováním zdravotních služeb
- samotný zdravotnický pracovník může v této souvislosti čelit možným trestům od profesní komory (disciplinární odpovědnost), nebo může být vyžadována kompenzace zaměstnavateli náhradu škody (pracovněprávní odpovědnost)

Etické a právní aspekty využití AI v medicíně

Odpovědnost za rozhodnutí učiněná s podporou AI

Příklad

Může se stát, že poskytovatel nic nezanedbá, ale ukáže se, že nástroj obsahující AI, který u pacienta použil, byl vadný a v důsledku toho vznikla pacientovi škoda. Kdo by podle vás měl pacientovi škodu nahradit?

Etické a právní aspekty využití AI v medicíně

Odpovědnost za rozhodnutí učiněná s podporou AI

Příklad

Může se stát, že poskytovatel nic nezanedbá, ale ukáže se, že nástroj obsahující AI, který u pacienta použil, byl vadný a v důsledku toho vznikla pacientovi škoda. Kdo by podle vás měl pacientovi škodu nahradit?

- dle § 2936 občanského zákoníku – škodu je povinen nahradit poskytovatel zdravotní péče
- stejně tak pokud použije AI pro to, aby pacientovi poskytl hrazenou radu nebo informaci, a pacientovi vznikne škoda, neboť daná informace byla nesprávná nebo neúplná, respektive rada byla škodlivá, bude povinen tuto škodu pacientovi nahradit

Etické a právní aspekty využití AI v medicíně

Regulace a standardizace AI systémů v medicíně

- AI nástroje jsou schopné výrazně ovlivnit diagnostiku, léčbu a správu zdravotnických služeb
- je nutné zavést pravidla, která zajistí bezpečnost, efektivitu a etické využití těchto technologií
- je vhodné, aby existovala mezinárodní spolupráce při tvorbě těchto pravidel
- 2024 EU publikovala nařízení (EU) 2024/1689 – nařízení které stanovuje harmonizovaná pravidla pro umělou inteligenci (**akt o umělé inteligenci**)
- v medicíně se uplatňují specifická pravidla pro vývoj, prodej a použití zdravotnických prostředků (zejména nařízení (EU) 2017/745 o zdravotnických prostředcích)

Etické a právní aspekty využití AI v medicíně

Přehled zásadních právních předpisů EU vztahujících se k AI

- 1 nařízení (EU) 2024/1689, stanovuje harmonizovaná pravidla pro umělou inteligenci (akt o umělé inteligenci, **AI Act**)
- 2 nařízení (EU) 2016/679 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů (obecné nařízení o ochraně osobních údajů, **GDPR**)
- 3 směrnice (EU) 2016/2102 o přístupnosti webových stránek, mobilních aplikací subjektů veřejného sektoru (**WAD**)
- 4 nařízení (EU) 2017/745 o zdravotnických prostředcích (**MDR**)
- 5 nařízení (EU) 2017/746 o diagnostických zdravotnických prostředcích in vitro (**IVDR**)
- 6 směrnice (EU) 2019/1024 o otevřených datech a opakovaném použití informací veřejného sektoru (**ODD**)
- 7 nařízení (EU) 2022/868 o správě dat (Data Governance Act, **DGA**)
- 8 směrnice (EU) 2022/2555 o opatřeních k zajištění vysoké společné úrovně kybernetické bezpečnosti v Unii (**NIS2**)

Etické a právní aspekty využití AI v medicíně

Přehled zásadních právních předpisů EU vztahujících se k AI

- 9 nařízení (EU) 2023/988 o obecné bezpečnosti výrobků (**GPSR**)
- 10 nařízení (EU) 2023/2854 o spravedlivém přístupu k datům a jejich využívání (o datech, **Data Act**)
- 11 nařízení (EU) 2024/903 o interoperabilitě veřejného sektoru (**Interoperable Europe Act**)
- 12 nařízení (EU) 2024/1183 o evropské digitální identitě rámec (**EUDI**)