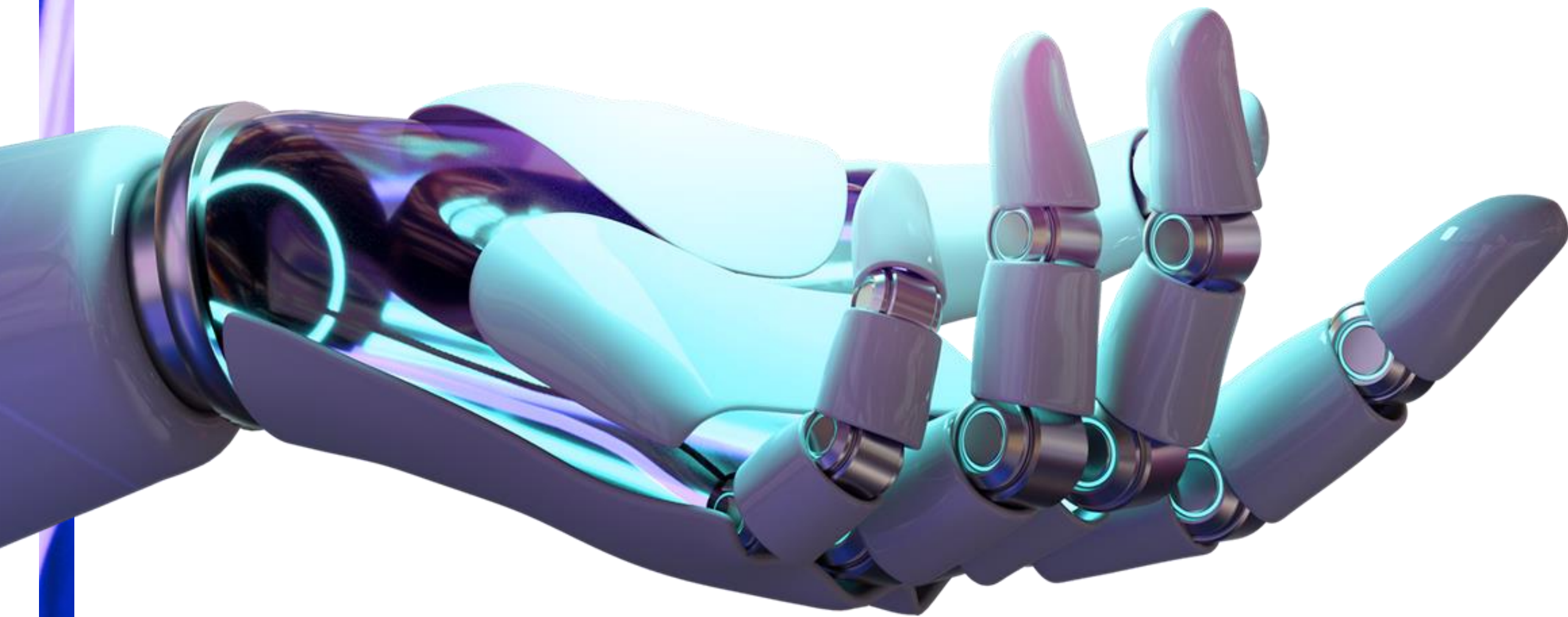


Od pixelů k diagnóze



Kamila Dvořák

Moje cesta

- **B.Sc.** Biomedicínská technika a bioinformatika (FEKT, VUT, Brno)
- **M.Sc.** Fyzika v medicíně (UEF, Kuopio, FI)
- **M.Sc. / Ph.D.** Mayo Clinic (Rochester, US)
- **Ph.D.** Asistivní technologie (FBMI, CVUT, Praha)
- **Head of Research and Software Development:** Neurona Lab
- **Technology Leader:** Channel Lab



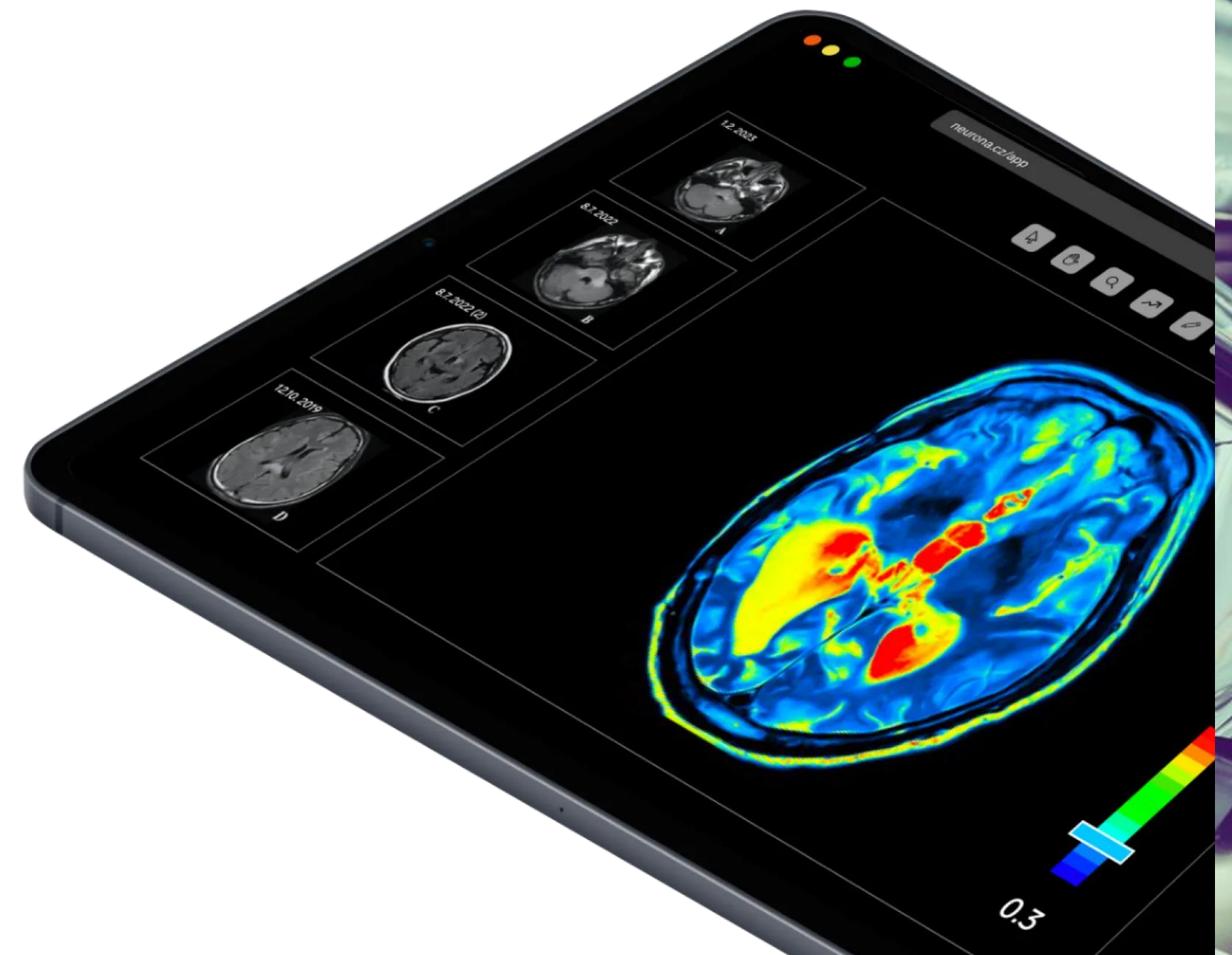
bezpečnější a účinnější diagnostika a léčba
Alzheimerovy nemoci s podporou AI



Neurona PET

Dokáže zpřesnit diagnostiku AN a sledovat progresi onemocnění

Využívá AI algoritmus ke stanovení množství a lokalizaci patologické bílkoviny beta-amyloid, která způsobuje AN, pomocí fúze MRI a PET.



Neurona ARIA

Dokáže pomocí AI včas a přesně odhalit nežádoucí účinky biologické léčby

AI detekuje nežádoucí účinky biologické léčby AN jako jsou edémy či mikrokrvácení



Neurona VOX

Dokáže přesně a včas odhalit AN v jejím počátečním stádiu

Pomocí mobilní aplikace rozpozná rané příznaky neurodegenerativních onemocnění díky analýze hlasu pacienta.





Jak to funguje

Diagnostika

Media

O nás

Pro pacienty

Kontakt

Diagnostika diabetické retinopatie umělou inteligencí

- ✓ Hrazeno zdravotními pojišťovnami
- ✓ Intuitivní ovládání pro sestry i lékaře
- ✓ Výsledky diagnostiky do 60 vteřin



Vyzkoušet Aireen®



Aireen je první **CE-MDR IIb** certifikovaný zdravotnický prostředek, založený na umělé inteligenci, vyvinutý v ČR.



Only 4 steps



Retina Scan Capture

Standard fundus camera scan

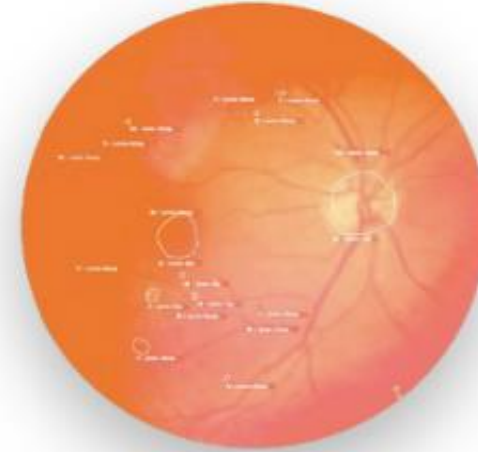
Step 1



Cloud Upload & Data Validation

Aireen performs instant quality check and feedback to operator

Step 2



AI Analysis

Takes only 30 seconds to diagnose in Aireen cloud

Step 3



Report Provided

Report indicating presence or absence of DR symptoms

Step 4



Aireen Cloud

Eye offer Unique focus on Major Diseases

**Diabetic
Retinopathy** ✓

AMD ✓

**Hypertensive
Retinopathy** ...

Glaucoma ...

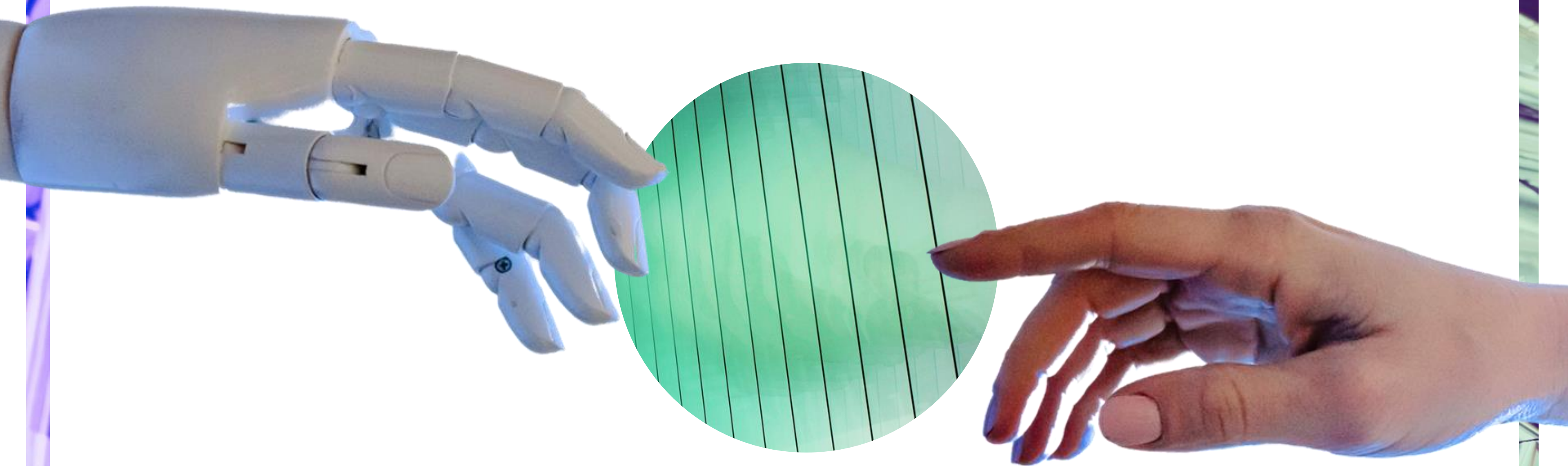
**Parkinson's
Disease**

**Alzheimer
Disease**

**Kidney
health**

**Atrial
Fibrillation**

**Biological Age
(Longevity)**



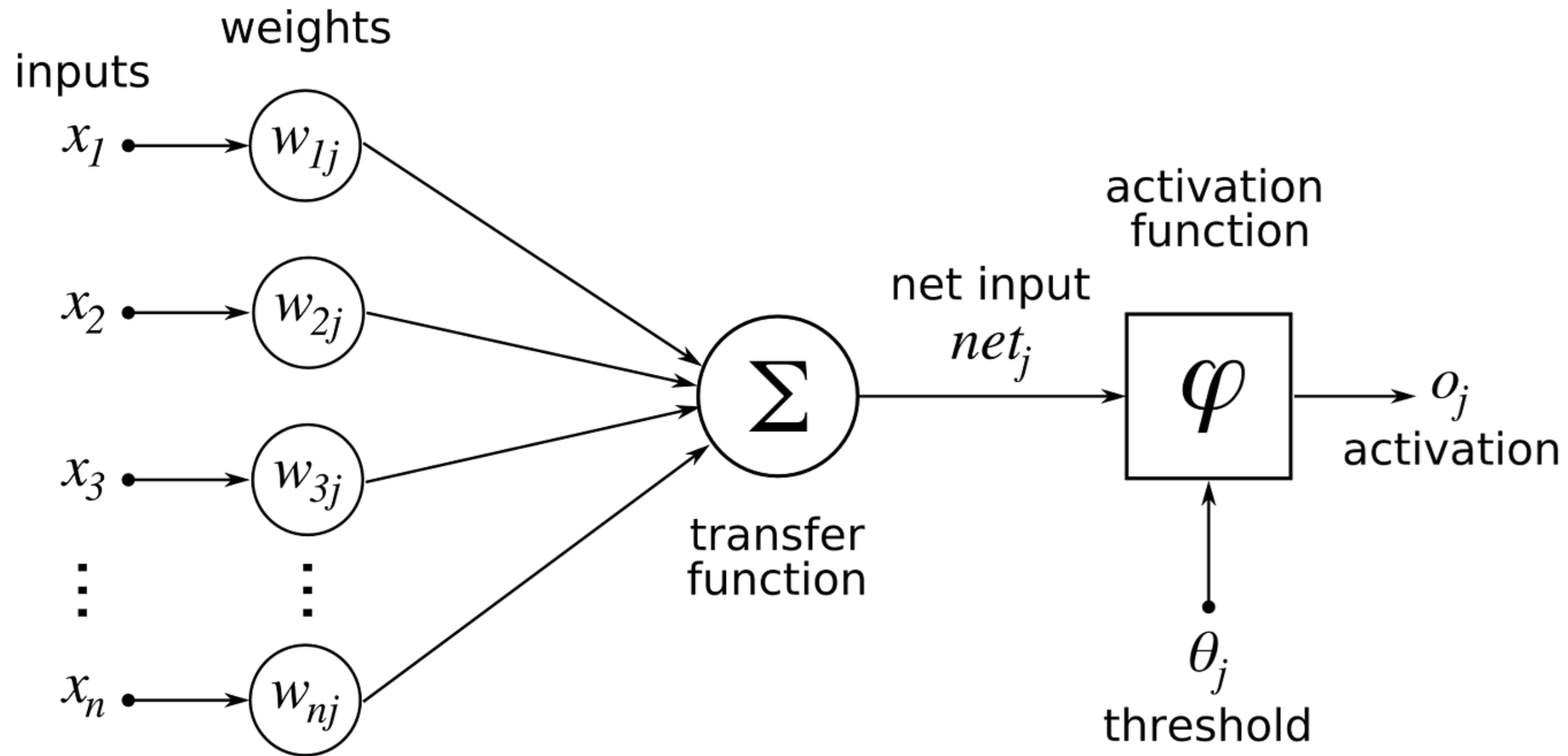
Co je to AI?

Definice AI

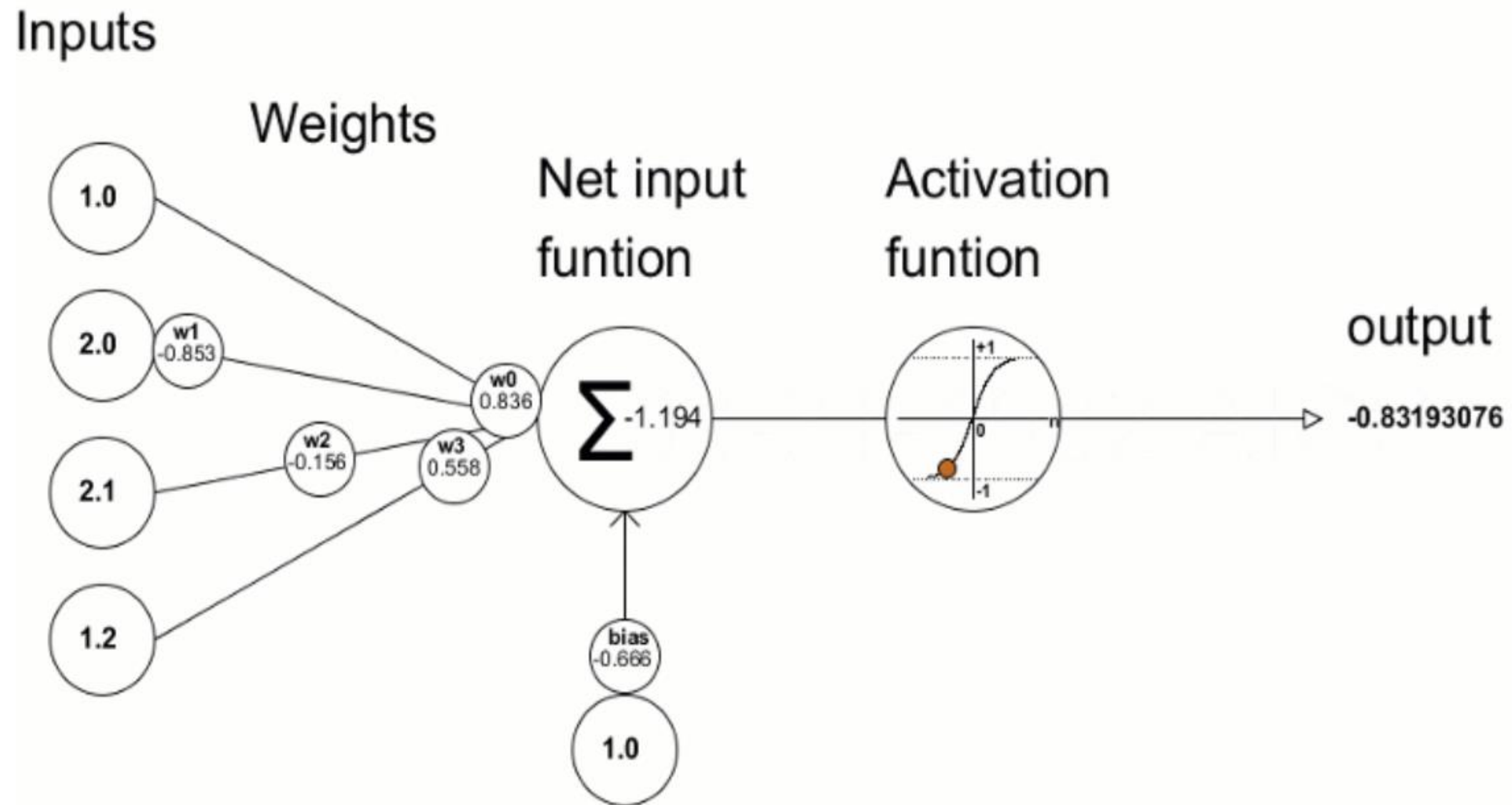
*„System umělé inteligence“ (AI systém) znamená systém, který je navržen tak, aby fungoval s určitou úrovní autonomie a který **na základě dat a vstupů poskytnutých strojem a/nebo člověkem vyvozuje, jak dosáhnout daného lidmi definovaného cíle** využívající strojové učení a/nebo přístupy založené na logice a znalostech a vytváří systémově generované výstupy, jako je obsah (generativní systémy umělé inteligence), předpovědi, doporučení nebo rozhodnutí, které ovlivňují prostředí, se kterými systém umělé inteligence interaguje.*

[EU AI ACT]

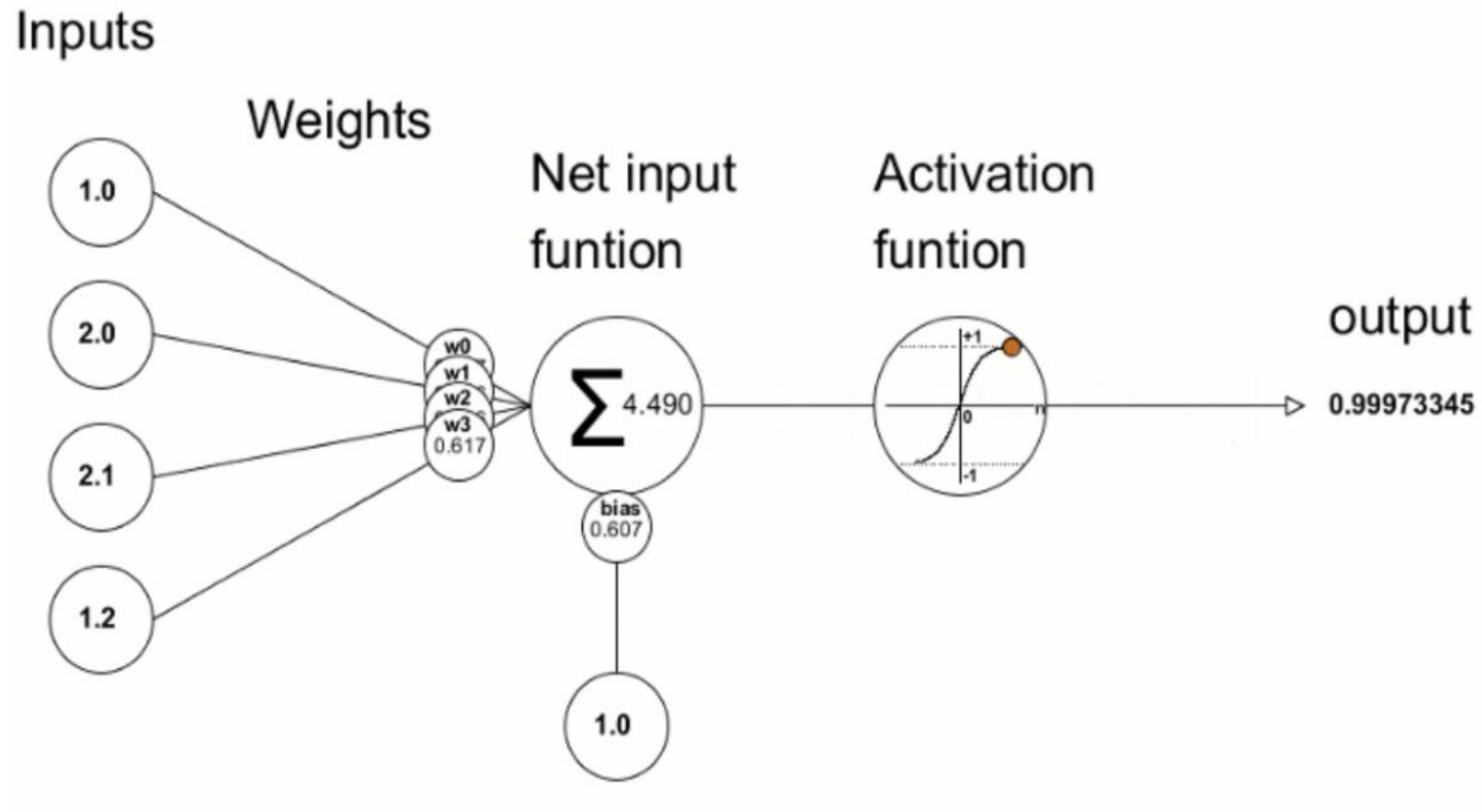
Umělý neuron - perceptron



Fungování perceptronu

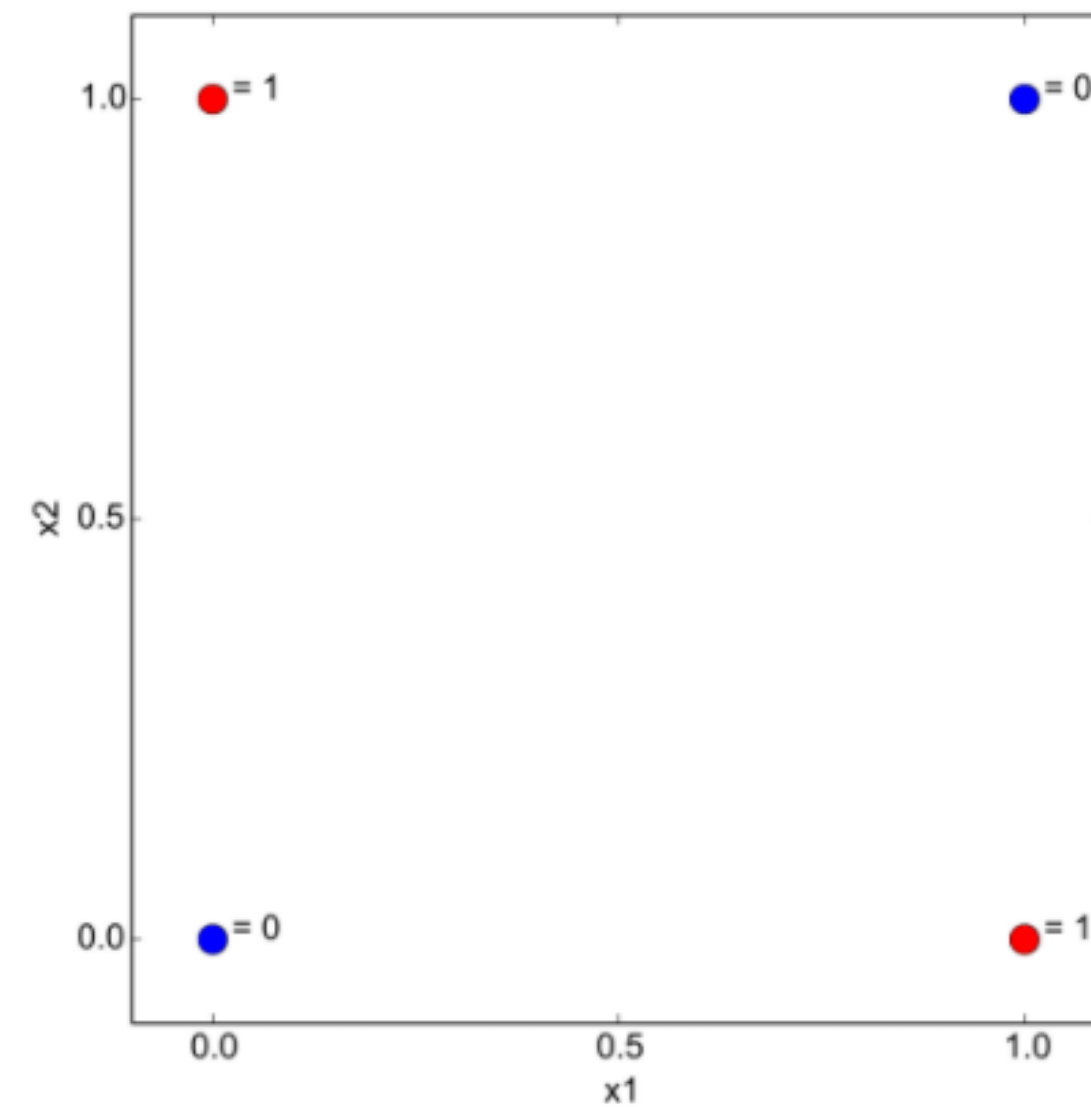
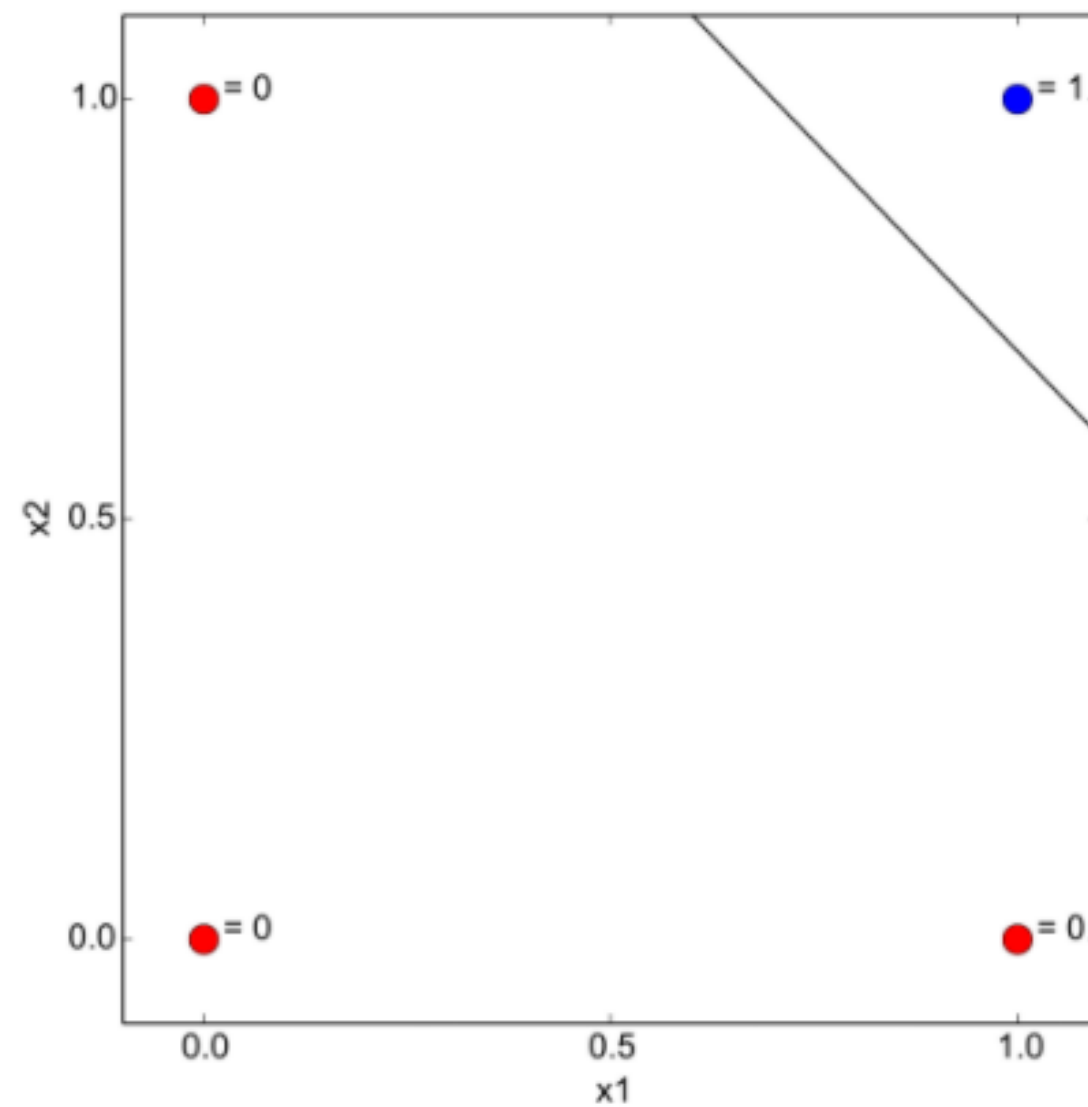


Fungování perceptronu

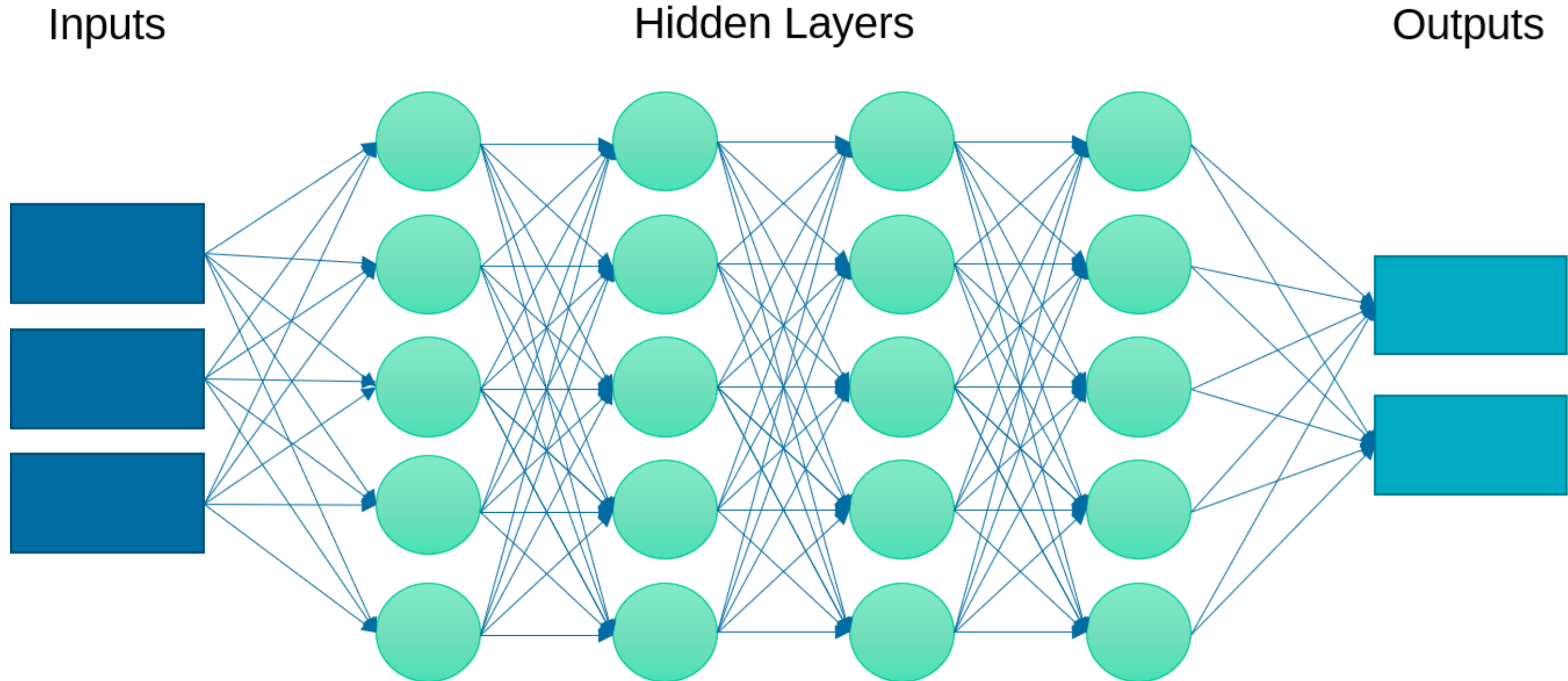


Perceptron

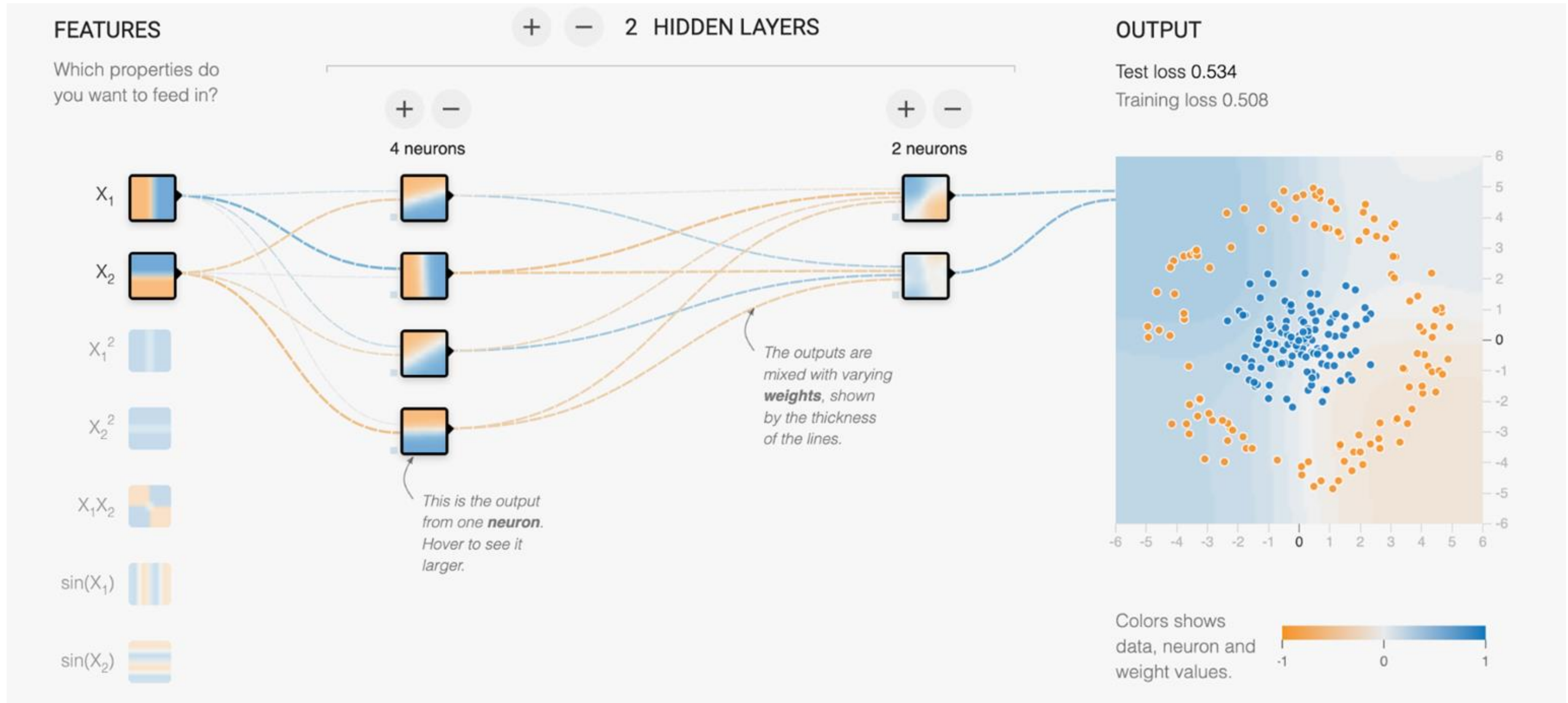
- Schopný klasifikace do dvou tříd – třídy musí být lineárně separované



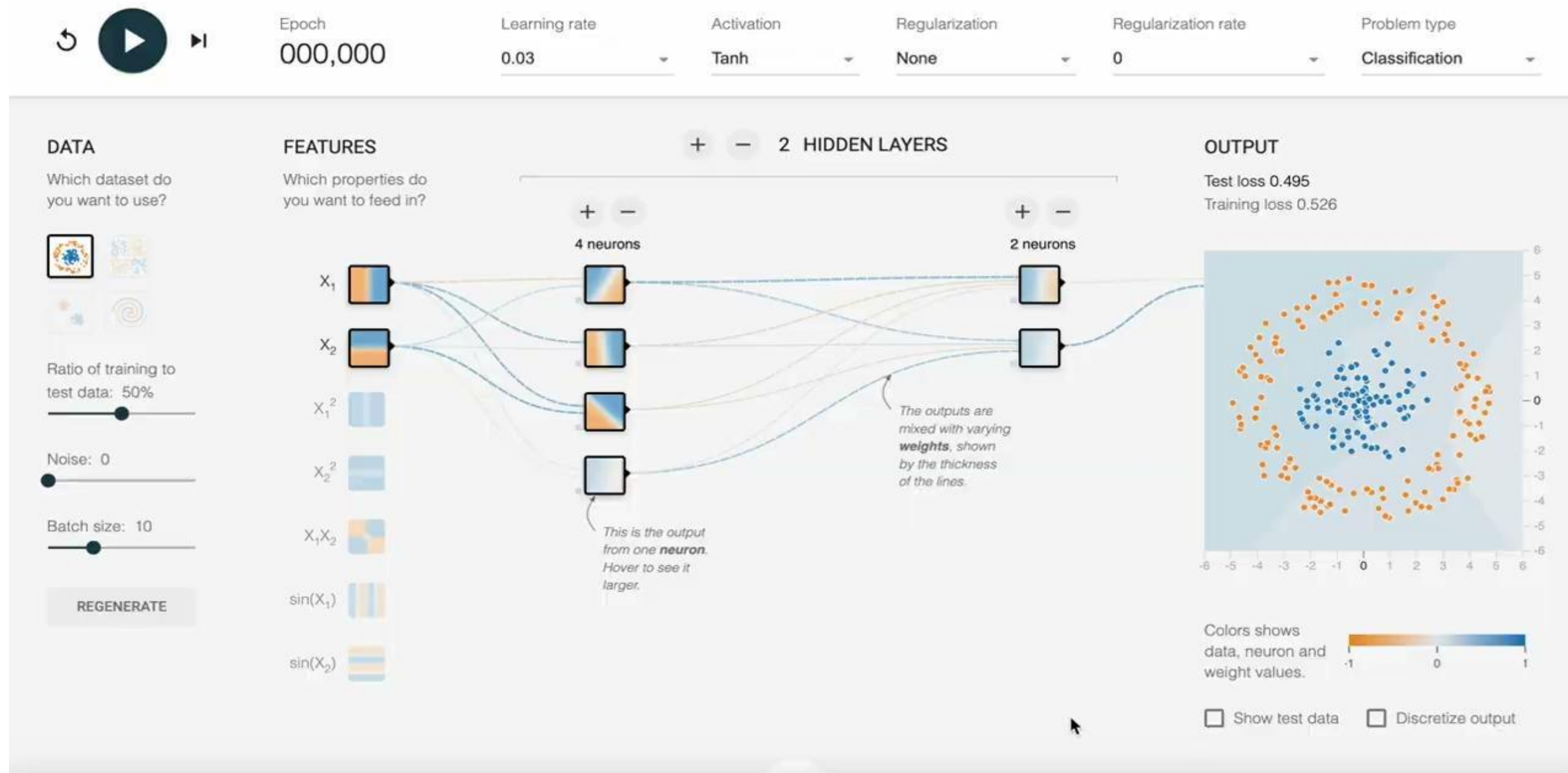
Neuronové sítě



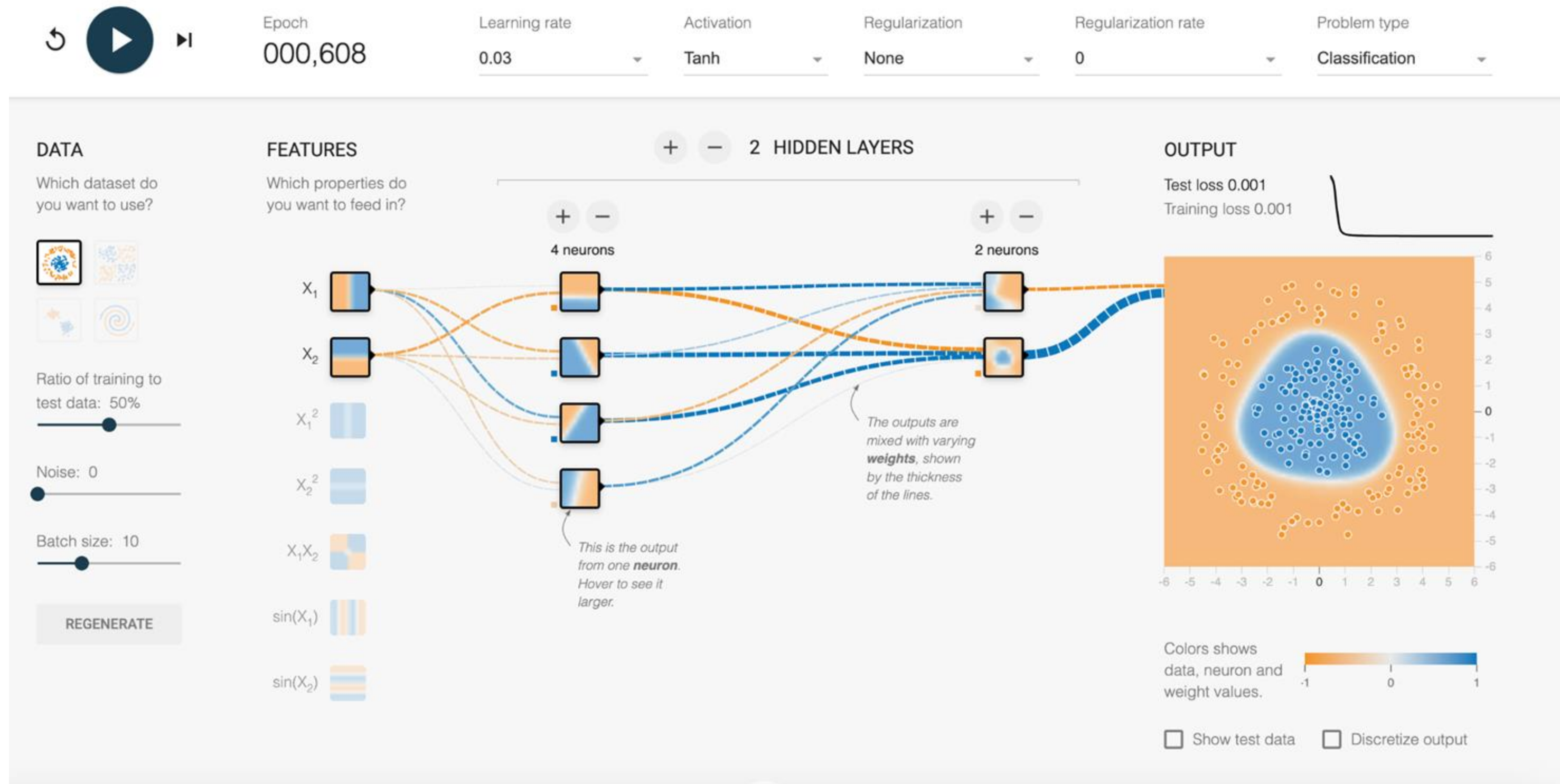
Jak se neuronová síť učí?



Jak se neuronová síť učí?



Jak se neuronová síť učí?



Jak se neuronová síť učí?



Epoch
000,000

Learning rate
0.03

Activation
Tanh

Regularization
None

Regularization rate
0

Problem type
Classification

DATA

Which dataset do you want to use?



Ratio of training to test data: 50%



Noise: 0



Batch size: 10



REGENERATE

FEATURES

Which properties do you want to feed in?

- X_1
- X_2
- X_1^2
- X_2^2
- $X_1 X_2$
- $\sin(X_1)$
- $\sin(X_2)$

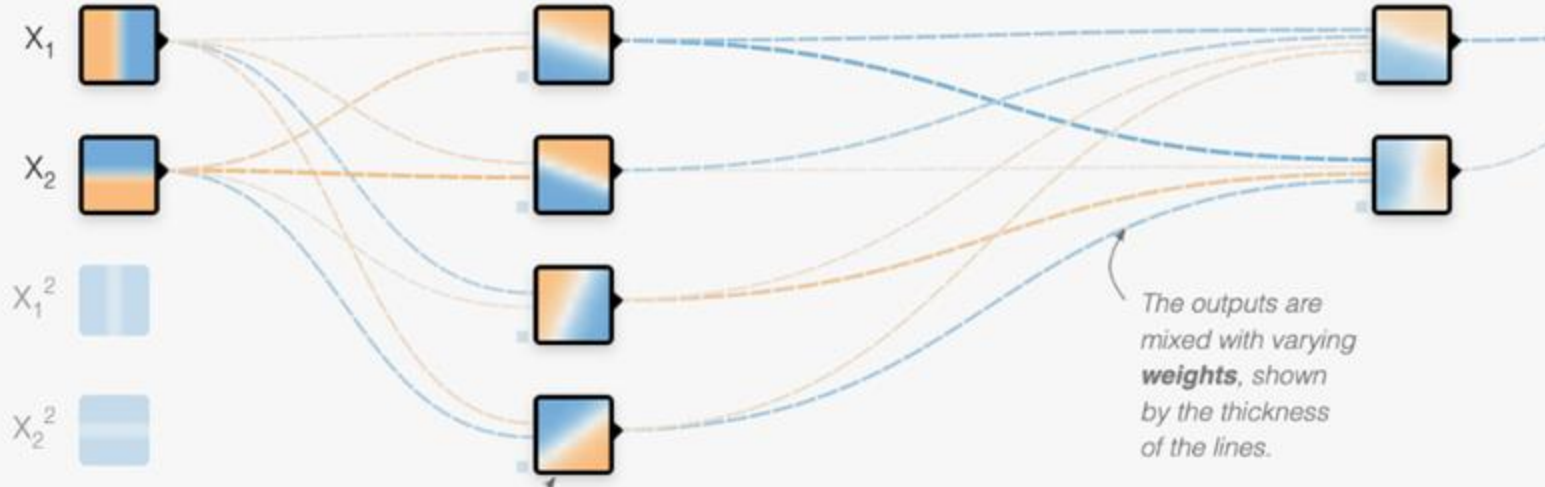
+ - 2 HIDDEN LAYERS

+ -

4 neurons

+ -

2 neurons

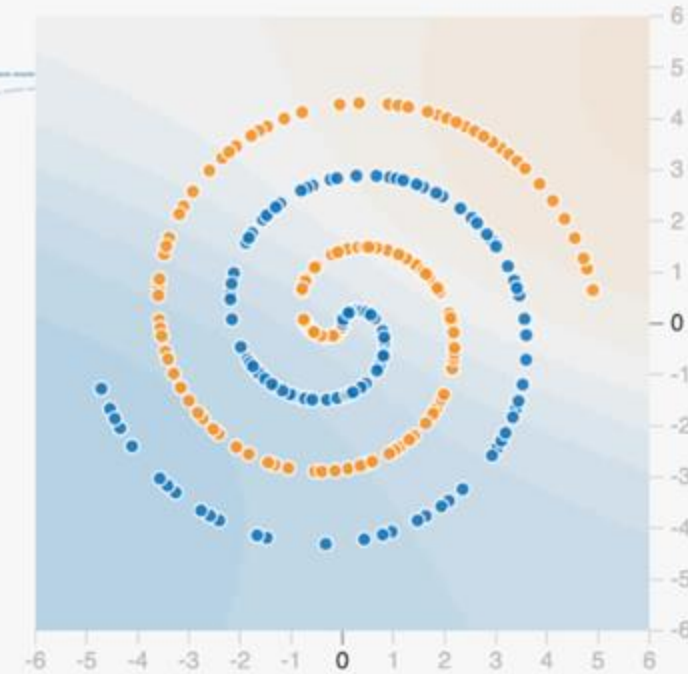


The outputs are mixed with varying **weights**, shown by the thickness of the lines.

This is the output from one **neuron**. Hover to see it larger.

OUTPUT

Test loss 0.494
Training loss 0.500



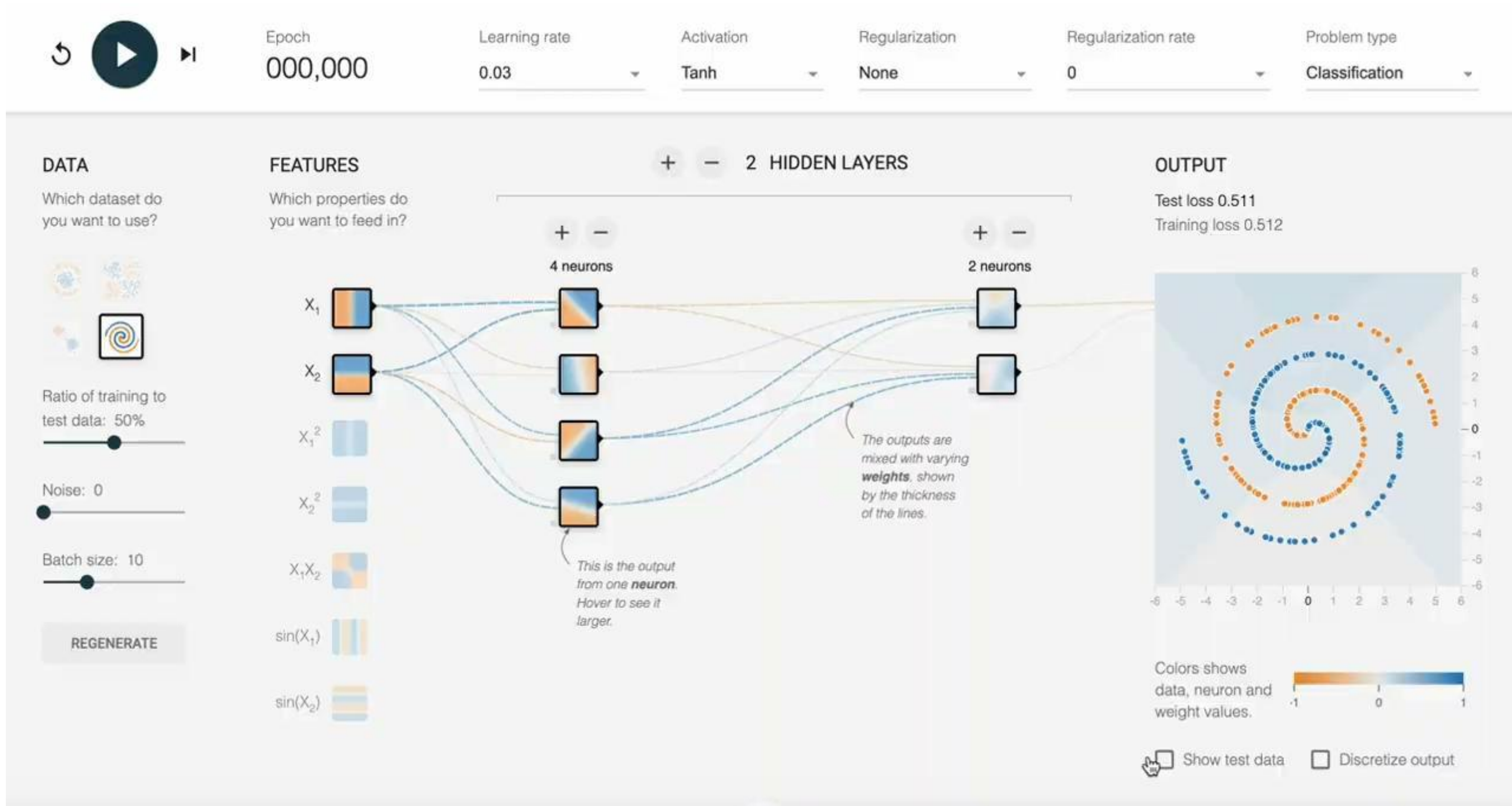
Colors shows data, neuron and weight values.



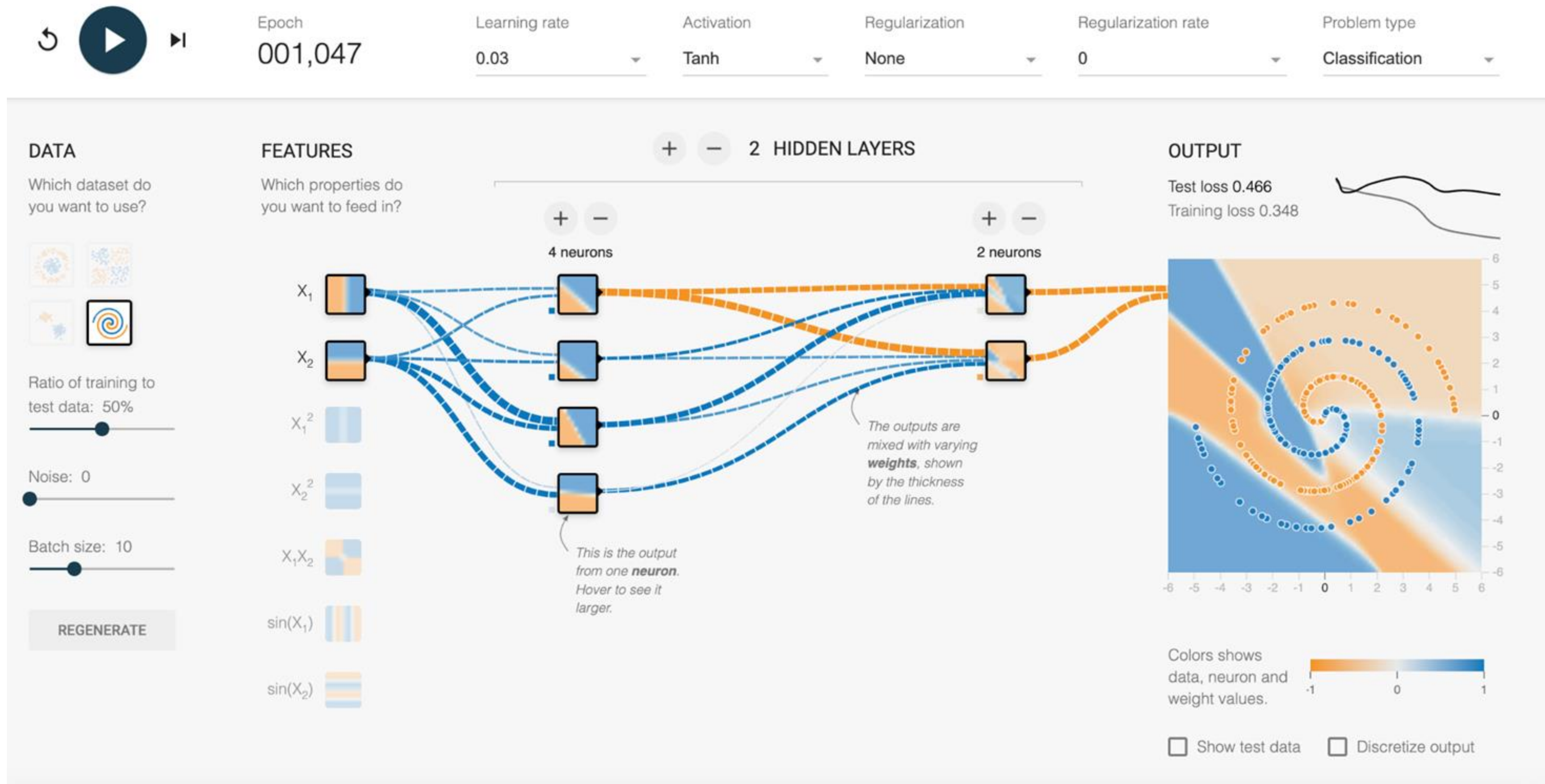
Show test data

Discretize output

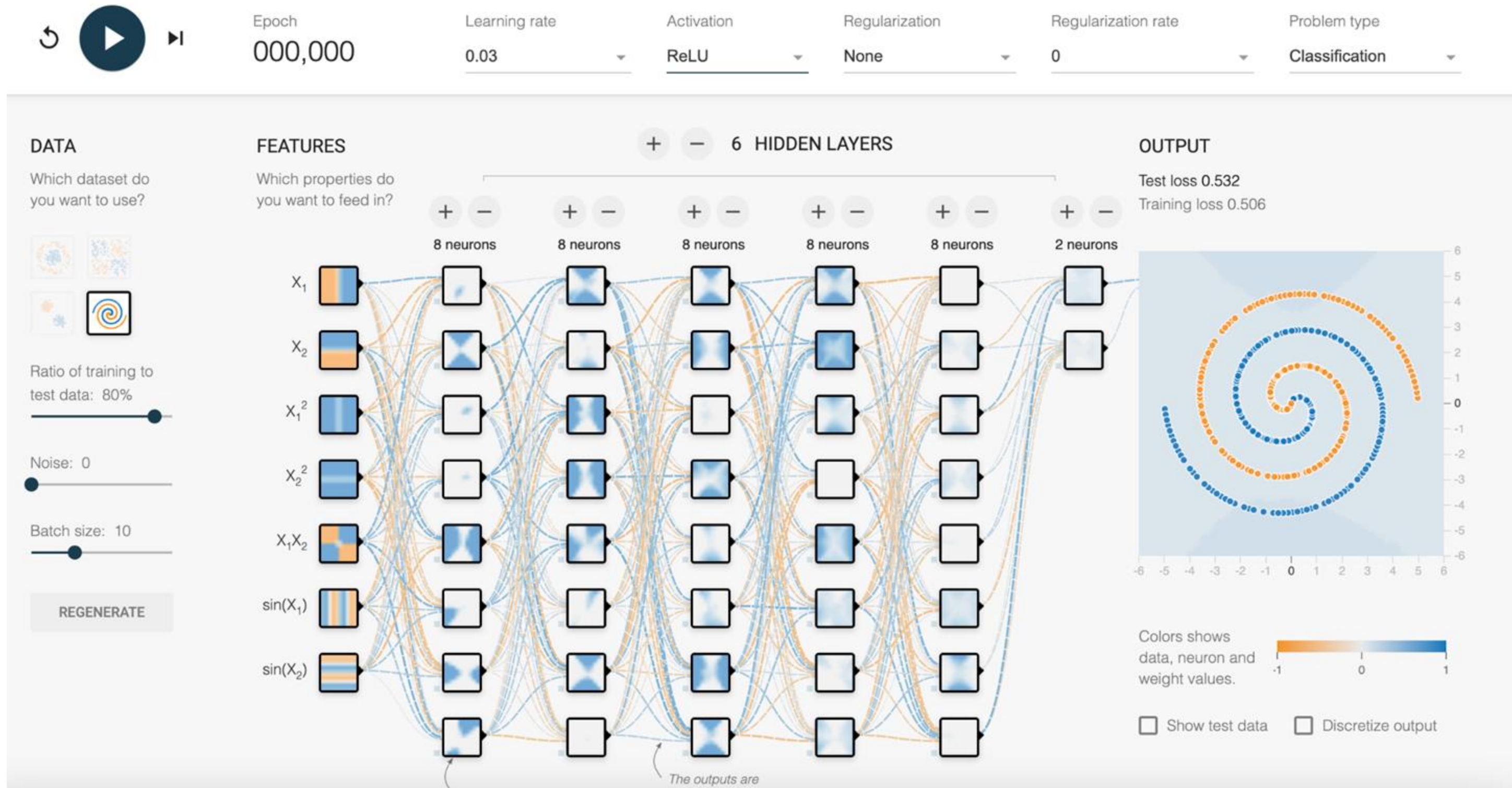
Jak se neuronová síť učí?



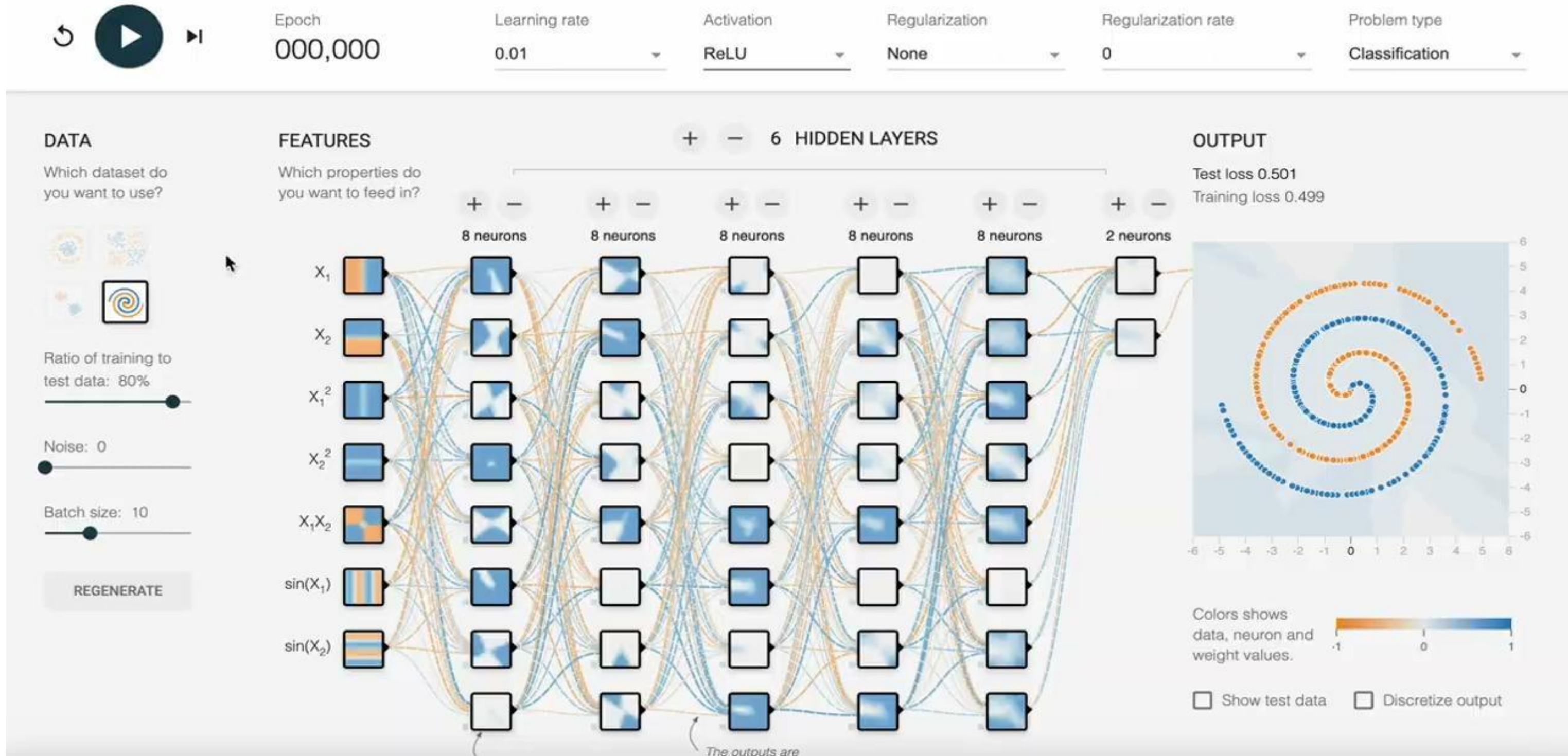
Jak se neuronová síť učí?



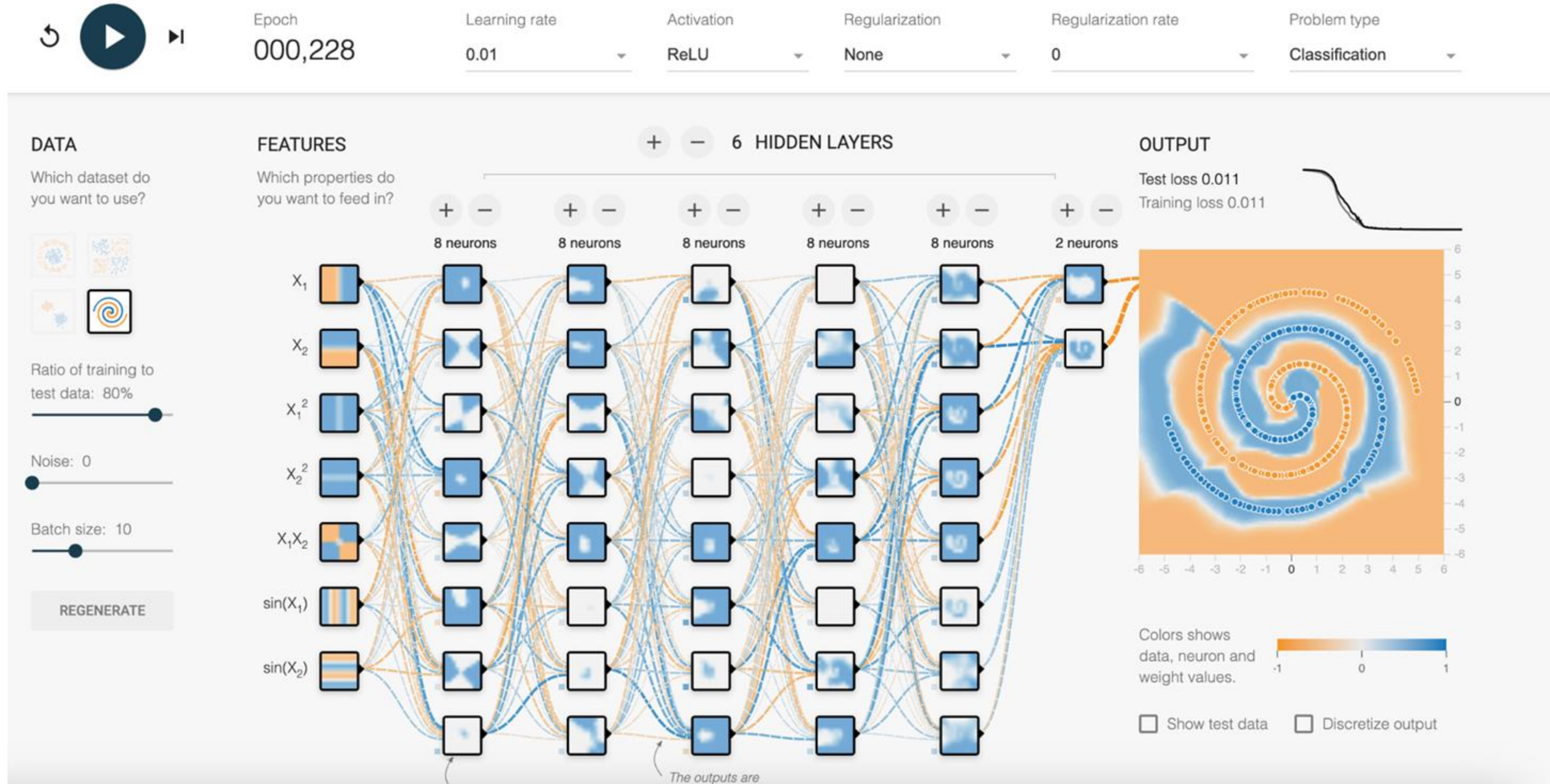
Jak se neuronová síť učí?



Jak se neuronová síť učí?



Jak se neuronová síť učí?



Vývoj zdravotnického prostředku

- Definice cíle
- Riziková analýza
- Získání datasetu
- Anotace datasetu
- Zpracování datasetu
- Vývoj AI modelu
- Vývoj grafického rozhraní
- Napojení na nemocniční systémy
- Preklinické hodnocení
- Klinická zkouška
- Nasazení + provoz
- Sledování po uvedení na trh

Výzvy: Dataset

- Získání datasetu

- potřeba získání velkého, validního, kvalitního, různorodého datasetu
- pokrytí věkových skupin, pohlaví, etnika, klinické podmínky
- GDPR
- nekompletní data

- Anotace datasetu

- spolupráce s odborníky
- časově a finančně náročné
- neshody mezi anotátory

Výzvy: Vývoj AI modelu

- Přesnost
- Vysvětlitelný
- Důvěryhodný pro lékaře

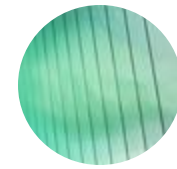
Výzvy: Napojení na nemocniční systém

- Problémy s kompatibilitou starších systémů
- Ochrana patientských dat
- Kybernetická bezpečnost

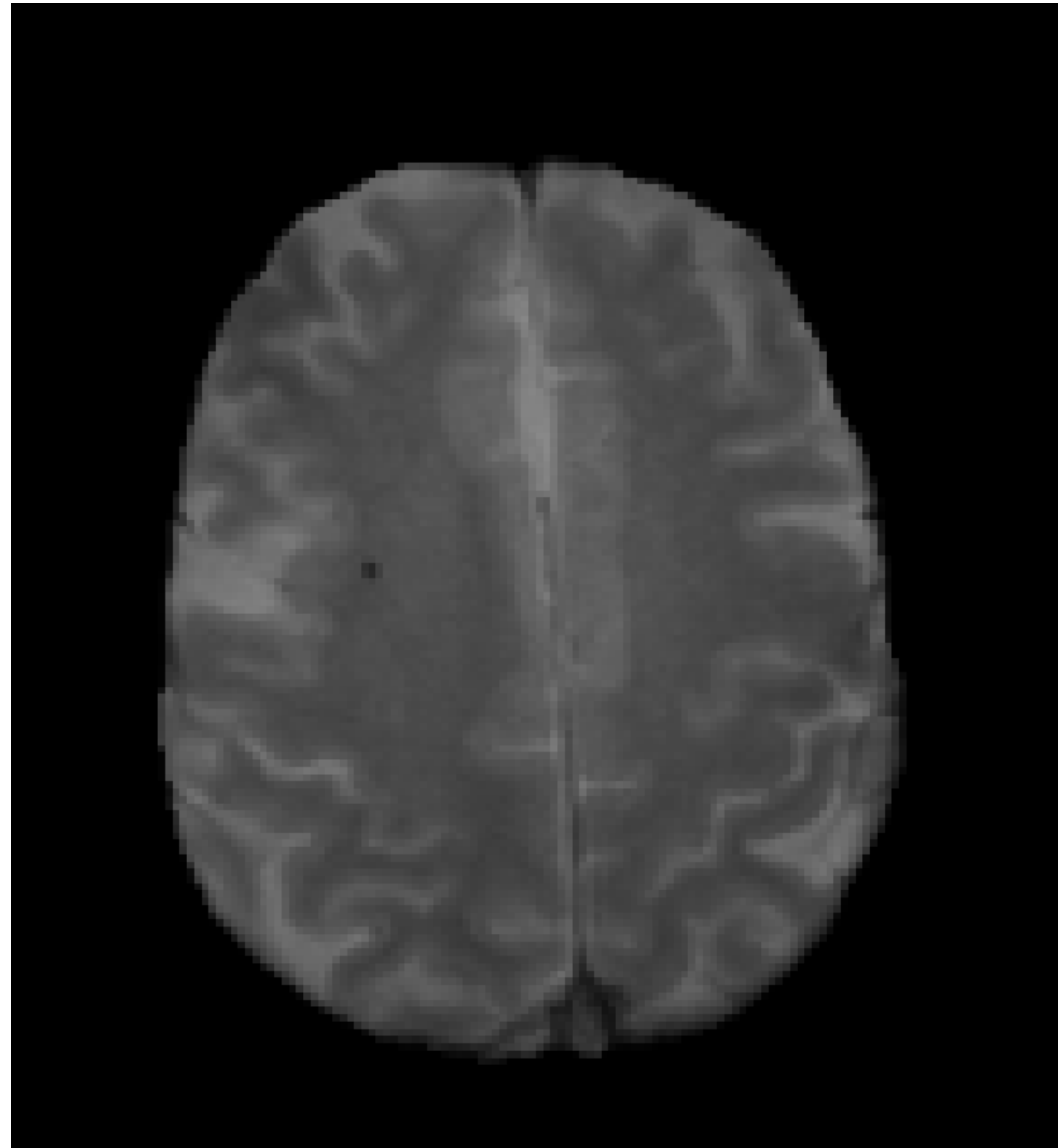
Výzvy: Regulace

- EU = MDR (Medical Device Regulation)
- US = FDA (Food and Drug Administration)
 - přísný, ale i pružný (rychlejší proces schvalování, přímá komunikace s regulátorem, flexibilita pro inovace, notifikované osoby)
- Ovlivněna rychlost implementací na trh
 - rychlost vývoje
 - technická dokumentace
 - finance
 - validace (klinická zkouška)

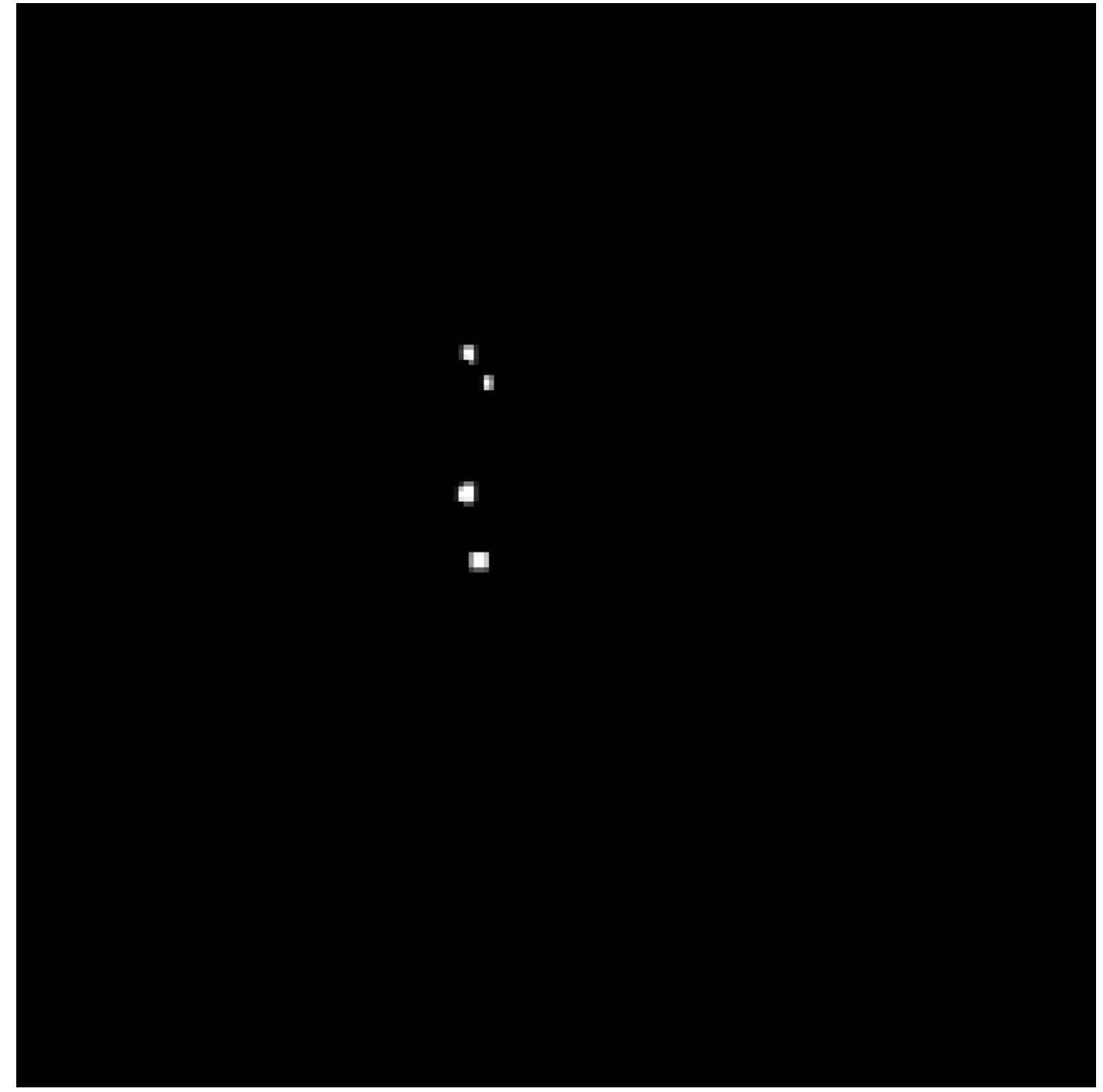
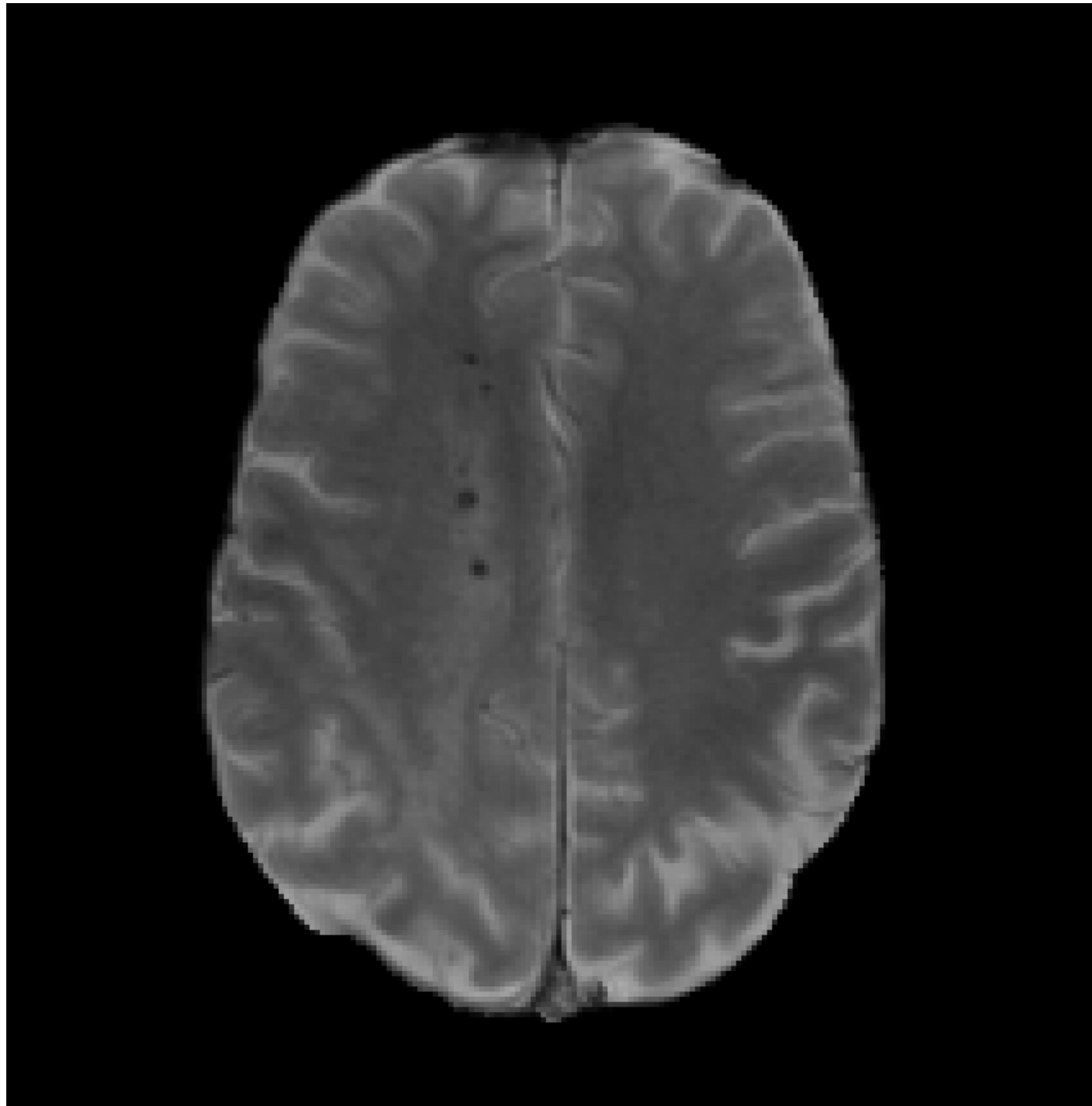
Využití AI v projektech Neurona Lab



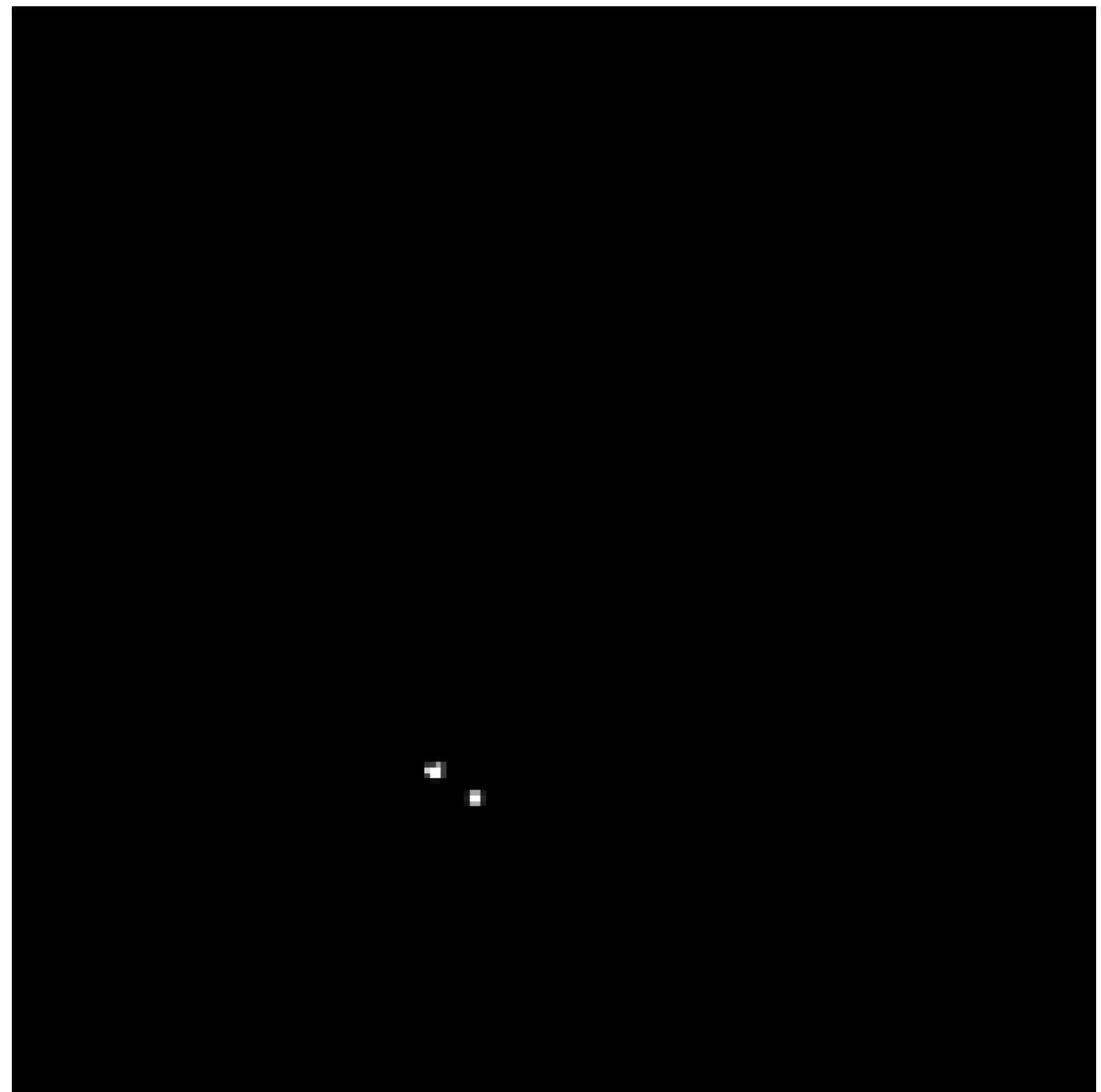
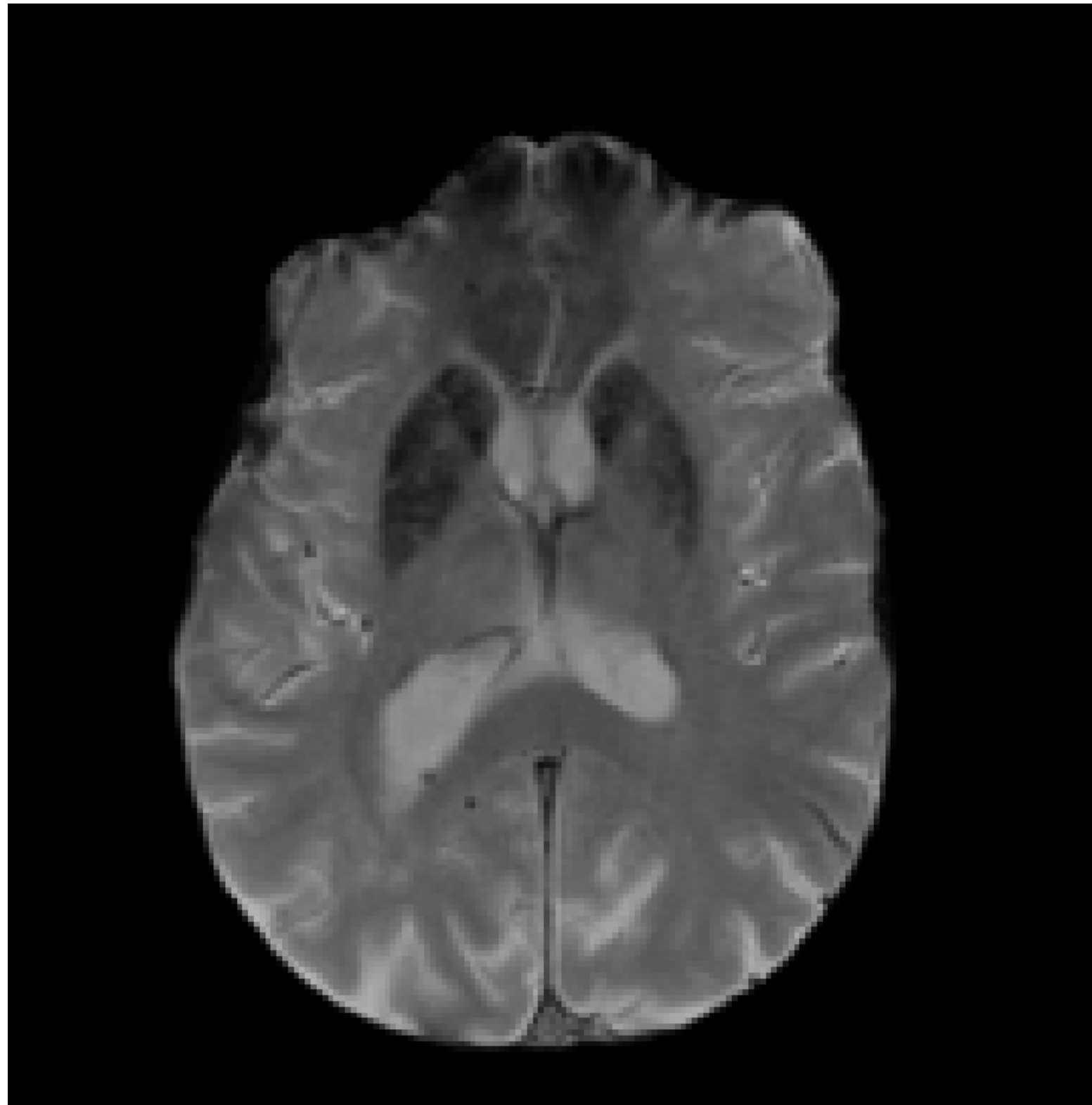
Neurona ARIA-H



Neurona ARIA-H – anotace snímků



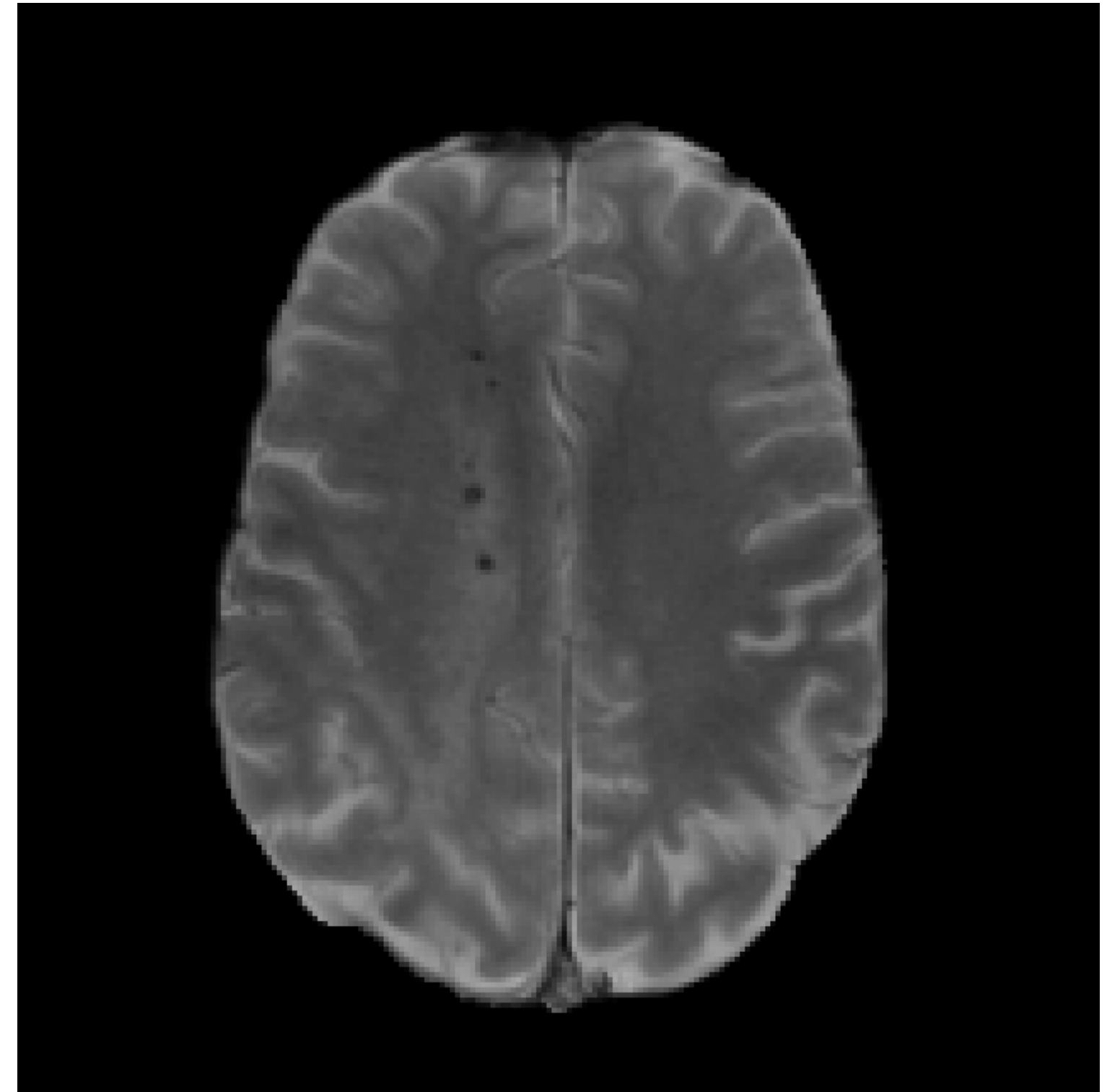
Neurona ARIA-H – anotace snímků



Neurona ARIA-H – nebalancovaný dataset

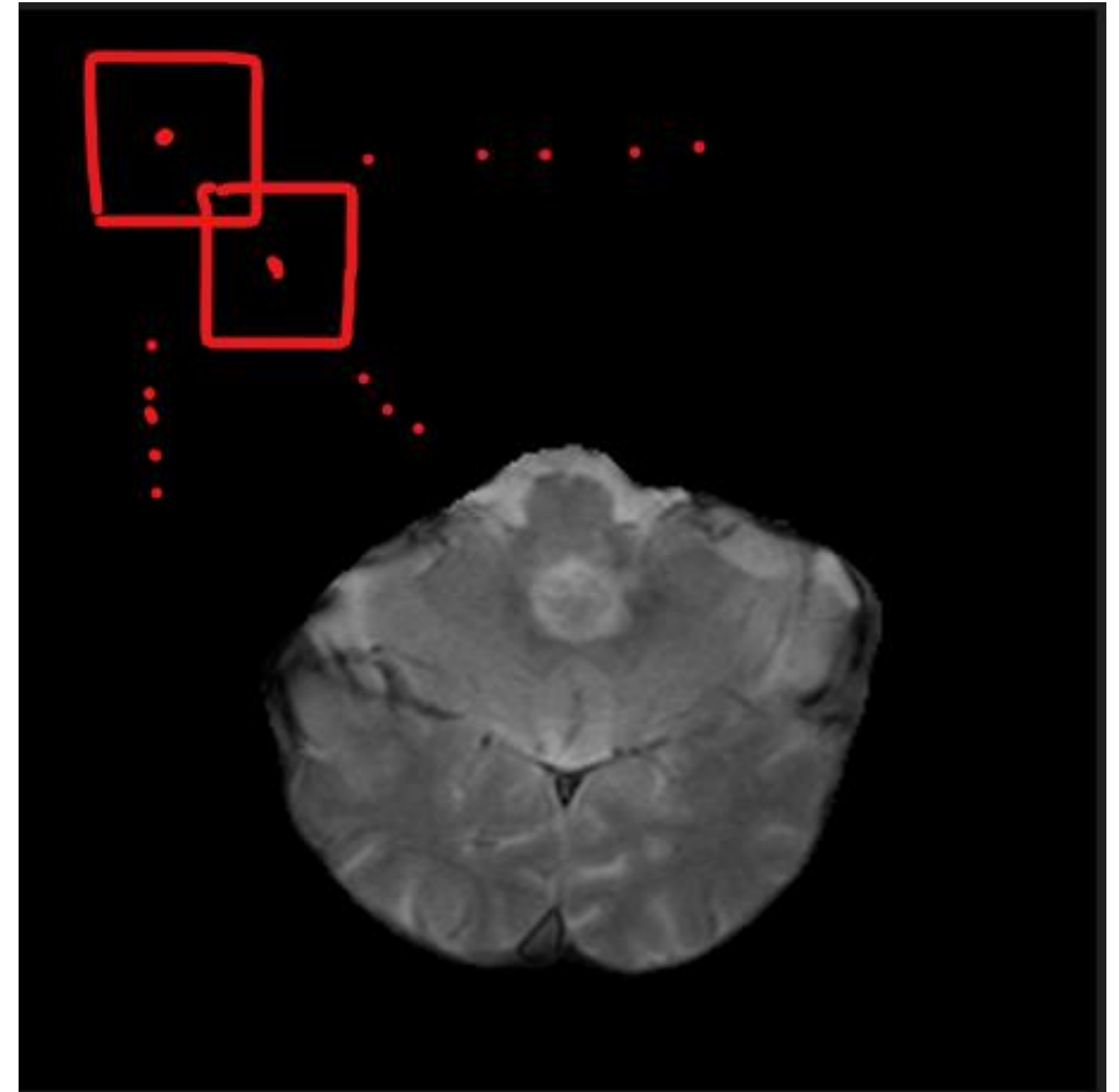
- Negativní / Pozitivní pacienti
- Pozitivní pacient → 1-2 řezů
- Na 1 řezu → pár pixelů

- **Jak by se dal řešit tento problém?**



Neurona ARIA-H – sliding window

- Negativní / Pozitivní pacienti
- Pozitivní pacient → 1-2 řezů
- Na 1 řezu → pár pixelů



Neurona ARIA-H, AI modely - SLFN

Architektura: Single-hidden layer feedforward neural-network (SLFN)

Typ: Classifier

- One input layer
- One output layer
- One hidden layer with 10 neurons (optimized by grid searching)

The best result with a sensitivity of 93.05%, a specificity of 93.06%, and an accuracy of 93.06%

Neurona ARIA-H, AI modely – CMB-Net

Architektura: CMB-Net

Typ: Deep Convolutional Neural Network (CNN)

Layers: 18 layers in total

- **Convolutional Layers:** 3 layers with kernel size of 3x3
- **Max Pooling Layers:** 2 layers
- **Batch Normalization Layers:** 3 layers, placed after convolutional layers and before activation functions
- **Activation Function:** ReLU
- **Dropout Layers:** Used between fully connected layers to prevent overfitting
- **Fully Connected Layers:** Serve as the classifier
- **Softmax Layer:** Used for the final classification

Average testing accuracy reached 98.39 %

[Lu, Z., Yan, Y. & Wang, SH. CMB-net: a deep convolutional neural network for diagnosis of cerebral microbleeds. *Multimed Tools Appl* 81, 19195–19214 (2022).]

Neurona ARIA-H, AI modely – U-Net

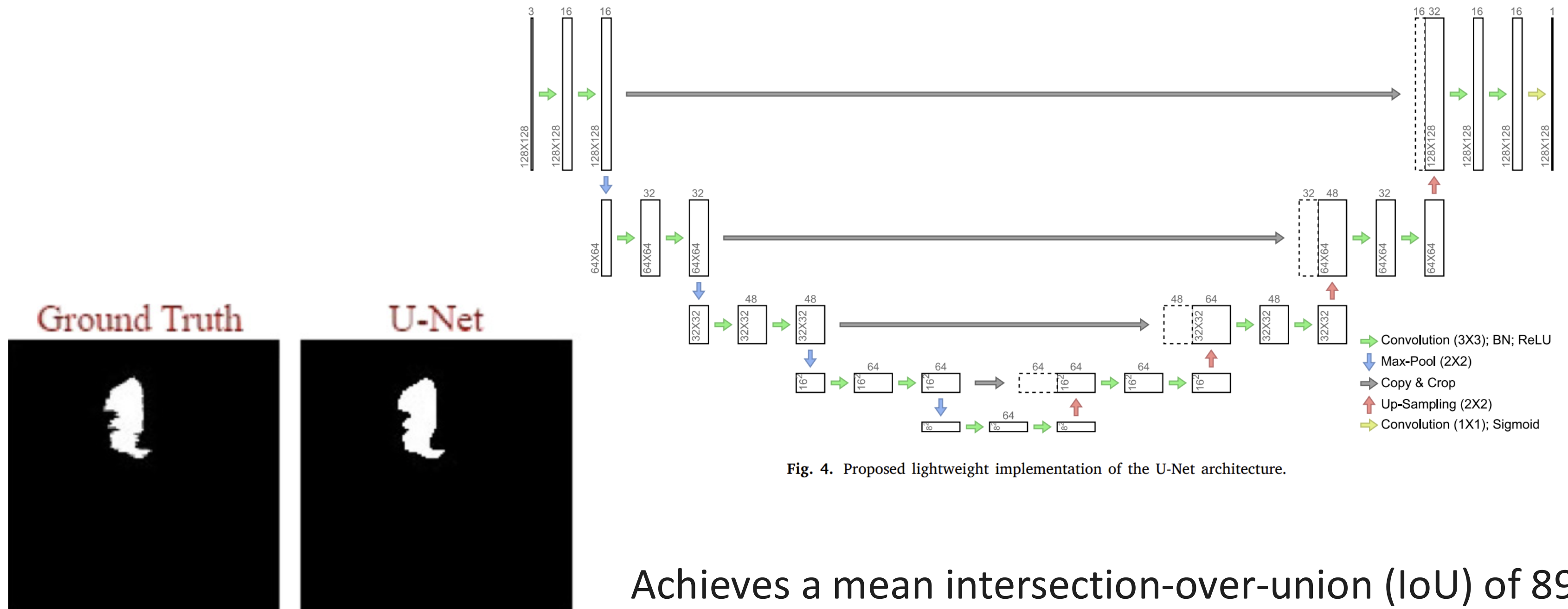


Fig. 4. Proposed lightweight implementation of the U-Net architecture.

Achieves a mean intersection-over-union (IoU) of 89 %

[Jason Walsh, Alice Othmani, Mayank Jain, Soumyabrata Dev, Using U-Net network for efficient brain tumor segmentation in MRI images, Healthcare Analytics, Volume 2, 2022]

Neurona ARIA-H – kombinování přístupů

aria_082_S_5029_a_16.png

Image slice with Label contours

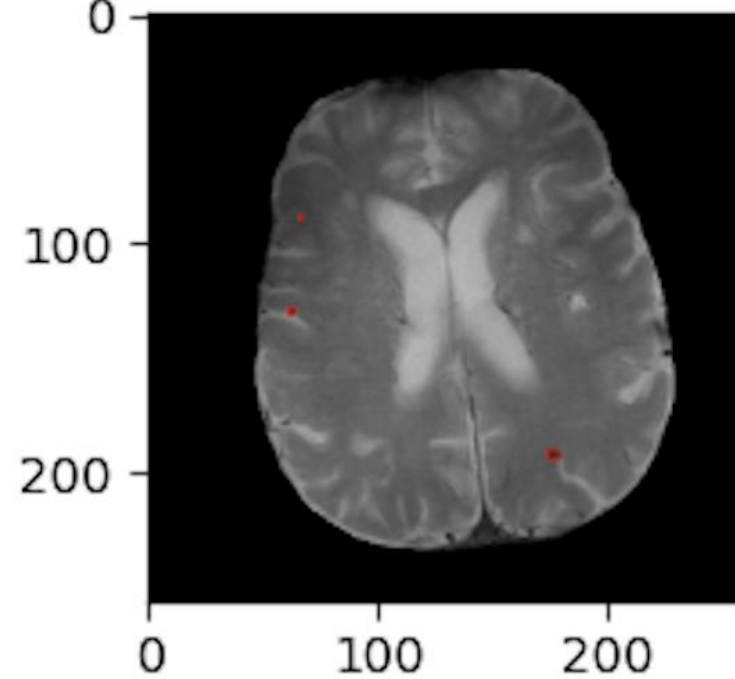
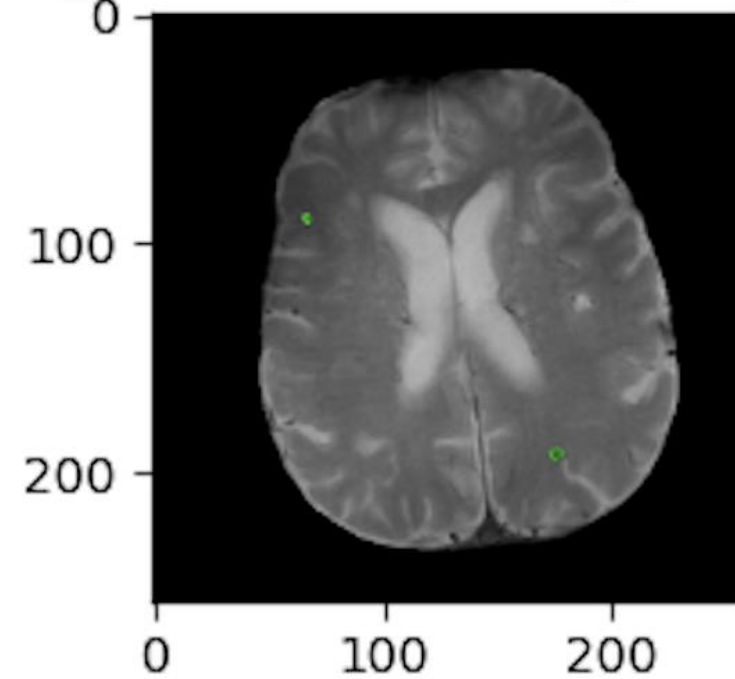
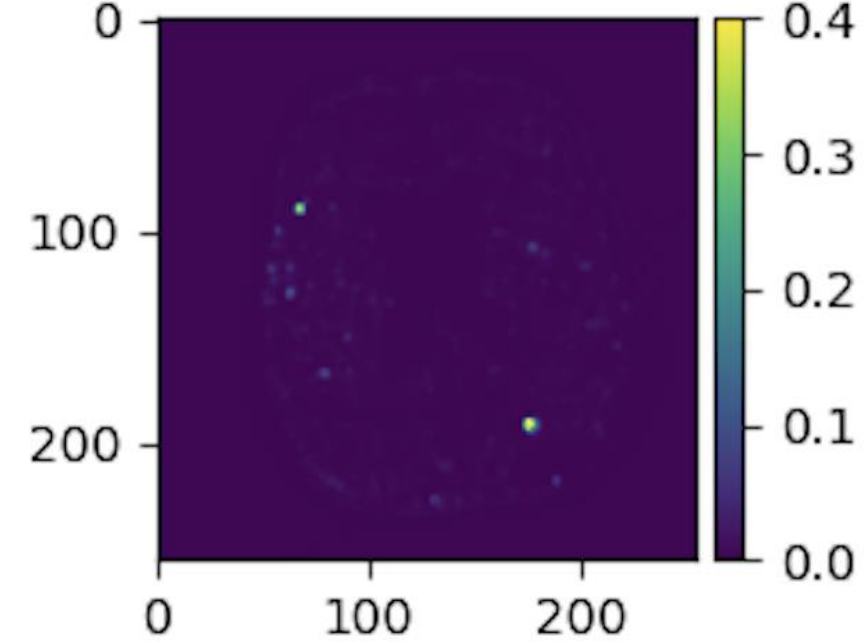


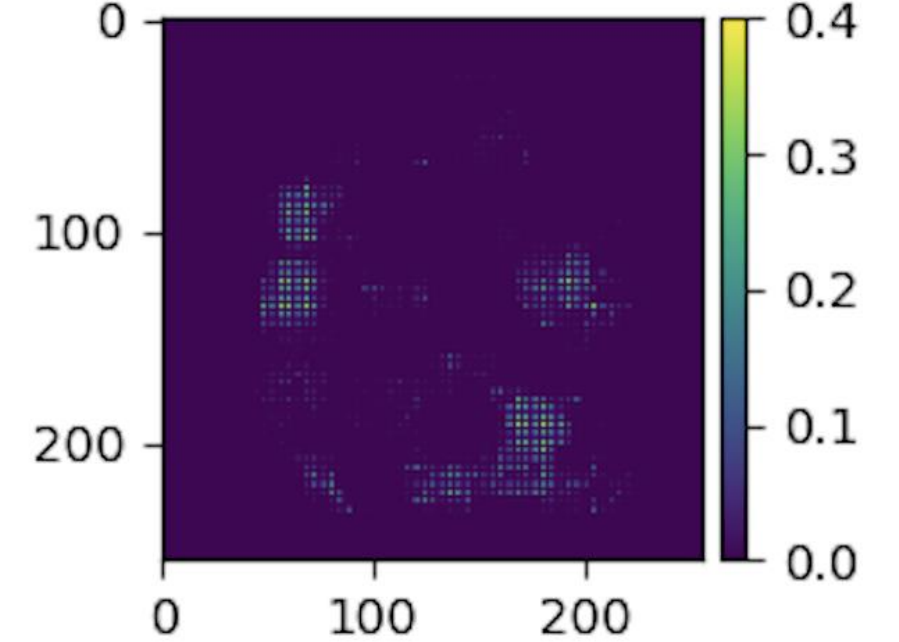
Image slice with UNet predictions



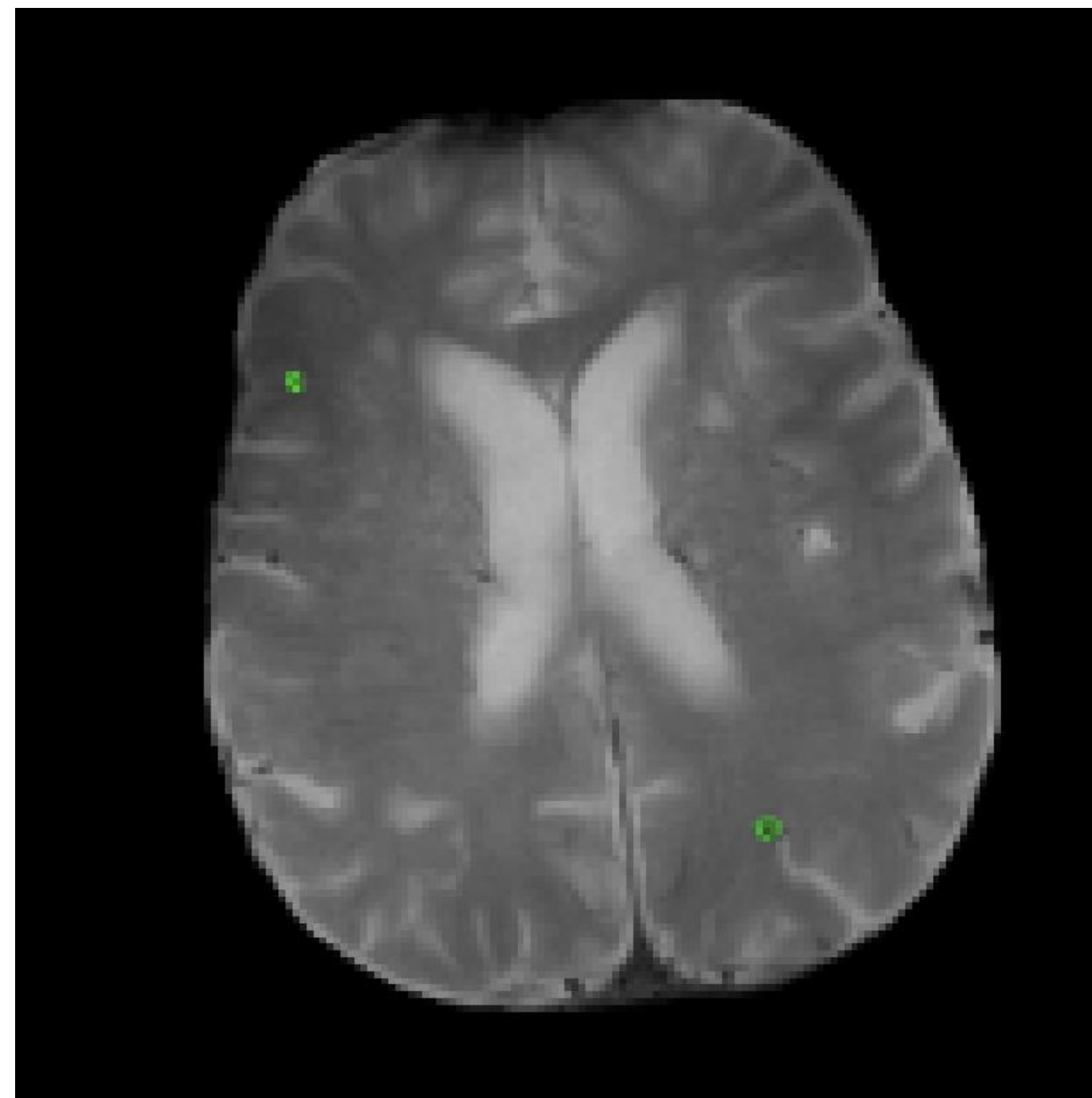
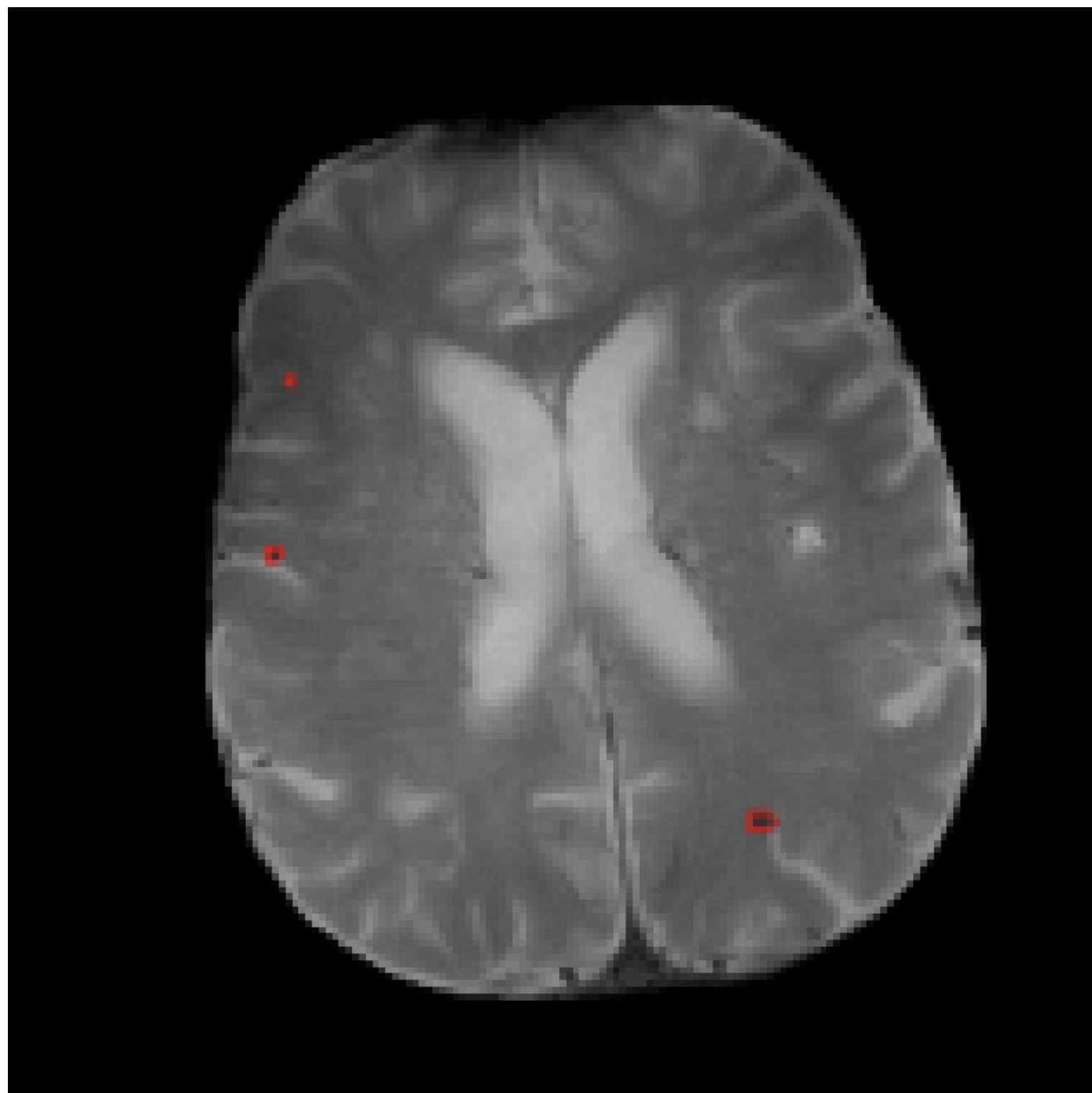
UNet Predictions



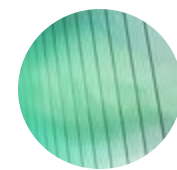
ResNet Predictions



Neurona ARIA-H – výpočet přesnosti

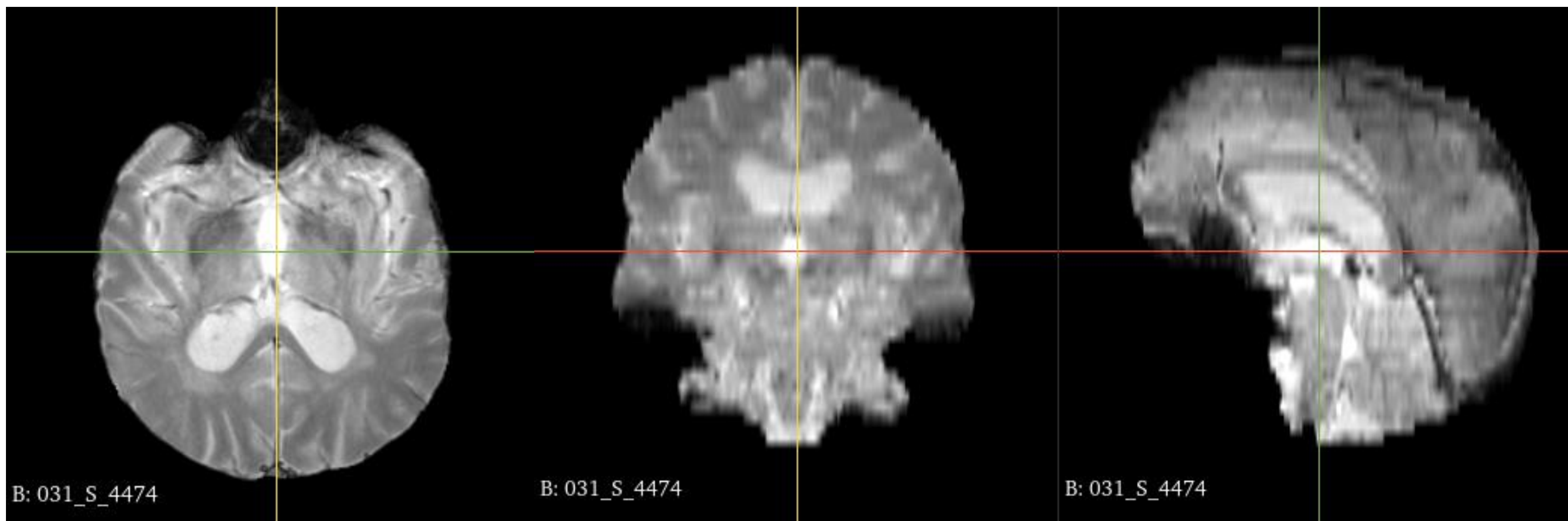


S čím nám může AI ještě pomoci?



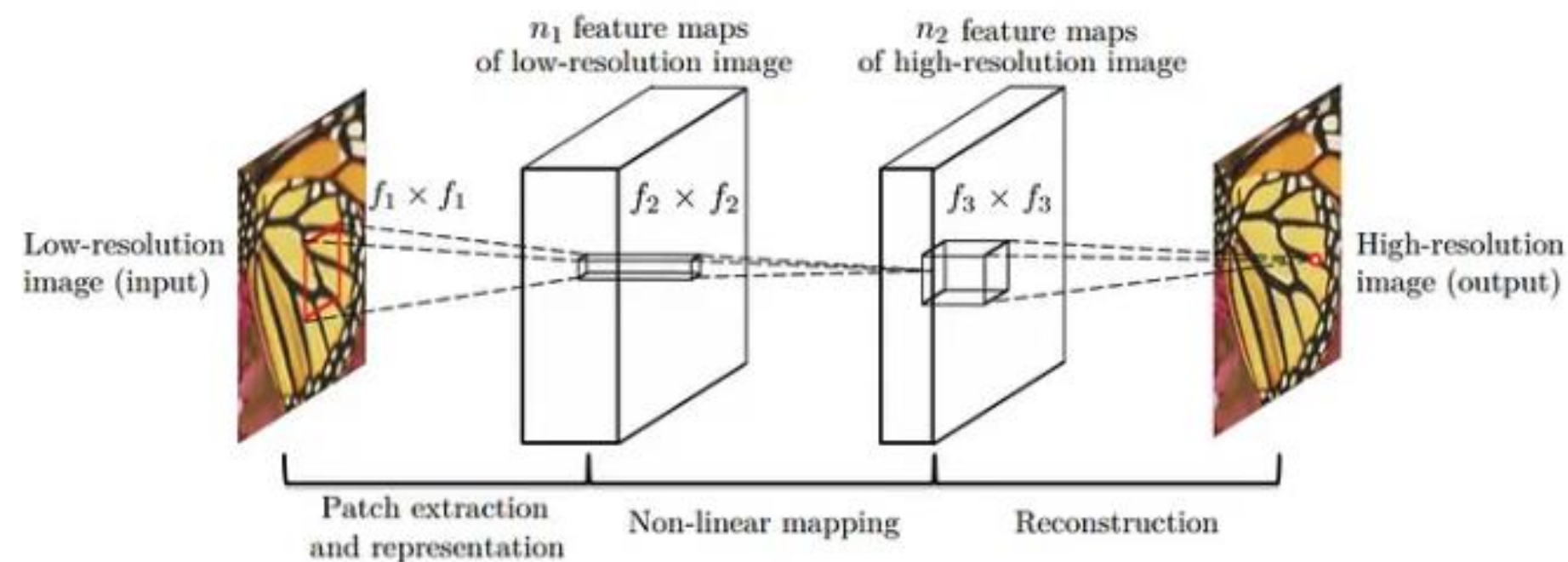
Neurona ARIA-H – zlepšení kvality dat

- **Je možné ji zlepšit? Jak?**

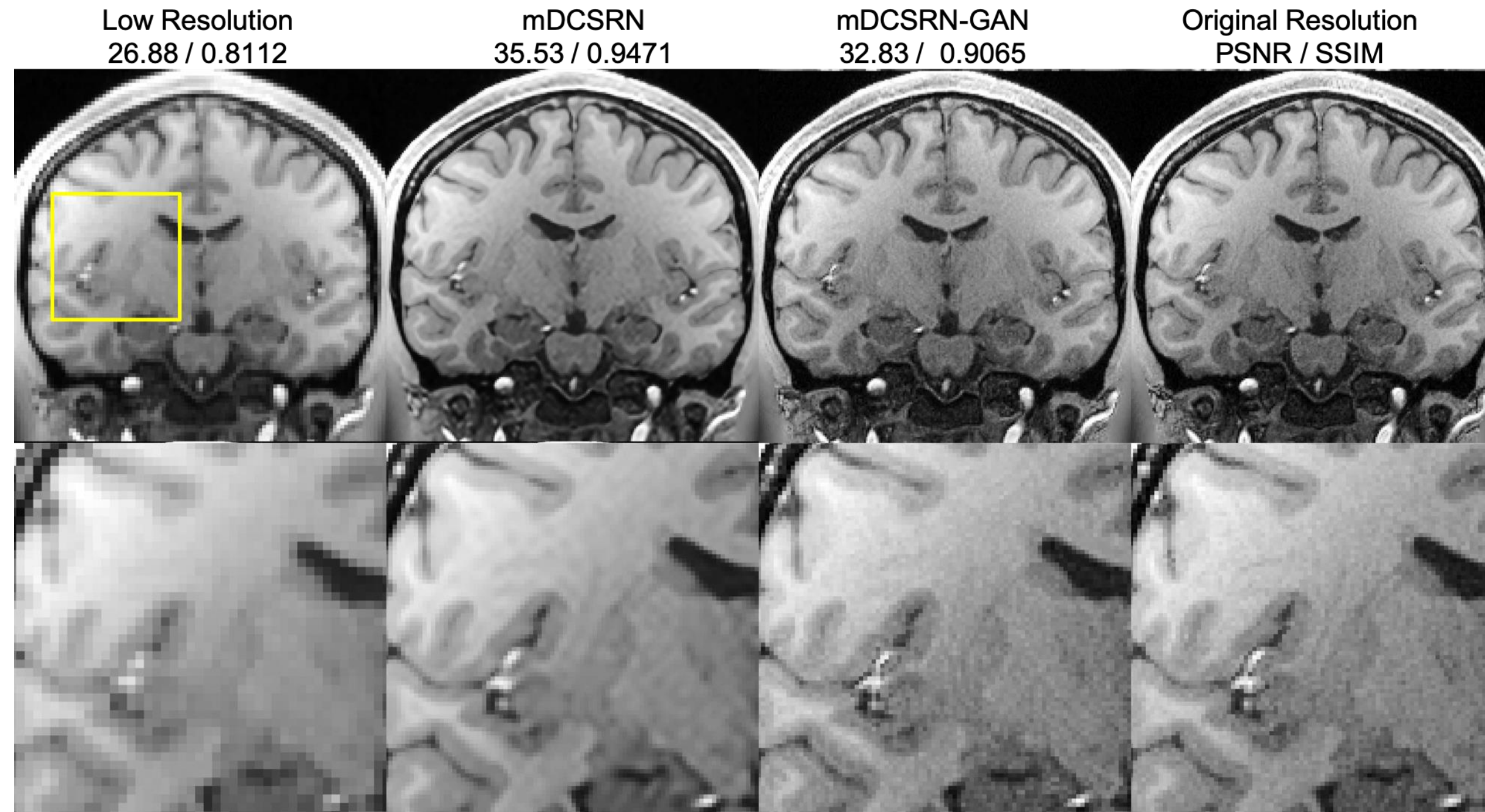


Neurona ARIA-H – kvalita snímků

- Deep Learning-based Super-Resolution
 - Využití neuronových sítí (např. SRCNN, EDSR) k převodu snímků z nízkého rozlišení na vysoké. Tyto modely mohou rekonstruovat detaily ztracené při snímání.
- SRCNN: 3-vrstvá CNN

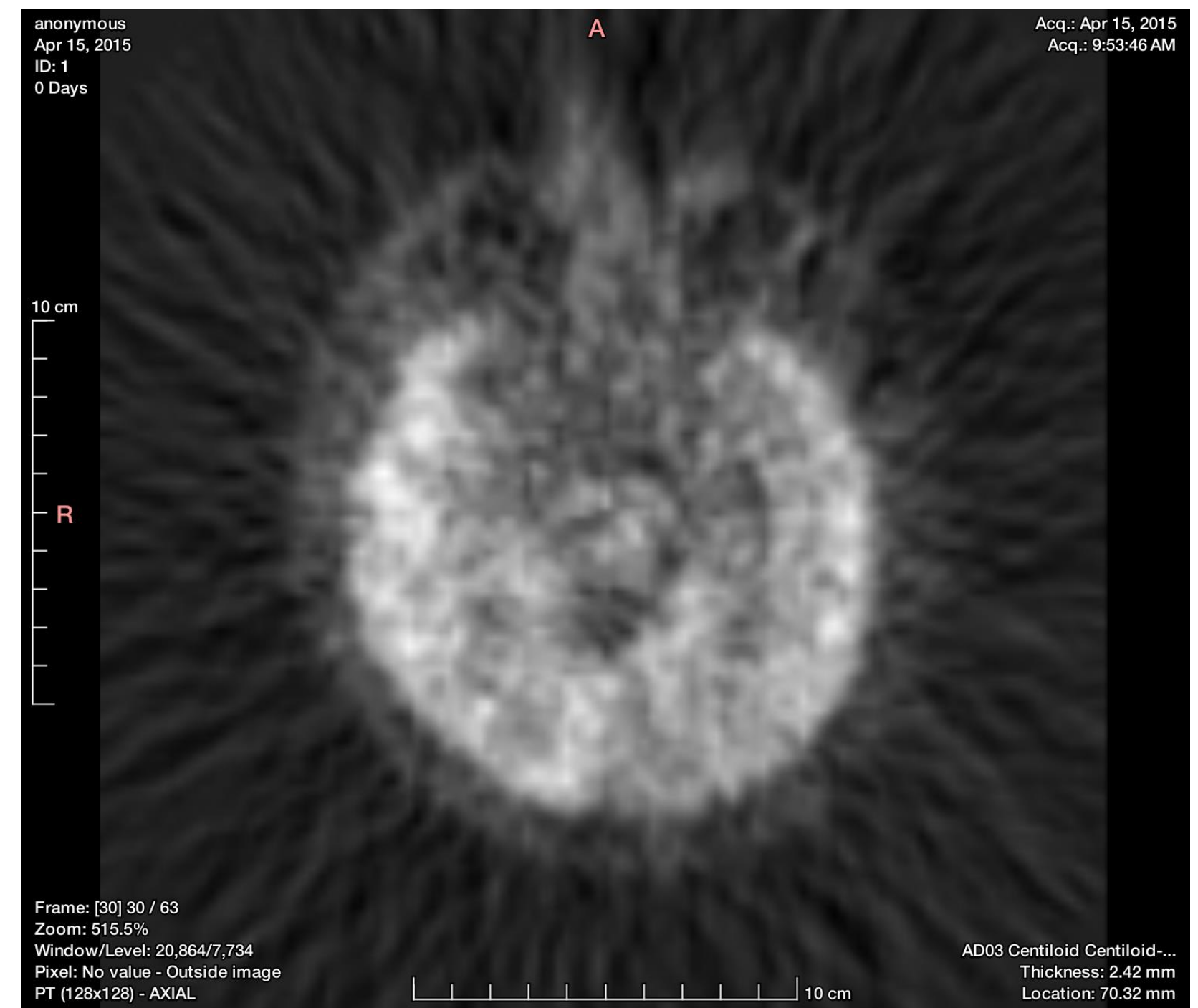
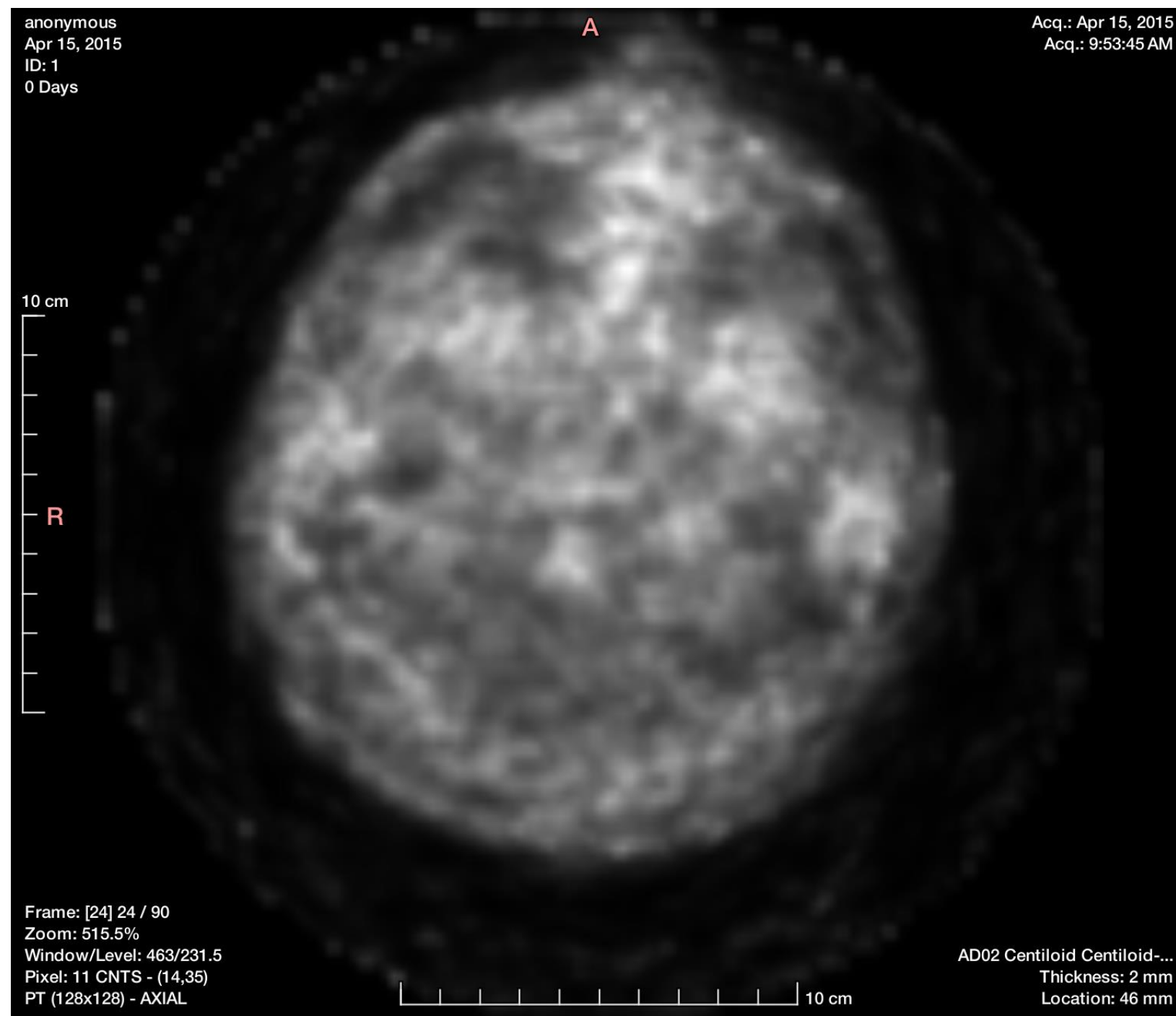


Neurona ARIA-H – kvalita snímků

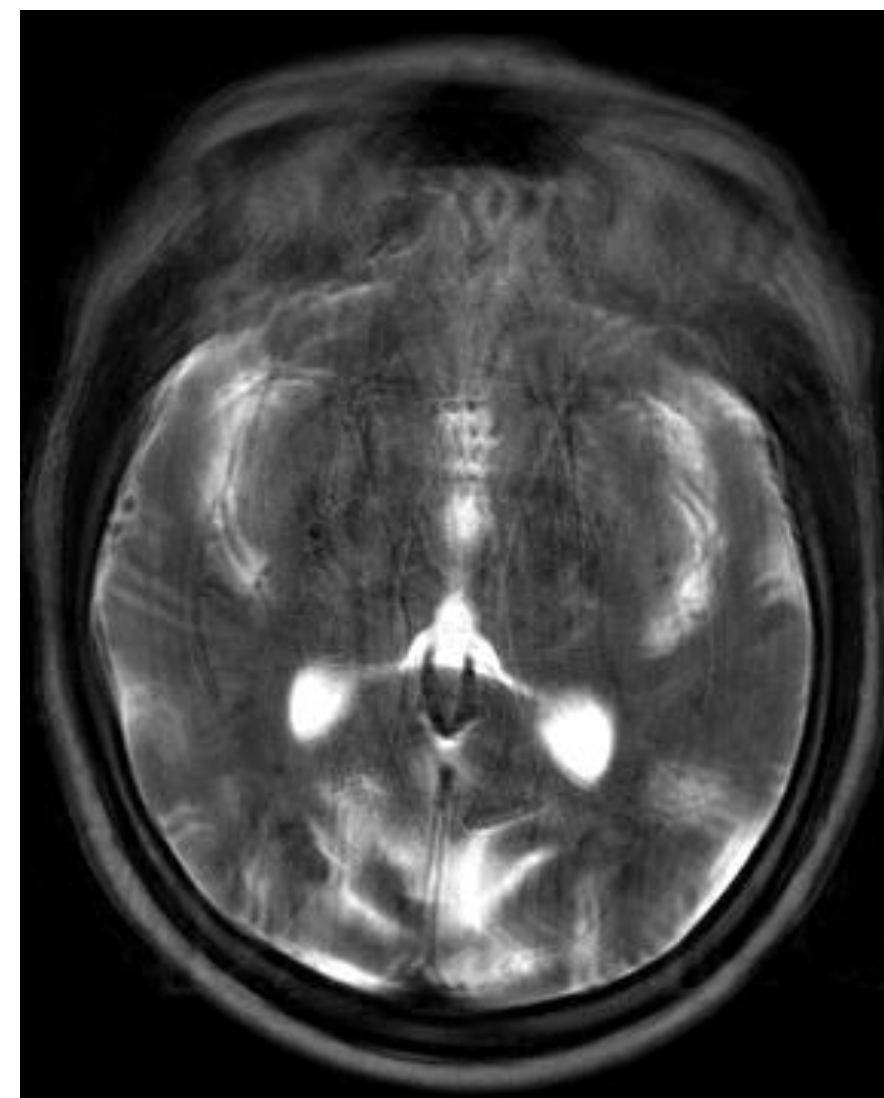
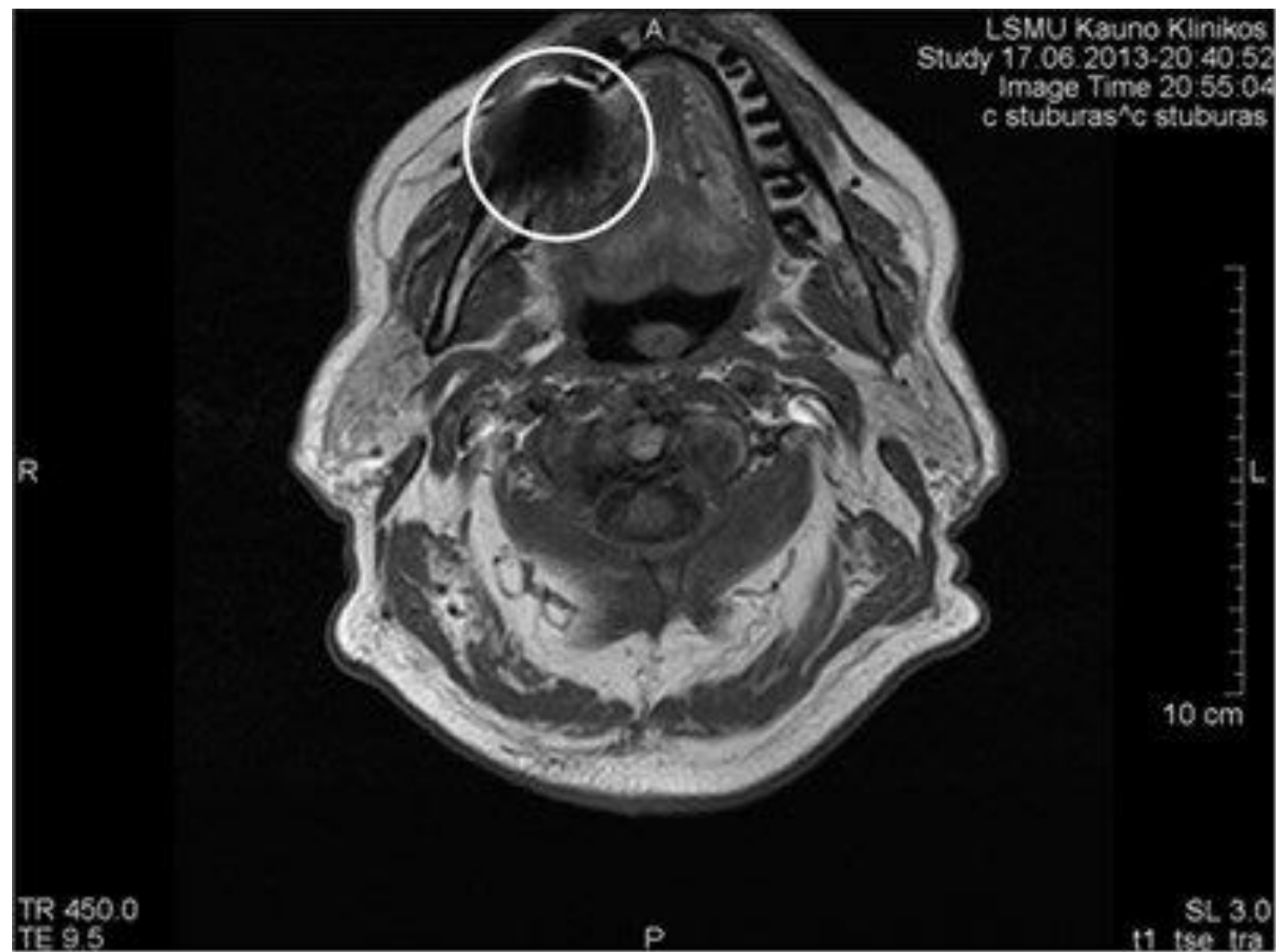
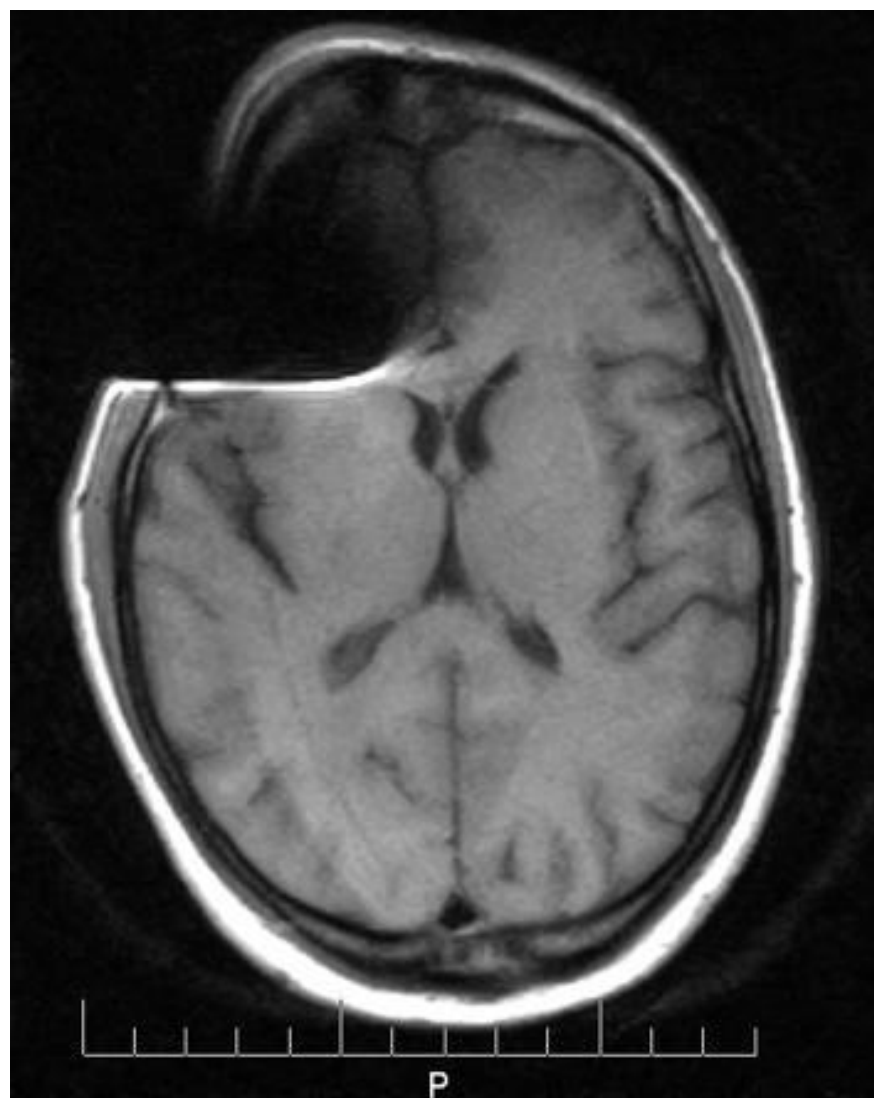


[Yuhua Chen, et. al, MRI Super-Resolution with GAN and 3D Multi-Level DenseNet: Smaller, Faster, Better, <https://ar5iv.labs.arxiv.org/html/2003.01217>]

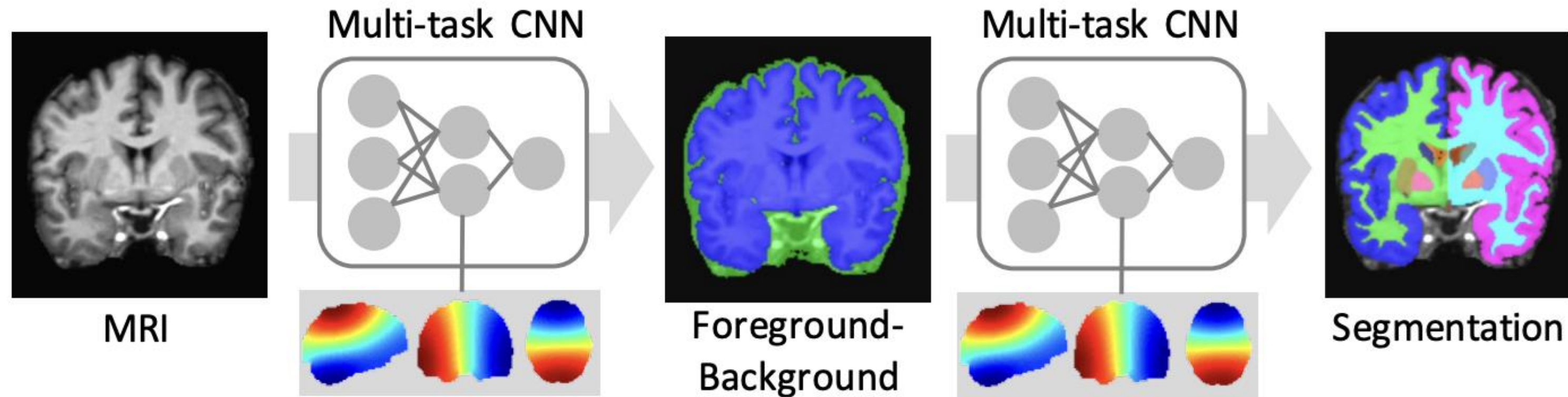
Kontrola kvality obrázků



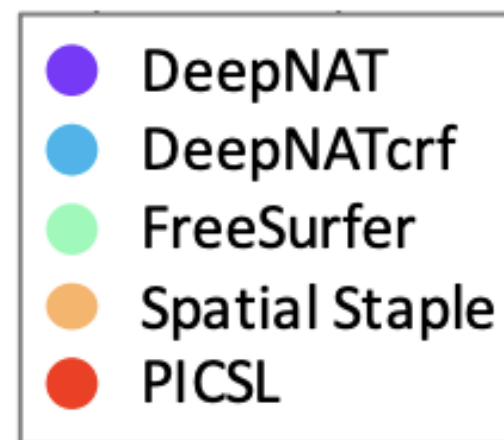
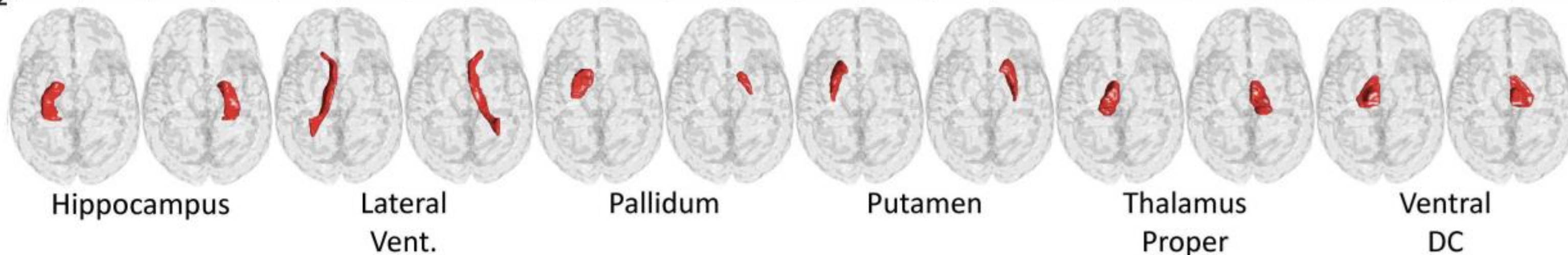
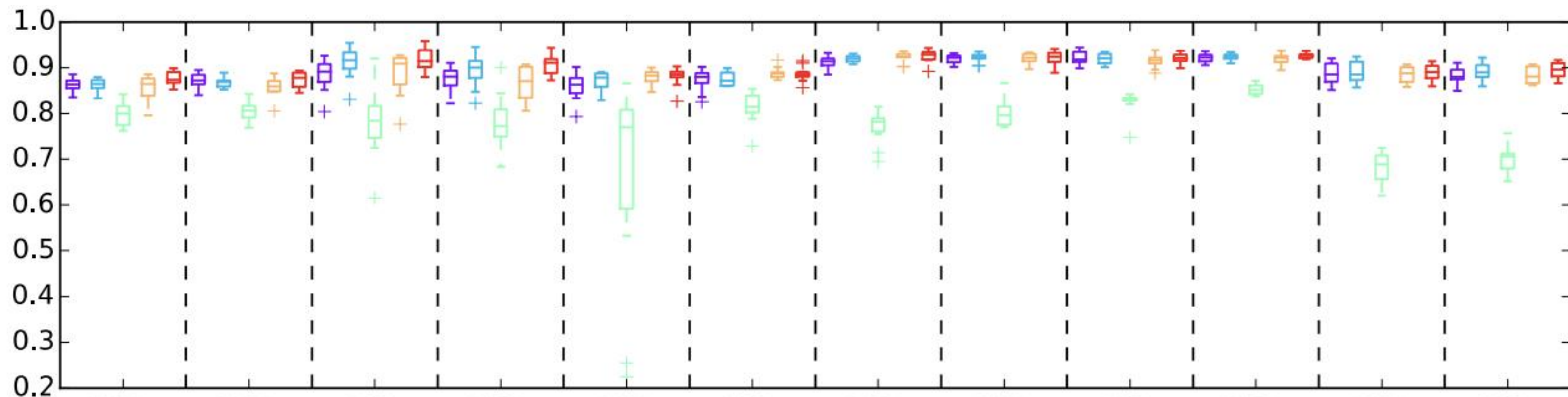
Kontrola artefaktů



Segmentace: DeepNAT: Deep Convolutional Neural Network for Segmenting Neuroanatomy

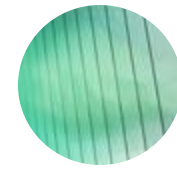


[Christian Wachinger, Martin Reuter, Tassilo Klein, DeepNAT: Deep convolutional neural network for segmenting neuroanatomy,, NeuroImage, Vol 170, 2018, 434-445,ISSN 1053-8119, <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.02.035>.]



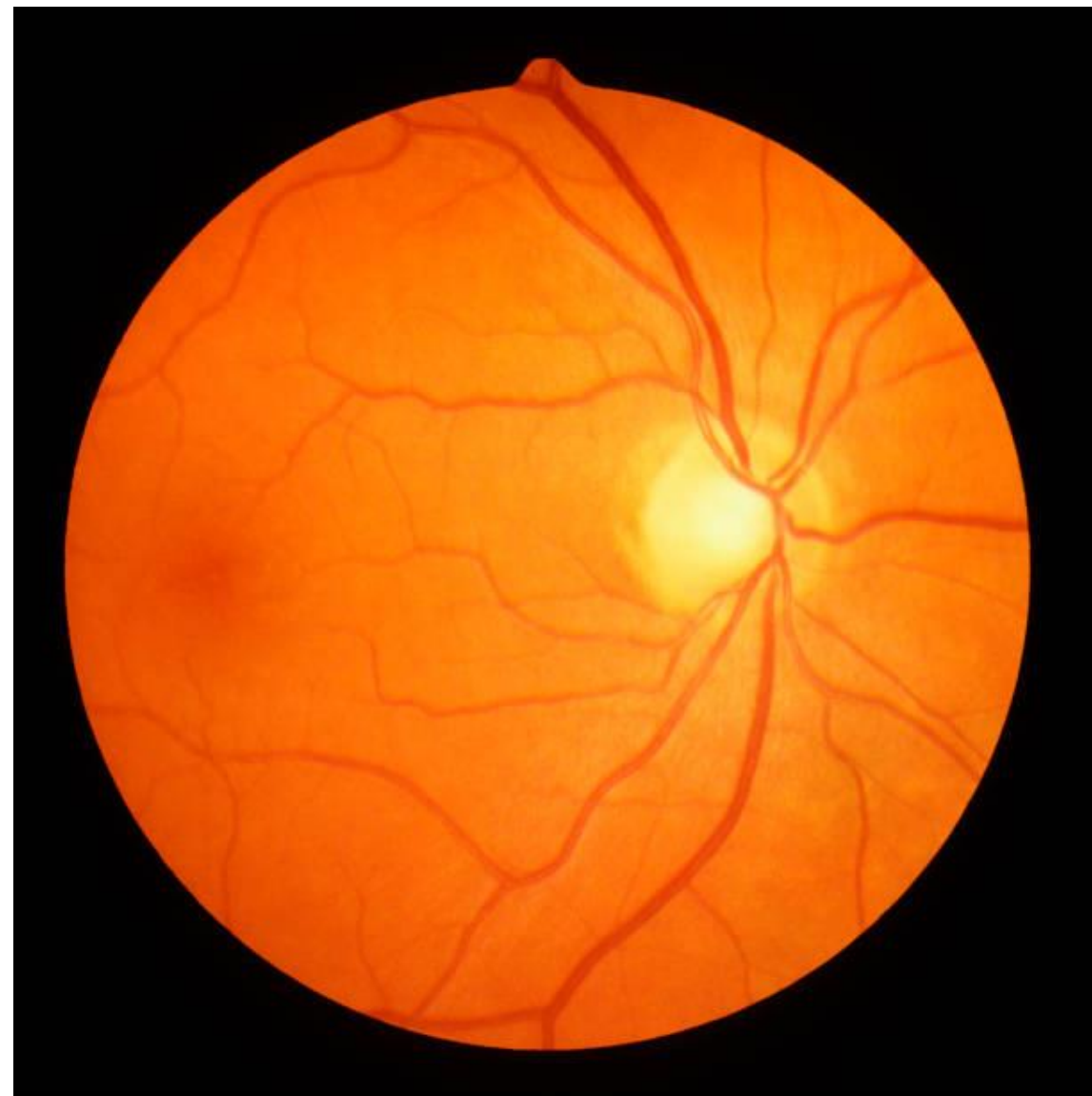
Využití AI v projektech

Aireen

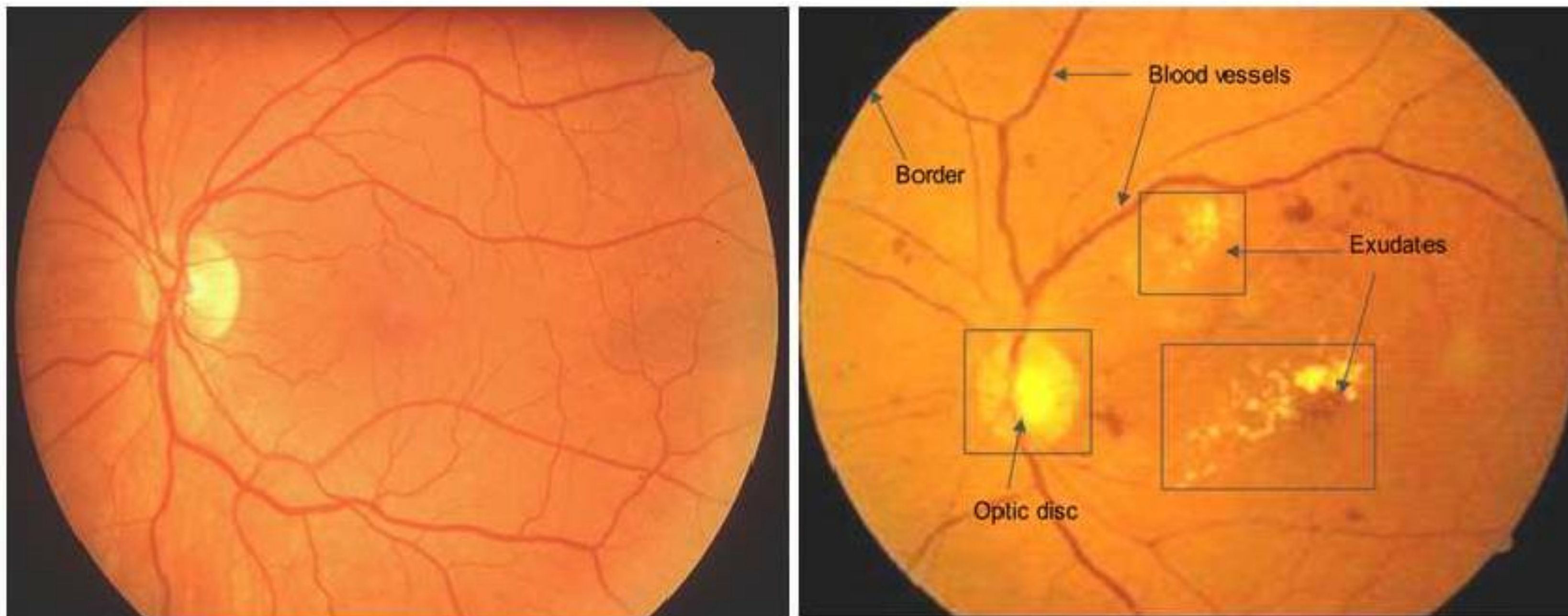


Aireen

- Detekce diabetické retinopatie (DR)
- Detekce věkem podmíněné makulární degenerace (VPMD)



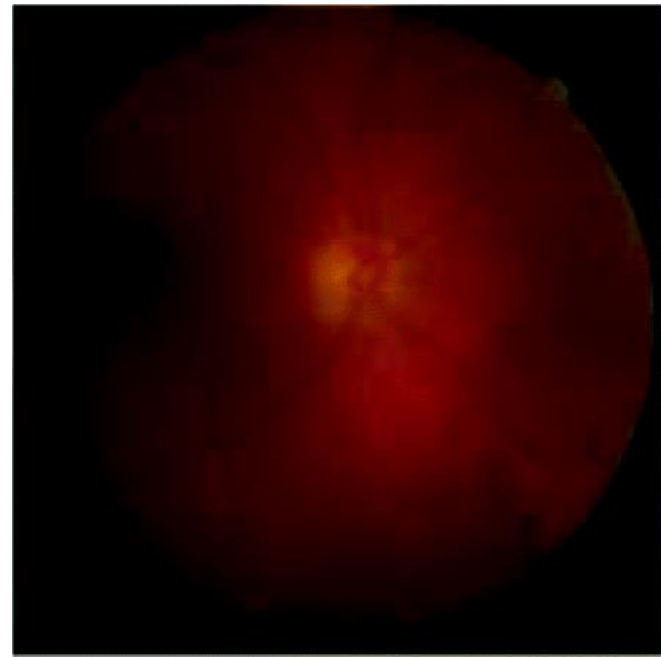
Aireen DR - příznaky



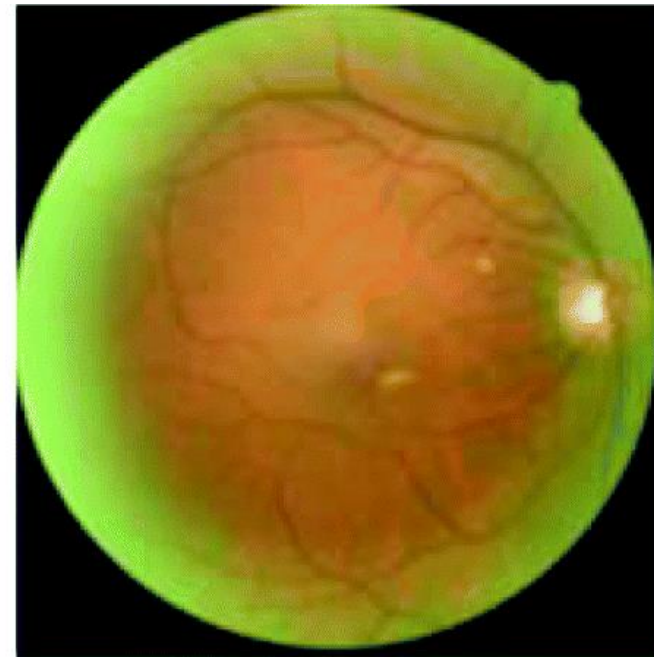
Aireen DR software

- Kontrola kvality snímku
 - kvalitní snímek
 - nekvalitní snímek
- DR klasifikátor
 - DR přítomna
 - DR nepřítomna
- Grading DR
 - mírná
 - střední
 - těžká
 - proliferativní

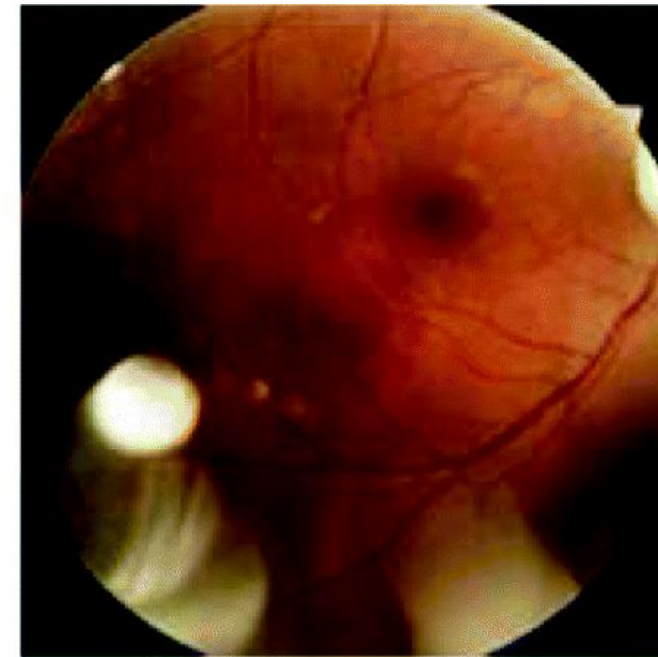
Aireen DR – kontrola kvality snímku



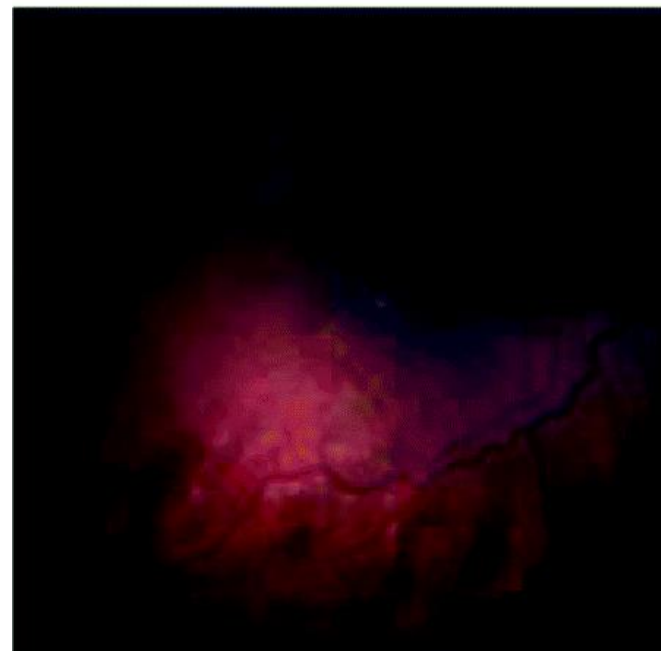
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



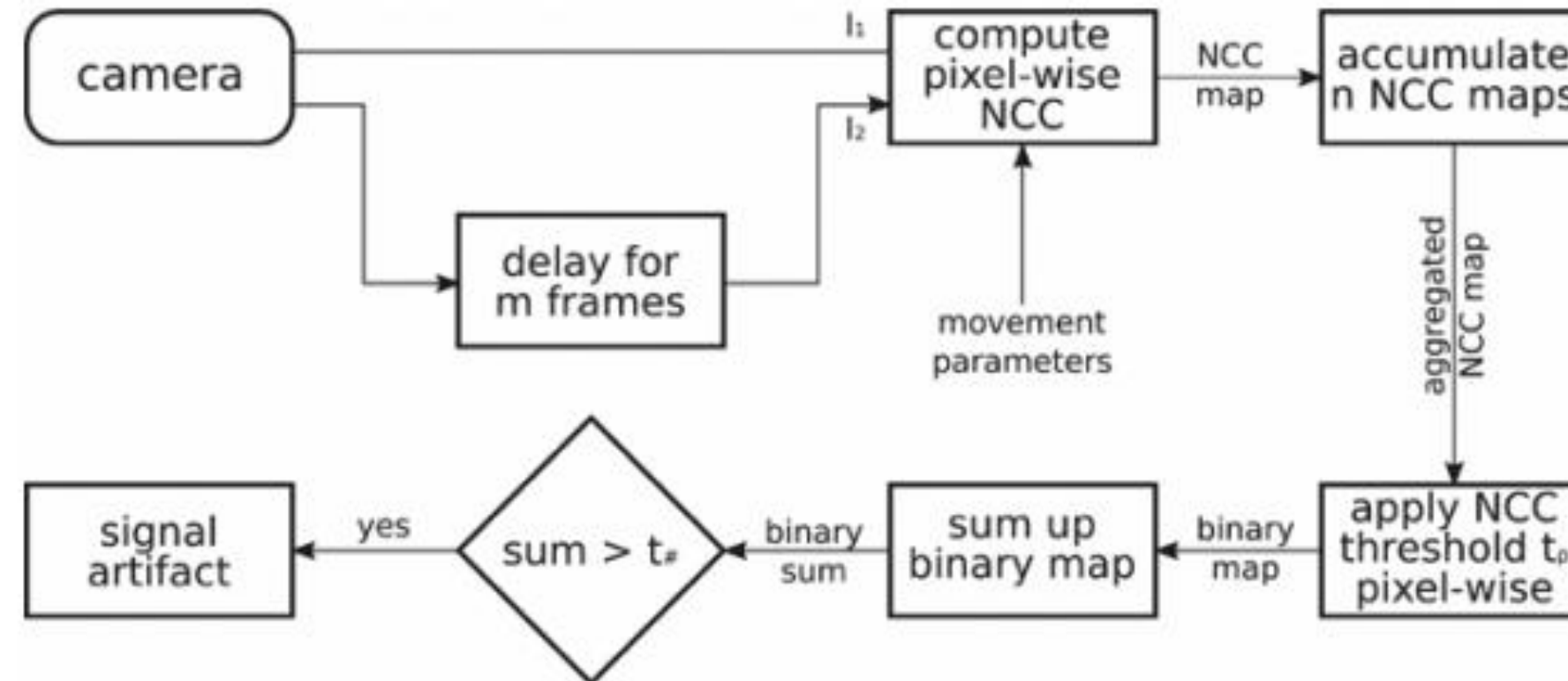
(f)

Aireen DR – kvalita snímků

- *Korektní formát*
- *RGB barevný model (není černobílý)*
- *Vhodná obrazová kvalita*
- Obsahuje foveu a optický disk a jejich skóre je větší než požadovaný práh

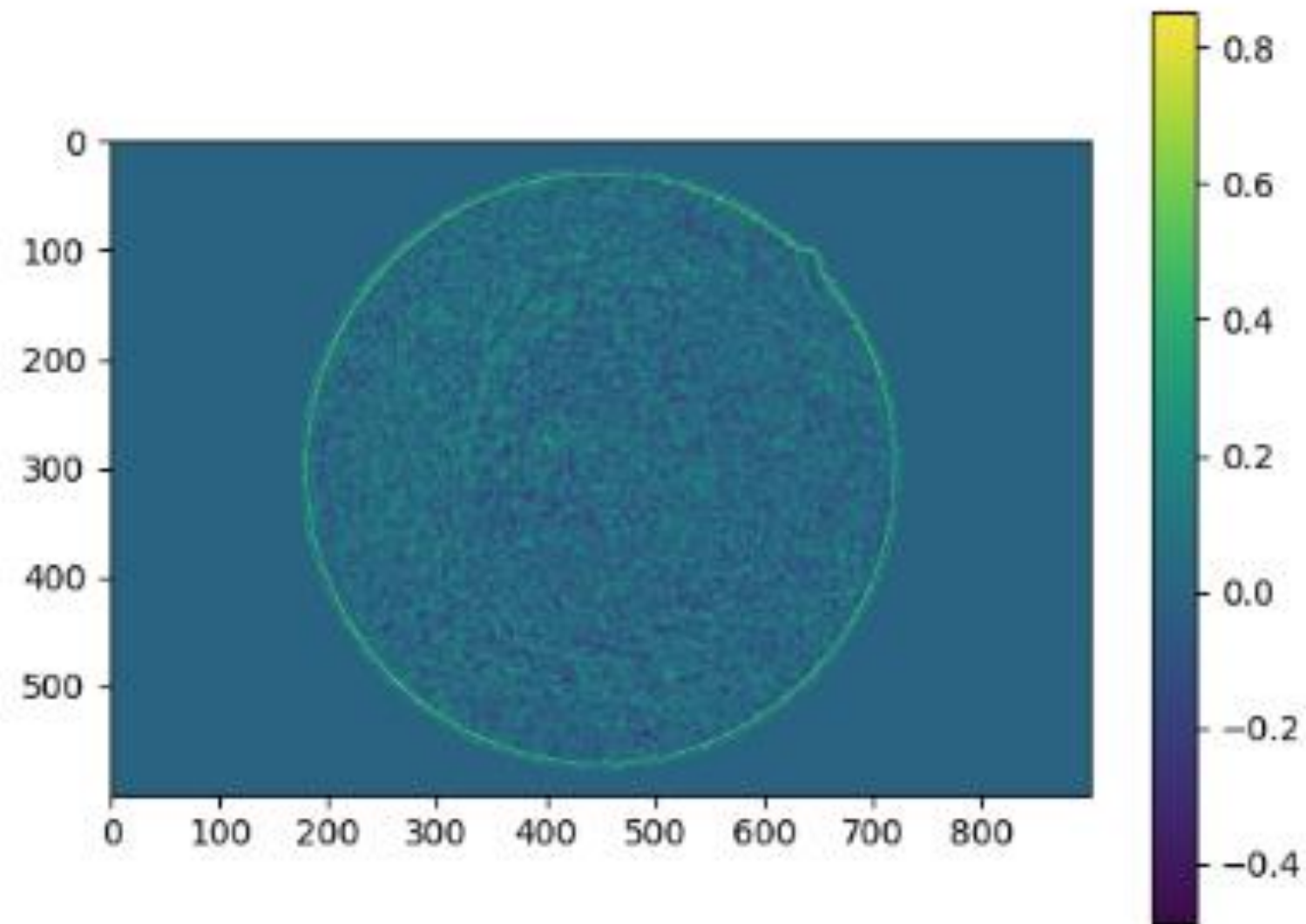
Aireen DR – detekce artefaktů (kapky)

- Přijímání několika po sobě jdoucích snímků – artefakty se na snímku opakují a zůstávají na jednom místě
- Pomocí Normalized Cross-Correlation
- Výstupem je mapa korelačních koeficientů

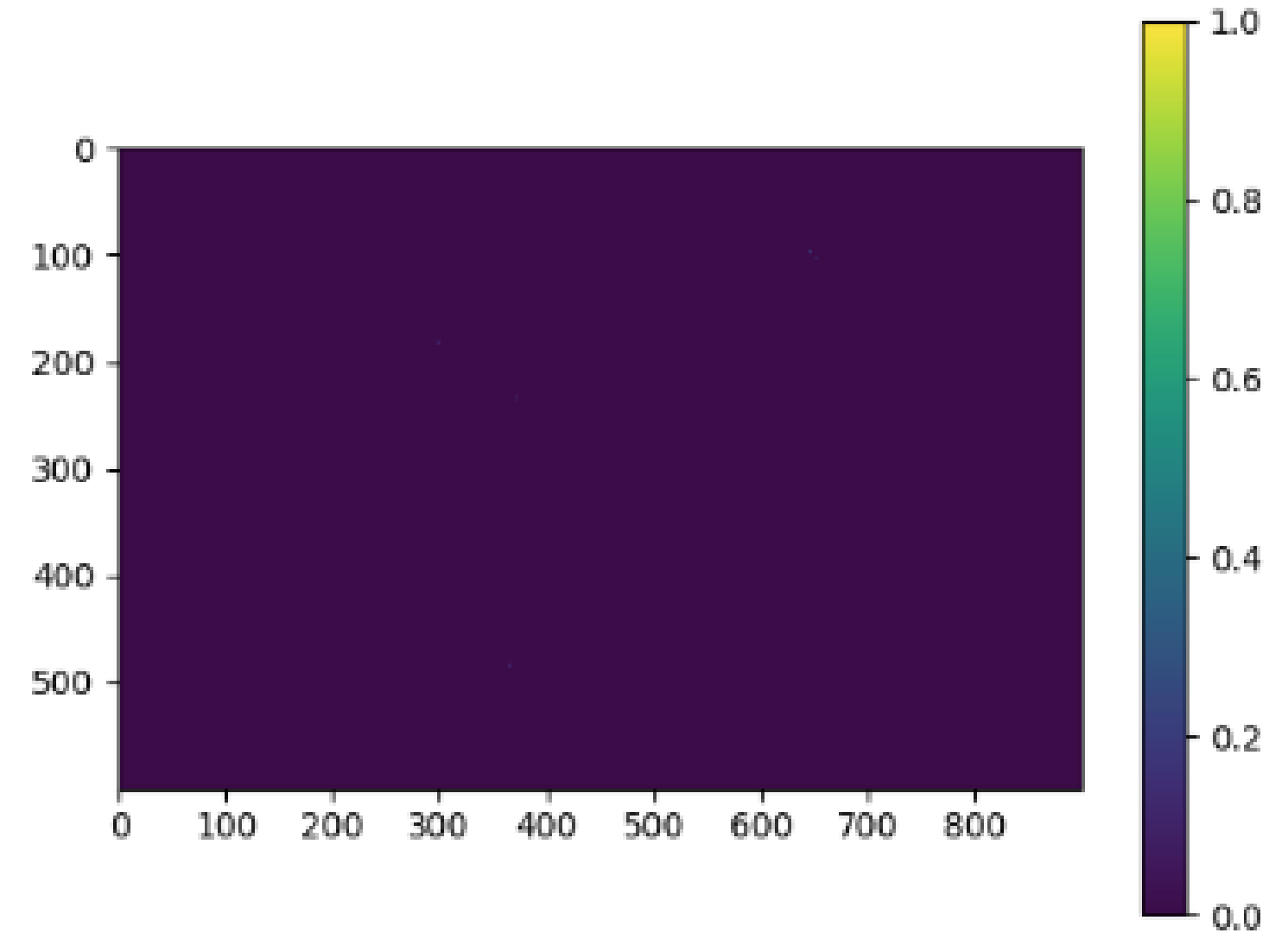


[N. Einecke, H. Gandhi and J. Deigmöller, "Detection of camera artifacts from camera images," 17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Qingdao, China, 2014]

Aireen DR – detekce artefaktů

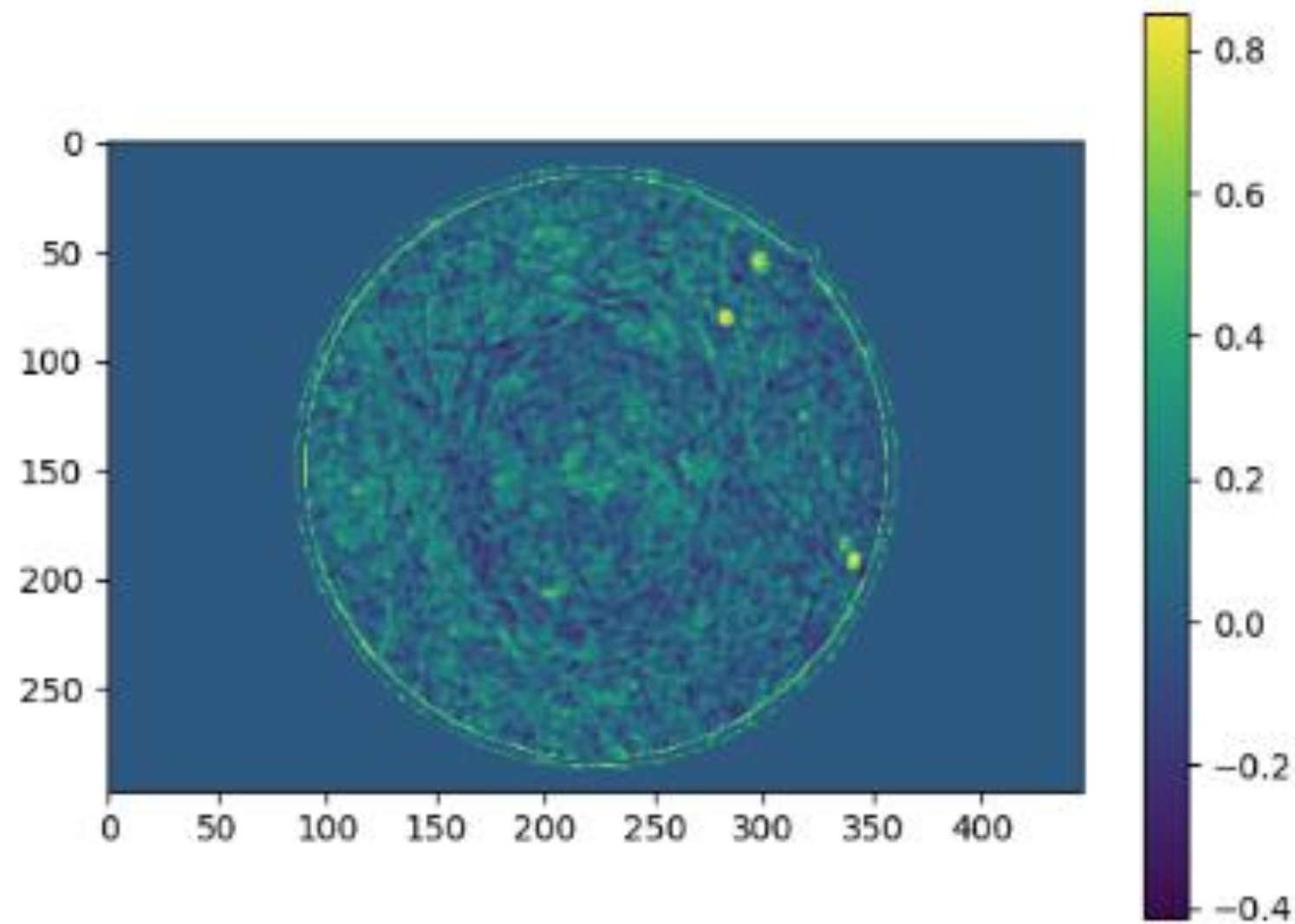


Průměrovaná NCC mapa datasetu A (bez artefaktů).

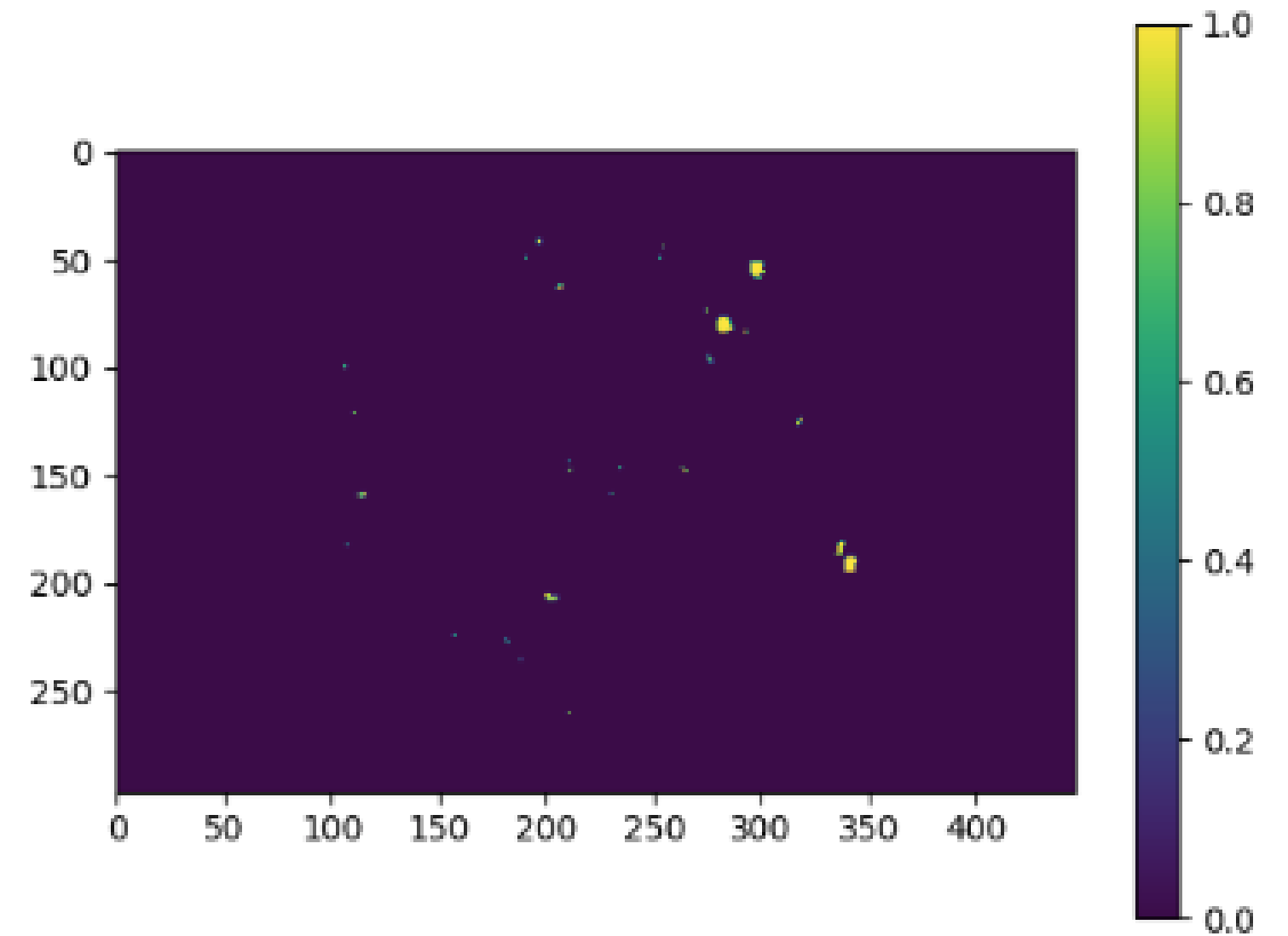


Binární mapa datasetu A (bez artefaktů).

Aireen DR – detekce artefaktů



Průměrovaná NCC mapa datasetu D (s artefakty).



Binární mapa datasetu D (s artefakty).

Aireen DR – DR klasifikátor

EfficientNet V2-S používá se ke klasifikaci obrazových dat

1. Vstupní vrstva:

- extrakce základních rysů

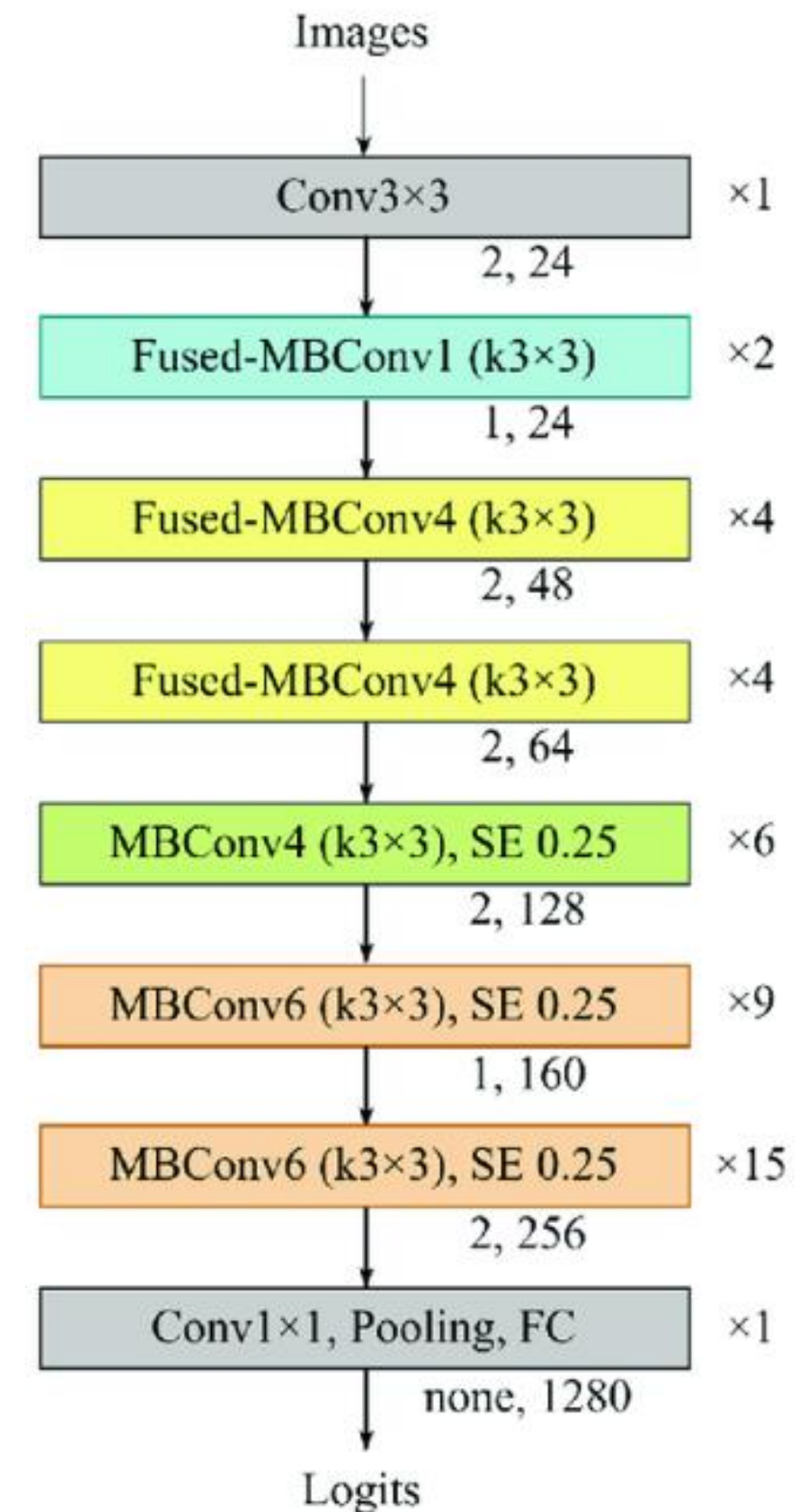
2. Bloky Fused-MBConv

- zlepšení rychlosti a efektivity zpracování dat

3. Bloky MBConv

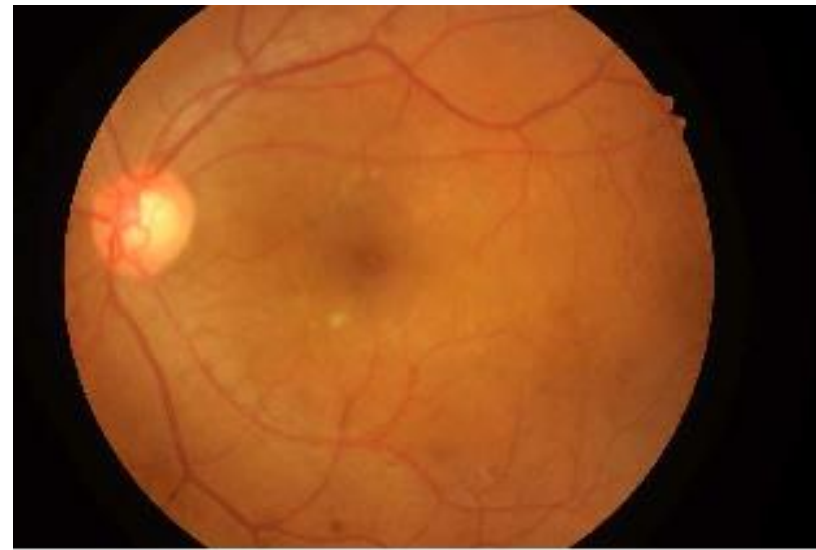
- zpracování komplexnějších rysů v hlubších vrstvách

4. Pooling, Fully Connected, Softmax



Aireen DR – DR grading

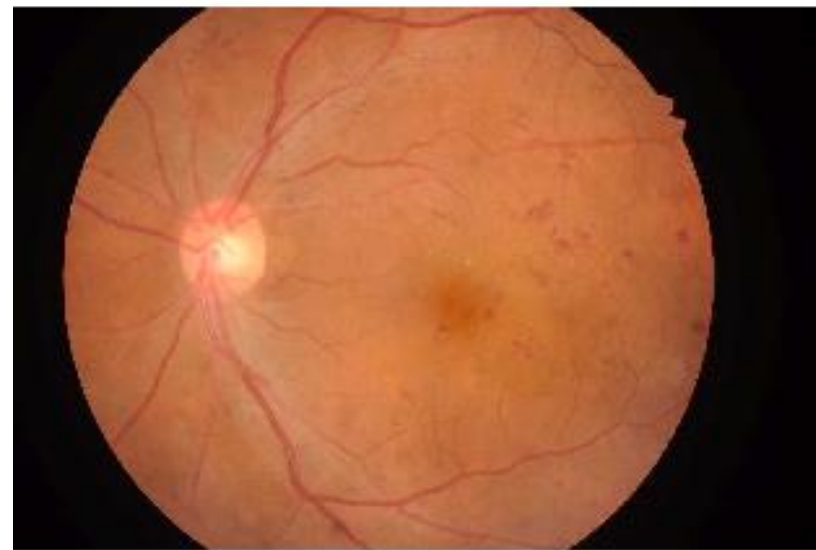
- Pravděpodobnostní rozdělení mezi 4 skupinami
 - mírná
 - střední
 - těžká
 - proliferativní



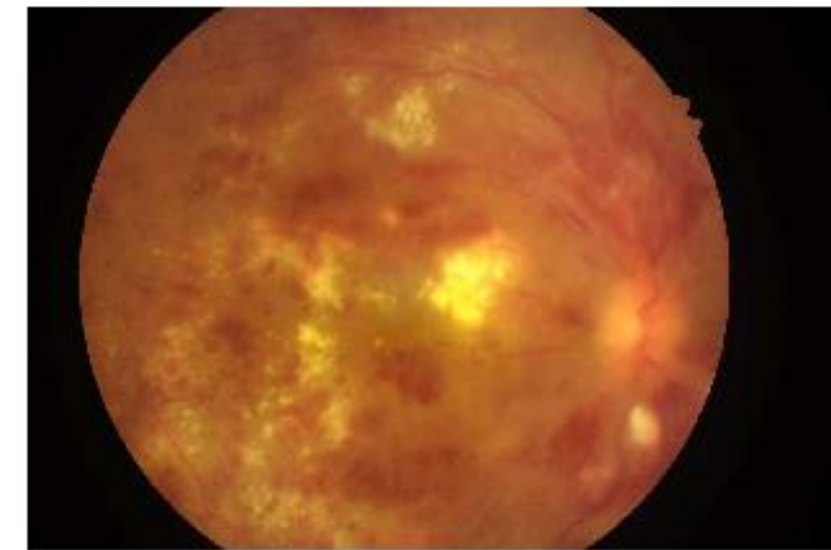
(a) Grade 1



(b) Grade 2

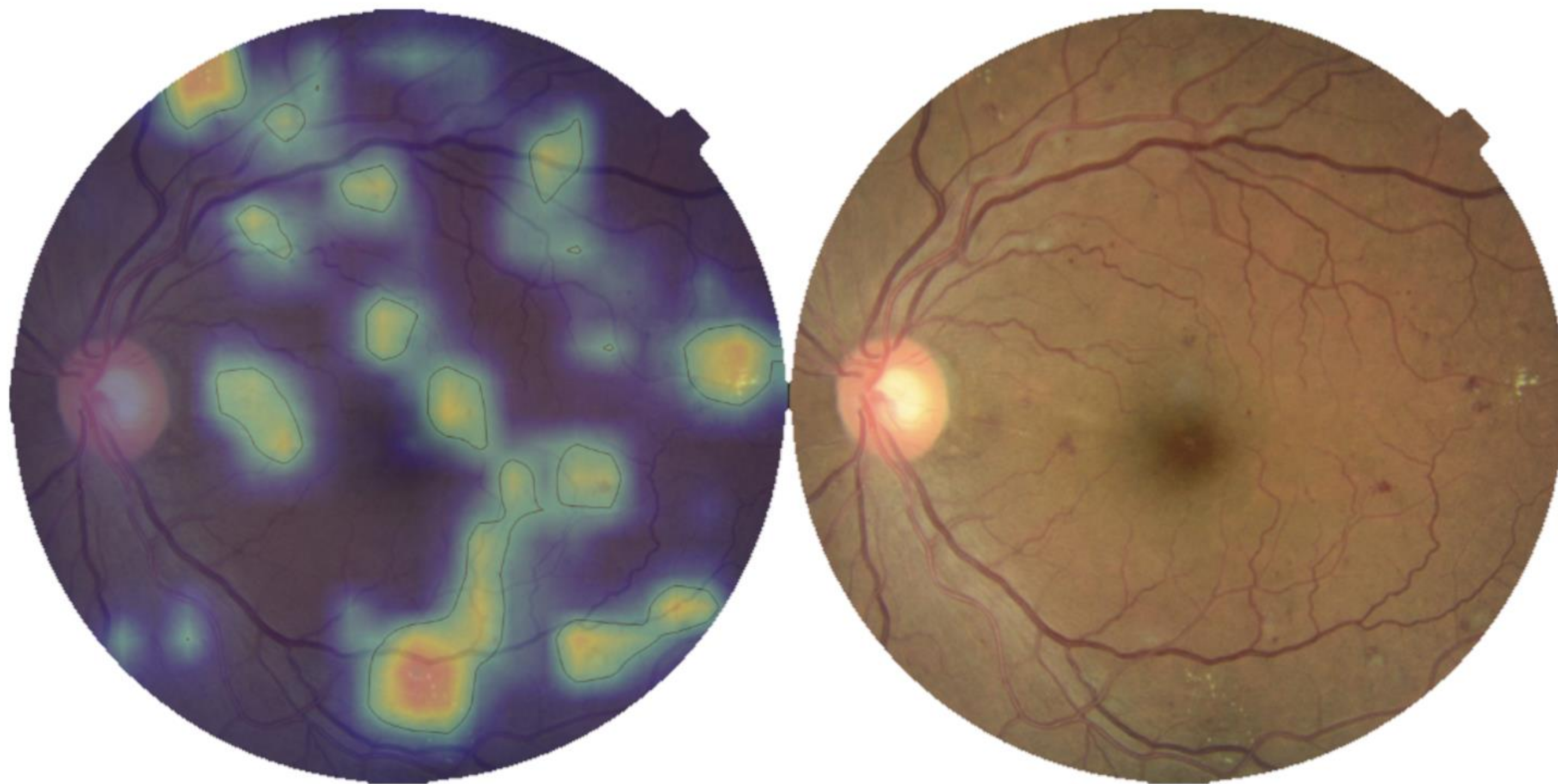


(c) Grade 3


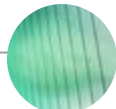
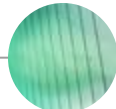


(d) Grade 4

Aireen – vysvětlitelná AI



Proč používat AI v medicíně?

 Analýza velkého datasetu	 Rychlá a přesná diagnostika	 Dostupnější screening
 Automatická anotace datasetu	 Automatické upozornění na abnormality	 Personalizovaná léčba
 Efektivita a úspora nákladů	 24/7 Dostupnost	 Telemedicína na dálku

Q&A

Kamila Dvořák

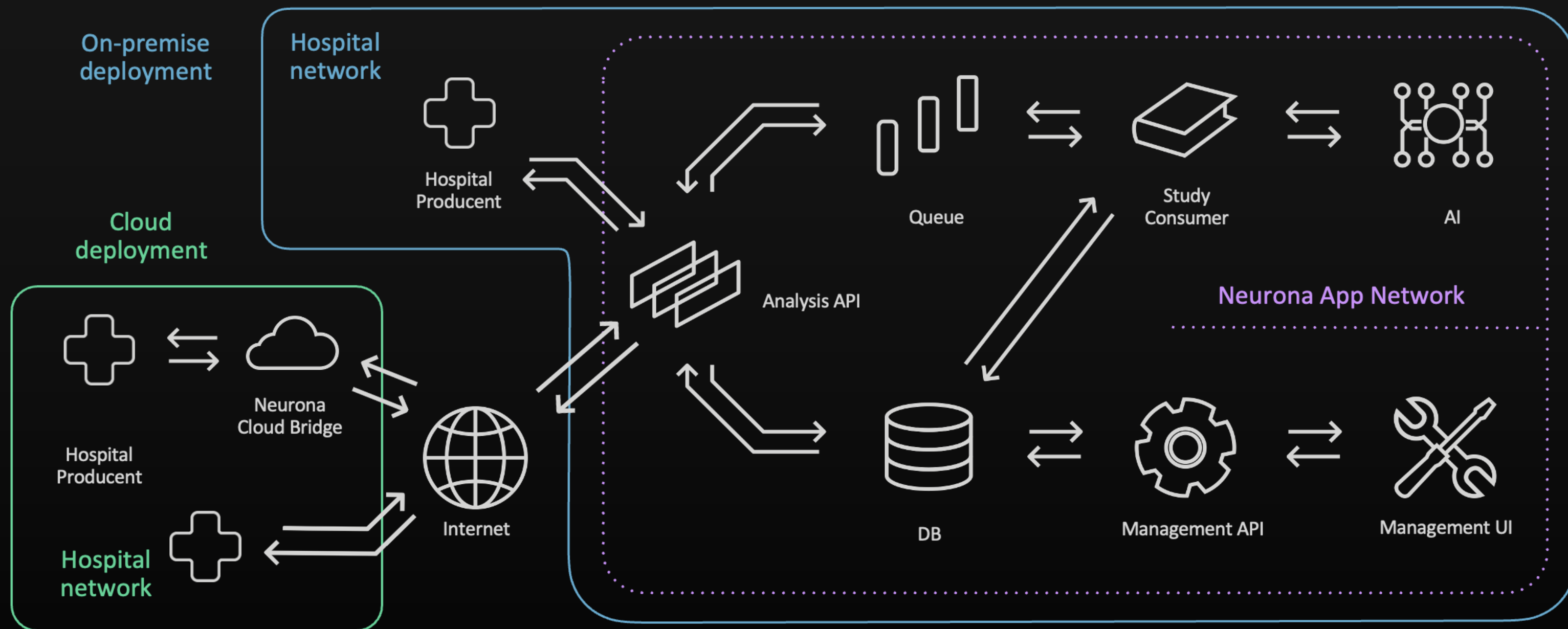
kamila.dvorak@neurona-lab.com

www.neurona-lab.com



Integrované řešení NeuronaLab SW* a NIS **

Neurona splňuje mezinárodní bezpečnostní protokoly a ochranu osobních údajů. Komunikuje přes ePACs***.



* SW = software

** NIS = nemocniční informační systém

***ePACs = bezpečná a standardizovaná platforma pro výměnu zdravotnických dat mezi poskytovateli zdravotních služeb