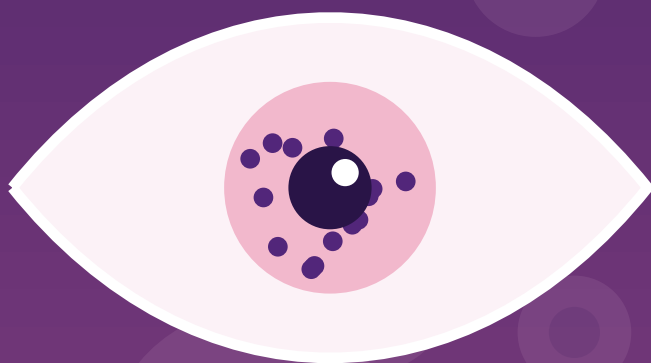




littleEye AI

Manuál pre lekárov a študentov

verzia 4.0 · zadarmo · iPhone, iPad, Mac

Tréning a vyhodnocovanie AI modelov z histologických preparátov —
všetko priamo v zariadení, nič v cloude.

Forensika

OBJASŇUJEME · SPÁJAME · POSÚVAME

forensika.eu

MUDr. Ján Šikuta, PhD. · Lekárska fakulta UK v Bratislave · aplikácia 4.0 (24) · október 2026

Obsah

Čo kde nájdete

- 1 Čo je littlEye AI a pre koho**
myšlienka · zadarmo · súkromie
- 2 Čo je nové v 4.0**
navigácia · Dataset · prístroje · záloha · skratky
- 3 Prvé spustenie**
jazyk, meno, ukázkový model
- 4 Navigácia a Prehľad**
bočný panel · iPhone záložky · Ďalší krok · Projekt
- 5 Dataset: snímky a diagnózy**
mriežka 27 orgánov, import, drag & drop, výrez
- 6 Hodnotenie sklíčok kolegami**
číslice 1–9, späť posledný hlas, väčšina rozhoduje
- 7 Tréning modelu**
semafor pripravenosti, profily, odhad trvania
- 8 Výsledok tréningu a čo s ním**
veta o kvalite, konfúzna matica, čo pridať
- 9 Vyhodnotenie snímky**
režazenie modelov, výrez zorného poľa, prvotná diagnóza
- 10 Učiacu slučku**
naučiť z opravy, kedy pretrénovať
- 11 Prípady**
sklíčka k prípadu, zhodnotenie
- 12 Zdieľanie: modely .le3AI a datasety .le3set**
čo cestuje, kompatibilita s 3.x, šifrovanie
- 13 Import modelu natrénovaného mimo aplikácie**
.mlpackage / .mlmodel, pôvod dát, vlastný test
- 14 Atlas, Edukácia, Metodika, Zdroje**
103 diagnóz, farbenia, IHC, citácie
- 15 Kvantifikácia obrazu a IHC dezmnín**
prístrojový panel · recepty · režim pre štúdiu · CPA a indexy
- 16 Denník meraní**
tabuľka, šarže, ICC a Bland–Altman, export CSV
- 17 Nastavenia, záloha a obnova**
štyri karty · úplná záloha · obnova zo zálohy
- 18 littlEye AI na Macu**
menu, skratky, okná, drag & drop
- 19 Súkromie, limity, spolupráca a podpora**
čo appka nerobí · spolupráca · dobrovoľný príspevok

Ako čítať tento manuál

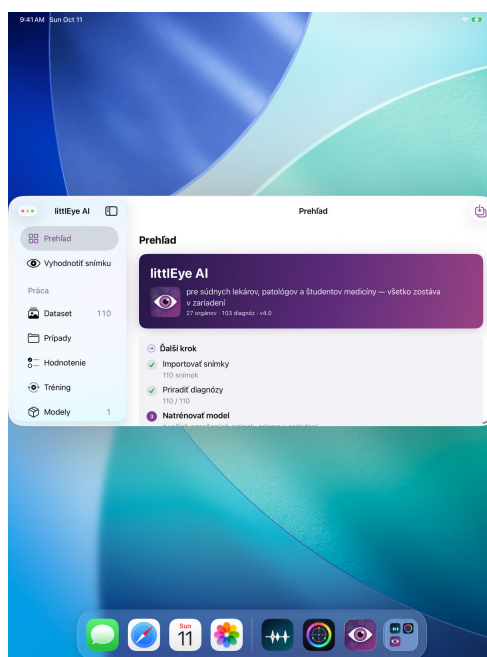
Kapitoly 3 – 8 sú cesta od prázdnej aplikácie po prvý vlastný model — čítajte ich za sebou. Ostatné kapitoly sú referenčné. Zmeny oproti 3.x sú zhrnuté v kapitole 2, navigácia v kapitole 4. Snímky obrazovky sú z Macu, iPadu a iPhone; Mac má vlastnú kapitolu 18 so všetkými skratkami, nástroje obrazovej analýzy kapitolu 15.

1 Čo je littlEye AI a pre koho

myšlienka · zadarmo · súkromie

littlEye AI vznikla z jednoduchej myšlienky: mikroskopický svet dáva zmysel tomu makroskopickému. Je určená súdnym lekárom a patológom v praxi, no predovšetkým študentom lekárskeho fakúlt ako pomôcka k histológii a patológii.

Aplikácia robí tri veci: zbiera mikrofotografie HE preparátov s diagnózami, trénuje z nich malý model priamo vo vašom iPade, iPhone alebo Macu a vyhodnocuje nové snímky — vždy s percentom istoty, nikdy bez neho. K tomu pridáva znalostnú bázu: atlas diagnóz, edukačný modul o farbeniach a imunohistochemii a zoznam zdrojov, z ktorých obsah vychádza.



Prehľad na iPade: karta Ďalší krok, počty snímok a modelov, Dataset po orgánoch a karta Projekt.

Zadarmo — a prečo

Od verzie 3.0 je littlEye AI zadarmo a plne funkčná. Žiadne predplatné, žiadna funkcia uzamknutá za platbou, žiadne reklamy. Tí, pre ktorých je určená — študenti a mladí kolegovia — sú zároveň tí, ktorí si ju najmenej môžu dovoliť; a zmyslom projektu je, aby si pracoviská vymieňali natréňované modely. To potrebuje ľudí, nie príjmy. Kto chce, môže prispieť dobrovoľným príspevkom (kapitola 19). Príspevok nič neodomyká.

Súkromie ako princíp

Celá aplikácia pracuje výhradne v zariadení. Snímky, prípady ani modely ho nikdy neopúšťajú a aplikácia sa sama na sieť nepripája — jedinými výnimkami sú dobrovoľný príspevok cez App Store a odkazy na literatúru, ktoré sa otvárajú v prehliadači. Pre súdne lekárstvo to nie je vlastnosť navyše, ale podmienka, bez ktorej by appka nemohla existovať.

Čo littlEye AI nie je

Nie je zdravotnícka pomôcka a nedáva diagnózu. Je to výskumný a podporný nástroj: model navrhne, lekár rozhodne. Táto veta je na každej obsahovej obrazovke aplikácie zámerne.

2

Čo je nové v 4.0

navigácia · Dataset · prístroje · záloha · skratky

Verzia 4.0 prináša nový vzhľad a jednoduchšiu prácu na Macu, iPade aj iPhone. Súbor .le3AI a .le3set ostávajú plne kompatibilné s verziou 3.x v oboch smeroch — model aj dataset z predchádzajúcej verzie otvoríte bez úprav a súbor z 4.0 otvorí aj starší littlEye AI.

Prehľadnejšia navigácia

- Bočný panel má 15 položiek v poradí práce: Prehľad · Vyhodnotiť snímku · Práca (Dataset, Prípady, Hodnotenie, Tréning, Modely) · Výskum (Kvantifikácia, IHC dezmín, Denník meraní) · Znalosti (Atlas, Edukácia, Metodika, Zdroje) · Info (kapitola 4).
- Nová sekcia Dataset: všetkých 27 orgánov ako mriežka po sústavách, s počtom snímok a označených (kapitola 5).
- iPhone má päť záložiek: Prehľad · Vyhodnotiť · Dataset · Atlas · Viac.
- Prehľad radí ďalší krok (importovať → priradiť diagnózy → hodnotiť → trénovať → vyhodnotiť a zdieľať). Pripomienky spolupráce a podpory už nie sú nad pracovnými sekciami, ale v karte Projekt na Prehľade.
- Rozpracovaná snímka, výsledok či tréning sa pri prepnutí sekcie nestratia; tréning beží ďalej a jeho priebeh ukazuje bočný panel.

Výskumné nástroje ako prístroj

- Kvantifikácia a IHC dezmín: snímka a veľký výsledok s intervalom vedľa seba, nastavenie a overenie (polia, bodové sčítanie, citlivosť) pod nimi; režim pre štúdiu ako stavový pás (kapitola 15).
- Dezmín počíta priebežne, bez tlačidla Vyhodnotiť. Index 2 má jedinú cestu — dvojicu snímok DAB + HE; z Kvantifikácie sa do dezmínu posielajú snímky, nie čísla.
- Merací motor je 5- až 10-krát rýchlejší a posuvník prahu reaguje okamžite.
- Denník meraní je samostatná sekcia: na Macu tabuľka s triedením, mazanie jednotlivých zápisov a export CSV cez Uložiť ako (kapitola 16).

Údaje a zdieľanie

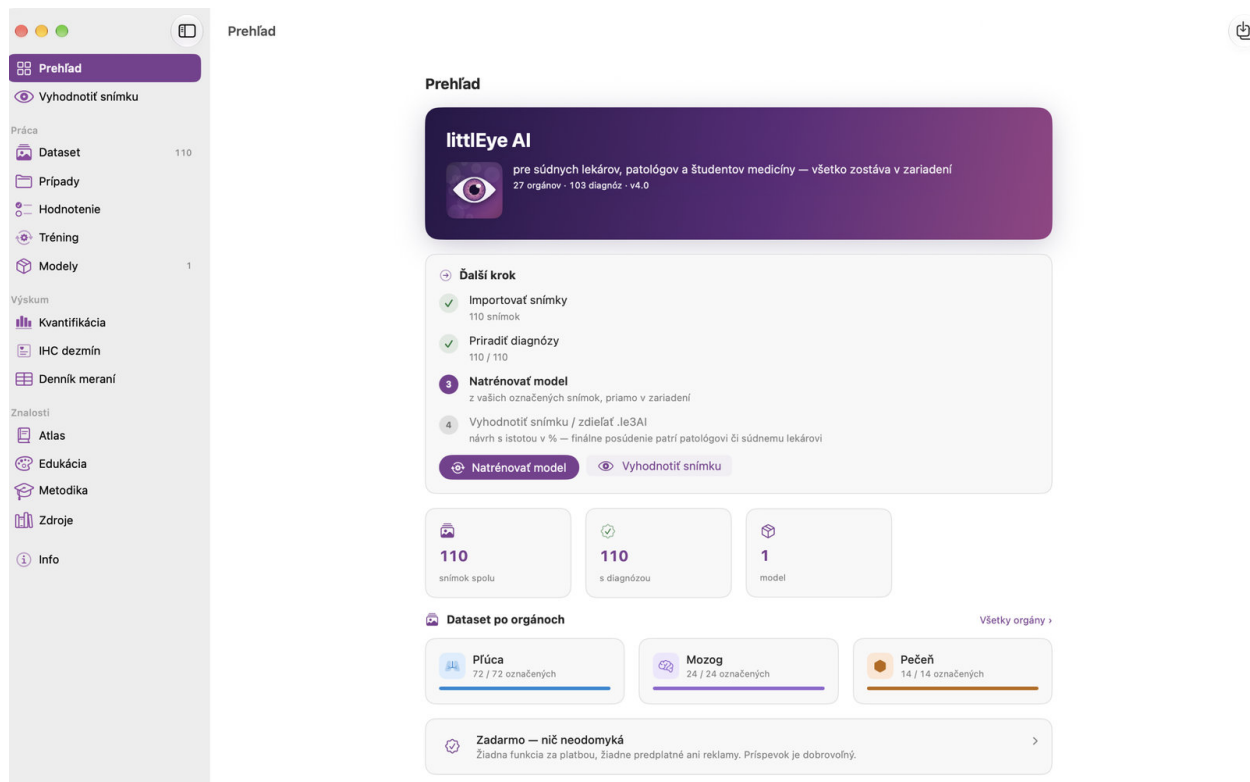
- Úplná záloha vrátane denníka meraní a šarží a nová obnova zo zálohy — v Nastaveniach (kapitola 17).
- Hodnotenia v .le3set sa priradujú cez katalóg diagnóz, snímky sa pri importe neprekódujú (bez straty kvality) a export modelu zachová pôvodného autora.
- Hodnotenie sklíčok: číslice 1–9, medzerník preskočí, %Z vráti posledný hlas; remíza hlasov je deterministická.
- Testovacia množina sa delí po prípadoch, aby výsledok testu nebol nadhodnotený. Poškodený index archívu sa už neprepiše — aplikácia ponúkne obnovu predchádzajúcej verzie.

Mac

- Nastavenia (⌘,) so štyrmi kartami — Všeobecné, Vzhľad, Pripomienky, Záloha — a natívne okno O aplikácii; nové skratky ⌘A, ⌘H, ⌘L, ⌘I, ⌘N, ⌘E a ⌘A; ⌘1–⌘0 ostávajú (kapitola 18). Kontextové menu a inšpektor v Modeloch.

Vzhľad a prístupnosť

- Jednotný dizajn odvodený z ikony aplikácie, plnohodnotný tmavý režim a farby s overeným kontrastom. Popisy ovládačov a grafov pre VoiceOver, Dynamic Type a čísla podľa jazyka aplikácie (desatinná čiarka).



Mac, verzia 4.0: bočný panel v poradí práce a Prehľad s kartou Ďalší krok.

3 Prvé spustenie

jazyk, meno, ukážkový model

- 1 Pri prvom spustení sa objaví uvítacia obrazovka. Vyberte jazyk (slovenčina / angličtina) a zadajte meno hodnotiteľa. Meno sa ukladá ku každému hodnoteniu sklíčka a do každého exportovaného modelu — je to audit trail, nie registrácia. Nikam sa neposiela.
- 2 Ťuknite na Vyskúšať s ukážkovým modelom: DEMO má 10 diagnóz natrénovaných na syntetických vzoroch — nie na skutočných preparátoch — a aplikácia vás rovno preniesie do Vyhodnotiť snímku. Alebo zvolíte Z začať s vlastnými preparátmi a prejdete do Datasetu.
- 3 Odteraz vás vedie karta Ďalší krok na Prehľade (kapitola 4): ukáže, čo má zmysel urobiť ako ďalšie, a tlačidlo vedie priamo tam.
- 4 Terminológiu Odborná / Laická a jazyk zmeníte v Nastaveniach. Odborná zobrazí diagnózy odborne („steatóza“), laická zrozumiteľne („stukovatenie pečene“). Exporty a tréning používajú vždy odborné kľúče, takže prepínač nič nepokazí.
- 5 Uvítaciu obrazovku otvoríte znova z Info.



Tip pre ústavy

Meno hodnotiteľa nastavte na každom zariadení skutočné — pri hodnotení kolegami rozhoduje väčšina vyhodnotení a v exportovanom modeli bude vidieť, kto ho trénoval.

4 Navigácia a Prehľad

bočný panel · iPhone záložky · Ďalší krok · Projekt

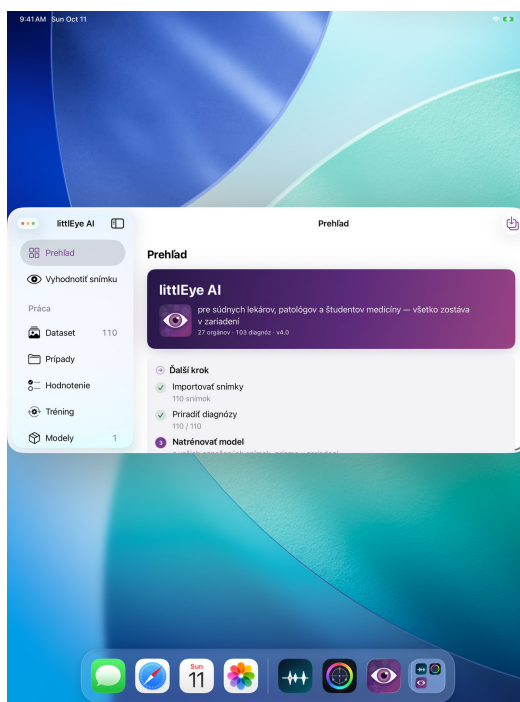
Aplikácia má na Macu, iPade a iPhone tie isté sekcie; líši sa len spôsob, ako sa medzi nimi pohybujete. Každá sekcia má titulok, jednu vetu o tom, čo robí, hlavnú akciu a na konci vždy poznámku, že ide o výskumný a podporný nástroj, nie zdravotnícku pomôcku.

Bočný panel (Mac a iPad)

Panel má 15 riadkov v poradí práce. Prehľad a Vyhodnotiť snímku sú hore bez hlavičky; ďalej tri skupiny:

	Sekcia	K čomu slúži
Hore	Prehľad · Vyhodnotiť snímku	Ďalší krok a stav projektu · vyhodnotenie jednej snímky
Práca	Dataset · Prípady · Hodnotenie · Tréning · Modely	zbierať snímky, hodnotiť s kolegami, trénovať, spravovať modely
Výskum	Kvantifikácia · IHC dezmín · Denník meraní	merať farbu a tvar na snímke, zapisovať merania
Znalosti	Atlas · Edukácia · Metodika · Zdroje	diagnózy, farbenia, metodika a literatúra
Dole	Info	o projekte, súkromie, spolupráca, podpora

- Vpravo pri riadku sú drobné údaje: počet snímok v Datasets, počet modelov, počet zápisov v Denníku, nezhodnotené sklíčka v Hodnotení a počas tréningu priebeh v percentách.
- Nastavenia nie sú riadkom panela na Macu — otvárate ich , v samostatnom okne so štyrmi kartami. Na iPade sú riadkom panela, na iPhone položkou vo Viac (kapitola 17).
- Panel pamätá poslednú sekciu aj otvorený orgán po zatvorení okna a reštarte.
- Čísllice 1—9 a 0 vedú do sekcií rovnako ako vo verzii 3.x; poradie v paneli ide podľa toku práce, nie podľa čísel. Všetky skratky sú v kapitole 18.



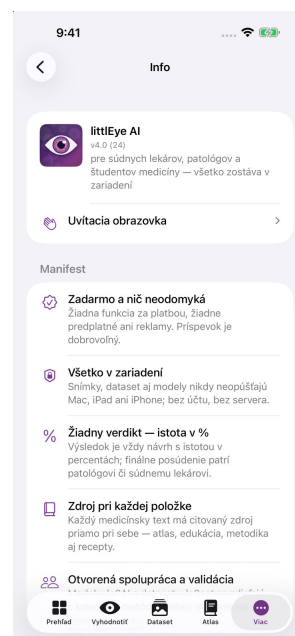
iPad: ten istý bočný panel a Prehľad s kartou Ďalší krok.

iPhone: päť záložiek

Na iPhone stojíte pri mikroskope — fotíte, dopĺňate dataset, vyhodnocujete snímku a listujete v atlase. Preto sú dole záložky Prehľad · Vyhodnotiť · Dataset · Atlas · Viac. Všetko ostatné je vo Viac, rozdelené do rovnakých skupín ako v bočnom paneli (Práca: Prípady, Hodnotenie, Tréning, Modely · Výskum: Kvantifikácia, IHC dezmín, Denník meraní · Znalosti: Edukácia, Metodika, Zdroje · Aplikácia: Nastavenia, Info). Každá záložka má vlastnú históriu, takže návrat späť vás vždy vráti tam, kde ste boli.



iPhone: Prehľad.



iPhone: Viac — ostatné sekcie.

Prehľad

Prehľad sa skladá z kariet zhora nadol:

- Hlavička s ikonou, názvom, jednou vetou o aplikácii a počtom orgánov a diagnóz.

- Ďalší krok — päť krokov: Importovať snímky → Priradiť diagnózy → Hodnotiť s kolegami (voliteľné; zobrazí sa, keď hodnotia aspoň dvaja) → Natrénovať model → Vyhodnotiť snímku / zdieľať .le3AI. Aktuálny krok má tlačidlo, ktoré vás prenesie na správne miesto: bez snímok „Načítať ukážkový model“ a „Pridať snímky“, pri snímkach bez diagnózy Hodnotenie, pri označených snímkach bez modelu Tréning, po desiatich nových snímkoch „Pretrénovať“, inak „Vyhodnotiť snímku“ a „Exportovať .le3AI“. Keď je všetko hotové, karta sa zbalí na riadok „Všetko pripravené“.
- Tri čísla: snímok, snímok s diagnózou, modelov. Pod nimi karta Dataset po orgánoch so šiestimi najnaplnenejšími orgánmi a odkazom „Všetky orgány“.
- Projekt — jediné miesto, kde sa aplikácia na niečo pýta: ponuka spolupráce a validácie (zobrazí sa len dvakrát), pripomienka dobrovoľného príspevku (najskôr od tretieho spustenia, s tlačidlom „Teraz nie“) a trvalý riadok „Zadarmo — nič neodomyká“. Pripomienky možno vypnúť v Nastaveniach → Pripomienky.
- Upozornenie: výskumný a podporný nástroj, nie zdravotnícka pomôcka.

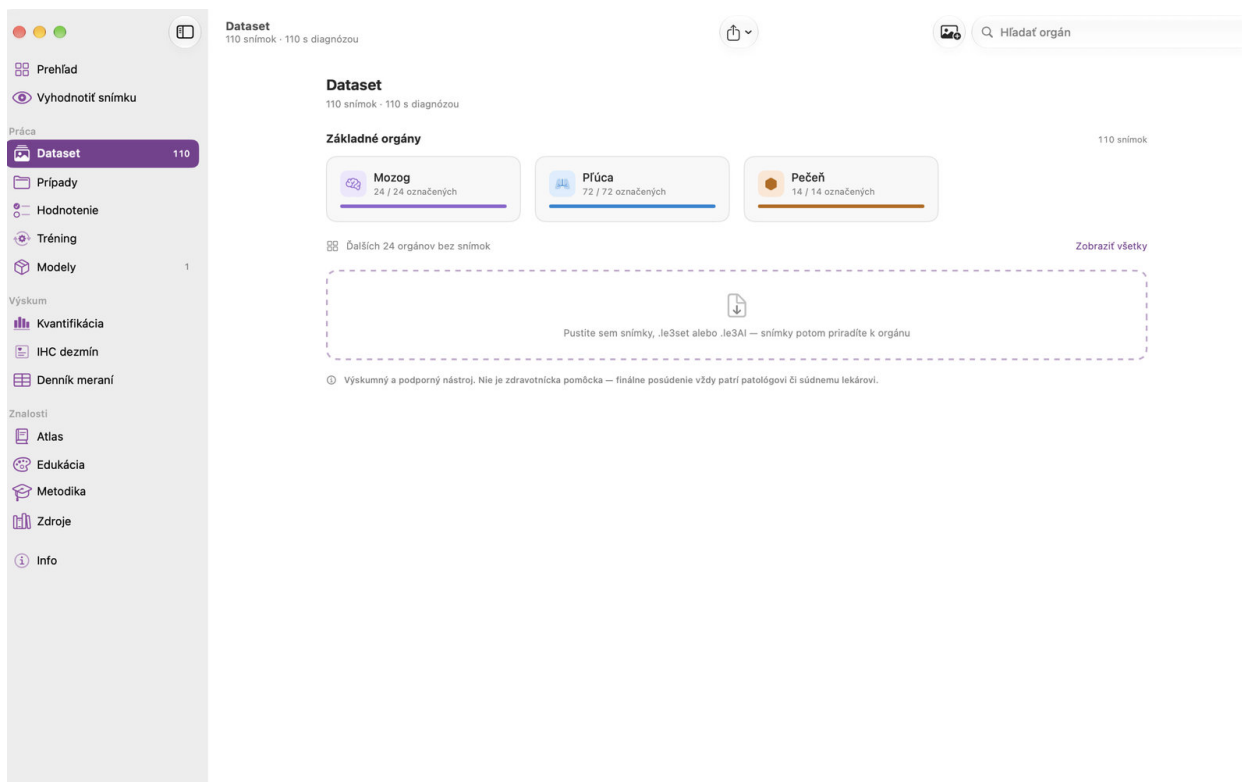
Čo sa nestratí pri prepnutí

Vyhodnotenie, tréning aj merania v Kvantifikácii a dezmíne si drží stav aplikácia, nie obrazovka. Môžete spustiť tréning, prejsť do Atlasu a vrátiť sa — tréning beží, v bočnom paneli vidíte jeho percentá a snímka vo vyhodnotení ostala načítaná.

5 Dataset: snímky a diagnózy

mriežka 27 orgánov, import, drag & drop, výrez

Dataset je zoradený po orgánoch: 27 orgánov a tkanív v siedmich sústavách. Každá snímka má orgán, voliteľne diagnózu, zväčšenie a farbenie. Model sa učí z celého zorného poľa — preto má nález vyplňať podstatnú časť snímky.

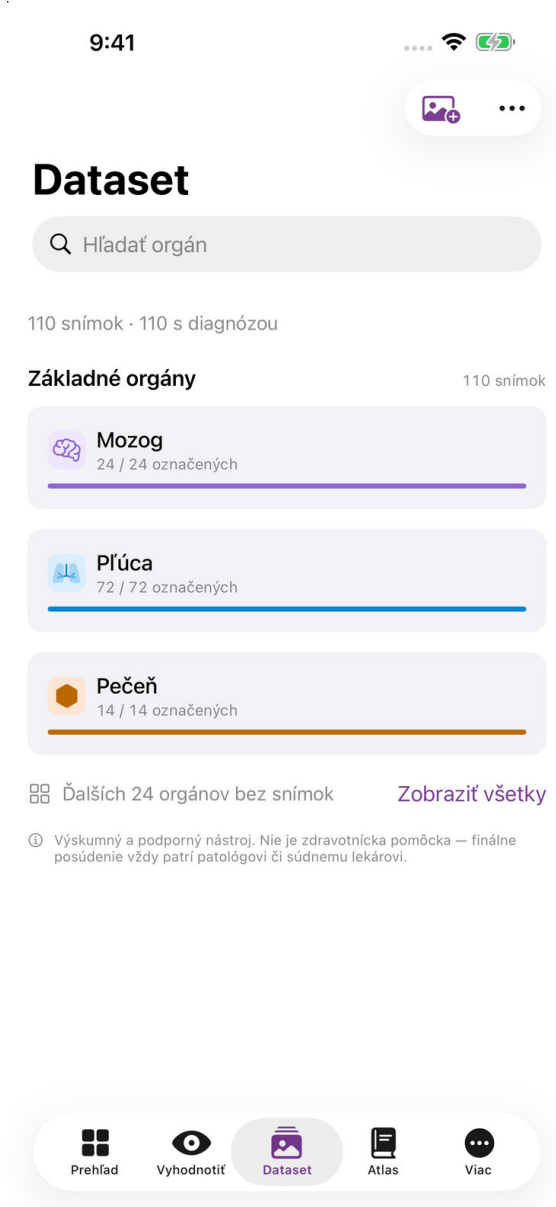


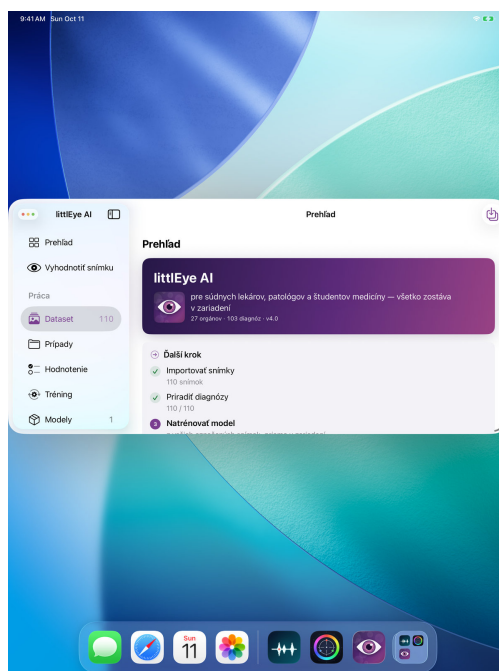
Dataset na Macu: mriežka orgánov po sústavách; každá dlaždica ukazuje počet snímok a koľko z nich je označených.

Mriežka orgánov

- Každý z 27 orgánov je dlaždica s ikonou, názvom, počtom snímok a ukazovateľom „N / M označených“. Dlaždice sú zoskupené podľa sústavy.
- Orgány bez snímok sú stlmené a zbalené pod riadkom „Ďalších N orgánov bez snímok — Zobrazit všetky“. Hľadať môžete podľa názvu orgánu.
- Kliknutím (tlačnutím) na dlaždicu otvoríte orgán: mriežku jeho snímok, filter diagnóz, import a nastavenia zväčšenia a farbenia. Späť vás vráti tlačidlo Dataset.
- Súbory .le3set a .le3AI aj snímky môžete pustiť priamo na dlaždicu orgánu (Mac, iPad); snímky sa naimportujú do toho orgánu. Pri pustení na okno mimo orgánu sa aplikácia opýta, do ktorého orgánu snímky patria.

- 1 V Datasets vyberte orgán. V jeho paneli nástrojov nastavte zväčšenie a farbenie importu — zapíšu sa ku každej snímke a model si ich neskôr zapamätá. Predvolené hodnoty sú v Nastaveniach.
- 2 Stlačte Pridať snímky (⌘I) a importujte snímky z Fotiek alebo zo Súborov (JPEG, PNG, TIFF, HEIC). Pri väčšom počte beží import na pozadí a v lište vidíte „N / M“. Veľké skeny sa normalizujú na 2048 px; snímky sa pri importe neprekódujú, takže nestrácajú kvalitu.
- 3 Ťuknutím na snímku otvoríte detail: zoom, diagnóza, poznámka, hodnotenia. Na Macu sa po kliknutí zobrazí inšpektor vpravo, dvojklik otvorí snímku v samostatnom okne. Pravý klik ponúka priradenie diagnózy, presun do prípadu a zmazanie.
- 4 Ak je na snímke viac nálezov, použite výrez: v detaile potiahnutím označte miesto s nálezom a uložte ho ako samostatnú tréningovú snímku. Tak modelu povieť, kam sa má pozeráť.
- 5 Katalógovú diagnózu v orgáne možno skryť, vlastnú zmazať (s potvrdením). Zmazanie snímky aj dávkové mazanie vyžadujú potvrdenie.





iPad: Dataset v bočnom paneli; na iPhone (vyššie) sú orgány v dvoch stĺpcoch.

Najčastejšia pasca: model sa naučí farbenie, nie tkanivo

Ak celá trieda pochádza z jedného preparátu, model sa nenaučí tkanivo, ale odtieň toho preparátu — a na sklíčku z iného laboratória zlyhá. Každá trieda má mať snímky aspoň z troch rôznych prípadov alebo blokov, ideálne aj z rôznych sérií farbenia. Tréning vám to ukáže farebným semaforom (kapitola 7).

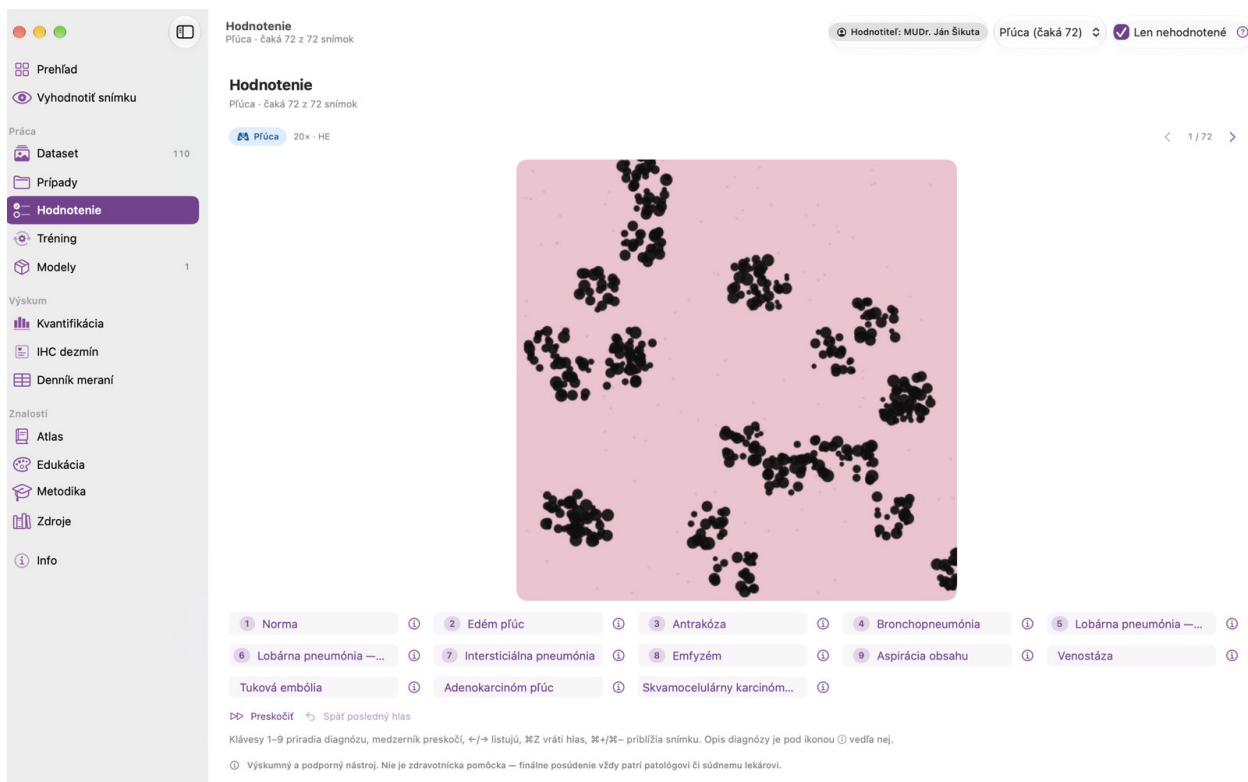
Pravidlá snímania

- Jedno zväčšenie na jeden model (odporúčané 100× alebo 200×) — nemiešať.
- Zaostrené, rovnomerne exponované snímky s vyváženou bielou.
- Nefotografovať okraje rezu, zvlnenia, preloženia, bubliny ani artefakty farbenia.
- Z jedného sklíčka viac snímok z rôznych reprezentatívnych miest; nález má vyplňať väčšinu zorného poľa.
- „Norma“ je plnohodnotná trieda — model ju potrebuje rovnako ako patológie.

6 Hodnotenie sklíčok kolegami

číslice 1–9, späť posledný hlas, väčšina rozhoduje

Diagnózu môže priradiť ktokoľvek priamo v detaile snímky. Pri spoločnej práci je lepšie Hodnotenie: každý kolega prejde snímky pod vlastným menom a finálnu diagnózu určí väčšina vyhodnotení. Každé vyhodnotenie sa ukladá s menom a dátumom.



Hodnotenie na Macu: snímka s diagnózami očíslovanými 1–9, filter orgánu a stav hodnotenia.

- 1 Otvorte Hodnotenie (↑%H), vyberte orgán (predvolený je ten s najviac čakajúcimi snímkami) a podľa potreby zapnite Len nezhodnotené. Meno hodnotiteľa je vidieť v paneli nástrojov; zmeníte ho v Nastaveniach.
- 2 Diagnózu zvolíte kliknutím alebo číslou 1–9. Hlas sa uloží a aplikácia ide na ďalšiu snímku; potvrdenie „Uložené · 12/48“ vidíte hneď. Pri nezhode s kolegami sa zobrazí upozornenie.
- 3 Ak si nie ste istí, snímku preskočte (medzerník). Nesprávny label škodí viac ako chýbajúci. Šípky ← → listujú medzi sklíčokami a %Z vráti posledný hlas.
- 4 Otáznik pri diagnóze otvorí jej opis z Atlasu — zjednotí to kritériá v tíme. Remíza hlasov sa rieši vždy rovnako, takže dvaja kolegovia dostanú rovnaký výsledok.
- 5 Ručné priradenie v detaile snímky má prednosť pred väčšinou — používajte ho na finálne rozhodnutie pri nezhode.

Príklad z praxe

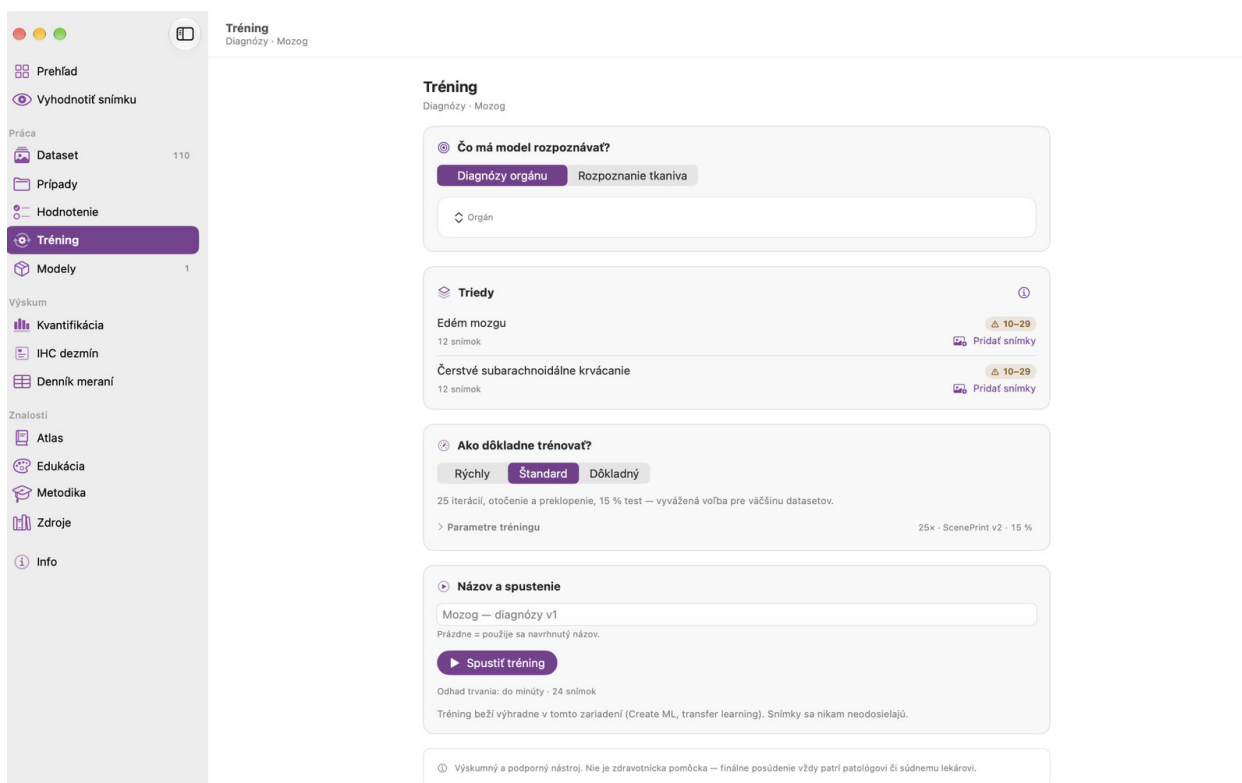
Traja kolegovia hodnotia 40 snímok pľúc. Pri šiestich sa nezhodnú (edém vs. venostáza). Ich diagnózu určí väčšina; dve sporné snímky si tím pozrie spolu a rozhodne ručne v detaile. Do tréningu idú až potom.

7 Tréning modelu

semafor pripravenosti, profily, odhad trvania

Tréning beží výhradne v zariadení (Create ML, transfer learning nad extraktorom ScenePrint). Je postavený tak, aby ste nemuseli poznať pojmy ako holdout či iterácia: aplikácia vám povie, či je dataset pripravený, a ponúkne tri profily.

- 1 Vyberte typ: Diagnózy orgánu (model jedného orgánu) alebo Rozpoznanie tkaniva (model, ktorý rozlíši orgány). Orgány sú v ponuke rozdelené na „pripravené“ a „zatiaľ málo snímok“.
- 2 Karta Triedy a počty snímok ukáže semafor: zelená 30+ snímok z viacerých prípadov, žltá 10–29, červená menej než 10. Pod ňou je konkrétna rada — „Pridajte 12 snímok Norma — ideálne z iného prípadu“ — a tlačidlo rovno do orgánu.
- 3 Vyberte profil: Rýchly (za minútu viete, či dáta fungujú), Štandard (pre väčšinu datasetov) alebo Dôkladný (najpochvejši odhad, trvá najdlhšie). Pokročilé parametre sú pod tým pre tých, ktorí ich chcú.
- 4 Názov modelu je predvyplnený („Pľúca — diagnózy v2“) — číslo verzie rastie samo. Stlačte Spustiť tréning. Odhad trvania je pod semaforom; tréning sa dá kedykoľvek zrušiť. Počas behu vidíte fázy (príprava, extrakcia, tréning, test, uloženie) a uplynutý čas; sekciu môžete prepnúť — tréning beží ďalej a jeho percentá ukazuje bočný panel.



Tréning na Macu: karty Čo má model rozpoznávať, Triedy so semaforom, profil a spustenie; po dokončení sa výsledok vloží nad formulár.

Čo sa deje pod kapotou

Časť snímok (podľa profilu 10–20 %) sa odloží bokom ako nezávislá testovacia množina — model ich pri tréningu nevidí a presnosť na nich je najpochvejši odhad výkonu. Ak má najmenšia trieda po odložení menej než 20 snímok, aplikácia vypne ešte aj vnútornú validáciu Create ML: pri 1–2 snímkach by ukázala 0 % alebo 100 % a nič by to neznamenal.

Minimum a odporúčanie

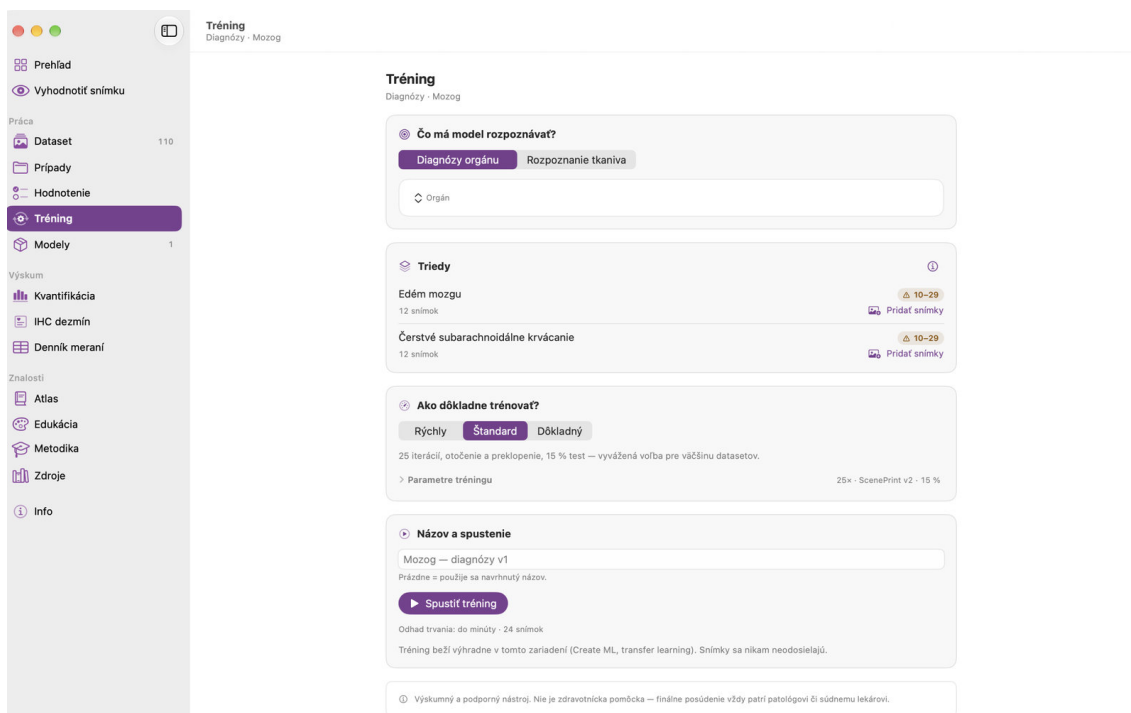
Minimum sú 2 triedy po 5 snímok — to stačí na vyskúšanie cesty, nie na model. Rozumný začiatok je 30+ snímok na triedu z viacerých prípadov, vyvážené počty medzi triedami. Model, ktorý má 112 snímok normy a 3 snímky infarktu, bude odpovedať „norma“ na všetko.

8

Výsledok tréningu a čo s ním

veta o kvalite, konfúzna matica, čo pridať

Po tréningu dostanete kartu s jednou vetou o kvalite, metrikami a konfúznou maticou. Veta je odvodená z čísel pravidlami — bez ďalšej AI — a hovorí, čo s modelom robiť.



Karta výsledku sa vloží nad formulár tréningu: veta o kvalite, tréning / validácia / test, konfúzna matica a tlačidlá Vyhodnotiť snímku, Čo pridať, Exportovať .le3AI.

Čo vety znamenajú

- Použiteľný na triáž (test ≥ 90 %) — model môže predtriediť snímky; finálne posúdenie zostáva na lekárovi.
- Orientačný (75–90 %) — dobrý ako druhý názor, nie na triáž.
- Neistý pri triede X — zamieňa ju za Y — konfúzna matica ukázala konkrétnu slabinu; tlačidlo Čo pridať, aby bol lepší vypíše, ktoré triedy potrebujú snímky.
- Preučený (tréning o 20+ % lepší než test) — model si zapamätal snímky namiesto tkaniva. Pomôže rozmanitosť (iné prípady), nie viac iterácií.
- Test je príliš malý — pri pár testovacích snímkach číslo nič nedokazuje. Doplňte snímky a trénujte znova.

Konfúzna matica

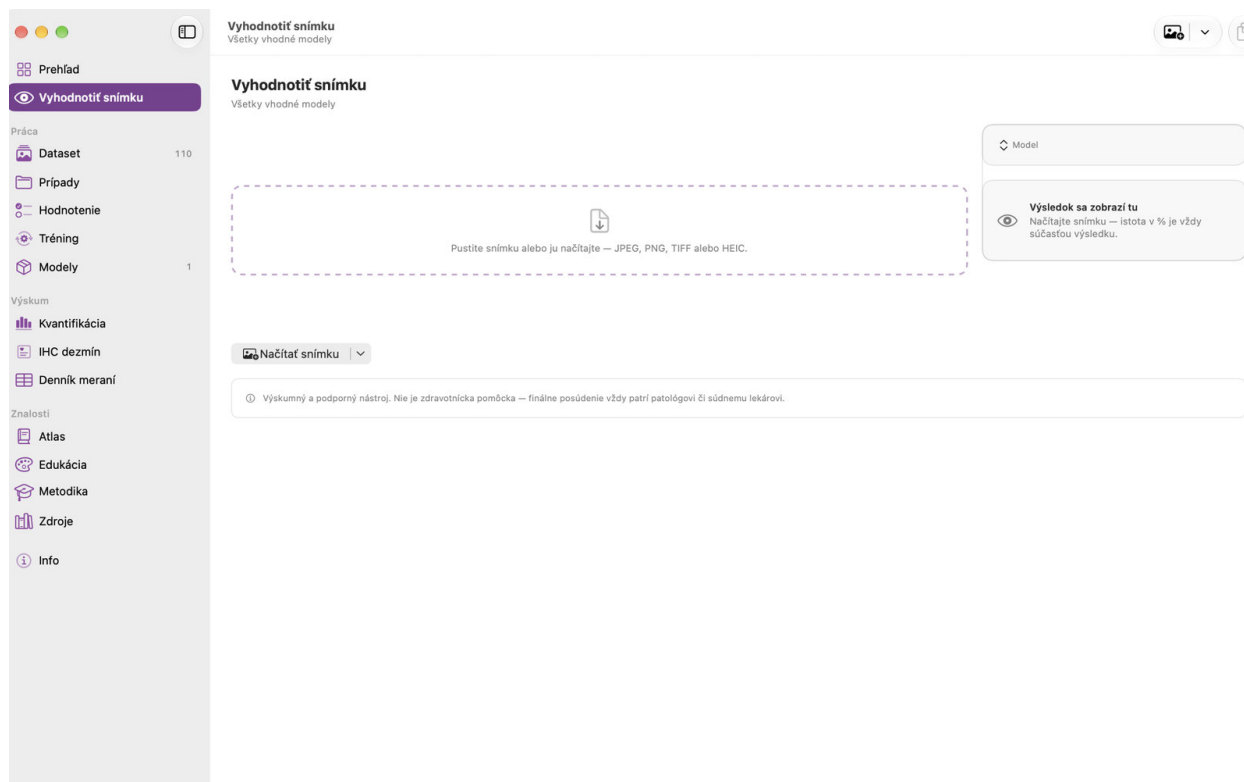
Riadok = skutočná diagnóza, stĺpec = čo model povedal. Čísla na diagonále sú správne odpovede. Ak je v riadku „Edém“ veľa v stĺpci „Venostáza“, model si tieto dve zamieňa — a práve tie dve triedy potrebujú viac rôznorodých snímok. Pod maticou je senzitivita a precíznosť každej triedy.

Model je uložený v aplikácii — nájdete ho v Modely. Súbor .le3AI vznikne až exportom (↑%E; kapitola 12). Tlačidlo Vyhodnotiť snímku vás prenesie rovno do vyhodnotenia s týmto modelom.

9

Vyhodnotenie snímky

reťazenie modelov, výrez zorného poľa, prvotná diagnóza



Vyhodnotiť snímku na Macu: snímka s výrezom vľavo, výsledok s istotou v percentách vpravo a pod ním prvotná diagnóza.

- 1 Otvorte Vyhodnotiť snímku (§3). Predvolená voľba Všetky vhodné modely najprv rozpozná tkanivo a potom spustí len diagnostické modely rozpoznaného orgánu; modely iného orgánu sa zámerne nespustia a aplikácia vypíše prečo.
- 2 Vložte snímku z Fotiek, zo Súborov, alebo ju pustite na plochu snímky (iPad, Mac). Nad snímku vidíte, na čom sa model učil („100× · HE“) — hlavný údaj pri ladení nepresných výsledkov.
- 3 Pri prehľadovej snímke použite Vybrať zorné pole (výrez) a označte plošku veľkosti jedného zorného poľa. Vyhodnotí sa len výrez — štruktúry sa dostanú do mierky, na akej sa model učil. Toto samo osebe opraví väčšinu nezmyselných výsledkov.
- 4 Výsledok má vždy percento istoty. Pri najistejšej triede aplikácia ponúkne prvotnú diagnózu: mikroskopický opis a návrh záveru zo znalostnej bázy, s tlačidlom Kopírovať návrh nálezu a s citáciami zdrojov.



Ako z nekvalitnej snímky dostať čo najpresnejší výsledok

Model neporovnáva snímku s učebnicou — porovnáva ju s tým, čo videl pri tréningu. Zosúladiť mierku výrezom, vyhodte z poľa všetko, čo nie je nález, vyhodnoťte 3–5 rôznych polí z toho istého sklíčka: zhodná odpoveď je dôveryhodná, rozhádzané odpovede znamenajú, že snímka je mimo toho, čo model pozná. A skontrolujte zoznam tried — model vyberá vždy len z tých, ktoré sa naučil.

10 Učiaca slučka

naučiť z opravy, kedy pretrénovať

Core ML modely sa nedajú dotrénovať — sú „zapečené“. Učenie preto prebieha cez dataset: opravenú snímku uložíte s správnu diagnózou a pri najbližšom pretrénovaní vznikne nový model, ktorý ju už pozná.

- V sekcii Vyhodnotiť snímku je pod výsledkom karta Učenie s tlačidlom Uložiť do datasetu s diagnózou...: vyberte správny orgán a diagnózu (rozpoznaný orgán je predvyplnený) a snímka sa uloží do datasetu.
- Aplikácia počíta, koľko označených snímok pribudlo od tréningu každého modelu. Pri 10 a viac sa na Prehľade (karta Ďalší krok) a v Modeloch objaví podnet „Od tréningu pribudlo N snímok — pretrénovať“.
- Pretrénovanie vytvorí model s ďalším číslom verzie; starý zostáva, kým ho nezmažete — takže sa dá porovnať, či nový naozaj pomohol.

Príklad

Model pečene označí steatózu ako normu. Lekár v karte Učenie vyberie „Steatóza“ a snímku uloží. Po desiatich takýchto opravách appka navrhne pretrénovanie; nový model v3 má senzitivitu steatózy o 15 % vyššiu — vidieť to v konfúznej matici.

11

Prípady

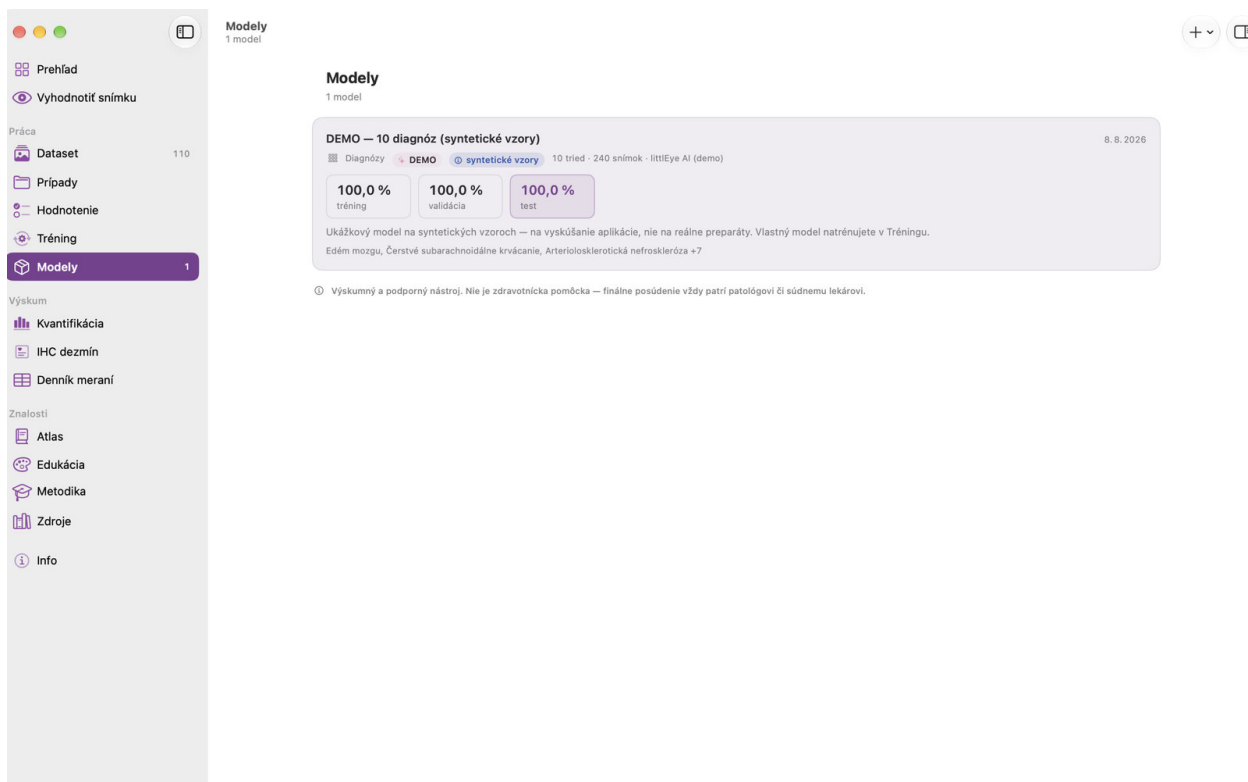
sklíčka k prípadu, zhodnotenie

- 1 Prípady (skupina Práca) zoskupujú sklíčka zo skenera k číslu protokolu. Sklíčka prípadu s diagnózou sa zároveň počítajú do tréningového datasetu. Nový prípad založíte tlačidlom alebo ⌘N; zoznam má kontextové menu (Otvoriť, Archivovať, Zmazať...).
- 2 K prípadu doplňte kontext: katamnézu, diagnostický záver po pitve, toxikológiu. Sú to vstupy pre zhodnotenie, nikam sa neposielajú.
- 3 Zhodnotiť prípad vyhodnotí všetky sklíčka (diagnózy lekára + dostupné modely) a vygeneruje stručný súhrn: nálezy po orgánoch, záver „len zo sklíčok“ aj „s údajmi prípadu“. Tlačidlo Kopírovať ho vloží do Wordu.
- 4 Ak máte model rozpoznania tkaniva, každé sklíčko sa ním overí: pri nezhode s istotou $\geq 85\%$ pribudne v súhrne sekcia Upozornenie — kontrola tkaniva (podozrenie na zámenu sklíčka).
- 5 Úplnú zálohu archívu (snímky, prípady, modely, denník meraní) vytvoríte v Nastaveniach → Záloha; rovnaký príkaz je v menu Súbor. Záloha je vždy úplná, nie prírastková.

12 Zdieľanie: modely .le3AI a datasety .le3set

čo cestuje, kompatibilita s 3.x, šifrovanie

Kolektívna práca stojí na dvoch súboroch. .le3AI je model: jeden súbor s modelom, metrikami, konfúznou maticou, zväčšením, farbením, pôvodom dát a licenciou. .le3set je dataset: snímky s diagnózami a hodnoteniami — bez akýchkoľvek údajov o prípade či pacientovi.



Modely na Macu: každý model s metrikami a vetou o kvalite; pravý klik ponúka Detail, Export .le3AI, Otestovať na mojich snímkach, Zmazať. Detail sa otvára v inšpektore vpravo.

Prečo sa zdieľajú snímky, nie len modely

Model sa nedá rozšíriť o ďalšie snímky. Ak chce pracovisko spojiť materiál z troch nemocníc, každé pošle svoj .le3set, príjemca ich zlúči (opakovaný import ten istý materiál nezduplicuje) a model pretrénuje od nuly na väčšom celku. Hotový model potom pošle späť ako .le3AI.

- Export: Modely → Exportovať .le3AI... (⌘E); dataset: orgán → panel nástrojov → Zdieľanie → Exportovať .le3set... (rešpektuje filter diagnózy; pred exportom sa ukáže náhľad „Čo sa zdieľa“).
- Import: dvojklik na súbor, AirDrop, Súborný, alebo ⌘O na Macu / iPade s klávesnicou. Snímky z .le3set sa samy rozdelia do orgánov.
- Oba súbory sú šifrované (AES-GCM) — otvorí ich len littlEye AI a pozmenený bajt sa odhalí. Súbor .le3AI s modelom vo formáte .mlpackage (kapitola 13) vyžaduje verziu 3.1 a novšiu.
- Kompatibilita: formáty .le3AI a .le3set sú oproti verzii 3.x nezmenené. Model alebo dataset z 3.x otvoríte v 4.0 a súbor z 4.0 otvorí aj 3.x (okrem modelov .mlpackage, ktoré vyžadujú 3.1 alebo novšiu). Pri exporte modelu sa zachová pôvodný autor.

Pôvod dát je súčasťou modelu

Model sa šíri roky. Bez zapísaného zdroja a licencie sa po čase nedá podozivo posúdiť, čo sa s ním smie — či ho možno použiť komerčne, či treba zachovať licenciu, koho citovať. Preto ich .le3AI nesie a preto ich aplikácia pri importe cudzieho modelu vyžaduje.

13 Import modelu natrénovaného mimo aplikácie

.mlpackage / .mlmodel, pôvod dát, vlastný test

littleEye AI prijme aj model natrénovaný mimo aplikácie — typicky v Pythone (PyTorch) a skonvertovaný cez coremltools na .mlpackage alebo .mlmodel. Zachová sa všetko, na čom appka stojí: model beží v zariadení, má zapísaný pôvod a metriky si aplikácia zmeria sama.

- 1 Modely → Pridať model → Externý Core ML model... (na Macu aj Súbor → ⌘O, z ktorejkoľvek sekcie). Vyberte .mlpackage alebo .mlmodel.
- 2 Aplikácia model skontroluje: musí mať jeden obrazový vstup a klasifikačné výstupy (trieda + pravdepodobnosti). Inak ho odmietne s presnou radou, čo pri konverzii zmeniť.
- 3 Priradíte každú triedu modelu k diagnóze z katalógu (predvyplní sa, ak názov triedy sedí) alebo zadajte vlastný názov. Vďaka tomu funguje prvotná diagnóza aj vlastný test.
- 4 Vyplňte zdroj dát a licenciu — povinné; bez nich sa import nedokončí.
- 5 Po importe stlačte Otestovať na mojich snímkach...: model sa spustí na snímkach z vášho datasetu s rovnakými diagnózami a výsledok (presnosť, konfúzna matica) sa zapíše ako jeho jediná metrika. Prevzaté čísla appka nikdy neukazuje.

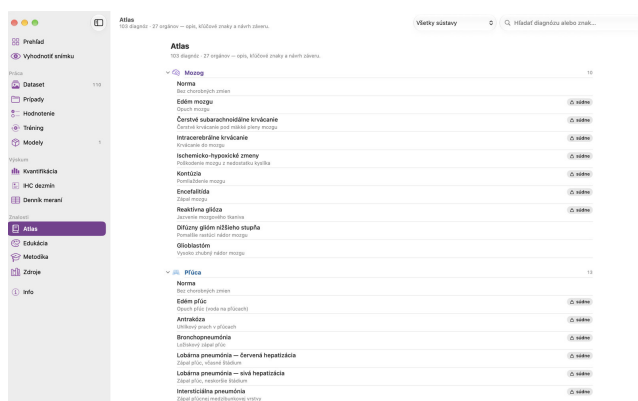
Konverzia v Pythone (minimum)

```
import coremltools as ct
mlmodel = ct.convert(traced_model,
inputs=[ct.ImageType(name="image", shape=(1, 3, 224, 224), scale=1/255.0)],
classifier_config=ct.ClassifierConfig(["pluca.edem", "pluca.antrakoza"]),
minimum_deployment_target=ct.target.iOS17)
mlmodel.save("model.mlpackage")
```

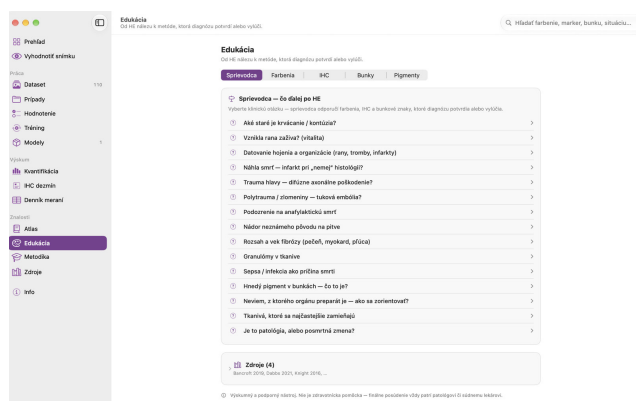
Ak názvy tried použijete ako katalógové ID littleEye AI (napr. `pluca.edem`), priradenie sa pri importe vyplní samo. Modely nad 200 MB sa ťažko posielajú mailom, nad 1 GB ich aplikácia odmietne.

14 Atlas, Edukácia, Metodika, Zdroje

103 diagnóz, farbenia, IHC, citácie



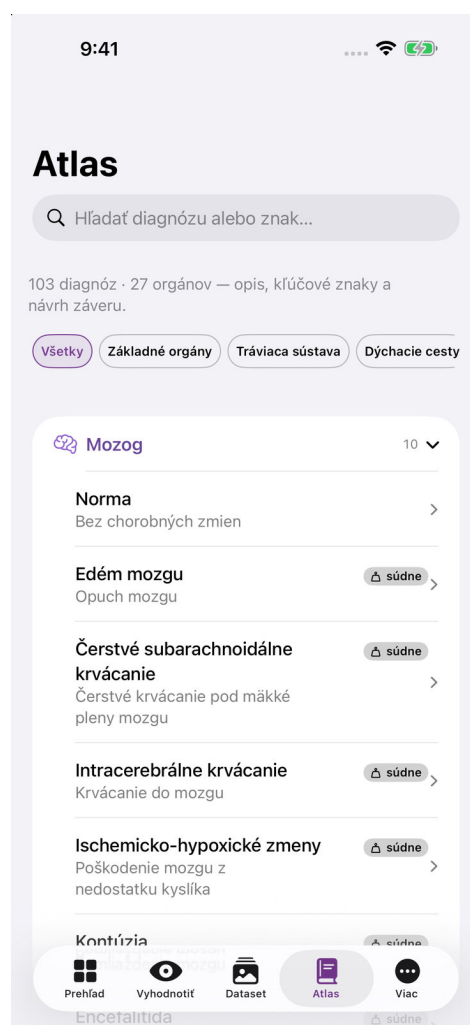
Atlas diagnóz — 103 diagnóz z 27 orgánov, hľadanie podľa názvu alebo znaku, filter sústavy.



Edukácia — sprievodca „čo ďalej po HE“, farbenia, IHC, bunky, pigmenty.

Atlas diagnóz

- Hľadajte podľa názvu diagnózy, mikroskopického znaku alebo záveru; sústavu orgánov zúžite výberom. Hľadanie prehľadáva slovenčinu aj angličtinu.
- Orgány sú zbalené do kariet; orgány, ktoré majú zatiaľ len normu, sú zlúčené do jednej sekcie.
- Detail diagnózy ukáže mikroskopický obraz, kľúčové znaky, návrh formulácie záveru (tlačidlo Kopírovať), odporúčané ďalšie kroky (špeciálne farbenia, IHC) a kartu Zdroje s odkazmi.
- Na Macu otvorí Atlas v samostatnom okne — môžete ho nechať vedľa Hodnotenia alebo Vyhodnotenia.



Edukácia

Sprievodca „čo ďalej po HE“ vychádza z klinickej otázky (datovanie krvácania, vitalita rany, nemý infarkt, DAI, tuková embólia, anafylaxia, nádor neznámeho pôvodu, autolýza vs. patológia...) a odporučí farbenia,

IHC markery a bunkové znaky, ktoré diagnózu podporia alebo vylúčia. Kategórie (farbenia, IHC, bunky, pigmenty) sú na jednom riadku pod titulkom; z položky vedie tlačidlo „Otvoriť nástroj“ rovno do Kvantifikácie s predvoleným receptom.

Metodika a snímanie

Metodika má dve záložky. Tréning modelu vysvetľuje „Ako appka funguje“ v štyroch krokoch, pravidlá snímania a námety na štúdie; Snímanie a hardvér opisuje, ako dostať obraz z mikroskopovej kamery, skenera alebo UVC kamery do aplikácie — appka nepotrebuje ovládače: mikroskopová kamera → export → Súbory/iCloud/AirDrop; USB-C UVC kamery fungujú natívne; slide scanner s exportom do TIFF/JPEG.

Zdroje a literatúra

Všetok medicínsky obsah má citácie — učebnice (Robbins & Cotran, Knight, DiMaio, Bancroft, Dabbs), odporúčanie AECVP k infarktu myokardu, články k datovaniu rán a β -APP, klasifikácia WHO, PathologyOutlines a dataset NCT-CRC. Odkazy vedú na DOI, katalóg knižnice alebo oficiálnu stránku. Pri každej položke vidíte jej zdroj, Zdroje v bočnom paneli majú úplný zoznam s hľadaním, filtrom oblasti a údajom, kde sa zdroj v aplikácii používa (napr. Atlas › Srdce).

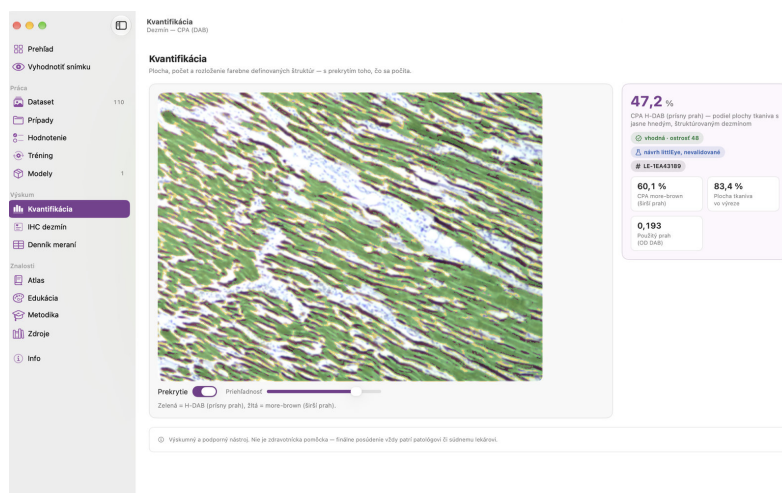
15 Kvantifikácia obrazu a IHC dezmín

prístrojový panel · recepty · režim pre štúdiu · CPA a indexy

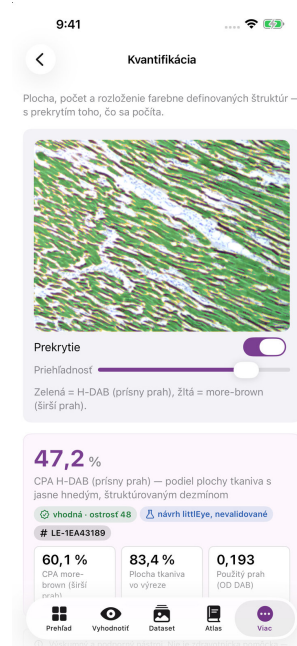
littlEye AI má dva nástroje, ktoré nepoužívajú natrénovaný model, ale merajú priamo farbu a tvar na snímke: Kvantifikácia obrazu (plocha, počet, veľkosť a rozloženie farebne definovaných štruktúr) a IHC dezmín (kalkulačka CPA a indexov podľa dizertačnej práce autora). Oba sú v bočnom paneli v skupine Výskum (↑%Q, ↑%D), spolu s Denníkom meraní (kapitola 16).

Prístrojový panel

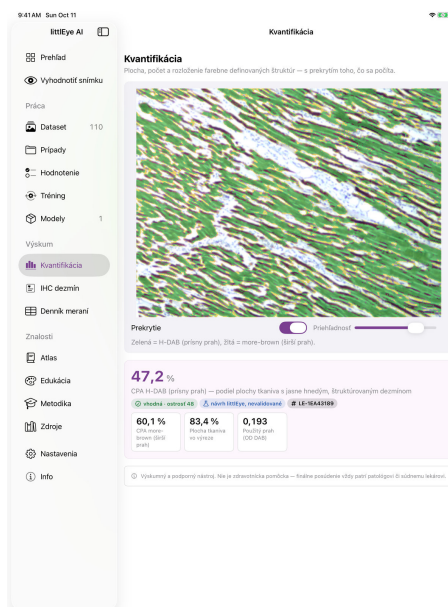
Obe obrazovky sú postavené ako merací prístroj: snímka s prekrytím toho, čo sa počíta, je vľavo (na iPhone hore) a vedľa nej veľký výsledok s intervalom a vetou o tom, čo číslo znamená a čo nie. Pod nimi je karta Nastavenie a overenie — citlivosť (prah), polia, bodové sčítanie a analýza citlivosti. Kým výsledok neexistuje, je nastavenie rozbalené; pri uzamknutom protokole je zbalené a zamknuté. Režim pre štúdiu (uzamknutý protokol, šarža, zaslepenie) sa ukáže ako stavový pás nad panelom; tlačidlo „Štúdia...“ ho nastavuje. Interval vo výsledku je $\pm$ SD z polí, ak sú spočítané, inak 95 % interval z bodového sčítania, inak sa nezobrazí.



Kvantifikácia na Macu: snímka s prekrytím vľavo, výsledok s intervalom vpravo, nastavenie a overenie pod nimi.



iPhone: snímka, výsledok a tlačidlo Nastavenie a overenie.



iPad: v šírke na výšku sa panel skladá pod seba, v šírke na šírku vedľa seba.

Kvantifikácia obrazu

Vyberte recept (čo merať), načítajte snímku — zo snímok prípadov, z Fotiek, zo Súborov alebo presunutím na plátno — a výsledok je hneď: číslo, farebné prekrytie toho, čo sa práve započítalo, a veta, čo číslo znamená a čo nie. Posuvník citlivosti a prekrytie sú tu preto, aby ste vždy videli, čomu veríte. Snímku možno poslať do IHC dezmínu (Otvoriť v IHC dezmíne → DAB / → HE); posiela sa snímka, nie čísla.

Recepty

- Lipofuscín (HE) — plocha, počet a veľkosť žltohnedých granúl, granuly na 100 jadri (náhrada za „na bunku“) a perinukleárny podiel. Farba sama nerozlíši lipofuscín od hemosiderínu či formalínového pigmentu — potvrdenie Perls, PAS, dlhý Ziehl-Neelsen.
- Vakuoly / steatóza (HE) — svetlé okrúhle priestory: plocha, počet, makro- vs. mikrovezikulárne podľa priemeru jadra, histogram veľkostí; pásma NASH CRN len ako orientácia (týkajú sa podielu hepatocytov, nie plochy).
- Erytrocyty (HE) — plocha sýto červenej, rozsah po poli (difúzne vs. ložiskové), najväčšie súvislé ložisko. Plocha nerozlíši kongesciu od krvácania — to je na lekárovi podľa lokalizácie.
- Jadrá a PMNL (HE) — počet a hustota hematoxylínových jadri; malé tmavé laločnaté ako orientačný podiel PMNL. Korekcia ťuknutím: na objekt = vylúčiť, na prázdne miesto = pridať.
- Dezmín — CPA (DAB) a Myocyty na HE — to isté meranie, aké používa kalkulačka IHC dezmín. Na HE sa počíta len sýta ružová (myocyty); bledá ružová (kolagén, interstícium), jadrá aj prázdne priestory sa vylúčia a zobrazia inou farbou.

Mierka a jednotky

Bez mierky sú veľkosti v pixeloch a hustoty na zorné pole. Zadajte šírku zorného poľa v μm (odmerajte mikrometrickou mierkou pri rovnakom objekte) a dostanete μm , μm^2 a počty na mm^2 . Hodnota sa pamätá.

Čo kvantifikácia nie je

Meria farbu a tvar na fotografii — nie diagnózu. Prahy sú citlivé na expozíciu, vyváženie bielej a hrúbku rezu; porovnateľné sú len snímky z rovnakého protokolu. Na publikáciu overte hodnoty v ImageJ na skene celého výrezku. Kopírovať zhrnutie vloží do schránky všetky čísla aj nastavenia.

Režim pre štúdiu

Kvantifikácia je merací nástroj, takže vie to, čo sa od meracieho nástroja v štúdiu žiada:

- Uzamknutý protokol — pomenujete sériu (napr. „Dezmín-2026-A“) a aplikácia zamkne recept, prah, dekonvolúciu aj mierku. Kým je protokol uzamknutý, posuvníky sa nedajú hýbať a každé meranie si názov protokolu zapíše. Bez toho by ste merali zhodu nastavení, nie metódy.
- Zaslepené meranie — skryje názov snímky aj diagnózu pri výbere zo snímok prípadov; merač nevie, čo meria. Zápis v denníku je označený ako zaslepený.
- Denník meraní — tlačidlo „Zapísať do denníka“ uloží namerané hodnoty spolu s dátumom, hodnotiteľom (meno z Nastavení), protokolom, nastavením prahu, mierkou a verziou aplikácie. Rovnaké tlačidlo je aj v kalkulačke dezmínu.
- Opakovateľnosť a zhoda — ak tú istú snímku zmeriate viac ráz, denník ukáže priemer, SD a variačný koeficient (CV). Ak tie isté snímky meria viac hodnotiteľov alebo jeden hodnotiteľ dvakrát, denník spočíta aj ICC(2,1) s 95 % intervalom spoľahlivosti a Bland–Altmanov graf (posun, hranice zhody) — viď nižšie.
- Export CSV — jeden riadok na meranie, bodkočiarka ako oddeľovač a desatinná bodka; otvorí sa v Exceli, R aj Pythone bez úprav. Obsahuje aj kontrolný súčet nastavenia, šaržu farbenia s faktorom a normalizovanú hlavnú hodnotu. ROC či regresie sa počítajú odtiaľ.

Postup pri sérii

1. V Nastaveniach vyplňte meno hodnotiteľa.
2. Na reprezentatívnom preparáte odvodte vektory farbív, zvolte prah (Otsu alebo ručný), skontrolujte prekrytie, spustíte analýzu citlivosti a overte prah bodovým sčítaním — pixelová hodnota má ležať v intervale.
3. Uzamknite protokol.
4. Zapíšte kontrolné sklíčko šarže.
5. Zapnite zaslepenie.
6. Merajte; každú snímku najprv skontroluje kontrola kvality; sken celého výrezku zmerajte po poliach, potom zapíšte.
7. Časť snímok zmerajte druhý raz a druhým hodnotiteľom.
8. Na konci exportujte CSV a skopírujte odsek do metodiky.

Nástroje pre publikáciu

Jadro merania — dekonvolúcia → prah na kanáli optickej hustoty → podiel pozitívnej plochy — je postup, na ktorom stoja referenčné nástroje komunity (ImageJ Colour Deconvolution a IHC Profiler, QuPath); plocha sa meria preto, lebo DAB nie je stechiometrický a intenzita nie je spoľahlivá (Taylor & Levenson 2006). K tomu aplikácia dopĺňa to, na čo sa recenzent spýta ako prvé — a čo sa doteraz muselo robiť mimo aplikácie:

- Kontrola kvality snímky — každá načítaná snímka dostane odznak vhodná / hraničná / nevhodná s dôvodom: ostrosť (bezreferenčná miera rozmazania podľa Creteho a spol. 2007), podiel tkaniva, orezané svetlá a tieň, biely bod a farebný nádych pozadia. Zlá snímka sa tak nestane dátovým bodom, ktorý nikto nerozozná od dobrého.
- Analýza citlivosti na prah — tlačidlo prehľadá celý rozsah posuvníka a nakreslí krivku hodnoty; červená čiara je vaše nastavenie, zelený pás plató (zmena pod 0,75 % na jednotku), modrý pás okno ± 10 . Výsledok povie, či je hodnota robustná, stredne citlivá alebo vysoko citlivá na prah, a rozpätie sa dá uviesť v článku. Pri Indexe 2 sa prehľadajú oba prahy (DAB aj HE) a spoja do jedného rozpätia.
- Odsek do metodiky — hotový text do kapitoly „Materiál a metodika“, slovensky aj anglicky: verzia aplikácie, citácia dekonvolúcie a vektory farbív, prahy optickej hustoty (nie polohy posuvníka), rozmer rastra, mierka, kontrola kvality, analýza citlivosti, uzamknutý protokol a zaslepenie. Končí kontrolným súčtom nastavenia (LE-XXXXXXXX): odtlačok verzie, receptu, prahov, vektorov a mierky — rovnaký súčet znamená rovnaké nastavenie. Súčet je aj pri každom zápise v denníku a v CSV.

- Vektory farieb z vlastného preparátu — štandardné vektory Ruifroka a Johnstona sú odmerané na cudzom materiáli; tlačidlo Odvodiť zo snímky ich odhadne z vášho preparátu metódou Macenka a spol. (2009) a ukáže odchýlku od štandardu v stupňoch. Jednotky sú ukotvené na štandardnú optickú hustotu, takže prah ostáva porovnateľný. Do štúdie: odvodiť raz z reprezentatívneho preparátu šarže, uzamknúť, nemeniť.
- ICC a Bland–Altman v denníku — keď tie isté snímky merajú dvaja hodnotitelia (medzi) alebo jeden dvakrát (vnútri), denník ukáže ICC(2,1) s 95 % intervalom spoľahlivosti (Shrout a Fleiss 1979; McGraw a Wong 1996), pásmo podľa Koo a Li 2016 a Bland–Altmanov graf s posunom a hranicami zhody. Najmenej päť spoločných snímok.
- Šarže farbenia — hodnoty CPA sú porovnateľné len v rámci jedného protokolu a šarža farbenia je jeho najvrtkavejšia časť. Zafarbíte v každej šarži to isté kontrolné sklíčko, odmerajte ho uzamknutým protokolom a zapíšte ako kontrolné sklíčko šarže. Denník vzťahuje každú šaržu na prvú (faktor = kontrola referenčnej / kontrola šarže), nakreslí drift a varuje nad 15 %; CSV má pri každom meraní faktor aj normalizovanú hodnotu.
- Automatický prah (Otsu) — namiesto posuvníka určí prah histogram optickej hustoty na tkanive (Otsu 1979) — bez zásahu hodnotiteľa; použitá hodnota OD je vo výsledku aj v metodike. Otsu býva prísnejší než ručne kalibrovaný prah: na kalibračnej snímke dal 30 % oproti 47 %. Ani jedno nie je „pravda“ — rozhodne bodové sčítanie; zvolený spôsob potom uzamknite v protokole.
- Rozloženie po poliach — sken alebo veľká fotografia výrezku sa rozdelí na mriežku $8 \times n$ polí; každé sa zmeria tým istým receptom a tým istým pevným prahom (systematické vzorkovanie, Gundersen & Jensen 1987). Výsledok: priemer $\pm$ SD, CV, rozsah, počet polí a mapa (červená = nízko, zelená = vysoko). Pri dezmíne to rozhodne medzi ložiskovým výpadkom (časť polí pod polovicou mediánu) a difúzne nízkou hodnotou. Je to aj v každom slote dvojice snímok.
- Bodové sčítanie — stereologická kontrola — na snímku sa položí mriežka ~250 bodov s náhodným posunom (opakovateľné semienko); body na skle sa vyradia, každý bod dostane triedu z merania a ťuknutím ho preklasifikujete. Podiel bodov je nestranný odhad podielu plochy s Wilsonovým 95 % intervalom — klasická morfolometria, voči ktorej sa automatické číslo overuje. Aplikácia hneď povie, či pixelová hodnota leží v intervale.
- Kontrola dvojice DAB + HE — pri Indexe 2 aplikácia porovná formát a rozmery oboch snímok, podiel tkaniva a orientačne veľkosť jadier, a povie, či je dvojica porovnateľná. Zväčšenie sa z obsahu spoľahlivo overiť nedá — istotu dáva rovnaký objektív a nastavenie kamery pri oboch snímkach.

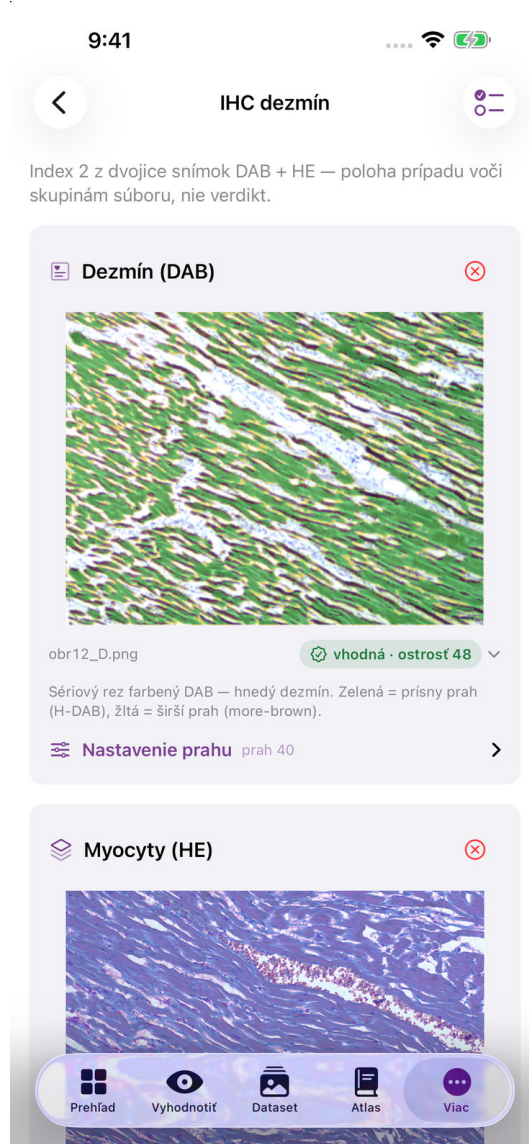
Námety na štúdie sú priamo v aplikácii (Režim pre štúdiu → Námety na štúdie a spolupráca): otázka, dizajn a úskalie pre päť tém, ktoré sa dajú s týmito nástrojmi urobiť na jednom pracovisku — od porovnania Indexu 2 s holým CPA cez kostrový sval ako kontrolu posmrtných zmien až po metodickú prácu o reprodukovateľnosti.

IHC dezmín — CPA a indexy

Dezmín je štruktúrny proteín kardiomyocytov, ktorý sa pri ischemii aj agonálnej hypoxii stráca — výpadok farbenia je nález. Dizertačná práca autora (Šikuta 2021, $n = 89$) kvantifikovala rozsah tejto straty ako CPA (Colour Proportionate Area, % plochy s hnedým DAB) a zistila, že CPA pri potvrdenom infarkte ($12,4 \pm 7,9$ %) a pri „negatívnych“ kontrolách ($12,8 \pm 5,4$ %) sa prekrývalo: deplécia sprevádza každú smrť s agóniou. Kalkulačka preto nedáva verdikt — dáva polohu voči súboru, vzor a kontrolu autolýzy. Primárnym údajom je Index 2 z dvojice snímok toho istého bločku.

Dezmín je od 4.0 jedna obrazovka bez tlačidla Vyhodnotiť: výsledok sa prepočíta priebežne, hneď ako zmeníte snímku alebo hodnotu.

- 1 V hornej časti sú dva sloty Dvojica snímok: do prvého načítajte sken alebo mikrofotografiu sériového rezu farbeného DAB, do druhého fotku toho istého bločku farbeného HE (rovnaké zväčšenie). Slot prijme aj snímku poslanú z Kvantifikácie. Každý slot ukazuje prekrytie, odznak kvality a zbalené nastavenie prahu.
- 2 Pod slotmi vidíte Index 2, kontrolu porovnateľnosti dvojice a tlačidlo Zapísať do vybraného miesta. Zápis je vždy ručné potvrdenie — nič sa nepridáva samo. Pre ďalšie miesto odberu načítajte novú dvojicu. Hodnoty možno aj napísať ručne (z ImageJ) v karte Miesta odberu.
- 3 Miesta zadávajúte samostatne — infarkt je ložiskový a priemer ho zriedi. Odporúčané sú aspoň tri miesta.
- 4 V karte Zámenné faktory a kontroly vyplňte interval smrť → chladenie (nad 12 h CPA klesá samo, od 32 h výrazne), autolýzu pankreasu, resuscitáciu a dezmín v hladkej svalovine ciev toho istého rezu — najlacnejšia kontrola: zachovaný v cievach + stratený v myocytoch = strata je myocytovo-špecifická; stratený v oboch = autolýza alebo chyba farbenia.
- 5 Výsledok sa ukáže vpravo: Index 2 s intervalom, vzor (ložiskový výpadok / difúzne nízke / rovnomerný), poloha voči súboru (graf so štyrmi skupinami), indexy a zoznam toho, čo mohlo číslo znížiť bez ischemie. Priamo vedľa hlavnej hodnoty a vzoru stojí odznak „návrh littlEye, nevalidované“.



IHC dezmín
Index 2 - 63,8 %

IHC dezmín
Index 2 z dvojice snímok DAB + HE — poloha prípadu voči skupinám súboru, nie verdikt.

Dezmín (DAB)
obr12_D.png
vhodná - ostrosť 48
Sériový rez farbený DAB — hnedý dezmín. Zelená = prísny prah (H-DAB), žltá = širší prah (more-brown).
Nastavenie prahu prah 40

Myocyty (HE)
341-2012-SV-HE-NEGATKONTROL.jpg
vhodná - ostrosť 65
Ten istý bloček farbený HE. Modrá = sýta ružová (myocyty, počítá sa), sivá = bledá ružová (kolagén, intersticium), fialová = jadrá.
Nastavenie prahu prah 35

63,8 % prah ±10: 54,5–73,9
Index 2 z dvojice - zapíšte ho do miesta
návrh littlEye, nevalidované
Čo je Dezmín (deplečný)...

Index 2
63,8 % # LE-31A0C374

47,2 % CPA H-DAB
60,1 % more-brown
74,0 % CPA HE (myocyty)

↓ Zapísať do vybraného miesta Odkas do metodiky...

⚠ Dvojica s výhradou — tkanivo DAB 83 % vs HE 96 %, pomer veľkosti jadier 0,93, pomer formátu 1,00

📌 Pôvodné snímky majú rôzne rozmery (610 vs 1400 px po dlhšej strane). Rovnaká kamera a objektív dávajú rovnaké rozmery — overte, že obe snímky vznikli pri rovnakom zväčšení; z obsahu sa to spoľahlivo overiť nedá.

IHC dezmín na Macu: dvojica snímok DAB + HE vľavo, Index 2 a poloha voči súboru vpravo, miesta odberu a zámenné faktory pod nimi.

Indexy — metodika

- Index 2 = $\text{CPA H-DAB} / \text{CPA HE} \times 100$ — primárny údaj. Obe čísla sú podiely tej istej plochy rezu z dvojice snímok toho istého bločku, takže pomer hovorí priamo: aký podiel plochy myocytov je dezmín-pozitívny. Menovateľ z HE vylúči prázdne priestory, edém interstícia, jadrá aj bledý kolagén (počíta sa len sýta ružová), takže index nezávisí od toho, koľko je v reze fibrózy a opuchu — na rozdiel od holého CPA. Prirodzený strop je 100 %.
- Index 3 = $\text{CPA srdca} / \text{CPA kostrového svalu} \times 100$ — kontrola autolýzy. Kostrový sval toho istého tela (bránica, m. psoas; tá istá šarža farbenia) zdieľa posmrtný interval, fixáciu aj techniku, ale nie agonálnu ischémiu myokardu. Ak je srdce výrazne pod kostrovým svalom, rozdiel nemôžu spôsobiť posmrtné zmeny — strata je selektívna pre myokard. Ak sú porovnateľné, Index 3 sám nerozhodne; doplní ho Index 1 a interval. Index je zámerne relatívny — nemá absolútny prah, takže funguje aj pri inak nastavenom laboratóriu.
- Index 1 = $\text{CPA H-DAB} / \text{CPA more-brown} \times 100$ — zachovalosť farbenia. Pôvodná hypotéza práce (nižší index = väčšia ischémia) sa nepotvrdila, ale jej vlastné dáta ukazujú, čo index meria: krátky posmrtný interval $\approx 70\%$, od 32 h $\approx 50\%$, hnilobné zmeny 6–27 %. Ide teda o mieru degradácie dezmínu, nie ischémie — a v tejto úlohe je užitočný.

Kontrola autolýzy

Z Indexu 1, Indexu 3, dezmínu v cievach, posmrtného intervalu a autolýzy pankreasu zloží aplikácia jednu vetu: autolýza ako vysvetlenie je nepravdepodobná / nemožno ju vylúčiť / je pravdepodobná — a vypíše, ktoré údaje k tomu viedli. Zmysel je jediný: oddeliť „dezmín chýba, lebo bol myokard ischemický“ od „dezmín chýba, lebo sa telo rozkladalo alebo farbenie nevyšlo“. Váženie je návrh littlEye, nevalidovaný.

Ako výsledok čítať

Nie je tu prah, ktorý by rozhodol. Výpovedný je ložiskový výpadok s ostrým ohraničením v dobre zachovanom tele; difúzna strata je nešpecifická (agónia, resuscitácia, dusenie, posmrtný interval, hniloba). Číslo súboru sú opisné dáta jedného pracoviska a protokolu, nie referenčné pásma. Na potvrdenie skorej ischémie sú etablovanejšie C5b-9(m), fibronektín a fibrinogén — pri ischémii sa kumulujú, nie strácajú. Definitívne posúdenie patrí lekárovi.

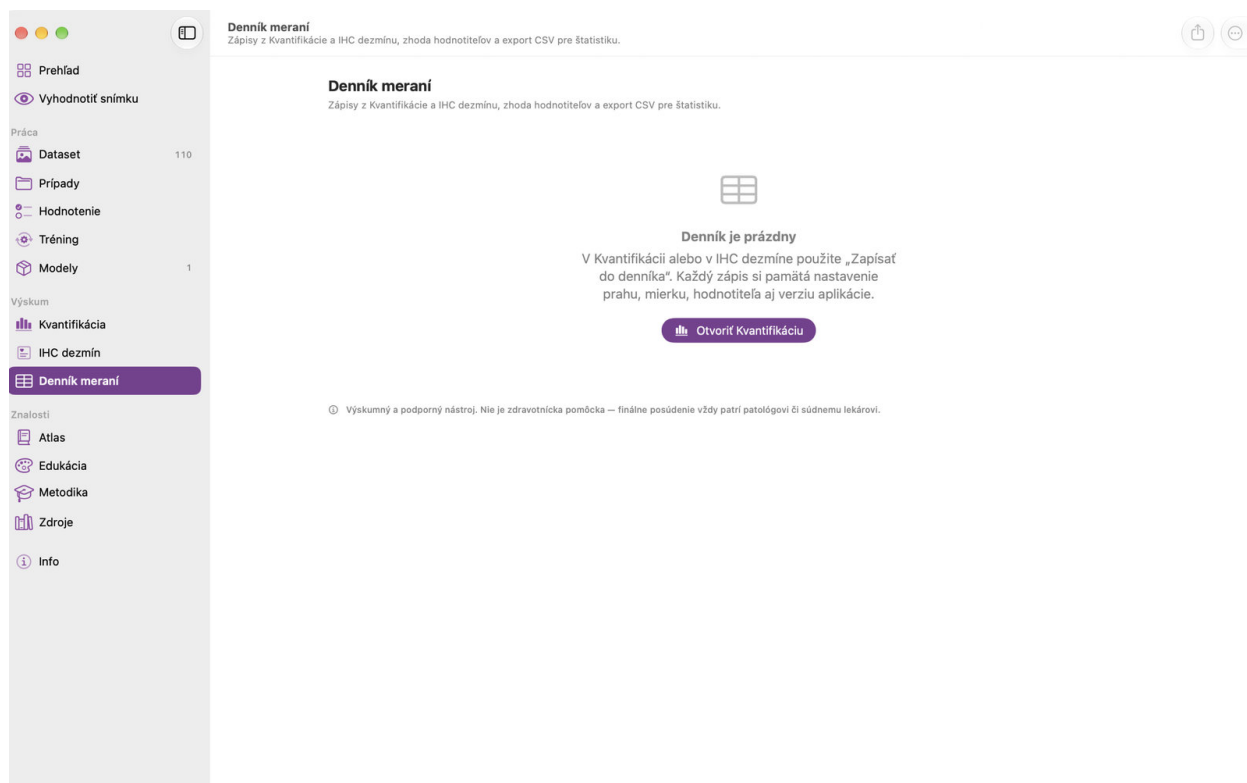
Odkiaľ vziať CPA

Meranie v aplikácii je stavané na štúdiu: uzamknutý protokol, vlastné vektory farbív, kontrola kvality, analýza citlivosti, kontrolné sklíčko šarže a odsek do metodiky s kontrolným súčtom. Nezávislou krížovou kontrolou ostáva ImageJ s doplnkom IHC Toolbox (modely H-DAB a H-DAB more brown) na skene celého výrezku — na podmnožine prípadov porovnajte obe cesty a uveďte zhodu.

16 Denník meraní

tabuľka, šarže, ICC a Bland–Altman, export CSV

Denník meraní je od 4.0 samostatná sekcia (↑%L) v skupine Výskum. Zbiera zápisy z Kvantifikácie a z IHC dezmínu, počíta zhodu hodnotiteľov a pripraví export pre štatistiku.



Denník meraní na Macu: tabuľka zápisov s triedením, šarže farbenia a zhoda hodnotiteľov.

- Zápis vznikne tlačidlom „Zapísať do denníka“ v Kvantifikácii alebo v dezmíne. Ukladá dátum, hodnotiteľa (meno z Nastavení), protokol, nastavenie prahu, mierku, kontrolný súčet nastavenia, šaržu a verziu aplikácie; zaslepené zápisy sú označené.
- Tabuľka (Mac): dátum, snímka, recept, hodnota, protokol, hodnotiteľ a šarža. Kliknutím na hlavičku stĺpca triedite, pravý klik alebo ⌘ na vybraných zápisoch ponúka Kopírovať riadok CSV, Otvoriť v Kvantifikácii / dezmíne a Zmazať zápis... (s potvrdením; zmazaný zápis sa nedá obnoviť, preto najprv exportujte CSV). Na iPhone a iPade je zoznam so zmazaním potiahnutím.
- Export CSV... v paneli nástrojov: bodkočiarka ako oddeľovač a desatinná bodka, otvorí sa v Exceli, R aj Pythone. Na Macu cez Uložiť ako, na iOS cez zdieľanie. Súbor obsahuje všetky nastavenia, kontrolný súčet, šaržu s faktorom a normalizovanú hodnotu. Menu □ obsahuje aj Vymazať denník....
- Opakovateľnosť: ak tú istú snímku zmeriate viac ráz, denník ukáže priemer, SD a variačný koeficient (CV); pod približne 5 % je meranie pri danom nastavení stabilné.
- Zhoda hodnotiteľov a opakovaní: ak tie isté snímky merajú viacerí hodnotitelia alebo jeden dvakrát, spočíta sa ICC(2,1) s 95 % intervalom spoľahlivosti a nakreslí Bland–Altmanov graf (posun, hranice zhody). Potrebných je aspoň päť spoločných snímok.
- Šarže farbenia: kontrolné sklíčko merané v každej šarži tým istým protokolom. Denník vztiahne každú šaržu na prvú (faktor = kontrola referenčnej / kontrola šarže), nakreslí drift a upozorní nad toleranciou 15 %. Šaržu založíte v hárku Štúdia a v denníku ju možno zmazať; zápisy meraní ostávajú.

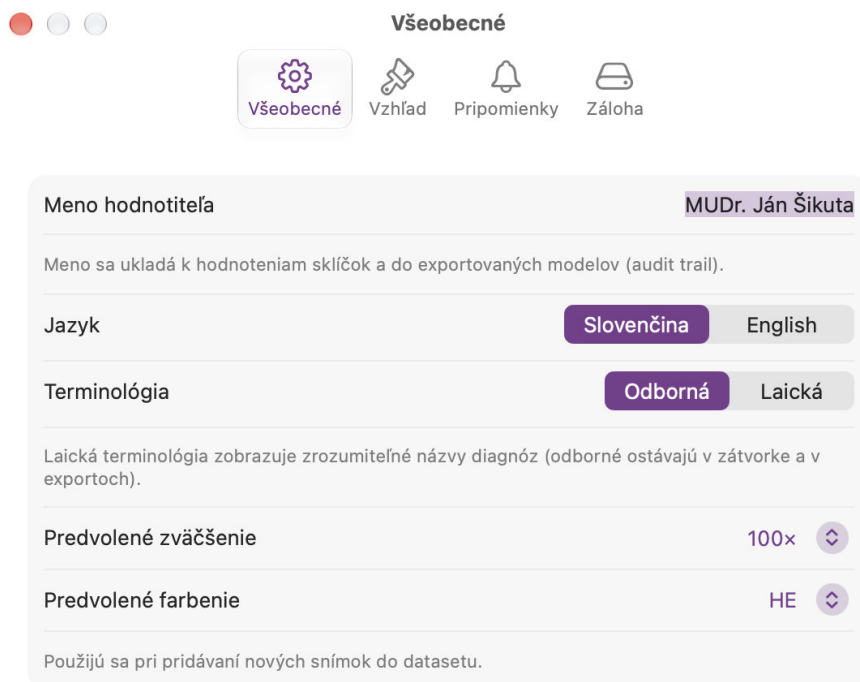
Záloha a denník

Denník aj šarže sú súčasťou úplnej zálohy archívu (kapitola 17). Ak sa časť denníka nedá prečítať, aplikácia pôvodný súbor odloží vedľa a ukáže prečítateľné zápisy.

17 Nastavenia, záloha a obnova

štyri karty · úplná záloha · obnova zo zálohy

Na Macu otvoríte Nastavenia skratkou $\mathbb{⌘}$, (alebo cez menu aplikácie) ako samostatné okno so štyrmi kartami. Na iPade sú riadkom bočného panela, na iPhone nájdete Nastavenia vo Viac. Obsah je rovnaký.



Nastavenia na Macu: karty Všeobecné, Vzhľad, Pripomienky a Záloha.

- Všeobecné: meno hodnotiteľa (ukladá sa k hodnoteniam a do exportovaných modelov), jazyk SK/EN, terminológia Odborná/Laická a predvolené zváčšenie a farbenie pre nové snímky.
- Vzhľad: ikona aplikácie — mriežka náhľadov; na Macu sa ikona zmení v Docku počas behu aplikácie. Aplikácia podporuje svetlý aj tmavý režim.
- Pripomienky: prepínače „Pripomínať spoluprácu na Prehľade“ a „Pripomínať podporu na Prehľade“ a tlačidlá Spolupráca a validácia... a Podporiť projekt.... Pripomienky sú len na Prehľade, nikdy nad prácou.
- Záloha: Zálohovať archív... a Obnoviť zo zálohy... (podrobnosti nižšie).

Záloha a obnova

- 1 Zálohovať archív... uloží celý archív — snímky, prípady, modely, denník meraní a šarže — do priečinka, ktorý vyberiete (napríklad externý disk, USB-C alebo SMB). Nič sa neodosiela. Záloha je vždy úplná, nie prírastková. Rovnaký príkaz je v menu Súbor.
- 2 Obnoviť zo zálohy...: vyberiete priečinok so zálohou a rozhodnete sa. Zlúčiť s archívom pridá, čo v archíve chýba, a nič existujúce nemení. Nahraď archív zálohou presunie doterajší archív do priečinka „pred-obnovou-...“ — nič sa nemaže.
- 3 Kým beží import, obnovu spustiť nemožno; aplikácia to oznámi. Pri neúplnej zálohe vypíše, koľko súborov sa nepodarilo skopírovať.

Prečo zálohovať

Všetko je v zariadení, nič v cloude — a teda aj nič, čo by sa dalo obnoviť zo servera. Pravidelná záloha na disk je jediná poistka. Poškodený index archívu sa navyše už neprepíše: aplikácia ponúkne obnovu predchádzajúcej verzie.

18 littlEye AI na Macu

menu, skratky, okná, drag & drop

Na Macu s Apple silicon je littlEye AI natívna aplikácia s menu lištou, klávesovými skratkami a viacerými oknami. Tréning na Macu využije celý čip a trvá najkratšie — Mac je preto ideálny „tréningový stroj“ ústavu, iPad a iPhone zbierajú a hodnotia.

Menu

- Súbor: Importovať model alebo dataset (⌘O), Importovať externý Core ML model (⇧⌘O), Importovať snímky (⇧⌘I; aktívne v Datasets, orgáne a prípade), Nový prípad (⇧⌘N), Exportovať model (⇧⌘E; keď je vybraný model), Zálohovať archív a Obnoviť zo zálohy.
- Prejsť: tie isté sekcie, v tom istom poradí a s rovnakými skratkami ako bočný panel.
- Hodnotenie: toto menu sa objaví len počas hodnotenia — Ďalšie / Predchádzajúce sklíčko (šípky), Preskočiť (medzerník), Späť posledný hlas a diagnózy 1–9.
- Okno: Atlas v novom okne (⌘A). Pomocník: návod (PDF), web, Spolupráca a validácia a Podporiť projekt.
- O aplikácii littlEye AI je natívny panel s autorom, ústavami, kontaktom a upozornením; otvoríte ho aj bez otvoreného okna.

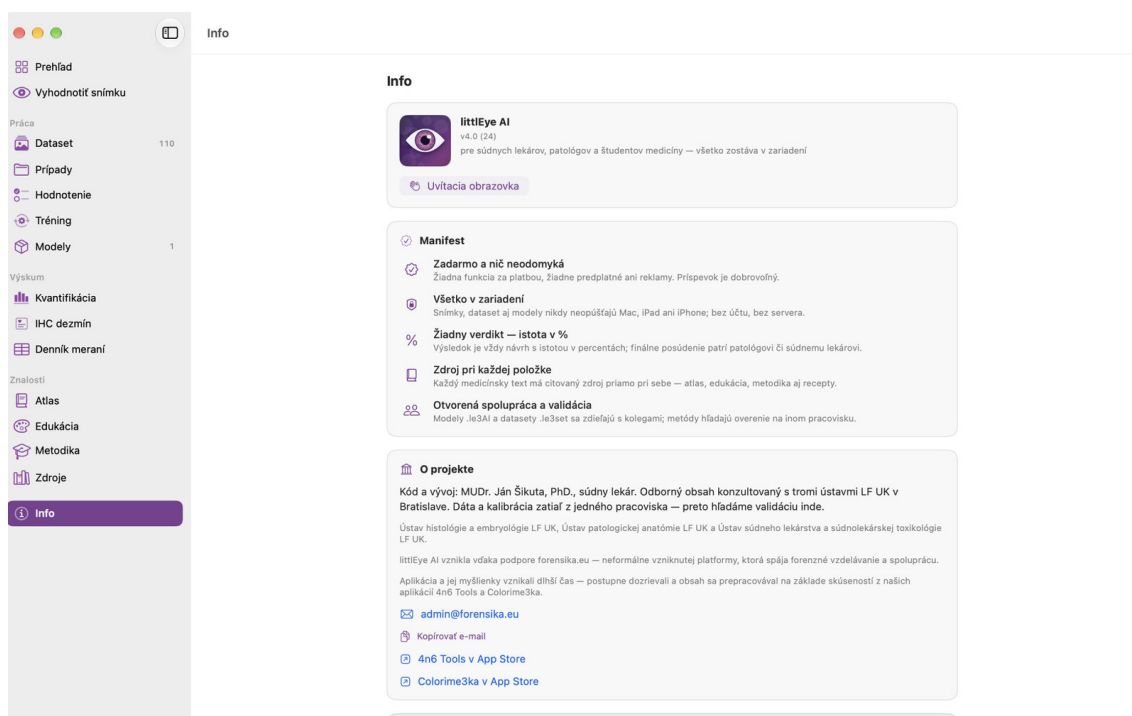
Skratky (fungujú aj na iPade s klávesnicou)

⌘1 ... ⌘5	Prehľad · Prípady · Vyhodnotiť snímku · Tréning · Modely
⌘6 ... ⌘9, ⌘0	Atlas · Edukácia · Metodika · Zdroje · Info
⇧⌘A	Dataset
⇧⌘H	Hodnotenie
⇧⌘L	Denník meraní
⇧⌘Q	Kvantifikácia
⇧⌘D	IHC dezmín
⇧⌘I	Importovať snímky
⇧⌘N	Nový prípad
⇧⌘E	Exportovať model
⌘O · ⇧⌘O	Importovať model/dataset · externý Core ML model
⌘A	Atlas v novom okne
⌘,	Nastavenia
1 ... 9 · medzerník · ←	Hodnotenie: diagnóza · preskočiť · listovanie
→	
⌘Z	Hodnotenie: späť posledný hlas
⌘+ · ⌘– · ⌘0	Priblížiť · oddialiť · pôvodná veľkosť obrazu
Esc	Zavrie otvorený hárok

Okná a drag & drop

- Detail sklíčka sa otvára v samostatnom okne (dvojklik alebo pravý klik → Otvoriť v samostatnom okne) — dá sa nechať vedľa prípadu. Atlas má vlastné okno (⌘A).
- Súbor .le3AI alebo .le3set presunutý do okna sa naimportuje; snímky pretiahnuté na orgán v Datasets, do prípadu alebo do Vyhodnotiť snímku sa načítajú. Snímky pustené mimo orgánu sa najprv spýtajú na orgán.
- Pravý klik ponúka kontextové menu v Modeloch, Prípadoch, Datasets, Denníku aj pri slotoch dezmínu; zmazanie vždy vyžaduje potvrdenie. Medzerník v mriežke snímok otvorí rýchly náhľad.

- Priebeh tréningu je aj ako percento na ikone v Docku. Súbory (.le3AI, .le3set, CSV, zálohu) ukladáte cez Uložiť ako.



Info: manifest, o projekte, spolupráca a validácia, podporiť projekt, súkromie a pôvod modelov.

19 Súkromie, limity, spolupráca a podpora

čo appka nerobí · spolupráca · dobrovoľný príspevok

Čo aplikácia nerobí

- Nepripája sa na sieť (výnimky: App Store pri príspevku, odkazy na literatúru v prehliadači). Žiadne účty, žiadna telemetria.
- Nedáva diagnózu. Výstup modelu je vždy len návrh s percentom istoty.
- Neobsahuje skutočné preparáty ani hotové diagnostické modely — pribalený je len syntetický DEMO. Modely si trénujete sami alebo si ich vymieňate ako súbory.
- Nedotrúnuje modely — pretrénuje ich od nuly z väčšieho datasetu (kapitola 10).

Limity, ktoré treba poznať

- Model vyberá vždy len z tried, ktoré sa naučil. Model normálneho tkaniva nerozpozna pneumóniu — označí ju ako najbližšie, čo pozná.
- Ak norma a nález pochádzajú z rôznych zdrojov snímok, model číta vzhľad skenera namiesto tkaniva; negatívny nález potom nič nevylučuje. Zbierajte obe triedy z rovnakého zdroja.
- Pred praktickým nasadením modelu: validácia na nezávislom súbore, senzitivita/specificita, zhoda s patológom.

Spolupráca

littlEye AI vzniká na jednom pracovisku. Aby modely a kvantifikačné metódy niečo znamenali, potrebujú overenie na cudzom materiáli — inom skeneri, inom laboratóriu, iných rukách. Hľadáme pracoviská, ktoré môžu ponúknuť HE preparáty s jasnou licenciou na zdieľanie, validáciu modelov a receptov na vlastných snímkach alebo spoluautorstvo metodických publikácií (dezmín CPA, obrazová analýza). Ponúkame spoluautorstvo, poďakovanie v aplikácii a modely zadarmo. Ponuka sa v karte Projekt na Prehľade ukáže dvakrát a trvalo je v Nastaveniach → Pripomienky a v Info; napíšte na admin@forensika.eu.

Všetko pokope je v hárku Spolupráca a validácia (tlačidlo Návrh validácie a spolupráce na karte spolupráce, na Macu aj Pomocník → Spolupráca a validácia...): používanie aplikácie na vašom pracovisku, hotový návrh multicentrickej validačnej štúdie kvantifikácie dezmínu (materiál, spoločný uzamknutý protokol overený kontrolným súčtom, kontrolné sklíčko šarže, zaslepené meranie dvoma hodnotiteľmi s opakovaním, meranie po poliach a bodové sčítanie, export CSV — snímky sa neposielajú), ponuka spolupráce a podpora projektu. Návrh sa dá skopírovať ako text do e-mailu či žiadosti o grant; tlačidlo Mám záujem o validáciu otvorí predvyplnený e-mail.

Podpora projektu

littlEye AI vyvíja a udržiava jeden lekár vo voľnom čase. Ak vám pomáha, môžete prispieť v Info → Podporiť projekt — kávou, obedom, čímkoľvek, aj opakovane. App Store nedovoľuje ľubovoľnú sumu, preto sú to pevné úrovne. Príspevok ide na údržbu a ďalší vývoj a nič neodomyká. Pripomienka v karte Projekt na Prehľade po príspevku stíchne.

Kontakt a odkazy

Web a návody: dzanino.github.io/littleEyeAI · Modely na vyžiadanie a otázky: admin@forensika.eu ·
Projekt Forensika: forensika.eu

littlEye AI 4.0 (24) · október 2026 · MUDr. Ján Šikuta, PhD., Ústav súdneho lekárstva LF UK v Bratislave. Vzniká v
spolupráci odborníkov z troch ústavov LF UK.