

Nova metoda računalne patologije za preciznu detekciju granica tumora

Novo istraživanje važan je korak prema razvoju asistivnih tehnologija koje onkološkim kirurzima mogu pružiti dodatnu sigurnost pri donošenju odluka. Za pacijente, to može značiti bolji ishod liječenja.

ZAGREB, 2. 9. 2025. - Dio zdravog tkiva koji se odstranjuje zajedno s tumorom važan je pokazatelj uspješnosti operacije i petogodišnjeg preživljenja pacijenata. Tijekom zahvata onkološki kirurzi oslanjaju se na brzu, intraoperativnu analizu uzoraka koju provodi patolog. No, zbog čestog prodiranja tumora u okolno tkivo, iznimno je zahtjevno precizno odrediti gdje rezati. Znanstvenici s Instituta Ruđer Bošković (IRB), u suradnji s međunarodnim partnerima i domaćim bolnicama, razvili su metodu računalne patologije koja pomoću posebne vrste snimanja histopatoloških preparata omogućuje preciznije određivanje granica tumora. Istraživanje je trajalo osma godina, a uspješnost metode su pokazali na primjeru metastaza raka debelog crijeva u jetri.

Tim pod vodstvom dr. sc. Ivica Koprive iz [Laboratorija za strojno učenje i reprezentacije znanja](#) IRB-a, u suradnji sa tvrkom Photon etc iz Kanade, patologinjama iz Kliničke bolnice Dubrava i Kliničkog bolničkog centra Zagreb, te suradnicima iz Zavoda za molekularnu medicinu IRB-a i Tehničkog Sveučilišta u Minhenu, Njemačka, razvio je metodu računalne analize hiperspektralne slike histopatoloških preparata. Ova metoda omogućuje precizno određivanje granica tumorskog tkiva raka debelog crijeva metastaziranog u jetru. Sustav s **više od 96 posto preciznosti razlikuje tumorske od zdravih stanica na razini piksela**. Za razliku od uobičajenih metoda umjetne inteligencije, ovaj algoritam treba tek oko 1 posto ručno označenih podataka patologa.

„Za razliku od uobičajenih metoda strojnog i dubokog učenja, razvijeni algoritam segmentacije temeljen na Grassmannovim mnogostrukostima radi u polundaziranom modu i zahtjeva samo 1 posto označenih podataka od strane patologa,“ objašnjava dr. sc. **Ivica Kopriva**.

Detaljno snimanje uzoraka tkiva za bržu i točniju analizu

Metode računalne patologije tradicionalno se oslanjaju na RGB (kolor) slike histopatoloških preparata, što znači da koriste samo informacije vidljive ljudskom oku. Time se gubi veliki dio podataka koji se nalaze izvan vidljivog spektra. Zato se sve češće primjenjuje hiperspektralno snimanje, tehnologija koja otkriva puno širi raspon informacija i otvara nove mogućnosti u medicini.

Proces pripreme histopatoloških preparata može dovesti do razlika u kvaliteti snimljenih slika. Kod klasičnih kolor slika postoje algoritmi koji ublažavaju te razlike, no za hiperspektralne snimke takvi alati još ne postoje. Zbog toga iste vrste tkiva mogu izgledati različito, čak i unutar jedne slike, što otežava računalnu analizu. To uvelike otežava i treniranje umjetne inteligencije koja bi trebala prepoznavati i razdvajati tumorske od zdravih stanica na hiperspektralnim slikama. Dodatni problem je da učenje dubokih mreža zahtjeva veliki broj slika označenih na razini piksela od strane nekoliko patologa. Zbog toga je primjena takvih metoda u preciznom razdvajanju tumorskog i zdravog tkiva još uvijek vrlo ograničena.

Kako bi prevladali ove izazove, ovaj tim je **razvio novu metodu umjetne inteligencije** koja može učiti iz vrlo malog broja označenih primjera. Metoda koristi i boje (spektar) i oblike u tkivu te tako **precizno razlikuje tumorske od zdravih stanica već na razini pojedine slike**. Za treniranje je dovoljno da patolozi označe samo oko 1 posto piksela, a algoritam potom samostalno klasificira preostale, precizno razlikujući tumorske od zdravih regija. Time se značajno pojednostavljuje proces učenja i smanjuje potreba za opsežnim ručnim označavanjem, što je jedna od glavnih prepreka u primjeni dubokog učenja.

Ova metoda **jednostavnija je za treniranje**, postiže usporedivu **učinkovitost** s naprednim dubokim mrežama te **omogućuje primjenu već na razini pojedinačne slike**. To otvara put za **bržu i praktičniju integraciju u kliničko okruženje**.

„Kako bi testirali metodu, naš tim je tijekom osam godina prikupio uzorke jetre 19 pacijenata s metastazama kolorektalnog karcinoma tijekom operacije u KB Dubrava, Zagreb. 27 hiperspektralnih slika na histopatološkim preparatima 14 pacijenata snimljeno je u tvrtki Photon etc, Montreal, Kanada. Koristeći tzv. pseudo RGB slike, patolozi su uz pomoć odgovarajućeg programskog alata označili tumorske i netumorske piksele, a razvijeni model pokazao je da može prepoznati tumorske dijelove i u najzahtjevnijim uvjetima, čak i kada su uvjeti snimanja varirali od slučaja do slučaja,“ objašnjava dr. sc. **Ivica Kopriva** s IRB-a.

Metoda koja analizira tkivo gotovo piksel po piksel

Rezultati koje su znanstvenici dobili su vrlo uvjerljivi. „Nova metoda, nazvana GM-TSSA, uspjela je detektirati tumorske regije s preciznošću većom od 96 posto, koristeći pritom samo jedan posto ručno označenih piksela (0.5 posto po klasi). Drugim riječima, postigla je značajno bolju točnost nego šest različitih arhitektura dubokih neuronskih mreža koje za učenje zahtijevaju daleko više označenih podataka. To ovu metodu čini potencijalno pogodnom za stvarne kliničke uvjete, u kojima često nema vremena ni resursa za označavanje tisuća uzoraka ili treniranje vrlo zahtjevnih modela,“ navodi dr. Kopriva.

Posebna vrijednost ovog projekta leži i u njegovoj **otvorenosti**. Cijeli **skup podataka** objavljen je na **repozitoriju IRB-a**, dok je izvorni kod dostupan putem GitHub platforme. To omogućuje drugim znanstvenicima da metodu testiraju, dorade ili primijene na druge vrste karcinoma, čime se **ubrzava daljnji razvoj i širenje kliničke primjene**. To također predstavlja doprinos učenju tzv. *vision language foundation* modela u računalnoj patologiji, a što je posebno zahtjevno zbog vrlo malog broja dostupnih baza podataka s hiperspektralnim slikama označenim na razini piksela.

U konačnici, tehnologija hiperspektralnog oslikavanja u kombinaciji s algoritmima za analizu slike ima **potencijal asistiranja kirurgu za vrijeme operacije**. To može značiti precizniju procjenu resekcijske margine i dulji život pacijenta nakon operacije.

Timski rad s međunarodnim pečatom

Istraživački tim okuplja stručnjake iz različitih disciplina: računalne znanosti, fizike, primijenjene matematike, medicine i kliničke prakse. Osim voditelja projekta, dr. sc. Ivica Koprive (IRB), važne uolge na projektu su imali: dr. sc. Dario Sitnik (Tehničko Sveučilište u Münchenu); dr. sc. Laura-Isabelle Dion-Bertrand iz kanadske tvrtke Photon etc. (sada na Zavodu za primijenjenu fiziku, Sveučilište u Montrealu); patologinje Arijana Pačić i pokojna dr. sc. Gorana Aralica (KB Dubrava, Zagreb); patologinja dr. sc. Marija Milković Periša (KBC Zagreb i Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu); dr. sc. Mirko Hadžija i dr. sc. Marijana Popović Hadžija, Zavod za molekularnu medicinu IRB-a.

Cijelo istraživanje objavljeno je u renomiranom znanstvenom časopisu [*Computers in Biology and Medicine*](#), koji spada u sam vrh časopisa u području biologije i računalnih znanosti. Časopis je uvršten među 7 posto najutjecajnijih u području biologije i među 15 posto u računalnim znanostima. Objavljivanje u takvom časopisu potvrđuje visoku znanstvenu vrijednost i potencijal ove metode za široku primjenu.

Projekt je financiran sredstvima **Hrvatske zaklade za znanost** u sklopu natječaja HRZZ-IP-2022-10-6403.

KONTAKT SUGOVORNIKA IZJAVE ZA MEDIJE:

[dr. sc. Ivica Kopriva](#),
E. Ivica.Kopriva@irb.hr

Ured za odnose s javnošću IRB
Institut Ruđer Bošković / Bijenička cesta 54, Zagreb
E. pr@irbinstitute.com / T. 01 457 1269