

Az endoszkópia jövője, a jövő endoszkópiája

Szövetek és szervek differenciálása endoszkópia során konvolúciós neurális hálózat segítségével



Lőrincz Judit dr.¹, Harangi Balázs dr.², Lampé Rudolf dr.³, Török Péter dr.³

¹Debreceni Egyetem, Kenézy Gyula Egyetemi Kórház, Szülészeti és Nőgyógyászati Osztály, Debrecen (Osztályvezető: Dr. Bacskó György)

²Debreceni Egyetem – Informatikai Kar, Komputergrafika és Képfeldolgozás Tanszék, Debrecen (Tanszékvezető: Dr. Hajdu András)

³Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Szülészeti és Nőgyógyászati Intézet, debrecen (Igazgató: Dr. Póka Róbert)

Célkitűzés: A laparoszkópos műtétek során a taktilis ingerek hiánya miatt, sajátos technika és szemlélet szükséges. Az endoszkópos műtétek során a szervfelismerés támogatására kifejlesztésre került egy félautomata, mély tanuló, konvolúciós neurális hálózat alapú eszköz, amely nagy pontossággal képes megkülönböztetni a különböző típusú szövettani struktúrákat.

Anyag és módszer: A kifejlesztett döntéstámogató alkalmazás eszköztárában a felismerendő anatómiai részeket manuálisan kell megjelölni a kimerevített képkockán. Ezután az azonosítandó szerveket a kijelölt rész elemzésével megoldja egy alkalmasan betanított konvolúciós neurális hálózat segítségével, és a kapott címkéket a képkocka megfelelő szerveihez rögzíti.

Eredmények: Adatainkat a Debreceni Egyetem Szülészeti és Nőgyógyászati Klinikáján végzett endoszkópos nőgyógyászati műtétek során rögzített felvételek feldolgozásából nyertük. Ebből (35 videóról felvett), 2000 kép készült, hogy betanítsuk a neurális hálót, míg a fennmaradó részt tesztelésre használtuk. Jelenlegi beállításunkkal 94,2%-os pontosságot értünk el az uréter és arteria uterina megkülönböztetésében.

Következtetések: A konvolúciós neurális hálózat segítségével létrehoztunk egy olyan döntéstámogató rendszert, amelynek alkalmazása mind a tanulásban-oktatásban, mind pedig az endoszkópos beavatkozások során nagy segítséget nyújthat az operatőrnek, ezzel csökkentve a műtéti időt és a szövődmények kialakulásának esélyét.

Kulcsszavak: endoszkópia, laparoszkópia, döntéstámogató rendszer, digitális képfeldolgozás, konvolúciós neurális hálózat

Future of endoscopy: differentiation of tissues and organs by using a convolution neural network

Objective: The relative disadvantage of laparoscopic surgery is the lack of tactile stimuli, the need for special techniques and approaches. A semi-automatic, deep learning, convolution neural network-based device was developed to support organ recognition, which can differentiate the various types of histological structures with great precision during endoscopic surgery.

Material and method: In the toolbox of the developed decision support application, the anatomical parts to be recognized must be manually marked on the frozen frame. The organs to be identified are then solved by analyzing the selected part by a properly taught convolutional neural network and the labels are recorded to the appropriate organs of the frame.

Results: We have obtained our data from recorded endoscopic gynecological surgeries at the Department of Obstetrics and Gynecology of the University of Debrecen. Of these, 2000 images were taken (taken from 27 videos) to train the neural network, while the remainder was used for testing. With our current setting, we achieved a precision of 94.2% for distinguishing ureter and artery uterine.

Érkezett: 2018. szeptember 21. Közlésre elfogadva: 2018. november 9. Received: 21 September 2018 Accepted: 9 November 2018

Levelezési cím: Dr. Lőrincz Judit, Debreceni Egyetem, Kenézy Gyula Egyetemi Kórház, Szülészeti és Nőgyógyászati Osztály, 4031 Debrecen, Bartók Béla út 2–26., e-mail: ju.lorincz@gmail.com

Conclusions: The convolutional neural network is a decision-support system that can be a great help to the surgeon in both learning and performing endoscopic interventions, thus reducing operating time and surgical complications.

Keywords: endoscopy, laparoscopy, decision support system, digital image processing, convolutional neural network

Bevezetés

A gépi tanuló algoritmusok korszakát éljük, számos kutatás foglalkozik több tudományágban a mesterséges intelligencia alkalmazásának lehetőségeivel. Az első osztályozó algoritmusok már az 1940-es években megjelentek, de sok tényező hatásaként az ún. Machine Learning vagy deep learning valóban csak most éli virágkorát. A radiológiában [1], majd a gasztroenterológiában endoszkópos felvételek elemzésére, polipusok azonosítására [2], s mostanra a nőgyógyászati endoszkópiában is megjelentek a tanuló algoritmusok és döntéstámogató rendszerek.

A korszerű nőgyógyászati műtéti ellátás alapját ma már Magyarországon is a has megnyitása nélkül végzett, minimál invazív műtéti technikák jelentik. A laparoszkópia legfőbb előnye a laparotómiával szemben a rövidebb posztoperatív gyógyulási idő, a gyorsabb rehabilitáció, műtéttechnikai szempontból az igazoltan kevesebb vérvesztés, posztoperatív összenövés, a jobb kozmetikai eredmény, valamint az egyértelmű gazdasági előnyök [3]. Ezzel szemben az endoszkópia speciális sebészeti technikát és látásmódot, ún. endoszkópos anatómiai ismeretet igényel, a taktilis ingerek hiánya miatt más mozgáskultúra és szemlélet szükséges a kivitelezéséhez [4]. Laparotómia során az egyes anatómiai képletek tapintata, konzisztenciája, mozgása (pl.: uréter-perisztaltika) segíthet minket felismerésükben. Egyes szöveti típusok a laparoszkópia során is használt fehér fényben szabad szem számára igen hasonló megjelenésűek. A szövetek gyors és pontos felismerése csökkenti a műtéti időt, a szövődmények előfordulását és a morbiditási, mortalitási mutatókat [5]. Egyes nőgyógyászati műtéti típusoknál (hysterectomia, radikális hysterectomia, vagy egyéb onkológiai műtétek, mélyen infiltráló endometriózis műtétek), amelyek során a retroperitoneális tér megnyitására is sor kerül, az arteria uterina és az uréter megkülönböztetése kritikus lépés. Ennek a problémának az áthidalására, az endoszkópos műtétek során a helytelen szervfelismerések számának csökkentése érdekében, kifejlesztésre került egy félautomata, mély tanuló, konvolúciós neurális hálózat alapú eszköz, amely nagy pontossággal képes megkülönböztetni a különböző típusú szövettani struktúrákat az endoszkópia során megjelenített kép alapján.

Anyag és módszer

Az uréterek és arteria uterinák vizuális megjelenése első ránézésre nagyon hasonló, és megkülönböztetésük nagyon nehéz feladat, amely csak a szabad szemmel nem látható különbségeken alapul. Kifejlesztettünk egy olyan konvolúciós neurális hálózatot, amely képes megtalálni azokat a specifikus, minimálisan eltérő vizuális tulajdonságokat, amelyek

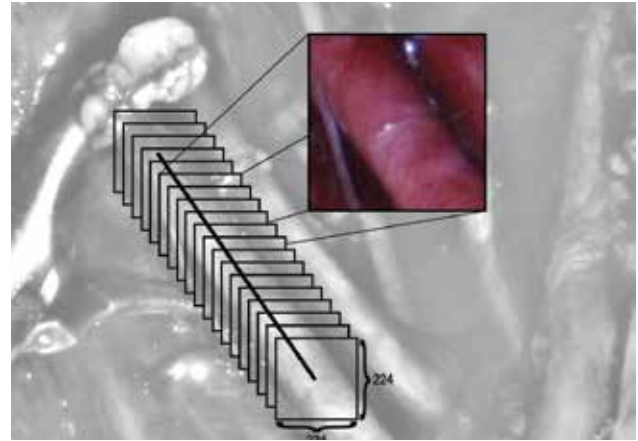
rejtve maradnak az emberi szem számára. Ezen konvolúciós neurális hálózatok alapját a képfeldolgozásban és függvényanalízisben gyakran alkalmazott művelet, a konvolúció adja. Digitális képek esetében ez azt jelenti, hogy a bemenet kép felett végig tolunk egy kisebb méretű például 3×3-as ún. maszkot, amely előre beállított súlyokat tartalmaz és a maszk, illetve az éppen alatta található képrészlet között elvégzett konvolúciós művelet eredményeképpen a kimenetképünk elmosódik vagy éppen az élek kiemelődnek. Az osztályozáshoz használt mélytanuló neurális hálók esetében a maszkok súlyai előre nem meghatározottak, hanem a tanulási folyamán kerülnek beállításra, így a különböző osztályba tartozó képek esetén a specifikus tulajdonságok más-más mértékben lesznek kiemelve a betanult maszkok alkalmazásával. A kifejlesztett félautomata döntéstámogató alkalmazás eszköztárában a felismerendő anatómiai részeket manuálisan kell megjelölni a kimerevített képkockán. Ezután a klasszifikációs problémát (az azonosítandó szerveket) a kijelölt rész elemzésével oldja meg egy alkalmasan betanított konvolúciós neurális hálózat segítségével, és a kapott címkéket a képkocka megfelelő szerveihez rögzíti. A közelmúltban a képfeldolgozás területén több, különböző elvek mentén kidolgozott konvolúciós neurális architektúrát publikáltak, mint a GoogLeNet [6], AlexNet [7], ResNet [8], VGGNet [9]. Ezek már többször is bizonyítottak különböző képosztályozási problémákhoz kapcsolódó területeken, így ezen hálók alkalmazása kézenfekvő a jelen osztályozási probléma alkalmazására is.

Gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a sebész a műtéti videón megjelöli az azonosítandó régiót: ehhez egy vonalszakaszt kell megrajzolnia a két végpont megjelölésével, amely a kérdéses szerv (artéria vagy uréter) központi tengelyén helyezkedik el. Ezután 224×224 pixel méretű részképek kerülnek kimetszésre az adott képkockákból olyan módon, hogy ezeknek a kisképeknek a központi pixeljei illeszkednek a rajzolt egyenesre, így a kisképek a szervvel kapcsolatos lehető legrészletesebb vizuális információt tartalmazzák. A kiskép kiválasztott mérete elég nagy ahhoz, hogy teljes mértékben kiterjedjen a kijelölt szerv teljes szélességére egy olyan videón, amelyet az aktuális endoszkóp kameránál általánosan alkalmazott 1920×1080 képpont felbontásban rögzítettek. Az ilyen módon kinyert képrészleteket egy előre betanított GoogLeNet [6] konvolúciós neurális hálózat elemzi, majd a tanuló adatbázisból kinyert információk felhasználásával, címkével látja el azokat (artéria vagy uréter). Az így kapott osztálycímkék felhasználásával a döntéstámogató rendszer megfelelő jelöléssel látja el a kijelölt régiót.

Adatainkat a Debreceni Egyetem Szülészeti és Nőgyógyászati Klinikáján végzett endoszkópos nőgyógyászati műtétek során rögzített felvételek feldolgozásából nyertük. Ezek a beavatkozások, teljes laparoszkópos méheltávolítás, staging és radikális laparoszkópos méheltávolítás



1. ábra: Egy képkocka a retroperitoneális térből. Az arteria uterina és az uréter kijelölése különböző vonalakkal



2. ábra: 224×224 pixel méretű részképek kerülnek kimetszésre az adott képkockákból

voltak. A videókat egy nagyfelbontású 1-MOS endoszkópos kamera rögzítette 30 kép/sec sebességgel és 1920×1080-as felbontással. Az alkalmazott 30^o-os optika 10 mm átmérőjű. Jelenleg az adatbázisunk 35 endoszkópos videóból áll. Ezeket a videókat úgy vágtuk meg, hogy csak azokat a mozzanatok tartalmazzák, ahol a két célszerv közül legalább az egyik (uréter vagy arteria uterina) látható volt. Mindegyik képkockát kivettük ezekből a videókból és a nőgyógyász manuálisan jelölte ki a vonalszakaszokat két különböző színben az uréter/artéria hosszabb tengelyei mentén (1. ábra). Ezután a 224×224 pixel méretű, nem átfedő kisképeket a vonal mentén minden egyes képkockából kinyertük, és a megfelelő címkével együtt eltároltuk (2. ábra). Összesen 2500 elemű adatbázist gyűjtöttünk, amelyek az urétert vagy az arteria uterinákat tartalmazzák. Ebből (35 videóról felvett) 2000 kép készült, hogy betanítsuk a neurális hálót, míg a fennmaradó részt tesztlésre használtuk.

Eredmények és megbeszélés

A korszerű nőgyógyászati műtéti ellátás alapját a minimálisan invazív műtéti technikák, főleg az endoszkópos beavatkozások jelentik. A szövetek gyors és pontos felismerése csökkenti a műtéti időt, a szövődmények előfordulását és a morbiditási, mortalitási mutatókat is.

Tanulmányunkban egy olyan döntéstámogató rendszer kifejlesztéséről számolunk be, amely az endoszkópos műtéteket végző orvosok számára segítséget nyújthat az egyes szervek, szövetek könnyebb differenciálásában. Törekvésünk elsősorban laparoszkópos sebészeti beavatkozás során elvezített taktilis ingerek kiváltására irányult, mely probléma megoldása érdekében fejlesztettünk ki egy félautomata eszközt. Első lépésben a célszervek manuális kijelölése történik, ezután a kiválasztott szerveket osztályozzuk egy alkalmasan betanított GoogLeNet [6] konvolúciós neurális hálózat segítségével. Végül a választott szervet egy egyszerű többségi szavazási szabály jelöli, amely összesíti az kisképek címkéit.

Jelenlegi beállításunkkal 94,2%-os pontosságot értünk el az uréter és arteria uterina megkülönböztetésében.

A közeljövőben tervezzük adatkészletünk bővítését, beleértve az onkológiai műveleteket tartalmazó videókat is. Későbbiekben ezen szervek további vizsgálatát is tervezzük, hiszen különböző szövettani szerkezetük és vérellátásuk miatt eltérő módon jelenhetnek meg a képen, így pl. lehetőségünk lesz tumorszövet, egészséges szövet, endometriózis, gyulladás differenciálásában.

További munkánk során az itt bemutatott félautomata rendszer teljes automatizálása is a cél.

A mesterséges intelligencia alkalmazása nem csak kutatások területén, de az egészségügyben, azon belül a nőgyógyászati sebészetben is az egyik legígéretesebb irány.

Érdekeltségek, támogatások

Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program (GINOP-2.1.1-15-2015-00376 and VKSZ 14-1-2015-0072) pályázati támogatás.

IRODALOM

1. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Vasc Neurol* 2017; 2(4): 230–243.
2. Hirasawa T, Aoyama K, Tanimoto T, et al. Application of artificial intelligence using a convolutional neural network for detecting gastric cancer in endoscopic images. *Gastric Cancer* 2018 Jul; 21(4): 653–660.
3. Tonutti M, Elson DS, Yang GZ, Darzi AW, Sodergren MH. The role of technology in minimally invasive surgery: state of art, recent developments and future directions. *Postgrad Med J* 2017 Mar; 93(1097): 159–167.
4. Fuentes, Mariña Naveiro, et al. Complications of Laparoscopic Gynecologic Surgery. *JSL : Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons* 2014 Jul-Sep; 18(3).
5. Ray G. The benefits and problems associated with minimal access surgery. *Aust N Z J Obstet Gynaecol* 2002; 42(3): 239–244.
6. Szegedy C, Liu W, Jia Y, et al. Going deeper with convolutions, arXiv preprint arXiv; 2014. 1409.4842.
7. Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton GE. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. Part of: *Advances in neural information processing systems*. 2012; 1097–1105.
8. He K, Zhang X, Ren S, Sun J, Deep Residual Learning for Image Recognition, arXiv preprint arXiv; 2015, 1512.03385.
9. Simonyan K, Zisserman A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition, arXiv preprint arXiv; 2014. 1409.1556.