

تشخیص سرطان پوست غیرملانومی با شبکه عصبی Convolutional

چکیده

دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۶ ویرایش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۵ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۴ آنلاین: ۱۳۹۹/۰۴/۳۱

علی عامری*

گروه مهندسی پزشکی، دانشکده پزشکی،
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

زمینه و هدف: شایعترین انواع سرطان پوست غیرملانومی، سرطان‌های سلول پایه‌ای (Basal cell carcinoma, BCC) و سلول اسکواموس (Squamous cell carcinoma, SCC) می‌باشند. Actinic keratoses (Solar keratoses) و Intraepithelial carcinoma (Bowen's disease) که به‌طور مخفف از آن‌ها با نام AKIEC یاد می‌کنیم، پیش‌زمینه‌های SCC هستند. از آن‌جا که تشخیص زودهنگام، تأثیر بسزایی در درمان سرطان دارد، این مطالعه یک مدل مبتنی بر کامپیوتر برای تشخیص این سرطان معرفی می‌کند.

روش بررسی: در این مطالعه تحلیلی که در بهمن ۱۳۹۸ در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام شد، از مجموعه تصاویر درماسکوپی (HAM10000) Human against machine with 10000 training images، تعداد ۳۲۷ تصویر AKIEC، ۵۱۳ تصویر BCC و ۸۴۰ تصویر کراتوسیس خوش‌خیم (Benign keratosis, BK) استخراج گردید. از هر کدام از این سه نوع داده، ۹۰٪ تصاویر بطور تصادفی به‌عنوان داده آموزشی انتخاب و مابقی به‌عنوان داده تست لحاظ شدند. از یک مدل یادگیری عمیق شبکه عصبی کانولوشنال (Deep learning convolutional neural network)، با استفاده از شبکه AlexNet (Krizhevsky, et al., 2012) به‌عنوان شبکه از پیش‌آموزش (Pretrained) داده شده برای تشخیص سرطان استفاده شد. پس از آموزش شبکه بر روی داده آموزشی، عملکرد آن بر روی داده تست، ارزیابی گردید.

یافته‌ها: مدل یادگیری عمیق پیشنهادی به دقت ۹۰٪ (Accuracy) در طبقه‌بندی (Classification) تصاویر به دو کلاس خوش‌خیم و بدخیم دست یافت. همچنین مساحت زیر منحنی Receiver operating characteristic (ROC) 0.97، حساسیت ۹۴٪ (Sensitivity) و اختصاصیت ۸۶٪ (specificity) به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: این یافته‌ها نشان می‌دهد که مدل‌های یادگیری عمیق می‌توانند به دقت بالایی در تشخیص سرطان غیرملانومی پوست دست یابند.

کلمات کلیدی: شبکه عصبی کانولوشنال، یادگیری عمیق، غیرملانومی، سرطان پوست.

* نویسنده مسئول: تهران، ولنجک، دانشگاه علوم
پزشکی شهید بهشتی، دانشکده پزشکی.

تلفن: ۰۲۱-۲۲۴۳۹۹۴۱

E-mail: aliameri86@gmail.com

مقدمه

پایه‌ای (Basal cell carcinoma, BCC) و سلول اسکواموس (Squamous cell carcinoma, SCC) می‌باشد. از آن‌جا که این دو سرطان از سلول‌های کراتینوسیت نشأت می‌گیرند، به آن‌ها سرطان کراتینوسیت هم گفته می‌شود. BCC و SCC شایعترین انواع سرطان پوست هستند و در لایه خارجی پوست (اپیدرمیس) و کمابیش بر اثر

برخلاف ملانوما که از سلول‌های ملانوسیت به‌وجود می‌آید، خواستگاه سرطان پوست غیرملانومی، سلول‌های پوستی به‌جز ملانوسیت‌ها هستند.^۱ رایج‌ترین سرطان غیرملانومی، سرطان سلول

عمیق با این داده‌ها، شبکه حاصل توانست عملکرد بسیار خوبی بر روی تصاویر جدید داشته باشد، به طوری که دقت تشخیص شبکه، هم‌تراز دقت متخصصین باتجربه شد. این مطالعه نشان داد که یادگیری عمیق در صورت داشتن داده‌های آموزشی متنوع و با حجم بالا می‌تواند به دقت تشخیص متخصص هم دست یابد. اما متأسفانه این داده‌ها برای عموم در دسترس نیستند. در سال ۲۰۱۸، پژوهشگران دانشگاه وین یک مجموعه داده Human against machine with 10000 training images (HAM10000) شامل ۱۰۰۰۰ تصویر درماتوسکوپی گرد آوردند که قابل دسترس برای عموم می‌باشد،^۲ اما حدوداً ۷۰۰۰ تصویر از این مجموعه از خال‌های ملانوسیتیک است و بقیه مربوط به سایر انواع ضایعه‌ها می‌باشد. HAM10000 شامل تصاویر BCC و AKIEC و همچنین Benign keratosis (BK) که ضایعه خوش‌خیم ایجاد شده از سلول‌های کراتینوسیت است، نیز می‌باشد. با وجودی که برای آموزش شبکه نیاز به حجم بیشتری داده می‌باشد، این تصاویر تا حدی می‌توانند برای مطالعات در این زمینه مفید واقع شوند. در این مجموعه داده، نوع ضایعه در بیشتر تصاویر با پاتولوژی و بقیه با اجماع متخصصین، یا با میکروسکوپ کانفوکال، تشخیص داده شده‌اند. در مطالعه حاضر، یک مدل یادگیری عمیق که بر روی مجموعه داده (HAM10000) آموزش داده شده است، معرفی شده است که می‌تواند در ضایعه‌های ایجاد شده از سلول‌های کراتینوسیت، موارد بدخیم (BCC و AKIEC) را از موارد خوش‌خیم (BK) جدا کند.

روش بررسی

این مطالعه تحلیلی در بهمن ۱۳۹۸ در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام شد. مجموعه داده HAM10000 شامل ۵۱۳ تصویر BCC و ۳۲۷ تصویر AKIEC است که از این تصاویر در این مطالعه استفاده گردید. برای اینکه دو کلاس خوش‌خیم و بدخیم دارای تعداد مساوی تصویر باشند، ۸۴۰ تصویر از داده‌های BK استخراج شد و مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۱، سه تصویر به عنوان نمونه از هر نوع ضایعه را نشان می‌دهد. به‌طور تصادفی، ۱۰٪ از تصاویر هر کدام از سه نوع داده انتخاب و به‌عنوان داده تست در نظر گرفته شدند. ۹۰٪ باقیمانده از هر نوع داده، به‌عنوان داده آموزشی

تایس آفتاب به پوست ایجاد می‌شوند. BCC در لایه داخلی اپیدرمیس شکل می‌گیرد. ۸۰٪ از سرطان‌های پوست، BCC هستند و معمولاً یک سرطان با پیشروی کند است که به‌ندرت به سایر نقاط بدن سرایت می‌کند.^۱ کمابیش کمتر از ۲۰٪ سرطان‌های پوست، SCC هستند.

SCC در لایه خارجی اپیدرمیس آغاز می‌گردد. افراد دریافت‌کننده پیوند عضو، ۶۵ برابر افراد دیگر شانس ابتلا به SCC را دارند. SCC هم معمولاً به قسمت‌های دیگر بدن سرایت نمی‌کند، اما بیشتر از BCC احتمال این سرایت وجود دارد. با این حال، تشخیص سریع این سرطان‌ها از اهمیت زیادی برای درمان بهتر برخوردار است.^۱ Intraepithelial carcinoma و Actinic keratoses (Solar keratoses) (Bowen's disease) که به‌طور مخفف از آن‌ها با نام AKIEC یاد می‌کنیم، ضایعه‌های غیرتهاجمی هستند که بدون جراحی و به‌طور موضعی قابل درمان می‌باشند و به‌عنوان پیش‌زمینه (Precursor) های SCC به‌شمار می‌روند، یعنی می‌توانند در صورت عدم درمان، به SCC تهاجمی تبدیل شوند.^۲

در سال‌های اخیر، مدل‌های مبتنی بر رایانه برای تشخیص سرطان پوست از روی تصاویر معرفی شده‌اند. تا پیش از سال ۲۰۱۶، این سیستم‌ها از روش‌های سنتی تشخیص الگو (pattern recognition) استفاده می‌کردند.^{۳-۵} در این روش‌ها ابتدا می‌بایست ضایعه پوستی با تکنیک‌های پردازش تصویر جداسازی می‌شد و سپس ویژگی (Feature) های مفید شامل رنگ، بافت و شکل از آن استخراج می‌شد. سپس با استفاده از این ویژگی‌ها طبقه‌بندی بر روی ضایعه‌های پوستی انجام می‌شد. یادگیری عمیق (Deep learning)، در چند سال اخیر انقلاب بزرگی در رشته‌های مختلف به‌ویژه در کاربردهایی مانند تشخیص اجسام (Object recognition) در تصاویر ایجاد کرده است. از سال ۲۰۱۶ به این سو در تشخیص سرطان پوست هم مدل‌های یادگیری عمیق به‌کار رفته‌اند.^۶

همچنین این مدل‌ها در سایر حوزه‌های مهندسی پزشکی هم وارد شده‌اند.^{۷-۹} از آن‌جا که الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای آموزش دیدن به حجم بالایی از داده نیاز دارند، چالش اصلی، نبود این داده‌ها می‌باشد. در سال ۲۰۱۷، دانشمندان دانشگاه استنفورد، مجموعه‌ای از ۱۳۰۰۰۰ تصویر ضایعات پوستی را گرد آوردند که شامل بیش از ۲۰۰۰ نوع بیماری پوستی بود.^۶ با آموزش دادن یک مدل یادگیری

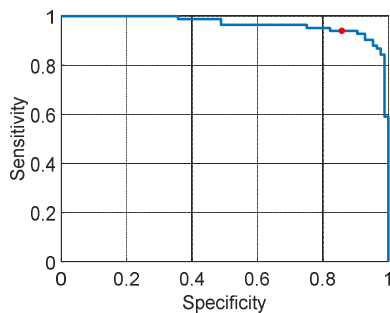
GeForce™ GTX 1050 graphics، بر روی یک رایانه با (NY, USA)
 card (NVIDIA Corporation, Santa Clara, CA, USA)
 انجام گرفت.

یافته‌ها

شکل ۲، منحنی ROC عملکرد شبکه پیشنهادی بر روی داده تست را نشان می‌دهد که در آن $AUC=0.97$ به دست آمد. با فرض آستانه اطمینان طبقه‌بندی ۰/۵ (نقطه قرمز بر روی منحنی ROC در شکل ۲)، مدل به دقت طبقه‌بندی ۹۰٪، حساسیت ۹۴٪ و اختصاصیت ۸۶٪ دست یافت. زمان آموزش شبکه در حدود ۶/۵ دقیقه بود.

بحث

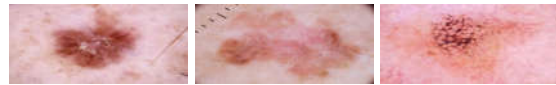
یافته‌های این مطالعه نشان داد که یک سیستم یادگیری عمیق می‌تواند با دقت بالایی سرطان پوست کراتینوسیت را تشخیص دهد. با توجه به اینکه BCC و SCC (و طبیعتاً پیش‌زمینه‌های SCC)، از شایعترین ضایعات پوستی بدخیم هستند، روش پیشنهادی می‌تواند برای تشخیص سرطان پوست، نقش مهمی ایفا کند. مطالعات گذشته نشان داده‌اند که اگر حجم داده آموزشی شبکه به اندازه کافی بزرگ باشد، یادگیری عمیق می‌تواند به عملکردی مشابه متخصصین با تجربه در تشخیص سرطان پوست از روی تصاویر دست یابد.^۶ در



شکل ۲: منحنی ROC عملکرد مدل پیشنهادی بر روی داده‌های تست. نقطه قرمز نشانگر نتایج با آستانه اطمینان طبقه‌بندی ۰/۵ است.



الف



ب



ج

شکل ۱: سه تصویر به‌عنوان نمونه از تصاویر (الف) BCC، (ب) AKIEC و (ج) BK. نشان داده شده‌اند.

لحاظ شدند. یک مدل یادگیری عمیق شبکه عصبی کانولوشنال (Deep learning convolutional neural network) برای طبقه‌بندی داده‌ها به دو کلاس خوش‌خیم و بدخیم مورد استفاده قرار گرفت. برای آموزش مدل، داده‌های BCC و AKIEC، با لیبل بدخیم و داده‌های BK، با لیبل خوش‌خیم، مورد استفاده قرار گرفتند.

با روش انتقال یادگیری (Transfer learning)، از مدل AlexNet (Krizhevsky, et al., 2012) (که برای تشخیص اشیا آموزش دیده است) به‌عنوان مدل از پیش آموزش دیده، استفاده گردید. ۱۰ سه لایه آخر AlexNet (یعنی آخرین لایه full-connected و لایه‌های softmax و طبقه‌بندی) جایگزین شدند تا مدل، مناسب برای طبقه‌بندی به دو کلاس گردد. از الگوریتم Stochastic gradient descent with momentum (SGDM) با نرخ یادگیری اولیه ۰/۰۰۰۱، با اندازه Mini-batch ۳۰ و ۴۰ اپیاک برای آموزش مدل استفاده شد. پس از آنکه مدل بر روی ۹۰٪ داده‌ها آموزش دید، با ۱۰٪ باقیمانده داده‌ها، عملکرد مدل ارزیابی گردید.

معیارهای دقت طبقه‌بندی (Classification accuracy)، مساحت زیر منحنی ROC (AUC)، حساسیت (Sensitivity) و اختصاصیت (Specificity)، برای ارزیابی عملکرد شبکه مورد استفاده قرار گرفتند. آموزش مدل با SPSS software, version 20 (IBM SPSS, Armonk, NY, USA) انجام گرفت.

روش پیشنهادی در راستای تحقیقات اخیر بر روی ساخت سیستم های هوشمند با قابلیت ارایه تصمیمات تشخیصی از روی تصاویر پزشکی می باشد. چالش مهمی که در این مسیر مطرح است، نبود داده های مناسب با حجم بالا می باشد که برای آموزش این سیستم ها ضروری است. بنابراین، مهمترین گام در این راستا، ایجاد مجموعه داده های بزرگ و معتبر و در دسترس عموم برای آموزش دادن مدل های هوشمند برای رسیدن به عملکرد ایده آل می باشد. با نصب نرم افزار سیستم پیشنهادی بر روی گوشی های هوشمند و همچنین با توجه به پیشرفت دوربین های این گوشی ها، بیمار می تواند با عکسبرداری از محل ضایعه پوستی، تشخیص آن را به سرعت با این نرم افزار دریافت کند. همچنین این سیستم می تواند برای ارایه تشخیص کمکی به متخصص به کار رود.

از یافته های این مطالعه، می توان نتیجه گرفت که شبکه های یادگیری عمیق، کارایی بالایی در تشخیص ضایعات بدخیم غیرملانومی دارند. انتظار می رود آموزش شبکه با تعداد بیشتری از تصاویر ضایعات پوستی، منجر به افزایش دقت تشخیص شبکه گردد. **سپاسگزاری:** این مطالعه با حمایت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام شده است.

مطالعه حاضر، به دلیل محدودیت تعداد تصاویر، امکان آموزش شبکه با حجم داده بالا وجود نداشت. با این حال، مدل پیشنهادی به دقت طبقه بندی بالایی، دست پیدا کرد. همچنین حساسیت ۹۴٪ به دست آمد یعنی اینکه فقط ۶٪ از موارد بدخیم به اشتباه خوش خیم تشخیص داده می شوند. اختصاصیت ۸۶٪ هم بیانگر آن است که ۱۴٪ موارد خوش خیم به اشتباه سرطانی تشخیص داده شده اند. لازم به یادآوری است که این یافته ها، با آستانه اطمینان طبقه بندی ۰/۵ به دست آمده اند. کاربر می تواند بسته به نیاز، این آستانه را تغییر دهد. به عنوان مثال برای افزایش حساسیت می توان آستانه را کاهش داد، که البته کاهش آستانه منجر به کاهش اختصاصیت خواهد شد.

دلیل استفاده از انتقال یادگیری در این مطالعه این بود که AlexNet برای تشخیص اشیا آموزش دیده بود. این کاربرد شباهت به تشخیص نوع ضایعه پوستی از روی تصویر دارد، چرا که ویژگی های ظاهری ضایعه، نوع ضایعه را تعیین می کند. با استفاده از این مدل به عنوان شبکه از پیش آموزش دیده شده، ضرایب اولیه شبکه در حین آموزش، به جای مقادیر رندم با ضرایب مدل AlexNet مقارنه می شدند. این کار سرعت همگرایی رسیدن به ضرایب بهینه را بالا برده و به این ترتیب، عملکرد مدل را بهبود می بخشد.

References

- Xu YG, Aylward JL, Swanson AM, Spiegelman VS, Vanness ER, Teng JM, et al. Nonmelanoma skin cancers: basal cell and squamous cell carcinomas. In: Niederhuber JE, Armitage JO, Doroshow JH, Kastan MB, Tepper JE, et al, editors. *Abeloff's Clinical Oncology: 6th ed.* Philadelphia, PA: Elsevier; 2020. P. 1052-73. e8.
- Tschandl P, Rosendahl C, Kittler H. The HAM10000 dataset, a large collection of multi-source dermatoscopic images of common pigmented skin lesions. *Sci Data* 2018;5:180161.
- Masood A, Al-Jumaily AA. Computer aided diagnostic support system for skin cancer: a review of techniques and algorithms. *Int J Biomed Imaging* 2013;2013:323268.
- Rosado B, Menzies S, Harbauer A, Pehamberger H, Wolff K, Binder M, Kittler H. Accuracy of computer diagnosis of melanoma: a quantitative meta-analysis. *Arch Dermatol* 2003;139(3):361-7; discussion 366.
- Burroni M, Corona R, Dell'Eva G, Sera F, Bono R, Puddu P, Perotti R, Nobile F, Andreassi L, Rubegni P. Melanoma computer-aided diagnosis: reliability and feasibility study. *Clin Cancer Res* 2004;10(6):1881-6.
- Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* 2017;542(7639):115-8.
- Ameri A, Akhaee MA, Scheme E, Englehart K. Real-time, simultaneous myoelectric control using a convolutional neural network. *PLoS One* 2018;13(9):e0203835.
- Ameri A, Akhaee MA, Scheme E, Englehart K. Regression convolutional neural network for improved simultaneous EMG control. *J Neural Eng* 2019;16(3):036015.
- Ameri A. EMG-based wrist gesture recognition using a convolutional neural network. *Tehran Univ Med J* 2019;77(7):434-9.
- Krizhevsky, A, Sutskever, I, Hinton, GE. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Adv Neural Inform Process Syst* 2012;25(2):1097-105.

Non-melanoma skin cancer diagnosis with a convolutional neural network

Ali Ameri Ph.D.*

Department of Biomedical Engineering, School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

* Corresponding author: School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Velenjak, Tehran, Iran.
Tel: +98-21-22439941
E-mail: aliameri86@gmail.com

Abstract

Received: 25 Mar. 2020 Revised: 03 Apr. 2020 Accepted: 14 Jul. 2020 Available online: 21 Jul. 2020

Background: The most common types of non-melanoma skin cancer are basal cell carcinoma (BCC), and squamous cell carcinoma (SCC). AKIEC -Actinic keratoses (Solar keratoses) and intraepithelial carcinoma (Bowen's disease)- are common non-invasive precursors of SCC, which may progress to invasive SCC, if left untreated. Due to the importance of early detection in cancer treatment, this study aimed to propose a computer-based model for identification non-melanoma malignancies.

Methods: In this analytic study, 327 AKIEC, 513 BCC, and 840 benign keratosis images from human against machine with 10000 training dermoscopy images (HAM10000) were extracted. From each of these three types, 90% of the images were designated as the training set and the remaining images were considered as the test set. A deep learning convolutional neural network (CNN) was developed for skin cancer detection by using AlexNet (Krizhevsky, et al., 2012) as a pretrained network. First, the model was trained on the training images to discriminate between benign and malignant lesions. In comparison with conventional methods, the main advantage of the proposed approach is that it does not need cumbersome and time-consuming procedures of lesion segmentation and feature extraction. This is because CNNs have the capability of learning useful features from the raw images. Once the system was trained, it was validated with test data to assess the performance. Study was carried out at Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran, in January and February, 2020.

Results: The proposed deep learning network achieved an AUC (area under the ROC curve) of 0.97. Using a confidence score threshold of 0.5, a classification accuracy of 90% was attained in the classification of images into malignant and benign lesions. Moreover, a sensitivity of 94% and specificity of 86% were obtained. It should be noted that the user can change the threshold to adjust the model performance based on preference. For example, reducing the threshold increase sensitivity while decreasing specificity.

Conclusion: The results highlight the efficacy of deep learning models in detecting non-melanoma skin cancer. This approach can be employed in computer-aided detection systems to assist dermatologists in identification of malignant lesions.

Keywords: computer neural networks, deep learning, non-melanoma, skin neoplasms.