DOR :20.1001.1.2538161.1401.7.4.5.6

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۱
تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۱۰/۲۷

نوع مقاله: ترویجی

هوش مصنوعی و کاربرد یادگیری عمیق در تولید نقشه‌های کاداستر

نیما علی‌محمدی
دانشجوی کارشناسی ارشد نقشه‌برداری گرایش سیستم‌های اداره زمین، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست دانشگاه شهید بهشتی
پست الکترونیکی: n.alimohammadi@mail.sbu.ac.ir

سعید صادقیان*
دانشیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست دانشگاه شهید بهشتی
پست الکترونیکی: sa_sadeghian@sbu.ac.ir

چکیده

در نقشه‌برداری ثبتی تهیه نقشه با توجه به حساسیت حقوقی و مالی نقشه‌های کاداستر امری بسیار پر هزینه و زمان‌بر می‌باشد. از طرفی رقومی‌کردن نقشه‌های کاغذی قدیمی و تولید یا بروزرسانی نقشه‌های کاداستر از عکس‌های هوایی کاری پرچالش در این حوزه است که نیازمند به‌کارگیری دقت کارشناسان خبره است. امروزه با پیشرفت علوم رایانه‌ای در زمینه پردازش تصویر، فناوری‌هایی در زمینه هوش مصنوعی امکان یادگیری ماشین با استفاده از الگوریتم‌هایی نظیر شبکه‌های عصبی هم‌آمیخت[1] را برای ما فراهم آورده‌اند که در این مقاله با مروری بر تعاریف این دو حوزه، اقداماتی که در سراسر جهان با استفاده از هوش مصنوعی در زمینه تولید نقشه‌های کاداستر صورت گرفته است را بررسی می‌کنیم. در پایان نیز ضمن مقایسه عملکرد ماشین و انسان در این زمینه، پیشنهاداتی برای استفاده بهتر از فناوری‌های هوش مصنوعی در نقشه‌برداری کاداستر ارائه خواهیم نمود.

واژه‌های کلیدی: کاداستر، سیستم‌های اداره زمین، هوش مصنوعی، یادگیری عمیق، شبکه عصبی هم‌آمیخت.

۱- مقدمه

با پیشرفت رایانه‌ها در عصر حاضر و تعامل و به‌کارگیری حجم فزاینده‌ای از داده‌ها، نیاز به داده‌کاوی و استفاده از ابزارهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری هوشمند بیش از پیش احساس می‌شود. با وجود خودکار شدن ساختارها و سرعت بخشیدن به فرآیندها، تصمیم‌گیری و درایت بشر در هدایت این سیستم‌ها به‌عنوان ناظر و هادی مجموعه اجتناب‌ناپذیر است. از این رو دانشمندان پس از اختراع رایانه همواره سعی در توسعه سامانه‌هایی هوشمند را داشته‌اند که به‌خودی‌خود بتوانند با استفاده از استنتاج در تصمیم‌گیری‌ها، در مدیریت و پردازش داده‌ها، مستقل از هوش بشر عمل کنند.

با توجه به این‌که نقشه‌برداری نیز پس از به‌وجود آمدن سیستم‌های اطلاعات مکانی با حجم وسیعی از این داده‌های رقومی روبرو شده است و این مسئله که تنها ۳۰ درصد از اراضی جهان دارای نقشه‌های رسمی کاداستر و سیستم‌های ثبتی زمین هستند [۱, ۲]، به‌کارگیری هوش مصنوعی در تولید و یا تحلیل نقشه‌ها امری اجتناب‌ناپذیر و در عین حال کارآمد بوده که پیاده‌سازی آن می‌تواند ضمن بالا بردن سرعت و دقت انجام فرآیندها، از به‌وجود آمدن خطای انسانی ممکنه جلوگیری کند.

* نویسندهٔ مسئول

1- convolutional

۲- تعاریف

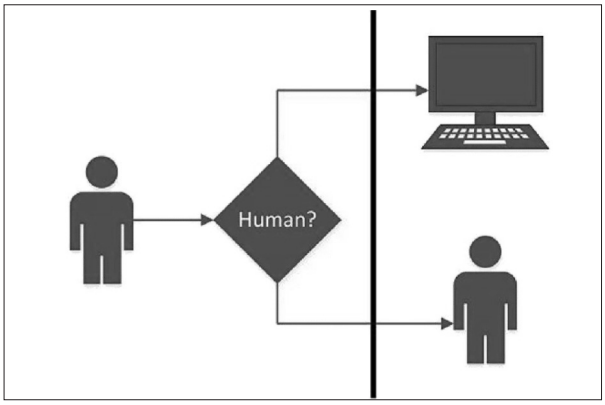
۲-۱- کاداستر

کاداستر یا حدنگاری را می‌توان به‌عنوان فهرست مرتب شـــده‌ای از اطلاعات متعلقات در داخل منطقه‌ای معین و یا کشوری مشـــخص دانست، که براســـاس نقشه‌برداری از مرزها و حـــدود آن متعلقات قرار گرفته اســـت. این چنین متعلقاتی بـــه طور نظام‌مند با شناســـه‌های مجـــزا تعیین می‌شـــوند [۳, ٤]. این سیســـتم دربرگیرنده تمام اطلاعات زمین، شامل مشخصات هندسی، ساختاری، کاربری، فنی و حقوقی بـــوده که با ثبت اطلاعات در نقشـــه‌ای، آن‌ها را بیان می‌کند که از جمله کاربردهای آن می‌توان به استفاده در مدیریت شهری، حل و فصل مسائل حقوقی و قضایی، کاربردهای اقتصادی، به‌کارگیری از آن در محیط زیست و مدیریت منابع طبیعی اشاره نمود [٥].

امـــا مهم‌ترین مزایـــای بهره‌مندی از کاداســـتر کاهش دعاوی حقوقی و اخذ مالیات منصفانه از مردم اســـت [٦]. در واقع کاداســـتر پایه و اســـاس مدیریت و توسعه زمین است [۷, ۸]. یک سیستم کاداستری مناسب از تامین حقوق مالکیت و بســـیج سرمایه زمین حمایت می‌کند که بدون آن بسیاری از اهداف توسعه‌ای کشورها یا محقق نمی‌شوند و یا به شدت با مشکل مواجه می‌شوند [۹].

۲-۲- هوش مصنوعی

به قابلیتی نرم‌افـــزاری اطلاق می‌گردد که در آن امکان اجـــرای فرآیندهایی که تنها انســـان قادر بـــه انجام آن‌ها هســـتند، طراحی و پیاده‌ســـازی می‌شـــود. بـــه طوری‌که ماشـــین بتوانـــد در زمینه مربوطه به صورت مســـتقل از بشـــر تصمیم‌گیری و اقدام کنـــد [۱۰, ۱۱, ۱۲]. این توانایی معمولا در پروژه‌های توســـعه سیســـتمی کـــه با تجزیه و تحلیل هوشمند، برای به‌کارگیری و شبیه‌سازی قابلیت‌های مختص انسان در رایانه است پیاده‌سازی می‌شود. از جمله این توانایی‌ها می‌توان به اســـتنتاج، یافتن معنا، کلی‌سازی محتوا و یادگیری از تجربیات اشاره نمود [۱۰].



شکل ۱: آزمون تورینگ [۱۳]

۲-۲-۱- آزمون تورینگ

پیـــش از اختـــراع کامپیوتر بشـــر همواره با ســـاخت روبات‌هایی مکانیکی ســـعی در شبیه‌سازی هوش طبیعی داشـــته اســـت. اما نخســـتین کارهایی که در زمینه هوش مصنوعـــی انجام گرفت توســـط آلن تورینگ[۲] در اواســـط قرن بیستم میلادی، از کشور انگستان بود. وی اولین ایده آزمایش هوشـــمندی ماشـــین را بیان نمود [۱۰] که در آن مســـئله‌ای که نیازمند حل شدن توســـط هوشمندی انسان است، توسط فردی به‌عنوان ناظر آزمایش، به دو پاسخگو ناشناس مطرح می‌شود [۱۳]. (شکل ۱)

پاسخگویان که یکی انسان و دیگری رایانه‌ای مجهز به هوش مصنوعی اســـت، پرســـش را بررسی کرده و به آن پاســـخ می‌دهند. پرسش‌گر که از نظرش هویت کامپیوتر و انســـان پنهان است پاسخ را بررسی می‌کند. اگر پرسشگر نتواند از نتایج پاســـخ‌ها تشـــخیص دهد که کدام پاسخگو انسان و کدام ماشین بوده است، می‌توان اذعان داشت که بســـتر تحلیلی به‌کار گرفته شـــده در ماشین مذکور هوش مصنوعی بوده است [۱۰].

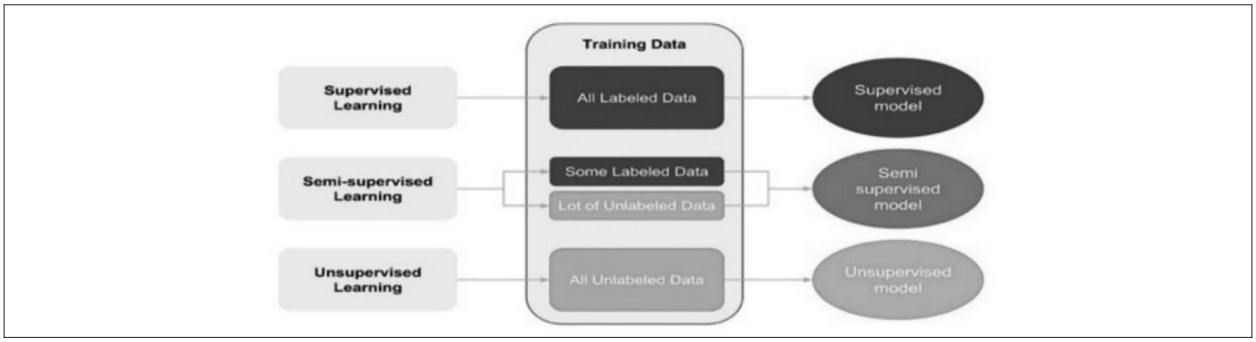
۲-۲-۲- انواع هوش مصنوعی از لحاظ قدرت

بـــا وجـــود روش‌های متفـــاوت در هـــوش مصنوعی دانشـــمندان این فناوری را به طور کلی در دو دســـته زیر تقسیم‌بندی می‌نمایند.

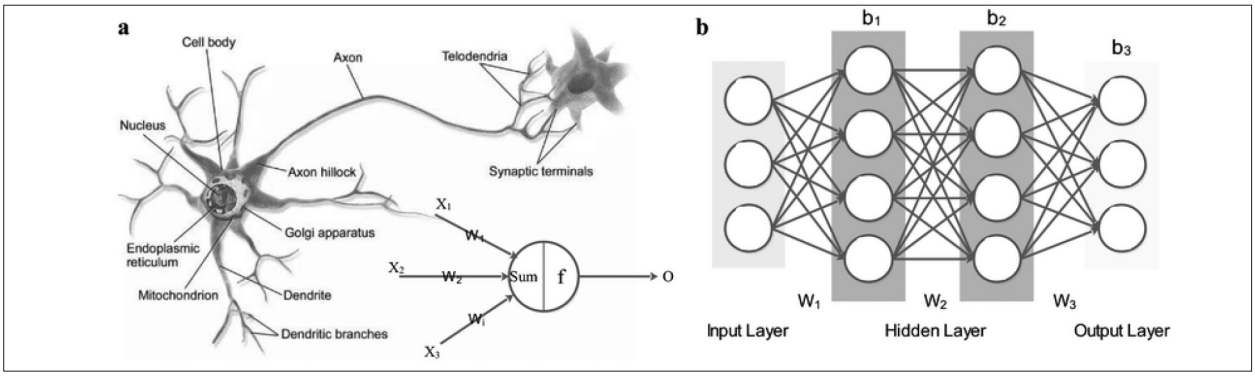
۲-۲-۲-۱- هوش مصنوعی قوی یا عمومی[۳]

در این سیســـتم دســـتگاه مجهز به چندین مدل هوش

2- Alan Turing
3- Strong AI



شکل ۲: انواع روش‌های آموزش ماشین [۱۵]



شکل ۳: پیکربندی شبکه عصبی طبیعی و مصنوعی [۱۶]

مصنوعی بـــوده و می‌تواند فرآیندهای مختلفی را همزمان انجام دهد. مانند سیستم آلفاگو[4] که قادر است بازی تخته‌ای گو[5] را بازی کند [۱۲].

۲-۲-۲-۲- هوش مصنوعی ضعیف یا محدود[6]

در این نوع هوش مصنوعی، سیستم تنها برای انجام یک کار مشخص برنامه‌ریزی می‌شود [۱۲]. این مدل به لحاظ تجاری کاربردی بوده و به پردازش اطلاعات پیشرفته نیز معروف اســت. برای مثال سیســتم‌های تشخیص طبی و سیستم‌های معاملات سهام از این دسته‌اند [۱۰].

۲-۲-۳- یادگیری ماشین

یادگیری ماشـــین به مجموعه مدل‌هایی اطلاق می‌شود که به‌وســـیله آن‌ها کامپیوتر می‌تواند فرایندهای تحلیلی و هوشـــمندی که تنها انسان قادر به انجام آن‌ها است را طی فرآیند یادگیری[7] آموزش ببیند تا به‌عنوان دستگاهی مستقل از انسان و چه بسا با دقت بیشتری در آن کار اقدام نماید. هدف از یادگیری ماشـــین تجهیز کامپیوتر به هوشـــمندی بدون نیاز به کدنویســـی الگوریتم‌های تحلیلی پیچیده است [۱۴]. این فرآیندهای یادگیری به صورت‌های نظارت شده، بدون نظارت و نیمه نظارت شده انجام می‌شود که به شرح زیر می‌باشند [۱۵]. (شکل ۲)

۲-۲-۳-۱- یادگیری با نظارت (نظارت شده)[8]

در این روش داده‌هایی توسط راهبر سیستم به صورت طبقه‌بندی شده و با برچسب به مدل داده می‌شود تا طی تحلیل و شناخت آن‌ها به طبقه‌بندی دیگر داده‌ها بپردازد [۱۴].

۲-۲-۳-۲- یادگیری بدون نظارت[9]

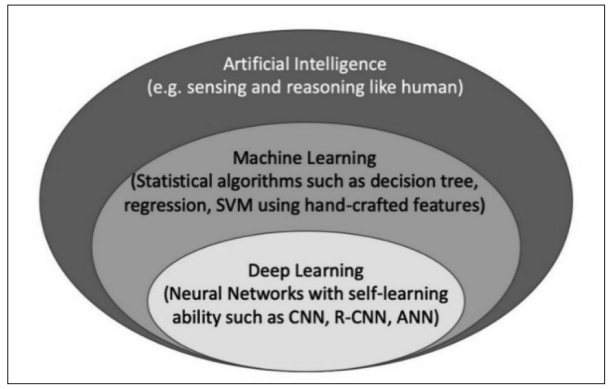
در یادگیری بدون نظـــارت تمامی داده‌های ورودی به مدل به‌عنوان داده‌های آموزشـــی نیز تلقی شده و ماشین به‌طور مســـتقل بـــا یافتن دســـته‌های ممکنـــه در آن‌ها به طبقه‌بندی می‌پردازد [۱۴].

۲-۲-۳-۳- یادگیری نیمه نظارت شده[10]

این روش تلفیقی از دو روش پیشین است. یعنی ضمن این‌که رایانـــه داده‌هایی را به‌عنوان ورودی آموزشـــی با

4- AlphaGo
5- Go board game
6- Applied AI
7- Training

8- Supervised
9- Unsupervised
10- Semi-supervised



شکل ۴: رابطه هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق [۱۷]

طبقه‌بندی برای یادگیری دریافت می‌کند مابقی داده‌ها را خود دسته‌بندی می‌نماید [۱۵].

۲-۲-۴- یادگیری عمیق با شبکه‌های عصبی مصنوعی

یکی از روش‌های یادگیری ماشین، یادگیری عمیق نام داشته که با شبیه‌سازی شبکه عصبی مغز به یادگیری از داده‌ها و انجام آن کار مورد نظر می‌پردازد [۱۶]. (شکل‌های ۳ و ٤)

۲-۵- کاداستر هوشمند

مفهوم کاداستر هوشمند به حوزه هوش مکانی در نظریه هاوارد گاردنر[11] درباره هوشمندی چندگانه برمی‌گردد [۱۸, ۱۹, ۲۰, ۲۱]. که در آن هوش مکانی را قابلیتی برای درک بصری-مکانی جهان تعریف کرده است [۲۰, ۲۱]. به طوری‌که این درک شامل قابلیت به تصویر کشیدن عوارض جغرافیایی و همچنین جانمایی این عوارض می‌باشد [۲۱]. در حوزه کاداستر نیز توانایی کسب و به کارگیری هوش مکانی در تشخیص و استخراج مرزهای املاک به‌عنوان هوش کاداستر اطلاق می‌شود [۲۲, ۲۳].

این استخراج خودکار مرزهای کاداستر را می‌توان به دو دسته تقسیم بندی کرد: (الف) رویکردهای مبتنی بر پیکسل[12] و (ب) رویکردهای مبتنی بر شیء که به‌عنوان تحلیل تصویر مبتنی بر شیء[13] نیز شناخته می‌شوند [۲۱, ۲٤]. رویکرد اول فقط مقدار طیفی یا یک جنبه را برای ردهٔ مرزی در نظر می‌گیرد [۲۱, ۲۵]. این رویکرد در برنامه‌های نقشه‌برداری توپوگرافی انتظارات لازم را برآورده نمی‌کند، زیرا به دلیل فقدان یک توپولوژی صریح برای اشیاء ممکن است به نتایج پایین‌تری نسبت به بینایی انسان منجر شود [۲٦]. اما برخلاف روش اول، اشیاء حاصل از تحلیل تصویر مبتنی بر شیء دارای ویژگی‌هایی با توپولوژی، مانند شکل و اندازه هستند [۲۷]، که آن را برای استخراج مرزهای کاداستر مناسب می‌کند [۲۱, ۲٤, ۲۸, ۲۹].

11- Howard Gardner
12- Pixel-Based Approaches (PBA)
13- Object-Based Image Analysis (OBIA)

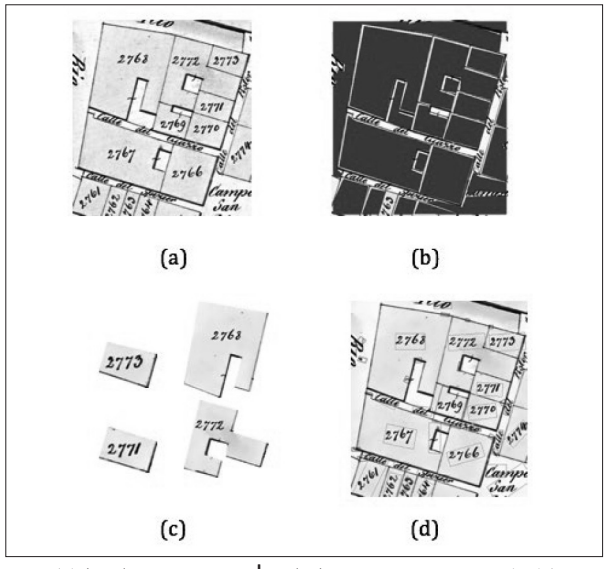
۳- به‌کارگیری هوش مصنوعی در کاداستر

۳-۱- تبدیل خودکار تصاویر نقشه‌های کاداستر کاغذی به نقشه‌های رقومی

یکی از کاربردهای استفاده از الگوریتم‌های بینایی ماشین در نقشه‌برداری تبدیل نقشه‌های قیاسی به داده‌های برداری رقومی می‌باشد. طی اقدامات صورت گرفته می‌توان از تصاویر پویش شده نقشه‌ها، به ترسیم نقشه‌های کاداستر، شامل شناسایی و استخراج عوارضی مانند املاک، کد شناسایی ملک آن‌ها و شناسایی متون دست نوشته در نقشه اقدام نمود [۳۰]. (شکل ٥)

در این فرآیند ابتدا با استفاده از روش میانگین غیر محلی[14] [۳۱] نوفهٔ تصاویر پویش شده گرفته شده، سپس برای استخراج خطوط املاک ترسیم شده از روش SLIC استفاده می‌شود [۳۰] که از خوشه‌هایی از پیکسل ها، ابرپیکسل‌هایی[15] را که دارای شباهت‌های یکسان بوده، در مجاورت یکدیگر هستند و از کاهش پیچیدگی برخوردار هستند را تولید و استخراج می‌کند [۳۲, ۳۰]. این ابرپیکسل‌ها با یکدیگر ادغام شده و مناطقی را تشکیل می‌دهند که با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبانی[16] به سه دسته‌ی متن، منحنی میزان و پس زمینه تقسیم بندی می‌شوند [۳۰]. در ادامه برای استخراج پارسل از فیلتری که برای استخراج عروق از تصاویر[17] [۳۳] طراحی شده است استفاده شده و در عین حال نیز به پردازش متون دست‌نوشته در تصویر

14- Non-local means
15- Super pixel
16- Support-vector machine (SVM)
17- Vessel enhancement filter



شکل ۵: نمونه نتیجه a) نقشه اصلی b) تخمین چندضلعی املاک c) املاک استخراج شده d) شناسایی محدوده کدهای شناسایی ملک [۳۰]

با شـــبکه‌های عصبی هم‌آمیخت می‌پردازد تا کد شناسایی املاک استخراج گردد [۳۰].

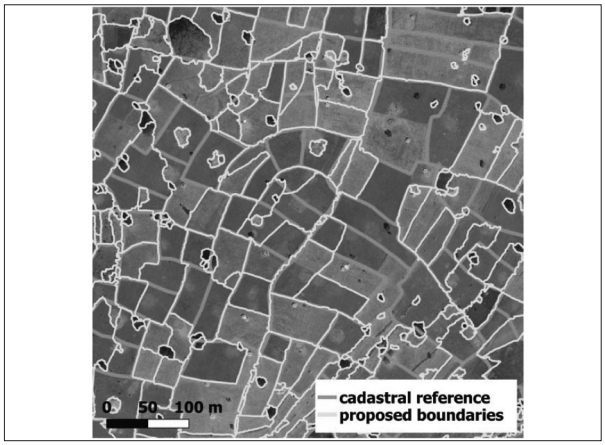
۳-۲- تبدیـــل نیمه خودکار تصاویر به نقشـــه‌های کاداستر

در این روش برای تبدیل تصاویر پهپاد به نقشـــه‌های برداری کاداســـتر، هر دو عامل هـــوش مصنوعی و کاربر به کار گرفته می‌شود [۳٤] که طی سه مرحله طراحی شده است. (الف) رقومی‌سازی خطوط منحنی بسته از عوارض قابل رویت در تصاویر پهپاد با اســـتفاده روش گروه‌بندی ترکیبی وضـــوح چندگانـــه۱۸. (ب) دســـته‌بندی مرزهای استخراج شـــده با اســـتفاده از الگوریتم یادگیری ماشین به‌طوری‌که بعد از انجام فرآینـــد یادگیری، رایانه می‌تواند تشـــخیص دهد که کدام مرز برای نقشـــه کاداستر کارآمد است. و در نهایت (ج) که در آن کاربر به‌وسیله یک افزونه نرم‌افزار QGIS با انتخاب مرزهای مجاور شکل چندضلعی هر ملک را ایجاد می‌کند [۳٤, ۳۵]. (شکل ٦)

۳-۳- مدل‌ســـازی نقشه‌های کاداســـتر سه‌بعدی به‌وسیله یادگیری عمیق

یکـــی از بزرگ‌تریـــن مشـــکلات در ســـاخت مدل‌های

18- Multiresolution combinatorial grouping ()



شکل ۶: نقشه کاداستر استخراج شده توسط روش ذکر شده و نقشه کاداستر مرجع [۳۴]

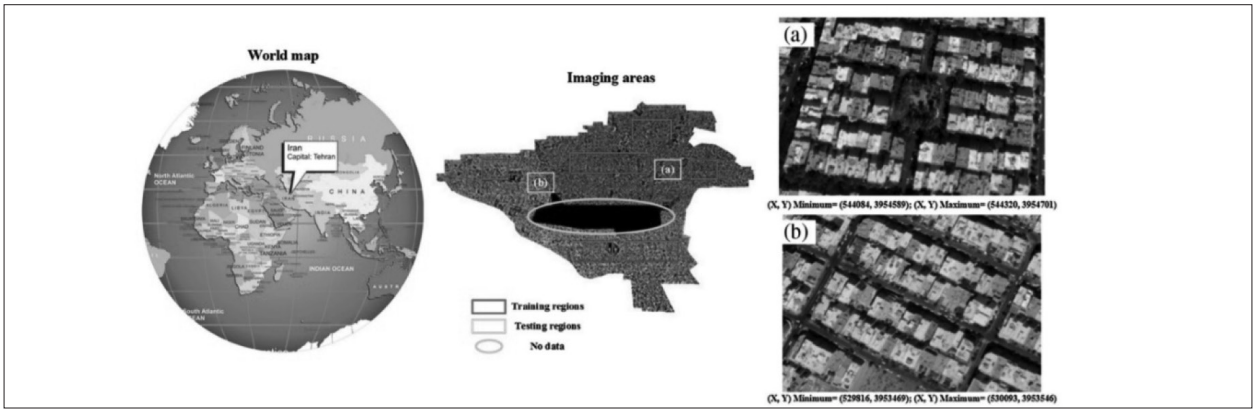
سه‌بعدی ساختمان‌ها در شهرهای بزرگ داشتن تصاویر متراکم از ســـاختمان‌ها، وجود سایه‌ها و گیاهان در سطح شهر است که تولید نقشه در این زمینه را بسیار پرهزینه و زمان بر کرده است [۳٦].

روش‌هـــای بســـیاری برای ســـاخت مدل ســـه‌بعدی ساختمان‌ها وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان استفاده از داده‌های ابر نقطه‌ای لایدار، داده‌های سنجش از دور و یا عکس‌های هوایی را نام برد [۳۷, ۳٦].

امـــا در این مطالعـــه که هـــدف آن بازســـازی دوباره ســـاختمان‌ها به صورت سه‌بعدی به منظور به‌کارگیری در مدیریت زمین در کلانشهر تهران است، طی مراحل ارائه شده (جدول ۱)، نتایج نشـــان داده‌اند که می‌تواند مدل ســـه‌بعدی ساختمان را با دقتی بالاتر از ٦۰ سانتی‌متر نتیجه دهد.

در ابتـــدا تصاویر قیاســـی هوایی شـــهر تهـــران که با استفاده از پویشگر فیلم‌های عکس هوایی Leica DSW 700 رقومی شـــده‌اند، با آماده‌سازی پارامترهای توجیه داخلی یعنی تخصیص موقعیت فیدوشـــال مارکها، فاصله کانونی دوربین، ارتفاع دیتوم و اعوجاج لنز دوربین تصویربرداری در محیـــط نرم‌افـــزار INPHO و همچنیـــن آماده‌ســـازی پارامترهای توجیـــه خارجی که شـــامل به‌کارگیری نقاط کنترل زمینی[۱۹] (جانمایی ماهواره‌ای GNSS دو فرکانســـه)، به‌کارگیری نقاط بررســـی و پردازش سرشـــکنی بر پایه مثلث‌بندی در تصاویر اولیه اســـت، پیش پردازش و آماده

19- Ground Check Points - GCP



شکل ۷: محدوده مطالعه (a) بخشی از محله رسالت و (b) بخشی از محله صادقیه

جدول ۱: مراحل مدل‌سازی کاداستر سه‌بعدی با استفاده از تصاویر هوایی به‌وسیله روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق [۳۶]

مرحله اول
جمع آوری تصاویر هوایی **آماده‌سازی پارامترهای توجیه داخلی** **آماده‌سازی پارامترهای توجیه خارجی**
مرحله دوم
تفسیر خودکار و استخراج ساختمان‌ها با استفاده از تصاویر هوایی و روش یادگیری عمیق FAIDL[1]
مرحله سوم
مدل‌سازی سه‌بعدی ساختمان‌ها با استفاده از FAIDL و GSM[2]

1- Fully automatic interpretation with deep learning
2- Geo-stereo mapping

گردیده‌اند [۳۶]. برای این مطالعه دو بخش از شـــهر تهران از محله‌های رســـالت و صادقیه انتخاب شده و بخش‌هایی از شهر نیز به‌عنوان داده‌های آموزش مدل یادگیری عمیق انتخاب گردیده است [۳۶]. (شکل ۷)

تصاویر رقومی آماده شـــده با استفاده از تفسیر تمام خودکار یادگیری عمیق مدل SegNet (شـــکل ۸) که قابلیت استخراج لبه‌ها و هویت اشیاء را با وجود پیچیدگی تصاویر را دارا می‌باشـــد، در بســـتر نرم‌افزار MATLAB2017a با اســـتفاده از ابزار MatConvNet به کار گرفته شـــده است [۳۶]. به منظور کدگذاری بهتر نیز از نرمال‌سازی دسته‌ای[20] با عملگر ReLU اســـتفاده شده و در نهایت پردازش مدل با استفاده از کارت گرافیکی Geforce GTX 1080 Ti صورت گرفته است [۳۶].

برای ارزیابی نتایج نیز، فرایند بررســـی دقت با نقشـــه ۱:۱۰۰۰ طراحی شـــده که با ســـاخت ماتریســـی از اعداد، صحت داده‌ها را بررســـی می‌کند [۳۶] کـــه در این فرآیند رده‌های ماتریســـی از خطاهای پیکســـل‌ها برای دو دسته ساختمان و غیر ساختمان دســـته‌بندی و بررسی شده‌اند [۳۶].

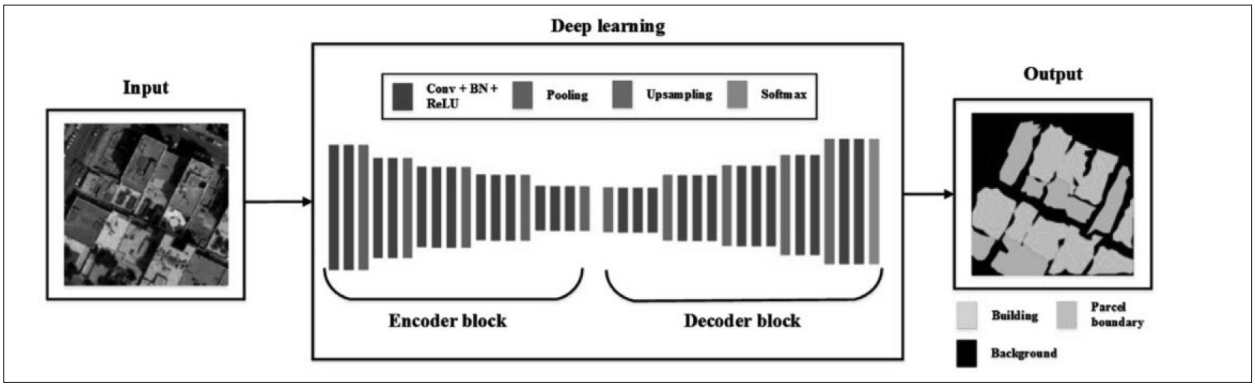
در ادامه با استفاده از زوج تصویر [21] محدوده مطالعه و محاسبه ارتفاع ساختمان‌ها توسط خطای ناشی از اختلاف ارتفاع، مقدار ارتفاع ســـاختمان‌ها محاسبه و با استفاده از پارســـل‌های به‌دســـت آمده از مدل یادگیری عمیق (نتایج مرحله قبل)، مدل سه‌بعدی ساختمان‌ها تهیه می‌گردد [۳۶]. (شکل ۹)

۳-٤- شناســـایی موارد محتمل بـــر زمین‌خواری با استفاده از هوش مصنوعی و داده‌های کاداستر

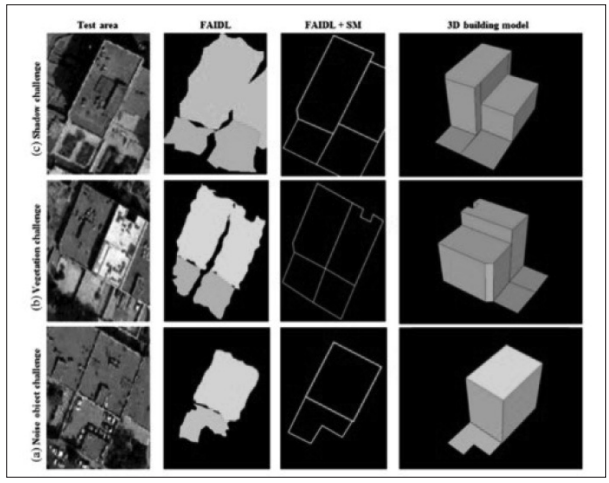
از آنجایی که مطالعات انجام شـــده مشـــخص گردیده اســـت کـــه در جای‌جای کشـــور هلنـــد موارد زیـــادی از زمین‌خواری وجـــود دارد [۳۸]، در این روش مدل طراحی شده از تصاویر قائم[22] پهپاد نسبت به جداسازی عوارض[23] توســـط مدل شبکه‌های عصبی عمیق و تولید نقشه‌هایی از دسته‌بندی کاربری‌ها[24] استفاده کرده، سپس طی مقایسه‌ای بین آن‌ها با نقشه‌های کاداستر موجود و نقشه‌های اراضی عمومی و شخصی، قطعاتی که احتمال وجود زمین‌خواری و پیشـــروی مالـــک در اراضـــی عمومی را داشـــته‌اند را شناسایی می‌نماید. (شکل ۱۰)

20- Batch normalization

21- Geo-stereo
22- Ortho photos
23- Features
24- Land Use Classification



شکل ۸: ساختار یادگیری عمیق و نمونه‌ای از ورودی و خروجی [۳۶]

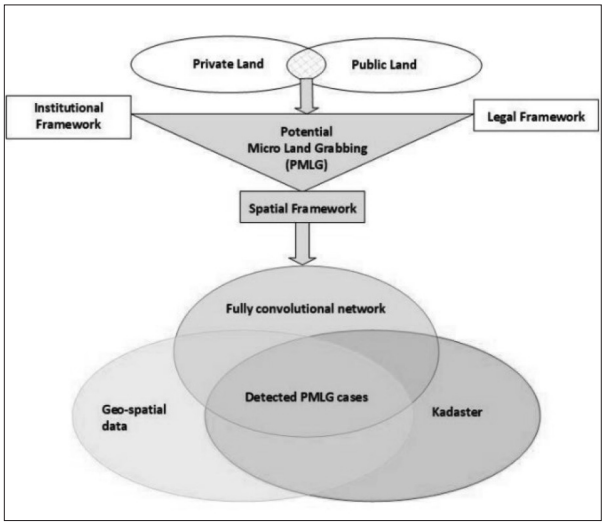


شکل ۹: بازسازی عرصه و عیان مدل حاصل از یادگیری عمیق و مدل‌سازی سه‌بعدی آن با استفاده از ارتفاع [۳۶]

در این مطالعه از مـدل یادگیری عمیق هم‌آمیخت تمام اتصال با هسته گسـترش یافته[۲۵] استفاده شده است [۳۹]. ایـن مدل ضمن اتصـال تمام لایه‌های پنهان از هسـته‌ای اسـتفاده می‌کند که با فاصله گذاری بین پیکسـل‌ها سایز تصویـر را افزایش داده و آن‌ها را پـردازش می‌کند [۳۹]. این مطالعه متشـکل از ۷ لایـه هم‌آمیختی پنهان، به همراه نرمال‌سـازی یکپارچه و تابع فعال‌سـاز LeakyReLU، یک لایه هم‌آمیختی برای طبقه‌بندی، یک لایه حذفی برای کاهش وقوع بیش از حد و یک لایه بیشـینه هموار[۲۶] برای ساخت دسته‌بندی خروجی می‌باشد [۳۹].

برای نمونه نیز دو شهر زوالا[۲۷] و زوتومیر[۲۸] از کشور هلند به‌عنـوان محدوده مطالعه انتخاب شـده که با وجود

25- Fully Connected Network with Dilated Kernels (FCN-DKs)
26- SoftMax
27- Zwolle
28- Zoetermeer



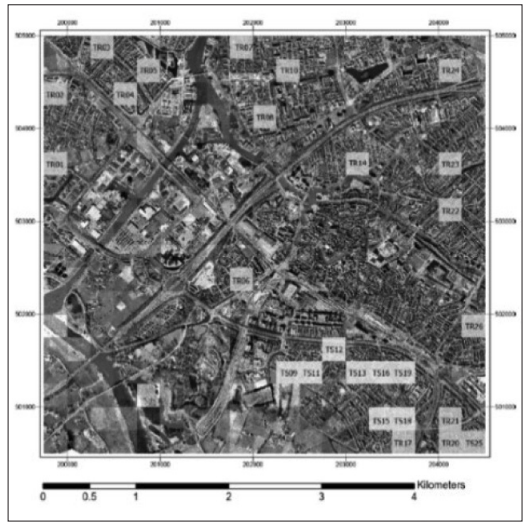
شکل ۱۰: نقشه مفهومی مناطق کوچک دارای احتمال زمین‌خواری[۱] از تصاویر هوایی با استفاده از یادگیری عمیق

1- Potential Micro Land Grabbing (PMLG)

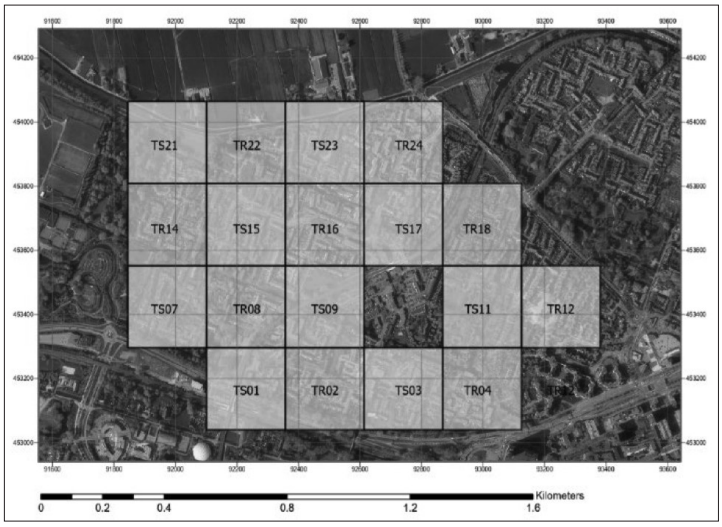
دو نـوع داده متفاوت، نه تنها امکان یادگیری مدل بیشـتر می‌شـود، بلکه غنی‌سـازی و تنوع طبقه‌بندی کننده‌ها در تصویر را در بر دارد [۳۹].

در شـهر زوالا ۲۶ موزائیک تصویر هوایی به‌صورت تصادفی انتخاب شـده که هر کدام در اندازه‌های ۲۵۰۰ در ۲۵۰۰ پیکسـل بوده و دارای قدرت تفکیک مکانی ۰٫۱ متر را دارا هسـتند که ۱۸ موزائیک از ایـن تصاویر به‌عنوان داده‌هـای یادگیری مدل و ۸ موزائیک برای آزمایش نتیجه انتخاب شده‌اند [۳۹]. (شکل ۱۱)

در شهر زوتومیر نیز از تصاویر رنگی در ابعاد ۲۵۶۰ پیکسل با قدرت تفکیک مکانی ۰٫۱ متر استفاده شده که در مجموع ۱۸ موزائیک به‌طور یک در میان شامل ۹ موزائیک بـرای آزمایش و ۹ موزائیک بـرای یادگیری مدل انتخاب



شکل ۱۱: محدوده‌های یادگیری و ارزیابی از شهر زوالا که به‌صورت تصادفی انتخاب شده‌اند. رنگ آبی: یادگیری، رنگ زرد: ارزیابی [۳۹]

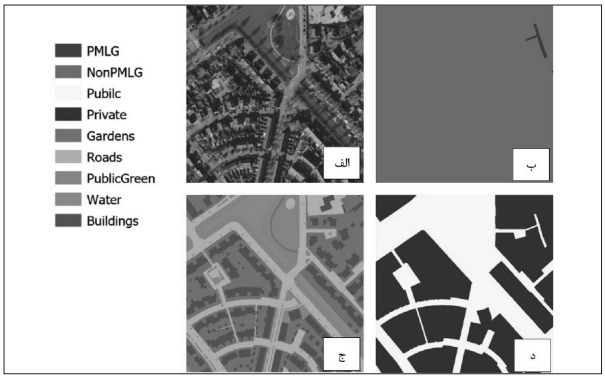


شکل ۱۲: محدوده‌های یادگیری و ارزیابی از شهر زوتومیر که به‌صورت یک در میان انتخاب شده‌اند. رنگ آبی: یادگیری، رنگ زرد: ارزیابی [۳۹]

شده است [۳۹]. (شکل ۱۲)

این فرآیند در دو مرحله انجام می‌شود. ابتدا با استفاده از مدل هم‌آمیختی یادگیری عمیق SegNet نقشه‌های پوشش زمین[۲۹]، کاربری زمین[۳۰] تولید شده، سپس با مقایسه با نقشه‌های ثبتی زمین[۳۱] در دو دسته املاک شخصی و عمومی و به‌کارگیری مدل یادگیری عمیق FCN-DK6، نقشه‌های دودویی زمین‌خواری استخراج می‌گردد که ارزیابی دقت این روش بر روی سه موزائیک آزمایشی انتخاب شده ۸۶٫۷٪، ۸۲٫۰٪ و ۸۳٫۶٪ محاسبه گردیده است [۳۹]. (شکل ۱۳)

فرآیند تشخیص زمین‌خواری بالقوه با استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق به دو مرحله طبقه‌بندی LULC و تشخیص PMLG تقسیم می‌شود [۳۹]. با مقایسه تصاویر موارد زیادی از زمین‌خواری را می‌توان شناسایی نمود که در هر دو لایه کاداستر و لایه حاصل از تحلیل هوش مصنوعی وجود دارند. از آنجایی که لایه‌های کاداستر نیز به‌طور صددرصد دقیق نیستند، نمی‌توان مطمئن بود که موارد از دست رفته در رقومی‌سازی دستی PMLG نبوده و این داده‌های پردازش شده نیز نیاز به بازدید میدانی دارند [۳۹]. اما با بررسی پیکسل‌های هر دو خروجی، به‌طور کلی



شکل ۱۳: اطلاعات مکانی شهر زولا موزائیک -۱۵ الف) عکس رنگی ب)داده‌های رقومی دستی ج) داده‌های مرجع کاربری و پوشش زمین د)داده‌های حقوق زمین (عمومی و شخصی)

برای یکبار ۵۶ درصد و برای بار دیگر ۵۸ درصد این دو لایه بر هم منطبق بودند و پیکسل‌های یکسانی را از PMLG نشان می‌دادند [۳۹].

۴- نتیجه گیری

٤-۱- نتایج ارزیابی و مقایسه مدل‌ها

روش‌های ارزیابی مطالعات بررسی شده در این مقاله از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شده و در جدول ۲ به‌صورت مقایسه‌ای از این مدل‌ها آورده شده‌اند. این مقادیر میزان پوشش (فرمول ۱)، صحت (فرمول ۲)، دقت (فرمول ۳)، و اشتراک دو مجموعه بر اجتماع آن‌ها (فرمول ٤) را نشان می‌دهند.

29- Land Cover map
30- Land Use map
31- Land Rights map (Private/Public land)

جدول ۲: مقایسه نتایج ارزیابی مدل‌ها

		IoU[35]	دقت	پوشش[36]	صحت[37]
تبدیل خودکار تصاویر نقشه‌های کاداستر کاغذی به نقشه‌های رقومی [30]		0.6 <		0.72	0.75
		0.7 <		0.69	0.71
		0.8 <		0.60	0.62
تبدیل نیمه خودکار تصاویر به نقشه‌های کاداستر [34]			0.52		0.76
مدل‌سازی نقشه‌های کاداستر سه‌بعدی به‌وسیله یادگیری عمیق [36]	محله رسالت	0.83		0.94	0.90
	محله صادقیه	0.82		0.95	0.92
شناسایی موارد محتمل بر زمین‌خواری با استفاده از هوش مصنوعی و داده‌های کاداستر [39]	LULC_ex3_RA	0.56		0.56	0.16
	LULC_ex5_RA	0.58		0.42	0.23

35. Intersection over Union – اشتراک دو مجموعه بر اجتماع آن‌ها
36. Recall or Completeness
37. Precision

فرمول ۱ [۳۶]: $\text{کامل بودن یا پوشش} = \frac{\text{مثبت درست}}{\text{مثبت درست + منفی غلط}}$

فرمول ۲ [۳۶] : $\text{صحت} = \frac{\text{مثبت درست}}{\text{مثبت درست + مثبت غلط}}$

فرمول ۳ [۳۹]: $\text{دقت} = \frac{\text{مثبت درست}}{\text{داده های مرجع + داده های پیش بینی}}$

فرمول ٤ [۳۹]: $\frac{\text{مثبت درست}}{\text{همه نتایج}} = \text{اشتراک دو مجموعه بر اجتماع}$

٤-۲- تفاوت عملکرد کارشناسان و مدل‌های یادگیری ماشین

از مقایسه مرزهای رقومی شده دستی توسط کارشناسان با مرزهای زمین‌های روستایی که به طور خودکار تولید شده بودند مشخص گردید که انحراف عارضه‌های تولید شده خودکار بسیار کم بوده است. به‌طوری‌که تقریباً در چند ضلعی‌های املاک استخراج شده، کمتر از ۲۰ درصد از مناطق دستخوش تغییرات یا حذف یک قسمت شده بودند [۲۱]. در واقع می‌توان گفت، اپراتورهای انسانی در هنگام ترسیم و بازتولید هندسه اشکال دقیق‌تر از الگوریتم‌های ماشینی هستند. اما عملکرد ماشین در بافت روستایی با توجه به سرعت و حجم داده‌ها بسیار بالا است [۲۱]. اما در مناطق شهری، انسان‌ها از سامانه‌های خودکار بهتر عمل کردند و خطوط مرزی املاک و ساختمان‌های تولید شده ماشین که از نظر توپولوژی و هندسه ساختار ضعیفی داشتند و قابل مقایسه با املاک و ساختمان‌های رقومی شده دستی نبودند [۲۱].

باتوجه به مطالعات صورت گرفته می‌توان دریافت که این مدل‌ها پتانسیل قابل توجهی در پیشرفت به سمت تولید تمام خودکار نقشه‌های کادستر دارد. در مواردی که با داده‌های حجیم و بسیاری از سطح یک منطقه وسیع (مانند یک کشور) روبرو هستیم، وجود سرعت پردازش بالا در رقومی‌سازی تصاویر امری بسیار حائز اهمیت بوده که کمبود دقت در نقشه‌های تولید شده را توجیه می‌کند. چراکه بخش عظیمی از املاک یک کشور مربوط به کاداستر زراعی بوده و ضمن توجه به هزینه‌بر بودن نقشه‌برداری با یکی از روش‌های توان تفکیکی بالا، این نقشه‌ها دقت و حساسیت کاداستر شهری را لازم نخواهند داشت. از طرفی همانطور که دیده شد استفاده از هوش مصنوعی برای قطعات ملکی که فاقد ساختمان و عوارض شهری هستند، نتیجه‌ای بسیار مطلوب‌تر را برای کاداستر زراعی در مقابل کاداستر شهری در بر خواهد داشت.

٤-۳- پیشنهادها

نظر به اقدامات و مطالعات صورت گرفته در استفاده از هوش مصنوعی برای پردازش تصویر در نقشه‌برداری و کاداستر پیشنهادهایی حائز اهمیت است که در این بخش به آن‌ها می‌پردازیم. ابتدا پیشنهاد می‌شود برای به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری عمیق با توجه به حجم بالای پردازش داده‌ها، از پردازش در سمت کارت گرافیکی رایانه به جای پردازنده اصلی آن استفاده شود. در خصوص معماری الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی نیز همانطور که دیده شد، استفاده از مدل یادگیری عمیق SegNet با توجه به ساختار

آن و نتایج به‌دست آمده، تاکنون بهترین خروجی را در این حوزه تولید کرده و پیشـــنهاد می‌شود در آن از تابع ReLU یا Leaky ReLU برای پردازش در سلول‌ها استفاده شود.

قبل از استفاده از مدل آموزش دیده نیز حتما می‌بایست پایش و ارزیابی نقشه‌های به‌دست آمده صورت گیرد. برای این ارزیابی حتما می‌بایست به بخشی از نقشه‌های رقومی تهیه شدهٔ کاداســـتر آن منطقه دسترســـی داشت. انتخاب محدوده آزمایش نتایج نیز می‌بایســـت از موزائیک‌هایی از عکس‌ها باشد که در فرآیند یادگیری مدل استفاده نشده‌اند و بهتر است به‌صورت تصادفی انتخاب شوند.

مراجع

[1] Bennett, R., Gerke, M., Crompvoets, J., Ho, S., Schwering, 468 A., Chipofya, M., ...; Wayumba, R., "Building Third Generation Land Tools: Its4land, Smart Sketchmaps, UAVs, Automatic Feature Extraction, and the GeoCloud," in Annual World Bank Conference on Land and Poverty, March 2017.

[2] GLTN, "Valuation of unregistered lands and properties. a new tenure security enhancement approach for developing countries," 2015. [Online]. Available: http://www.gltn.net/index.php/component/jdownloads/send/2-gltn-documents/2243-valuation-of-unregistered-lands-and-properties-brief-eng-2015?option=com_jdownloads.

[3] R. Yousefi, "Digitized Cadater," Tehran, Iran National Cartographic Center, 2004, p. 26.

[4] Mehdi Khoshboresh, Mehdi Akhoundzadeh Hanzaee, Mehdi Hasanlou, Saeed Sadeghian, "Object-oriented processing of remote sensing images with high spatial resolution and LiDAR cloudpoint with the aim of extracting the building for urban mapping," Computing Science Journal, 2019.

[5] Fahimeh Zaeri, Saeid Sadeghian, "Remote Sensing is a New Solution in Preparing the Country's Environmental Cadastral Maps," Sustainability, Development & Environment (JSDE), no. https://dorl.net/dor/20.1001.1.24233846.1400.2.4.1.8, May 2022.

[6] S. Sadeghian, "National Conference of Cadaster and Land Administration with E-Governance Approach," in Property and Deeds Registration Organization of Iran, 2008.

[7] G. J. Donnelly, "Fundamentals of land ownership, land boundaries, and surveying," Intergovernmental Committee on Surveying & Mapping, 2012.

[8] Tahsin Yomralioglu, John McLaughlin, Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration, Springer, 2017.

[9] I. P. Williamson, "Cadastral and land information systems in developing countries," *Australian Surveyor,* no. DOI: 10.1080/00050326.1986.10435202, pp. 27-43, 1986.

[10] B. Copeland, "Artificial Intelligence," Britannica Online Encyclopedia, 09 November 2021. [Online]. Available: https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence. [Accessed 14 November 2021].

[11] Pradeep Kumar Garg, Jokanović, Vukoman, "Overview of Artificial Intelligence," in Artificial Intelligence, 10.1201/9781003140351-1, 2022, p. 4.

[12] J. McCarthy, "Artificial Intelligence Tutorial - It's your time to innovate the future," DataFlair Team, 27 November 2019. [Online]. Available: https://data-flair.training/blogs/artificial-intelligence-ai-tutorial/.

[13] Usman Haruna, Umar Sunusi Maitalata, Murtala Mohammed, Jaafar Zubairu Maitama , "Hausa Intelligence Chatbot System," isbn=978-3-030-69142-4, 2021, pp. 206-219.

[14] Shima Zarei, Prof. Dr. Manfred Reichert, Dr. Rüdiger Pryss, Klaus Kammerer, "Machine Learning," Ulm University, 2017.

[15] Diyar Zeebaree, Dathar Abas Hasan, Ramadan T. Hasan, Adnan Mohsin Abdulazeez, Falah Y H Ahmed, "Machine Learning Semi-Supervised Algorithms for Gene Selection: A Review," in IEEE 11th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET), Malaysia, 2021.

[16] Zilong Jiang, Shu Gao, "An intelligent recommendation approach for online advertising based on hybrid deep neural network and parallel computing," Springer - Cluster Computing, 2020.

[17] Zeynettin Akkus, Yousof H. Aly, Itzhak Z. Attia, Francisco Lopez-Jimenez, Adelaide M. Arruda-Olson, Patricia A. Pellikka, Sorin V. Pislaru, Garvan C. Kane, Paul A. Friedman and Jae K. Oh, "Artificial Intelligence (AI)-Empowered Echocardiography," Journal of Clinical Medicine, 2021.

[18] Linn, Marcia C., and Anne C. Petersen., "Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis," Child Development, vol. 56, no. https://doi.org/10.2307/1130467, pp. 1479-98, 1985.

[19] Goldstein, S.; Naglieri, J. A., Encyclopedia of Child Behavior and Development, Boston, MA: Springer, 2011.

[20] Campbell, L., Campbell, B.; Dickinson, D., Teaching & Learning through multiple intelligences, Education Resources Information Center, 1992.

[21] Nyandwi, E.; Koeva, M.; Kohli, D.; Bennett, R., "Comparing Human versus Machine-Driven Cadastral Boundary Feature Extraction," Remote Sensing, p. 1662, 2019.

[22] R. Bennett, "Cadastral Intelligence, Mandated Mobs, and the Rise of the Cadastrobots," in FIG Working Week, Christchurch New Zealand, 2016.

[23] Bennett, R., Asiama, K., Zevenbergen, J.; Juliens, S., "The Intelligent Cadastre. Presented," in FIG Commission 7/3 Workshop on Crowdsourcing of Land Information, St Juliens Malta, 2015.

[24] Crommelinck, S., Bennett, R., Gerke, M., Nex, F., Yang, M. Y.; Vosselman, G., "Review of automatic feature extraction from high-resolution optical sensor data for UAV-based cadastral mapping," Remote Sensing, 2016.

[25] Aryaguna, P. A., and Danoedoro, P., "Comparison Effectiveness of Pixel Based Classification and Object Based Clas-

superpixels com- pared to state-of-the-art superpixel methods," IEEE Transactions, vol. 34, no. 11, p. 2274–2282, 2012.
[33] Frangi, A. F., Niessen, W. J., Vincken, K. L., Viergever, M. A., "Multiscale vessel enhancement filtering," in Medical Image Computing and Computer-Assisted Interventation, no. Springer, pp. 130-137, 1998.
[34] Crommelinck, Sophie & Koeva, Mila, "Towards Cadastral Intelligence?," GIM International, 2019.
[35] Sophie Crommelinck , Mila Koeva, Michael Ying Yang, George Vosselman, "Application of Deep Learning for Delineation of Visible Cadastral Boundaries from Remote Sensing Imagery," Remote Sensing, 2019.
[36] Mehdi Khoshboresh Masouleh, Saeid Sadeghian, "Deep learning-based method for reconstructing three-dimensional building cadastre models from aerial images," Journal of Applied Remote Sensing, p. 19, 2019.
[37] Steffen Bittner, Andrew U.Frank, "A formal model of correctness in a cadastre," Computers, Environment and Urban Systems, no. 26(5), p. 465–482, 2002.
[38] B. Hoops, "Illegal Land Use in the Netherlands: An Explorative Empirical Study on How Often and Where Illegal Land Use Occures in the Netherlands," SSRN Elecronic Journal, no. https://doi.org/10.2139/ssrn.3080849, 2017.
[39] S. Shan, "Detection of Potential Micro Land Grabbing in the Netherlands using Deep Learning," *University of Twente,* 2020.
sification Using High Resolution Image In Floristic Composition Mapping (Study Case: Gunung Tidar Magelang City)," IOP Publishing Ltd, 2016.
[26] Blaschke, T., Lang, S.; Hay, G., "Object-based image analysis: spatial concepts for knowledge driven remote sensing applications," Springer Science & Business Media, 2008.
[27] P. Roberts, "Academic Dystopia: Knowledge, Performativity and Tertiary Education," University of Canterbury. School of Educational Studies and Leadership, no. https://doi.org/10.1080/10714413.2013.753757, 2013.
[28] Kohli, D., Bennett, R., Lemmen, C., Kwabena, A.; Zevenbergen, J., "A Quantitative Comparison of Completely Visible Cadastral Parcels Using Satellite Images: A Step towards Automation.," in FIG Working Week 2017. Surveying the world of tomorrow - From digitalisation to augmented reality, Helsinki, Finland, 2017.
[29] Radoux, J. Bogaert, P., "Good Practices for Object-Based Accuracy Assessment," Remote Sensing, p. 646, 2017.
[30] Sofia Ares Oliveira, Frederic Kaplan, Isabella di Lenardo, "Machine Vision algorithms on cadaster plans," in Premiere Annual Conference of the International Alliance of Digital Humanities Organizations (DH 2017), Montreal, Canada, August 8-11, 2017.
[31] Buades, A., Coll, B., and Morel, J.-M., "A non-local algorithm for image denoising," IEEE Computer Society Conference, vol. 2, pp. 60-65, 2005.
[32] Achanta, R., Shaji, A., Smith, K., Lucchi, A., Fua, P., "Slic

جدیدترین کتاب
از انتشارات انجمن انفورماتیک ایران
منتشر شد!

کار عمیق

برای تهیهٔ کتاب با دفتر انجمن انفورماتیک ایران
تماس بگیرید ۶۶۴۱۲۸۶۱

چاپ پنجم