

## مدل سازی توسعه فیزیکی شهر با ترکیب قابلیت‌های گوگل ارث انجین (GEE) و شبکه عصبی مصنوعی (MLP) ( مطالعه موردی: شهر تبریز )

حسن محمودزاده<sup>۱</sup>

مصطفی مهدوی فرد<sup>۲</sup>

مجید مرادی عزیز<sup>۳</sup>

ملیحه زنجانی ثانی<sup>۴</sup>

### چکیده

امروزه ارزیابی توسعه فیزیکی شهری با استفاده از تکنیک‌های نوین سنجش از دور می‌تواند اطلاعات پایه ای را در اختیار برنامه‌ریزان قرار دهد و از این طریق نقشی مؤثر در مدیریت و بهبود کاربری اراضی شهر ایفا کند. هدف از این پژوهش، پایش و ارزیابی توسعه فیزیکی شهر تبریز در دوره ۴۲ ساله (۱۹۷۲-۲۰۱۴) با استفاده از سامانه جدید Google Earth Engine (GEE) و پیش بینی تغییرات گسترش فیزیکی شهر تبریز با استفاده از مدل شبکه عصبی (MLP) است. نتایج این پژوهش نشان از قابلیت بالای فناوری GEE در استخراج پهنه‌های شهری طی دوره‌های مختلف دارد، بطوریکه این فناوری بخوبی توانست توسعه فیزیکی شهر تبریز را طی دوره ۴۰ ساله ارزیابی کند. نتایج توسعه فیزیکی شهر تبریز برترتیب در دوره اول برابر با ۲۳۲۰٫۸۶ هکتار، دوره دوم برابر با ۷۵۶۳٫۲۸ هکتار، دوره سوم برابر با ۱۱۱۲٫۳۳ هکتار و دوره چهارم برابر با ۱۰۱۲٫۵۸ هکتار ارزیابی شد. همچنین نتایج پیش‌بینی تغییرات حاصل از مدل MLP نشان دهنده‌ی این است که توسعه فیزیکی شهر تبریز در آینده رو به شمال شرقی و جنوب شرقی است. مدل اجرا شده از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۴ در قالب GEE و مدل تجربی شبکه عصبی مبتنی بر پرسپترون چندلایه بخوبی اقدام به شبیه سازی و مدلسازی روند توسعه کلانشهر تبریز برای بیست سال آینده نمود.

**واژگان کلیدی:** گوگل ارث انجین، توسعه فیزیکی شهر، پرسپترون چند لایه، سنجش از دور

### مقدمه

شهرنشینی به عنوان انقلاب در فرهنگ انسان، باعث دگرگونی در روابط متقابل انسان‌ها با یکدیگر شده است. با افزایش جمعیت شهرنشینی، بهربرداری از محیط تشدید می‌گردد (سرائی و مؤنذر، ۱۳۸۹: ۴۷) مطالعات نشان داده است که افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی موجب تبدیل فضاهای سبز شهری به سطوح بتنی خشن و نفوذ ناپذیر می‌شود و این روند به ویژه در کشورهای در حال توسعه و جهان سوم نمودی جدی‌تر دارد (لانگ<sup>۵</sup>، ۲۰۰۲: ۱۸). از سوی دیگر با توجه به رشد جمعیت و گسترش شهرهای جهان، انتظار می‌رود که حدود ۶۰ درصد از جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰ در مناطق شهری زندگی کنند که ۹۰ درصد آن در کشورهای در حال توسعه

<sup>۱</sup> . دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول)

Email: hassan.mahmoudzadeh@gmail.com-Tel: 09143149252

<sup>۲</sup> . دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

<sup>۳</sup> . کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز

<sup>۴</sup> . دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

می‌باشد. بنابراین رشد شهرها در چند سال آتی نیز گریز ناپذیر است. بنا به گزارش آژانس محیط زیست اروپا، گسترده‌ی شهری تهدیدی جدی برای محیط‌های روستایی بالا فصل، فضای سبز درون شهری و کمربند سبز حاشیه شهرهاست (قبادیان نژاد و فلاحی، ۱۳۹۷: ۵۲). به دلیل رشد سریع شهرنشینی در دهه‌های اخیر، توجهات ویژه‌ای به تغییرات کاربری زمین معطوف شده است، چرا که اکوسیستم در نواحی شهری شدیداً تحت تأثیر فعالیت‌های بشری است (صدرموسوی، ۱۳۹۴: ۱۸۹). گسترش بی‌رویه شهری دامنه‌ای از پیامدهای منفی همانند تخریب فضاهای سبز، هزینه بالای زیرساخت‌ها و انرژی، جدایی اجتماعی فزاینده و وابستگی به اتومبیل شخصی و به تبع آن ترافیک در حال افزایش، مصرف انرژی و انتشار آلوده‌کننده‌ها، افزایش دمای هوا و تنزل کیفیت آب و هوا را به دنبال دارد. (سیف الدینی و منصوریان، ۱۳۹۰: ۵۴). به نظر می‌رسد در ایران شهرهایی که با مسئله گسترش سریع سکونتگاه‌های خود روبرو بوده‌اند، این توسعه با تخریب و نابودی اراضی کشاورزی آن‌ها همراه است. به عبارت دیگر، بخش زیادی از زمین مورد نیاز توسعه فیزیکی این دسته از شهرها، از طریق تغییر کاربری اراضی کشاورزی آنها فراهم شده است (اسمعیل پور و عزیزپور، ۱۳۸۸: ۳۷).

رشد و توسعه فیزیکی شهر در فضا، یکی از موضوعات حیاتی قرن حاضر در ارتباط با پایداری شهری به حساب می‌آید (قربانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۲۲۰؛ محمودزاده و رنجبر نوازی، ۱۳۹۷: ۳۶). چرا که توسعه نامنظم شهر می‌تواند موجب ایجاد تغییرات گسترده‌ای در شرایط محیطی و کاربری‌های زمین گردد (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۴: ۸۴ به نقل از جرجانی، ۱۳۸۶: ۸۲). مسائل این پدیده نه تنها سیاست‌های شهرسازی را به طور وسیعی تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه تبعات حاصل از آن می‌تواند سبب تشدید مسائل اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، مدیریتی و زیست محیطی در شهرها گردد (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۴: ۸۴ به نقل از عزیزی، ۱۳۸۰: ۱۳). کلانشهر تبریز از جمله شهرهایی است که رشد و توسعه سریع آن طی ده‌های اخیر، سازمان فضایی و نظام محله بندی سنتی آن را در هم شکسته است؛ از این رو شهری که تا چند دهه پیش در فضایی محدود، ارگانیک و منسجم شکل گرفته و با برج و بارو در فضای کالبدی سخت محصور بود، امروزه گسترش زیادی یافته و با ساختاری متخلخل و ناموزون مواجه شده است چنین شکلی از توسعه، الگویی از شهری بیمار است که انسجام کالبدی و فضایی خود را از دست داده است (محمودزاده، ۱۳۹۸: ۵۵۵). برا اساس آمارهای منتشر شده جمعیت شهر تبریز طی سال‌های (۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵) از ۲۸۹۹۹۶ نفر به ۱۵۵۸۶۹۳ نفر رسیده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). باتوجه به این اصل که حداقل در ایران هیچ شهری نمی‌توانست وجود داشته باشد مگر اینکه منابع بالفعل یا بالقوه محیطی شرایط توسعه آن را فراهم سازند، به دنبال رشد فیزیکی شتابان مجتمع‌های زیستی، بخش وسیعی از بهترین و بالطبع باارزش‌ترین اراضی بالا فصل، که از دیرباز شرایط زیست محیطی لازم و کافی برای تجمع انسانها در آن‌ها وجود داشته است، در معرض نابودی قرار می‌گیرد (محمد زاده، ۱۳۸۶: ۹۳). از جمله مسائل و مشکلات به وجود آمده در تبریز: آسیب‌های اجتماعی- اقتصادی و به ویژه پیامدهای نامطلوب زیست محیطی، مانند تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی، آلودگی‌ها، آب، خاک، تأثیرات منفی بر فضای سبز شهری و غیره را به بار آورده است (روشتی و حسینی، ۱۳۹۰: ۲). در چنین شرایطی دسترسی به نقشه‌های دقیق با اطلاع از گسترش فیزیکی شهر و تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهمترین موارد در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری است. امروزه، به منظور برنامه‌ریزی موفق و اجرای کارآمد برنامه‌ها، مدیران و تصمیم‌گیران نیازمند اطلاعات به هنگام و دقیق از نسبت کاربری‌های اراضی هستند (فیضی زاده، ۱۳۹۸: ۱۶۸). بنابراین پژوهش حاضر با هدف مدل سازی توسعه شهری کلان شهر تبریز و پیش بینی تغییرات آتی با استفاده از سامانه GEE و پرسپترون چند لایه انجام شده است.

## مبانی نظری

شهرها با توجه به ویژگی ذاتی‌شان از جمله روند پیدایش آن‌ها خودسازمانده بودن آنها، خود تشابهی و رفتارهای غیر خطی یا دینامیک کاربری اراضی، می‌توان به عنوان سیستم‌های پیچیده در نظر گرفت. برای مدل‌سازی سیستم‌های شهری، باید از روشهای جدید استفاده کنیم، از آنجا که رشد شهری، پدیده‌ای پیچیده است و در آن تعدادی از متغیرها با یکدیگر تعامل غیرخطی دارند، استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای مدل کردن توسعه و رشد شهری کاملاً منطقی است. شبکه‌های عصبی مصنوعی با ساختار نقشه‌سازی غیر خطی و برای مدل سازی سیستم‌های متصل به یکدیگر مانند مغز، متشکل از نورن‌ها توسعه داده شده‌اند (کامیاب و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۰). شبکه‌های پرسپترون چندلایه، با استفاده از یک الگوریتم یادگیری پس انتشار (BP) یکی از پر استفاده‌ترین مدل‌های شبکه عصبی است.

یک شبکه معمولی MLP شامل یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و یک لایه یا چند لایه پنهان است. (محمودزاده و عزیزمردادی، ۱۳۹۸: ۸۲). شبکه عصبی مصنوعی، مستقل از توزیع آماری داده هاست و به متغیرهای آماری ویژه ای نیاز ندارد؛ بنابراین این ویژگی امکان ترکیب داده های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی را تسهیل می کند (باقری و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۷۷). در این راستا، فن سنجش از دور با ارائه تصاویر ماهواره ای می تواند ابزار بسیار مفیدی برای تشریح روابط متقابل بین مکان و فعالیت های انسانی و کمک به تصمیم گیری برنامه ریزان در شرایط پیچیده باشد (میرزایی زاده و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۰). از طریق این فن می توان با استفاده از مجموع تصاویر چند زمانه و پردازش آن ها با یکی از روش های مناسب موجود و با سرعت و دقت بالا نسبت به آشکارسازی تغییرات مورد نظر در منطقه مورد مطالعه اقدام کرد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۰۷). در حال حاضر، علم سنجش از دور در حال تغییر یک پارادایم اساسی است که در آن رویکردهای تفسیر یک یا دو تصویر راه را برای طیف وسیعی از برنامه های کاربردی غنی از داده ها می گیرند. این پیشرفت ها توسط سامانه پردازشی آنلاین تصاویر ماهواره ای (GEE)<sup>۱</sup> تسهیل شده است (مجیدی و احمد، ۲۰۱۸: ۱). گوگل ارث انجین یک پلتفرم محاسباتی است که اخیراً توسط شرکت Google برای تجزیه و تحلیل علمی در مقیاس petabyte و تجسم داده های زمینی منتشر شده است. استفاده از یک زیرساخت اختصاصی محاسباتی با کارایی بالا به محققان این امکان را می دهد که به راحتی و به سرعت به بیش از سی سال از بایگانی داده های رایگان و عمومی برای برنامه های سنجش از دور جهانی دسترسی پیدا کنند. به این ترتیب، بسیاری از محدودیت های مربوط به بارگیری، ذخیره سازی و پردازش داده ها با زحمت بر طرف می شوند (ناسکتی و همکاران، ۲۰۱۷: ۴۲). تاکنون مطالعه ای در خصوص GEE در کشور انجام نشده است و این پژوهش جز اولین پژوهش کشور در زمینه پردازش آنلاین تصاویر ماهواره ای با GEE محسوب خواهد شد. در ادامه ابتدا به پیشینه مطالعه ای شبکه عصبی و سپس سامانه پردازشی آنلاین GEE پرداخته می شود.

رستمی گله و همکاران (۱۳۹۷: ۹۴) در پژوهشی به مدلسازی احتمال رشد شهری با استفاده پرسپترون چند لایه و رگرسیون لجستیک در مشهد پرداخته اند. نتایج ارزیابی مدل رگرسیونی ایجاد شده با استفاده از دو شاخص Pseudo-R2 و ROC نشان داد که این مدل با مقادیر بالای ROC معادل ۰/۸۷ و Pseudo-R2 معادل ۰/۳۴۵ جهت نمایش تغییرات و تعیین مناطق مستعد تغییر می باشد و می توان برآزش مدل را نسبتاً خوب در نظر گرفت. یوسفی و اشرفی (۱۳۹۵: ۱۷۹) در پژوهشی به مدل سازی رشد شهری بجنورد با استفاده از داده های سنجش از دور و شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در بجنورد پرداخته اند. نتایج نشان دهنده رشد توسعه مناطق شهری و متقابلاً کاهش کلاس های دیگر کاربری اراضی بوده و باتوجه به نتایج حاصل این روند در آینده نیز ادامه خواهد داشت. حیدریان و همکاران (۱۳۹۴: ۹۷) در پژوهشی به مدل سازی توسعه شهری با استفاده از پیش پردازش های آماری و مدل پرسپترون چند لایه در تهران پرداخته اند. نتایج نشان داد پیش بینی صورت گرفته نسبت به مطالعات گذشته به واقعیت های زمینی نزدیکتر است و بیشترین میزان توسعه در سال ۱۳۹۶ در بخش های شرقی، شمال غرب و غرب کلانشهر تهران خواهد بود. قنبرزاده و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر Worldview و الگوریتم های شبکه عصبی (MLP, RBF, SOM) پرداخته اند. نتایج نشان دهنده کارایی بهتر الگوریتم MLP می باشد. المدرسی الحسینی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به بررسی تغییرات کاربری اراضی در همدان با روش MLP پرداخته اند. نتایج نشان می دهد که مساحتی حدود ۸۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی شهر همدان بین سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ از بین رفته است. علوی و همکاران (۱۳۹۶: ۹۷)؛ در پژوهشی به آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در تبریز پرداخته اند. نتایج نشان می دهد اراضی ساخته شده در یازده زمانی ۲۰ ساله از میزان ۴۷۰۷ به ۸۳۲۲ هکتار و پوشش گیاهی حدود ۹۳۷ و زمین های بایر به میزان ۴۳۷۹ هکتار کاهش داشته است.

<sup>2</sup>- Google Earth Engine

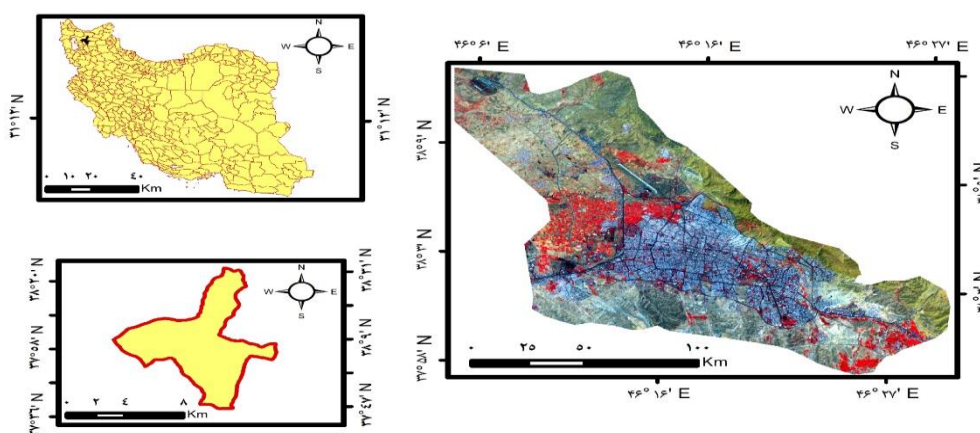
<sup>3</sup>- Magidi & Ahmed

<sup>4</sup>- Nascetti & et al

یو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۸: ۱) برای تهیه نقشه کاربری زمین و طبقه بندی پوشش زمین در بنگلادش (۲۰۰۵) از GEE استفاده کرده‌اند. پژوهشگران تصاویر با وضوح ۳۰ متری بازتاب سطحی تهیه شده از داده‌های لندست ۵ را مورد استفاده قرار داده‌اند و بر روی آن‌ها شاخص‌های NDVI، NDBI و MNDWI را اعمال کرده‌اند. ارزیابی دقت شاخص‌ها به صورت تصادفی در مقایسه با نمونه‌های تولید شده از پروداکت GlobeLand30 انجام شده و به طور کلی دارای دقت حدود ۸۴/۸ درصد بوده است. نتیجه اعمال این پروداکت نشانگر جزئیات بیشتری از شهرک‌های کوچک و مناطق روستایی نسبت به شاخص‌های مورد استفاده بوده است. سیدهو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۸: ۴۸۶)، برای تشخیص تغییرات پوشش زمین در سنگاپور از پروداکت EVI 32 روزه لندست ۵، پروداکت روزانه EVI سنجنده مودیس و رسترهای طبقه بندی شده MCD12Q1-1 IGBP و GlobCover 2009 در سامانه (GEE) استفاده کرده‌اند. تجزیه و تحلیل انجام شده با استفاده از GEE براساس داده‌های MODIS EVI نشانگر آن است که منطقه تیوس با رشد شهری بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۶ مواجه بوده است. همچنین پروداکت ۳۲ روزه EVI لندست ۵ نتایج قابل توجهی را به دلیل وجود چندین مقدار داده‌های معیوب برای سنگاپور نشان نمی‌دهد. سلیک<sup>۳</sup> (۲۰۱۸: ۱)، با استفاده از تصاویر راداری Sentinel-1 و تصاویر چندطیفی Sentinel-2 برای شناسایی تغییرات مناطق شهری در آنکارا از سامانه پردازشگر تصاویر ماهواره‌ای GEE استفاده کرد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه میزان ۵/۹ درصد تغییر داشته است. بنابراین، بر اساس مبانی مطرح شده و پیشینه موجود، تحقیق حاضر با هدف معرفی سامانه جدید (GEE)، بررسی و تحلیل این پرتال تحت وب، کاربرد آن در پایش و ارزیابی تغییرات سکونتگاه‌های انسانی (GHSL)<sup>۴</sup> و ارتباط نقشه‌ی تهیه شده با استفاده از مدل MLP جهت پیش‌بینی تغییرات توسعه فیزیکی شهر تبریز می‌باشد.

### منطقه مورد مطالعه

شهر تبریز بعنوان مرکز استان آذربایجان شرقی و یکی از پرجمعیت‌ترین شهرهای ایران بشمار می‌رود. طبق سرشماری بعمل آمده جمعیت این شهر در سال ۱۳۹۵ برابر یک میلیون و ۷۷۳ هزار و ۳۳ نفر می‌باشد (مرکز آمار ایران). شهر تبریز با ارتفاع تقریبی ۱۳۲۰ متر از سطح دریا در ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی، و ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است (شکل ۱).



شکل (۱). موقعیت منطقه مورد مطالعه

1- Yu & et al

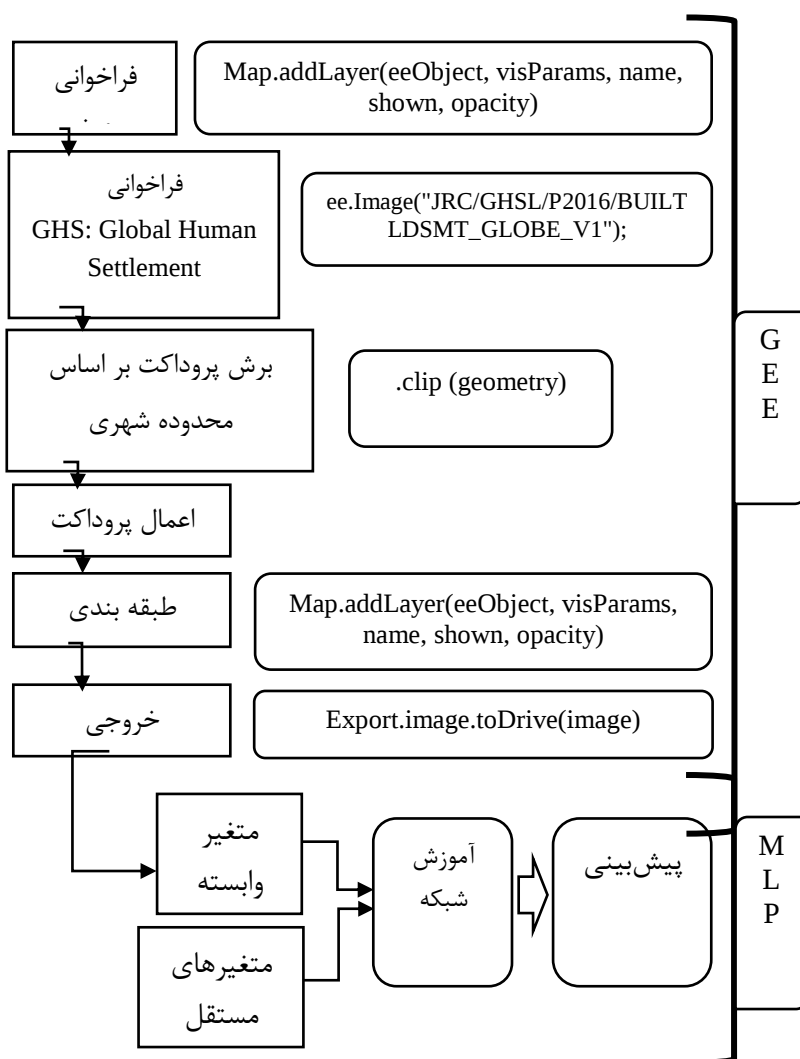
2- Sidhu & et al

3- Celik

4- Global human settlement layer

## داده ها و روش ها

در این پژوهش از سامانه آنلاین پردازش تصاویر ماهواره ای گوگل ارث انجین بمنظور پردازش و استخراج پروداکت جهانی GHSL استفاده شد و سپس برای پیش بینی تغییرات از مدل MLP نرم افزار Terset استفاده گردید. شکل ۲ روند انجام پژوهش را نشان می دهد.



شکل (۲). روند انجام پژوهش

## گوگل ارث انجین

GEE، یک پلتفرم محاسباتی برای پردازش تصاویر ماهواره ای و داده های مکانی و جغرافیایی در فضای ابری برای یکپارچه سازی داده های عظیم (در مقیاس Petabyte) از جمله داده های ماهواره ای لندست می باشد (شلیستوف<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷: ۱). این سامانه دسترسی به نرم افزارها و الگوریتم ها برای پردازش داده های ماهواره ای را فراهم می آورد. این پرتال تحت وب در اواخر سال ۲۰۱۰

<sup>1</sup> - Shelestov & et al

تاسیس شده است، دسترسی به داده‌های ماهواره‌ای و سایر اطلاعات اضافی، محاسبات ابری و الگوریتم‌های پردازش داده‌های بزرگ را با سهولت نسبی فراهم می‌کند (کومار و موتانگا<sup>۱</sup>، ۲۰۱۸: ۱۵۰۹). سامانه GEE با استفاده از یک زیرساخت محاسباتی با کارایی بالا پژوهشگران را قادر می‌سازد تا به راحتی و با سرعت بالا به بیش از سی سال از آرشیوهای داده‌های رایگان و عمومی از جمله تصاویر قدیمی و مجموعه داده‌های علمی برای برنامه‌های کلان‌سنجش از دوری دسترسی پیدا کنند، به این ترتیب، بسیاری از محدودیت‌های مربوط به دانلود، ذخیره و پردازش داده‌ها به راحتی برطرف می‌شوند (گورلیک<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۸). با استفاده از این سامانه می‌توان به بررسی پوشش جنگلی، تغییر کاربری زمین، ارزیابی سلامت در حوزه کشاورزی و منابع طبیعی در بین بسیاری از تحلیل‌های ممکن پرداخت (تارنمای <https://earthengine.google.com>).

### پروداکت GHSL Bulit-up

پروداکت سکونتگاه جهانی انسان (GHSL) در سال ۲۰۱۵ با هدف استخراج اطلاعات در مورد ساخت و ساز انسانی برای داده‌های سری ماهواره‌های لندست با استفاده از یک سیستم محاسبه خوشه‌ای استاندارد انجام شد. این پروداکت توسط کمیسیون اروپا، مرکز تحقیقات مشترک و اداره کل سیاست‌های منطقه‌ای و شهری حمایت می‌شود (پسارسی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۶: ۱). لایه اطلاعات چندرسانه‌ای Bulit-up حاصل از مجموعه تصاویر لندست (GLS1975, GLS1990, GLS2000, and ad- Landsat 8 collection) می‌باشد. محصول اصلی، داده‌ای با توان تفکیک مکانی ۳۸ متری است. بطور کلی این بخش شامل پردازش داده‌های ورودی، پردازش تصاویر، طبقه‌بندی تصاویر و مجموعه آموزش و تست مورد استفاده در آزمایش می‌باشد (<https://ghsl.jrc.ec.europa.eu>). تکنیک GHSL تکنیکی است که توسط آن رشد و تکامل فضایی شهرک‌های انسانی در ۴۰ سال گذشته را ارزیابی می‌کند. این تکنیک برای به رسمیت شناختن سطح ساخته شده از داده‌های ماهواره‌ای برای عملیات کاملاً خودکار و بازتولید شده براساس طبقه‌بندی نظارت شده مبتنی بر یادگیری ماشین نمادین (ML)<sup>۴</sup> است و از محصولات پوشش جهانی به عنوان مجموعه آموزشی استفاده می‌کند. مجموعه داده‌های مورد استفاده در پروداکت GHSL برای ارزیابی توسعه فیزیکی در جدول ۱ آمده است (کوبان<sup>۵</sup>، ۲۰۱۷: ۱۱۸).

جدول (۱). داده‌های مورد استفاده در پروداکت GHSL

| پروداکت و مجموع داده‌ها | تولید کننده              | اندازه پیکسل | تمبر زمانی محصول | تمبر زمانی تصاویر |
|-------------------------|--------------------------|--------------|------------------|-------------------|
| GLS1975                 | سازمان زمین شناسی آمریکا | ۶۰ متر       | ۱۹۷۵             | ۱۹۸۶-۱۹۷۳         |
| GLS1990                 | سازمان زمین شناسی آمریکا | ۳۰ متر       | ۱۹۹۰             | ۱۹۹۷-۱۹۸۴         |
| GLS2000                 | سازمان زمین شناسی آمریکا | ۳۰ متر       | ۲۰۰۰             | ۲۰۰۳-۱۹۹۹         |
| Landsat-8               | سازمان زمین شناسی آمریکا | ۱۵ و ۳۰ متر  | ۲۰۱۴             | ۲۰۱۴-۲۰۱۳         |

1- Kumar & Mutanga

2- Gorelick & et al

3- Pesaresi & et al

4- Machine Learning

5- Corbane

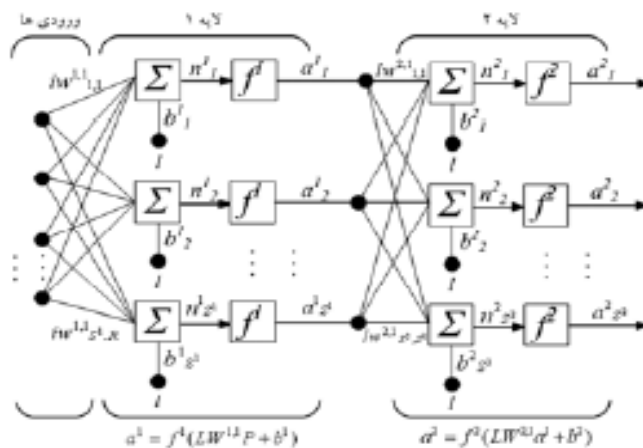
### شبکه عصبی مصنوعی

یک سامانه پردازشی داده ها است که از مغز انسان ایده گرفته و پردازش داده ها را به عهده پردازنده های کوچک و بسیار زیادی سپرده که به صورت شبکه ای به هم پیوسته و موازی با یکدیگر رفتار می کنند تا یک مسئله را حل نمایند. در این شبکه ها به کمک دانش برنامه نویسی، ساختار داده ای طراحی می شود که می تواند همانند نورون عمل کند. که به این ساختار داده نورون گفته می شود. بعد با ایجاد شبکه ای بین این نورونها و اعمال یک الگوریتم آموزشی به آن، شبکه را آموزش می دهند (هارونی و کریمی، ۱۳۹۳). شبکه عصبی مصنوعی مستقل از توزیع آماری داده ها است و متغیرهای آماری ویژه نیاز نیستند. بنابراین این ویژگی امکان ترکیب داده های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی را تسهیل می کند. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل دقت، حتی با گروه داده آموزشی اندک از منطقه امکان پذیر است، زیرا محاسبات پیکسل-مبنا هستند (پارک<sup>۱۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۰۵).

### شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP)

شبکه های عصبی پرسپترون چندلایه از مهم ترین و پرکاربردترین شبکه های عصبی در پیش بینی (خاشعی و همکاران، ۱۳۹۲) یک متغیر که وابسته به یک متغیر دیگر است به شمار می آید (محمودزاده، عزیزمرادی، ۱۳۹۸). از دیدگاه ریاضی یک شبکه عصبی به عنوان یک تقریب گر است. توانایی آن در تقریب بین الگوهای یک مساله باعث می شود تا بتوان مسائل با پیچیدگی زیاد مانند شناسایی الگو، تفکیک الگو، نگاشت غیرخطی، حافظه انجمنی، خودسازمان دهی و کنترل را انجام دهد (دهقانی و همکاران، ۱۳۸۹).

شبکه های پرسپترون چندلایه معمولاً با روش پس انتشار آموزش داده می شوند. فرایند آموزش و یادگیری، نیاز به مجموعه ای از الگوهای آموزشی با ورودی ها و خروجی های مطلوب دارد (یوان، ۲۰۰۲: ۴۹). لایه ورودی دارای نرون هایی به تعداد ابعاد داده های ورودی طبقه بندی است، که هر نرون وظیفه ورود یک باند اطلاعاتی به شبکه را بر عهده دارد.



شکل (۳). شبکه عصبی دو لایه

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می گردد، لایه خروجی دارای یک نرون است که نوع کلاس خروجی هر پیکسل را مشخص می سازد و لایه های میانی به عنوان واسط لایه ورودی و خروجی، عملکرد شبکه را غیر خطی و منعطف می کند. آموزش شبکه های عصبی MLP شامل دو مرحله است. در مرحله اول که از سمت ورودی به سمت خروجی است، مقدار خطا بر حسب رابطه (۱) محاسبه می شود:

<sup>15</sup> - Park & et al

$$E = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^l (d_j - o_j^m)^2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن  $d_j$  و  $o_j$  به ترتیب خروجی مورد انتظار و جواب حاصل از شبکه عصبی در نرون  $j$  ام موجود در لایه خروجی را نشان می‌دهند و  $L$  تعداد نرون‌های طراحی شده در لایه پایانی است. در مرحله دوم که از سمت خروجی شبکه به سمت ورودی شبکه است، بردار وزن‌ها تعدیل می‌شود. رابطه (۲) چگونگی این محاسبات را نشان می‌دهد:

$$\begin{cases} \Delta w_{ij}^{k-1,k} = -\eta(t) \frac{\partial E}{\partial w_{ij}^{k-1,k}} \\ \Delta W_{ij}(t+1) = -\Delta W_{ij} + \alpha \Delta W_{ij}(t) \end{cases} \quad \text{رابطه (۲)}$$

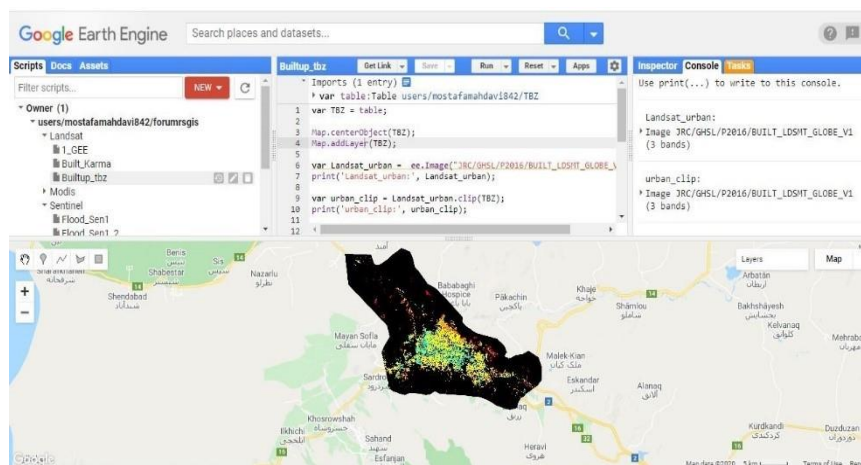
به طوری که  $w_{ij}$  وزن منتسب به پاسخ نرون  $j$  ام است که به عنوان ورودی به نرون  $i$  ام در لایه بعد ارسال می‌گردد.  $H$  ثابت عددی است که روند و مقدار تصحیحات اعمال شده به وزن‌ها را کنترل می‌کند و نرخ آموزش نامیده می‌شود.  $A$  که پارامتر اینرسی نام دارد، مقادیر بین صفر و یک به خود می‌گیرد و نقش پایدار سازی روند آموزش عمل می‌کند، بدین ترتیب که میزان تصحیحات در هر مرحله تحت تأثیر مرحله قبل است.  $t$  بیانگر تعداد تکرار انجام شده در مرحله آموزش است. مقدار  $\eta$  باید بین صفر و یک باشد. استفاده از مقادیر بزرگ مانند  $0/8$  سبب همگرایی سریع می‌شود اما در تکرارهای بعدی، جواب الگوریتم حول نقطه مینیمم نوسان می‌کند و مقدار کوچک باعث زمان بر شدن الگوریتم می‌شود، اما الگوریتم به پایداری بالاتری دست می‌یابد (منه‌ج، ۲۰۰۲).

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از پردازش تصویر در محیط سامانه آنلاین گوگل ارث انجین و انجام پیش‌بینی تغییرات با استفاده از شبکه عصبی (MLP) نتایج حاصل گردید.

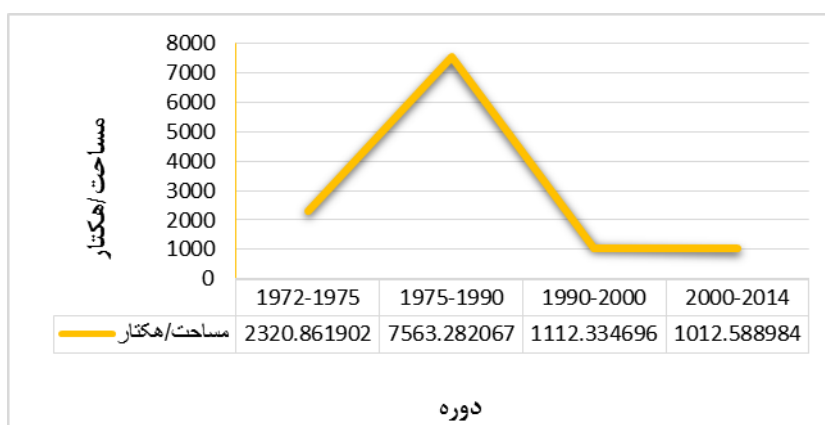
## گوگل ارث انجین

نتایج سامانه پردازشی آنلاین گوگل ارث انجین نشان داد که در طی دوره‌ی ۴۰ ساله شهر تبریز توسعه فیزیکی چشمگیری داشته است. طبق نتایج حاصل شده از داده‌های GEE مساحت ساخت و ساز شهر تبریز در دوره اول بین سال‌های ۱۹۷۵-۱۹۷۲ به میزان ۲۳۲۰٫۸۶ هکتار بوده که این نتیجه در دوره دوم بین سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۷۵ با رشد چشمگیری از ساخت و ساز با مساحت ۷۵۶۳٫۲۸ هکتار رسیده است همچنین نتایج نشان می‌دهد در دوره سوم بین سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۰ مساحت ساخت و ساز شهری ۱۱۱۲٫۳۳ هکتار بوده و در حالیکه در سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۰ مساحت ساخت و ساز شهری به میزان ۱۰۱۲٫۵۸ هکتار رسیده است. شکل ۴ و ۶ نقشه‌ی توسعه فیزیکی در دوره‌های مختلف مطالعاتی در محیط GEE را نشان می‌دهد و همچنین شکل ۵ روند تغییرات دوره‌های توسعه فیزیکی شهر را نشان داده است.

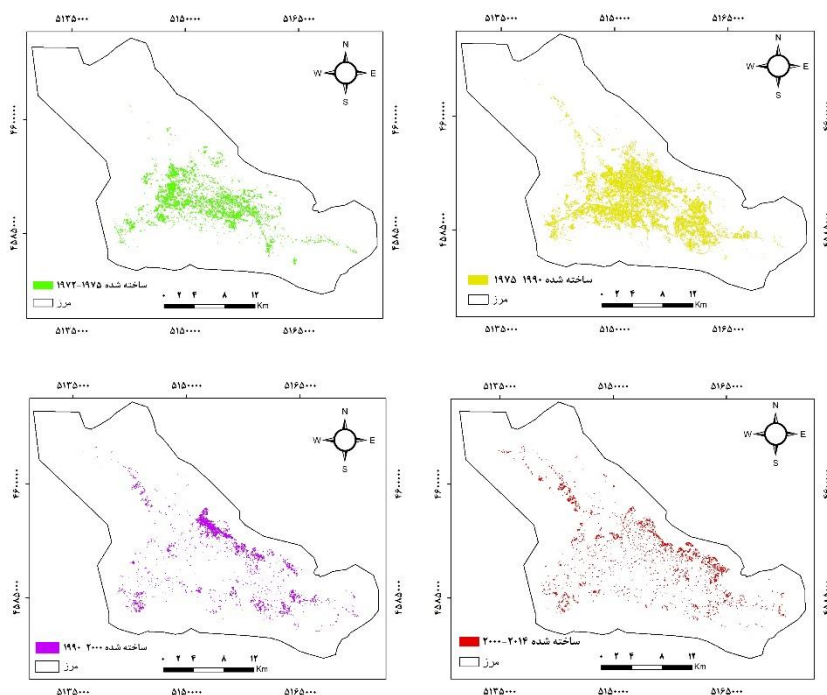


شکل (۴). محیط ویرایشگر سامانه آنلاین

<https://code.earthengine.google.com/> Google Earth Engine



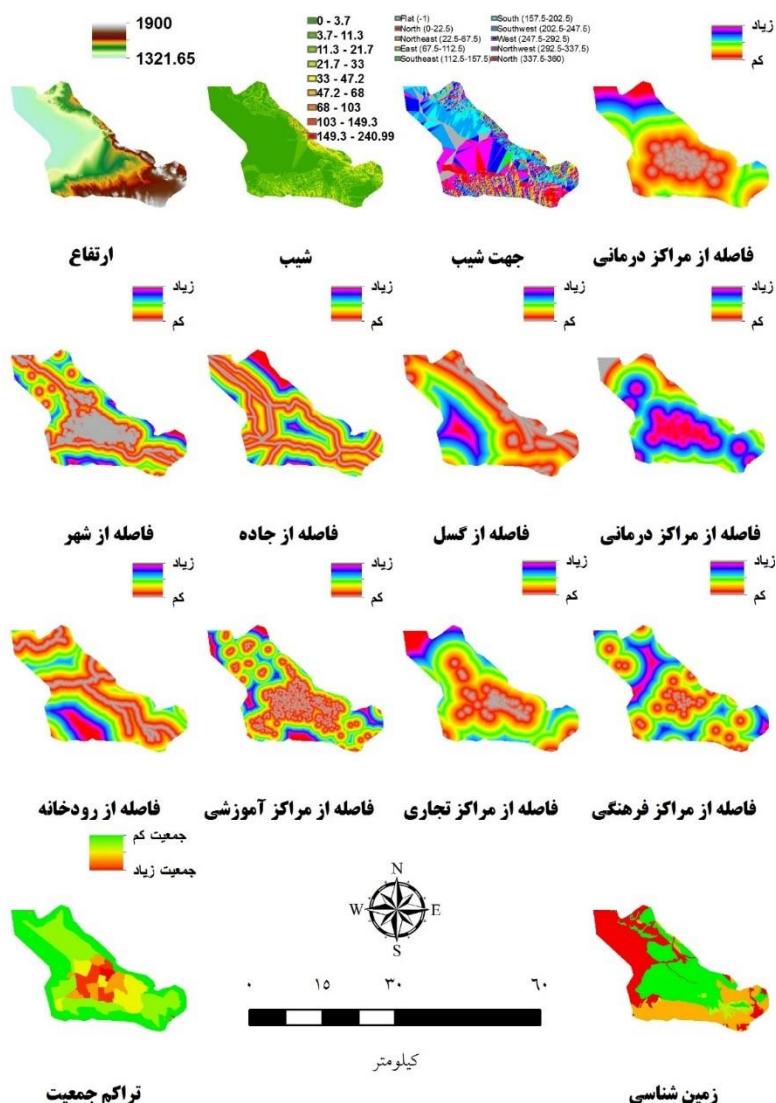
شکل (۵). روند تغییرات توسعه فیزیکی شهر تبریز طی ۴۰ سال



شکل (۶). وضعیت توسعه فیزیکی شهر تبریز تا سال ۲۰۱۴ (متغیر وابسته)

### اجرای مدل پرسپترون چندلایه

همانگونه که عنوان شد به منظور اجرای مدل پرسپترون چندلایه یک متغیر وابسته و چندین متغیر مستقل لازم است. متغیر وابسته به صورت ۰ و ۱ در شکل ۵ مشخص است؛ که در آن مناطق ساخته شده تا سال ۲۰۱۴ یک و سایر مناطق ۰ در نظر گرفته شده‌است. متغیر وابسته در واقع همان خروجی توسعه فیزیکی گوگل ارث انجین (شکل ۶) است. همچنین متغیرهای مستقل که عوامل تاثیرگذار بر روی توسعه فیزیکی شهر تبریز هستند؛ در شکل ۷ مشخص شده است.

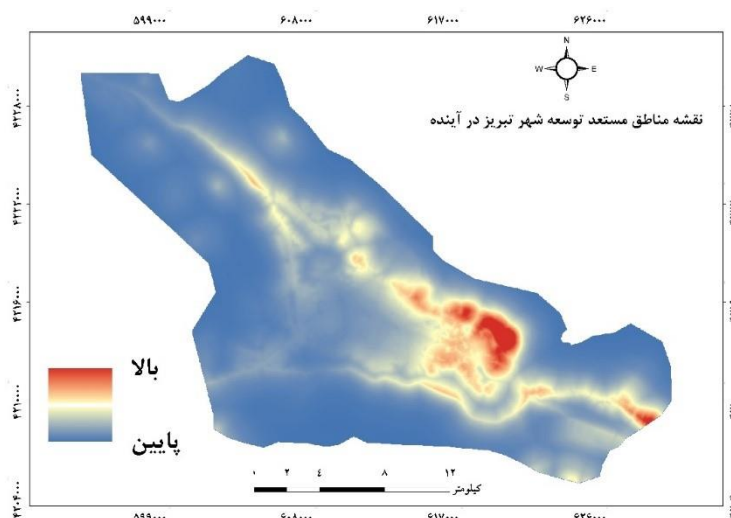


شکل (۷). عوامل مؤثر بر توسعه فیزیکی شهر (متغیرهای مستقل)

### آموزش شبکه

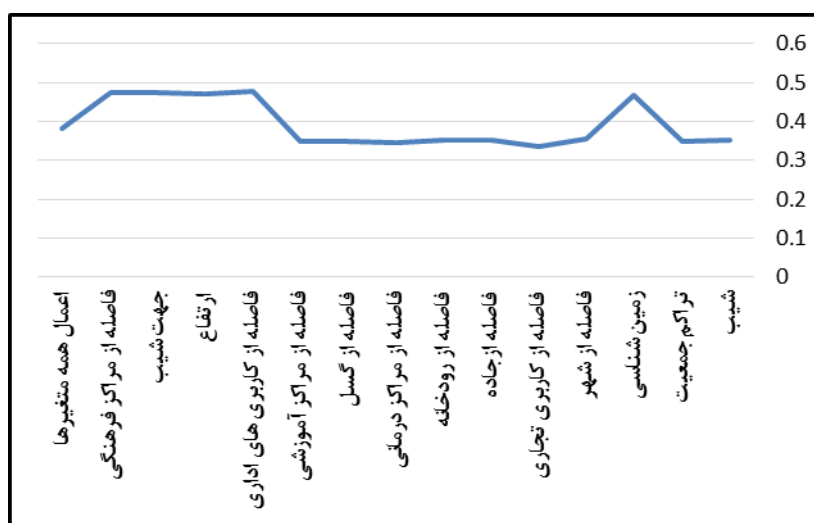
در نرم افزار TerrSet مدل پرسپترون چندلایه قرار دارد که می توان با تعیین پارامترهای ورودی در ابتدا آموزش شبکه و سپس پیش بینی صورت گیرد. قبل از اجرای مدل شبکه عصبی، آموزش شبکه صورت گرفت. پارامترهای که در آموزش شبکه باید در نظر گرفته می شد تعیین شد.

در ابتدا متغیر وابسته که همان توسعه شهر به صورت صفر و یک است وارد مدل شد سپس متغیرهای مستقل نیز به مدل فراخوانی شدند. سایر پارامترها نیز با سعی و خطا تعیین شدند؛ در نهایت از یک لایه پنهان، توقف در ده هزار تکرار، خطای RMS ۰/۰۱ و صحت ۱۰۰ درصدی، آموزش شبکه صورت گرفت که خطای RMS آن برابر با ۰/۱۱۳۳ به دست آمد که مناسب است. لذا با شرایط آموزش شبکه، پیش بینی با مشارکت همه متغیرها صورت گرفت. خروجی MLP یک نقشه است (شکل ۵) که در آن پیکسل ها از مستعدترین برای توسعه تا غیر مستعدترین پیکسل ها رتبه بندی شده اند.



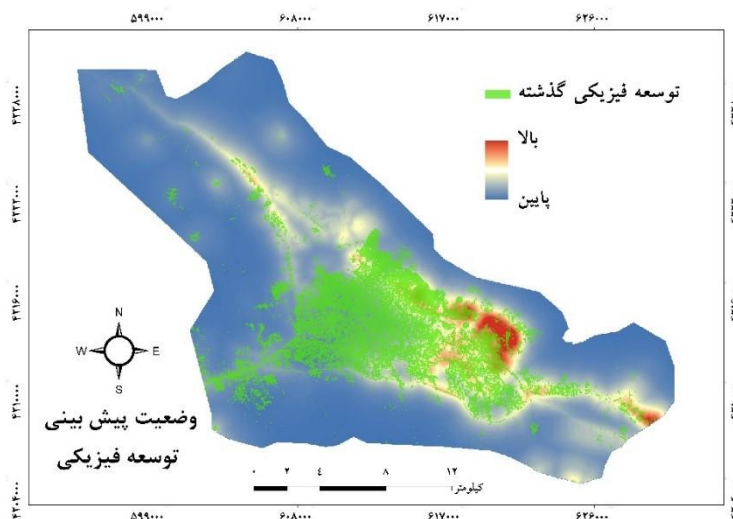
شکل (۸). نقشه حاصل از MLP برای مناطق مستعد توسعه آینده

برای صحت سنجی مدل MLP از طریق حذف تک‌تک متغیرهای مستقل و اجرای مدل میزان RMS برای حذف هریک از متغیرها به دست آمد.



شکل (۹). نتایج RMS حاصل از حذف متغیرها برای آموزش شبکه

همانطور که در شکل ۹ دیده می‌شود کمترین مقدار (۰/۳۳۴۳) مربوط به حذف متغیر فاصله از کاربری تجاری است. در حالیکه با حذف متغیر فاصله از کاربری اداری میزان RMS رو به بیشترین حد خود رسانده و برابر با ۰/۴۷۷ است. با این کار متوجه می‌شویم که کدام متغیرها در مدل‌سازی بهتر عمل کرده‌اند و کدام متغیرها خطای مدل‌سازی را بیشتر کرده‌اند.



شکل (۱۰). مقایسه نتیجه MLP با وضعیت توسعه فیزیکی شهر در گذشته

## نتیجه گیری

در این پژوهش سعی شد با استفاده از داده های موجود در سامانه آنلاین پردازش تصاویر ماهواره ای گوگل ارث انجین، تصاویر ماهواره ای لندست در کسری از دقایق بمنظور تهیه نقشه توسعه فیزیکی شهر تبریز بدون پردازش سخت مورد پردازش و تحلیل قرار گیرند و نسبت به پیش بینی تغییرات آینده توسعه فیزیکی شهر با استفاده از مدل MLP اقدام شود. همانطور که از شکل ۶ مربوطه پردازش آنلاین گوگل ارث انجین مشخص است این پردازشگر آبی بخوبی توانسته با قدرت تفکیک مکانی حدود ۳۸ متر توسعه فیزیکی در دوره های مختلف را نشان دهد بطوریکه با افزایش رشد شهرنشینی طی ۴۰ سال در شهر تبریز شاهد تخریب حدود ۳۸ درصد باغات و کشاورزی در این شهر شده ایم و حتی این سامانه بخوبی رشد سریع جمعیت در سال های اخیر (۲۰۱۴) در حواشی شهر تبریز و در پایکوه عینالی که مرکز اصلی زلزله های اخیر شهر تبریز است را نشان داده است و همینطور روند روبه رشدی جهت توسعه فیزیکی شهر در این بخش از شهر تبریز را شاهد هستیم. همچنین در (شکل ۸) نتایج حاصل از RMS نشان داده است که مدلسازی MLP با استفاده از متغیرها به خوبی صورت گرفته است زیرا میزان RMS در مرحله آموزش شبکه مناسب است؛ همچنین با توجه به شکل ۹ پیش بینی با بهترین شرایط انجام شده است که نتایج آن نشان داده است که توسعه فیزیکی شهر تبریز در آینده به سمت شمال شرق تا پایکوه های عون بن علی است و همچنین قسمت شرقی در امتداد جاده تبریز به تهران نیز مستعد توسعه تشخیص داده شده است. از جمله مواردی که نشان دهنده نتیجه مناسب این روش برای پیش بینی توسعه فیزیکی این است که ارتفاعات پایین ترین میزان مستعد بودن را برای توسعه دارند که با نتایج پژوهش انصاری لاری و همکاران (۱۳۸۹) همخوانی دارد. اما در قسمت غربی توسعه فیزیکی کمتری پیش بینی شده است؛ و برای آن مناطق استعداد پایین تر برای توسعه تشخیص داده شده اند. در پژوهشی دیگر اسماعیلی و ایلانلو (۱۳۹۷) از نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی و عکس های هوایی Google Earth بمنظور شناسایی مناطق مستعد توسعه شهر رامهرمز استفاده کردند که نتیجه ای نسبتاً مشابه با پژوهش حاضر دارد بطوریکه نتایج آن ها نشان از توسعه آینده شهر رامهرمز به سمت شمالی و پایکوه های این شهر دارد. البته ابزار پردازشی مقایسه ای در پژوهش های یاد شده با استفاده از عکس های هوایی Google Earth بوده است در حالی که روش کار پژوهش حاضر با استفاده از روش ها و پروداکتهای به روز موجود در سامانه پردازشگر آنلاین Google Earth Engine انجام شده است که در حقیقت این ابزار برای نخستین بار در کشور مورد ارزیابی و پژوهش قرار گرفته است و نمونه مشابهی از استفاده پژوهشگران در کشور مشاهده نشده است.

## منابع

- احمد نژاد روشتی، محسن، سید احمد، حسینی، (۱۳۹۰)؛ ارزیابی و پیش بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نمونه موردی شهر تبریز در مقطع زمانی ۱۳۸۹-۱۳۶۳، پژوهش‌ها و برنامه‌ریزی شهری، ۲(۴): ۲۰-۱
- اسماعیلی، فاطمه، ایلانلو، مریم، (۱۳۹۷)، قابلیت‌ها و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی توسعه فیزیکی شهر رامهرمز، کنفرانس بین‌المللی امنیت، پیشرفت و توسعه پایدار مناطق مرزی، سرزمینی، کلانشهرها، راهکارها و چالش‌ها با محوریت پدافند غیرعامل و مدیریت بحران، ۱-۱۱
- اسمعیل پور، نجمه؛ عزیزپور، ملکه (۱۳۸۸)، تغییر کاربری اراضی کشاورزی و افزایش نسبی دمای شهر یزد ناشی از رشد سریع آن، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۱۲، صص ۳۷-۵۳.
- انصاری لاری، احمد، نجفی، اسماعیل، نوربخش، سیده فاطمه (۱۳۸۹) "قابلیت‌ها و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی توسعه فیزیکی شهر ایلام، آمایش محیط، ۴(۱۵): ۱۶-۱
- باقری، میلاد، جلوخانی نیارکی، محمدرضا، چارکانه، عبدالخالق و باقری، کیوان (۱۳۹۷)، پتانسیل یابی مناطق توسعه شهری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، دوره ۶، شماره ۱، صص ۱۷۵-۱۹۶.
- جرجانی، حسن علی (۱۳۸۶)، توسعه فیزیکی شهر و تأثیر آن بر تغییر کاربری اراضی کشاورزی (گنبد کاووس)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۰۰-۱
- حیدریان، پیمان، رنگزن، کاظم، ملکی، سعید، تقی زاده، ایوب، (۱۳۹۴)، مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از رویکرد‌های پیش‌پردازش آماری و مدل پرسپترون چند لایه، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۶، شماره ۴، صص ۹۷-۱۱۸.
- خاشعی، مهدی، بیجاری، مهدی، مخاطب رفیعی، رفیعی، (۱۳۹۲)، انتخاب متغیر در شبکه عصبی پرسپترون چند لایه به منظور پیش‌بینی با استفاده از نگاشت‌های خودسازمان‌ده (SOM)، روش‌های عددی در مهندسی، سال ۳۳، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۳.
- دهقانی، امیراحمد، پیری، مهدی، حسام، موسی، دهقانی، نوید (۱۳۸۹) تخمین تبخیر روزانه از تشت تبخیر با استفاده از سه شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، تابع پایه شعاعی و المانی، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد هفدهم، شماره دوم، ۱۳۸۹.
- رستمی گله، فرهاد، قائمی، مرجان شاد، روزبه، لهرابی، یاسمن، (۱۳۹۷)، مدل‌سازی و پیش‌بینی رشد افقی شهر مشهد با استفاده از تلفیق اتوماتای سلولی فازی، شبکه عصبی و رگرسیون لجستیک، نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، سال پنجم، شماره چهارم، صص ۹۴-۱۱۱.
- سرایی، محمد حسین، مویدفر، سعیده، (۱۳۸۹)، بررسی میزان پایداری توسعه در شهرهای مناطق خشک با تأکید بر مؤلفه‌های زیست-محیطی، شهر اردکان، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳۷، صص ۷۶-۴۷.
- سیف‌الدینی، فرانک، منصوریان، حسین، (۱۳۹۰)، تحلیل الگوی تمرکز خدمات شهری و آثار زیست محیطی آن در شهر تهران، محیط‌شناسی، شماره ۶۰، صص ۶۴-۵۳.
- صالحی، ناهید، اختصاصی، محمد رضا، طالبی، علی، (۱۳۹۸)، پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف CA-Markov (مطالعه موردی: حوزه آبخیز صفارود رامسر)، سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۱): ۱۲۰-۱۰۶.
- صدر موسوی، میرستار، پورمحمدی، محمدرضا، رحیمی، اکبر، (۱۳۹۴)، تحلیلی بر تغییرات کاربری زمین شهری با استفاده از مدل تحول زمین، نمونه موردی شهر تبریز، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۵۴، ۲۰۹-۱۸۹.

- عزیزی، محمد مهدی (۱۳۸۰)، **تراکم در شهرسازی، اصول و معیارهای تعیین تراکم شهری**، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۸۴ صفحه.
- علوی، سید علی، روستایی، شهرام، یوسفی، مریم، کیا، روح الله، (۱۳۹۶)، آشکار سازی تغییرات کاربری شهری با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای بر مبنای شبکه عصبی، *فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی*، شماره ۵۹، صص ۴۶-۲۷.
- فیضی زاده، بختیار (۱۳۹۸)، ارزیابی تطبیقی تکنیک های پردازش پیکسل پایه و شیء گرا در طبقه بندی تصاویر ماهواره ای Aster برای استخراج نقشه های اراضی کشاورزی و باغی در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه، *فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، ۲۸(۱۰۹): ۱۸۳-۱۶۷
- قبادیان نژاد، مهران، فلاحی، غلامرضا، (۱۳۹۷)، توسعه فیزیکی شهر شیراز و تأثیر آن در روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از اتومای سلولی و روش فازی و تصاویر ماهواره ای، *نشریه علمی ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی*، شماره ۳.
- قربانی، رسول، پور محمدی، محمدرضا، محمودزاده، حسن، (۱۳۹۵)، ارزیابی و تحلیل گسترش فضائی کلانشهر تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره ای چند زمانه، *فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی*، ۲۰(۵۶): ۲۳۸-۲۱۹.
- قنبر زاده، حمید، سرکاراردکانی، علی، محمد لطیف، علی، (۱۳۹۳)، آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی با تکنیک طبقه بندی بر روی تصاویر ماهواره Worldview-2 و استفاده از الگوریتم های شبکه عصبی مصنوعی، *همایش کاربردهای مدل های پیشرفته تحلیل فضایی در آمایش سرزمین*.
- کامیاب، سلمان ماهینی، حسینی، غلامعلی فرد، عبدالرسول، حمیدرضا، مهدی، سید محسن (۱۳۹۰)، کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مدل سازی توسعه شهری، *پژوهش های جغرافیایی انسانی*، شماره ۲، صص ۹۹-۱۱۳.
- محمد زاده، رحمت، (۱۳۸۶)، بررسی زیست محیطی توسعه فیزیکی شتابان شهرها با تأکید بر شهرهای تهران و تبریز، *توسعه ناحیه ای*، شماره ۹.
- محمود زاده، حسن، رنجبر نوازی، امیر حسین، (۱۳۹۷)، کاربرد مدل LTM در پیش بینی و مدل سازی توسعه فیزیکی شهر ایلخچی، *فصلنامه پژوهش های جغرافیایی انسانی*، ۵۰(۱): ۳۵-۵۳.
- محمود زاده، حسن، واحدی آقچه، علی، هریسچیان، مهدی، (۱۳۹۸)، کاربرد پایه مدل اسلوس در شبیه سازی توسعه شهری، *پژوهش های جغرافیایی برنامه ریزی شهری*، ۷۱(۳): ۵۸۰-۵۵۳.
- محمودزاده، حسن، عزیزمرادی، مجید، (۱۳۹۸)، مدل سازی جنگل زدایی با شبکه عصبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (جنگل های اطراف شهر خرم آباد)، *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، سال دهم، شماره ۴ زمستان ۱۳۹۸.
- المدرسی الحسینی، سید علی، کرمی، جلال، روشن بخش، سمانه، (۱۳۹۳)، بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر همدان بین سال های ۲۰۰۲-۲۰۰۹ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (MLP) و LCM، *همایش ملی کاربرد مدل های پیشرفته تحلیل فضایی در آمایش سرزمین*، یزد، ۶ اسفند ۱۳۹۳.
- هارونی، مجید، کریمی، محسن، (۱۳۹۳)، یک روش جدید بهبود کیفیت تصاویر ماهواره ای به کمک ادغام تصویر در سطح پیکسل و ویژگی، *سومین کنفرانس ملی ایده های نو در مهندسی برق*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان.
- یوسفی، مریم، اشرفی، علی، (۱۳۹۵)، مدل سازی رشد شهری بجنورد با استفاده از داده های سنجش از دور (بر اساس شبکه عصبی-مارکوف و مدل ساز تغییرات سرزمین)، *فصلنامه برنامه ریزی منطقه ای*، سال ششم، صص ۱۹۲-۱۷۹.

- Celik, N. 2018. Change Detection of Urban Areas in Ankara through Google Earth Engine. In 2018 41st International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP) (pp. 1-5). IEEE.

- Corbane, C., Pesaresi, M., Politis, P., Syrris, V., Florczyk, A.J., Soille, P., Maffenini, L., Burger, A., Vasilev, V., Rodriguez, D. and Sabo, F., 2017. Big earth data analytics on Sentinel-1 and Landsat imagery in support to global human settlements mapping. *Big Earth Data*, 1(1-2), pp.118-144.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote sensing of Environment**, 202, 18-27.
- <https://code.earthengine.google.com/>
- <https://earthengine.google.org>
- <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/>
- Kumar, L., & Mutanga, O., 2018. Google Earth Engine applications since inception: Usage, trends, and potential. **Remote Sensing**, 10(10), 1509.
- Magidi, J., & Ahmed, F., 2018. Assessing urban sprawl using remote sensing and landscape metrics: A case study of City of Tshwane, South Africa (1984–2015). **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**.
- Manonmani, R. G, Suganya, M.D., 2010. Remote sensing and GIS application in change detection study in urban zone using multi temporal satellite, Int, J, **Geomatics and Geosciences**, 1 (1): 160-173.
- Menhaj M., 2002. introduction to Artificial Neural Network, **the publication center of AmirKabir University**
- Mohammadzadeh, R., 2007. "Environmental impact assessment of urban development in District 5 of tehran municipality", Volume II, **Department of Urban Planning and Architecture**, Tehran. [In Persian].
- Muñoz-Rojas, M., De la Rosa, D., Zavala, L.M., Jordán, A. and Anaya-Romero, M., 2011. Changes in Land Cover and Vegetation Carbon Stocks in Andalusia, Southern Spain (1956 - 2007), **Science of the Total Environment**, Vol. 409, No. 14, PP. 2796-2806.
- Nascetti, A., Di Rita, M., Ravanelli, R., Amicuzi, M., Esposito, S. and Crespi, M., 2017. Free global DSM assessment on large scale areas exploiting the potentialities of the innovative Google Earth Engine platform. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 42, pp. 627.
- Park, S., Jeon, S., Kim, Sh., and Ch. Choi, 2011. Prediction and comparison of urban growth
- Pesaresi, M., Ehrlich, D., Ferri, S., Florczyk, A., Freire, S., Halkia, M., & Syrris, V., 2016. Operating procedure for the production of the Global Human Settlement Layer from Landsat data of the epochs 1975, 1990, 2000, and 2014. **Publications Office of the European Union**, 1-62.
- Shelestov, A., Lavreniuk, M., Kussul, N., Novikov, A., & Skakun, S., 2017. Exploring Google earth engine platform for big data processing: Classification of multi-temporal satellite imagery for crop mapping. **Frontiers in Earth Science**, 5, 17.
- Shi, Long, 2002, Suitability Analysis and Decision Making Using GIS, **Spatial Modeling**
- Sidhu, N., Pebesma, E., & Câmara, G., 2018. Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case. **European Journal of Remote Sensing**, 51(1), 486-500.
- Yu, Z., Di, L., Tang, J., Zhang, C., Lin, L., Yu, E. G, & Sun, Z., 2018. Land use and land cover classification for Bangladesh 2005 on google earth engine. In 2018 7th International Conference on Agro-geoinformatics (Agro-geoinformatics) (pp. 1-5). IEEE.
- Yuan, H., 2002. Development and Evaluation of Advanced Classification Systems Using Remotely



Sensed Data for Accurate land use/land cover Mapping, Ph.D. Thesis, **Department of Forestry, and North Carolina State University.**