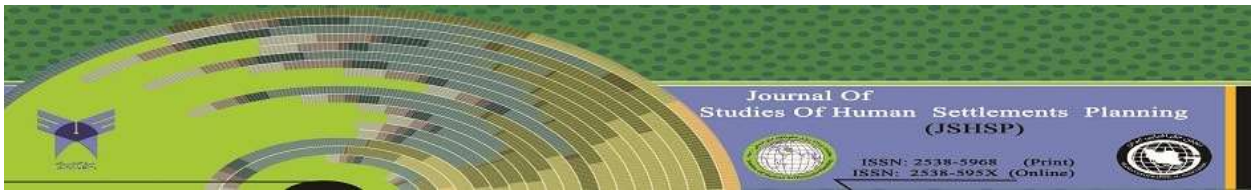
Vol. 18, Issue 3, Autumn 2023, pp. 255-270 ISSN (Print): 2538-5968 ISSN (Online): 2538-595X



Research Article Dor: 20.1001.1.25385968.1402.18.3.9.0

Application of Artificial Neural Network and Cellular AutomataIn Modeling and Predicting Land use Changes in Bavanat City

Marzieh Mogholi

Associate Professor, Department of Geography, Larestan Branch, Islamic Azad University,Larestan, Iran
⁎ Corresponding author: Email: mmoghali@yahoo.com

Receive Date: 06 May 2021
Accept Date: 30 April 2022

ABSTRACT

Introduction: Today, due to the high value of land and the limitation of natural resources in the city of Bowanat, it is very important to predict land use changes in this city.

Research Aime: determining the level of ability in modeling the localization phenomena in the city of Bowanat is one of the main goals of the research. Methodology: considering the practicality and development in this research of artificial neural networks for calibrating the model for the effective factors in the city. Bowanat has been used and ENVI and Arc GIS image processing software have been used.

Methodology: Due to practicality and development in this research, artificial neural networks were used to calibrate the model for effective factors in the city of Bowanat, and ENVI and Arc GIS image processing software were used.

Studied Areas: Bowanat city is located 240 km from Shiraz city with an area of 4992.2 square kilometers, which is located at 30.46 degrees north and 53.67 degrees east.

Results: In the design of urban growth modeling in Bowanat between 2003 and 2018 using artificial neural network, it was observed that for two main reasons, the mentioned model is suitable for predicting land use changes in Bowanat city, the first reason being the ability of the CA model and the reason The second is to achieve a model for urban change and expansion by changing urban land use.

Conclusion: After examining the findings, it was found that the road network is one of the most important factors in the growth and expansion of Bowanat city, and in addition, the percentage of land slope is one of the effective parameters in the modeling of Bowanat city.Keywords: Land use, Fuzzy Logic, Artificial neural network, Bavanat city.

KEYWORDS: Land use, Fuzzy Logic, Artificial Neural Network, Bavanat City

فصلنامه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی
دوره ۱۸، شماره ۳ (پیاپی ٦٤)، پاییز ۱٤۰۲
شاپای چاپی ۵۹٦۸- ۲۵۳۵ شاپای الکترونیکی ۵۹۵X- ۲۵۳۸
http://jshsp.iaurasht.ac.ir
صص. ۲۷۰-۲۵۵

مقاله پژوهشی Dor: 20.1001.1.25385968.1402.18.3.9.0

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی وCellular Automata در مدل سازی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی شهر بوانات

مرضیه موغلی
دانشیار گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران
نویسنده مسئول: Email: mmoghali@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۶ /اردیبهشت ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۱۰ /اردیبهشت ۱۴۰۱

چکیده

مقدمه: امروزه به دلیل ارزش بالای زمین و محدودیت منابع طبیعی در شهر بوانات پیش بینی تغییرات کاربری اراضی در این شهر از اهمیت بسزائی برخوردار است.

هدف پژوهش: تعیین میزان توانائی در مدلسازی پدیده‌های مکان یابی در شهر بوانات یکی از اهداف اصلی تحقیق می‌باشد. روش شناسی: با توجه به کاربردی و توسعه‌ای بودن در این تحقیق از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای کالیبراسیون مدل برای فاکتورهای مؤثر در شهر بوانات استفاده شده و از نرم افزار پردازش تصویر ENVI و Arc GIS بهره گرفته شده است.

روش شناسی: با توجه به کاربردی و توسعه‌ای بودن در این تحقیق از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای کالیبراسیون مدل برای فاکتورهای مؤثر در شهر بوانات استفاده شده و از نرم افزار پردازش تصویر ENVI و Arc GIS بهره گرفته شده است.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: شهرستان بوانات واقع در ۲۴۰ کیلومتری شهر شیراز به مساحت ۴۹۹۲/۲ کیلومترمربع می‌باشد که در موقعیت ۳۰/۴۶ درجه شمالی و ۵۳/۶۷ درجه شرقی قرار گرفته است.

یافته‌ها: در طراحی مدلسازی رشد شهری در بوانات در بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مشاهده شد که به دو دلیل عمده مدل مذکور جهت پیش بینی تغییرات کاربری اراضی شهر بوانات مناسب می‌باشد که دلیل اول آن میزان توانائی مدل CA و دلیل دوم دست‌یابی به مدلی برای تغییر و گسترش شهری با تغییر در کاربری اراضی شهری می‌باشد.

نتیجه گیری: پس از بررسی یافته‌ها مشخص گردید که شبکه راه‌ها یکی از مهمترین عوامل در رشد و گسترش شهر بوانات بوده و علاوه بر آن درصد شیب زمین از پارامترهای مؤثر در مدلسازی شهر بوانات می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: کاربری اراضی، منطق فازی، شبکه عصبی مصنوعی، شهر بوانات

مقدمه

زمین در طول تاریخ به عنوان اولین و اصلی‌ترین سرمایه انسانی همیشه از اهمیت بسزایی برخوردار بوده است چه زمانی که انسان از آن به منظور کشاورزی سود جسته است و چه در زمان حال که در کلان شهرها از قیمت و ارزش بسیار بالایی برخوردار است. پس واضح است که به دلیل این ارزش بالا نوع کاربری آن و همچنین تغییرات در این کاربری از اهمیت زیادی برخوردار شد. اهمیت زمین و کاربری آن زمانی بیشتر نمایان می‌شود که به افزایش جمعیت، رشد شهرنشینی و میزان پراکندگی شهرها در سطح کره زمین دقت نماییم. در قرون گذشته پدیده شهرسازی و رشد شهری با سرعت بالایی در تمام کره زمین به وقوع پیوسته است و مردم در مناطق شهری به خصوص در کلان شهرها سکنی گزیده‌اند ولی جنبه دیگری از تغییرات در کاربری اراضی که اهمیت زیادی دارد بحث تأثیرات آن بر محیط زیست است. تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین (LUCC)[1] به عنوان یکی از اصلی ترین عوامل تغییرات جهانی، تأثیر بسیار زیادی بر کره زمین دارد (Lambin et al., 2015). تأثیر مستقیم بر گوناگونی زیستی یکی از این اثرات است. تغییر دیگر که ناشی از این عامل می‌باشد، تغییر در آب و هوا بصورت منطقه‌ای و محلی است. این تغییرات در مقیاس جهانی هم دیده می‌شود. بطور کلی مشخص شده است که نیروهای طبیعی و فعالیت‌های انسان دو فاکتور اصلی و مؤثر در ایجاد تغییرات در کاربری اراضی و پوشش زمین در مقیاس‌های جهانی و منطقه‌ای می‌باشند. باید مد نظر داشت در فواصل زمانی کوتاه (کمتر از ۱۰۰ سال) تأثیر نیروهای طبیعی به نسبت تأثیر فعالیت‌های انسانی بسیار ناچیز می‌باشد. پس توجه به فعالیت‌های انسانی درایجاد تغییر درکاربری اراضی از اهمیتی دوچندان برخوردار است. در بین فعالیت‌های انسانی، مهم‌ترین تغییر شامل تغییر کاربری زمین به فرم شهری می‌باشد. واضح است در جهت مدیریت منابع طبیعی و همینطور استفاده بهینه از زمین، طراحان شهری و متخصصان محیط زیست استراتژی‌هایی را برای رسیدن به اهداف ذکر شده طراحی می‌کنند. که پیش بینی وضعیت کاربری و منابع حاصل از مهمترین آنها می‌باشد در این تحقیق سعی بر آن است تا راهکاری برای مدلسازی تغییرات کاربری اراضی، بخصوص بحث رشد شهری ارائه شود و به کمک آن بتوان با دانستن تغییرات شکل گرفته در گذشته، آینده را تا حد امکان پیش بینی نمود پیشرفت در علوم کامپیوتری و کاربردهای برنامه‌ریزی‌های شهری موجب ارایه مدل‌های مکانی جدیدی شده است، بعنوان مثال می‌توان از مدل Cellular Automata شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدلهای آماری و مدل‌های Multi-agent و مدل‌های فرکتال نام برد. از میان مدل‌های پویای موجود، Cellular Automata مدل رشد شهری موثرتری از نظر انعطاف پذیری، سادگی در کاربرد، توانایی استفاده از داده‌های سنجش ازدور و سیستم اطلاعات مکانی ارائه می‌کند این مدل یک سیستم گسسته و پویا است. مجموعه رفتارهای این سیستم از نظر موقعیت‌های ارتباطی و مکان مدلی سازمان‌دهی شده است که مانند یک شبکه منظم با توجه به تغییرات سلول‌های همسایه بهنگام‌سازی می‌شود. در این تحقیق تلاش می‌شود تا مدلی بر مبنای Cellular Automata ارائه شود که با بررسی تغییرات صورت گرفته در گذشته، میزان تغییرات را برای آینده پیش‌بینی نماید. واضح است که در روند مدلسازی بحث مدل کالیبراسیون یکی از مهم‌ترین بخش‌های کار را تشکیل می‌دهد. با تلفیق مدل CA و شبکه‌های عصبی مصنوعی به مدلی بسیار قدرتمند در مدلسازی تغییرات کاربری اراضی دست خواهیم یافت که در عین حال از سادگی در ساختار برخوردار است و به کاربر این امکان را می‌دهد تا بتواند براحتی مدل مذکور را در کامپیوتر پیاده‌سازی نماید. از دیگر مزایای این مدل امکان برقراری ارتباط بین این مدل و سیستم‌های اطلاعات مکانی و نرم افزاهای سنجش از دور می‌باشد.

مدل‌های شهری در واقع نمایشی ریاضی از سیستم‌های شهری می‌باشند، بحث مدلسازی شهری از تاریخچه کوتاهی برخوردار است. پس واضح است که ظهور مدل‌های مختلف بعد از ابداع کامپیوتر در دهه‌ی ۱۹۴۰ به وقوع پیوسته است. بعد از این زمان است که تلاش‌های بسیاری در جهت ریخت شناسی[2] شهرها و یافتن سیر تکاملی آنها به انجام رسیده و بسیاری از تئوری‌های کلاسیک گسترش داده شدند. یکی از پیشگامان این بحث Forrester می‌باشد که با مدل معروف خودسعی کرد تا تأثیرات رشد صنعتی را بر رشد شهری نشان دهد (Forrester, 2006)، ولی با تمام تلاشی که در آن زمان صورت گرفت، این مدل ها همچنان مدل‌هایی با انعطاف پذیری کم و ناتوان در استفاده از جزئیات زیاد محسوب می‌شوند. در پی پیشرفت‌های حاصل شده در بحث مدلسازی گروه دوم از مدل‌ها با نام مدل‌های Geosimulation شهری درسال۲۰۰۸ گسترش یافتند تا ضعف مدل‌های سنتی را بر طرف سازند. این مدل که روند تغییرات در کل سیستم برای بررسی رفتار مدل باید از جزء به کل را باعث می‌شود. در Cellular Automata هدف اصلی که توسط Ulam & Von Neumann درسال ۲۰۱۲ ارائه شد، تولید یک چهارچوب برای بررسی

1. Land – Use Land Cover Change

رفتار سیستم‌های شهری پیچیده و طولانی می‌باشدبه عنوان یکی از قوی‌ترین انواع این مدل‌ها در مدلسازی شهری مورد استفاده قرار گرفته است LEAM[1] یکی از مدل‌های پایه Cellular Automata است که در سال ۲۰۱۵ توسط Sun, Z, Deal ارائه شد. LEAM دارای یک سیستم حمایت کننده جامع از شهر در مقیاس منطقه‌ای و به صورت پیشرفته می‌باشد که تغییرات مکانی و زمانی کاربری زمین را شبیه‌سازی می‌کند Clarke, K C, Hoppen در سال ۲۰۱۷ مطابق با مدل‌های قبلی و در دسترس Cellular Automata مدلی به نام SLEUTH ارائه کردند که دارای امکانات بیشتری بوده و از چند جزء تشکیل شده است. این مدل برای شبیه‌سازی رشد شهری و جزئیات کاربری زمین مناسب است.

مدل‌های شهری در واقع نمایشی ریاضی از سیستم‌های شهری می‌باشند، در واقع این مدل‌ها جنبه‌های مختلف یک سیستم شهری را در قالبی ساده تر بیان می‌کنند. مدلسازی شهری یک روند عملی است که در فاز اول آن تلاش بر آن است تا مکانیزم غالب در شکل گیری و ایجاد تغییر در شهرها شرح داده شود و در فاز دوم بتوان نتیجه یکسری از استراتژی‌های اتخاذ شده را در آینده پیش بینی نمود (Foot, 2006). بحث مدلسازی شهری از تاریخچه کوتاهی برخوردار است زیرا برای مدلسازی شهری نیاز به کار با حجم بالایی از اطلاعات وجود دارد و این داده‌ها باید توسط کامپیوتر پردازش شوند. پس واضح است که ظهور مدل‌های مختلف بعد از ابداع کامپیوتر در دهه‌ی ۱۹۴۰ به وقوع پیوسته است. بعد از این زمان است که تلاش‌های بسیاری در جهت ریخت شناسی[2] شهرها و یافتن سیر تکاملی آنها به انجام رسیده و بسیاری از تئوری‌های کلاسیک گسترش داده شدند. اگرچه این تئوری ها را نمی‌توان کاملاً درست دانست ولی بدون شک آنها پایه‌های مدلسازی شهری در این زمان محسوب می‌شوند (Batty, 1998). کاستی‌های موجود در مدل‌های سنتی، شرایط را برای ظهور نسل جدید مدل‌های شهری مهیا کرد. نسل جدید مدل‌های شهری گسترش خود را مدیون پیشرفت‌هایی است که در سیستم‌های اطلاعات مکانی، هوش مصنوعی، مطالعه سیستم‌های پیچیده و سایر علوم مرتبط انجام گرفته است. با بالا رفتن قدرت محاسباتی که نتیجه‌ی پیشرفت کامپیوترهاست، این امکان فراهم شده است تا مدلهای این نسل جزئیات بیشتری را در خود جای دهند. بطور کلی این مدلها پایین به بالا عمل می‌کنند و تغییرات یک سیستم شهری را از روی فعل و انفعالات بین اجزای کوچک تشکیل دهنده سیستم، مدلسازی می‌کنند. با پیشرفت‌هایی که در سال‌های اخیر در زمینه سیستم‌های اطلاعات مکانی رخ داده است، این امکان فراهم شده تا حجم بالایی از اطلاعات مکانی ذخیره سازی شود. داده‌های دور کاوی و نقشه‌های کاربری اراضی از مهمترین منابع داده هستند که در مدلسازی تغییرات کاربری و رشد شهری استفاده می‌شوند، در نتیجه با بکارگیری این داده‌ها یکی از بزرگترین کاستی‌های مدل‌های سنتی که همانا عدم وجود جزئیات لازم است، بر طرف خواهد شد.

کامیاب و همکاران (۱۳۸۹) توسعه شهر گرگان را طی دوره ۲۰۰۱و۱۹۸۷ با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پیش بینی کردند و بیان نمودند که در تبدیل اراضی به مسکونی بیشترین تغییر مربوط به زمین‌های مرتعی و زراعی بوده است. گلداوی (۱۳۹۰) برای مدلسازی تغییرات کاربری سرزمین در گرگان ز مدل‌های پایه Cellular Automata استفاده کرد. برای این منظور، با استفاده از تصاویر سالهای ۱۹۹۸، ۱۹۸۸ و۲۰۰۷ آشکارسازی تغییرات کاربری سرزمین را بررسی و بعد تغییرات را برای سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۵ پیش‌بینی کرد. عبداللهی (۱۳۹۵) با استفاده از اطلاعات تصاویر ماهوارهای لندست، در یک بازۀ زمانی ۱۲ساله (۱۳۶۹تا ۱۳۸۱) به مطالعۀ نحوۀ تغییرات کاربری اراضی در دو منطقۀ شهری و غیرشهری اردکان پرداختند. نتیجۀ این مطالعه، ضرورت توجه به آثار نامطلوب تغییر کاربری‌ها در مدیریت مناطق شهری بوده که باید مد نظر برنامه‌ریزان شهری قرار گیرد. احدنژاد (۱۳۹۸) با بهره گیری از تصاویر ماهواره‌ای، تغییر کاربری اراضی در اثر گسترش اراضی شهری بخشی از آذربایجان شرقی را مورد مطالعه قرار داد. در این مطالعه، با بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای لندست TM انواع واحدهای کاربری اراضی در ۱۰ گروه، طبقه‌بندی گردید و به این ترتیب گسترش نواحی شهری با بیشترین تأثیر در تغییرات اراضی باغی تعیین شد. اورس[3] و همکاران (۲۰۰۵) با استناد بر تصاویر سنجنده +ETM لندست 7 و با اعمال روش‌های پیکسل پایه و شیءگرا، نقشه پوشش اراضی ناحیه "زون گلداک" واقع در کشور ترکیه را استخراج و به مقایسه نتایج حاصله از این روش‌ها پرداختند. این محققان ابتدا برای انجام طبقه بندی نظارت شده از الگوریتم‌های مختلف استفاده نموده، سپس، طبقه بندی شیء گرا را با روش نزدیکترین همسایگی پیاده کردند. با مقایسه نتایج حاصله، مشخص گردید که روش طبقه‌بندی شیءگرا در مقایسه با روش‌های پیکسل پایه دارای دقت بیشتری

1. Landuse Evaluation and Impact Assessment Model۲
2. Morphology
3. Orce

است. لی و یه[1] به (۲۰۱۰) به تحلیل مکانی تحولات کاربری اراضی در حوضه‌های شهری با استفاده از سنجش از دور و GIS پرداختند و بیان داشتند که مهمترین عامل تغییر کاربری اراضی، گسترش فضایی کلانشهر، توسعه حمل و نقل وتوسعه سکونتگاه‌ها برنامه‌ریزی شده است. والتر[2] (۲۰۱۴) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بهره گیری از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیءگرا، نقشه آشکارسازی تغییرات را بدست آورد. وی در کار خود نقشه‌های کاربری اراضی را برای دو دوره با استفاده ازروش‌های طبقه بندی پیکسل پایه و شیءگرا بدست آورده و سپس نقشه تغییرات را تهیه کرده است. این محقق باتشریح روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیءگرا، مزایا و معایب این روش‌ها را به تفصیل بیان نموده و در نهایت نتیجه می گیرد که برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی روش شیءگرا در مقایسه با روش پیکسل پایه نتایج بهتری را ارائه می‌نماید. راین و همکاران[3] درسال ۲۰۱۸ در پژوهشی با عنوان" ارزیابی از رشد شهری در حوضه خلیج تمپا با استفاده از دادهای سنجش از دور "با اشاره به تبدیل چشم اندازهای طبیعی به اراضی شهری در اثر رشد جمعیت، اقدام به تهیه نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی منطقه اشاره شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست نموده و رشد اراضی شهری در طی دوره مورد مطالعه را سه برابر برآورد کرده و با استفاده از مدل SLEUTH روند توسعه شهری را تا سال ۲۰۲۵ پیش بینی نمود.

روش پژوهش

در این تحقیق تلاش شده است با کمک مدل CA تغییرات کاربری اراضی را برای برای مدلسازی رشد شهری بصورت عام و بطور خاص برای شهر بوانات مورد استفاده قرار دهیم. در این تحقیق از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای کالیبراسیون مدل و در واقع تعیین وزن مناسب برای فاکتورهای مؤثر در مدلسازی استفاده شده است. که در این تحقیق از نرم افزار پردازش تصویر ENVI ونرم افزار سیستم اطلاعات مکانی Arc GIS را بهره گرفته شده است.

روش پیاده سازی

در این تحقیق داده‌های خام اولیه یعنی تصاویر ماهواره‌ای با کمک نرم افزارهای سنجش از دور (RS) کلاسه بندی شده. و سپس با کمک سیستم‌های GIS و توابع رستری موجود درآنها باید لایه‌های اطلاعاتی لازم فراهم شده‌اند. نکته قابل توجه یکسان بودن ابعاد پیکسل‌ها در تمام لایه‌ها است. سپس برای ترسیم شبکه عصبی مورد استفاده برای کالیبراسیون مدل، یک شبکه پرسپترون چند لایه است که از الگوریتم پس انتشار[4] برای آموزش شبکه استفاده گردیده است و برای ارزیابی دقت مدل نیز با استفاده از شاخص آماری کاپا، دو لایه‌ی شبیه سازی شده (که از پیش بینی مدل بدست آمده) و لایه‌ی واقعی با هم مقایسه شده‌اند و میزان شباهت آنهاست که کیفیت مدلسازی را نشان می‌دهد. علاوه بر موارد فوق سعی شده است تا حساسیت مدل CA نسبت به تغییرات در اجزای تشکیل دهنده آن نیز مورد بررسی قرار گیرد. این تغییرات در ساختار همسایگی هر سلول و اندازه سلول‌ها اعمال شده است و تأثیر هر کدام در نتیجه مدلسازی مورد بررسی واقع شده است.

شبکه‌های عصبی مصنوعی

در شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز مانند شبکه عصبی انسان، نرون به عنوان عنصر پایه‌ای محسوب می‌شود. شبکه‌های عصبی مصنوعی از کنار هم قرار گرفتن نرون‌ها در قالب لایه‌های مختلف تشکیل می‌شوند. پرسپترون اولین مدل محاسباتی نرون است که دارای چندین ارتباط وزن دار با سایر نرون‌ها به عنوان ورودی دارد و همچنین دارای چندین خروجی به سایر نرون‌ها می‌باشد. اگر فرض کنیم که z_i مجموع سیگنال‌های دریافتی توسط نرون i است. طبق رابطه زیر این مجموع به صورت زیرمحاسبه می‌شود:

$$z_i = \sum_{i=1}^{m} w_{ij} x_{ij}$$

1. Lee & Yeh
2. Walte
3. Rain et al
4. Back- Propagation Algorithm

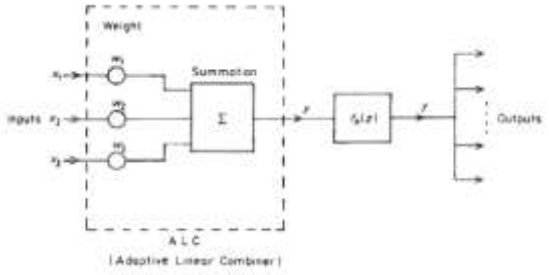
که در آن w_{ij} وزن قابل تغییر بین ورودی j و نرون i و m تعداد نرون‌های ورودی به نرون i است. x_{ij} نیز سیگنال دریافتی توسط نرون i از نرون j می‌باشد. روابط زیر بیانگر فرم برداری رابطه (۴-۱) است:

$$z_i = W_i^T X_i^T$$

که در آن:

$$W_i = [w_{i1} \dots w_{im}]$$
$$X_i = [x_{i1} \dots x_{im}]$$

شکل (۱) ساختار یک نرون مصنوعی را نشان می‌دهد:



شکل ۱. ساختار یک نرون مصنوعی

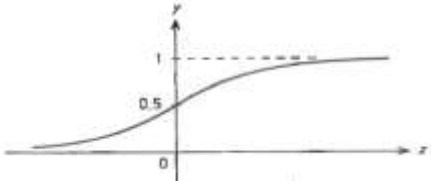
پیاده سازی خروجی نرون پرسپترون متفاوت از مجموع سیگنال‌های دریافتی است. سیگنال‌های دریافتی نرون که با کمک روابط ذیل بدست می‌آیند، وارد تابعی بنام تابع فعال‌سازی[1] شده و خروجی آن تابع، خروجی نرون پرسپترون می‌باشد. اگر خروجی نرون i ام را y_i بنامیم، مقدار این خروجی توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$y_i = f(z_i)$$

این تابع باعث می‌شود که خروجی نرون در یک بازه خاص محدود شود. توابع فعال سازی متفاوتی در شبکه‌های عصبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق از تابع پیوسته و مشتق پذیر سیگموئید استفاده شده است که خروجی نرون را بین صفر و یک محدود می‌سازد. رابطه زیر بیانگر شکل ریاضی تابع است:

$$y_i = \frac{1}{1+\exp(-z_i)} = f(z_i)$$

چون این احتمال در بازه صفر تا یک متغیر است. تابع سیگموئید به عنوان تابع فعال سازی انتخاب شده است. شکل (۲) نمودار این تابع را نشان می‌دهد.



شکل ۲. تابع فعال‌سازی سیگموئید

ارزیابی خروجی مدل

برای ارزیابی نتایج مدلسازی در منطقه مذکور، میزان شباهت خروجی شبکه عصبی و لایه واقعی باید اندازه‌گیری شود. خروجی شبکه عصبی احتمال تغییر پیکسل مورد نظر را محاسبه می‌کند. در نتیجه این خروجی برای هر سلول در فاصله صفر تا یک قرار می‌گیرد. واضح است که لایه خروجی به شکل فازی است ولی برای مقایسه آن با لایه واقعی باید آن را به فرمت لایه واقعی که

1. Activation Function

دودویی می‌باشد، درآوریم. بدین منظور هر سلولی که احتمال تغییرش بیش از ۰/۵ باشد به کلاس مربوطه تعلق خواهد داشت و در غیر این صورت جزء کلاس مذکور نخواهد بود. جهت مقایسه دو لایه، باید به صورت پیکسل به پیکسل مقایسه انجام شود و در نهایت میزان شباهت از این مقایسه قابل استخراج است. ساده ترین راه حل برای مقایسه دو لایه رستری و تعیین میزان شباهت آنها، مقایسه تعداد پیکسل‌هایی است که در هر دو لایه به یک کاربری تعلق دارند. در واقع نسبت تعداد این سلول‌ها به تعداد کل سلول‌ها می‌تواند نشان دهنده میزان شباهت باشد. ولی روش فوق دارای یک ضعف بزرگ است که استفاده از آن را در باب پدیده‌های مکانی، تقریباً غیرممکن می‌سازد. نکته فوق با مثال زیر روشن خواهد شد. فرض کنید محدوده کوچکی با ۱۰۰ عدد پیکسل پوشانده شده است. از بین ۱۰۰ پیکسل فوق ۵ عدد باید به کاربری (۱) تعلق بگیرد و ۹۵ پیکسل باقیمانده متعلق به کاربری (۲) هستند. مدل مکان این ۵ پیکسل را تعیین کرده است و برای تست مدل، نتایج خروجی با داده‌های واقعی مقایسه خواهد شد. اگر در بدترین حالت هر ۵ پیکسل مورد نظر به اشتباه انتخاب شده باشند، باز هم ۹۰ پیکسل از ۱۰۰ پیکسل موجود در دو نقشه یکسان خواهند بود و با این تعریف نسبت ۰/۹ برای میزان شباهت دو نقشه حاصل می‌شود که درصد بالایی از شباهت را نشان می‌دهد. ولی واضح است که مدل نتایجی کاملاً نادرست داشته است. در نتیجه این نوع از مقایسه نمی تواند صحیح باشد (لی، ۲۰۱۱). شاخص آماری دیگری بنام ضریب کاپا را توصیه می‌کند که به طور وسیعی در مسائل مکانی قابل استفاده است.

ضریب کاپا

ضریب کاپا بر مبنای جدولی بنام جدول احتمال وقوع[1] بدست می‌آید. این شاخص براساس مقایسه پیکسل به پیکسل دو نقشه حاصل می‌شود. با کمک این ضریب می‌توان میزان شباهت دو نقشه در پخش مکانی را اندازه گرفت. بر اساس این جدول مشخص می‌شود که هر کلاس از پیکسل‌ها به چه شکلی نسبت به دو نقشه پخش شده‌اند (هاگین[2]، ۲۰۱۲). جدول (۱) نشان دهنده شکل عمومی جدول احتمال وقوع است که برای محاسبه ضریب کاپا از آن استفاده می‌شود.

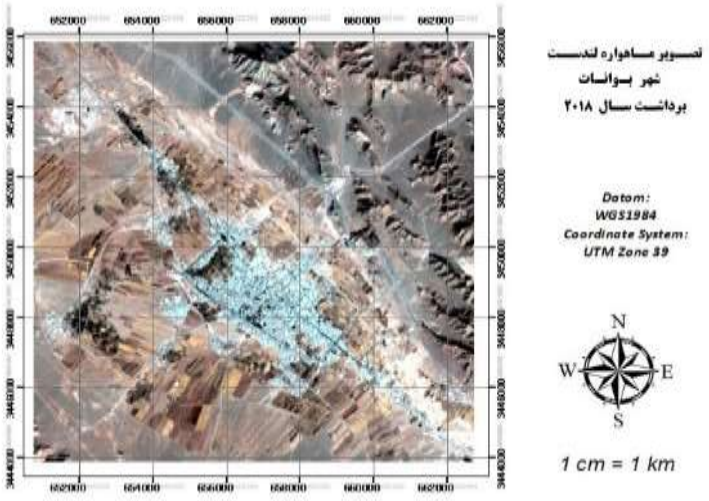
جدول ۱. جدول احتمال وقوع Monseruds and Leemans

		کلاس‌های نقشه B				Total
		1	2	...	C	
کلاس‌های نقشه A	1	P_{11}	P_{12}	...	P_{1C}	P_{1T}
	2	P_{21}	P_{22}	...	P_{2C}	P_{2T}
	C	P_{C1}	P_{C2}	...	P_{CC}	P_{CT}
Total		P_{T1}	P_{T2}	...	P_{TC}	1

قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهرستان بوانات، یکی از شهرستان‌های استان فارس می‌باشد که درشرق این استان و درفاصله ۲۴۰ کیلومتری شهر شیراز قرار دارد که مساحت آن ۴۹۹۲/۲ کیلومترمربع می‌باشد از شمال به استان یزد و شهرستان آباده، از جنوب به شهرستان سرچهان از غرب به شهرستانهای خرم بید و شهرستان پاسارگاد و از سمت شرق به شهرستان خاتم هرات از استان یزد منتهی می‌گردد. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۳۶۵ متر می‌باشد و در موقعیت ۴۶ /۳۰ درجه شمالی و ۶۷ /۵۳ درجه شرقی قرار گرفته است. کوه ختابون از رشته کوه‌های زاگرس و کوه‌های شهرستان بوانات است و بلندترین قله این کوه‌ها در بخش جنوبی شهر سوریان می‌باشد.

1. Contingency table
2. Hagen

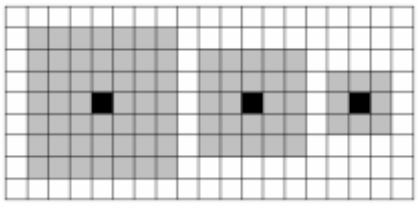


شکل۳. تصویر ماهواره لندست شهر بوانات

یافته‌ها و بحث

پیاده سازی مدل

در این تحقیق منطقه مورد مطالعه از منظر پوشش زمین و کاربری مورد مطالعه قرار گرفته ومدل طراحی شده بر روی شهر بوانات ارزیابی شده است. بدین منظور اطلاعات ورودی برای مدل را در دو اندازه ۳۰ متری و ۶۰ متری به مدل داده و نتایج در هر دو حالت مقایسه گردیده‌اند. شاید این سؤال مطرح شود که به چه دلیل اندازه پیکسل‌ها کمتر از ۳۰ متر در نظر گرفته نشده است. در حالی که تصاویر مورد استفاده و همچنین مدل ارتفاعی مذکور به ترتیب دارای ابعاد ۳۰ متر و ۱۵ متر هستند. در جواب باید محدودیت درسیستم‌های سخت افزاری را دلیل اصلی این انتخاب برشمرد. زیرا با کم کردن اندازه سلول‌ها حجم محاسبات به صورت تصاعدی افزایش یافته و سیستم‌های موجود توانایی آموزش شبکه و تکمیل روند مدلسازی را نخواهند داشت. مسأله مهم دیگر بحث ابعاد همسایگی است. سه حالت برای ابعاد همسایگی وجود دارد. در حالت اول همسایگی Moore با تعداد ۸ همسایه و در حالت دوم و سوم همسایگی گسترش یافته Moore با تعداد ۲۴ و ۴۸ همسایه موجود است. شکل (۴) ساختار این همسایگی‌ها را نشان می‌دهد.



شکل٤ . ساختار همسایگیMoore در سه حالت مختلف

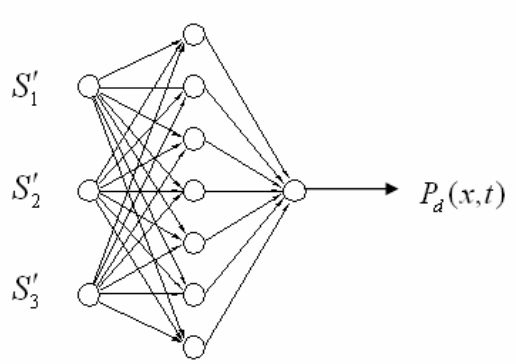
مدلسازی رشد شهری در بوانات

در طراحی مدل میزان تغییرات در حجم بافت شهری در شهر بوانات در طول سال‌های ۲۰۰۳ الی ۲۰۱۸ با کمک روش مذکور، مورد بررسی قرار گرفت. به دو دلیل عمده در این تحقیق مدل مذکور برای منطقه شهری استفاده شد:

– هدف اصلی این مدل تعیین میزان توانایی‌های مدل CA در مدلسازی پیچیدگی موجود در پدیده‌های مکانی است. به همین دلیل مدل کردن بافت شهری به عنوان پدیده‌ای که تغییراتش به مراتب پیچیده تر از سایر عوارض است لازم می‌نماید.

– هدف دیگر از این تحقیق یافتن مدلی است که تغییر و گسترش شهری را به عنوان مهم‌ترین نوع از تغییر در کاربری اراضی، به بهترین وجه مدلسازی نماید.

با توجه به دلایل ذکر شده منطقه شهری بوانات به عنوان یک منطقه شهری در حال رشد برای رسیدن به این هدف برگزیده شد. عوامل موثر اصلی در این مدل عبارتند از: همسایگی، شیب زمین و شبکه راه‌ها و میزان دسترسی به آن. پس علاوه بر وجود عوامل همسایگی و شیب، باید عامل فاصله از شبکه راه‌ها را نیز در مدل تاثیر داده‌ایم. با توضیحات فوق واضح است که شبکه مورد استفاده در لایه ورودی خود دارای سه نرون خواهد شد و لایه میانی طبق تئوری Kolmogorov دارای ۷ نرون می‌باشد. لایه خروجی شبکه مورد نظر تنها دارای یک نرون خواهد بود که وظیفه آن محاسبه احتمال تغییر برای سلول مورد نظر است. شکل (۵) معماری این شبکه را نشان می‌دهد.



شکل ۵. معماری شبکه در مدل

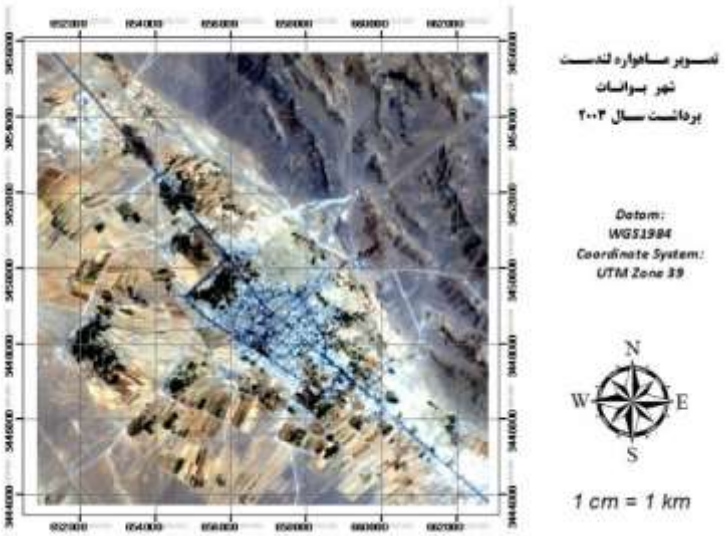
آماده سازی داده‌ها

داده‌های خام مورد استفاده در این مدل نیز، تصاویر ماهواره‌ای لندست می‌باشند. دو تصویر مورد استفاده مربوط به سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۸ می‌باشند. جدول (۲) مشخصات این تصاویر را شرح می‌دهد.

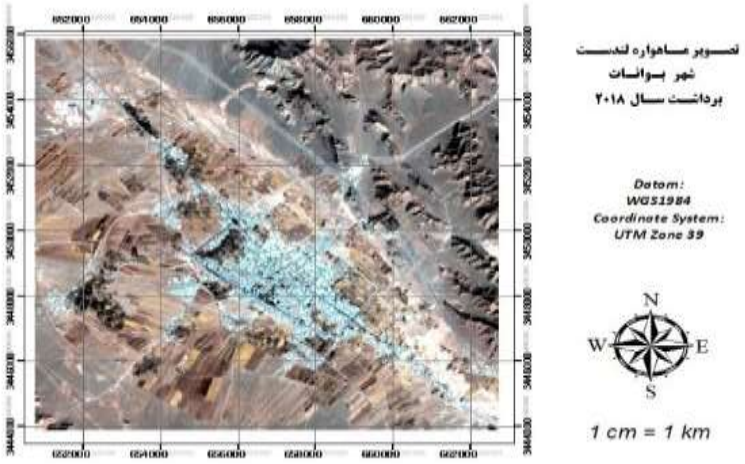
جدول ۲. مشخصات تصاویر مربوط به سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۸

سیستم تصویر	سطح مبنا	ماهواره	قدرت تفکیک مکانی	قدرت تفکیک رادیومتریک	نوع سنجنده	تاریخ برداشت تصویر
UTM	WGS84	Landsat7	28.5m	8bit	ETM^+	JANUARY 16, 2003
UTM	WGS84	Landsat8	28.5m	8bit	ETM^+	JANUARY 30, 2018

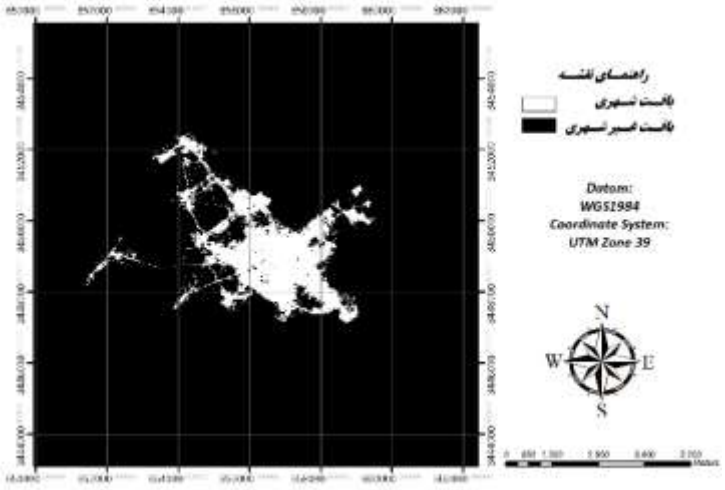
دو شکل (۶) و (۷) نشان دهنده تصاویر لندست برای منطقه مذکور در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۸ می‌باشد.



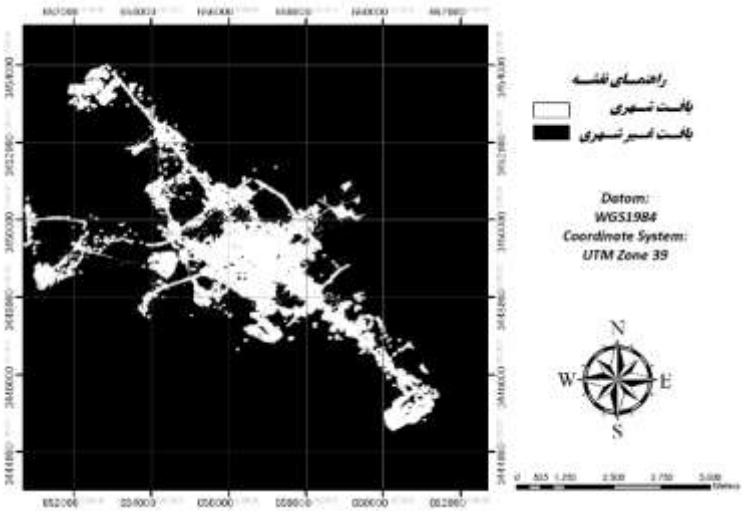
شکل ٦. تصویر ماهواره لندست شهر بوانات برداشت سال ۲۰۰۳



شکل ۷ . تصویر ماهواره لندست شهر بوانات برداشت سال ۲۰۱۸



شکل ۸. تقسیم بندی به دوکلاس شهری و غیرشهری درسال ۲۰۰۳



شکل ۹. تقسیم بندی به دوکلاس شهری و غیر شهری درسال ۲۰۱۸

این تصاویر نیز با کمک روش بیشترین احتمال به دو کلاس شهری و غیرشهری تقسیم بندی شدند. شکل‌های (۸) و (۹) نتیجه این کلاسه بندی را نشان می‌دهد. همان طور که در ابتدای این قسمت ذکر شد، همسایگی به عنوان اولین و مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در این مدل دخالت دارد. در این مدل، هر ۳ نوع همسایگی مورد استفاده خواهد بود تا تاثیرات همسایگی در مدل بررسی شود. جداول (۳)، (۴) و (۵) ساختار و شکل همسایگی را در سه حالت مختلف در این مدل نشان می‌دهد.

جدول۳. ساختار همسایگی در مدل (۸ همسایه)

تعداد پیکسل‌ها با بافت شهری	تعداد پیکسل‌ها	تعداد همسایه با بافت شهری	تعداد پیکسل‌ها با بافت شهری	تعداد پیکسل‌ها	تعداد همسایه با بافت شهری
۳۳۸۳	۴۹۲۵	۵	۴۴۸	۵۳۹۶۶	۰
۴۰۱۸	۴۸۸۲	۶	۹۰۹	۹۹۳۲	۱
۵۷۳۴	۶۳۲۷	۷	۱۳۹۴	۷۰۶۳	۲
۱۷۵۶۵	۱۷۹۰۸	۸	۱۹۲۶	۵۸۵۳	۳
			۲۴۹۱	۴۷۹۴	۴

جدول ٤. ساختار همسایگی در مدل (۲٤ همسایه)

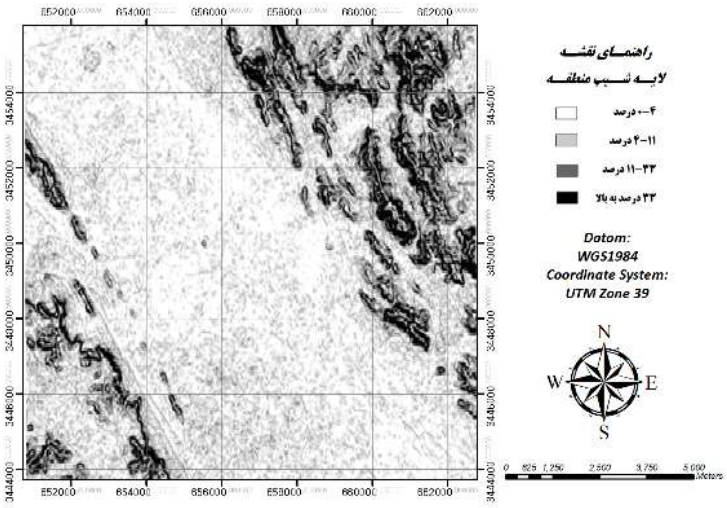
تعداد پیکسل‌ها با بافت شهری	تعداد پیکسل‌ها	تعداد همسایه با بافت شهری	تعداد پیکسل‌ها با بافت شهری	تعداد پیکسل‌ها	تعداد همسایه با بافت شهری
۱۰۳۱	۱۷۴۱	۱۳	۱۶۹	۳۸۰۳۹	۰
۱۱۲۱	۱۷۱۲	۱۴	۲۷۷	۸۷۲۴	۱
۱۱۷۰	۱۶۹۲	۱۵	۳۶۹	۶۲۵۱	۲
۱۲۴۵	۱۶۹۰	۱۶	۴۱۸	۴۹۷۴	۳
۱۴۶۹	۱۸۶۶	۱۷	۴۹۵	۳۹۸۸	۴
۱۵۹۴	۱۹۲۷	۱۸	۵۵۷	۳۲۲۷	۵
۱۷۶۱	۲۰۶۸	۱۹	۶۳۹	۳۰۰۴	۶
۲۰۲۹	۲۲۴۶	۲۰	۶۴۴	۲۵۷۶	۷
۲۲۴۴	۲۴۶۸	۲۱	۷۲۱	۲۳۹۵	۸
۳۲۹۸	۳۵۰۱	۲۲	۷۴۳	۲۲۴۸	۹
۴۳۴۳	۴۵۱۴	۲۳	۸۲۷	۲۰۲۴	۱۰
۸۹۳۴	۹۰۴۱	۲۴	۸۵۱	۱۸۷۶	۱۱
			۹۱۹	۱۷۵۸	۱۲

جدول ۵. ساختار همسایگی در مدل (٤۸ همسایه)

تعداد پیکسل‌ها با بافت شهری	تعداد پیکسل ها	تعداد همسایه با بافت شهری	تعداد پیکسل‌ها با بافت شهری	تعداد پیکسل‌ها	تعداد همسایه با بافت شهری
۵۶۸	۹۶۷	۲۵	۷۹	۲۷۰۲۸	۰
۵۸۱	۹۶۹	۲۶	۱۱۵	۷۴۶۸	۱
۵۹۱	۹۴۴	۲۷	۱۹۵	۵۴۰۵	۲
۶۲۷	۹۴۹	۲۸	۲۰۵	۴۶۳۲	۳
۶۶۰	۹۵۸	۲۹	۱۸۹	۳۷۱۲	۴
۶۴۳	۹۱۵	۳۰	۲۳۵	۳۲۲۹	۵
۶۶۳	۹۴۹	۳۱	۳۰۲	۲۹۶۵	۶
۷۱۹	۹۶۶	۳۲	۳۰۱	۲۷۲۱	۷
۷۷۸	۱۰۱۳	۳۳	۲۹۰	۲۳۸۷	۸
۸۱۰	۱۰۱۶	۳۴	۳۱۷	۲۱۶۹	۹
۷۷۷	۹۸۷	۳۵	۳۳۹	۱۹۴۳	۱۰
۸۳۴	۱۰۱۱	۳۶	۳۹۱	۱۸۳۸	۱۱
۸۴۷	۱۰۰۴	۳۷	۳۵۹	۱۷۴۴	۱۲
۹۲۶	۱۰۷۹	۳۸	۳۳۸	۱۵۵۱	۱۳
۹۷۹	۱۱۳۳	۳۹	۳۵۴	۱۴۶۸	۱۴
۱۰۶۱	۱۱۸۷	۴۰	۳۷۰	۱۴۰۲	۱۵
۱۱۹۶	۱۳۲۹	۴۱	۳۷۸	۱۲۵۴	۱۶

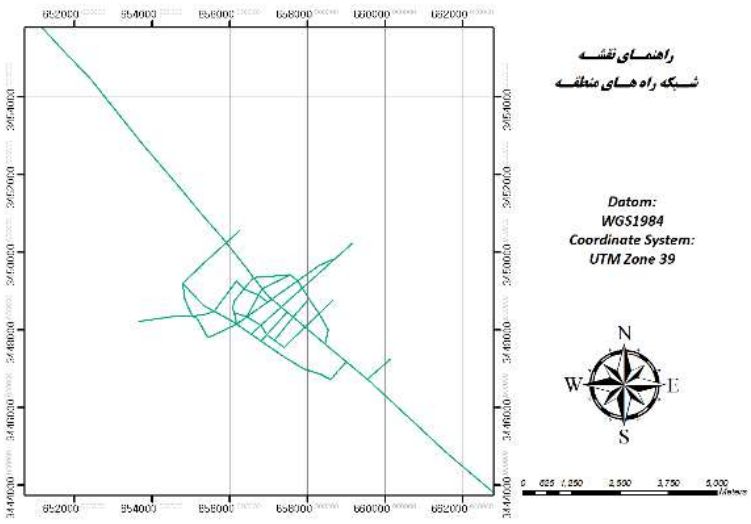
۱۷	۱۱۷۳	۳۷۳	۴۲	۱۳۷۵	۱۲۵۰
۱۸	۱۱۸۸	۴۲۷	۴۳	۱۵۲۴	۱۴۰۵
۱۹	۱۰۵۵	۳۹۷	۴۴	۱۷۳۸	۱۶۳۸
۲۰	۱۰۹۲	۴۴۷	۴۵	۲۱۲۱	۲۰۱۷
۲۱	۹۸۷	۴۱۸	۴۶	۲۶۶۴	۲۵۸۴
۲۲	۹۵۰	۴۵۰	۴۷	۳۲۰۰	۳۱۲۴
۲۳	۹۹۱	۴۸۷	۴۸	۴۳۴۳	۴۲۹۵
۲۴	۹۶۶	۵۳۹			

عامل مؤثر دیگر شیب منطقه می‌باشد که تأثیر آن در رشد و گسترش شهری غیرقابل انکار است. در نتیجه مدل ارتفاعی منطقه برای تأثیر این عامل استفاده می‌شود. شکل (۱۰) وضعیت شیب منطقه براساس درصد نمایش می‌دهد.



شکل ۱۰. وضعیت شیب منطقه براساس درصد

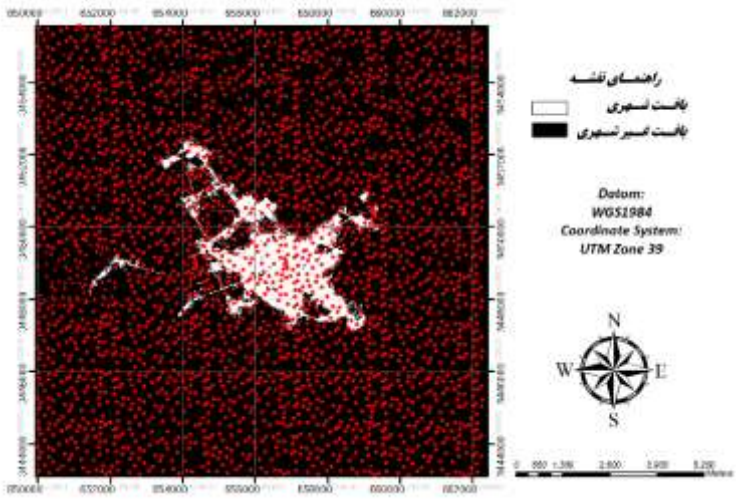
عامل سوم که تأثیر زیادی در گسترش شهری دارد، میزان دسترسی به شبکه راه‌هاست. در این مدل این دسترسی در قالب فاصله مستقیم تا شبکه راه‌ها اندازه گیری شده و وارد مدل شده است. لازم به یادآوری است که تمام مقادیر محاسبه شده در این مدل نیز تغییر در مقیاس پیدا کرده و به فاصله $[0,1]$ برده می‌شوند. شکل ۱۱ لایه فاصله از راه را به نمایش می‌گذارد. واحد فاصله در شکل زیرمتر می‌باشد.



شکل۱۱. لایه شبکه راه‌های منطقه

پیاده سازی شبکه در مدل

به‌منظور پیاده سازی و آموزش شبکه، تعداد نقاط انتخاب شده برای داده‌های آموزشی ۵۰۰۰ نقطه و نحوه پخش آنها نیز به شکل منظم انتخاب شده است. درمورد زمان طی شده برای آموزش شبکه و همچنین تعداد تکرارهای مورد نیاز در بخش ارزیابی نتایج به تفصیل آنها را مورد بررسی قرار داده شده است لازم به ذکر است ابعاد ماتریس ورودی ۵۰۰۰×۳ خواهد شد که هر سطر یکی از عوامل مؤثر در مدل را نمایندگی می‌کند. شکل (۱۲) نحوه پخش نقاط آموزشی را نشان می‌دهد. در شکل (۱۲) پیکسل‌های قرمز رنگ نشان دهنده نقاطی هستند که برای آموزش شبکه از آنها استفاده شده است.



شکل۱۲. نحوه پخش نقاط آموزشی

شبیه سازی شبکه در مدل

شبیه‌سازی مدل بعد از پایان آموزش شبکه به انجام می‌رسد. پس از آموزش شبکه و حداقل شدن بردار خطا در نرون خروجی، زمان آن فرا رسیده است تا کل داده‌ها به شبکه داده شوند و عمل شبیه‌سازی توسط شبکه به انجام برسد. برای این هدف نیزلازم است تا کل داده‌ها به فرمت ماتریس ورودی درآیند. که تعداد ستون‌های ماتریس برابر تعداد کل سلول‌ها در منطقه است و تعداد سطرها نیزعدد ۳ خواهد بود. با این تعریف ابعاد ماتریس ورودی ۳×۱۱۵۶۵۰ ماتریس خروجی ۳×۱۱۵۶۵۰ خواهد شد. توجه شود که ماتریس خروجی باید مجدداً به ابعاد اصلی خود بازگردانده شود تا امکان مقایسه آن با داده‌های واقعی وجود داشته باشد.

شرح و ارزیابی نتایج

ابتدا نتایج مسئولیت در منطقه بیان شده و نتایج حاصل ارزیابی خواهند شد. همانطور که ذکر شد برای اندازه گیری میزان شباهت بین خروجی مدل و لایه واقعی، از ضریب کاپا استفاده می‌شود.

نتایج آموزش شبکه

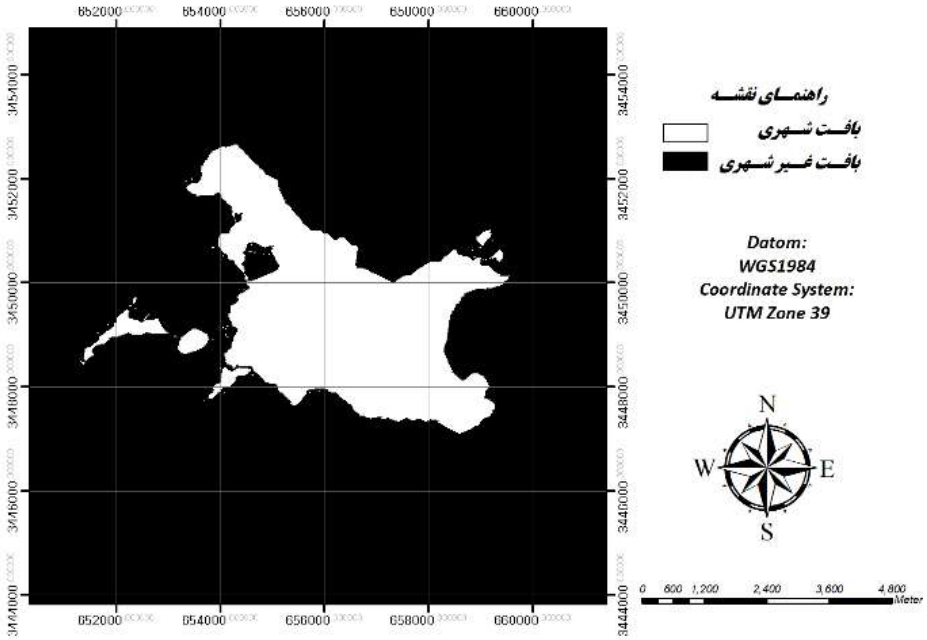
یکی از اهداف این تحقیق تعیین میزان حساسیت مدل CA نسبت به تغییرات اعمال شده در اجزای آن است. مدل مذکور در ۶ حالت مختلف که از تغییر ابعاد سلول‌ها و همچنین ساختار همسایگی، حاصل شده‌اند مورد بررسی قرار گرفته‌اند. درمدل حاضر ابتدا ابعاد پیکسل‌ها ۳۰ متری انتخاب شد و ۸ سلول مجاور هر سلول به عنوان همسایه‌های آن، انتخاب شدند. در این حالت، آموزش شبکه تا ۶۰ تکرار ادامه داشت و کمترین میزان خطا که با معیار MSE[1] محاسبه گردید برابر با ۰/۰۵۴۸۲۹ می‌باشد. که داده‌های اعتبارسازی کمترین بردار خطا را داشته اند. در مرحله دوم همسایگی به ۲۴ سلول مجاور افزایش پیدا کرد. در این حالت آموزش تا ۴۰ تکرار ادامه داشت ولی کمترین میزان خطا در تکرار ۳۴ حاصل شد که برابر با ۰/۰۵۱۶۰۲ می‌باشد. در حالت سوم نیز

1. Mean Squared Error

۴۸ سلول مجاور به عنوان همسایه در نظر گرفته شدند. در حالت بعد پیکسل سایز به ۶۰ متر افزایش پیدا کرد و هر سه نوع همسایگی نیز با این ابعاد موردارزیابی قرارگرفت.

خروجی مدل

پس از آموزش شبکه، شبیه‌سازی مدل با روند شرح داده شده سپس مقایسه نتایج و خروجی‌های مدل اول با لایه واقعی بررسی شد که در این پروسه ملاحظه شد که نتایج کاملاً به یکدیگر شباهت ندارند و مدل CA نسبت به تغییرات اعمال شده در اجزایش تغییراتی را در خروجی‌ها سبب شده است. شکل (۱۳) خروجی مدل را نشان می‌دهد که در آن محدوده شهر بوانات در سال ۲۰۱۸ پیش بینی شده است. در این شکل پیکسل ۳۰ متری و ۸ همسایه نیز در نظر گرفته شده است.



شکل۱۳. خروجی مدل

نکته قابل توجه در خروجی مدل، این است که مدل مذکور به خوبی توانسته است محدوده کوهستانی در شهر بوانات را شناسایی کرده و سلول را در این منطقه به بافت شهری نسبت نداده است. جدول (۶) نتایج را برای مدل و در ۶ حالت مختلف نشان می‌دهد.

جدول ٦. مقایسه خروجی مدل‌ها با داده‌های واقعی

	Khisto	Klocation	Kappa
پیکسل ۳۰ متری / ۸ همسایه	۰/۹۰۹	۰/۸۱۶	۰/۷۴۱
پیکسل ۳۰ متری / ۲۴ همسایه	۰/۹۱۵	۰/۸۴۹	۰/۷۷۷
پیکسل ۳۰ متری / ۴۸ همسایه	۰/۹۲۰	۰/۸۴۸	۰/۷۸۱
پیکسل ۶۰ متری / ۸ همسایه	۰/۹۰۵	۰/۸۰۸	۰/۷۳۱
پیکسل ۶۰ متری / ۲۴ همسایه	۰/۹۱۱	۰/۸۲۵	۰/۷۲۵
پیکسل ۶۰ متری / ۴۸ همسایه	۰/۹۱۳	۰/۸۳۳	۰/۷۶۱

با توجه به جدول (۶) در مدل ارائه شده، حساسیت تغییر در اجزای مدل CA مشهود است. با توجه به جدول (۶) به راحتی می‌توان دریافت که با افزایش تعداد همسایه‌ها از ۸ به ۲۴ و ۴۸ دقت مدل افزایش یافته است. در مورد اندازه پیکسل‌ها هم این نکته قابل درک است که وقتی ابعاد سلول‌ها کاهش می‌یابد دقت کار تا حدودی بهتر می‌شود. ولی یک نکته در باب اندازه سلول‌ها

باید مورد توجه قرار گیرد و آن، این است که کم کردن اندازه سلول‌ها حجم محاسباتی را به شدت افزایش می‌دهد و انتخاب این اندازه باید براساس توان محاسباتی سخت افزار مورد استفاده تعیین شود. در مدل حاضر در بهترین حالت دقتی معادل ۰/۷۸ بدست آمد که دقت خیلی خوبی بشمار نمی‌آید. دلیل این ضعف در پیچیدگی مناطق شهری است که پدیده رشد شهری از آن برخوردار است. دلیل دیگر پیچیدگی نرخ تغییری است که بین دو مرحله زمانی در منطقه رخ داده است. در این مدل نرخ تغییرات بالا است، در نتیجه طبیعی است که مدلسازی حجم بالایی از تغییرات دشوار باشد. نکته قابل توجه دیگر، عدم ایجاد تغییر در پیکسل‌هایی است که به صورت پراکنده وجود دارند. بدین معنا که مدل فقط پیکسل‌هایی را برای تغییر مناسب دانسته است که در مناطق متراکم وجود دارند. دلیل این کاستی، خاصیت ذاتی مدل CA است که در آن تأثیر همسایه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. برای درک بهتر این موضوع، باید به ضریب Khisto توجه شود که در این مدل مقداری کمتر از ضریب Klocation دارد. این امر نشانگر آن است که مدل تک پیکسل‌های تغییر یافته که در سطح منطقه پراکنده هستند را شناسایی نکرده است.

نتیجه گیری

تحقیق انجام شده تأییدی است بر قدرت مدل Cellular Automata (CA) در مدلسازی پدیده‌های پیچیده مانند رشد شهری که عوامل متفاوت متغیری در شکل‌گیری آنها مؤثر هستند. هدف مهم‌تری که این تحقیق دنبال می‌کند نشان دادن مزیت‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی در کالیبراسیون مدل، می‌باشد. در تعیین پارامترهای مؤثر و وزن هر کدام بسیار دشوار می‌باشد. ولی در این تحقیق نشان داده شده که استفاده از شبکه‌های عصبی به چه میزان مشکل کالیبراسیون مدل را حل کرده است. با کمک شبکه‌های عصبی تمام پارامترهای مؤثر در پروسه شبیه‌سازی در طول زمان آموزش شبکه، به صورت اتوماتیک تنظیم می‌شوند، در حالی که در سایر روش‌ها وزن دهی به این متغیرها باید توسط کاربر انجام گیرد.در سایر تکنیک‌ها برای یافتن بهترین حالت وزن‌ها لازم است که پروسه کالیبراسیون به دفعات و برای ساعات طولانی تکرار شود تا بهترین حالت ممکن بدست آید. در حالی که با کمک شبکه های عصبی با تعداد کمی تکرار به وزن‌های بهینه دست پیدا می‌کنیم. در سایر روش‌ها گاهی لازم است تا روابط ریاضی پیچیده‌ای به عنوان قوانین انتقال تعریف شوند و در روش مذکور کاربر تنها لازم است داده‌های آموزشی را فراهم نماید و سایر موارد به شکل اتوماتیک توسط شبکه انجام می‌شود.

در مدل‌های پیشین اگر لازم بود تا یک فاکتور جدید به مدل اضافه شود تمام وزن دهی‌ها باید مجدد انجام می‌شد و یا حتی ساختار مدل به کلی تغییر می‌کرد. ولی در این مدل با تغییر اندک در تعداد نرون‌های لایه ورودی و لایه میانی به راحتی می‌توان یک متغیر جدید وارد مدل نمود.در تحقیق پیش رو نشان داده شد که با کم کردن ابعاد سلول‌ها می‌توان دقت مدل را افزایش داده و به نتایج بهتری دست یافت. لازم به یادآوری است که این کم کردن ابعاد حجم داده‌ها را بالا می‌برد. به همین دلیل در کاربری‌های بررسی شده ابعاد ۳۰ متر بهترین جواب را در اختیار قرار داد. علاوه بر بحث ابعاد سلول ها، تعداد همسایه‌های تأثیر گذار نیز عامل دیگری است که در کیفیت مدلسازی مؤثر است. در این تحقیق مشخص شد که با افزایش ابعاد همسایگی نتایج بهتری حاصل خواهد شد.همانطور که اشاره شد هدف از این مدلسازی کمک به طراحان شهری و سایر دانشمندان است تا بتوانند یک پیش بینی از وضعیت محدوده شهرها و دیگر تغییرات در کاربری اراضی در آینده، داشته باشند. این ابزار این توانایی را به طراحان می‌دهد تا بتوانند با طرح استراتژی‌های خاص نیز وضعیت کاربری اراضی را در آینده پیش بینی کنند. این استراتژی‌ها را می توان در قالب یک سری ضوابط و معیارها به مدل اعمال کرد.البته مدل مورد استفاده کاستی‌هایی هم دارد. مهم‌ترین آنها عدم توانایی مدل در پیش بینی گسترش شبکه راه‌هاست. اهمیت این شبکه نیز در گسترش شهر غیرقابل اغماض است پس برای آینده دور ممکن است نتایجی نه چندان قابل قبول ارائه بدهد. کاستی دیگر این روش مربوط به ذات شبکه‌های عصبی است که مانند یک جعبه سیاه عمل می‌کند و دانشی صریح از نحوه مدلسازی به دست نمی‌دهند.

پراکندگی شهری در سراسرجهان باعث به خطر افتادن منابع زمینی و سطوح و اراضی مناسب و تخریب مناطق زیادی شده است. درموارد بسیاری این تخریب‌ها بدون آگاهی از پیامدهای آن رخ داده است. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بهره گیری از مدل می‌توان به روشی قدرت‌مند در حمایت از برنامه‌ریزی مکانی شهری و در جهت توسعه پایدار دست یافت. در این تحقیق موفق شدیم مدل Cellular Automata را بوسیله تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۳ و ۲۰۱۸ برای شهر بوانات با استفاده از شبکه عصبی کالیبره کنیم. استخراج نتایج خوب برای هر اندازه از مدل نشان دهنده سودمندی Cellular Automata برای پیش‌بینی رشد شهری می‌باشد. رشد شهری یک فرآیند پیچیده است که به عوامل گوناگونی مثل افزایش جمعیت، زیرساخت‌ها، عوامل اجتماعی و

اقتصادی و غیره. بستگی دارد.در این تحقیق تنها سه لایه اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفت. به نظر می‌رسد برای مدلسازی هرچه دقیق‌تر رشد شهری عوامل مؤثر دیگری هم وجود دارند که وارد کردن آن‌ها به مدل بر کارایی آن خواهد افزود. برای بررسی بهتر میزان اطمینان و دقت، الگوریتم پیشنهادی باید از کلاس‌های مستثنیات و پوشش گیاهی و غیره نیز استفاده گردد. هرچند یکی از اهداف انجام این تحقیق، تدوین و پیاده‌سازی الگوریتمی با کم‌ترین وابستگی به داده‌های مختلف بود، اما بکارگیری اطلاعات بیشتر و مستقل از یکدیگر، مانند مدل ارتفاعی رقومی زمین در افزایش اعتماد پذیری و اخذ نتایج بهتر غیر قابل اجتناب است.برای توانایی در امر مدلسازی سایر پارامترهای تفسیر جزئیات، از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی و کلیدهایی مانند سایه‌ها و موقعیت عوارض نسبت به یکدیگر نیز بایستی مورد استفاده قرار گیرد که موجب افزایش اطمینان در شناسایی مناطق شهری موجود درمنطقه می‌شود. می‌توان استفاده از سایر الگوریتم‌های هوشمند مانند الگوریتم ژنتیک را نیز بجای شبکه عصبی ساده جهت بهینه‌سازی روند شناسایی تغییرات بررسی کرد.برای ارزیابی نتایج فقط از شاخص آماری کاپا استفاده شد حال آنکه استفاده از دیگر تکنیک‌ها نیز میسر است. برای مثال می توان به شاخص کاپای فازی اشاره کرد.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی مستقل بوده و بدون حمایت مالی سازمانی انجام شده است.

منابع

اسلمی، فرنوش؛ قربانی، اردوان؛ سبحانی، بهروز و پناهنده، محسن. (۱۳۹۴). مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبانی و شی‌گرا در استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر لندست ۸. *نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۶(۳)، ۱۴ -۱

احمدی، سیمین و جباری، محمد کاظم. (۱۳۹۱). *مدلسازی توسعه شهری با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سلول‌های خودکار*. زنجان: انتشارات آذر کلک.

آرونف، استین. (۱۳۹۲). *سنجش از دور برای مدیران GIS*. ترجمه منیژه رجب‌پوررحمتی، علی‌اصغر درویش‌صفت، مهتاب پیرباوقار، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

حیدریان، پیمان؛ رنگزن، کاظم؛ ملکی، سعید و تقی‌زاده، ایوب. (۱۳۹۲). پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه بندی تصاویر ماهواره لندست (مطالعه موردی: اراضی شهر تهران). نشریه *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۴(۴)، ۱۰-۱.

سپهری، علیرضا، جمالی، علی اکبر، حسن زاده، محمد، (۱۳۹۸). تحلیل و مقایسه تغییرات کاربری / پوشش اراضی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی(مطالعه موردی اراضی تفت و مهریز)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منایع طبیعی، سال دهم، شماره چهارم، صص ۹۰-۱۰۵.

ضیائیان، پرویز؛ ربیعی، حمیدرضا و علیمحمدی، عباس. (۱۳۸۴). کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. *نشریه برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۹(۴)، ۵۴-۴۱.

فاطمی، سید باقر و رضایی، یوسف. (۱۳۸۹). *مبانی سنجش از دور*. تهران: انتشارات آزاده.

طاهری، فروزان؛ رهنما، محمدرحیم؛ خوارزمی، امیدعلی و خاکپور، براتعلی. (۱۳۹۷). بررسی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهوارهای چندزمانهٔ شهر شاندیز طی سالهای (۱۳۹۴-۱۳۷۹). *جغرافیا و توسعه*، ۱۶(۵۰)، ۱۴۲-۱۲۷.

میرزایی‌زاده، وحید؛ نیک‌نژاد، مریم و اولادی قادیکلایی، جعفر. (۱۳۹۴). ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده غیرپارامتریک در تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸. *نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۶ (۳)، ۴۴-۲۹.

Batty, M., Xie, Y., & Sun, Z .(1999). Modelling urban dynamics through GIS-based cellular automata. *Computers Environment and Urban Systems*, 23, 205–233.

Clarke, K C., Hoppen, S., & Gaydos, L. (2017). A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. *Environment and Planning B: Planning & Design*, 24, 247–261.

Ding, Y., & Zhang, Y. K. (2006). the simulation of urban growth applying Sleuth Ca model to the Yilan Delta in Taiwan. *Journal AlamBina*, *9*(1), 95-107.

Hagen, & Geotz, S J. (2012). Integrating Constrained Cellular Automata Models, GIS and Decision Support Tools for Urban Planning and Policy Making.

Lambin et al.,, Bishop, I. & Evans, D. (2015). Analysis of scale dependencies in an urban land-usechange model. *International Journal of Geographical Information Science*, *19*(2), 217-241.

Lee & Yeh. (2010). Analysis of scale dependencies in an urban land-usechange model. *International Journal of Geographical Information Science*, *19*(2), 217-241.

Li, X., & Yeh, A G. (2011). Simulating urban growth in a developing nation's region using a CA-based model. *Journal of Urban Planning and Development*, *130*(3), 145–158.

Monseruds & Leemans. (2010). *Fundamental of land use planning*. University of Tehran publication.

Nimrozi, N. (2007). *An investigation of cultural consequents of slumber in Mashad City*. Urban Planning & Management Conference – Iran Mashad.

Orce, MandXie, Y. (2005). From cells to cities. *Environment and Planning B-Planning & Design*, 21, S31–S38.

Rain, S., & Mahiny, A. (2018). Purifying training pixels in supervised classification of remote sensing imagery, case study: Tampa Bay Basin area (unpublished).

Salman Mahiny, A. (2005) Purifying training pixels in supervised classification of remote sensing imagery, case study: Gorgan area (unpublished).

Silva, E A., & Clarke, K C. (2002). Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal. Computers. *Environment and Urban Systems*, 26, 525-552.

Stalker, P. (2000). *Handbook of World*. Oxford University Press, New York.

Sun, Z., Deal, B., & Pallathuchril, W G. (2015). The Land use Evolution and Impact Assessment Model: A Comprehensive Urban Planning Support System.

Ulam & Von Neumann .(2012). Editorial: predicting land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85, 1–6.

Walter. (2014). Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impact of future policy scenarios on urban land use in the Houston–Galvestone–Brazoria CMSA. *Research Journal of social science*, 2, 82-72.

Yang, X., & Lo, C P. (2003). Modeling urban growth and landscape changes in the Atlanta metropolitan area. *International Journal of Geographical Information Science*, 17, 463–488.

How to cite this article:
Mogholi, M. (2023). Application of Artificial Neural Network and Cellular AutomataIn Modeling and Predicting Land use Changes in Bavanat City). *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, *18*(3), 255-270.

ارجا به این مقاله:
موغلی، مرضیه. (۱۴۰۲). کاربرد شبکه عصبی مصنوعی و Cellular Automata در مدل سازی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی شهر بوانات. *فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۸ (۳)، ۲۷۰-۲۵۵.