

مدلسازی توسعه شهری با روش رگرسیون لجستیک

مطالعه موردی: شهر سنندج

ساسان محمدی^۱، محمودرضا دلاور^{۲*}

^۱ کارشناس ارشد سیستم های اطلاعات مکانی - گروه مهندسی نقشه برداری - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران
sassanmohammady@ut.ac.ir

^۲ دانشیار گروه سیستم های اطلاعات مکانی - گروه مهندسی نقشه برداری - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران
(قطب علمی مهندسی نقشه برداری در مقابله با سوانح طبیعی)
mdelavar@ut.ac.ir

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۱، تاریخ تصویب مرداد ۱۳۹۳)

چکیده

امروزه به دلیل محدودیت منابع طبیعی، ارزش بالای زمین، رشد سریع جمعیت و گسترش سریع شهرها، پیش بینی کاربری آینده ی اراضی برای مدیران، برنامه ریزان و متخصصان محیط زیست از اهمیت بسیار بالایی برخوردار شده است؛ زیرا تغییر در کاربری اراضی باعث تاثیر بر اکوسیستم و در نتیجه تهدید منابع حیاتی مورد نیاز انسان می شود. مدلسازی و تحلیل پدیده توسعه شهری، اطلاعات جامعی در اختیار مدیران و برنامه ریزان شهری قرار می دهد تا با توجه به این پدیده، برنامه ریزی بهتر، علمی تر و منطقی تری انجام دهند. هدف اصلی در این تحقیق، مدلسازی مناطق توسعه یافته شهری شهر سنندج با استفاده از تصاویر ماهواره ای، سیستم اطلاعات مکانی و رگرسیون منطقی می باشد. شهر سنندج در طی دهه های اخیر رشد جمعیت سریعی داشته است و وضعیت جغرافیایی منطقه و قرار گرفتن این شهر در قسمتهای کوهپایه ای و کمبود زمین های با شرایط توپوگرافی مناسب جهت گسترش شهر باعث انتخاب این شهر برای منطقه مورد مطالعه می باشد. روش رگرسیون منطقی به دلیل ساختار ساده، توانایی تفسیر پذیری بالای مدل و همچنین عملکرد مطلوبی که در مدل سازی های محیطی از جمله فرایند توسعه شهری از خود نشان داده است به عنوان روش پیشنهادی جهت مدلسازی این فرایند در نظر گرفته شده است. پارامترهای مورد استفاده در این تحقیق شامل فاصله از مناطق توسعه یافته، فاصله از راههای اصلی، فاصله از فضای سبز، ارتفاع، شیب، فاصله از گسل، فاصله از مراکز نواحی شهر و همچنین تعداد سلول های شهری در همسایگی ۳*۳ شهری می باشد. همچنین مدلسازی توسعه شهری با شبکه عصبی مصنوعی نیز انجام شده است که در پایان به مقایسه عملکرد دو مدل می پردازیم. معیار های کاپا، درجه تناسب و درصد تناظر صحیح جهت ارزیابی عملکرد مدل های پیشنهادی به کار گرفته شده اند که برای روش رگرسیون منطقی به ترتیب ۰/۷۳۹۸، ۰/۶۳۴۵ و ۰/۹۳/۷۰ و در روش شبکه عصبی مصنوعی برابر با ۰/۷۳۱۶، ۰/۶۲۴۹ و ۰/۹۳/۵۵ می باشند.

واژگان کلیدی: توسعه شهری، مدلسازی، تغییر کاربری اراضی، رگرسیون منطقی

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

سکونتگاه‌های شهری ممکن است منجر به تهدیدات اجتماعی، فیزیکی و خطرات طبیعی گردد [۷]. بر این اساس تعداد زیادی از مدل‌های رشد شهری توسعه داده شده‌اند تا به عنوان ابزاری قدرتمند و قابل اطمینان برای برنامه ریزان شهری استفاده شوند. نگرش اصلی برای استفاده از این مدل‌ها حمایت از تصمیم‌گیری‌های هوشمند به سمت توسعه پایدار در مناطق شهری می‌باشد. در این تحقیق از رگرسیون منطقی جهت مدلسازی فرایند توسعه شهری شهر سنندج در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ استفاده شده است. رگرسیون منطقی به دلیل ساختار ساده و بدور از محاسبات پیچیده، داشتن توانایی تفسیر پذیری بالا و همچنین وجود امکان بررسی وابستگی عوامل موثر، از روش‌های رایج و توانا در مدلسازی‌های محیطی مانند مدلسازی فرایند تغییر کاربری اراضی می‌باشد.

۱-۲- اهداف تحقیق

هدف کلی که می‌توان از طریق مدلسازی توسعه شهری به آن نائل آمد، دستیابی به مطالعه سیستماتیک تغییرات ساختار شهری در یک دوره‌ی زمانی تعریف شده در یک منطقه‌ی شهری می‌باشد. به گونه‌ای که بتوان عواملی که در توسعه شهری دخیل هستند و میزان تاثیر آنها و وابستگی عوامل انتخاب شده به همدیگر را در توسعه یک منطقه را یافت. تغییرات ساختار شهری را مشخص کرد و سیاست‌های شهری و میزان اثر آنها در این تغییرات را بررسی کرد. درک درستی از سیستم‌های پیچیده شهری به دست آورد و با استفاده از این دانش و مدلسازی ناشی از آن به عنوان ابزاری توانا در دست برنامه ریزان شهری قرار داده شود.

۱-۳- پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر مدلسازی پویای شهری به عنوان یکی از موضوعات اولیه تحقیق در سیستم اطلاعات مکانی مطرح شده است [۷]. مدل‌های بسیاری در حوزه‌ی مدلسازی شهری و محیطی در دهه‌های اخیر مطرح شده‌اند. پیجانوسکی در سال ۱۹۹۷ [۸] چارچوب کلی را برای مدل سازی توسعه فیزیکی شهرها ارائه داد و در سال ۲۰۰۲ مدلسازی توسعه فیزیکی شهری را با الگوریتم

در سال‌های اخیر افزایش سریع جمعیت و رشد شهرنشینی، اهمیت استفاده از زمین را دوچندان نموده؛ بگونه‌ای که موجب تغییرات وسیع کاربری در شهرها گردیده است. به طور کلی مشخص شده است که نیروهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی دو فاکتور اصلی در ایجاد تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در مقیاس‌های محلی تا جهانی می‌باشند که در بازه‌های کوچک زمانی تاثیر نیروهای طبیعی نسبت به عوامل انسانی بسیار ناچیز بوده است [۱]. گسترش شهرها در دهه‌های اخیر بگونه است که در برخی از موارد نرخ رشد شهر بیشتر از نرخ رشد جمعیت بوده است [۲]. مدلسازی شهری یک روند عملی است که در فاز اول آن تلاش بر آن است تا مکانیزم غالب در شکل‌گیری و ایجاد تغییر در شهرها شرح داده شود و در فاز دوم بتوان نتیجه یکسری از استراتژی‌های اتخاذ شده را در آینده پیش‌بینی نمود [۳]. درک و تشخیص پویایی مکانی و زمانی سیستم‌های پیچیده‌ی شهری و ارزیابی میزان تاثیر رشد شهرها بر محیط زیست در حیطه‌ی مدلسازی و شبیه سازی قرار دارد [۴]. مدل‌های شهری در واقع نمایشی ریاضی از سیستم‌های شهری می‌باشند. در واقع این مدل‌ها جنبه‌های مختلف یک سیستم شهری را در قالبی ساده‌تر بیان می‌کنند [۵].

۱-۱- اهمیت و ضرورت تحقیق

از آثار زیانبار توسعه شهرها می‌توان به تخریب محیط زیست، کاهش کیفیت فضای شهری و تنزل اجتماعی اشاره کرد [۵]. تلاش برای فهم و تحلیل بهتر اجزای مرتبط توسعه‌ی شهری می‌تواند منجر به بهبود کیفیت حل مشکلات شهری شود [۶]. تغییرات امروزی شهرنشینی با عوامل مختلف ساخت و محیط طبیعی در ارتباط است. بعضی از سیاست‌های شهری می‌تواند منجر به ایجاد مناطقی شهرنشین شود که پیامدهای نامطلوبی همچون آسیب‌های محیطی را به همراه داشته باشد. بر اساس بحث‌های شکل شهرهای پایدار [۶] تشخیص عوامل موثر می‌تواند ابزاری مفید برای ارزیابی سیاست‌های شهری باشد. الگوهای جدید پراکندگی توسعه شهری، پیامد عدم تمرکز سیاست شهری است که می‌تواند منجر به مشکلات جدیدی شود. افزایش پراکندگی مکانی

شبکه عصبی مصنوعی انجام داد و بعدها زمینه ساز کارهای دیگری [۸،۹،۱۰] شد. بتی و شیه ۱۹۹۴ برای اولین بار اتوماتای سلولی را در مدلسازی توسعه شهری پیاده سازی کردند [۱۱] و بعدها وایت و انجلن ۱۹۹۷ [۱۲]، کلارک و گیدوس در سال ۱۹۹۸ [۱۳] ادامه دهنده این موضوع بودند. میالی و وارد ۱۹۹۰ [۱۴] از روشهای شبیه سازی عددی با استفاده از GIS برای مدلسازی توسعه شهری استفاده کردند. هو در سال ۲۰۰۷ [۱۵] از رگرسیون لجستیک برای مدلسازی توسعه شهری استفاده کرد که بعدها زمینه ساز تحقیقات دیگری [۱۶] شد.

لی ویانگ در سال ۲۰۰۷ [۱۷] از الگوریتم ژنتیک برای بدست آوردن پارامترهای بهینه اتوماتای سلولی جهت مدلسازی تغییر کاربری اراضی استفاده کردند و بعدها زمینه کار شان والخدر در سال ۲۰۰۸ شد [۱۸]. در تحقیق حاضر از روش رگرسیون منطقی و شبکه عصبی مصنوعی جهت مدلسازی فرایند توسعه شهری استفاده شده است. اهمیت هر کدام از فاکتور ها در فرایند توسعه شهری به صورت عددی بیان خواهد شد و همچنین میزان وابستگی این پارامتر ها به همدیگر توضیح داده خواهد شد.

۱-۴- محدوده و قلمرو تحقیق

منطقه ی مورد مطالعه در این تحقیق شهر سنندج مرکز استان کردستان می باشد که مربوط به زون ۳۸ شمالی سیستم تصویر UTM با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۵۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه و ۴۰ ثانیه شمالی می باشد. برطبق اطلاعات اخذ شده جمعیت این شهر در سال ۱۳۸۵، از ۳۱۱۴۴۶ نفر به ۳۷۵۲۸۰ نفر در سال ۱۳۹۰ رسیده است که از دلایل این افزایش سریع جمعیت می توان مهاجرت از دیگر شهرهای استان و حتی استان های مجاور به این شهر را اشاره کرد.

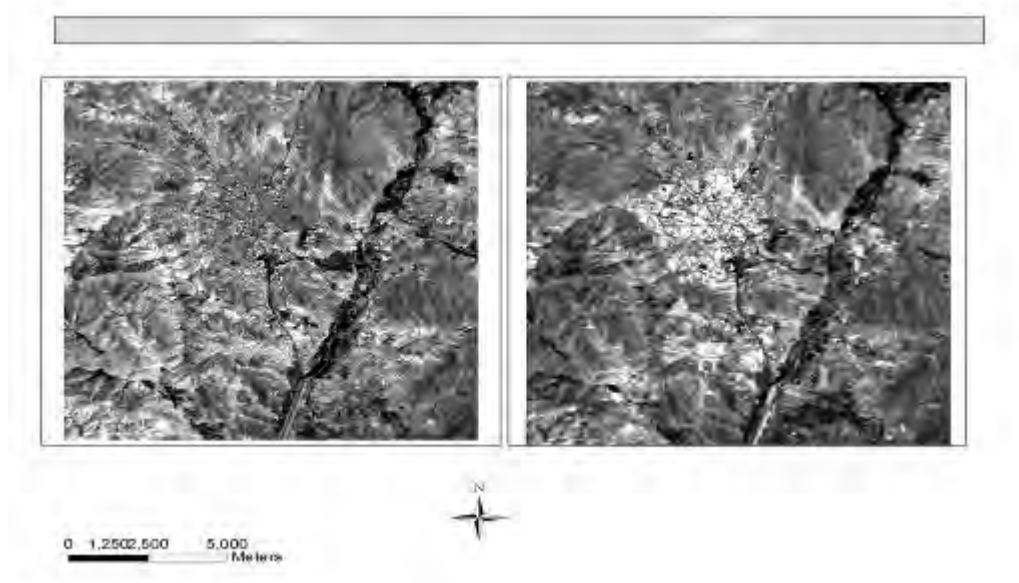
۲- روش تحقیق

در این تحقیق از روش رگرسیون منطقی برای مدلسازی توسعه فیزیکی شهرسنندج در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ استفاده می کنیم (شکل-۱). فاکتورهای موثر در

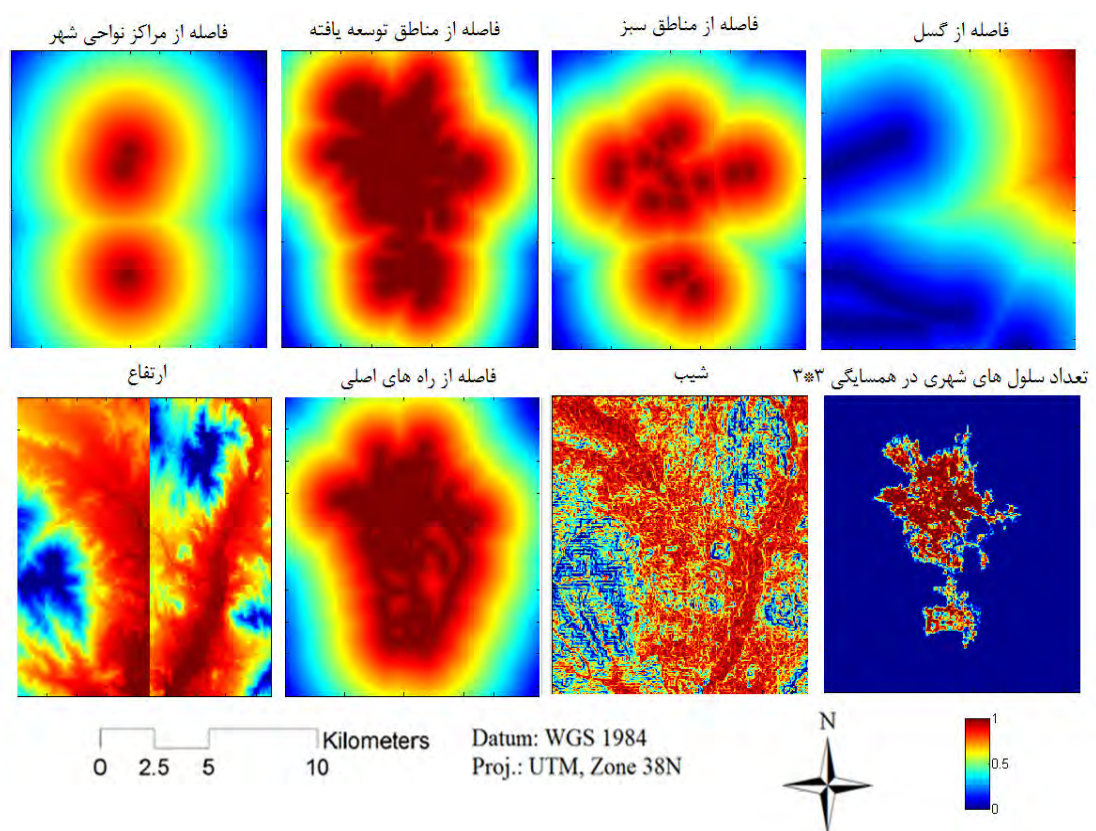
امر مدلسازی در این تحقیق عبارتند از فاصله از مناطق توسعه یافته، فاصله از راههای اصلی، فاصله از فضای سبز، ارتفاع، تعداد سلول های شهری در همسایگی ۳*۳، فاصله از گسل، فاصله از مراکز نواحی و شیب (شکل-۲). برای بدست آوردن ضرایب روش رگرسیون منطقی از ۱۰٪ داده های موجود استفاده شده است و از بقیه ۹۰٪ داده ها برای شبیه سازی فرایند استفاده می کنیم. تصاویر ماهواره ای مورد استفاده در این تحقیق مربوط به سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۰۶ می باشند و لایه های اطلاعاتی مورد نیاز اعم از نقشه های ارتفاعی، شیب ولایه کاربری اراضی شهر سنندج به فرمت شیپ فایل در نرم افزار ArcGIS 9.3 مورد استفاده قرار گرفته اند. کلیه پردازش های مربوط به تصاویر ماهواره ای در نرم افزار ENVI 4.7 انجام شده است. از روش بیشینه شباهت جهت کلاسه بندی این تصاویر استفاده شده است که دقت کلی این کلاسه بندی برای تصویر سال ۲۰۰۰ برابر با ۹۲،۶٪ و برای تصویر سال ۲۰۰۶ این مقدار برابر با ۹۴،۷۱٪ می باشد. ضریب کاپا کلاسه بندی برای دو تصویر ۲۰۰۰ و ۲۰۰۶ به ترتیب برابر با ۸۹٪ و ۹۳٪ می باشد.

۲-۱- رگرسیون منطقی

رگرسیون منطقی یک روش آماری و حالت عمومی تر از رگرسیون خطی می باشد. قبلاً این روش برای پیش بینی مقادیر باینری یا متغیرهای دارای چند مقدار گسسته (کلاس) استفاده می شد [۱۸]. روش های آماری به آسانی می توانند تاثیر متغیرهای مستقل را تشخیص دهند و حتی قابلیت اطمینانی را نیز با در نظر گرفتن مشارکت خود فراهم آورند. در بیشتر موارد، این مدل ها برازش خوبی از خود در مورد فرآیندهای مکانی و تغییر کاربری نشان می دهند [۱۹]. هدف مدلسازی رشد شهری درک فرآیند پویایی است؛ بنابراین قابلیت تفسیر مدل ها خیلی مهم است. تفسیر مدل های آماری برای آگاهی از فرآیند تغییر الگوی مکانی لازم است. فرآیند ارزیابی مدل های رگرسیون منطقی از نظر محاسباتی مانند اتوماتای سلولی پیچیده نیست، زیرا این مدل ها توانایی ارزیابی را در مقیاس های مکانی مختلف دارند [۱].



شکل ۱- تصاویر ماهواره ای سنجنده های TM و ETM⁺ مربوط به سال های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۶ شهرسندج



شکل ۲- داده های نرمالیزه شده ورودی

B_i : ضرایب موثر هر یک از پارامترهای مستقل که باید برآورده شود (جدول ۱).

خروجی تابع رگرسیون منطقی، ارائه دهنده احتمال توسعه شهری با استفاده از متغیرهایی است که عناصر آنها توابع نمایشی هستند.

ضرایب مختلف در این روش با استفاده از روش سرشکنی کمترین مربعات قابل تعیین هستند. جدول ۱ - ضرایب بدست آمده از رگرسیون منطقی و جدول ۲ وابستگی بین پارامترهای ورودی را نمایش می‌دهد.

جدول ۱- ضرایب بدست آمده از رگرسیون لجستیک

متغیر	ضرایب
فاصله از مراکز نواحی	۵,۴۳۸
فاصله از مناطق مسکونی	۷,۸۵۱
فاصله از فضای سبز	-۵,۹۶۹
ارتفاع	۰,۲۴۹
شیب	-۰,۳۲۲
فاصله از راه اصلی	۱۵,۰۹۰
فاصله از گسل	۰,۲۱۲
تعداد سلول های شهری در همسایگی ۳*۳	۳,۱۱۴
مقدار ثابت	-۲۲,۶۱۶

به دلیل اینکه ماهیت تغییر کاربری اراضی گسسته است، روش معمول جهت تقریب آن، تابع رگرسیون منطقی بوده که در آن احتمال اینکه هر پیکسل دچار توسعه شود مشخص می گردد. در مدلسازی به این روش، مشاهدات، پیکسل ها می باشند. متغیرهای وابسته در اینجا وضعیت دوتایی صفر و یک دارند که نشان دهنده شهری یا غیرشهری بودن آن پیکسل در بازه زمانی مربوطه خروجی مدل است. رابطه نشان دهنده تابع رگرسیون منطقی است. [۱] به دلیل اینکه ماهیت تغییر کاربری اراضی گسسته است، روش معمول جهت تقریب آن، تابع رگرسیون منطقی بوده که در آن احتمال اینکه هر پیکسل دچار توسعه شود مشخص می گردد. متغیرهای وابسته در اینجا وضعیت دوتایی صفر و یک دارند که نشان دهنده شهری یا غیرشهری بودن آن پیکسل در بازه زمانی مربوطه خروجی مدل است. رابطه ۱ نشان دهنده تابع رگرسیون منطقی است. [۱]

$$P = \frac{\exp(B_0 + \sum_{i=1}^n B_i X_i)}{1 + \exp(B_0 + \sum_{i=1}^n B_i X_i)} \quad (1)$$

که در آن P : احتمال توسعه شهری هر سلول

X_i : متغیرهای موثر در توسعه شهری

B_0 : پارامتر ثابت که باید برآورد شود

جدول ۲ - ماتریس کواریانس

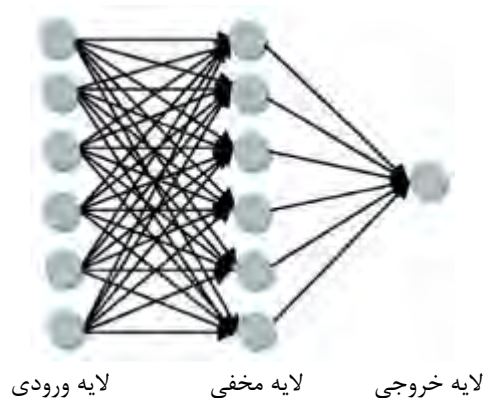
تعداد سلول های شهری در همسایگی ۳*۳	فاصله از گسل	فاصله از راه اصلی	شیب	ارتفاع	فاصله از مناطق سبز	فاصله از مناطق توسعه یافته	فاصله از مراکز نواحی عامل
-۰,۰۵۶	۰,۴۳۳	-۰,۲۰۷	۰,۰۵۷	-۰,۰۶۵	-۰,۳۷۱	-۰,۲۱	۱
-۰,۰۴۷	۰,۰۰۲	-۰,۲۱۰	-۰,۱۱۳	۰,۱۵۷	-۰,۲۰۹	۱	
-۰,۰۶۰	-۰,۱۰۹	-۰,۴۱۸	۰,۰۳۰	-۰,۱۴۰	۱		
-۰,۰۶۳	۰,۳۴۶	-۰,۰۷۲	-۰,۲۸۰	۱			
-۰,۰۹۵	۰,۰۷۳	-۰,۰۰۳	۱				
۰,۰۲۹	-۰,۲۵۷	۱					
۰,۰۳۱	۱						
۱							

امدن ابزارهایی جهت توسعه مدل های مبتنی بر آگاهی، برای توصیف و مدلسازی و پیش بینی فرایندهای مختلف شهری شده است. به کمک علم محاسبات نرم می توان راه حل های کم هزینه و مناسب برای مسائل پیچیده محیطی، طراحی نمود. در سال های اخیر مدلسازی پویای شهری به عنوان یکی

۲-۲- شبکه عصبی مصنوعی

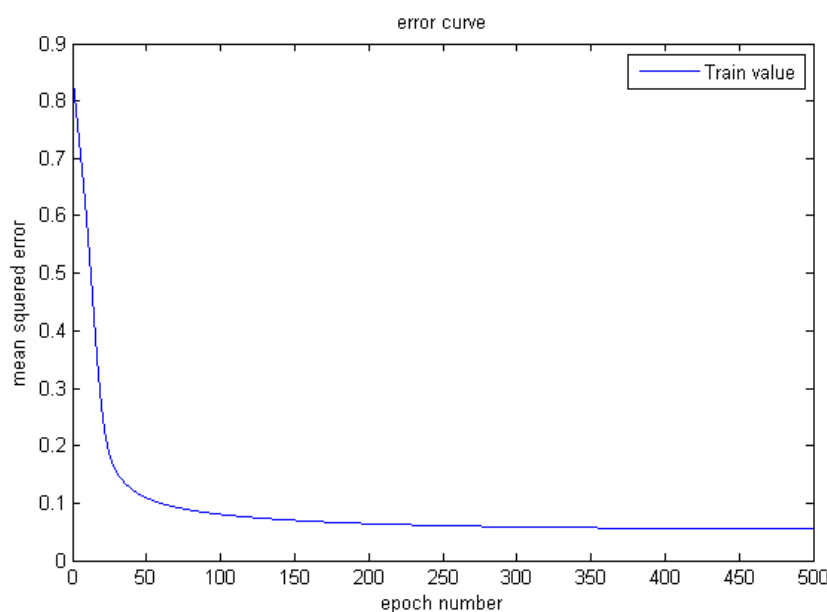
یکی از زمینه های جدید محاسبات نرم در علوم شهری مدلسازی های محیط شهری می باشد. تلفیق الگوریتم ها و سیستم های خبره با سیستم های اطلاعات مکانی باعث بوجود

شبکه عصبی مصنوعی بکار گرفته شده را نمایش می دهد. همانطور که گفته شد، ۱۰٪ کل داده ها به عنوان داده ی آموزشی انتخاب شدند. به منظور ایجاد امکان مقایسه، دو مدل روش رگرسیون منطقی و شبکه عصبی مصنوعی با یک سری داده آموزشی یکسان (۱۰٪ داده ها) آموزش دیده اند.



شکل ۳- معماری شبکه عصبی چند لایه

از موضوعات اولیه تحقیق در سیستم اطلاعات مکانی مطرح شده است [۴]. از این روش های زیادی جهت مدل سازی فرایند توسعه شهری به کار گرفته شده است. شبکه های عصبی مصنوعی به دلیل داشتن امکان یادگیری، درک الگو ها را ممکن می سازد. شبکه های عصبی مصنوعی ابزاری قدرتمند هستند و در حوزه های مختلفی کاربرد دارند که به عنوان نمونه می توان زمینه طبقه بندی کاربری زمین [۲۲،۲۱،۲۰]، طبقه بندی الگو [۲۳،۲۴]، پیش بینی آب و هوا [۲۵،۲۶] و سنجش از دور [۲۷،۲۸] و مدلسازی تغییر کاربری اراضی [۲۹،۳۱،۹] را ذکر کرد. این شبکه ها شامل سه لایه می باشند: ورودی، میانی و خروجی (شکل ۳). از این نوع شبکه ها جهت تشخیص ارتباطات غیر خطی استفاده می شود [۳۰]. ورودی شبکه عصبی در مورد مدلسازی توسعه شهری، پارامترهای موثر در توسعه شهر و خروجی آن شهری یا غیرشهری بودن می باشد (شکل ۳). این روش به نوبت در داده ها حساس نیست و اطلاعاتی را ایجاد می کند که برای داده هایی که قبلا دیده نشده اند، می توان به کار رود [۳۰]. شکل ۴ نحوه آموزش



شکل ۴- نحوه آموزش شبکه عصبی با داده های آموزشی

۲-۳- ارزیابی نتایج بدست آمده

درصد تناظر صحیح یکی از روش های ارزیابی مدل های توسعه شهری، روش درصد تناظر صحیح است. در واقع این روش فقط حالت خاصی را از ماتریس مقایسه در نظر می گیرد که شامل موارد زیر است [۱].

- ۱- در واقعیت توسعه شهری رخ داده است و مدل توانسته توسعه شهری را مدلسازی کند. جدول ۳ ماتریس مقایسه
- ۲- در واقعیت توسعه شهری رخ نداده است و مدل نیز این پدیده را به درستی مدلسازی کرده است. در این روش فقط از پارامترهای روی قطر اصلی ماتریس مقایسه (جدول ۳) یعنی A و D جهت ارزیابی استفاده می-

شود که این از نقایص روش درصد تناظر صحیح محسوب می شود. مقدار در صد تناظر صحیح از رابطه ۲ قابل محاسبه است [۸].

$$PCM = \frac{A + D}{A + B + C + D} \quad (۲)$$

مدل	واقعیت		
	تغییر	عدم تغییر	جمع
تغییر	A (TP)	B (FP)	A+B
عدم تغییر	C (FN)	D (TN)	C+D
جمع	A+C	B+D	A+B+C+D

ضریب کاپا

روش مناسب در ارزیابی مدل های توسعه شهری، روشی است که نه تنها از تعداد سلول هایی که مدل شبیه سازی آنها را به درستی انجام داده استفاده کند، بلکه باید از تعداد سلول هایی که عمل شبیه سازی آن ها به درستی

انجام نشده نیز استفاده کند. ضریب کاپا [۳۲]، روش آماری دیگری است که جهت ارزیابی مدل های توسعه شهری و بطور کلی در سطح وسیعی در مسائل مکانی بکار گرفته می شود. این ضریب میزان سازگاری مدل شبیه سازی شده و واقعیت را نشان می دهد که در واقع درصد موفقیت یک مدل را با در نظر گرفتن حالت تصادفی بیان می کند [۲۹]. به عبارت دیگر به کمک این ضریب می توان میزان شباهت دو نقشه در پخش مکانی را اندازه گرفت. این روش از روش درصد تناظر صحیح مناسب تر است چرا که از کلیه عناصر ماتریس مقایسه جهت بررسی سازگاری لایه شبیه سازی شده و واقعیت استفاده می کند. (جدول ۴) نشان دهنده شکل عمومی جدول احتمال وقوع است که برای محاسبه ضریب کاپا از آن استفاده می شود و عناصر آن از ماتریس مقایسه بدست می آیند. ضریب کاپا با استفاده از رابطه ۵ قابل محاسبه است [۳۲].

جدول ۴- جدول احتمال وقوع

واقعیت	مدل					جمع
	کلاس	1	2	...	C	
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}
جمع		P_{T1}	P_{T2}	...	P_{TC}	1

پررنگ تر و حائز اهمیت تر شده است [۳۳]. این معیار عبارتست از یک عبارت کسری که صورت آن تعداد پیکسل هایی هستند که مدل و داده واقعی هردو تغییر آنها را نشان داده است و مخرج کسر نیز برابر است با اجتماع پیکسل هایی که یا مدل تغییر در آنها را نمایش داده است و یا در واقع تغییر کرده اند.

$$P(A) = \sum_{i=1}^C P_{ii} \quad (۳)$$

$$P(E) = \sum_{i=1}^C P_{iT} \cdot P_{Ti} \quad (۴)$$

$$KS = \frac{P(A) - P(E)}{1 - P(E)} \quad (۵)$$

درجه تناسب

پونتیوس در سال ۲۰۰۸ برای اولین بار این روش را معرفی کرد. در این روش علاوه بر در نظر گرفتن تعداد پیکسل ها، مکان پیکسل ها هم مورد اهمیت قرار گرفته است. در واقع کیفیت ارزیابی نقشه شبیه سازی شده نسبت به نقشه واقعی، در این معیار اندازه گیری بسیار

$$Figure\ of\ Merit = \frac{B}{A + B + C + D} \quad (۶)$$

A: در واقع تغییر کرده ولی مدل عدم تغییر را نشان می دهد

B: مدل و داده واقعی هردو تغییر را نشان داده اند

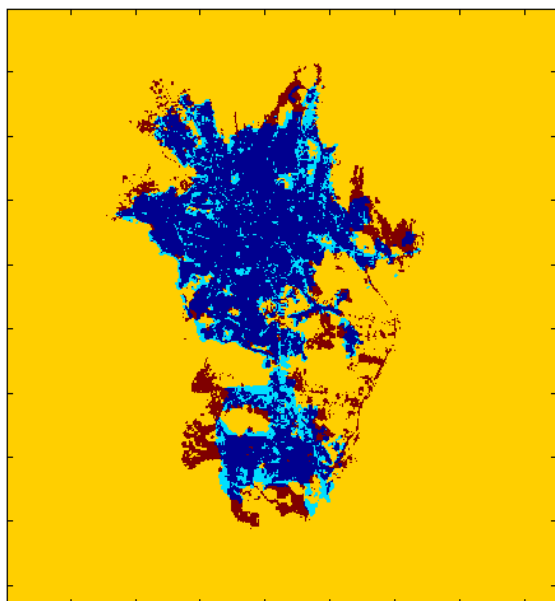
C: در واقع تغییر کرده ولی مدل تغییر را به کاربری

دیگری پیش بینی کرده است

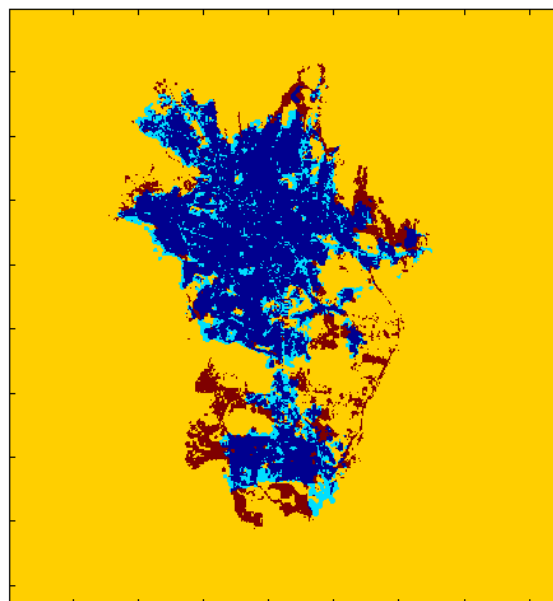
D: در واقع تغییر نکرده است ولی مدل تغییر را نشان می دهد
نتایج حاصل از مدل سازی به صورت زیر در جدول ۵ و
شکل ۵ نمایش داده شده است. شکل ۵ حاصل همپوشانی

نقشه واقعی ۲۰۰۶ و نقشه شبیه سازی شده با روش
رگرسیون منطقی و شبکه عصبی مصنوعی می باشد.

نتیجه شبیه سازی نقشه ۲۰۰۶ با روش رگرسیون منطقی



نتیجه شبیه سازی نقشه ۲۰۰۶ با روش شبکه عصبی مصنوعی



Datum: WGS 1984
Proj.: UTM, Zone 38N
0 1 2 4 Km



شکل ۵- نتیجه شبیه سازی نقشه ۲۰۰۶ با روش های رگرسیون منطقی و شبکه عصبی مصنوعی

جدول ۵- نتایج شبیه سازی

روش	درصد تناظر صحیح	کاپا (درصد)	درجه تناسب (درصد)
رگرسیون لجستیک	۹۳,۷۰	۷۳,۹۸	۶۳,۴۵
شبکه عصبی مصنوعی	۹۳,۵۵	۷۳,۱۶	۶۲,۴۹

۳- نتیجه گیری

در این تحقیق براساس تصاویر ماهواره ای، سیستم اطلاعات مکانی و رگرسیون منطقی مدلسازی توسعه شهری شهر سنندج انجام گرفت. پارامترهای موثر در این مدلسازی عبارتند از: فاصله از مناطق توسعه یافته، فاصله از راههای اصلی، فاصله از فضای سبز، ارتفاع، شیب، تعداد سلول های شهری موجود در همسایگی ۳*۳، فاصله از گسل و فاصله از مراکز نواحی شهر. بر اساس نتایج بدست آمده در جدول ۲، وابستگی بین داده های ورودی بیشتر از ۰,۵ نبوده است و بنابراین فرض مستقل بودن پارامترهای

کاپا بدست آمده در روش رگرسیون منطقی برابر ۷۳,۹۸٪ و در روش شبکه عصبی مصنوعی برابر ۷۳,۱۶٪ می باشد که براساس کارهای گذشته [۲۹] می توان گفت که مدلسازی با هر دو روش در دسته مدلهای با دقت خیلی خوب دسته بندی می شوند. همچنین اختلاف نقشه های شبیه سازی شده با دو روش شبکه عصبی و رگرسیون منطقی در معیار درجه تناسب حدود ۱٪ می باشد که تا حدودی این اختلاف معنی دار است. اما در دو معیار در صد تناظر صحیح و کاپا این اختلاف در حد ۰,۵٪ می باشد.

رگرسیون منطقی ایفا کرده اند و بنابراین کم تاثیر ترین عوامل در توسعه شهر به حساب می آیند. دقت شبیه سازی در معیار کاپا، برای دو روش رگرسیون منطقی و شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب برابر با ۷۳٫۹۳٪ و ۷۳٫۱۶٪ می- باشد که بر اساس تحقیقات گذشته [۲۹] این دو مدل در دسته مدل‌های خیلی خوب دسته بندی می شوند.

ورودی، فرض درستی بوده است. براساس نتایج بدست آمده فاصله از راه اصلی و مناطق توسعه یافته به ترتیب بیشترین ضرایب را در معادله رگرسیون منطقی دارند و بنابراین موثرترین عوامل در توسعه شهری شهر سنندج در بازه ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ می باشند و از طرف دیگر فاصله از گسل و ارتفاع به ترتیب کم ترین ضرایب را در معادله

مراجع

- [۱] طیبی، امین. (۱۳۸۸). پیش بینی و ارزیابی تغییر کاربری اراضی شهری. پایان نامه کارشناسی ارشد، دلاور، محمودرضا. پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، گروه مهندسی نقشه برداری.
- [2] B. Pijanowski, L. Iverson, C. Drew, H. Bulley, J. Rhemtulla, M. Wimberly, A. Bartsch and J. Peng (2010). "Addressing the interplay of poverty and the ecology of landscapes: A grand landscape ecologists? Landscape Ecology Vol 25, pp. 5-16 challenge topic"
- [3] Foot, D., (1981) "Operational Urban Models: An Introduction" Methuen London.
- [4] Yang, X., and Lo, C. P. (2003). "Modeling urban growth and landscape changes in the Atlanta metropolitan area" International Journal of Geographical Information Science, Vol 17, pp. 463-488.
- [۵] فروتن، ا. (۱۳۹۱). مدلسازی توسعه شهری با استفاده از تلفیق خود کاره های سلولی، منطق فازی و الگوریتم زنتیک. پایان نامه کارشناسی ارشد، دلاور، محمودرضا. پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، گروه مهندسی نقشه برداری
- [6] Jenks, M. and E. Burton, (2000) "Achieving Sustainable Urban Form" Spon Press, 2000.
- [7] Rakodi, C., (2001), "Forget planning, put politics first? Priorities for urban management in developing countries," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 3(3), pp. 209-223.
- [8] Pijanowski, B.C., D.T. Long, S.H. Gage and W.E. Cooper. (1997). "A Land Transformation Model" Conceptual Elements, Spatial Object Class Hierarchies, GIS Command Syntax and an Application to Michigan's Saginaw Bay Watershed. Land Use Modeling Workshop. Sioux Falls, South Dakota, June 3-5, 1997. Sponsored by NCGIA and USGS.
- [9] Pijanowski, B.C., B. Shellito and S. Pithadia. (2002). "Using artificial neural networks, geographic information systems and remote sensing to model urban sprawl in coastal watersheds along eastern Lake Michigan." Lakes and Reservoirs, Vol 7, pp. 271-285.
- [10] Tayyebi. A., M. Delavar and B. Pijanowski. (2009). "A novel approach for urban growth boundary simulation." International Journal of Environmental Research. Vol 10, pp. 493-502
- [11] Batty, M. and Y. Xie, (1994), "From cells to cities," Environment and Planning B, Vol. 21(7), pp. 31-48.
- [12] White, R. and G. Engelen, (1997), "Cellular automata as the basis of integrated dynamic regional modelling," Environment and Planning B, Vol. 24(2), pp. 235-246 .
- [13] Clarke, K. C. and L. J. Gaydos, (1998) , " Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore," International Journal of Geographical Information Science, Vol. 12(7), pp. 699-714.
- [14] Méaille, R. and L. Wald, (1990), "Using geographical information system and satellite imagery within a numerical simulation of regional urban growth," International Journal of Geographical Information System, Vol. 4(4), pp. 445-456.
- [15] Hu, Z., Lo, C., (2007). "Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression." Computers, environment and urban systems. Vol 31(6), pp. 667-688.

- [16] Tayyebi, A., M. Delavar, M. Yazdanpanah, B. Pijanowski, S. Saeedi and D. Tayyebi. (2009). "A spatial logistic regression model for simulating land use patterns: A case study of the Shiraz metropolitan area of Iran." In *Advances in Earth Observations of Global Change*, Emilio Chuvieco, Jonathan Li and Xiaojun Yang, eds. Springer-Verlag.
- [17] Li, X., Yang, Q. S., and Liu, X. P. (2007). "Genetic algorithms for determining the parameters of cellular automata in urban simulation." *Science in china series d earth sciences-english edition*, Vol 50, pp. 1857-1866.
- [18] Shan, J., Alkheder, S., and Wang, J. (2008). "Genetic algorithms for the calibration of cellular automata urban growth modeling." *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol 74(10), pp. 1267-1277.
- [19] Irwin, E. G., and Geoghegan, J. (2001). "Theory, data, methods: developing spatially explicit economic models of land use change." *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol 85, pp. 7-23.
- [20] Zhang, X, Kang, T, Wang, H, and Sun, Y, (2010). "Analysis on spatial structure of land use change based on remote sensing and geographical information system." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol 12, pp. 145-150
- [21] Zhang L, and Zhen Y, (2006). "An artificial neural network model of the landscape pattern in Shanghai metropolitan region, China." *Frontiers of Biology in China*, Vol 1(4), pp. 463-469
- [22] Brown, D. G., Lusch, D. P., and Duda, K. A. (1998). "Supervised classification of glaciated landscape types using digital elevation data." *Geomorphology*, Vol 21(3-4), pp. 233-250.
- [23] Fisher M.M., and Abrahart R.J., (2000). "Neurocomputing – tools for geographers." In *Geocomputation*, Openshaw S., Abrahart R.J. (eds) (New York: Taylor & Francis), pp.187-217.
- [24] Ritter, N., Logan, T., and Bryant, N., (1988). "Integration of neural network technologies with geographic information systems." *Proceedings of the GIS symposium: integrating technology and geoscience applications* (pp. 102-103). 1998, Denver, Colorado. United States Geological Survey, Washington, D. C.
- [25] Panagoulia D, (2006). "Artificial neural networks and high and low flows in various climate regimes." *Hydrological Sciences Journal*, Vol 51(4), pp. 563-587
- [26] Drummond, S., Joshi, A., and Sudduth, K. (1998). "Application of neural networks: precision farming." *IEEE Transactions on Neural Networks*, pp. 211-215.
- [27] Atkinson, P., and Tatnall, A. (1997). "Neural networks in remote sensing." *International Journal of Remote Sensing*, Vol 18(4), pp. 699-709.
- [28] Morris J., Porter D., Neet M., Noble P. A., Schmidt L., Lapine L. A., and Jensen J.R., (2005). "Salt and brackish marsh characterization at North Inlet, SC using LIDAR- derived elevation data and land cover extracted from multispectral imagery using a neural network." *International Journal of Remote Sensing*, Vol 26, pp. 5221-5234.
- [29] Pijanowski, B. C., S. Pithadia, B. A. Shellito, and K. Alexandridis. (2005). "Calibrating a neural network-based urban change model for two metropolitan areas of the Upper Midwest of the United States." *International Journal of Geographical Information Science*, Vol 19, pp. 197-215
- [30] Skapura, D., (1996). "Building neural networks". New York, ACM Press
- [31] Tayyebi, A., Pijanowski, B. C., and Tayyebi, A. M., (2011). "An urban growth boundary model using neural networks, GIS and radial parameterization: An application to Tehran, Iran," *Landscape and Urban Planning*, Vol 100, pp. 35-44
- [32] Sousa, S., Caeiro, S. and Painho, M. (2002). "Assessment of map similarity of categorical maps using Kappa Statistics: The Case of Sado Estuary." Paper presented at the ESIG 2002, Tagus Park, Oeiras.
- [33] Pontius Jr., R.G., Boersma, W., Castella, J.C., Clarke, K., de Nijs, T., Dietzel, C., Zengqiang, D., Fotsing, E., Goldstein, N., Kok, K., Koomen, E., Lippitt, C.D., McConnell, W., Pijanowski, B., Pithadia, S., Sood, A.M., Sweeney, S., Trung, T.N., Veldkamp, A.T., Verburg, P.H., (2008), "Comparing the input, output, and validation maps for several models of land change." *Annals of Regional Science*, Vol 42, pp. 11 – 47.