

## مدل سازی توسعه شهری بجنورد با استفاده از رگرسیون لجستیک

محمد اجزاشکوهی<sup>۱</sup>، لیا شاددل<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد، گروه جغرافیا، رشته برنامه ریزی شهری  
<sup>۲</sup>دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد، گروه جغرافیا، رشته برنامه ریزی شهری  
تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۵

### چکیده

توسعه ناموزون شهرها، یکی از مسائل مهم در کاربری زمین است و پیش بینی توسعه شهری همیشه به سادگی امکان پذیر نیست بلکه به مدل هایی نیاز دارد که ماهیت پیچیده فرآیندهای شهری را مدنظر قرار دهند. رگرسیون لجستیک یک مدل پیش بینی کننده تجربی است. تعیین وزن عوامل محرک بر مبنای داده های تجربی به جای استفاده از دانش کارشناسان از مزایای این مدل است و همچنین توانایی واردسازی متغیرهای بیشتری را داراست که از برتری هایش می باشد؛ لذا با توجه به اهمیت موضوع در این مقاله به مدل سازی توسعه شهری بجنورد با استفاده از رگرسیون لجستیک در طی دوره ۲۸ ساله پرداخته می شود و از نظر ماهیت و روش ترکیبی از روش های تحقیق اسنادی و توصیفی-تحلیلی است که از ۹ متغیر مستقل شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از جاده، فاصله از سطوح آبی، فاصله از کاربری صنعتی، فاصله از سطوح ساخته شده و فاصله از اراضی بایر برای مدل سازی استفاده می کند. میزان  $Pseudo-R^2$  و ROC به ترتیب ۰,۲۸۳۵ و ۰,۹۳۳۵ بدست آمد که در محدوده مورد قبولی قرار دارند؛ بنابراین مدل سازی تایید می گردد. حساسیت سنجی مدل برای شناخت میزان تأثیر متغیرها با استفاده از روش حذف هر کدام از متغیرهای مستقل در هر بار اجرای مدل نشان دهنده تأثیر بیشتر متغیرهای جهت شیب و فاصله از سطوح آبی در مدل سازی است و مناطق جنوب شهر و مناطق غیرشهری بلافاصل مناسب ترین مناطق برای توسعه آینده هستند.

**واژه های کلیدی:** بجنورد، توسعه شهری، رگرسیون لجستیک، مدل سازی

### مقدمه

اماکن مسکونی در مناطق پیرامونی شهر علاوه بر ایجاد محیط زیست نامناسب برای ساکنان، باعث افزایش هزینه توسعه تاسیسات و خدمات شهری برای مدیریت شهری می گردد (زنگنه شهرکی، ۱۳۸۶: ۱۵). در زمان ما گسترش کالبدی ناموزون شهرها یکی از مسائل مهم را در کاربری زمین به وجود می آورد (شکویی، ۱۳۸۵: ۲۱۳). برنامه ریزان شهری جهت ارزیابی سیاست های محلی به فهم پویایی های تغییر کاربری زمین نیاز دارند (Martinez and Morales, 2012: 35). با توجه به مسئله گسترش شهرها، تامین اراضی مناسب برای توسعه شهری از مسائل مهم برای برنامه ریزان است و برای آن که بتوان رشد آینده شهر را به صورت برنامه ریزی شده در جهات مناسب هدایت کرد آگاهی از چگونگی رشد شهر در دوره های مختلف الزامی است (زنگنه شهرکی و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۸۴).

### بیان مسئله

فضاهای شهری تا سال ۲۰۲۵ میلادی افزون بر ۵ میلیارد نفر جمعیت خواهند داشت، که بیش از ۷۵ درصد جمعیت جهان را در خود جای خواهند داد (ضرابی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲). اگرچه رشد شهری برای اقتصاد پایدار ضروری است اما رشد کنترل نشده سبب ایجاد مشکلات جدی می گردد (Allen and Lu, 2003: 1). نمی توان از توسعه شهرها ممانعت به عمل آورد، چرا که شهرها نیز همچون موجودات زنده به وجود می آیند، رشد می کنند و بزرگ می شوند. عواملی نظیر رشد جمعیت و مهاجرت نیز توسعه فیزیکی را تسریع می کنند (صدوق و فهیم، ۱۳۹۳: ۱۲۳). توسعه پراکنده

\*نویسنده مسئول: shokouhim@ferdowsi.um.ac.ir

از شهرهای در حال توسعه آسیا (۱۶۰ نفر در هکتار) و شهرهای ثروتمند آسیا (۱۴۰ نفر در هکتار) است که نشان از گسترش افقی شهر دارد (پورمحمدی و قربانی، ۱۳۸۸: ۸۹).

مطالعه روند گسترش و توسعه آتی شهر می‌تواند راهنما برنامه‌ریزان جهت شناسایی روند توسعه و کمک به آنان برای ارائه برنامه‌های توسعه شهری و خدمات رسانی به شهروندان باشد؛ بنابراین، این پژوهش با رویکرد مدل‌سازی توسعه شهری آینده شهر بجنورد انجام می‌گیرد، که در این راستا با توجه به توانایی‌های رگرسیون لجستیک در ارائه مدل‌های پیش‌بینی کننده از این مدل استفاده می‌گردد.

#### پیشینه پژوهش

رشد شهر از آنجا که با یکی از محدودترین منابع در دسترس انسان یعنی زمین سر و کار دارد، از موضوعات مهم در برنامه ریزی شهری است (قرخلو و زنگنه شهرکی، ۱۳۸۸: ۲۲). تاکنون تحقیقات در زمینه مدل‌سازی گسترش شهری در قالب مطالعات گوناگون صورت گرفته است. در هریک از این پژوهش‌ها از متغیرها و روش‌های مختلفی با توجه به نیازها، اهداف و فرضیات مورد نظر محققین استفاده شده است. جدول ۱ دسته‌بندی تحقیقات انجام شده داخلی و خارجی را بر مبنای روش مورد استفاده نشان می‌دهد.

پیش‌بینی توسعه شهری همیشه به سادگی امکانپذیر نیست بلکه توسعه به مدل‌هایی نیاز دارد که ماهیت پیچیده فرآیندهای شهری را برای تعیین مرزهای شهری مدنظر قرار دهد (Pijanowski et al., 2002; Tayyebi et al., 2010) زیرا کاملاً قطعی است که تغییر در مرزهای شهری ماهیت بسیار پیچیده‌ای دارد (Evans and Kelley, 2007; Triantakonstantis and Mountrakis, 2012).

رگرسیون لجستیک یک مدل پیش‌بینی کننده تجربی است که در آن تکنیک‌های آماری برای مدل‌سازی ارتباطات بین تغییرات پوشش زمین و محرک‌ها بر مبنای داده‌های تاریخی استفاده می‌شوند (Lin et al., 2005; Zeng et al., 2008). رگرسیون لجستیک به‌طور گسترده‌ای برای توسعه نقشه‌های احتمالی تغییر کاربری زمین در مناطق شهری بکار می‌رود (Wu, 2002; Verborg et al., 2004). از مزایای این مدل، تعیین وزن عوامل محرک بر مبنای داده‌های تجربی و همچنین وارد سازی متغیرهای بیشتر می‌باشد (Hoymann, 2010).

با تفکیک استان خراسان در سال ۱۳۸۳، شهر بجنورد به عنوان مرکز استان خراسان شمالی مورد تصویب قرار گرفت و تبدیل شهر به مرکز استان باعث افزایش مهاجرت به شهر گردید (مهندسین مشاور نقش جهان، ۱۳۸۹) به گونه‌ای که بررسی تراکم‌های جمعیتی شهر بجنورد در دهه‌های اخیر نشان می‌دهد که تراکم ناخالص جمعیتی ۶۵٫۳ نفر در هکتار، کمتر

جدول ۱: دسته‌بندی تحقیقات داخلی و خارجی انجام شده بر مبنای روش

روش	محققان	داخلی/خارجی	نتایج
	آتاک <sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۴)	خارجی	الگوی فضایی رشد شهری را در منطقه دیدیم ترکیه تحلیل کردند و در نهایت نقشه احتمالی رشد شهری برای ارائه سناریو قابل فهم الگوهای رشد شهری تولید گردید. همچنین بیان کردند انتظار می‌رود که این تحلیل تصویری کلی از الگوهای رشد شهری برای حمایت از تصمیم‌گیرندگان ارائه کند.
	هو و لو <sup>۲</sup> (۲۰۰۷)	خارجی	برای کشف ارتباط بین رشد شهری و عوامل محرک در آتلانتا، مدل‌سازی رشد شهری را انجام دادند. آنها نقشه‌ای از رشد

1. Atak

2. Hu and Lu

شهری را ارائه کردند که برای پیش‌بینی آینده الگوهای شهری استفاده می‌شود؛ همچنین عنوان کردند که رگرسیون لجستیک برای تحلیل‌های چند مقیاس مناسب است و فهم عمیق‌تری را از نیروهای پیشران رشد و شکل‌گیری الگوهای فضایی شهری فراهم می‌آورد.			رگرسیون لجستیک
گسترش شهری شهرکرد را طی دوره ۳۰ ساله ۸۵-۵۵ مدل‌سازی فضایی کردند. برای این کار از ۸ متغیر مستقل استفاده شد و نواحی مناسب برای گسترش آبی ارائه گردید. بر این مبنا نواحی شمالی، شمال غربی و شمال شرقی مناسب‌ترین نواحی برای گسترش شهرکرد هستند.	داخلی	کرم و همکاران (۱۳۸۹)	
با اتخاذ رهیافت اطلاعات محور به مدل‌سازی توسعه شهری گرگان با استفاده از ۱۰ متغیر مختلف رشد شهری پرداختند. در این تحقیق، الگوی رشد شهری منطقه مورد مطالعه را برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۲۰، ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ استخراج نمودند و برای ارزیابی صحت مدل از روش ROC استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد از میان متغیرهای موثر، متغیر کاربری فعلی (به ویژه تبدیل زمین‌های زراعی و مرتعی) نقش مهمی در رشد شهر گرگان داشته است.	داخلی	کامیاب و همکاران (۱۳۸۹)	
مدل توسعه شهری لاس وگاس را ارائه دادند و شبیه‌سازی گسترش هندسی مرزهای پویای شهری در طول دوره زمانی ۱۰ ساله ی ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ انجام دادند و توصیف می‌کنند که مدل توسعه شهری ۲۰۱۰-۲۰۰۰ چگونه می‌تواند برای برنامه‌ریزی آینده در توسعه شهری استفاده شود.	خارجی	طیبی <sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۴)	رگرسیون لجستیک، سنجش از دور و GIS
توسعه شهری آینده لاگوس (نیجریه) را مدل‌سازی کردند. مدل کالیبراسیون برای دوره ۲۰۰۰-۱۹۸۴ جهت پیش‌بینی نقشه ی ۲۰۰۵ استفاده شد و پیش‌بینی سال ۲۰۳۰ توسط نتایج بدست آمده سال ۲۰۰۵ ارائه شد.	خارجی	ایبون <sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۲)	
به تلفیق رگرسیون لجستیک، زنجیره مارکف و مدل‌های ماشین‌های سلولی برای شبیه‌سازی توسعه شهری و تجزیه و تحلیل گسترش حومه منطقه کلانشهر تهران پرداختند و با ایجاد سطح احتمال گسترش شهر برای سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۶ نقشه شبیه‌سازی شده توسعه آبی را استخراج کرده و نشان دادند موج جدیدی از توسعه برون شهری در مجاورت مرزهای غربی کلانشهر تهران در طول دهه‌های بعدی در حال شکل‌گیری است.	خارجی	جوکار ارسجانی <sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۲)	رگرسیون لجستیک به همراه سایر روش‌ها
به مدل‌سازی توسعه شهری سنندج با روش رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی مصنوع اقدام کردند که در پایان به مقایسه عملکرد دو مدل پرداخته شده است. معیارهای کاپا، درجه تناسب و درصد تناظر صحیح جهت ارزیابی عملکرد مدل‌های پیشنهادی به کار گرفته شدند و بیان کردند که این دو مدل در دسته مدل‌های خیلی خوب دسته‌بندی می‌شوند.	داخلی	محمدی و دلاور (۱۳۹۳)	

1. Tayyebi
2. Eybon
3. Jokar Arsajani

به مدل‌سازی کاربری اراضی شهری اصفهان پرداخت. در این پژوهش از ۲ عکس ماهواره‌ای به فاصله زمانی ۱۱ سال برای بررسی تغییرات کاربری اراضی استفاده شده است. با بررسی پتانسیل سلول‌ها و لایه‌های مکانی درجه تمایل توسعه به سمت اراضی غیر شهری برای تبدیل به اراضی شهری و گسترش سریع آن در شهر اصفهان مشخص می‌شود.	داخلی	کیوانلو (۱۳۹۱)	Cellular Automata
به مدل‌سازی الگوی کاربری اراضی شهری در مشکین شهر پرداختند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است و با استفاده از مدل کمی CLUE-S به پیش‌بینی الگوهای آتی کاربری اراضی در قالب دو سناریو تغییرات آهسته و زیاد با محوریت افزایش کاربری‌های مسکونی و عمومی پرداخته شد.	داخلی	بابایی اقدام و همکاران (۱۳۹۰)	CLUE-S
به شبیه‌سازی رشد فیزیکی شهری شهرکرد اقدام کردند. آزمایش این مدل برای یک دوره ۳۵ ساله انجام گرفت. احتمالات تبدیل کلی از روش زنجیره مارکوف و همچنین جداول شرایط منحصر به فرد حاصل از روش WOE بدست آمد. مدل شبیه‌سازی برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهری تا سال ۲۰۲۵ برای سناریوهای مختلف برنامه ریزی محاسبه گردید.	داخلی	صادقی و همکاران (۱۳۹۰)	سلول‌های خودکار شهری، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی

در تحلیل‌های چند متغیره چنانچه متغیر وابسته در حالتی باشد، مدل رگرسیون لجستیک استفاده می‌شود. با توجه به اینکه متغیر وابسته (رشد و گسترش شهری در طی دوره ۹۴-۶۶) مدل مورد استفاده از نوع گسسته و دو وجهی می‌باشد؛ لذا از مدل رگرسیون لجستیک استفاده گردید که معمولاً حالت وجود با عدد یک و عدم وجود با عدد صفر بیان می‌گردد که با استفاده از این مدل پیش‌بینی احتمال متغیر وابسته در دامنه‌ای از صفر تا یک قرار می‌گیرد (کرم و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۸). بنابراین به آن دسته از نواحی که در آنها طی سه دوره ۷۴-۶۶، ۸۹-۷۴ و ۹۴-۸۹ رشد شهری صورت گرفته است عدد یک و به نواحی که در آنها رشد شهری صورت نگرفته است عدد صفر تعلق می‌گیرد. سپس لایه‌های عوامل موثر بر رشد و گسترش شهر در محیط GIS تهیه شد و در مرحله سوم جهت استاندارد سازی لایه‌ها از روش فازی در نرم افزار IDRISI استفاده گردید. جدول ۲ تاریخ برداشت تصاویر و ماهواره‌های قابل استفاده را نشان می‌دهد.

سوابق نشان می‌دهد که متناسب با شرایط، کشورهای مختلف پژوهش‌های متنوعی را در زمینه مدل‌سازی گسترش شهری انجام داده‌اند. این امر نشان دهنده اهمیت و اثرگذاری توسعه شهری بر کیفیت حل مشکلات شهری است و افزایش پراکندگی مکانی سکونت‌گاه‌های شهری ممکن است منجر به تهدیدات اجتماعی، فیزیکی و طبیعی گردد (Jenks and Burton, 2000; Rakodi, 2001)

### روش تحقیق

این پژوهش، بر مدل‌سازی توسعه شهری آینده بجنورد تاکید دارد که در این راستا از رگرسیون لجستیک بهره می‌گیرد و از نظر ماهیت و روش ترکیبی از روش‌های تحقیق اسنادی و توصیفی-تحلیلی است. در ابتدا تصاویر شهر بجنورد با استفاده از داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای لندست در طی دوره‌های زمانی ۱۳۹۴-۱۳۶۶ جهت سنجش تغییرات کاربری زمین تعیین شدند و پردازش‌های مربوط به تصاویر ماهواره‌ای در نرم افزار ENVI انجام گردید.

جدول ۲: تاریخ برداشت تصاویر و ماهواره‌های قابل استفاده

ردیف	نوع تصویر	سال (میلادی)
۱	لندست TM	۱۹۸۷
۲	لندست TM	۱۹۹۵
۳	لندست ETM	۲۰۱۰
۴	لندست ETM	۲۰۱۵

گرفت و ۹ متغیر مورد استفاده قرار گرفتند. جدول ۳ متغیرهای اثرگذار در توسعه شهری را به عنوان متغیرهای مستقل نشان می‌دهد.

در نهایت متغیر وابسته و متغیرهای مستقل (عوامل موثر بر توسعه شهری) در نرم‌افزار IDRISI با استفاده از رگرسیون لجستیک مدل‌سازی شدند. جهت مدل‌سازی پیشنهادی تحقیق مورد مطالعه قرار

جدول ۳: متغیرهای اثرگذار در توسعه شهری

ردیف	متغیر
۱	شیب
۲	جهت شیب
۳	ارتفاع
۴	فاصله از اراضی کشاورزی
۵	فاصله از جاده‌ها
۶	فاصله از سطوح آبی
۷	فاصله از کاربری صنعتی
۸	فاصله از سطوح ساخته شده
۹	فاصله از اراضی بایر

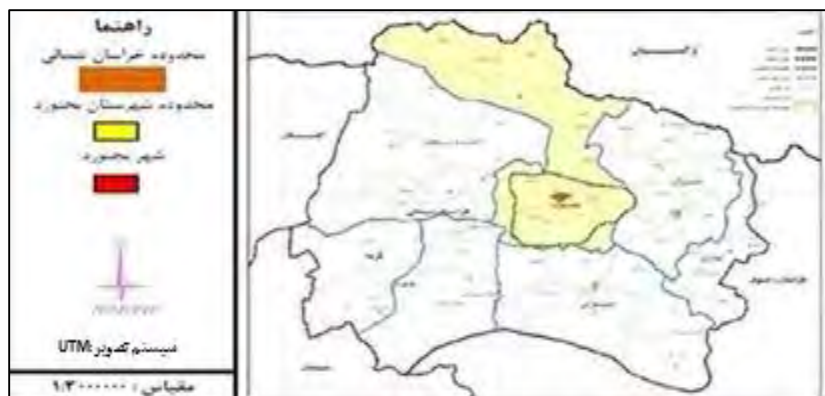
منبع: (نظریان، ۱۳۷۹؛ شیعه، ۱۳۸۶؛ پورمحمدی، ۱۳۸۶؛ ستایشی‌نزاز و همکاران، ۱۳۹۳؛ Mc Arthur, 2006; Dewan and Yamguchi, 2009;

قبول آن بین ۰,۲-۰,۴ است (کامیاب و همکاران، ۱۳۸۹:۹۱).

#### محدوده مورد مطالعه

شهر بجنورد در سال ۱۳۸۳ با تقسیم استان خراسان، به‌عنوان مرکز استان خراسان شمالی انتخاب گردید. شهر بجنورد در ۲۰، ۵۷ طول و ۲۹ و ۳۷ عرض جغرافیایی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۰۷۰ متر است که از جهت شمال و شرق با مسیل چند رودخانه محدود شده است (مهندسین مشاور نقش جهان، ۱۳۸۹). شکل ۱ موقعیت سیاسی و اداری شهرستان و شهر بجنورد را نشان می‌دهد.

خروجی مدل نشان دهنده توسعه شهری آینده است. هر قدر ارزش سلول به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان دهنده این است که آن نقطه قابلیت بیشتری برای شهر شدن دارد و هر قدر به صفر نزدیک‌تر باشد قابلیت توسعه شهری آن کمتر است. خروجی دیگر رگرسیون لجستیک ROC و Pseudo-R<sup>2</sup> است. ROC نشان دهنده توافقی کامل مکانی بین نقشه رشد شهری پیش‌بینی شده و میزان واقعی رشد شهری است که میزان قابل قبول آن بین ۰,۸-۱ می‌باشد. ارزش ۰,۵ برای این معیار بیان‌کننده تصادفی بودن موقعیت‌ها است (Lo and Hu, 2007). Pseudo-R<sup>2</sup> نشان دهنده رضامندی مدل است که محدوده قابل



شکل ۱: موقعیت سیاسی و اداری شهرستان و شهر بجنورد در استان خراسان شمالی

(منبع: معاونت برنامه‌ریزی استانداری خراسان شمالی، ۱۳۹۳)

و یا شهری میانی شناخته می‌شود (سجادی و پارسی پور، ۱۳۹۲: ۹۴). در جدول ۴ تحولات جمعیت شهر بجنورد طی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۰ نشان داده شده است.

به استناد نتایج اولیه سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰، جمعیت شهر بجنورد حدود ۲۰۰ هزار نفر است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). به طوری که این شهر در طبقه جمعیتی شهرهای ۱۰۰ تا ۴۹۹ هزار نفری واقع شده و به عنوان شهری با جمعیت متوسط

جدول ۴: تحولات جمعیتی بجنورد طی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۰

سال	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰
جمعیت	۳۱۲۴۷	۴۷۷۱۹	۹۳۳۹۲	۱۳۴۸۳۵	۱۷۶۸۲۶	۲۰۰۰۰۰

منبع: مهندسین مشاور نقش جهان، ۱۳۸۹

در هر سال حدود ۱۰۰ هکتار بر مساحت شهر افزوده شده است و به عبارتی تراکم ۴۰ نفر در هکتار (علی آبادی و علی آبادی، ۱۳۸۸: ۲۸). جدول ۵ تراکم ناخالص شهری و مساحت شهر را از سال ۱۳۲۰ تا ۱۳۹۰ نشان می‌دهد.

شهر بجنورد به دلیل شرایط جغرافیایی-اقتصادی و به ویژه ارتقا به مرکزیت استان در سال‌های اخیر رشد جمعیتی بالایی داشته است. روند تحولات جمعیتی شهر در دهه‌های اخیر نشان دهنده مهاجرپذیر بودن شهر است. بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۸ به ازای حدود ۴۰۰۰ نفر اضافه جمعیت سالانه،

جدول ۵: تراکم ناخالص شهری طی سال‌های ۱۳۲۰ تا ۱۳۹۰

سال	۱۳۲۰	۱۳۳۵	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰
تراکم ناخالص	۱۵۳٫۶	۱۳۵٫۵	۱۱۵٫۷	۱۰۸٫۶	۱۲۱٫۲	۸۲٫۴۶	۶۵٫۲۷	۶۳٫۹۸
مساحت شهر (هکتار)	۱۹٫۵	۱۴۲	۲۷۰	۴۵۰	۷۷۰	۱۶۵۳	۲۸۵۴	۳۱۲۶

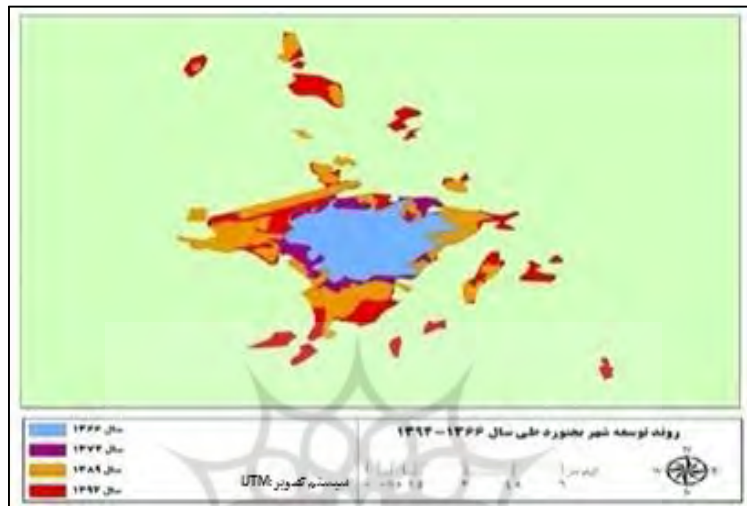
منبع: مهندسین مشاور نقش جهان، ۱۳۸۹

مسکونی احداث شدند. در دوره پهلوی دوم و تا سال ۱۳۴۰، محدوده شهر همان محدوده تعیین شده توسط باروی دوران قبل از قاجار بود و شهر الگوی شطرنجی و تک هسته‌ای داشت. نقطه عطف در توسعه شهر بجنورد، دهه ۱۳۵۰ و ۱۳۴۰ است که

هسته اولیه شهر در سال ۱۱۰۰ هجری قمری در بستری هموار و کم عارضه‌ای بنا گردید و محدودیت‌های طبیعی موثری که سبب فشردگی بافت شود، وجود نداشته است. در دوره پهلوی اول در قسمت جنوب غربی شهر ساختمان‌های جدید

اراضی در شمال جاده بجنورد-گرگان، جنوب نیروگاه، حوالی فرودگاه، غرب شهر و حتی به ارتفاعات دور از بافت مسکونی شهر نیز کشیده شده است. در شکل ۲ روند توسعه شهر بجنورد در دوره مورد بررسی ۱۳۶۶-۱۳۹۴ نشان داده شده است (مهندسین نقش جهان، ۱۳۸۹).

جمعیت شهر به دلیل اصلاحات ارضی افزایش یافت و تاثیر این افزایش ناگهانی جمعیت بر کالبد شهر، توسعه به سمت جنوب بود. در دوران پس از انقلاب، توسعه کالبدی در غرب شهر بود. از سوی دیگر اراضی قابل توجهی نیز توسط نهادها و ارگان‌های تحت نظارت دولت به امر مسکن اختصاص یافته است. این



شکل ۲: روند توسعه شهر بجنورد در دوره ی ۱۳۶۶-۱۳۹۴

### تحلیل تغییرات کاربری زمین

در ابتدا سنجش تغییرات کاربری زمین در طی دوره ی ۲۸ ساله در نرم افزار IDRISI انجام شد. جدول ۶ تغییرات مساحت کاربری زمین را نشان می‌دهد.

### یافته‌های پژوهش

بعد از مطالعه ادبیات تحقیق و تعیین متغیرهای مستقل اثرگذار بر توسعه شهری، به مدل‌سازی توسعه شهری سال ۱۴۰۴ اقدام گردید. در ادامه مراحل انجام شده توضیح داده می‌شود.

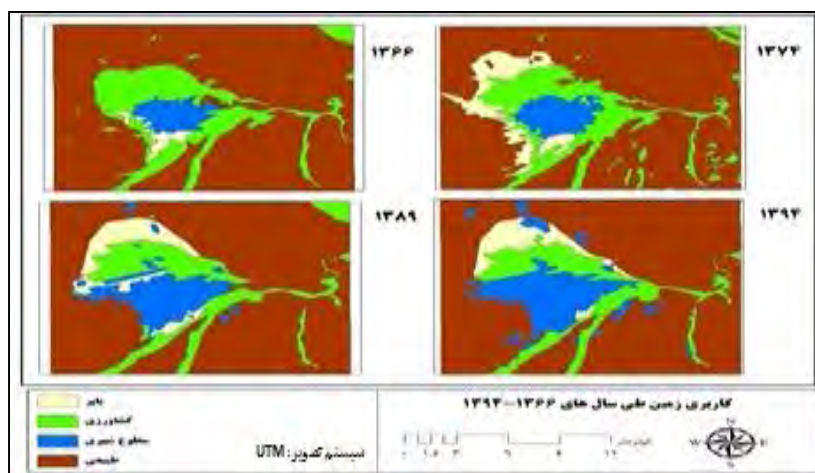
جدول ۶: تغییرات مساحت کاربری زمین طی دوره ۲۸ ساله ۱۳۶۶-۱۳۹۴

ردیف	کاربری	سال ۱۳۶۶	درصد	سال ۱۳۷۴	درصد	سال ۱۳۸۹	درصد	سال ۱۳۹۴	درصد
۱	بایر	۴۰۴,۷۱	۱,۳۷	۱۹۷۰,۲۷	۶,۶۶	۱۷۸۶,۶۶	۶,۰۴	۱۴۰۶,۳۶	۴,۷۶
۲	ساخته شده	۱۱۶۴,۳۴	۳,۹۴	۱۴۴۱,۱۸	۴,۸۷	۲۷۱۳,۱۲	۹,۲۴	۳۶۴۲,۱۳	۱۲,۳۲
۳	طبیعی	۲۲۷۶۸,۸۲	۷۷,۰۱	۲۱۲۱۲,۵۸	۷۱,۷۵	۲۰۹۳۰,۰۳	۷۰,۷۹	۲۰۹۱۶,۴۲	۷۰,۷۴
۴	کشاورزی	۵۲۲۸,۵۹	۱۷,۶۸	۴۹۴۲,۴۲	۱۶,۷۲	۴۱۱۸,۶۳	۱۳,۹۳	۳۶۰۱,۴۵	۱۲,۱۸
	کل محدوده	۲۹۵۶۶,۴۵	۱۰۰	۲۹۵۶۶,۴۵	۱۰۰	۲۹۵۶۶,۴۵	۱۰۰	۲۹۵۵۵,۴۵	۱۰۰

دوره کاهش یافته‌اند. مساحت اراضی بایر نیز در دوره ۲۰ ساله ۱۳۷۴-۱۳۹۴ کاهش یافته است، هر چند میزان تغییر اراضی کشاورزی اندک بوده است ولی اراضی کشاورزی به صورت غیرمستقیم ابتدا به اراضی

همانطور که جدول ۶ نشان می‌دهد اراضی ساخته شده شهری در طی دوره ۲۸ ساله افزایش یافته به گونه‌ای که مساحت آن ۳ برابر شده است و در اثر توسعه شهری، اراضی طبیعی و کشاورزی در این

بایر و سپس شهری تغییر یافته‌اند. شکل ۳ کاربری‌های زمین شهر بجنورد را در سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۴، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۴ نشان می‌دهد.

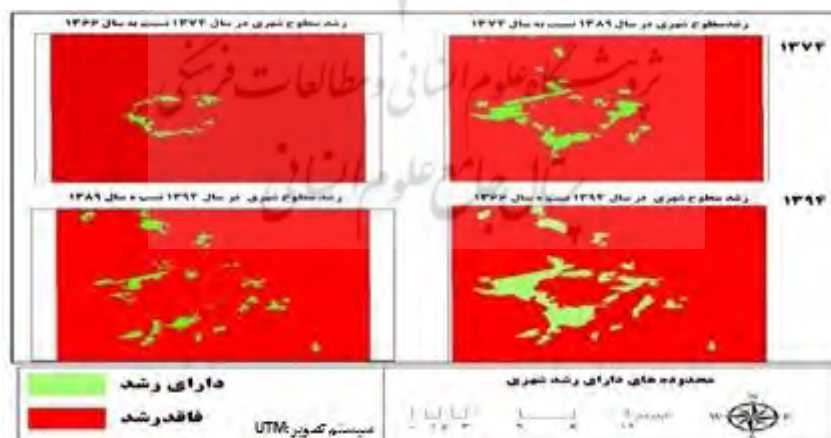


شکل ۳: کاربری‌های زمین در سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۴، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۴

زمین در سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۴، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۴ نقشه تغییرات سطوح شهری بین دوره‌های ۱۳۷۴-۱۳۶۶، ۱۳۸۹-۱۳۷۴، ۱۳۹۴-۱۳۸۹ و ۱۳۹۴-۱۳۶۶ به صورت نقشه بولین (۰ و ۱) ایجاد گردید و وارد مدل شد. شکل ۴ نشان دهنده محدوددهای رشد شهری در دوره‌های مذکور است.

#### نواحی دارای رشد شهری

در رگرسیون لجستیک متغیر وابسته گسسته بولین (دوگانه) است و همانگونه که ذکر گردید نواحی دارای توسعه شهری به عنوان متغیر وابسته مطرح هستند به طوری که نواحی دارای رشد شهری ارزش ۱ و نواحی که رشد شهری در آنها صورت نگرفته است ارزش صفر می‌گیرند. با استفاده از نقشه‌های کاربری



شکل ۴: نواحی دارای رشد شهری

شیب، ارتفاع، جهت شیب، فاصله از اراضی بایر، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از جاده، فاصله از سطوح

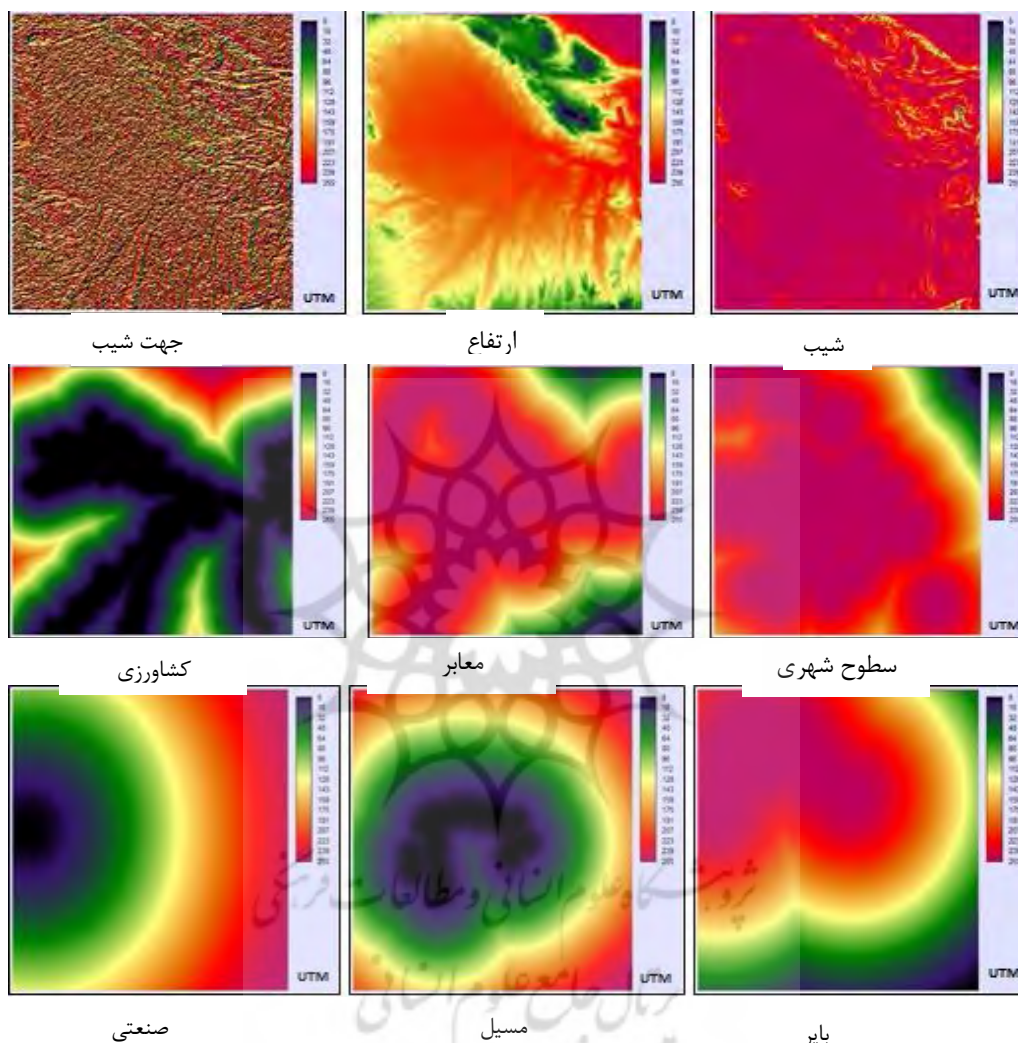
عوامل اثرگذار بر توسعه شهری: همانگونه که ذکر گردید عوامل اثرگذار بر توسعه شهری به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. این عوامل عبارتند از:



نمودن نقشه‌ها در نرم‌افزار IDRISI استفاده گردید شکل ۵ نقشه متغیرهای مستقل اثرگذار در توسعه شهری بجنورد را نشان می‌دهد. در این نقشه‌ها هرچه به صفر نزدیک‌تر شود امتیاز کمتری برای توسعه می‌گیرد.

آبی، فاصله از کاربری صنعتی و فاصله از سطوح ساخته شده شهری.

از آنجا که برای مدل‌سازی به نقشه‌های یکسانی نیاز داریم و نقشه‌های متغیرهای مستقل انواع مختلفی دارند؛ لذا از روش فازی جهت استانداردسازی و یکسان

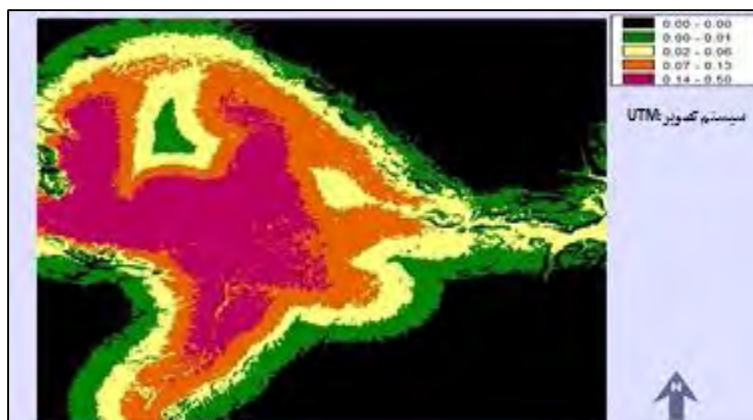


شکل ۵: نقشه عوامل اثرگذار بر توسعه شهری

### مدل‌سازی رشد شهری

انجام گرفت. شکل ۶ مدل‌سازی توسعه شهری را در سال ۱۳۹۴ نشان می‌دهد. نقشه احتمالاتی رشد شهری در طیف ۰-۱ قرار دارد. مناطق نزدیک به یک دارای احتمال بیشتر و مناطق نزدیک به صفر احتمال کمتری برای توسعه شهری دارند.

بعد از یکسان‌سازی نقشه متغیرهای مستقل، داده‌ها جهت مدل‌سازی توسعه شهری وارد مدل رگرسیون لجستیک شدند. مدل‌سازی توسعه شهری برای سال ۱۳۹۴ با استفاده از نقشه سال ۱۳۶۶ و برای سال ۱۴۰۴ با استفاده از نقشه سال ۱۳۹۴

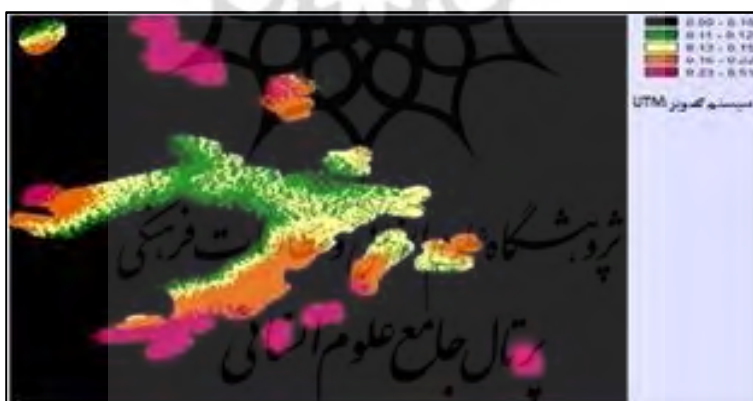


شکل ۶: مدل‌سازی توسعه شهری در سال ۱۳۹۴

میزان Pseudo-R2 و ROC برای این مدل به ترتیب ۰,۲۸۳۵ و ۰,۹۳۳۵ بدست آمد که در محدوده مورد قبول قرار دارند و بنابراین مدل‌سازی تایید می‌گردد. برای مدل‌سازی توسعه شهری در سال ۱۴۰۴ مانند سال ۱۳۹۴ عمل گردید. مناطقی که در سال ۱۳۹۴ احتمال تبدیل به شهر را داشته‌اند در نقشه پیش‌بینی سال ۱۴۰۴ به کاربری شهری تبدیل شده‌اند.

جهت مدل‌سازی رشد شهری در سال ۱۳۹۴، ۹ متغیر مستقل و متغیر وابسته مناطق دارای رشد شهری در سال ۱۳۶۶ مورد استفاده قرار گرفتند. معادله رگرسیونی مدل‌سازی به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \text{Logit (urban change 1987-2015)} = & -5023.8671 - \\ & 0.001496 * \text{barren} - 0.000677 * \text{aspect} - \\ & 0.016919 * \text{farm} - 0.008448 * \text{elevation} + \\ & 0.012006 * \text{road} + \\ & 0.013690 * \text{river} + 0.000591 * \text{industry} + \\ & 19.681037 * \text{urban} + 0.009549 * \text{slope} \end{aligned}$$



شکل ۷: مدل‌سازی توسعه شهری در سال ۱۴۰۴

حساسیت سنجی هریک از متغیرهای مستقل به ترتیب حذف و مدل با متغیرهای باقیمانده اجرا می‌گردد و میزان ROC در هر بار مدل‌سازی محاسبه می‌گردد و میزان اثرگذاری هر یک از متغیرهای مستقل در توسعه شهری تعیین می‌شود.

جدول ۷ میزان ROC هریک از متغیرها را هنگام حذف و اجرای مدل بدون آن متغیر را نشان می‌دهد.

همانگونه که مشخص است مناسب ترین مناطق برای توسعه شهری مناطق جنوبی شهر و مناطق بلافضل غیرشهری هستند.

#### حساسیت سنجی مدل

جهت شناسایی عوامل اثرگذار در توسعه شهری، ارزیابی حساسیت سنجی مدل انجام گرفت. در

اراضی کشاورزی، شیب، فاصله از سطوح ساخته شده شهری و ارتفاع بیشترین تاثیر را در توسعه شهری دارند.

همانگونه که مشخص است فاصله از سطوح آبی و جهت شیب بیشترین اثرگذاری را در توسعه شهری آینده دارند. سپس به ترتیب متغیرهای فاصله از جاده، فاصله از اراضی بایر، فاصله از کاربری صنعتی، فاصله از

جدول ۷: میزان ROC هر یک از متغیرهای مستقل

متغیر	شیب	بایر	ارتفاع	کشاورزی	جاده	سطح آبی	صنعتی	شهری	جهت شیب
میزان ROC	۰,۹۳۴۵	۰,۹۳۴۱	۰,۹۳۶۹	۰,۹۳۵۲	۰,۹۳۴۰	۰,۹۲۹۲	۰,۹۳۴۵	۰,۹۳۶۳	۰,۹۲۹۷

### نتیجه‌گیری

روشی بهینه جهت مدل‌سازی توسعه شهری استفاده شود.

شهر بجنورد به دلیل تبدیل شدن به مرکز استان، در دهه‌های اخیر توسعه زیادی را تجربه کرده است و بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۸ به از حدود ۴۰۰۰ نفر اضافه جمعیت سالانه، در هر سال حدود ۱۰۰ هکتار بر مساحت شهر افزوده شده است؛ بنابراین با توجه به قابلیت مدل رگرسیون لجستیک، مدل‌سازی توسعه شهری بجنورد برای سال ۱۴۰۴ انجام گرفت. با مطالعه پیشینه تحقیق متغیرهای مستقل اثرگذار در توسعه شهری استخراج شدند که در این مدل‌سازی عبارتند از شیب، فاصله از اراضی بایر، ارتفاع، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از جاده، فاصله از سطوح آبی، فاصله از کاربری صنعتی، فاصله از سطوح ساخته شده شهری و جهت شیب.

مدل‌سازی سال ۱۳۹۴ نشان می‌دهد مناطقی که احتمال تبدیل به شهر را دارند در نقشه پیش‌بینی توسعه شهری در سال ۱۴۰۴ به کاربری شهری تبدیل شده‌اند؛ بنابراین صحت مدل‌سازی برای توسعه آینده تایید می‌گردد؛ همچنین ROC و Pseudo-R2 در محدوده مورد قبولی قرار دارند و برای شناخت میزان تاثیرگذاری عوامل رشد شهری یا همان متغیرهای مستقل از روش حذف مرحله‌ای متغیرهای مستقل در هربار مدل‌سازی استفاده شد که مشخص گردید متغیرهای جهت شیب و فاصله از سطوح آبی بیشترین اثرگذاری را دارند و مناسب‌ترین مناطق برای

شهرها، محیط‌های پویایی هستند که رو به گسترش و توسعه بوده و برای گسترش فضایی آتی خود به اراضی مناسب نیاز دارند. برنامه‌ریزی و ارزیابی تناسب زمین برای توسعه آتی شهر تا حد زیادی به بررسی روند گذشته متکی است. مدل‌ها ابزاری برای شناسایی تغییرات کاربری زمین هستند و مدل رگرسیون لجستیک توانایی واردسازی متغیرهای بیشتری را داراست که از برتری‌های این مدل می‌باشد؛ همچنین این مدل دارای مزیت‌هایی مانند کشف رابطه بین تغییر کاربری زمین و رشد شهری با عوامل سببی به صورت کمی است که به ما توانایی تشخیص متغیرهای موثر در توسعه شهری را می‌دهد. بررسی مطالعات تجربی نیز نشان دهنده کاربرد مهم رگرسیون لجستیک در مدل‌سازی فضایی گسترش شهری است. به طوری که کرم و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که این روش می‌تواند با دقت نسبتاً بالایی (۰/۸۹) گسترش فضایی شهرکرد را مدل‌سازی نماید. نقشه‌های حاصل از مدل مذکور نواحی با احتمال گسترش فضایی بر مبنای روند گذشته را مشخص نمود و نواحی مناسب را برای گسترش آتی نیز ارائه کرد؛ همچنین محمدی و دلاور (۱۳۹۳) مدل‌سازی توسعه شهری سنندج را با استفاده از این روش انجام دادند. آنها بیان کردند که این روش به دلیل ساختار ساده و همچنین عملکرد مطلوبی که در مدل‌سازی محیطی نشان داده است می‌تواند به عنوان

توسعه شهری بجنورد، سمت جنوب شهر و سپس مناطق غیر شهری بلافصل هستند.

### منابع

۱. بابایی اقدم، فریدون، نورالدین عظیمی و ایرج حسینی. ۱۳۹۰. مدل‌سازی الگوی کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل CLUE-S (مطالعه موردی: مشکین شهر). چشم انداز جغرافیایی و مطالعات انسانی، دوره ششم، شماره چهاردهم، رشت.
۲. پورمحمدی، محمدرضا. ۱۳۸۶. برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری. چاپ سوم، تهران، انتشارات سمت.
۳. پورمحمدی، محمدرضا. رسول قربانی. ۱۳۸۸. ابعاد و راهبردهای پارادایم متراکم‌سازی فضاهای شهری. فصلنامه مدرس، دوره هفتم، شماره دوم، تهران.
۴. زنگنه شهرکی، سعید. ۱۳۸۶. بررسی پراکنش افقی شهر تهران و تاثیر آن بر زمین‌های کشاورزی پیرامون. رساله کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. استاد راهنما: احمد پور احمد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، گروه جغرافیا.
۵. زنگنه شهرکی، سعید. علی کاظم‌زاده و سیروس هاشمی دره بادامی. ۱۳۹۳. تحلیل زمانی-مکانی گسترش کالبدی شهر مشهد و پایش تغییرات کاربری اراضی اطراف. پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، دوره دوم، شماره چهارم، تهران.
۶. ستایشی نسا، حسن. شهرام روستایی و مجتبی عمرانی دورباش و نرگس زارع پیشه. ۱۳۹۳. بررسی تنگناهای ژئومورفولوژیکی و تاثیر آن بر توسعه فیزیکی شهر با استفاده از GIS و روش AHP (مطالعه موردی: شهر گیوی). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، دوره دوم، شماره چهارم، تبریز.
۷. سجادی، ژیلا. حسن پارسی پور. ۱۳۹۲. بررسی مکان‌گزینی مسکن و اثرات آن بر الگوهای توسعه شهری مطالعه موردی: مسکن مهر بجنورد. مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره سوم، شماره هفتم، گرگان.
۸. شکوئی، حسین. ۱۳۸۵. دیدگاه‌های نو در جغرافیا شهری. چاپ نهم، تهران، انتشارات سمت.
۹. شیعه، اسماعیل. ۱۳۸۶. مقدمه‌ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری. چاپ هجدهم، تهران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
۱۰. صادقی، علی. خاطره سعیدی و علی اکبر متکان و علیرضا شکبیا و پرویز صفائیان فیروزآبادی. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی رشد فیزیکی شهر با استفاده از مدل سلول‌های خودکار شهری (Urban-CA) و GIS، RS (مطالعه موردی: شهرکرد). همایش ژئوماتیک ۹۰، تهران (سازمان نقشه برداری کشور)، ۲۶ اردیبهشت.
۱۱. صدوق، حسن. علی فهیم. ۱۳۹۳. محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی و رشد فیزیکی شهر توپسرکان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل رقومی ارتفاعی (DEM). آمایش محیط. دوره هفتم، شماره بیست و هفتم، ملایر.
۱۲. ضرابی، اصغر. حمید صابری و جمال محمدی و حمیدرضا وارثی. ۱۳۹۰. تحلیل فضایی شاخص‌های رشد هوشمند مطالعه موردی اصفهان. مجله پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، دوره هفتاد و هفتم، شماره چهل و سوم، تهران.
۱۳. علی آبادی، حسن. ندا علی آبادی. ۱۳۸۸. تغییرات کاربری اراضی زراعی و باغی روستاهای پیراشهری در فرآیند گسترش افقی شهرها (مطالعه موردی: بجنورد). همایش ملی توسعه پایدار و روستایی با تاکید بر بخش کشاورزی، ۱۸ اسفند ماه، همدان.
۱۴. قرخلو، مهدی. سعید زنگنه شهرکی. ۱۳۸۸. شناخت الگوی کالبدی فضایی شهر با استفاده از مدل‌های کمی. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره بیستم، شماره دوم، اصفهان.
۱۵. کامیاب، حمیدرضا. عبدالرسول سلمان ماهینی و سید محسن حسینی و مهدی غلامعلی فرد. ۱۳۸۹. اتخاذ رهیافت اطلاعات محور با کاربرد روش رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی توسعه شهری گرگان. مجله محیط‌شناسی، شماره ۵۴، تهران.
۱۶. کرم، امیر. شیلا حجه فروش نیا و محمدرضا حکیمی. ۱۳۸۹. مدل‌سازی فضایی گسترش شهری با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: شهرکرد). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره چهاردهم، شماره هفدهم، تهران.
۱۷. کیوانلو، اسماعیل. ۱۳۹۱. مدل‌سازی کاربری اراضی شهری با استفاده از Cellular Automata (نمونه موردی: شهر اصفهان). چهارمین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، ۲۰ و ۲۱ اردیبهشت، مشهد مقدس.
۱۸. محمدی، ساسان. محمود رضا دلاور. ۱۳۹۳. مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از روش رگرسیون لجستیک

- regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. No 21.
29. Lin, H., Lu, K.S., Espey, M., Allen, J. 2005. Modeling Urban Sprawl and Land Use Change in a Coastal Area – a Neural Network Approach. Annual Meeting, July 24–27, Providence, RI 19364, American Agricultural Economics Association (New Name 2008: Agricultural and Applied Economics Association).
  30. Lo, C.P., and Zhioung Hu, 2007. Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression, *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol 31.
  31. Martinez, F.L and Morales, Y.O. 2012. Agent-based simulation approach to urban dynamics modelling, *Scientific Information System*, Vol 79, No 173.
  32. MacArthur, D. Ian, 2002. Local Environmental Health Planning; Guidance for Local and National Authorities. WHO Regional Publications, European Series, No. 95.
  33. Pijanowski, Bryan C., Bradley 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.
  34. Rakodi, C. 2001. Forget planning, put politics first? Priorities for urban management in developing countries, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 3: 3.
  35. Tayyebi, Amin, Mohammad Reza Delavar, Javad Yazdanpanah, Pijanowski, B.C., Sara Saeedi. and Tayyebi, Amir Hossein, 2010. a spatial logistic regression model for simulating land use patterns: a casestudy of the Shiraz Metropolitan area of Iran, In: *Advances in earth observation of global change*. Netherlands: Springer, 27–42.
  36. Tayyebi, Amin, Philips Christian Perry, and Amir Hossein Tayyebi, 2014. Predicting the expansion of an urban boundary using spatial logistic regression, *Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion*, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. No 21.
  ۱۹. مهندسیین مشاور نقش جهان پارس. ۱۳۸۹. طرح توسعه و عمران (جامع) شهر بجنورد.
  ۲۰. نظریان، اصغر. ۱۳۷۹. جغرافیای شهری ایران. تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
  21. Allen, Jeffery, Kang, Lu, 2003. Modeling and prediction of future urban growth in the Charleston Region of South Carolina: a GIS-based Integrated Approach, *Conservation Ecology*, 8: 2.
  22. Atak, B.K., Erdogan, N., Ersoy, E. and Nurlu, E, 2014. Analyzing the spatial urban growth pattern by using logistic regression in Didim district, *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 15: 4.
  23. Dewan, M. Ashraf; Yamaguchi, Yasushi, 2009. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: using remote sensing to promote sustainable urbanization, *applied geography*, No. 29.
  24. Evans, T., and Kelley, H, 2007. The influence of landowner and topographic heterogeneity on the pattern of land cover change in South-central Indiana. *Geoforum*, Vol. 39.
  25. Eybon, Aniekan. Dupe Niginlola Olayinka, Peter Nwilo, Onuwa Okwuashio, Mfon Isong, and Daniel Udoudo, 2012. Modelling and predicting future urban expansion of Lagos, Nigeria from remote sensing data using Logistic regression and GIS, *International Journal of Applied Science and Technology*, 2: 5.
  26. Hoymann, Jana, 2010. Spatial Allocation of Future Residential Land Use in the Elbe River Basin, *Environ Plan B: Planning and Design*, Vol. 37.
  27. Hu, Zhiyong. C.P Lo, 2007. Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression, *Computers, environment and urban systems*. 31: 6.
  32. Jenks Mike and Elizabeth Burton, 2000. *Achieving Sustainable Urban Form*, Spon Press.
  28. Jokar Arsanjania Jamal., Macro Helbich, Wolfgang Kainz, and Ali Darvishi Bolorani, 2012. Integration of logistic

- Netherlands, Environ Plan B: Planning and Design, Vol. 31.
39. Wu, Fulong, 2002. Calibration of Stochastic Cellular Automata: The Application to Rural-Urban Land Conversions, International Journal Geography Information Science, 16: 8.
40. Zeng, Y.N., Wu, G.P., Zhan, F.B., and Zhang, H.H, 2008. Modeling Spatial Land Use Pattern Using Auto logistic Regression. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 37. Part B2. Beijing, 115.
- regression and hybrid raster-vector routines with remote sensing and GIS, International Journal of Geographical Information Science, 28: 4.
37. Triantakonstantis, Dimitrios., Giorgos Mountrakis, 2012. Urban growth prediction: a review of computational models and human perceptions, Journal of Geographic Information System, 4: 6.
38. Vrrburg, Prter, Jan R Ritsema Van Eck, Ton C.M. de Nijs, Martin J Dijst, and Paul Schot, 2004. Determinants of Land-use Change Patterns in the

