

تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون شهری کلان شهر تهران مورد مطالعه: محور تهران-ایوانکی

ایلیا لعلی نیت^۱

موسی کمانرودی کجوری^۲

تاج الدین کرمی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۰۵

چکیده

تجزیه و تحلیل پیکربندی فضایی و پویایی رشد شهری از موضوعات مهم در مطالعات شهری معاصر است. بر این اساس، در پژوهش حاضر به تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون شهری کلان شهر تهران به ایوانکی پرداخته شد. بدین منظور، ابتدا با استفاده از تصاویر سری زمانی ماهواره لندست، نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۹، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۹ با استفاده از مدل نظارت شده FUZZY ARTMAP استخراج گردید و سپس با بهره‌گیری از LCM تغییرات مربوط به کاربری‌ها - کم زیاد شدن مساحت کاربری اراضی - و همچنین با استفاده از توابع ریاضی ۷ جمله‌ای الگوی تغییرات سایر کاربری‌ها به نفع کاربری ساخته شده استخراج شد و در نهایت با استفاده از مدل سلول‌های خودکار و زنجیره‌های مارکوف به پیش‌بینی گسترش شهری در این منطقه برای سال ۱۴۱۰ پرداخته شد. نتایج حاصل نشان داد که در دوره ۳۵ ساله حدود ۳۰۴۹۵ هکتار به وسعت اراضی ساخته شده افزوده شده است که الگوی گسترش شهری در این منطقه کاملاً بر الگوی شبکه‌های ارتباطی موجود منطبق و جهتی شمال غربی به جنوب شرقی دارد. همچنین نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و پیش‌بینی پوشش اراضی نیز نشان داد که در محور شهری تهران - ایوانکی با توجه به روند رشد شهری منطقه در سال ۱۴۱۰ مساحت اراضی ساخته شده به بیش از ۵۰ هزار هکتار خواهد رسید. مطابق با نتایج، اقدامات مناسب برای کنترل تغییرات کاربری زمین به‌ویژه رشد شهر به‌منظور حفظ محیط‌زیست و تعادل اکولوژیکی منطقه نیاز است.

واژه‌های کلیدی: گسترش و الگویابی فضا، محور برون شهری، تصاویر ماهواره‌ای، توسعه شهری، محور تهران ایوانکی

۱- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران Iliia_laali@yahoo.com

۲- استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) kamanroudi@khu.ac.ir

۳- استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران karamit@khu.ac.ir

مقدمه

سطح بالاتر شهرنشینی می‌باشند، درحالی‌که نرخ شهرنشینی در کشورهای درحال توسعه بالاتر است و حدود ۵ برابر بیشتر از کشورهای توسعه یافته می‌باشد، امری قابل تأمل است. گرچه شهرنشینی شتابان در کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه امری متداول است، اما این نرخ به ویژه در چند دهه اخیر در کشورهای درحال توسعه بسیار بالاتر می‌باشد (Ndabula et al., 2014: 131).

با وقوع انقلاب صنعتی، تولید انبوه و متمرکز از یک سو و گسترش شیوه‌های ارتباطی شهر با هاله‌های پیرامونی خود، به تدریج سازمان و ساختار نوینی شکل گرفت که آشکارترین و برجسته‌ترین وجه آن به لحاظ کمی، گسترش فضایی شهر و ظهور شهرهای بزرگ و کلان شهرها بود (Pacione, 2005: 605). این امر به فعل و انفعالات پیچیده نهادی، فناورانه، جمعیتی و عوامل زیست محیطی منجر شده است و مناطق شهری را به یکی از مهم‌ترین سیستم‌های دینامیکی تبدیل نموده و پیونددهنده مشکلات زیست محیطی، جمعیتی و اقتصادی-اجتماعی است (Masek et al., 2000. Ndabula et al., 2014). این امر در طول چند دهه گذشته، عواقب منفی رشد پراکنده از لحاظ استفاده از زمین، حمل و نقل، مسکن، محیط زیست و جنبه‌های اجتماعی اقتصادی را دربر داشته است؛ بنابراین تحقیقات بسیاری در این زمینه انجام گرفته است: مصرف زمین، حمل و نقل (مسافرت طولانی با خودرو)، ترافیک و ازدحام، مصرف بنزین و آلودگی هوا، کمبود مسکن مقرون به صرفه، هزینه خدمات عمومی، کمبود آب، مشکلات در روابط اجتماعی محله، نارسایی در بهداشت عمومی و مسائل عدالت اجتماعی (Bullard, Johnson, and Torres 1999; American Farmland Trust, 1997; Kahn 2000; Speir and Stephenson 2002) که بیشتر این مطالعات به تجزیه و تحلیل تأثیر گسترش پراکنده شهر بر کیفیت زندگی پرداخته‌اند و در مطالعات خود به تأثیرات منفی رشد پراکنده در بیشتر مناطق شهری که تحت این نوع رشد قرار دارند رسیده‌اند. این نوع گسترش به سبب اثرات منفی بر محیط، منابع طبیعی، سلامت انسان و مسائل اجتماعی و اقتصادی همواره

هزاره سوم میلادی را عصر شهرنشینی نامیده‌اند (تقوایی و صابری، ۱۳۸۹: ۵۶)، زیرا جمعیت شهری جهان در سال ۱۹۷۰ به میزان ۱/۴ میلیارد نفر و در سال ۲۰۰۰ به میزان ۲/۹ میلیارد نفر بوده و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ به ۵/۱ میلیارد نفر برسد. این افزایش جمعیت شهری در جهان سوم بارزتر و با روندی تندتر در مقایسه با ممالک توسعه یافته بوده است. به نحوی که، جمعیت شهری جهان سوم از ۲۸۵ میلیون نفر (۱۶٪ کل جمعیت جهان سوم) در سال ۱۹۵۰ به یک‌باره و در روندی شتابان به ۱/۲ میلیارد نفر (۳۰ درصد کل جمعیت جهان سوم) در سال ۱۹۸۵ رسیده است (Kasarda & Crenshaw, 1991).

این روند با سیری صعودی تاکنون ادامه داشته است، به نحوی که جمعیت شهری جهان از ۰/۵۷ میلیارد (۲۹/۴ درصد از جمعیت جهان) در سال ۱۹۵۰ به ۳/۶۳ میلیارد (۵۲/۱ درصد) در سال ۲۰۱۱ افزایش یافته و انتظار می‌رود به حدود ۶/۲۵ میلیارد (۶۷/۲ درصد) در سال ۲۰۵۰ برسد. همچنین سازمان ملل تخمین زده که جمعیت شهری مناطق درحال توسعه سالانه به طور متوسط حدوداً ۲/۰۲ درصد افزایش یابد و از ۲/۶۷ میلیارد در سال ۲۰۱۱ به ۳/۹۲ میلیارد در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید (همان منبع)، درحالی‌که انتظار می‌رود جمعیت شهری جهان در مناطق توسعه یافته با اندک افزایشی از ۰/۹۶ میلیارد به ۱/۰۶ میلیارد نفر برسد (Yikang, 2013: 1). روند شتابان افزایش جمعیت در حال کلی کشورهای درحال توسعه را با مشکلات عدیده‌ای مواجه کرده است و این مشکلات با رشد شتابان جمعیت شهری بیشتر شده است (بنی فاطمه و عبدی، ۱۳۹۲: ۲). در واقع، فرآیند شهرنشینی پدیده‌ای است که در دهه‌های اخیر به طور فزاینده‌ای در کشورهای درحال توسعه متمرکز شده است. اگرچه آهنگ تغییر به طور قابل توجهی میان کشورها و مناطق، متفاوت بوده، اما در واقع همه کشورهای درحال توسعه به شدت در حال شهری شدن می‌باشند (Pacione, 2011: 4). توجه به این امر که کشورهای توسعه یافته دارای درجه یا

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (...)
 تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون‌شهری ... / ۱۲۳

می‌توانند برای ارزیابی تغییرات ساختاری الگوهای کاربری یا پوشش اراضی استفاده شوند (Weng et al., 2007). علاوه بر این، داده‌های کاربری یا پوشش اراضی به‌دست‌آمده از داده‌های سنجش‌ازدور برای هدایت رشد شهری پایدار و استراتژی‌های برنامه‌ریزی محیطی مفید هستند (Jensen et al., 2007). افزایش سطح شهرنشینی موجب بروز مشکلات زیادی در مناطق شهری شده است. این امر باعث شده که امروزه مدیریت کاربری اراضی زیرساخت‌های شهری به چالش اصلی بسیاری از برنامه‌ریزان و مدیران شهری تبدیل شود (Lotfi, 2009).

بر این اساس، پژوهش حاضر فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محور ارتباطی تهران-ایوانکی است که شهرهای پاکدشت با حدود ۲۱۰ هزار نفر، شریف‌آباد با حدود ۱۲ هزار نفر و ایوانکی با حدود ۱۲ هزار نفر قرار دارد و جزء پرتراфик‌ترین محورها در منطقه کلان‌شهری تهران است. این پدیده از دهه ۱۳۶۰ دارای نرخ رشد حدوداً ۱۰ درصدی است. الگوی گسترش این منطقه دارای تراکم پایین و گسترده با مرکز است. از آنجا که رشد و توسعه مناطق شهری در کلان‌شهر تهران از همان ابتدا بدون برنامه و طرح مشخصی صورت گرفته، باعث شده این شهر با بسیاری از مسائل و مشکلات مواجه شود و حجم زیادی از سرمایه‌های کشور صرف رفع نابسامانی‌ها و مشکلات آن شود. مهم‌ترین این مشکلات ناموزونی کیفی و کمی اجزای تشکیل‌دهنده ساختار فیزیکی به‌عنوان ویژگی دیگر روند کلان‌شهر شدن تهران، ضعف و کندی شدید توسعه روابط درون حوزه کلان‌شهری در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، سیاسی-نهادی و بالاخره کالبدی-فضائی با شهر اصلی است. مشکلات مذکور باعث ظهور و یا تشدید عوارضی همچون قطبی‌شدن و افتراق طبقات اجتماعی شده است. بنابراین حل مسائل و مشکلات و نابسامانی‌های کریدور جنوب شرقی منطقه کلان‌شهری تهران و همچنین جلوگیری از تشدید آن‌ها و ایجاد محیطی قابل زندگی در آینده، مستلزم راهبردهای کلان‌نگر است تا برنامه‌ریزی‌های

مورد نکوهش قرار گرفته است؛ بنابراین بسیار واضح است که رشد شهرها عامل مؤثر در بسیاری از چالش‌هایی است که ما در تعاملات خود با محیط با آن‌ها مواجه هستیم (Seto and Fragkias, 2005: 872). مدل‌سازی فرآیندهای فضایی ابزار قدرتمندی برای درک نیروهای پیشران پویایی مناظر شهری و ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی و اکولوژیکی سیستم‌های پویای شهری می‌باشند (Valbuena et al., 2010). این مدل‌ها یک نیاز بسیار جدی هستند که می‌توانند به‌طور مؤثر پویایی مناظر شهری را در مناطق ابر شهری شبیه‌سازی کنند و از برنامه‌ریزی شهری منطقه‌ای و توسعه پایدار در این مناطق حمایت کنند (Wu, 2004) که سهم قابل توجهی در این زمینه به لطف پیشرفت سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور شناخته‌شده است (Bhatta et al., 2010) و هر دو آن‌ها در زمینه کاربری زمین و تغییر پوشش و برای مدل‌سازی گسترش شهری (Jokar Arsanjani et al., 2013) مورد استفاده قرار گرفته‌اند. داده‌های سنجش‌ازدور که به مشاهده زمین پرداخته‌اند به این دلیل که به نظارت بلندمدت گسترش کلان‌شهرها پرداخته‌اند بسیار با ارزش هستند.

به‌خصوص اطلاعات حاصل از تصاویر با رزولوشن متوسط که منطقه گسترده‌ای از منطقه مورد مطالعه را، مورد بررسی قرار می‌دهد (Patino & Duque, 2013). مطالعات متعددی در تجزیه و تحلیل فرآیندهای رشد شهری صورت گرفته که بیشتر آن‌ها به مطالعات گذشته‌نگر بر پایه نقشه‌برداری سنتی محدود شده است (Bhatta, 2009; Pathan et al, 1993). بنابراین داده‌های سنجش‌ازدور به‌طور خاص در نواحی با تغییرات کاربری اراضی سریع، که به‌روز کردن اطلاعات با رویکردهای نقشه‌برداری سنتی مشکل و وقت‌گیر است، بسیار مهم هستند.

مطالعات زیادی در مورد استفاده از سنجش‌ازدور برای پایش تغییرات کاربری اراضی و توسعه شهری وجود دارد (Howarth, 1986; Fung & LeDrew, 1987; Martin, 1989; Li & Yeh, 1998). به‌طور خاص، داده‌های چند زمانه تغییر کاربری یا پوشش اراضی سنجش‌ازدور مبنای اطلاعاتی را فراهم می‌آورند که

عامل باعث ایجاد چالش‌های عمده‌ای برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران شهری در کشورهای در حال توسعه شده است. برای مثال، جمعیت شهری در مالزی به ۷۲ درصد رسیده و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۰ به ۷۵ درصد برسد. هدف آن پژوهش، ایجاد ارتباط بین شکاف علمی در این زمینه به وسیله توصیف و توسعه مدل‌های فضایی رشد فضایی شهر بوده است. در مقاله فوق، هشت معیار فضایی برای ارزیابی و توسعه آن مدل‌ها استفاده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده در پژوهش، این مدل‌ها به طور بالقوه می‌توانند در بررسی مناطق شهری مورد استفاده قرار گیرند. چانگ (۲۰۱۳) در پژوهشی با عنوان «درک الگوهای فضایی زمانی توسعه شهری در غرب چین در عصر پسا اصلاحات» به موضوع گسترش شهرهای چین از نظر اندازه، جمعیت و تأثیر بر سایر بخش‌ها در طی سه دهه بعد از اصلاحات اقتصادی اواخر ۱۹۳۰ پرداخته است. وی در پژوهش خود، بر روی چهار منطقه کلان‌شهری چنگو، شیان، گونمینگ و ارومچی تمرکز کرده و با استفاده از تصاویر سری زمانی ماهواره‌ای با رزولوشن بالا به تجزیه و تحلیل اطلاعات اجتماعی و اقتصادی و نقشه‌های شهری برای هر شهر و طراحی معیارهای جغرافیایی، برنامه‌ریزی شهری و علوم محیطی به منظور برآورد الگوهای شهری با توجه به تغییرات در زمان و فضا پرداخته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که نرخ متوسط تغییرات بسیار بالا بوده و تمام این چهار شهر با نرخ سالانه حدود ۲ درصد برای اولین دوره (۲۰۰۰-۱۹۸۸) و به حدود ۵ تا ۷ درصد برای سال‌های بعد از ۲۰۰۶ مواجه شده و هر شهر در طی این دوره افزایش اندازه‌ای دو برابری را تجربه نموده است. علاوه بر این، موقعیت زمین‌های شهری جدید در درجه اول در خارج از هسته اولیه و به هم پیوسته شهر قرار دارد. این یافته‌ها نشان‌دهنده ظهور یک فرم شهری چند هسته‌ای می‌باشد. الگوی کاربری زمین در درون این شهرها با برنامه‌ریزی صنعتی، مناطق تکنولوژیک و مناطق مسکونی متفاوت است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که توسعه شهری

راهبردی شهری بتواند سیاست توسعه شهری را در دستیابی به توسعه پایدار در قالب سیاست‌های استراتژیک به مرحله اجرا درآورد. از آنجایی که امروزه بررسی روند تغییرات کاربری اراضی به کاربری شهری و شناسایی پارامترهایی که در این تغییرات مؤثر می‌باشند، نقش اساسی را در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت بازی می‌کنند، در این صورت کشف روابط مؤثر در تغییر سایر کاربری‌ها به کاربری‌های شهری و همچنین پیش‌بینی روند توسعه شهرها در آینده با روش‌های دقیق و کارآمد بیش از پیش ضرورت دارد. از آنجایی که در منابع علمی داخلی از مدل‌های پویا در مسائل شهری-به‌خصوص گسترش شهرها- کمتر استفاده شده است، بنابراین ارزیابی قابلیت استفاده این مدل‌ها در مناطق مختلف می‌تواند گام مهمی در این زمینه باشد.

پیشینه پژوهش حاضر به شرح ذیل است:

اسکوک و همکاران در سال ۲۰۱۷ در پژوهشی به بررسی نقش تمرکزگرایی، رشد جمعیت و پراکنده‌رویی شهری در تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی در نروژ پرداختند. آن‌ها در آن پژوهش دریافتند که بیشتر زمین‌های کشاورزی در چند سال اخیر به مناطق ساختمانی تبدیل شده‌اند. آن‌ها بیان می‌دارند که هرچه قدر رشد جمعیت و تمرکزگرایی تسهیلات شهری در منطقه‌ای بیشتر باشد به همان نسبت نیز پراکنده‌رویی شهری و تبدیل زمین‌های کشاورزی به مناطق ساخته شده نیز بیشتر می‌باشد. علاوه بر این، زمین‌های کشاورزی موجود نیز زیر فشار بسیار بالایی برای تغییر کاربری قرار گرفته‌اند که با ادامه این روند پراکنده‌رویی شهری با یک چالش بزرگ در حفاظت از زمین‌های کشاورزی برخورد خواهد داشت.

الحادری و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی با عنوان «ادغام سیستم اطلاعات جغرافیایی و تجزیه و تحلیل گسسته در مدل‌سازی گسترش فضایی شهر در منطقه برای ایالت پمانگ مالزی» این‌گونه بیان می‌کنند که رشد سریع شهرنشینی باعث به وجود آمدن تأثیرات منفی شده و این

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون‌شهری ... / ۱۲۵

به بررسی تمرکزگرایی و فقدان روبکرد کارآمد آمایشی در ایران از دهه ۱۳۳۰ ه.ش به بعد که موجب قطبش فضایی توسعه در این پهنه سرزمینی شده، پرداخته‌اند. شهر تهران در این فرآیند به دلیل جایگاه پایتختی و تنوع و تراکم کارکردی از قطبش بیشتری برخوردار شده است. این روند فاصله روزافزون توسعه مرکز-پیرامون و مهاجرت از پیرامون به مراکز به‌ویژه منطقه و شهر تهران را در پی داشته است و اغلب به واسطه حومه و حاشیه‌نشینی فقر، موجب پراکنده‌روی فضایی و شکل‌گیری سکونتگاه‌های غیررسمی در این منطقه و این شهر شده است. این روند به‌گونه‌ای به وقوع پیوست که از سازمان‌دهی مدیریت و برنامه‌ریزی ملی، منطقه‌ای و محلی پیشی گرفت و بر آن استیلا یافت. یکی از محدوده‌های مکانی شکل‌گیری این نوع سکونتگاه‌ها در منطقه تهران، محدوده شهری اسلامشهر-رباط کریم در حاشیه جنوب‌غربی شهر تهران می‌باشد. طبق یافته‌های این تحقیق، بیشترین و کمترین میزان توسعه فیزیکی این کانون‌ها در طول این دوره، به ترتیب در اسلامشهر، گلستان، نسیم شهر، رباط کریم، صالحیه و نصیرشهر به وقوع پیوسته است. توسعه فیزیکی شتابان این کانون‌ها در این دوره، اراضی کشاورزی را به شدت بلعیده و به شهرها الحاق و ادغام نموده است.

منصوریان (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان «پوشش جمعیتی و الگوهای پوشش زمین در منطقه کلان‌شهری تهران» به بررسی پوشش جمعیتی و الگوهای پوشش زمین در منطقه کلان‌شهری تهران پرداخت و الگوی متمرکز و تک‌هسته‌ای و نیمه‌متمرکز و منظومه‌ای را مهم‌ترین الگوی رشد شهری ناشی از تحولات جمعیتی در منطقه کلان‌شهری تهران معرفی کرد.

احدنژاد و حسینی (۱۳۹۰) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی تغییرات کالبدی توسعه شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: شهر تبریز»، به تحلیل گسترش این شهر با به‌کارگیری اندازه‌گیری‌های فضایی تغییرات کاربری اراضی در محیط‌های شهری و ساختار پوشش

در غرب چین از مدل‌های سنتی پیروی می‌کند و متناسب با الگوهای رشد متناسب با ایالات متحده نیست.

دهیل (۲۰۱۴) در پژوهشی در دانشگاه ایالتی تگزاس به شبیه‌سازی رشد شهری از طریق الگوریتم AIA^۱ با هدف ساخت یک مدل برای شبیه‌سازی رشد شهری و تولید سناریوهای مختلف برای آینده پرداخت. مدل پیشنهادی پژوهش، ترکیبی از سلول‌های اتومات و مدل‌های عمل‌مبنا بوده است. آن مدل به منظور اعتباربخشی به داده‌های تجربی در سن مارکوس تگزاس اجرا شد و نتایج نشان داد که این مدل سناریوهای دقیقی را برای گسترش آینده تولید می‌کند. پژوهش فوق، با مدل‌سازی نو در زمینه گسترش شهری به پیشرفت مدل‌سازی رشد شهری کمک نموده است.

یکانگ روی (۲۰۱۳) نیز در پژوهشی با «عنوان مدل‌سازی رشد شهری بر پایه تغییرات کاربری و گسترش جاده‌ها»، به مدل‌سازی رشد شهری با تمرکز بر شبیه‌سازی کاربری اراضی و مدل‌سازی شبکه جاده‌ها و تجزیه تحلیل بین تغییرات کاربری اراضی و شبکه جاده‌ها پرداخته است.

کمانرودی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به بررسی روند پراکنده‌رویی و تغییرات فضایی شهر بابل با استفاده از داده‌های آماری و مدل هلدن پرداخته‌اند. بر اساس نتایج این پژوهش، مساحت شهر بابل از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ به صورت مستمر افزایش یافته است. براساس نتایج مدل هلدن، ۷۵ درصد افزایش وسعت این شهر در این دوره از رشد جمعیت و ۲۶ درصد آن از پراکنده‌رویی ناشی شده است. این روند موجب کاهش تراکم ناخالص، جمعیت و افزایش سرانه ناخالص زمین شهری و در نتیجه گسترش افقی و بی‌رویه این شهر شده است. پراکنده‌رویی این شهر موجب شکل‌گیری شهرک‌های مسکونی، سکونتگاه‌های غیررسمی، و ادغام روستاهای پیرامون در آن شده است.

کمانرودی و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله‌ای با عنوان فرآیند گسترش فضایی سکونتگاه‌های پیرامون کلان‌شهر تهران (مورد مطالعه: محدوده شهری اسلامشهر-رباط کریم)

1- Agent-Integrated Irregular Automata

اراضی شهری در سطح منطقه‌ای با استفاده از ابزارها و تکنیک‌های نوین و تغییرات کاربری اراضی تا سال ۱۳۹۹ با استفاده از مدل زنجیره‌های مارکوف پرداخته است.

علی‌نژاد طیبی (۱۳۸۹) در پژوهشی با عنوان «بررسی

روند توسعه کالبدی-فیزیکی شهر فیروزآباد» با استفاده از مدل AHP و در محیط نرم‌افزار ArcGIS و با بررسی لایه‌های مختلفی مثل کاربری زمین، شیب، جهت شیب، توپوگرافی، رودخانه، آثار باستانی، جاده، گسل و فاصله روستاهای اطراف با شهر، پیش‌بینی کرد که گسترش شهر در آینده به صورت خطی و در امتداد ارتفاعات نزدیک شهر و به طرف شرق و شمال شرقی صورت می‌پذیرد.

عباس‌زاده (۱۳۸۴) نیز با مقایسه درجه پراکنش یا فشردگی شهر مشهد با شهر سیدنی استرالیا در پژوهشی با عنوان «الگوسازی رشد کالبدی بافت‌های شهری در راستای توسعه پایدار-مطالعه موردی شهر مشهد» نتیجه می‌گیرد که فرم امروزی شهر مشهد به صورت پراکنش افقی می‌باشد. بنابراین در این مطالعه، به منظور تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون‌شهری کلان‌شهر تهران در محور تهران-ایوانکی از تصاویر ماهواره‌ای با دوره زمانی بیش از ۴ دهه برای درک و شناخت این تغییرات پرداخته شده است.

نتایج حاصل از این مطالعه، اطلاعات بسیار ارزشمندی در مورد فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون‌شهری مناطق کلان‌شهری فراهم می‌سازد. این اطلاعات، تغییرات پوشش اراضی را در منطقه در طول بیش از چهار دهه گذشته آشکار می‌سازد. این در حالی است که در مطالعات قبلی بیشتر از داده‌های آماری بهره برده شده است. سایر مطالعات که از تصاویر ماهواره‌ای بهره برده‌اند، از لحاظ محدوده زمانی محدوده‌های زمانی کمتری را بررسی نموده‌اند. اطلاعاتی که نه تنها می‌توانند به عنوان اطلاعات پایه برای مطالعات شهری، منطقه‌ای و محیطی توسط برنامه‌ریزان، سیاستمداران، دانشمندان و جامعه مورد استفاده قرار گیرند، بلکه میزان از دست رفتن خیزترین

اراضی کشاورزی که موجب آسیب‌پذیری چرخه حیات، ارگانسیم گیاهی و جانوری و نیز چشم‌اندازهای طبیعی می‌شوند را در منطقه کلان‌شهری تهران به تصویر می‌کشند.

روش تحقیق

هدف اصلی این مطالعه، تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محور تهران ایوانکی بین سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۹ با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. از این رو، مطالعه فرآیند گسترش و الگویابی فضا، در محورهای برون‌شهری تهران ایوانکی انجام شده است. روش تحقیق توصیفی تحلیلی با ماهیت کاربردی می‌باشد. محدوده مکانی این پژوهش محور برون‌شهری تهران ایوانکی با مساحت حدود ۲۲۳۲۵۰ هکتار است. جامعه آماری این پژوهش کانون‌های شهری موجود در محور شهری تهران تا ایوانکی و محدوده زمانی مورد بررسی از سال ۱۳۶۴ تا سال ۱۳۹۹ است. شالوده این مطالعه مبتنی بر بهره‌گیری از داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای (تصاویر چندزمانه سنجنده لندست) مربوط به سال‌های مختلف می‌باشد که با استفاده از نرم‌افزارهای IDRISI، LCM.Fuzzy artmap و GIS و GOOGLE EARTH و MARKOV و CA انجام شده است. یک شبکه عصبی برای استخراج نظارت‌شده کاربری‌ها است که در سال ۱۹۹۱ توسط کارپنتر و همکاران معرفی شد (Carpenter et al., 1391; Carpenter et al., 1392).

زنجیره مارکوف: مدل زنجیره‌های مارکوف معمولاً برای شبیه‌سازی و مدل‌سازی تغییرات در ابعاد و روند پوشش کاربری اراضی استفاده می‌شود (Weng 2002). فرآیند تصادفی $X = [X_t, t \in N]$ یک زنجیره مارکوف نامیده می‌شود، اگر برای هر $t \in N$ و $j \in E$ شرط زیر صادق باشد، E در آن یک مجموعه قابل شمارش است. این عبارت بیانگر احتمال وجود سیستم در زمان $t+1$ در حالت j است، به شرط این‌که در زمان t حالت سیستم مشخص و حالت‌های رخ داده قبلی نیز مشخص باشد. در واقع، P احتمال شرطی است و

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)

تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون شهری ... / ۱۲۷

یک سلول اتفاق افتد، پس چیز دیگری، در دوره زمانی بعد، در سلول اتفاق خواهد افتاد.

“IF something happens in the neighborhood of a cell, THEN something else will happen to the cell at the following time step.”

ترکیب زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار (CA-Markov):

با ترکیب دو یا چند روش از روش‌های مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و بهره‌گیری از مزایای کاربرد هر کدام از این روش‌ها می‌توان قابلیت اطمینان به این روش‌ها را بهبود داد (Liu et al., 2007; Yang et al., 2012).

مدل CA-Markov به‌تازگی در شبیه‌سازی پدیده‌های پویای فضایی و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین مورد استفاده قرار گرفته است (Hosseini et al., 2014). در تحلیل مارکوف هیچ بحثی از موقعیت‌های جغرافیایی مناطق وجود ندارد. احتمالات انتقال ممکن است که برای هر یک از کاربری‌ها به‌دست‌آمده باشد، اما هیچ اطلاعاتی از توزیع مکانی تغییرات مربوط به هر کدام از طبقات کاربری در آن وجود ندارد. به‌عبارت دیگر، عنصر مکانی در این مدل‌سازی وجود ندارد. برای اضافه کردن عنصر مکانی به مدل از سلول‌های خودکار استفاده خواهد شد. به‌عبارت دیگر، در فرآیند مدل‌سازی CA-Markov، تغییرات زمانی در کلاس‌های کاربری اراضی مستقیماً از قوانین زنجیره‌های مارکوف بر اساس ماتریس قوانین انتقال تولید هدایت می‌شوند. درحالی‌که تغییرات فضایی به‌وسیله نقشه‌های بالقوه انتقال، پیکربندی‌های همسایگی و قوانین انتقال محلی در فرآیند CA قرار می‌گیرند (White and Engelen, 1993; Wu, 2002; Guan et al., 2011). در اصل، با ترکیب زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار می‌توان CA را با فرآیندهای پیش‌بینی پوشش زمین از طریق زنجیره مارکوف ترکیب کرد. با استفاده از خروجی‌های تحلیل زنجیره مارکوف (مساحت انتقال‌یافته یا (Transition Area)، CA-Markov از یک فیلتر مجاورت برای استخراج کاربری زمین از زمان ۲ به دوره‌های زمانی بعد استفاده خواهد کرد. در حقیقت، فیلتر CA یک فاکتور وزن‌دهی مکانی را توسعه می‌دهد که برای هر کدام از

بیان می‌کند که نتیجه هر فرآیند در زمان $t+1$ تنها به شرایط در زمان t بستگی دارد. فرآیندهایی که چنین خاصیتی دارند یک زنجیره مارکوف مرتبه اول نامیده می‌شوند.

$$P[X_{t+1}=j | X_0, X_1, \dots, X_t] = P[X_{t+1}=j | X_t]$$

مدل CA: در میان مدل‌های مختلف شبیه‌سازی شهری، سلول‌های خودکار (CA) یکی از پرستفاده‌ترین مدل‌ها است (Batty & Xie, 1994; Clarke & Gaydos, 1998; Herold et al., 2003; Li & Yeh, 2004). این مدل اولین بار در دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ توسط دو ریاضیدان به نام اولام و نیومن به‌منظور شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده در فیزیک و زیست‌شناسی به‌کار گرفته شد. در ۱۹۷۰ با ارائه مدل معروف «بازی زندگی» توسط جان هارتون، استفاده از مدل CA در سایر حوزه‌های مطالعاتی نیز متداول شد.

مدل‌سازی شهری در فضای سلولی، ابتدا توسط تابلر، با تعریفی از جغرافیای سلولی وارد مطالعات شهری شد (رضازاده و میراحمدی، ۱۳۸۱: ۴۸). به‌طورکلی، هدف این مدل برای شبیه‌سازی ماهیت واقعی قوانین طبیعی است. بر این اساس، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش CA به‌دلیل نتایج صریح و روشن بر اساس تعاریف قانون انتقال ترجیح داده می‌شود (White & Engelen 2000; Yuan 2009).

ساختار اصلی این مدل این‌گونه بیان می‌شود؛ اگر $S_{x_{ij}}^t$ وضعیت سلول x_{ij} در موقعیت i و j در زمان t باشد، $S_{x_{ij}}^t$ متعلق به تعداد محدودی از وضعیت‌های ممکن سلول در فضای سلولی است و اگر $S_{x_{ij}}^t$ وضعیت سلول در زمان $t+1$ باشد، بنابراین: $S_{x_{ij}}^{t+1} = f(S_{x_{ij}}^t, S_{\Omega_{x_{ij}}}^t)$ که در این رابطه $\Omega_{x_{ij}}$ نشان‌دهنده مجموعه سلول‌ها در همسایگی سلول x_{ij} است و $S_{\Omega_{x_{ij}}}^t$ مجموعه وضعیت‌های ممکن $\Omega_{x_{ij}}$ در زمان t و f تابعی است که نشان‌دهنده قوانین انتقال است. از آنجاکه خود سلول نیز عضوی از همسایگی‌اش است، معادله بالا را می‌توان به این صورت نوشت: $S_{x_{ij}}^{t+1} = f(S_{x_{ij}}^t, S_{\Omega_{x_{ij}}}^t)$ این معادله می‌تواند به‌صورت جمله‌ای به این شرح باشد که اصل عمومی CA را نشان می‌دهد: اگر چیزی در همسایگی

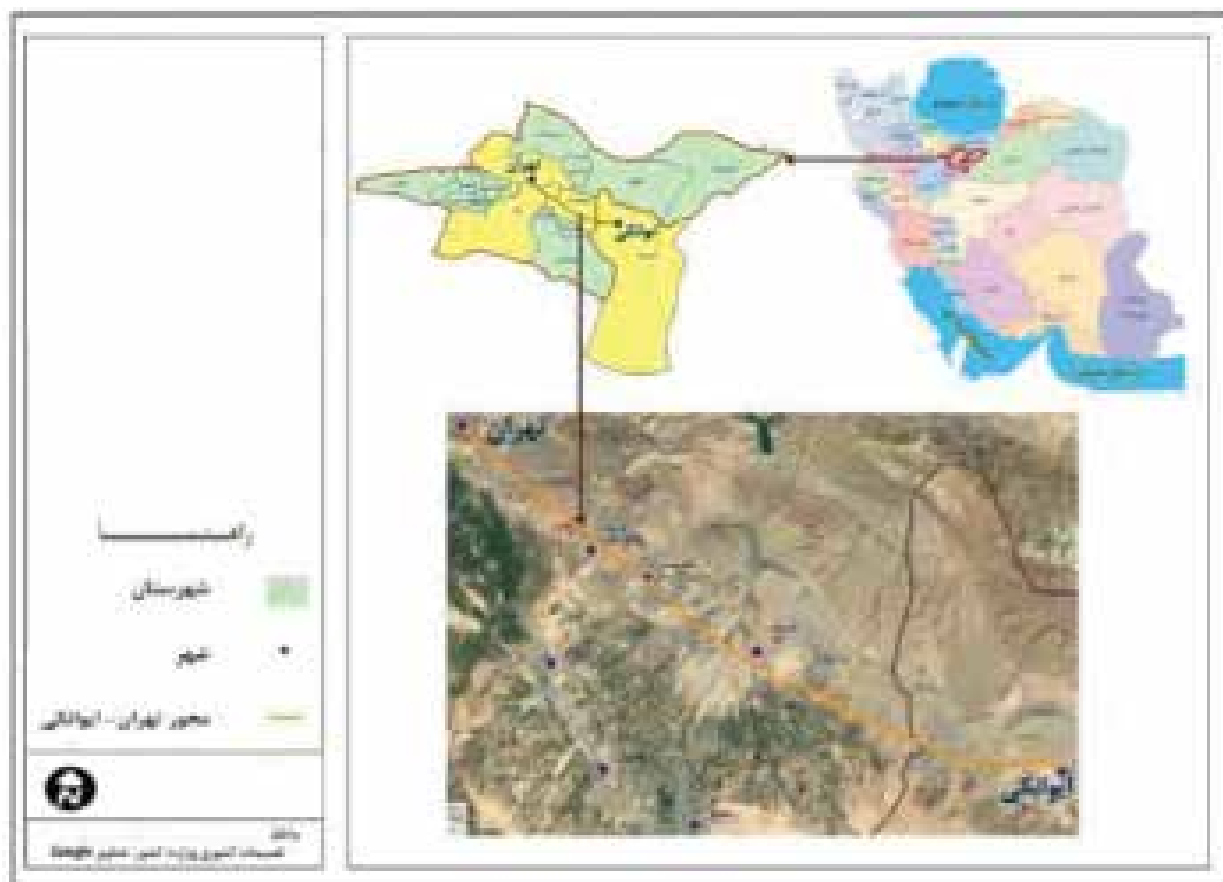
مبانی نظری

توسعه فیزیکی شهرها یک فرآیند پویاست که با ایجاد تغییراتی در آن در یک امتداد عمودی و افقی انجام می‌شود. اگر این فرآیند به صورت بدون برنامه‌ریزی انجام شود تعادل فیزیکی شهر و محیط‌زیست تغییر کرده و به‌زودی سیستم شهری برای انجام صحیح وظایف ناتوان خواهد شد (ولبخانی، ۱۳۹۰: ۲). شهرنشین شدن جمعیت، افزایش جمعیت شهرها و به تبع آن توسعه شهرهای کوچک و بزرگ، ویژگی عصر حاضر است و توسعه پایدار این شهرها در گرو داشتن برنامه‌ریزی و مدیریت شهری کارآمد آن می‌باشد (رضویان، ۱۳۸۷: ۱۰۲). گسترش افقی شهر عامل تغییر در محیط فیزیکی و در شکل و ساختار فضایی شهرها است. در همه جوامع جهان، گسترش افقی شهری عوارض جدی به دنبال داشته است. پیامدهای گسترش افقی، خوب یا بد، براساس اثرات

مطلوبیت‌ها به کار گرفته خواهد شد. وزن بیشتر به مناطقی که نزدیک به کاربری زمین کنونی هستند، داده می‌شود. این کار موجب می‌شود که تغییرات کاربری زمین در نزدیکی کلاس‌های کاربری مشابه کنونی ایجاد شود و کاملاً به‌طور تصادفی نباشد.

منطقه مورد مطالعه

قلمرو مکانی این تحقیق مربوط به مناطق شهری محور تهران-ایوانکی است که شهرهای پاکدشت با حدود ۲۱۰ هزار نفر جمعیت، شریف‌آباد با حدود ۱۲ هزار نفر جمعیت و ایوانکی با حدود ۱۲ هزار نفر جمعیت در آن واقع شده‌اند و از پرتراфик‌ترین محورهای برون‌شهری در منطقه کلان‌شهری تهران می‌باشد (نگاره ۱). قلمرو زمانی این پژوهش، سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۸ است.



نگاره ۱: موقعیت فضایی محدوده مورد مطالعه

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (...)

تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون شهری ... / ۱۲۹

آسیب پذیری چرخه حیات، ارگانیزم گیاهی و جانوری و نیز چشم اندازهای طبیعی می شود (محمدزاده: ۱۳۸۶: ۹۳). با توسعه شهر ممکن است بسیاری از زمین های قابل کشت مجاور شهرها برای ساختمان سازی استفاده شود. در چنین موقعیت هایی، کشاورزان اطراف شهر بر اثر چند برابر شدن قیمت زمین ها، به تولید محصول علاقه نشان نمی دهند، در نتیجه تولید محصول نیز کاهش می یابد (شکویی، ۱۳۸۵: ۳۰۳-۳۰۴). برخی محققین آن را عبارت از توسعه کم تراکم توسعه ناپیوسته و گسترش به طرف عرصه های خارج از محدوده و نواحی کم تراکم حومه شهری همراه با تسلط اتومبیل های شخصی در حمل و نقل دانسته اند (Wassmer, 2002: 9). مسئله پراکنش افقی منحصر به جهان توسعه یافته نیست. در جهان در حال توسعه نیز این مشکل وجود دارد. (Menon, 2004: 1). در نیم قرن اخیر، توسعه سرمایه داری در چارچوب اقتصاد متکی به نفت، سبب رکود بخش کشاورزی و رشد سریع شهرها در ایران شد. این رشد سریع شهرنشینی به صورت متعادل صورت نگرفت، بلکه رشد شهرهای بزرگ مانع رشد شهرهای کوچک و روستاها شدند. نتیجه این فرآیند به عدم تعادل در توزیع فضایی و سلسله مراتب ناحیه ای منجر شد (نظریان، ۱۳۷۴: ۱۵۱). در واقع، رشد و توسعه بی تناسب شهرها و تراکم های خارج از اندازه آن ها از جمله مشکلات و مسائل شهرهای امروز است (شیعه، ۱۳۸۱: ۲۴).

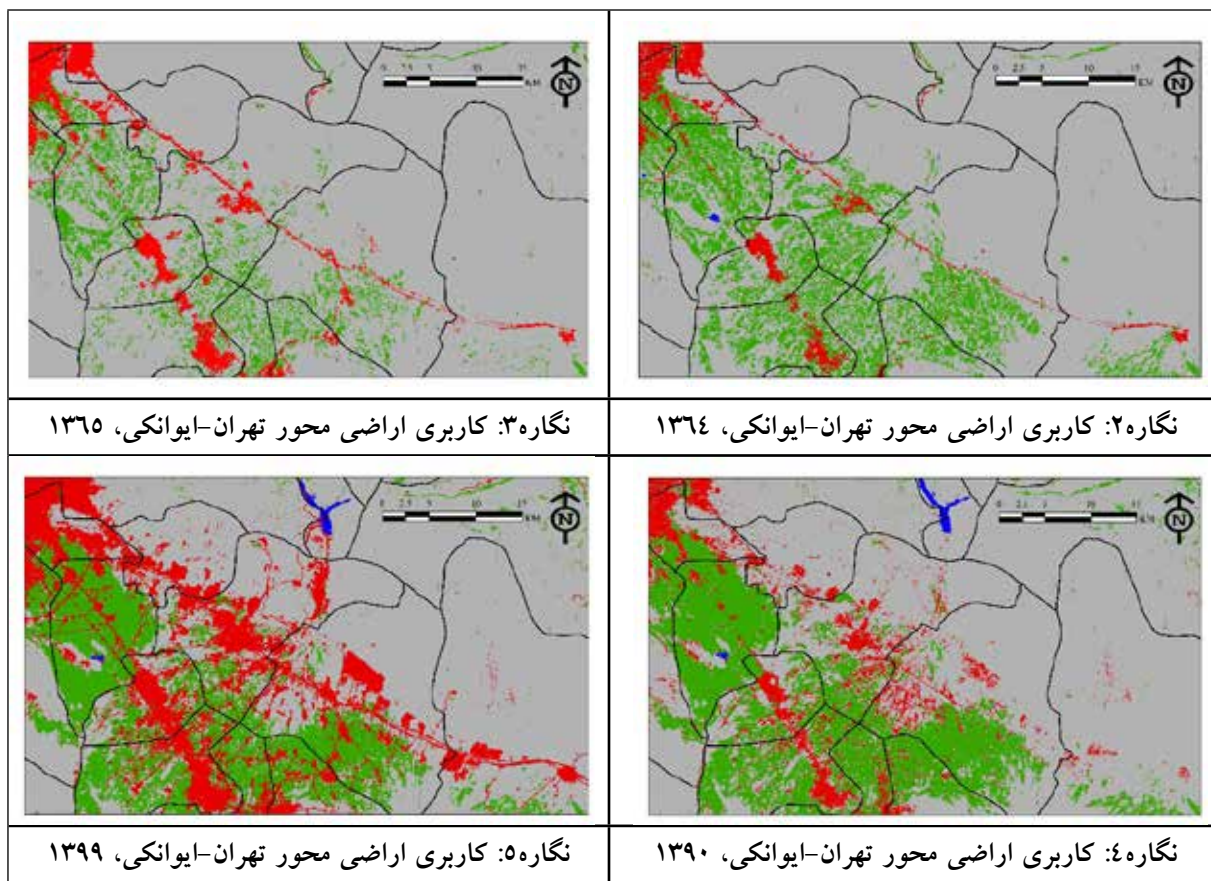
تحلیل یافته ها

تولید نقشه های پوششی و کاربری اراضی در سال های مختلف با استفاده از تصاویر ماهواره ای امکان کمی سازی و ارزیابی و تحلیل تغییرات در مناطق شهری را فراهم می سازد، بر این اساس، در مطالعه حاضر به منظور ارزیابی الگوی گسترش مناطق ساخته شده در کریدور تهران به ایوانکی از تصاویر TM و ETM+ ماهواره لندست مربوط به سال ۱۳۶۴، ۱۳۷۹، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۹ استفاده شده است. به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی این کلان شهر از مدل FUZZY ARTMAP استفاده شده است، که از تصاویر چهار

اجتماعی-اقتصادی و محیطی ارزیابی شده است. با وجود این، پیامدهای اصلی گسترش بی رویه شهری می تواند به این موارد خلاصه شود: بالا رفتن هزینه زیرساخت ها و خدمات عمومی (Barnes et al., 2001)، اتلاف منابع انرژی (Newman & Kenworthy, 1988)، نابرابری در توزیع ثروت (Wilson et al., 2003)، تأثیر بر حیات وحش و اکوسیستم (Hedblom & Soderstrom, 2008)، اتلاف زمین های کشاورزی (Zhang et al., 2007)، افزایش دما (Wang, et al. 2001)، پایین آمدن کیفیت هوا (Stone, 2008)، تأثیر بر کیفیت و میزان آب (Jacquin et al., 2008) و تأثیر بر سلامت عمومی و اجتماعی (Frumkin, 2002). علی رغم این که یافته های علمی اثبات کرده اند که این الگو برای توسعه شهری مناسب نیست، اما همچنان الگوی غالب در این خصوص است (Batisane & Yarnal, 2008: 5).

یکی از مهم ترین مباحث شهر و شهرنشینی در ایران، بررسی و تحلیل رشد و توسعه کالبدی-فضایی شهر و شهرنشینی است (شماعی، ۱۳۸۲: ۱۹). در این ارتباط، هدف کلی برنامه ریزی شهری تأمین رفاه مردم از طریق ایجاد محیطی بهتر، سالم تر، آسان تر، مؤثرتر و دل پذیرتر است (علی نژاد طیبی، ۱۳۸۹: ۲). افزایش سریع پراکندگی شهری در بسیاری از کشورهای دنیا به یک نگرانی بزرگ تبدیل شده است. زیرا این پراکندگی سریع، اثرات زیانباری بر روی محیط می گذارد (Jaeger et al., 2010: 397). بنابراین، مهم ترین مسئله ای که در برابر توسعه شهری قرار می گیرد، مکان استقرار شهرها است (Merlin, 2000: 235). مکان استقرار یا زمین یک موضوع مشترک و منبعی محدود به شمار می رود (آکا لاگان، ۱۳۷۸: ۵). با وجود این که زمین پدیده ای مطلق و ثابت است، تحت تأثیر عوامل گوناگونی چون توسعه و گسترش شهرها قرار می گیرد که از مقایسه رشد جمعیت شهری با فضای اشغالی آن معلوم می شود. همچنین، به موازات رشد جمعیت، فضاهای اطراف شهرها نیز اشغال می شود و در برخی موارد مانند بانکوک، سائوپولو و تهران میزان رشد زمین از رشد جمعیت به شدت پیشی می گیرد و ضمن نابودی حاصلخیزترین اراضی کشاورزی، موجب

- دوره مذکور با هدف بررسی گسترش و نحوه الگویابی اراضی ساخته شده در محور تهران-ایوانکی و همچنین بررسی وضعیت توزیع کاربری اراضی استفاده شده است. در این باره، ابتدا به منظور استخراج کاربری‌های مورد نظر از الگوریتم FUZZYARTMAP استفاده شد که در این مرحله کاربری شهری (شامل تمام محدوده‌های زیرساخت و انواع کاربری‌های مسکونی، تجاری، صنعتی و غیره)، کاربری کشاورزی (شامل زمین‌های زیر کشت انواع محصولات کشاورزی و باغات)، کاربری آبی (شامل کلیه زمین‌های پوشیده از آب) و کاربری بایر (شامل زمین‌های خالی و کشت نشده) از تصاویر مد نظر استخراج گردید. به منظور استخراج اطلاعات از داده‌های سنجنش‌زدور، مراحل به شرح ذیل طی شده است. پس از انجام این مراحل، تصاویر چهار دوره کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه استخراج شد (نگاره‌های ۲ تا ۵).
- ۱- تولید تصویر RBG از سال‌های مورد نظر؛
 - ۲- انتخاب کاربری‌های مورد نظر برای استخراج از روی تصویر؛
 - ۳- نمونه‌برداری از کاربری‌ها (الف: استخراج بصری، ب: استخراج اتوماتیک بر مبنای نمونه‌برداری)؛
 - ۴- انتخاب نوع طبقه‌بندی؛
 - ۵- تهیه تصویر طبقه‌بندی از کاربری‌ها؛
 - ۶- ارزیابی دقت طبقه‌بندی.
- یکی از مسائل شایسته توجه پس از پردازش در زمینه طبقه‌بندی کاربری اراضی از روی تصاویر ماهواره‌ای، ارزیابی دقت طبقه‌بندی است. این کار با استفاده از یکی از روش‌های جمع‌آوری داده‌ها، بدون این‌که توجهی به نتایج طبقه‌بندی شود، صورت می‌گیرد. برای این منظور با استفاده از داده‌های با قدرت تفکیک بالای GOOGLE EARTH به پهنه‌بندی منطقه مورد نظر پرداخته شده است. برای



فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)
 تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون‌شهری ... / ۱۳۱

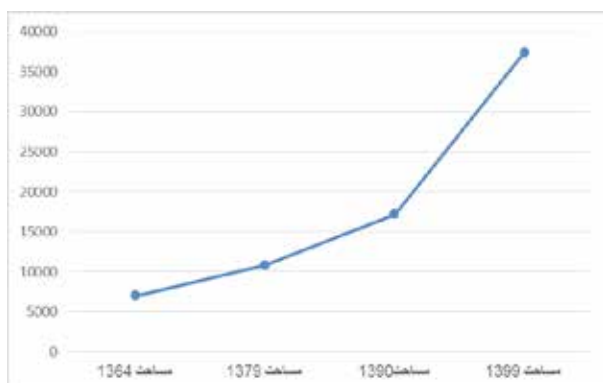
جدول ۱: ارزیابی دقت کاربری اراضی استخراج شده

نوع کاربری	اراضی ساخته شده	اراضی کشاورزی	اراضی بایر	اراضی آبی	کل
دقت ارزیابی	٪۹۳	٪۹۵	٪۹۳	٪۹۶	٪۹۴

جدول ۲: تغییرات کاربری اراضی در محور تهران ایوانکی

سال	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
۱۳۶۴	۱۳۶۴	۱۳۶۴	۱۳۷۹	۱۳۷۹	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۹	۱۳۹۹
ساخته شده	۶۹۶۰/۳۳	۳/۱۲	۱۰۸۱۲/۹۶	۴/۸۴	۱۷۱۹۵/۳۱	۷/۷	۳۷۴۵۵/۳۹	۱۶/۷۸
بایر	۱۸۰۵۲۲/۳	۸۰/۸۶	۱۹۴۲۴۸/۲	۸۷/۰۱	۱۵۶۶۹۹/۲	۷۰/۱۹	۱۴۴۲۶۴/۶۹	۶۴/۶۲
فضای سبز	۳۵۶۶۶/۳۷	۱۵/۹۸	۱۸۱۸۵/۱۳	۸/۱۵	۴۸۷۱۴/۷۵	۲۱/۸۲	۴۰۹۵۴/۳۲	۱۸/۳۴
آب	۱۰۱/۴۳	۰/۰۴۵	۴/۱۴	۰/۰۰۱۸	۶۴۱/۱۶	۰/۲۹	۵۷۶	۰/۲۶
جمع (هکتار)	۲۲۳۲۵۰/۴							

توجه به محدودیت‌های زیست‌محیطی در صورت تداوم این گسترش، احتمال دارد که افزایش فضاهای ساخته شده آثار زیست‌محیطی زیادی از قبیل افزایش انواع آلودگی‌ها، کاهش سطوح فضای سبز و باز شهری، افزایش تولید زباله و افزایش میزان مصرف منابع طبیعی و انرژی و مانند آن را به این منطقه تحمیل کند.



نگاره ۶: تغییر کاربری اراضی از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۹

ارزیابی دقت هر کاربری ۶ نمونه آموزشی برداشت شد و با نمونه‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای مقایسه گردید که به این منظور نتایج به نرم‌افزار IDRISI انتقال یافته و میزان دقت کاربری‌ها به دست آمده است (جدول ۱). براساس این، میزان تغییرات کاربری اراضی در چهار دوره فوق بدین شرح است: بیشترین افزایش سطوح کاربری در محور تهران به ایوانکی به مساحت ۲۲۳۲۵۰ هکتار، مربوط به کاربری‌های ساخته شده با ۳۰۴۹۵ هکتار افزایش در طی ۳۵ سال اخیر می‌باشد. این افزایش با توجه به جدول شماره ۲ به ترتیب میزان افزایش، مربوط به کاهش اراضی کشاورزی به میزان حدود ۵۲۸۸ هکتار و سپس اراضی آبی با حدود ۴۷۴ هکتار است و در اراضی بایر شاهد کاهش مساحت این اراضی حدود ۳۶۲۵۷ هکتار می‌باشیم. با توجه به آنچه بیان شد می‌توان گفت در این کریدور ما شاهد رشد و گسترش فضایی-کالبدی قابل توجهی بوده‌ایم. با

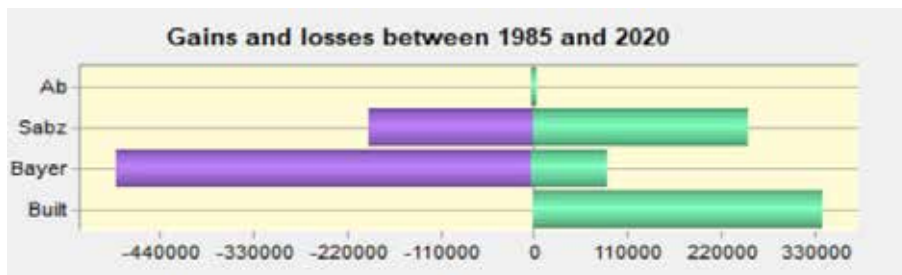
جدول ۳: میزان تغییرات بین کاربری‌های در کریدور تهران ایوانکی طی سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۹۹

جمع هکتار	آب	فضای سبز	بایر	ساخته شده	
۳۷۴۵۵/۳۹	۱۳/۴۱	۹۵۴۲/۶۱	۲۱۰۶۷/۲۹	۶۸۳۲/۰۸	ساخته شده
۱۴۴۲۶۴/۷	۳۱/۵۹	۷۸۴۰/۶۲	۱۳۶۳۰۹/۱	۸۳/۳۴	بایر
۴۰۹۵۴/۳۲	۴۱/۴۹	۱۸۱۹۹/۹۸	۲۲۶۷۱/۹۹	۴۰/۸۶	فضای سبز
۵۷۶	۱۴/۹۴	۸۳/۱۶	۴۷۳/۸۵	۴/۰۵	آب
۲۲۳۲۵۰/۴	۱۰۱/۴۳	۳۵۶۶۶/۳۷	۱۸۰۵۲۲/۳	۶۹۶۰/۳۳	جمع هکتار

در این اساس، در بخش حاضر به منظور درک بهتر روند الگویابی و کم‌زیاد شدن مساحت کاربری‌ها در محدوده مورد مطالعه از مدل LCM بهره برده شد. در این خصوص، ابتدا به بررسی افزایش و کاهش مساحت کلاس‌های کاربری شامل اراضی ساخته‌شده، اراضی بایر، پوشش گیاهی و مناطق آبی پرداخته شد؛ که با توجه به نگراره ۷ بیشترین میزان افزایش در طی این دوره ۳۵ ساله مربوط به اراضی ساخته‌شده است، با این تفسیر که در اراضی ساخته‌شده میزان کاهش نزدیک به صفر می‌باشد، ولی در اراضی بایر تقریباً به همان میزان که به این اراضی اضافه‌شده طی این دوره ۳۵ ساله از آن کاسته شده است. در نهایت، با توجه به نتایج حاصل از توابع هفت‌جمله‌ای برای سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۹ که در نگراره ۸ نشان داده‌شده است، روند تغییر سایر اراضی به نفع اراضی ساخته‌شده در این دوره کاملاً با الگوی گسترش شهری منطبق می‌باشد که علاوه بر هسته کلان‌شهری تهران در مرتبه بعد از شمال غرب به طرف جنوب شرق می‌باشد در محدوده شهرهای قرچک، ورامین، پاکدشت و شریف‌آباد و سپس

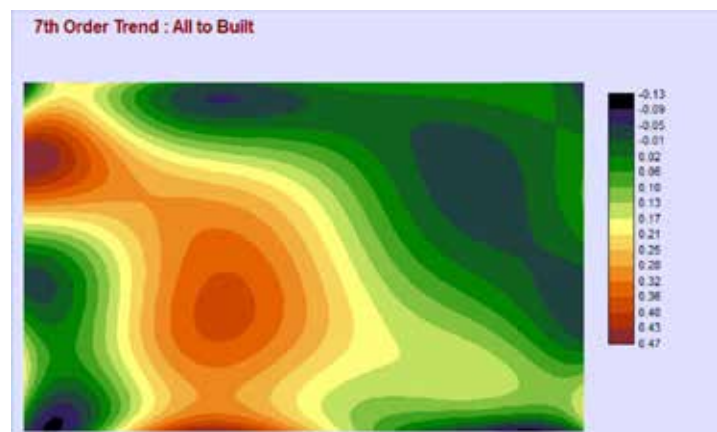
در قسمت جنوب شرقی در محدوده شهرهای ایوانکی دیده می‌شود. پس از شناسایی الگوی گسترش شهری کریدور تهران-ایوانکی در مرحله بعد به منظور شبیه‌سازی نحوه تغییرات کاربری اراضی در این محور از روش سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف که مدلی مناسب برای ارزیابی گسترش شهری می‌باشد، استفاده شده است. تعیین اعتبار و ارزیابی خروجی این مدل، بسیار مهم است و تفسیر آن می‌تواند نتایج گمراه‌کننده را به همراه داشته باشد. دو روش برای ارزیابی مدل‌سازی وجود دارد: یک روش چشمی و دو روش آماری. در روش چشمی یک ارزیابی سریع از مدل‌سازی فراهم می‌شود. این روش سلیقه‌ای است و نتایج گمراه‌کننده‌ای را نشان می‌دهد. برای به دست آوردن اطلاعات دقیق نتایج، مدل‌سازی آنالیز آماری مورد نیاز است. تعداد نامحدودی روش برای مقایسه آماری نقشه‌ها موجود است؛ اما چالش اساسی یافتن روشی است که:

۱. تفسیر آن آسان باشد؛
۲. اطلاعاتی ارائه دهد که به بهبود مدل کمک کند و
۳. به سؤال اساسی در مورد این که چه

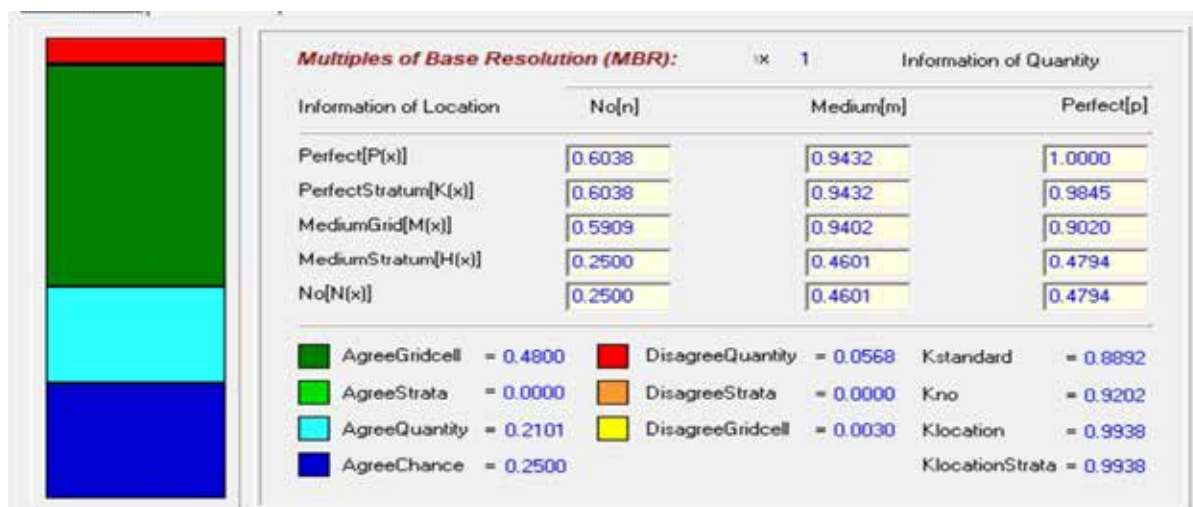


نگاره ۷: افزایش و کاهش مساحت کاربری‌ها در کلان‌شهر تهران طی سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۹۹ (هکتار)

نگاره ۸: تغییر سایر اراضی به نفع اراضی ساخته‌شده



فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)
 تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون شهری ... / ۱۳۳



نگاره ۹: ارزیابی دقت پیش‌بینی

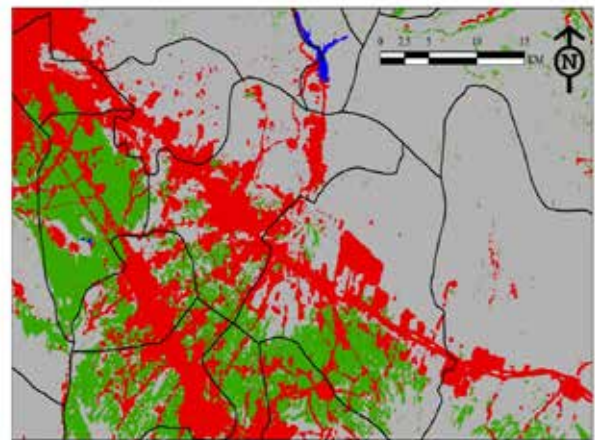
خودکار-زنجیره مارکوف به منظور شبیه‌سازی رشد شهری در اختیار ما قرار می‌دهد. بنابراین پس از ارزیابی نتایج شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۳۹۹ و اثبات کارایی بالای مدل سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی، نقشه شبیه‌سازی شده در کریدور تهران-ایوانکی برای سال ۱۴۱۰ تهیه شد. به این منظور برای شبیه‌سازی تغییرات کاربری در محور تهران-ایوانکی در سال ۱۴۱۰ از نقشه‌های کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۹ استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که با توجه به روند رشد شهری منطقه در سال ۱۴۱۰ مساحت ارضی ساخته شده به بیش از ۵۰ هزار هکتار خواهد رسید؛ که براساس جدول ۴، مقدار زیادی از افزایش مناطق ساخته شده بر اثر از بین رفتن پوشش گیاهی شامل اراضی کشاورزی و باغ‌ها حاصل شده است. نتایج حاصله به تفصیل در جدول ۴ ارائه شده است.

میزان شباهت بین نقشه‌ها وجود دارد، پاسخ دهد. روش Validate از جمله این روش‌هاست و توافق و عدم توافق بین دو نقشه را بررسی می‌کند. در این روش، یک آنالیز مقایسه‌ای آماری برای پاسخ به دو سؤال عمده زیر صورت می‌گیرد و نتیجه آن محاسبه شاخص‌های کاپای گوناگون از توافق و ارتباط آماری بین دو تصویر است (Pontius, 2000: 1012) برای انجام این کار، ابتدا رشد شهری در سال ۱۳۹۹ با استفاده از نقشه‌های مربوط به سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۰ شبیه‌سازی شد. سپس نتایج حاصل با نقشه واقعی سال ۱۳۹۹ مقایسه شد تا میزان صحت کار مورد ارزیابی قرار گیرد. مقایسه نقشه‌های واقعی و شبیه‌سازی شده میزان دقت کلی پیش‌بینی انجام شده برای سال ۱۳۹۴ براساس ارزش کاپا برابر ۰/۸۸۹ می‌باشد که نتایج تفصیلی مربوط به روش Validate در نگاره ۹ نشان داده شده است. این میزان دقت، اطمینان لازم را در مورد به‌کارگیری روش ترکیبی سلول‌های

جدول ۴: پیش‌بینی تغییرات کاربری‌ها تا سال ۱۴۱۰ با استفاده از مدل زنجیره‌های مارکوف

سال	مساحت ۱۳۹۹	درصد ۱۳۹۹	مساحت ۱۴۱۰	درصد ۱۴۱۰
ساخته شده	۳۷۴۵۵/۳۹	۱۶/۷۷۷۳	۵۰۱۳۹/۹	۲۲/۴۵۹۰۴
بایر	۱۴۴۲۶۴/۶۹	۶۴/۶۲۰۱۳	۱۳۵۳۸۹	۶۰/۶۴۴۴۵
فضای سبز	۴۰۹۵۴/۳۲	۱۸/۳۴۴۵۷	۳۷۱۹۶/۵۵	۱۶/۶۶۱۳۶
آب	۵۷۶	۰/۲۵۸۰۰۶	۵۲۴/۹۷	۰/۲۳۵۱۴۹
جمع هکتار				۲۲۳۲۵۰/۴

زراعت، در میان اراضی زراعی استقرار یافته‌اند و به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آن‌ها به شهر و سپس توسعه شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون شده‌اند. که در نتیجه گسترش مناطق شهری بخش وسیعی از بهترین و بارزترین اراضی بلافصل شهرها به زیرساخت و ساز رفته‌اند. در محور شهری تهران ایوانکی نیز روند گرایش‌های فضایی در توسعه اراضی ساخته شده و تغییرات کاربری اراضی منجر به تخریب اراضی کشاورزی حاشیه شهری شده است. زیرا با توجه به قرارگیری اراضی ساخته شده در کنار مرغوب‌ترین اراضی کشاورزی تنها طی سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ حدود ۸ هزار هکتار از این اراضی تغییر کاربری داده شده که بیشتر آن مربوط به تغییر به نفع اراضی ساخته شده می‌باشد. نتایج برآمده از منطقه شهری حاکی از سازگاری نتایج آن با یافته‌های منصور (۱۳۹۵)، شنانی و زارعی (۱۳۹۵)، محمودزاده و خوشروی (۱۳۹۴) و کرم و همکاران (۱۳۸۹) است. همچنین با توجه به سرعت رشد مناطق شهری در این منطقه می‌توان مشاهده نمود که در طی دوره‌های مختلف ما شاهد یک‌گونه رشد تصاعدی در منطقه مورد مطالعه می‌باشیم، به طوری که برای دوره ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۹ به ازای هر سال حدود ۲۴۰ هکتار اراضی ساخته شده گسترش پیدا کرده و در دوره بعد یعنی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰ این عدد به حدود ۵۸۰ هکتار رسیده است و در نهایت در دوره آخر یعنی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ حدود ۲۲۵۱ هکتار در هر سال گسترش را در اراضی ساخته شده شاهد بوده‌ایم که بر این اساس، می‌توان نشانه‌های شهرنشینی شتابان را در این مناطق مشاهده نمود. بنابراین راهکار افزایش فشردگی کالبدی و استفاده از شیوه‌های مربوط به آن به منظور هدایت توسعه شهر به سمت پایداری بیشتر، باید در دستور کار برنامه‌ریزان و متولیان امور شهری قرار گیرد. در واقع بی‌توجهی به ضوابط و مقررات گسترش کالبدی-فضایی شهر در سال‌های اخیر، به خصوص ۳۵ سال گذشته، موجب نابودی اراضی کشاورزی یا تبدیل عامدانه آن‌ها به کاربری بایر شهری و سپس به کاربری‌های ساخته شده، منجر شده است.



نگاره ۱۰: پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با توجه به مدل زنجیره‌های مارکوف تا سال ۱۴۱۰

نتیجه‌گیری

مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین راهی مؤثر برای کسب اطلاعات در مورد نحوه تغییرات کاربری اراضی در طی زمان و همچنین عوامل مؤثر بر آن است. بر این اساس به منظور تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محور تهران-ایوانکی در بازه زمانی ۳۵ ساله مدل‌سازی انجام شد. نتایج حاصل از این مدل مشخص نمود که بیشترین تغییرات کاربری اراضی در طی این دوره به اراضی ساخته شده مربوط می‌باشد که با توجه به قرارگیری مناطق ساخته شده در طول شریان‌های اصلی، دارای یک الگوی شمال‌غربی جنوب‌شرقی می‌باشد که متأثر از رشد شهری در کلان‌شهر تهران و در نتیجه اسکان در این مناطق می‌باشد که یا در صنایع شهری این مناطق اشتغال دارند یا از شهرهای اقماری موجود در این کریدور به عنوان شهرهای خوابگاهی استفاده می‌کنند. جالب آن‌که هر چه از مرکز اصلی یعنی کلان‌شهر تهران دور شویم میزان گسترش اراضی شهری کم می‌شود که این عامل نشان می‌دهد با توجه به هزینه کم اسکان در شهرهای اقماری این محدوده به عنوان شهرهای خوابگاهی برای کلان‌شهر تهران می‌باشند. از طرف دیگر با توجه به این‌که اکثر شهرهای ایران در مراحل اولیه شکل‌گیری با هدف استفاده از خاک‌های مرغوب به منظور

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (س) /
تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون شهری ... / ۱۳۵

۱۱- منصوریان، حسین (۱۳۹۵)، تبیین الگوهای رشد شهری در منطقه کلان‌شهری تهران، پایان‌نامه دکتری دانشگاه تهران، اساتید راهنما: فرانک سیف‌الدینی و احمدپور احمد، دانشگاه تهران.

12- American Farmland Trust (AFT). 1997. Farming on the edge. Washington, DC: The American Farmland Trust.

13- Barnes, K.B., Morgan, J.M., III, Roberge M.C. and Lowe, S. (2001). Sprawl Development: Its Patterns, Consequences, and Measurement. A white paper, Towson University. URL: http://chesapeake.towson.edu/landscape/urbansprawl/download/Sprawl_white_paper.pdf.

14- Batisane, N, Yarnal, B (2008). Urban expansion in Centre County, Pennsylvania: Spatial dynamics and Landscape transformations, Applied Geography, doi: 10.1016/j. apgeog. 2008.08.07.

15- Batty, M, Y. Xie., (1994) Preliminary evidence for a theory of the fractal city. Environment and Planning A, 28(10):1745-1762.

16- Bhatta, B. (2009). Modelling of urban growth boundary using Geoinformatics. International Journal of Digital Earth, 2(4), 359-381.

17- Bhatta, B. (2009). Modelling of urban growth boundary using Geoinformatics. International Journal of Digital Earth, 2(4), 359-381.

18- Bhatta, Basudeb (2010), Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data, Springer Heidelberg Dordrecht London New York. DOI 10.1007/978-3-642-05299-6.

19- Bullard, Robert D., Glenn S. Johnson, and Angel O. Torres. 1999. Sprawl Atlanta: Social equity dimensions of uneven growth and development. Atlanta, GA: Clark Atlanta University, the Environmental Justice Resource Center.

20- Chang, Chaoyi (2013), understanding Spatial and Temporal Patterns of Urban expansion in Western China during the Post-Reform era, thesis for the degree of Master of Science (Environment and Resources), University of Wisconsin-Madison.

21- Clarke, K.C. and Gaydos, L.J. (1998). Loose-coupling

منابع و مأخذ

۱- آکالاگان، جی، آر (۱۳۷۸)، کاربری زمین اثر متقابل اقتصاد؛ اکولوژی و هیدرولوژی، ترجمه منوچهر طیبیان، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ۱۳۷۸.

۲- احدنژاد روشتی، حسینی؛ محسن، سیداحمد (۱۳۸۹)، ارزیابی تغییرات کالبدی توسعه شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: تبریز)، مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری، سال دوم، شماره چهارم، صص ۱-۲۰.

۳- تقوایی، صابری؛ مسعود، حمید (۱۳۸۹) تحلیلی بر سیستم‌های شهری ایران طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، ۵۵-۷۶.

۴- شکوئی، حسین (۱۳۸۵)، دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری ایران، انتشارات سمت.

۵- شماعی، علی (۱۳۸۲) : توسعه ناموزون فضایی - کالبدی شهر یزد و اثرات آن بر ساخت اکولوژیک شهر، تهران: فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۶ .

۶- شیعه، اسماعیل (۱۳۸۱) : کارگاه برنامه‌ریزی شهری، تهران، دانشگاه پیام نور.

۷- عباس‌زاده، غلامرضا (۱۳۸۴)، الگوسازی رشد کالبدی بافت شهری در راستای توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهر مشهد)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۸- علی‌نژاد طیبی، کاووس (۱۳۸۹)، تحلیلی بر روند توسعه کالبدی - فیزیکی شهر فیروزآباد، اصفهان: دانشگاه اصفهان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا.

۹- کمانرودی کجوری، پریزادی، بیگدلی؛ موسی، طاهر، محمد (۱۳۹۵)، فرآیند گسترش فضایی سکونتگاه‌های پیرامون کلان‌شهر تهران-مطالعه موردی: محدوده شهری اسلام‌شهر-رباط کریم. فصلنامه مطالعات شهری، شماره ۲۱: ۵۱-۶۴.

۱۰- محمدزاده، رحمت (۱۳۸۶)، بررسی زیست محیطی توسعه فیزیکی شتابان شهرها با تأکید بر شهرهای تهران و تبریز، توسعه ناحیه‌ای، شماره نهم، پاییز و زمستان ۸۶، ۹۳ - ۱۱۲

- 31- Jaeger et al (2010). Suitability criteria for measures of urban sprawl / *Ecological Indicators* 10 (2010) 397–406.
- 32- Jensen, J.R. and Im, J. (2007). Remote sensing change detection in urban environments. In: R.R. Jensen, J.D. Gatrell and D. McLean (eds.), *Geo-Spatial Technologies in Urban Environments: Policy, Practice and Pixels*, 2nd ed., Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 7–30.
- 33- Jokar Arsanjani, Jamal; Marco Helbich, Wolfgang Kain, Ali Darvishi Bolorani (2013), integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 21 (2013), PP 265–275.
- 34- Kahn, Matthew. 2000. The environmental impact of suburbanization. *Journal of Policy Analysis and Management* 19, 4: 569-86.
- 35- Kasarda, John. D. ,Crenshaw, Edward. M. Third World Urbanization, *Annual Review.Socio.*1991. 17; 467-501.
- 36- Li, X. and Yeh, A.G.O. (1998). Principal component analysis of stacked multi-temporal images for monitoring of rapid urban expansion in the Pearl River Delta. *International Journal of Remote Sensing*, 19(8), 1501–1518.
- 37- Martin, L.R.G. (1989). An evaluation of landsat-based change detection methods applied to the rural-urban fringe. In: C.R. Bryant, E.F. LeDrew, C. Marois and E. Cavayas (eds.), *Remote Sensing and Methodologies of Land Use Change Analysis*, University of Waterloo, Waterloo, Canada, pp. 101–116.
- 38- Masek, T.G., Luidsay, F.E., and Goward, S.N., (2000) Dynamics of Urban Growth in the Washington DC. Journal Metropolitan Area, 1973 – 1996, for Land Sat Observation, *International Journal of Remote Sensing* Vo. 21. Issue 18 December 2008, Pp 3473-3486. [http:// www. informatould.com/smpp/ content](http://www.informatould.com/smpp/content).
- 39- Menon, Neha (2004). “Urban sprawl”, *Vision the journal of the WSC-SD*, Vol 2, No 3.
- 40- Merlin, Pierr (2000): *Methodes Quantitative and Space Urban* Publisher. University of Paris.
- 41- Ndabula, C., Jidauna, G.G., Oyatayo, K., Averik, P.D., and Iguisi, E.O., (2014). Analysis of Urban a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/ Baltimore. *International*.
- 22- Elhadary, Yasin Abdalla Eltayeb; Narimah Samat (2015). Integrating Geographic Information System and Discriminant Analysis in Modelling Urban Spatial Growth: An Example from Seberang Perai Region, Penang State, Malaysia, *Asian Social Science*, Vol 11, No 2 (2015), pp 32-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.5539/ass.v11n2p32>.
- 23- Frumkin, Howard (2002), “Urban sprawl and public health”, *public health reports* Vol 117.
- 24- Fung, T. and LeDrew, E. (1987). Application of principal components analysis change detection. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 53(12), 1649–1658.
- 25- Guan, Y., Chen, Y., Li, X., Zheng, Y., & Liu, X. (2011). Estimating the relationship between urban forms and energy consumption: A case study in the Pearl River Delta, 2005–2008. *Landscape and Urban Planning*, 102, 33–42.
- 26- Hedblom, M. and Soderstrom, B., 2008. Woodlands across Swedish urban gradients: status, structure and management implications. *Landscape and Urban Planning*, 84, 62–73.
- 27- Herold, M., Goldstein, N.C., and Clarke, K.C., (2003). The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing of Environment*, 86, pp. 286-302.
- 28- Hosseini, Sayyed Ahmad; Modiri, Mahdi; Salehi Mishani, Heidar; Mansourian Hossein(2015).Evaluation and Optimization of Tehran’s Urban Sprawl Using GIS and RS, *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, (2014) 87(1):72-80 <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201521566178>.
- 29- Howarth, P.J. (1986). Landsat digital enhancements for change detection in urban environment. *Remote Sensing of Environment*, 13, 149–160.
- 30- Jacquin, A., Misakova, L. and Gay, M. (2008). A hybrid object-based classification approach for mapping urban sprawl in periurban environment. *Landscape and Urban Planning*, 84,

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)

تحلیل فرآیند گسترش و الگویابی فضا در محورهای برون‌شهری ... / ۱۳۷

- in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*, 22(10), 1999–2014.
- 53- Weng, Q. (2002). A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*, 22(10), 1999–2014.
- 54- Weng, Q., Liu, H. and Lu, D. (2007). Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States. *Urban Ecosystem*, 10, 203–219.
- 55- White R, Engelen G (2000) High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems. *Comput. Environ. Urban Cyst* 24:383–400. doi:10.1016/S0198-9715(00)00012-0
- 56- Wilson, E.H., Hurd, J.D., Civico, D.L., Prisloe, S. and Arnold, C., (2003). Development of a geospatial model to quantify, describe and map urban growth. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 275–285.
- 57- Wu, F. (2004). Housing provision under globalization: a case study of Shanghai. *Environment and Planning A*, 33(10), 1741-1764.
- 58- Yikang Rui (2013), Urban Growth Modeling Based on Land-use Changes and Road Network Expansion, Doctoral Thesis in Geodesy and Geoinformatics with Specialization in Geoinformatics Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden, 2013.
- 59- Yuan, F. (2009). Land-cover change and environmental impact analysis in the Greater Mankato area of Minnesota using remote sensing and GIS modelling. *International Journal of Remote Sensing*, 29(4), 1169–1184.
- 60- Zhang, Tingwei, (2007), Land Market Forces and Government s role in sprawl, *Cities*, Vol. 17, No. 2, pp 123-135.
- Floodplain Encroachment: Strategic Approach to Flood and Floodplain Management in Kaduna Metropolis. *Journal of Geography and Geology*, Vol.4, No.1, Pages. 170-182. www.ccsenet.org/jgg
- 42- Newman, P.W.G. and Kenworthy, J.R. (1988). The transport energy trade-off: fuel-efficient traffic versus fuel-efficient cities. *Transportation Research A*, 22A (3), 163–174.
- 43- Pacione, M., (2005), Quality of life research in urban geography, in: *Urban Geography in America, 1950-2000*(eds. Berry, B., Wheeler, and J.), Routledge, New York, 239-264.
- 44- Pacione, M., (2011): *Urban Geography: A Global Perspective*, Routledge, and London.
- 45- Pathan, S.K., Shukla, V.K., Patel, R.G. and Mehta, K.S. (1993). Urban land-use mapping—a case study of Ahmedabad city and its environs. *Journal of Indian Society of Remote Sensing*, 19(2), 95–112.
- 46- Pontius Jr., Robert Gilmore, 2000, Quantification error versus location error in comparison of categorical maps, *Engineering and Remote Sensing*, 66 (8), 1011-1016.
- 47- Seto, K.C. and Fragkias, M. (2005). Quantifying spatiotemporal patterns of urban land-use change in four cities of China with timer series landscape metrics. *Landscape Ecology*, 20, 871–888.
- 48- Speir, Cameron and Kurt Stephenson. 2002. Does sprawl cost us all? Isolating the effects of housing patterns on public water and sewer costs. *Journal of the American Planning Association* 68, 1: 56-70.
- 49- Stone Jr., B. (2008). Urban sprawl and air quality in large US cities. *Journal of Environmental Management*, 86, 688–698.
- 50- Valbuena, D., Verburg, P.H., Bregt, A.K., & Ligtnerberg, A. (2010). An agent-based approach to model land-use change at a regional scale. *Landscape Ecology*, 25, 185-199.
- 51- Wassmer, R.W, (2002), Influences of the Fiscalization of Land Use and Urban Growth Boundaries, www.csus.edu/individ/w/wassmerr/sprawl.html.
- 52- Weng, Q. (2001). A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature

