Journal of Urban Ecology Research
Vol.12, NO. 1, Series 23, Spring & Summer 2021 (47-66)

دو فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی‌شهری
سال دوازده، شماره۱، پیاپی ۲۳، بهار و تابستان (۶۶-۴۷)

مقاله علمی پژوهشی

شبیه سازی تحولات کاربری اراضی در شهر- منطقه مرکزی استان مازندران با استفاده از مدل SLEUTH

***هاشم داداش‌پور[۱]، فردیس سالاریان[۲]**

۱.دانشیار برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲..دانشجوی دکترای شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰٤/۰٤ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۹/۰۳

Simulation of Land Use Changes in Central City- Region of Mazandaran Province by Using SLEUTH Model

Hashem Dadashpoor*[1], Fardis Salarian[2]

1. Associate Professor of Urban and Regional Planning, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2. PhD student, Isfahan art university, Isfahan, Iran

Received: 2017/06/25 Accepted: 2021/11/24

Abstract

In this research, we attempt to simulate the land use development and scenarios prediction in 1420 to reduce the effects of unbalanced development on a region of natural value. To achieve this, the SLEUTH model has been used to simulate future land use and scenario. The data and information required for the study include slope, land cover, exclusion, urban development, transportation, hillshade, which were extracted from the SLEUTH model and its five growth coefficients. Then, using related research and researchers' opinions, the three scenarios of historical trends, protection of lands with natural value and multicenter network were evaluated.The results showed that the coefficient of expansion and gravity of the road have the greatest impact on simulation and scenario building and play a very effective role in the future development of the study area. Therefore, around the main communication axes of the study area, the pattern of linear scattered development, in the vicinity of villages and populated towns, the pattern of cluster development and in other lands with a separate structure, the pattern of scattered development and frog jumping have a spatial appearance. This development trend has been formed in the northern and central areas of the city-Mazandaran region more than other areas and the alternative scenario in order to achieve a balanced and balanced development model of the region is a multicenter network.The innovation of the research in simulating the development of constructed lands and the scenario of development developments in the city-central region of Mazandaran province is the prediction of lands constructed based on the SLEUTH model.

Keywords

.Spatial pattern, urban growth, land use, Mazandaran.

چکیده

در پژوهش حاضر تلاش می‌شود تا با هدف شبیه‌سازی تحولات توسعه کاربری اراضی و سناریوسازی توسعه در ۱۴۲۰ برای کاهش اثرات توسعه نـامتوازن بـر منطقه‌ای با ارزش طبیعی، گامی موثر برداشته شود. برای دستیابی به این مهم، از مدل SLEUTH بـرای شبیه‌سـازی کـاربری اراضـی آتـی و سناریوسـازی استفاده شده است. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز پژوهش شیب اراضـی، پوشـش اراضی، محرومیت، توسعه شهری، حمـل و نقـل، خطـوط ارتفـاعی و کـاربری اراضی است که از مدل SLEUTH و ضـرایب پـنج گانـه رشـد آن اسـتخراج شدند. سپس به ارزیابی سناریوهای سه گانه روند تاریخی، حفاظت از اراضی بـا ارزش طبیعی و شبکه چندمرکزی پرداخته شد. نتایج یافتـه هـا نشـان داد کـه ضریب گسترش و جاذبه جاده بیشترین تاثیر را بـر شبیه‌سـازی و سناریوسـازی دارنـد و نقـش بسـیار مـوثری را بـر توسـعه آتـی محـدوده مطالعـاتی برجـای می‌گذارند. از همین رو، پیرامون محورهای اصلی ارتبـاطی محـدوده مطالعـاتی، الگوی توسعه پراکنده خطی، در مجاورت روسـتاها و شـهرک‌های پـر جمعیـت الگوی توسعه خوشه‌ای و در سایر اراضـی بـا سـاختاری مجـزا و تـک واحـدی الگوی توسعه متفرق و پرش قورباغه‌ای نمود فضایی پیدا می‌کننـد. ایـن رونـد توسعه در نواحی شمالی و مرکزی شهر- منطقه مازندران بیش از سـایر نـواحی شکل گرفته و سناریوی جایگزین در راستای دستیابی به الگوی توسعه متعادل و متوازن منطقه، شبکه چندمرکزی است. نوآوری پژوهش در شبیه سازی توسعه اراضی ساخته شده و سناریوسازی تحولات توسعه در شهر- منطقه مرکزی استان مازندران پیش بینی اراضی ساخته شده براساس مدل SLEUTH می باشد.

واژگان کلیدی

الگوی فضایی، رشد شهری، کاربری اراضی، مازندران.

*** نویسنده مسئول:** هاشم داداش‌پور

E-mail: hadadashpoor@gmail.com

***Corresponding Author:** Hashem Dadashpoor

مقدمه

رشد و توسعه منطقه‌ای در گذر زمان دچار تغییر و تحولات بسیاری گشته است (داداش‌پور و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۲؛ Tang et al., 2005: 36)؛ در صورتی که رشد و توسعه بر اساس ساختار نظام‌مند و برنامه‌ریزی شده محقق شود پدیده بسیار مطلوبی در سطح منطقه رخ می دهد (Barredo and Demicheli., 2003: 297). اما اگر توسعه تنها به واسطه گرایش ساکنین بومی و غیربومی به شکلی غیر برنامه‌ریزی شده شکل گیرد، می‌تواند تبعات و پیامدهای منفی را بر ساختار کلان منطقه برجای گذارد (He et al., 2015: 164). زیرا با تاثیر بر عملکرد زیرسیستم‌های محیط طبیعی، اجتماعی، اقتصادی، کالبدی- فضایی و مدیریت منطقه‌ای (Natale et al., 2015)؛ روند غیرقابل پیش‌بینی را برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان (جهت تدوین برنامه‌های توسعه) برجای خواهد گذاشت(Greenhalgh, 2000: 37).

هریک از زیرسیستم‌های منطقه‌ای در تعامل پیچیده با یکدیگر هستند، یعنی بر یکدیگر تاثیر می‌گذارند و از یکدیگر تاثیر می‌پذیرند(Gonzalez et al.,2015:119). چالش اصلی پژوهش حاضر روابط پیچیده‌ای است که به واسطه توسعه کالبدی و جمعیتی بر ساختار محیط طبیعی و زیست منطقه ای وارد می‌شود. یکی از ابزارهایی که به دلیل نتایج مطلوب و موثر مورد استفاده قرار می‌گیرد مدل‌سازی و سناریوسازی توسعه آتی است که همراستا با مولفه‌ها و اهداف توسعه تدوین می‌شود (Gonzalez et al., 2015: 119). از طرف دیگر، کاربست سناریوهای تغییر کاربری اراضی یکی از ابزارهایی است که از دیرباز جهت تجزیه و تحلیل چند معیاره از تحولات محیط زیست مورد استفاده قرار گرفته است. سناریوسازی به تصمیم‌گیران اجازه می‌دهد تا بر اساس احتمال‌های مختلف توسعه آتی (Penteado, 2014: 154) به پیش بینی و انتخاب تصمیم‌ها بپردازند. بدین ترتیب، ضعف در برنامه‌ریزی آینده ممکن است بر ساختار کلان منطقه‌ای و ملی اثر گذار باشد.

شهر- منطقه مرکزی استان مازندران از دیرباز مرکز فعالیت‌های کشاورزی در سطح ملی با طبیعتی منحصربه فرد بوده است. اما بر اثر گذر زمان و گرایش ساکنان بومی و غیر بومی به ساخت و ساز در اراضی پیراشهری و روستایی، عملکرد کشاورزی این منطقه به شدت کاهش پیدا کرده و کیفیت اراضی آن با افت شدیدی مواجه شده است(داداش‌پور و سالاریان، ۱۳۹۴: ۱۵۸). نوآوری تحقیق در این است که با درک روند تحولات و طراحی بهترین سناریو الگوی توسعه فضایی پایدار در شهر- منطقه مرکزی مازندران شکل بگیرد. از این رو، در پژوهش حاضر تلاش شده تا با استفاده از ارزیابی روند تحولات توسعه اراضی شهر- منطقه مرکزی مازندران به شبیه‌سازی و سناریوسازی توسعه اراضی با هدف کاهش تخریب اراضی طبیعی پرداخته شود. سوال‌های پژوهش که ما را در راستای هدف اصلی پیش خواهند برد، بدین شرح است:

تغییرات توسعه اراضی ساخته شده از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ به چه صورت است؟

بر مبنای تحولات پیشین توسعه اراضی چگونه می‌توان به شبیه‌سازی و سناریوسازی تحولات توسعه آتی در سال ۱۴۲۰ پرداخت؟

مبانی نظری

چارچوب نظری

با روند توسعه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، توجه به ابعاد محیط طبیعی در چارچوب برنامه‌های پایدار، اهمیتی ویژه یافته است؛ چرا که این نوع برنامه ها، ناشی از دغدغه‌هایی است که به واسطه رشد و توسعه بی برنامه بر فضای برنامه‌ریزی وارد می‌شود. فرآیند نام برده به دلیل پیچیدگی‌ها و تعامل چندسویه دارای ماهیتی پیچیده بوده و بنابراین نیازمند جهت گیری خاصی در برنامه‌ریزی است (Shahumyan et al.,2014: 38). اراضی طبیعی پیرامون مراکز شهری به دلیل در برگیرندگی اراضی جنگلی، زراعی و باغی از اهمیت بسیاری در ساختار اکوسیستم طبیعی و جانوری، چشم‌انداز طبیعی و مناظر زیبا دارند. چه بسا تغییرات گسترده این اراضی در سطح منطقه موجب تخریب چنین سرمایه‌های ملی و جهانی گردد (Haque et al.,2007; Vargas et al.,2010; Natale et al.,2014; Lubowski et al.,2006).

یکی از وظایف برنامه‌ریزان و مدیران منطقه‌ای جلوگیری و یا حتی کاهش روند تخریب اراضی طبیعی ناشی از توسعه بی‌برنامه است (Basse et al.,2014:160). برای دستیابی به این امر نیز راهکارها و ابزارهای بسیار متنوعی همچون رهنمودهای نوین برنامه‌ریزی، ارائه چشم‌اندازهای راهبردی و یکپارچه، افزایش کیفیت زندگی، پیش بینی وضعیت آینده و اعمال ضوابط و مقررات توسعه وجود دارد (Vargas et al.,2010; Wu, 2009; Haase and Schwarz, 2008) چالش‌های ناشی از ساختار پیچیده تغییر کاربری اراضی، پژوهشگران را بر آن داشته تا به تعریف اجزا و روابط متقابل آن بپردازند (Gonzalez et al.,2015:119). از آنجایی که تغییر و تحولات زیرسیستم

طبیعی به طور عمده ناشی از فعالیت‌های انسانی و تغییرات کاربری اراضی می‌باشد و اینکه کاربری اراضی حاصل از تعامل انسان و محیط طبیعی است، لذا می‌توان بر تاثیر متقابل آن بر اراضی طبیعی نیز اشاره نمود. به دلیل افزایش جمعیت و روند تحول توسعه روزافزون شهری و منطقه‌ای(Natale et al.,2014: 497)، نیاز است تا به بررسی پیامدهای ناشی از تغییر کاربری اراضی در محیط طبیعی پرداخته شود. به دلیل اینکه نتیجه چنین پیامدهایی Haque et al.,2007; Lubowski et al.,2006;Vargas et al.,2010;Natale et al.,2014) منجر به اثرات زیست محیطی منفی شده و آینده سیستم شهر و منطقه را دستخوش تغییر و تحول می کند. پس می‌توان با بررسی روند تغییرات محیط طبیعی به رهنمودی نوین، جهت ارائه چشم‌اندازهای (Wu,2008: 56) راهبردی و یکپارچه با هدف کاهش تخریب اراضی با ارزش طبیعی و افزایش کیفیت زندگی شهری(Haase and Schwarz, 2009: 3) پرداخت.

تغییر کاربری اراضی می‌تواند یک پدیده فراگیر محلی(Agarwal et al.,2009: 78) و جهانی باشد. اما بررسی و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی طبیعی در هر سطحی به دلیل پیچیدگی‌های (Shahumyan et al.,2014: 39) ناشی از تعامل چندسویه میان عناصر برنامه‌ریزی و ویژگی‌های فضایی-زمانی آن (He et al.,2015:164)؛ دارای ماهیت پیچیده‌تری است. به واسطه پیچیدگی‌های نام برده، تعریف اجزا، روابط متقابل (Gonzalez et al.,2015:119) و الگوهای تحولات فضایی (He et al.,2015; Dadashpoor et al. 2019; Dadashpoor and Salarian, 2018) تغییرات کاربری اراضی به عنوان یکی از مهم ترین چالش‌های برنامه‌ریزان و جغرافی‌دانان شناخته شده است (Basse et al.,2014:160) برای مواجهه با این پیچیدگی‌های ناشی از تغییرات کاربری اراضی بر محیط طبیعی، نیاز است به مدل‌سازی(Greenhalgh,2000: 5) و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی پرداخته شود. زیرا مدل‌سازی ابزاری ضروری برای درک و فهم رفتار گسترش شهری و تشخیص ویژگی‌های اصلی آن (خود شباهتی، خود سازماندهی و رفتار غیر خطی) است. این مدل‌ها می‌توانند برای تولید عوامل پویای وابسته به اینگونه سیستم‌ها، کشف عواملی که به عنوان نیروی محرک محسوب می شوند، تحلیل الگوهای رشد شهری و تاثیر آن بر اراضی استفاده شوند (Gonzalez et al.,2015:119). این مدل ها، متاثر از عواملی همچون؛ رواج و گسترش استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)، روش‌های جدید سنجش از راه دور و سیستم تعیین موقعیت جهانی، پیشرفت در نظریه‌های سیستمی، مفهوم در حال ظهور توسعه پایدار در پاسخ به بحران جهانی محیط زیست هستند (Huang et al.,2008:598).

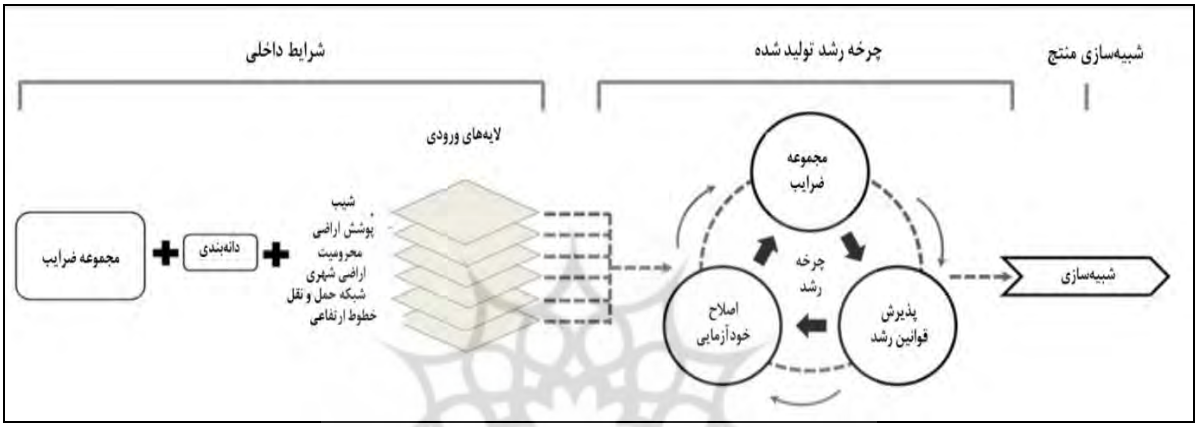
شهرها سیستم‌هایی با نظام پیچیده باز، پویا و خود سازمان دهنده هستند. جهت تدوین برنامه منسجم و بهبود وضعیت سیستم‌های شهری می‌توان با مدل سازی، الگوهای فضایی و شبیه سازی روندهای رشد شهری به درک بهتری از سیستم شهر به عنوان یک کل، دست یافت(هادوی و روستایی، ۱۳۹۰: ۲). حال اینکه توسعه در حومه شهرها منجر به گونه‌ای از رشد تحت عنوان پراکنده‌رویی شده است. با رشد و توسعه این الگو ممکن است بسیاری از زمین‌های قابل کشت حومه‌های شهرها برای ساختمان‌سازی استفاده شده و بازار تغییر کاربری اراضی کشاورزی به مسکونی و تجاری رونق گیرد(حسینعلی و همکارارن،۱۳۹۰: ۲). در پی این فرآیند، اراضی مستعد کشاورزی در معرض نابودی قرار می‌گیرند (احدنژادروشتی و حسینی،۱۳۹۰: ۳). لذا الگوی توسعه فضایی پراکنده، نیاز مبرمی به تدوین برنامه‌ای منسجم و دقیق دارد؛ زیرا با شدت گرفتن توسعهٔ شهر، برنامه‌ریزی برای توسعه‌های آتی جهت کاستن از میزان تخریب در زمینه‌های مختلف امری با ارزش تلقی می‌گردد(شیعه و انام‌پور،۱۳۹۰: ۱۱۰). بدین ترتیب و با تاکید بر روند تخریب زیست محیطی که گسترش سکونتگاهها بدنبال داشته اند، بر زمینه‌سازی برنامه‌ای منسجم برای این مسئله تاکید می‌گردد. می‌توان گفت که از هم‌افزایی تدوین برنامه منسجم و استفاده از مدلسازی در برنامه‌ها می‌توان به انتظام توسعه فضایی شهرها پرداخت.

روش انجام پژوهش

تحلیل تغییرات کاربری اراضی دارای مدل‌های بسیاری است که بر مبنای ماهیت پیچیده سیستم‌های کاربری اراضی به ارزیابی تغییرات فضایی- زمانی و عوامل موثر اجتماعی- اقتصادی می‌پردازد(Campbell et al.,2011:8). از طرفی کاربست سناریوهای تغییر کاربری اراضی یکی از ابزارهایی است که از دیرباز جهت تجزیه و تحلیل چندمعیاره از تحولات محیط زیست مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین سناریوسازی به تصمیم‌گیران اجازه می‌دهد تا براساس احتمال های مختلف توسعه آتی(Penteado,2014:26) به پیش بینی و انتخاب تصمیم‌ها بپردازند. از آنجا که روند تغییر کاربری اراضی طبیعی، در اراضی حاشیه‌ای و لبه ای (Wu, 2008:54) شهرها و مناطق بیشتر رخ داده است؛ نیاز است تا توجه ویژه‌ای به این نواحی در روند برنامه‌ریزی‌های آتی صورت گیرد. SLEUTHیک مدل اتوماسیون سلولی است که طی دو دهه اخیر برای شبیه‌سازی تغییر و تحول توسعه استفاده شده است Dadashpoor and Nateghi, 2017 ; Chaudhuri and Clarke, 2013:89 (527). نام این مدل مخففی از عناصری است که تحت عنوان ۶ لایه ورودی؛ شیب، پوشش اراضی، محرومیت ، توسعه شهری، حمل و نقل، خطوط ارتفاعی است (Chaudhuri and Clarke,2013: 91) که در تحلیل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این مدل به‌عنوان یک مدل پیچیده در بسیاری از مناطق بین‌المللی با موفقیت انجام شده است. جهت درک روند پراکندگی در آینده؛ از این مدل رشد شهری برای پیش‌بینی رشد فضایی استفاده می‌شود (Al-shalabi and et al.,2012:407). مجموعه مدل‌های پوشش اراضی دلتاترون و مدل رشد شهری مبتنی بر ویندوز یونیکس، تشکیل دهنده این مدل هستند(Chaudhuri and Clarke,2013:89-90).

همچنین به‌عنوان یک مدل پیچیده در بسیاری از مناطق بین‌المللی با موفقیت انجام شده است. جهت درک روند پراکندگی در آینده؛ از این مدل رشد شهری برای پیش‌بینی رشد فضایی استفاده می‌شود. این مدل با استفاده از دو زیرمدل؛ رشد شهری و کاربری زمین/پوشش اراضی دلتاترون تعریف می‌شود (Al-shalabi and et al.,2012:407).این مدل با استفاده از دو مرحله شبیه‌سازی؛ کالیبراسیون (به معنی واسنجی) منتج از پارامترهای رشد براساس داده‌ها در طی زمان، پیش بینی پروژه‌های رشد و گسترش براساس کالیبراسیون صورت می‌پذیرد. با استفاده از این مدل می‌توان به شبیه‌سازی رشد و توسعه در الگوهای مختلفی همچون رشد تصادفی ، گسترش جدید پیرامون مراکز توسعه (رشد در اطراف توسعه‌های جدید)، رشد لبه‌ای (توسعه در لبه مناطق موجود) می‌پردازد (Huang et al.,2008: 599).



شکل ۱. فرآیند مدل SLEUTH

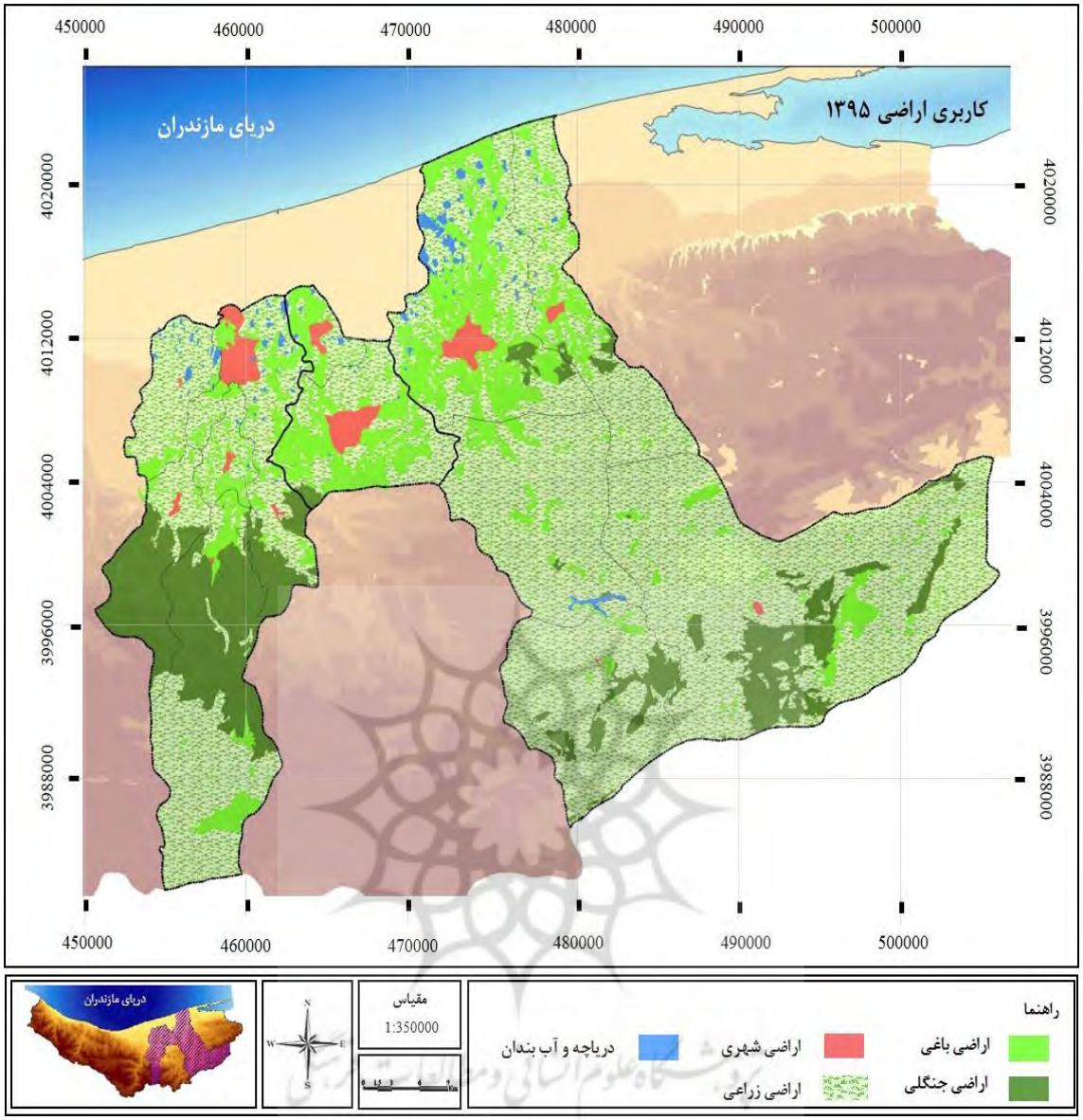
Source: Huang et al.,2008

با استفاده از این مدل می‌توان به شبیه‌سازی رشد و توسعه در الگوهای مختلف همچون؛ رشد تصادفی[۱] ، گسترش جدید پیرامون مراکز توسعه[۲](رشد در اطراف توسعه‌های جدید)، رشد لبه‌ای[۳](توسعه در لبه مناطق موجود) پرداخت (Huang et al.,2008: 599). اما برای تحلیل و بررسی سناریوهای توسعه روش‌ها و مدل‌های گوناگونی وجود دارد؛ که در پژوهش حاضر تلاش شده تا بر مبنای شاخص‌ها و لایه‌های مدل SLEUHT به سناریوسازی تغییرات توسعه در محدوده مطالعاتی پرداخت.

همچنانکه توضیح داده شد مدل SLEUTH مخفف عناصری است که تحت عنوان ۶ لایه ورودی؛ شیب، پوشش اراضی، محرومیت[۴] ، توسعه شهری، حمل و نقل، خطوط ارتفاعی[۵] مورد استفاده قرار می‌گیرند(Han et al.,2015: 7; USGS, 2014: 4). این مدل با استفاده از دو زیرمدل؛ رشد شهری[۶] و کاربری زمین / پوشش اراضی دلتاترون[۷] تعریف می‌شود(Alshalabi and et al., 2012:407) . همچنین این مدل با استفاده از دو مرحله شبیه‌سازی؛ کالیبراسیون منتج از پارامترهای رشد براساس داده‌ها در طی زمان، پیش بینی پروژه‌های رشد و گسترش براساس کالیبراسیون صورت می‌پذیرد. با استفاده از این مدل می‌توان به شبیه‌سازی رشد و توسعه در الگوهای مختلف همچون رشد تصادفی[۸]، گسترش جدید پیرامون مراکز توسعه[۹](رشد در اطراف توسعه‌های جدید)، رشد لبه‌ای[۱۰](توسعه در لبه مناطق موجود) پرداخت(Huang et al.,2008: 599).

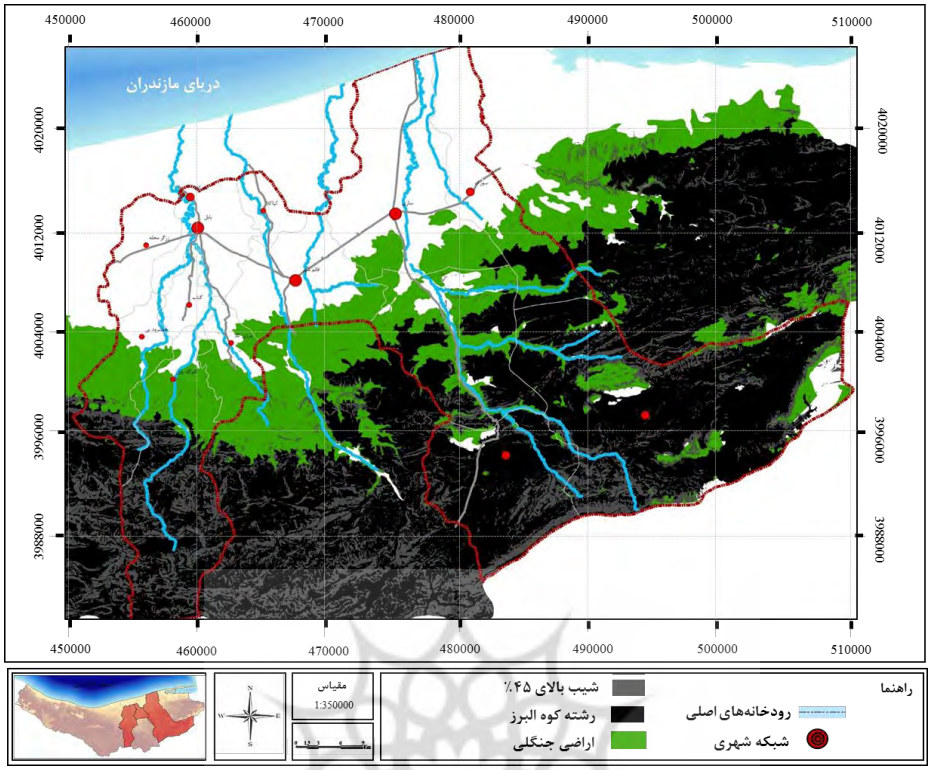
---

۱ . spontaneous
۲ . new spreading center growth
۳ . edge growth
۴ . exclusion
۵ . Hill shade
۶ . urban growth model
۷ . Deltatron land use/ land cover model
۸ . spontaneous
9 . new spreading center growth
10 . edge growth

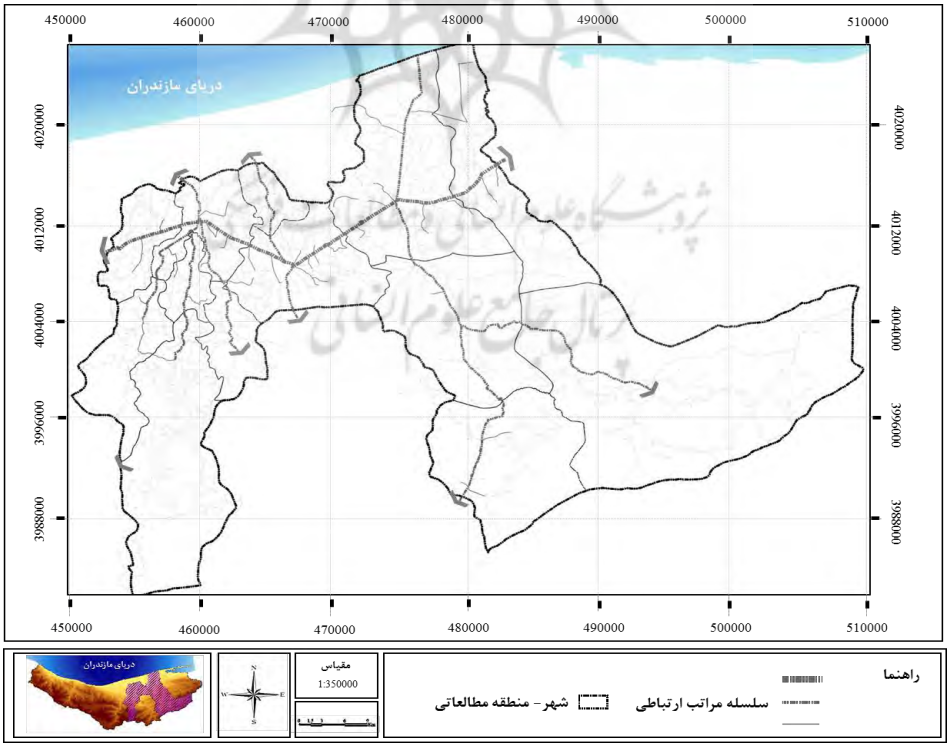


شکل ب۲. تحولات کاربری اراضی شهر- منطقه مطالعاتی

برای دستیابی به نقشه محرومیت توسعه اراضی تلاش شد تا از لایه‌های مختلف کالبدی- فضایی و طبیعی استفاده شود. بنابراین رودخانه‌های اصلی (مبتنی بر میزان دبی)، اراضی جنگلی، اراضی با شیب بالای ۴۵ درصد و اراضی شهری و روستایی از پیش ساخته شده به عنوان اراضی محرومیت توسعه در قالب شکل ۳ نشان داده شدند. آنچه که از این شکل حاصل می‌شود؛ احتمال توسعه آتی در اراضی شمال محدوده است که دارای محرومیت کمتری نسبت به سایر اراضی هستند. اما برای دستیابی به شبکه ارتباطی در محدوده مطالعاتی سلسله مراتبی از شبکه ارتباطی اصلی، فرعی و روستایی (خاکی) ارائه شدند(شکل ۴). نحوه توزیع فضایی شبکه ارتباطی در شمال محدوده مطالعاتی با تمرکز بالاتری مشاهده می‌شود.

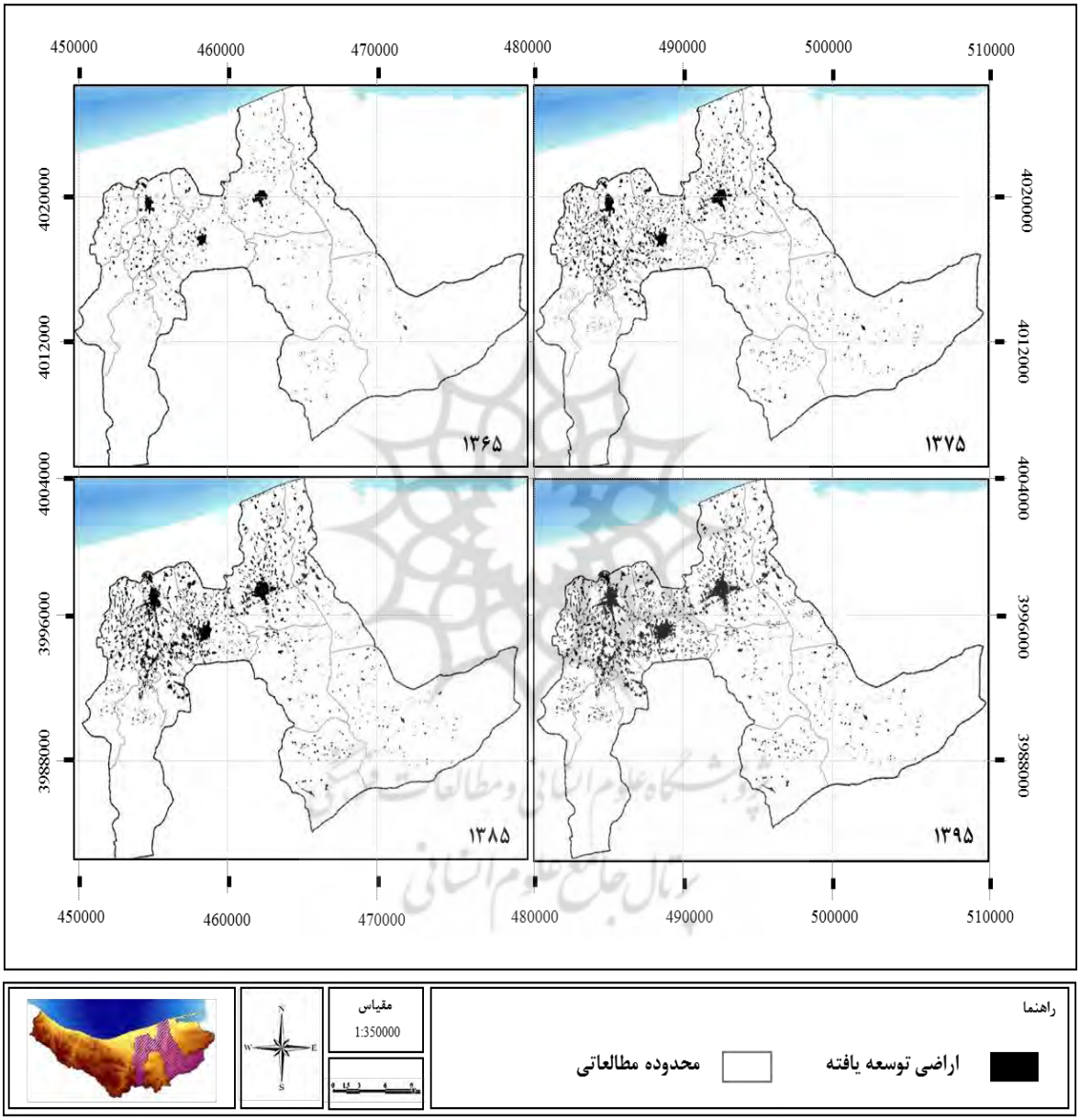


شکل۳: محرومیت توسعه در اراضی شهر- منطقه مطالعاتی



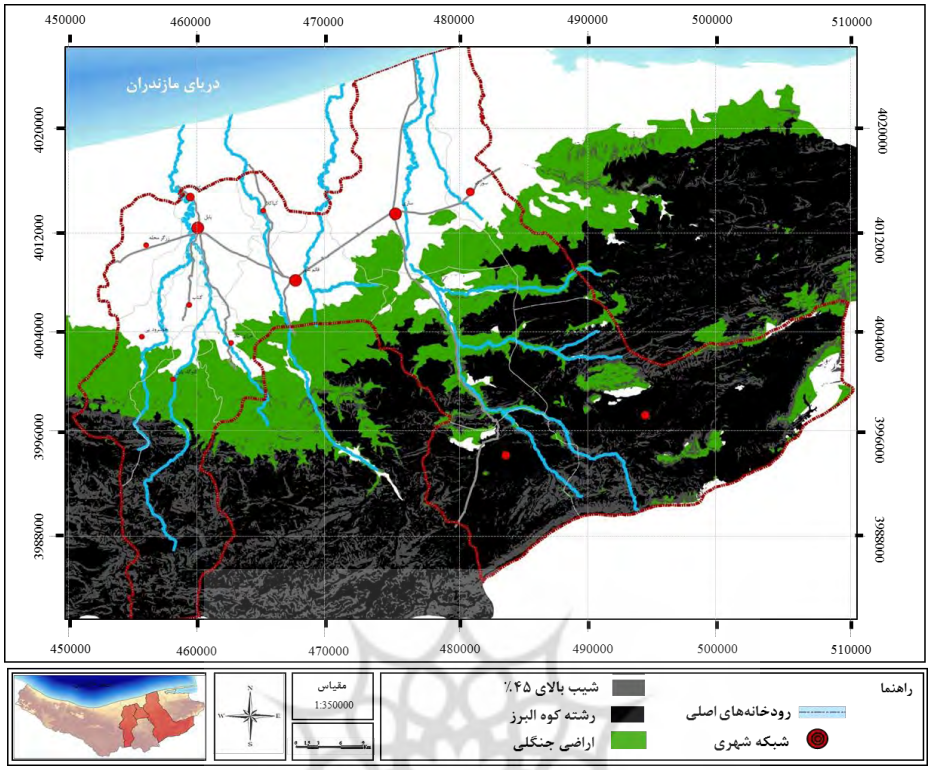
شکل ۴: شبکه ارتباطی شهر- منطقه مطالعات

داده مورد نیاز بعدی برای بکارگیری مدل SLEUTH توسعه اراضی است؛ که در محدوده مطالعاتی ۴ دوره ۱۰ ساله از تحولات اراضی ساخته شده نشان داده شده است(شکل ۵. شهر– منطقه مرکزی استان مازندران در سال ۱۳۶۵ دارای مراکز شهری نسبتا توسعه یافته به همراه پیرامونی کمتر توسعه یافته است. اما با گذر زمان همانگونه که مراکز شهری اصلی یعنی ساری، بابل و قائمشهر توسعه یافتند؛ پیرامون مراکز شهری یعنی اراضی پیرا شهری و روستایی نیز به صورت چشمگیری افزایش یافتند. البته با نگاهی اجمالی به شکل شبکه ارتباطی و اراضی ساخته شده، می‌توان یکی از علل توسعه اراضی را در برخورداری آنها از شبکه ارتباطی دانست.

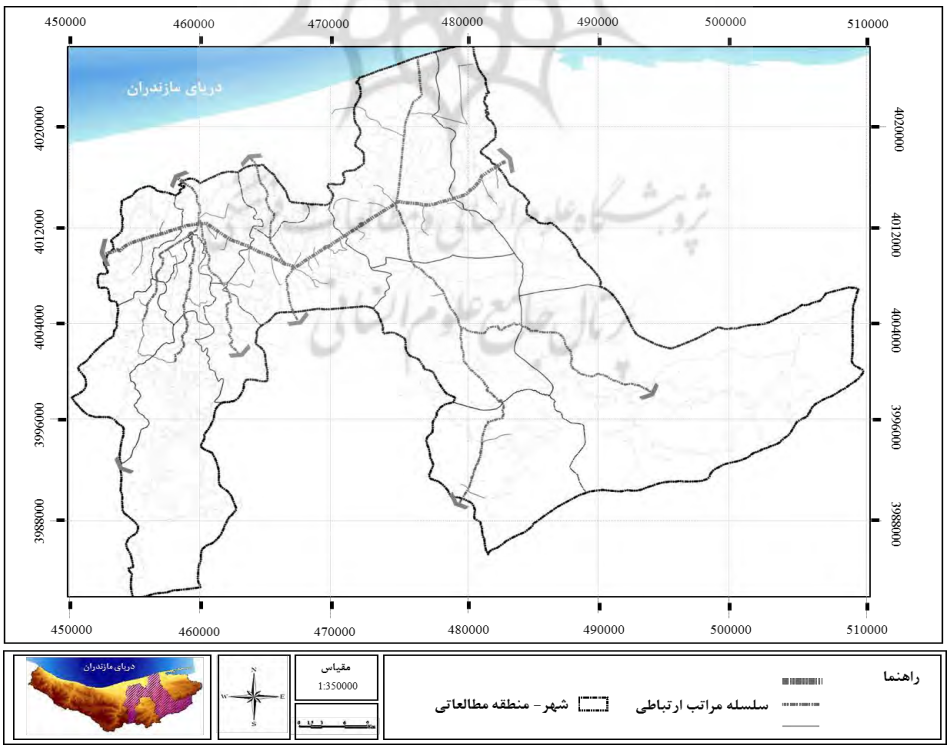


شکل ۵. تحولات اراضی ساخته شده در شهر– منطقه مطالعاتی

سایر داده‌های مورد نیاز برای کاربست مدل SLEUTH شامل توپوگرافی اراضی، پوشش گیاهی و رودخانه های اصلی و فرعی است (شکل، ۶، ۷ و ۸) که به عنوان عوامل تعیین کننده محدودیت‌ها و فرصت‌های محیطی توسعه در اختیار سیستم قرار می‌گیرند.

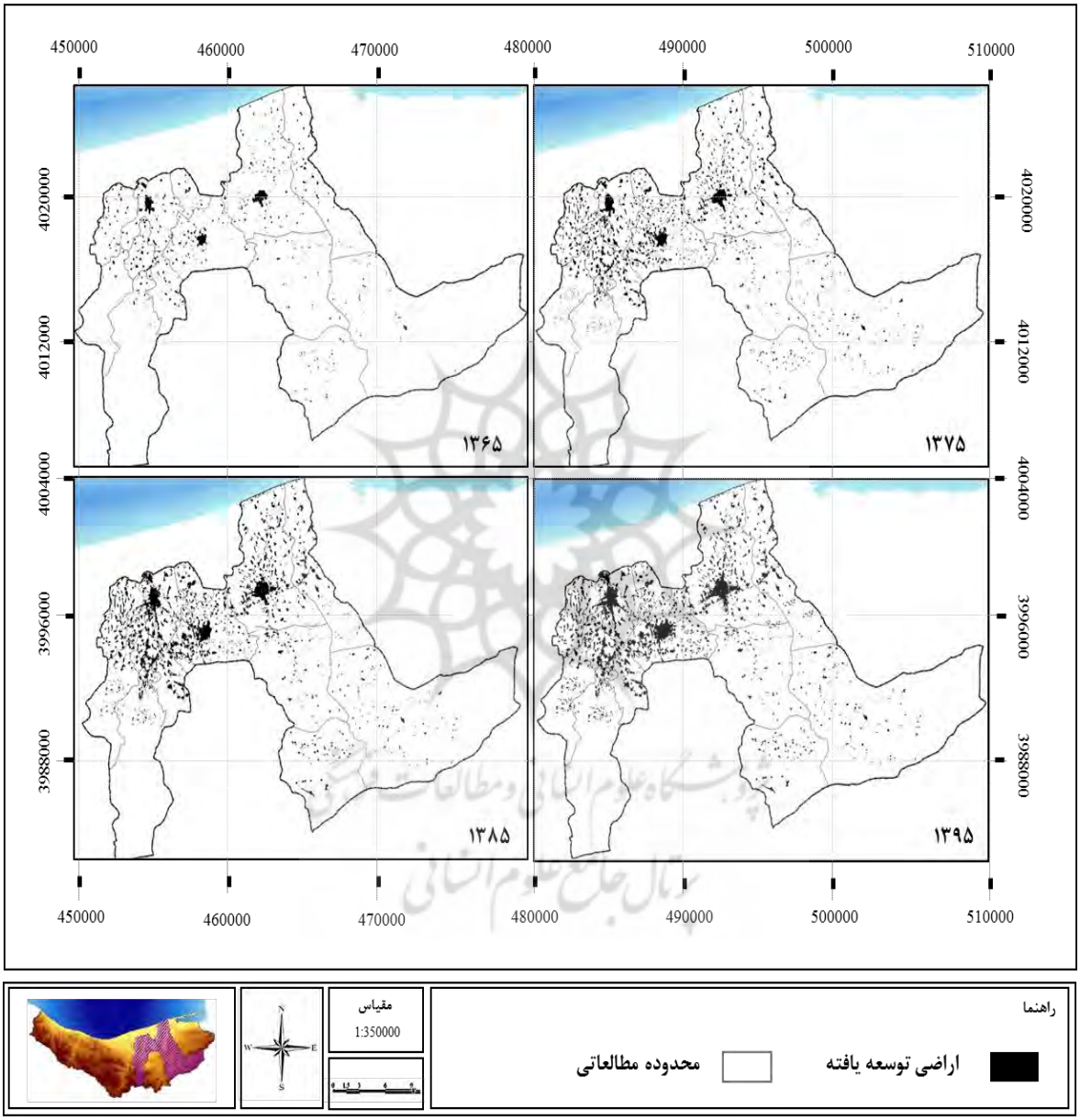


شکل۳: محرومیت توسعه در اراضی شهر- منطقه مطالعاتی



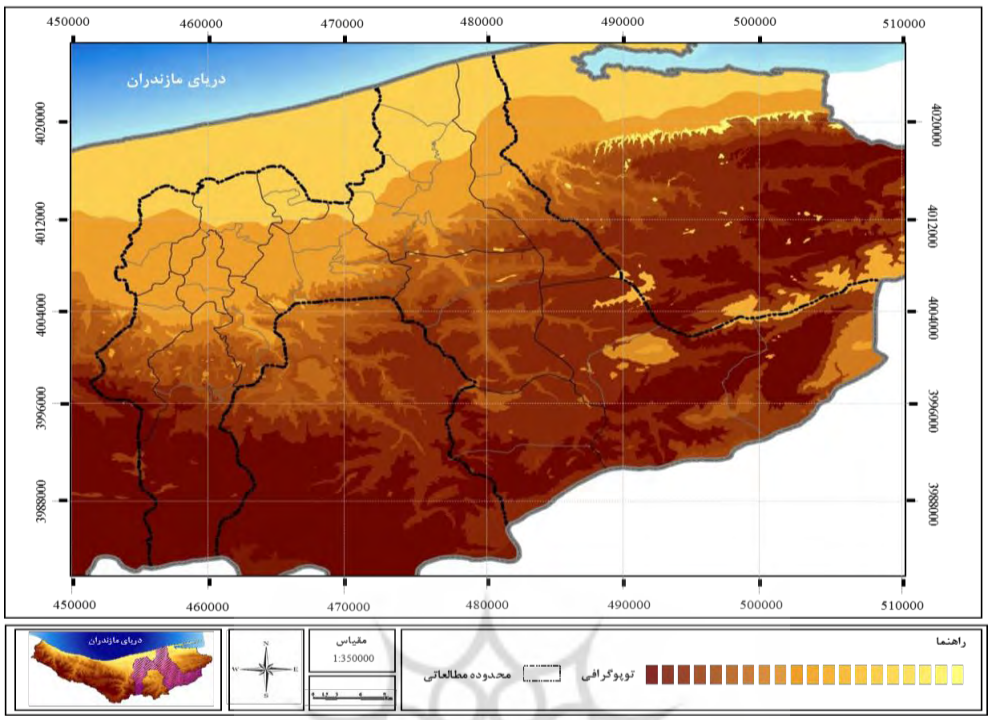
شکل ۴: شبکه ارتباطی شهر- منطقه مطالعات

داده مورد نیاز بعدی برای بکارگیری مدل SLEUTH توسعه اراضی است؛ که در محدوده مطالعاتی ۴ دوره ۱۰ ساله از تحولات اراضی ساخته شده نشان داده شده است(شکل ۵. شهر– منطقه مرکزی استان مازندران در سال ۱۳۶۵ دارای مراکز شهری نسبتا توسعه یافته به همراه پیرامونی کمتر توسعه یافته است. اما با گذر زمان همانگونه که مراکز شهری اصلی یعنی ساری، بابل و قائمشهر توسعه یافتند؛ پیرامون مراکز شهری یعنی اراضی پیرا شهری و روستایی نیز به صورت چشمگیری افزایش یافتند. البته با نگاهی اجمالی به شکل شبکه ارتباطی و اراضی ساخته شده، می‌توان یکی از علل توسعه اراضی را در برخورداری آنها از شبکه ارتباطی دانست.

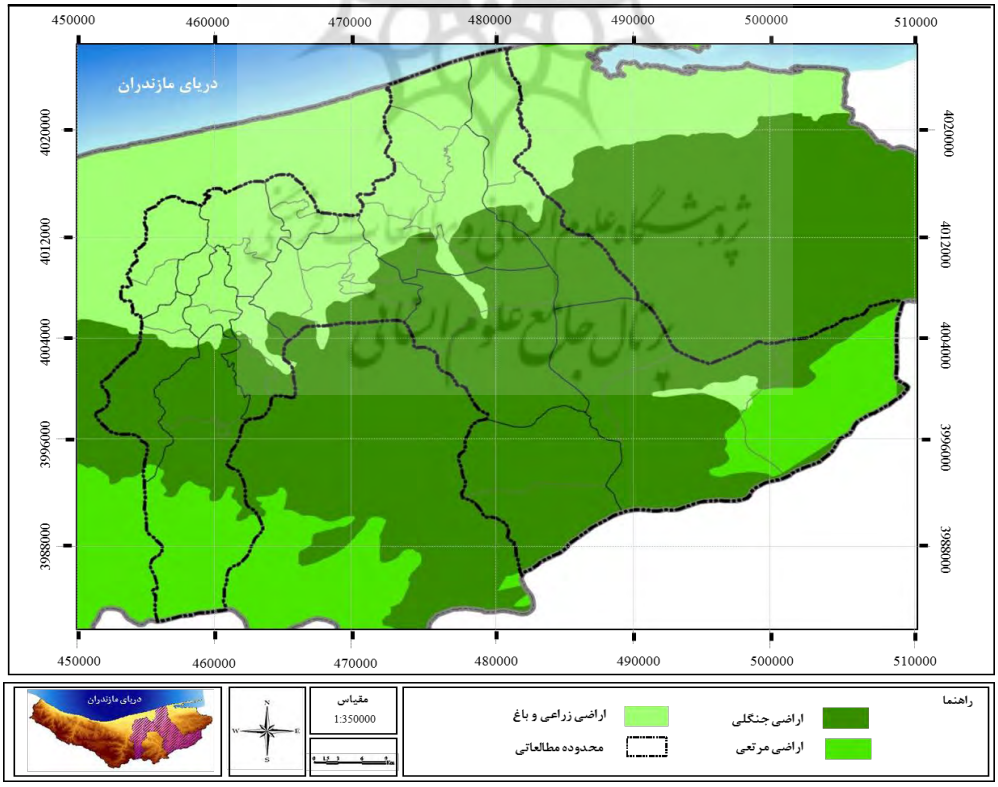


شکل ۵. تحولات اراضی ساخته شده در شهر– منطقه مطالعاتی

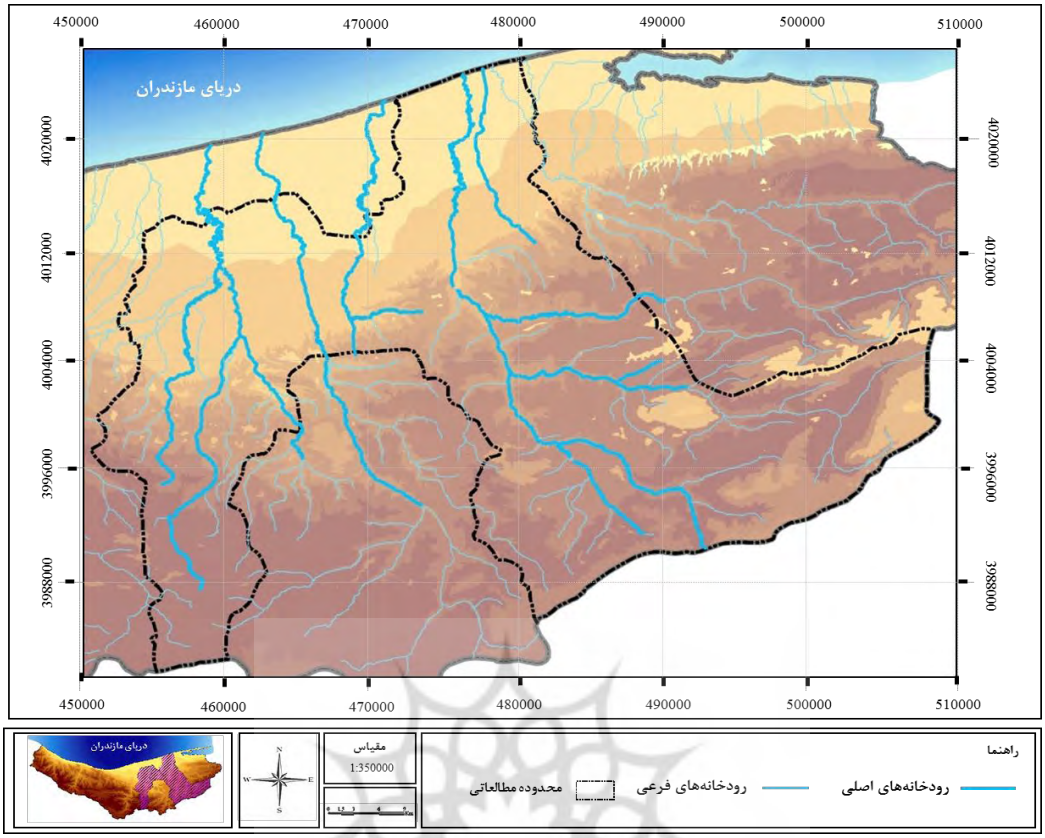
سایر داده‌های مورد نیاز برای کاربست مدل SLEUTH شامل توپوگرافی اراضی، پوشش گیاهی و رودخانه های اصلی و فرعی است (شکل، ۶، ۷ و ۸) که به عنوان عوامل تعیین کننده محدودیت‌ها و فرصت‌های محیطی توسعه در اختیار سیستم قرار می‌گیرند.



شکل ۶. توپوگرافی اراضی در شهر- منطقه مطالعاتی



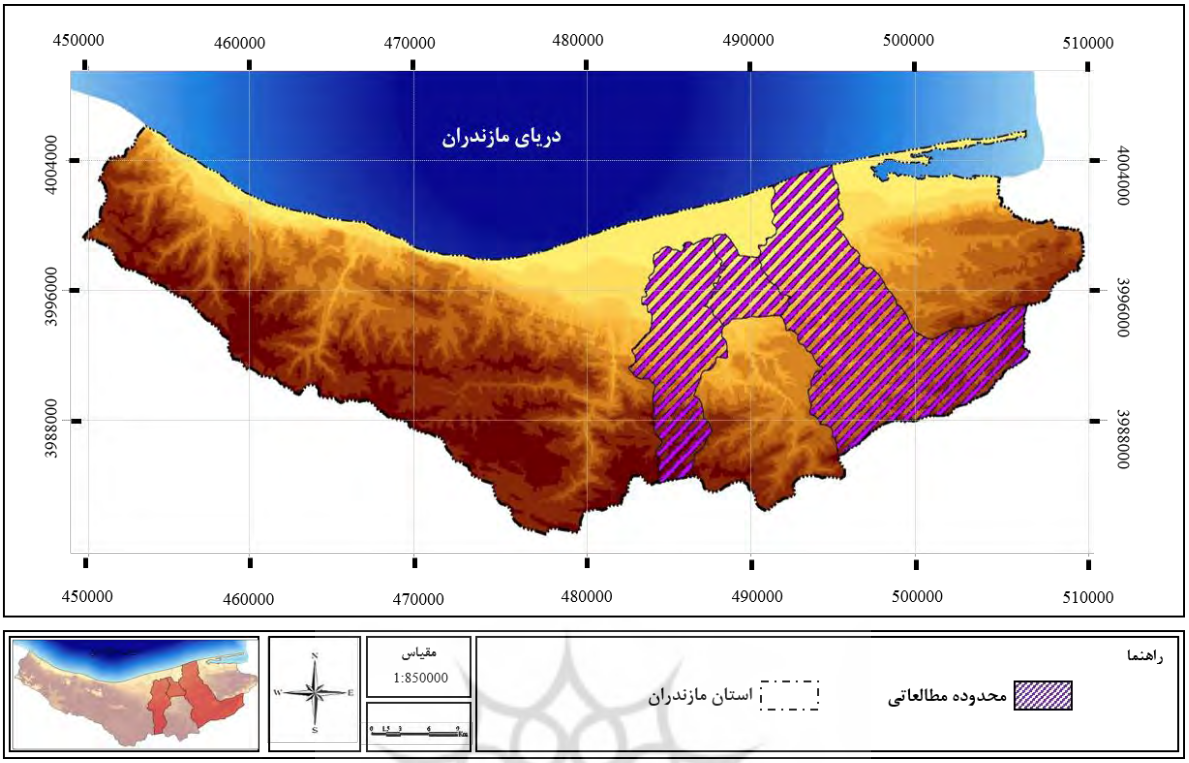
شکل ۷. پوشش اراضی در شهر- منطقه مطالعاتی



شکل ۸. رودخانه‌های اصلی و فرعی در شهر- منطقه مطالعاتی

محدوده مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی در پژوهش حاضر شامل شهرها و روستاهای واقع در شهرستان‌های ساری، بابل و قائمشهر استان مازندران است. مساحت این محدوده ۱۵۲۸۵ کیلومتر مربع، معادل با ۲۲/۲۴ درصد از سطح استان مازندران است (شکل ۹) که جمعیتی معادل ۱۲۹۴۵۸۳ نفر را در خود جای داده است. در این محدوده اراضی ساخته شده با روند فزاینده‌ای توسعه یافته و در بازه ۷۵-۱۳۶۵ نرخ رشد ۶/۵۶ درصدی نمایانگر تحول بسیار اراضی ساخته شده و از بین رفتن اراضی محیط طبیعی است. در بازه‌های بعدی روند رشد کاهش یافته که نتیجه آن کاهش تخریب اراضی محیط طبیعی است. البته این امر نشان دهنده کاهش توسعه پراکنده در شهر- منطقه مطالعاتی نبوده و تنها کاهش شدت فزاینده آن نسبت به سال‌های ابتدایی پژوهش مورد نظر است. دلیل انتخاب این محدوده به واسطه اولویت انتظام بخشی در ساختار سیاسی- مدیریتی استان است، زیرا این مراکز دارای شرایط جمعیتی، اقتصادی و مدیریتی مناسبی در سطح استان می‌باشند. بنابراین، اگر گرایش‌های افراد بومی و غیر بومی به سکونت در اراضی پیراشهری این مراکز افزایش یابد، خطرات جدی را برای اراضی طبیعی به همراه خواهد داشت(Natale et al.,2014; Zebardast et al.,2014;Tang et al.,2005; Agarwal et al.,2009). به دلیل حساسیت برنامه‌ریزی در این مراکز باید با نگرشی خاص به پیش بینی تحولات توسعه در این منطقه پرداخت تا میزان تخریب اراضی طبیعی را کاهش یابد.



شکل ۹. جایگاه شهر- منطقه مطالعاتی در استان مازندران

یافته‌ها

پس از بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که متغیرها و اطلاعات مورد نیاز جهت کاربست مدل SLUETH در شهر- منطقه مطالعاتی شامل شیب اراضی، کاربری اراضی، محرومیت، شهری شدن، شبکه حمل و نقل، خطوط ارتفاعی است. داده‌های مربوط به توپوگرافی و شیب اراضی، پوشش گیاهی و رودخانه‌های محدوده به عنوان عوامل و عناصر محدود کننده توسعه هستند تا بر مبنای قابلیت توسعه طبیعی؛ به پیش بینی اراضی ساخته شده پرداخته شود. سپس کاربری اراضی، شبکه حمل و نقل و تحولات توسعه اراضی ساخته شده به عنوان مولفه‌هایی کالبدی در راستای تعیین پتانسیل‌های توسعه احتمالی در نظر گرفته می‌شوند. در انتها نیز محرومیت اراضی، پتانسیل‌های توسعه آتی و همچنین عدم قابلیت توسعه را نشان می‌دهد. در نتیجه می‌توان گفت که شبکه ارتباطی، کاربری اراضی و تحولات توسعه اراضی ساخته شده به عنوان داده‌های اصلی و محرومیت اراضی، پوشش گیاهی، توپوگرافی و شیب اراضی و رودخانه‌های محدوده مطالعاتی به عنوان داده‌ها و اطلاعات مکمل در راستای بکارگیری مدل SLEUTH تعریف می‌شوند. در مجموع اطلاعات و متغیرهای مذکور جهت کالیبراسیون آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد تا بتوان به واسطه آن از ویژگی برنامه‌ریزی سناریو جهت تحقق ارائه برنامه هدایت گر توسعه در سال ۱۴۲۰ استفاده نمود.

در ابتدا برای دستیابی به سناریوهای توسعه، نیاز است تا شاخص‌های متناسب برای مدل SLEUTH تعیین و تحلیل شود. شاخص‌های مورد نظر بر مبنای مقایسه، حداقل رگرسیون‌ها و شاخص‌های اندازه میان توسعه پیش بینی شده و واقعیت اراضی است. در ابتدا کالیبراسیون بر اساس ضرایب بدست آمده در جدول ۲ و دسته‌بندی‌های مختلف تعیین شد. این ضرایب بر مبنای احتمال توسعه در سلول‌های شهری و همچنین پژوهش سیلوا و کلارک (۲۰۰۲) بدست آمدند.

جدول ۲: کالیبراسیون اراضی در شهر- منطقه مطالعاتی

پارامترهای رشد	درشت		ریز		نهایی		ارزش نهایی
	۴= تکرار شاخص مونت کارلو		۶ = تکرار شاخص مونتکارلو		۸= تکرار شاخص مونت کارلو		
	۰/۶۵ = اندازه خوشه		۰/۶۸ = اندازه خوشه		۰/۷۲ = اندازه خوشه		
	۰/۳۸ = شاخص لی سالی		۰/۳۸ = شاخص لی سالی		۰/۳۸ = شاخص لی سالی		
	دامنه	مرحله	دامنه	مرحله	دامنه	مرحله	
ضریب پراکندگی	۱-۱۰۰	۲۵	۱-۲۵	۵	۹-۱۴	۱	**4**
ضریب زایش	۱-۱۰۰	۲۵	۷۵-۱۰۰	۴	۹۵-۱۰۰	۱	**۷۲**
ضریب گسترش	۱-۱۰۰	۲۵	۵۰-۷۵	۵	۷۰-۷۵	۱	**100**
ضریب مقاومت شیب	۱-۱۰۰	۲۵	۱-۲۵	۵	۱-۱۱	۲	**28**
ضریب جاذبه جاده	۱-۱۰۰	۲۵	۵۰-۷۵	۵	۵۰-۶۰	۲	**۸۲**

پارامترهای رشد برای کالیبراسیون در شهر- منطقه مطالعاتی (جدول ۳) براساس کالیبراسیون درشت، ریز و نهایی به دست آمدند. بدین ترتیب که بیشترین و کمترین تغییرات پارامترها در کالیبراسیون درشت و ریز لحاظ شده و بر مبنای آن کالیبراسیون نهایی استخراج شد. در کالیبراسیون؛ ارزش نهایی ضریب گسترش (برابر با ۱۰۰) و ضریب جاذبه جاده (برابر با ۸۲) بیشترین تاثیر را بر شبیه‌سازی و سناریوسازی دارند زیرا ارزش نهایی آن به مراتب بالاتر از سایر پارامترهای رشد و توسعه است. پس از آن پارامترهای ضریب زایش، ضریب مقاومت جاده و ضریب پراکندگی در شبیه‌سازی موثر می‌باشند. در مرحله بعد، بر مبنای شاخص‌های بررسی کالیبراسیون، مقادیر عددی هریک از شاخص‌ها بدست آمد (جدول ۴) و در انتها نیز اراضی ساخته شده در سال ۱۴۲۰ بر مبنای توسعه سلول‌های مطالعاتی پیش بینی شد.

جدول ۳. شاخص‌های مورد نیاز برای بررسی کالیبراسیون در شهر- منطقه مطالعاتی

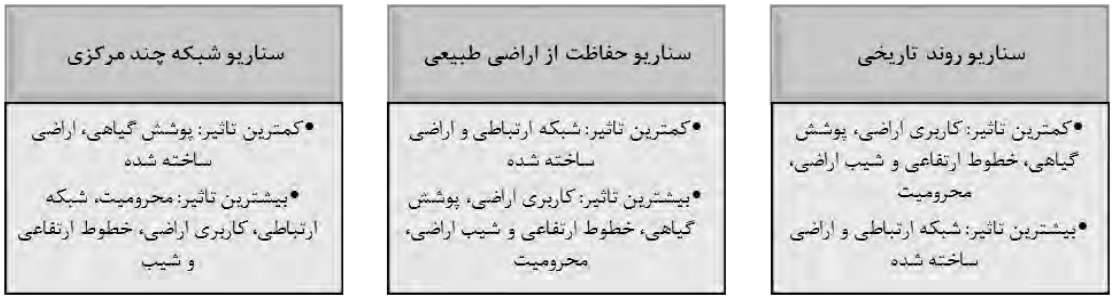
شاخص	توضیحات	درشت	ریز	نهایی
مقایسه	مقایسه میان حدود توسعه پیشبینی شده با وسعت واقعی شهر	۰/۳۷	۰/۳۷	**۰/۳۷**
r^2جمعیت	کمترین (حداقل) رگرسیون مربع از توسعه شهرنشینی پیشبینی شده با شهرنشینی واقعی	۰/۹۴	۰/۹۵	**۰/۹۴**
لبه r^2	کمترین (حداقل) رگرسیون مربع از مرزهای شهری پیشبینی شده با مرزهای شهری واقعی	۰/۹۷	۰/۹۵	**۰/۹۵**
r^2 خوشه	کمترین (حداقل) رگرسیون مربع از خوشه‌های شهری پیشبینی شده با خوشه‌های شهری واقعی	۰/۶۵	۰/۶۸	**۰/۷۲**
شاخص لی	یک شاخص شکل که به اندازه‌گیری تناسب میان رشد مدل‌سازی شده و میزان اراضی شهری می‌پردازد	۰/۳۸	۰/۳۸	**۰/۳۸**
متوسط شیب r^2	کمترین (حداقل) رگرسیون مربع از شیب اراضی	۱	۱	**۱**
X- r^2	کمترین (حداقل) رگرسیون مربع مقادیر x (مراکز ثقل) سلول‌های شهری در مقایسه با متوسط مقادیر	۰/۱۲	۰/۱۱	**۰/۱**
Y- r^2	کمترین (حداقل) رگرسیون مربع مقادیر y (مراکز ثقل) سلول‌های شهری در مقایسه با متوسط مقادیر	۰/۷۶	۰/۷۷	**۰/۸۲**

برنامه‌ریزی سناریو بر اساس مدل SLEUTH

بر مبنای کالیبراسیون داده‌ها، به تعیین ضرایب رشد در سناریوهای مختلف پرداخته می‌شود. سناریوهای منتخب در پژوهش حاضر شامل حفاظت از اراضی طبیعی (بر مبنای الگوی توسعه متمرکز و فشرده) و سناریو شبکه چندمرکزی (بر مبنای تلفیق روند تاریخی توسعه و راهبردهای توسعه کالبدی- فضایی اسناد فرادست استان مازندران) است (شکل ۱۰). پس به وسیله دخالت اندک پژوهشگران در مدل، برخی از پارامترهای رشد تغییر یافته و برآمده از ضرایب پنج‌گانه رشد(جدول ۴)، سناریوهای توسعه شهر- منطقه مطالعاتی پیش بینی شدند.

جدول ۴. ضرایب رشد در سناریوهای شهر- منطقه مازندران

	ضریب پراکندگی	ضریب زایش	ضریب گسترش	ضریب مقاومت شیب	ضریب جاذبه جاده
سناریو روند تاریخی	۴	۷۲	۱۰۰	۲۸	۷۵
سناریو حفاظت از اراضی طبیعی	۲	۶۹	۸۶	۲۸	۷۶
سناریو شبکه چندمرکزی	۳	۷۰	۱۰۰	۲۸	۸۲



شکل ۱۰. میزان تاثیر شاخص‌های SLEUTH بر سناریوهای توسعه اراضی

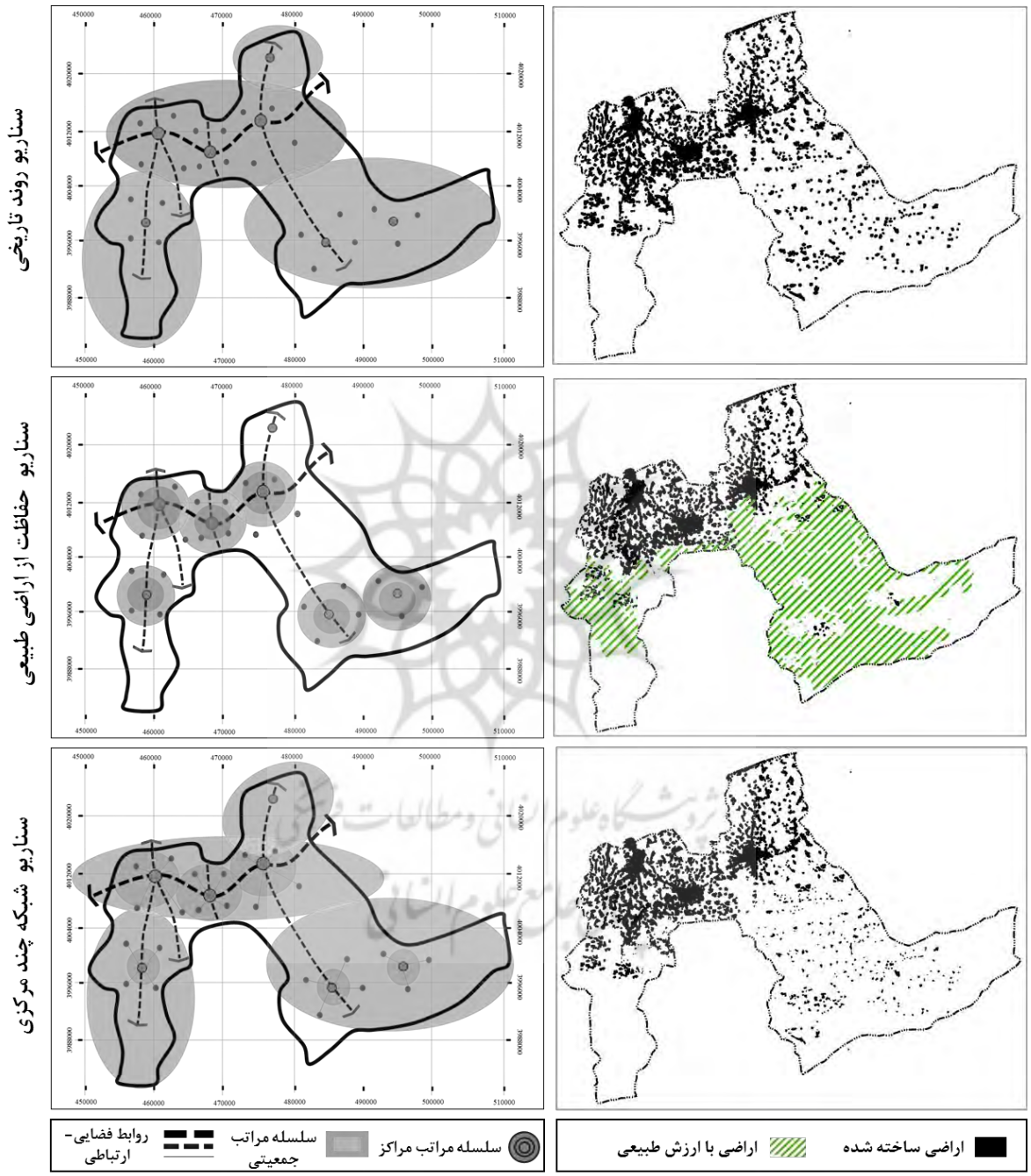
✓ **سناریوی روند تاریخی**: در این سناریو که بر مبنای فرآیندهای تحولات توسعه پیشین (در ۴ دهه گذشته دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵) ترسیم شده؛ شاخص تحولات اراضی ساخته شده در دهه‌های پیشین و شبکه ارتباطی بیشترین تاثیر را داشته چون در فرایند توسعه حال حاضر منطقه این دو شاخص مولفه‌هایی بسیار مهم در الگوهای پراکنده فضایی هستند. در صورت تحقق این سناریو، توسعه پراکنده افزایش می یابد. بنابراین سناریوی روند تاریخی به عنوان نامطلوب‌ترین شرایط توسعه آتی شهر- منطقه مطالعاتی شناخته می‌شود. زیرا اگر روند توسعه موجود ادامه پیدا کند، آنگاه اراضی با ارزش طبیعی در سطح شهر- منطقه مطالعاتی به شدت کاهش یافته و توسعه به صورت نامتوازن و خارج از برنامه؛ حجم زیادی از منطقه را در بر می‌گیرد. پس با ارائه این تفاسیر، می‌توان گفت که ادامه روند توسعه موجود در قالب توسعه پراکنده برای شهر- منطقه مطالعاتی نامناسب است و خطرات جدی محیطی را به همراه عدم تعادل توسعه کالبدی- فیزیکی به منطقه وارد می‌کند.

✓ **سناریوی حفاظت از اراضی طبیعی (محیطی):** برای ترسیم الگوی تجریدی و سناریوی توسعه اراضی در سناریو حفاظت از اراضی طبیعی که با رویکردی محیطی همراه است؛ شاخص‌های کاربری اراضی وضع موجود، پوشش گیاهی(جهت جلوگیری از توسعه بیش از حد در اراضی با ارزش طبیعی)، خطوط ارتفاعی و شیب اراضی، لایه محرومیت بیشترین تاثیر را داشته است. در این سناریو، رویکر محافظه کارانه نسبت به توسعه فیزیکی در اراضی با ارزش طبیعی لحاظ شده است. در این سناریو توسعه پراکنده به صورت کنترل شده در حال کاهش است و در نتیجه اراضی با ارزش طبیعی حفاظت می‌شوند.

در صورت تحقق این سناریو، اراضی طبیعی کاملا حفاظت شده اما توسعه کالبدی تنها در شمال محدوده رخ می‌دهد. بدین ترتیب عدم تعادل فضایی و بهره‌کشی از اراضی بیش از قابلیت‌های محیطی آن در شمال محدوده منجر به تخریب کامل اراضی شمالی شده و می‌تواند در درازمدت تاثیرات مخربی را بر محیط طبیعی بر جای گذارد.

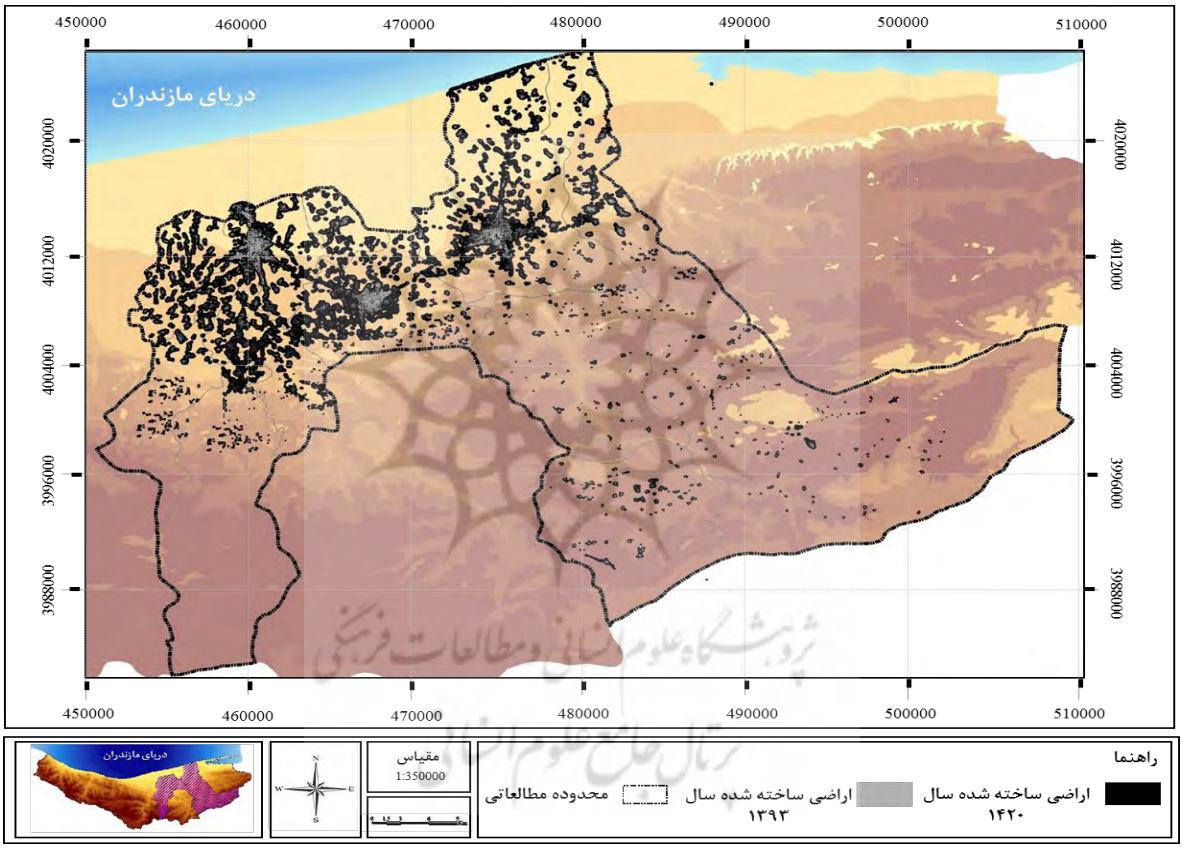
✓ **سناریوی شبکه چندمرکزی (تغییر توسعه متمرکز به شبکه چند مرکزی):** برای ترسیم الگوی تجریدی و سناریو توسعه اراضی در سناریوی شبکه چندمرکزی که در راستای بهبود تعامل فضایی شهر- منطقه مطالعاتی انجام شده، شاخص‌های محرومیت، شبکه ارتباطی، کاربری اراضی و خطوط ارتباطی بیشترین تاثیر را داشته است. در این سناریو تلاش شده تا علاوه بر شناسایی اراضی متناسب برای توسعه آتی بر مبنای پتانسیل‌های موجود، به محدودیت‌های ناشی از رویکرد حفاظت از محیط طبیعی نیز توجه شود. امید است با استفاده از برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری، توسعه پراکنده به صورت چشمگیری کاهش یابد و یا به صوت برنامه‌ریزی شده در قالب الگوهای

خوشه‌ای در شهرک‌های مسکونی تعریف شود(Jantz etal.,2014: 1172). در این سناریو تلاش شده تا ابعاد مختلف توسعه به صورت متوازن همراستا با رویکرد فضایی شبکه چند مرکزی برای بهبود وضعیت شهر- منطقه مطالعاتی مورد توجه قرار گیرد. اگر این سناریو تحقق یابد، از اراضی متناسب با قابلیت‌های طبیعی آن استفاده شده و توسعه در سطح منطقه به صورت متوازن جانمایی می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. الگوی تجریدی و سناریوسازی اراضی ساخته شده در شهر- منطقه مطالعاتی

براساس مطالب گفته شده، می‌توان سناریوی شبکه چندمرکزی را بر مبنای اهداف بلندمدت توسعه فضایی و محیط طبیعی دانست که همراستا با نیازهای جمعیتی و اشتغال است، انتخاب کرد و بر مبنای آن به شبیه‌سازی تحولات توسعه در شهر- منطقه مطالعاتی پرداخت. از شکل بدست آمده می‌توان چنین تحلیل کرد که توسعه اراضی اغلب در نواحی صورت گرفته که از پیش ساخته شده بودند. متعاقبا به دلیل محدودیت‌های توسعه (ارتفاعات رشته کوه البرز و اراضی جنگلی) در بخش‌های جنوبی شهر- منطقه مطالعاتی، شدت توسعه نسبت به نواحی شمالی کمتر است. از چنین روند تحولی می‌توان نتیجه گرفت که در سال ۱۴۲۰ نواحی شمالی شهر- منطقه مطالعاتی از تمرکز اراضی ساخته شده بیشتری برخوردار بوده و توسعه همانند سال‌های مطالعاتی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ صورت خواهد گرفت. در مجموع می‌توان گفت که به دلیل پتانسیل‌های اقتصادی، کالبدی و ... در اراضی شهری محدوده مطالعاتی، احتمال توسعه اراضی ساخته شده در آن بیشتر است و متعاقبا به واسطه کیفیت پایین شبکه ارتباطی در بخش‌های جنوبی و همچنین محدودیت‌های توسعه، اراضی ساخته شده در قالب الگوی میان افزا در مراکز شهری کوچک شکل می‌گیرند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. پیش بینی اراضی ساخته شده سال ۱۴۲۰

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف شبیه‌سازی توسعه اراضی ساخته شده و سناریوسازی تحولات توسعه در شهر- منطقه مرکزی استان مازندران انجام شد. در بخش اول و در پیش بینی اراضی ساخته شده براساس مدل SLEUTH؛ مشخص شد که ضریب گسترش (برابر با ۱۰۰) و ضریب جاذبه جاده (برابر با ۸۲) بیشترین تاثیر را بر شبیه‌سازی و سناریوسازی دارند و نقش بسیار موثری را بر توسعه آتی محدوده مطالعاتی برجای می‌گذارند. لذا این ضرایب به عنوان داده‌های اصلی در شبیه‌سازی تحولات توسعه در نظر گرفته شدند. برای برنامه‌ریزی سناریو با دخالت جزئی پژوهشگران؛ برخی از پارامترهای رشد تغییر یافته و بر آمده از ضرایب پنج‌گانه رشد، سناریوهای حفاظت از اراضی طبیعی و

شبکه چندمرکزی دسته بندی و استخراج شدند. به دلیل پتانسیل‌های تحقق سناریوی شبکه چندمرکزی و بر پایه خط مشی‌های توسعه برآمده از اسناد فرادست موثر بر شهر- منطقه مطالعاتی، این سناریو به عنوان سناریو برتر انتخاب شد. پس از انتخاب سناریوی برتر، الگوی اراضی ساخته شده در شهر- منطقه مطالعاتی ترسیم شد که در آن حجم گسترده‌ای از اراضی مبتنی بر روند ساخت و ساز پیشین شکل گرفتند. اما الگوهای متنوعی از توسعه کالبدی در سطح محدوده به چشم می‌خورد. بدین ترتیب که پیرامون محورهای اصلی ارتباطی محدوده مطالعاتی، الگوی توسعه پراکنده خطی، در مجاورت روستاها و شهرک‌های پر جمعیت الگوی توسعه خوشه‌ای و در سایر اراضی با ساختاری مجزا و تک واحدی الگوی توسعه متفرق و پرش قورباغه‌ای نمود فضایی پیدا می‌کنند.

یکی از چالشهایی که اکثر شهرهای ایران با آن مواجه هستند، عدم وجود سامانه‌ای است که تغییرات لحظه‌ای کاربری اراضی در آن مشخص شود. این موضوع در شهر- منطقه مرکزی استان مازندران به دلیل وجود اراضی با ارزش طبیعی، اهمیتی دوچندان می یابد. با در اختیار داشتن تغییرات لحظه‌ای کاربری اراضی علاوه بر برنامه‌ریزی درست می‌توان تسلط کاملی بر روند تحولات داشت. همچنین با تسلط کامل بر تحولات کاربری اراضی و پیشبینی روند توسعه آتی آن، می‌توان زمینه‌های لازم برای توسعه در اراضی با تناسب طبیعی مطلوب را برای تحقق الگوی شبکه چندمرکزی فراهم کرد. از این گذشته، سوداگری در اراضی با ارزش طبیعی شهر- منطقه مطالعاتی بیش از پیش در حال ترویج است. در صورتی که خط مشی‌ها و سیاست‌های متناسب با این پدیده تنظیم و اعمال شوند؛ می‌توان نرخ سوداگری اراضی را کاهش داد. بدین ترتیب به همراه کاهش سوداگری در اراضی طبیعی، سیاست‌های برنامه‌ریزی توسعه با موفقیت اعمال می‌شوند و تصمیم‌سازان و تصمیم‌گیران شهری و منطقه‌ای می‌توانند کارایی بیشتری را در برنامه‌ریزی برای بهبود شهر- منطقه مطالعاتی ارائه کنند. زیرا برای تحقق الگوی شبکه چندمرکزی کاهش نفوذ نیروهای غیر رسمی اهمیت بسیاری دارد. همچنین می‌توان با ارائه سیاست‌های تشویقی در بخش کشاورزی و باغی، تمایل به فروش اراضی را کاهش داد.

راهکار

- ✓ تدوین برنامه‌ای مدون و به روزرسانی شده از کاربری اراضی؛
- ✓ اعمال خط مشی‌ها و سیاست‌های دقیق برای عدم ترویج سوداگری زمین در شهر- منطقه مطالعاتی؛
- ✓ عدم ارائه مجوز ساخت و پروانه ساختمانی در اراضی پیراشهری محدوده مطالعاتی (با تاکید بر عدم جانمایی در کاربری‌های کشاورزی، باغی و زارعی)؛
- ✓ پهنه بندی و منطقه‌بندی اراضی طبیعی و اولویت‌دهی به توسعه‌های آتی در اراضی با ارزش پایین؛
- ✓ استفاده از رویکردهای توسعه درونزا، توسعه در اراضی قهوه‌ای، توسعه میان افزا و ... جهت پاسخگویی به نیاز جمعیت در حال رشد منطقه؛
- ✓ استفاده از مدل‌های مدیریت رشد و توسعه و همچنین اجرای ضوابط منطقه‌بندی مبتنی بر مدیریت بخشی برای تحقق سیستم مدیریتی- نظارتی منسجم.

منابع

۱. احدنژاد روشتی، محسن، حسینی، سیداحمد (۱۳۹۰)، ارزیابی و پیش بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهوارهای چند زمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی(نمونهٔ موردی: شهر تبریز در مطقع زمانی ۱۳۶۳-۱۳۸۹)، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۲(۴): ۱-۲۰.

۲. حسینعلی، فرهاد، آل‌شیخ، علی‌اصغرو نوریان، فرشاد(۱۳۹۰)، "توسعهٔ مدلی عامل- مبنا برای شبیه‌سازی گسترش کاربری اراضی شهری(مطالعه موردی: قزوین)"، مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای، ۴(۴):۲۲-۱.

۳. داداش‌پور، هاشم، جهانزاد، نریمان، جلیلی، هما (۱۳۹۵)، "تحلیل و پیش بینی تحولات ساختار فضایی منطقه کلانشهری مشهد طی دوره ۱۳۷۵-۱۴۲۰"، فصلنامه مطالعات شهری. ۱۸: ۵۱-۶۲.

۴. داداش‌پور، هاشم، سالاریان، فردیس (۱۳۹۴الف)، "تحلیل تاثیر عوامل جمعیتی و توسعه اراضی ساخته شده بر پراکنده‌رویی شهر- منطقه مرکزی مازندران"، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، ۲۴: ۱۵۷-۱۸۳.

۵. داداش‌پور، هاشم، سالاریان، فردیس (۱۳۹۴ب)، "تحلیل تاثیر پراکنده‌رویی بر تغییر کاربری زمین در منطقه شهری ساری"، پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری. ۳(۲): ۱۶۳-۱۵۴.

۶. زارعی، رضا و آل‌شیخ، علی‌اصغر(۱۹۱)، "مدلسازی توسعه شهری با استفاده از اتوماسیون سلولی و الگوریتم ژنتیک(منطقه مورد مطالعه: شهر شیراز)"، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری.۳(۱۱):۱۶-۱.

۷. شیعه، اسماعیل و انام‌پور، محمد(۱۳۹۰)، "پیاده‌سازی الگوریتم‌های فازی مبتنی بر GIS در الگوهای نوین برنامه‌ریزی برای تهیه برنامه گسترش کالبدی مناسب شهرهای میانه جمعیتی ایران(نمونه موردی: شهر خرمدره)"، فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات شهری، ۱۰۹-۱۲۷.

8. Agarwal, Ajay, Giuliano, Genevieve , Redfearn, He, Sylvia (2009)," Network Accessibility and Employment Centers", Urban Studies, 49: 77-95.Giuliano, G., Redfearn, C., Agarwal, A., & He, S. (2012). Network accessibility and employment centres. Urban Studies, 49(1), 77-95.
9. Al-shalabi, Mohamed, Biswajeet Pradhan, Lawal Billa , Shattri Mansor and Omar Althuwaynee (2013), "Manifestation of Remote Sensing Data in Modeling Urban Sprawl Using the SLEUTH Model" . ISRS.41:405-416.
10. Barredo JI, Demicheli L (2003), "Urban sustainability in developing countries' megacities: modelling and predicting future urban growth in Lagos" Cities. 20:297–310.
11. Basse, Reine, Omrani, Hichem, Charif, Omar, Gerber, Philippe, Bodis, Katalin (2014), "Land use changes modelling using advanced methods: Cellular automata and artificial neural networks. The spatial and explicit representation of land cover dynamics at the cross-border region scale". Applied Geography, 53:160-171
12. Campbell, L., Fisher, D., Svendsen, E., Connolly, J (2011), "Organizing urban ecosystem services through environmental stewardship governance in New York City". Landscape and Urban Planning,109:76-84.
13. Chaudhuri, G., Clarke, K., (2013), "The SLEUTH Land Use Change Model: A Review". International Journal of Environmental Resources Research, 89:1-17.
14. Clark, Jill, Ronald McChesney, Darla Munroe, Elena Irwin (2009), "Spatial characteristics of exurban settlement pattern in the United States".90:178-188.
15. Dadashpoor, H., & Salarian, F. (2018). Urban sprawl on natural lands: analyzing and predicting the trend of land use changes and sprawl in Mazandaran city region, Iran. Environment, Development and Sustainability, 1-22.
16. Dadashpoor, H., Azizi, P., & Moghadasi, M. (2019). Analyzing spatial patterns, driving forces and predicting future growth scenarios for supporting sustainable urban growth: Evidence from Tabriz metropolitan area, Iran. Sustainable Cities and Society, 47, 101502.
17. Dadashpoor, H., Nateghi, M.,. (2017), Simulating spatial pattern of urban growth using GIS-based SLEUTH model: a case study of eastern corridor of Tehran metropolitan region, Iran. Environmental Development Sustainable. 19(2): 527-547.
18. Fang,Jiang, Liu Shenghe, Yuhan hong and Zhang Qing (2007), "Measuring urban sprawl in Beijing with geo-spatial indices". Journal of Geographical Sciences, 10:469-478
19. Gonzalez, P., Delgado, M., Benavente, F (2015), "From raster to vector cellular automata models: A new approach to simulate urban growth with the help of graph theory". Computers, Environment and Urban Systems, 54, 119-131.
20. Greenhalgh, Paul. (2000), "Mechanisms of urban change: Regeneration Companies or Development Corporations?" Urban Regeneration Companie

21. Haase ,Dagmar.(2010), "Land use change modelling in an urban region with simultaneous population growth and shrinkage including planning and governance feedbacks". Brigham Young University.
22. Han, Haejin, Hwang, YunSeop, Ha, Sung, Kim, Byung (2015), "Modeling Future Land Use Scenarios in South Korea: Applying the IPCC Special Report on Emissions Scenarios and the SLEUTH Model on a Local Scale". Environmental management.
23. He, Y., Ai, B., Yao, Y., & Zhong, F. (2015). Deriving urban dynamic evolution rules from self-adaptive cellular automata with multi-temporal remote sensing images. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 38, 164-174.
24. He, Yingqing, Ai, Bin, Yao, Yao, Zhong, Fajun (2015), "Deriving urban dynamic evolution rules from self-adaptive cellular automata with multi-temporal remote sensing images". International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 38: 164-174.
25. Huang, J., Zhang, J., Lu, X (2008), "Applying SLEUTH for simulating and assessing urban growth scenario based on time series TM images: referencing to a case study of Chongqing China". The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37: 1-15.
26. Jantz, C., Drzyzga, S., & Maret, M. (2014). Calibrating and validating a simulation model to identify drivers of urban land cover change in the Baltimore, MD metropolitan region. Land, 3(3), 1158-1179.
27. Jantz, Claire, Drzyzga, Scott, Maret, Michael. (2014), "Calibrating and Validating a Simulation Model to Identify Drivers of Urban Land Cover Change in the Baltimore MD Metropolitan Region". Land. 3: 1158-1179.
28. Jiang, F., Liu, S., Yuan, H., & Zhang, Q. (2007). Measuring urban sprawl in Beijing with geo-spatial indices. Journal of Geographical Sciences, 17(4), 469-478. Fang,Jiang, Liu Shenghe, Yuhan hong and Zhang Qing (2007), "Measuring urban sprawl in Beijing with geo-spatial indices". Journal of Geographical Sciences,10:469-478.
29. Loibl, W., & Toetzer, T. (2003). Modeling growth and densification processes in suburban regions—simulation of landscape transition with spatial agents. Environmental Modelling & Software, 18(6), 553-563.Loibl,Wolfgang and Ted Toetzer (2003), "Modeling growth and identification processes in suburban regions—simulation of landscape transition with spatial agents". Environmental Modelling & Software, 18 :553–563.
30. Natale , Villalba, Junquera, Zalba (2015), "Assessment of the Conservation Status of Natural and Semi-Natural Patches Associated with urban Areas Through Habitat Suitability Indices". International journal environmental research, 9:495-504.
31. Natale, E. S., Villalba, G., Junquera, J. E., & Zalba, S. M. (2015). Assessment of the conservation status of natural and semi-natural patches associated with urban areas through habitat suitability indices.
32. Penteado, cC. (2014), "Comparison of scenarios for the integrated management of construction and demolition waste by life cycle assessment: A case study in Brazil". , Waste Management & Research., 34: 146-162.

33. Reis, J. P., Silva, E. A., & Pinho, P. (2016). Spatial metrics to study urban patterns in growing and shrinking cities. Urban Geography, 37(2), 246-271.
34. Reis, José, Silva, Elisabete, Pinho, Paulo (2015), "Spatial metrics to study urban patterns in growing and shrinking cities". urban geograohy, 37:246-271.
35. Savage, L., Lapping, M (2003), "Sprawl and Its Discontents: The Rural Dimension. In Suburban Sprawl: Culture, Theory, and Politicsed. M. Lindstrom and H. Bartling. Lanham, MD". Rowman and Littlefield.
36. Shahumyan, H., Jankowski, P (2010), "Integration of the MOLAND Model with GeoChoicePerspectives Spatial Decision Support Software for Scenario Evaluation" .International Conference on Geographic Information Science, Portugal.
37. Tang, Z., Engel, B., Pijanowski, B., Lim, k (2005), "Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale". Environmental Management. 76, 35-45.
38. Wu ,Yue.(2008), "measuring sprawl in the United States". The State University of New Jersey.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی