نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال پانزدهم، شماره ۳۹، زمستان ۹۴

الگوسازی گرایش‌های فضایی شهرها با استفاده از الگوی رشد خودکار سلولی جهت امکان‌سنجی و انتظام توسعه فضایی شهر چالوس

دریافت مقاله: ۹۴/۲/۱ پذیرش نهایی: ۹۴/۱۱/۲۴

صفحات:۱۷۶-۱۵۳

رضا خیرالدین: عضو هیات علمی گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم وصنعت ایران[۱]
Email: Reza_Kheyroddin@isut.ac.ir

فردیس سالاریان: کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
Email: F.salarian@modares.ac.ir

چکیده

روند تحولات و گسترش‌های فضایی در محدوده حومه شهرها به خاطر جاذبه‌های زیست محیطی، وجود اراضی بکر طبیعی و نیز تمایلات سوداگرانه ساخت و ساز در برخی مناطق، سرعت زیادی پیدا کرده است. تحول روند مذکور، تاثیر بسزایی را بر ساختار کالبدی- فضایی شهرها وارد کرده است. سرعت و گسترش تحولات کالبدی-فضایی در این مناطق به واسطه ساختار پیچیده مناطق به حدی است که پایش و پیش بینی آنها را به روش‌های سنتی و مرسوم، ممکن نمی‌سازد و بیان روند تحولات آینده را نیز با مفروضات قبلی واقع بینانه نمی‌کند. پس نیاز به مدلی که همراستا با ساختار پیچیده مناطق بهبود و تکامل یافته باشد، احساس می‌شود. هدف این تحقیق روند تحولات فضایی- کالبدی چالوس به روش مناسبتری مانند الگوی رشد خودکار سلولی که نتایج واقع‌بینانه‌تری از سیر تکوین تحولات فضایی منطقه بدست می‌دهد، تحلیل و الگوسازی شود تا بستر مناسبی برای بیان رویکردهای انتظام بخشی به تحولات فضایی شهرستان فراهم نماید. خروجی‌های تحلیل و الگوسازی گسترش فضایی شهرستان نشان می‌دهد که اغلب توسعه‌های درونی در بخش ساحلی دریای مازندران و اراضی داخل محدوده شهری است. توسعه‌های بیرونی نیز در بخش جنوبی شهر و در حد فاصل کمربندی با محدوده قانونی شهر قرار دارد که می‌تواند اراضی کشاورزی و محیط زیست را تهدید کند. انتظام بخشی به روند مذکور که سرعت و شدت زیادی دارد، مستلزم رویکردهای راهبردی، مدیریتی، سیاست‌گذاری‌های دقیق و قانونمند است.

کلیدواژگان: تحولات فضایی شهری، رشد خودکار سلولی، توسعه فضایی، پراکنده‌رویی، شهر چالوس.

---

[۱]. نویسنده مسئول: تهران- نارمک- دانشگاه علم و صنعت- دانشکده هنر و معماری

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

مقدمه

شهرها سیستم‌هایی با نظام پیچیده (ماجدی و همکاران،۱۳۹۲: ۵۲) باز، پویا وخود سازمان دهنده هستند. جهت تدوین برنامه منسجم و بهبود وضعیت سیستم‌های شهری می‌توان با مدل‌سازی الگوهای فضایی و شبیه سازی روندهای رشد شهری به درک بهتری ازسیستم شهر به عنوان یک کل دست یافت(هادوی و روستایی، ۱۳۹۰: ۲). حال اینکه توسعه در حومه شهرها منجربه 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 شود و بازار تغییر کاربری اراضی کشاورزی به مسکونی و تجاری رونق گیرد(حسینعلی و همکاران،۱۳۹۰: ۲). درپی این فرآیند، اراضی مستعد کشاورزی در معرض نابودی قرار می‌گیرد (احدنژادروشتی و حسینی،۱۳۹۰: ۳). لذا الگوی توسعه فضایی پراکنده، نیازی مبرم به تدوین برنامه‌ای منسجم و دقیق دارد زیرا با شدت گرفتن توسعهٔ شهر، برنامه‌ریزی برای توسعه‌های آتی جهت کاهش میزان تخریب در زمینه‌های مختلف امری با ارزش تلقی می‌گردد(شیعه و انام‌پور،۱۳۹۰: ۱۱۰). بدین ترتیب و با تاکید بر روند تخریب محیط زیست که گسترش سکونتگاهها بدنبال داشته اند، بر ارائه برنامه‌ای منسجم برای این مسئله تاکید می‌گردد. از طرفی، مدلسازی می‌تواند دید مناسبی را در مورد اینکه چگونه شهرها تحت شرایط مختلف اجتماعی، اقتصادی و محیطی توسعه می‌یابند ایجاد کند(زارعی و آل‌شیخ،۱۳۹۱: ۳). همچنین تحلیل تناسب زمین برای گسترش شهرها فرآیندی است که به ارزیابی های دقیقی نیاز دارد (احدنژادروشتی و حسینی،۱۳۹۰: ۲) و در پی آن پراکنش مکانی، ویژگی‌های ساختاری شهرها و نیز مدلسازی و پیش بینی تغییرات زمانی- مکانی آنها به یکی از مهمترین موضوعات پژوهشی تبدیل شده است(عسگریان و همکاران،۱۳۹۲: ۱۴). مدل‌ها می‌توانند کمک شایانی به طراحان، برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان در راستای رسیدن به توسعه شهری پایدار و استفاده معقول از منابع طبیعی و حداقل سازی پیامدهای زیست محیطی کنند(زارعی و آل‌شیخ،۱۳۹۱: ۲). تاکنون پژوهش‌های بسیاری در زمینه بکارگیری رشد خودکار سلولی در سطح جهان صورت گرفته است، اما نکته حائز اهمیت بررسی تاثیر و ابعاد گسترش این مدل، در فرآیند توسعه شهری با درنظر گرفتن تمامی وجوه برنامه‌ریزی است(احدنژادروشتی و حسینی،۱۳۹۰: ۲). به‌منظور دستیابی به برنامه‌ریزی منطقی توسعه، استفاده از مدل‌های فضایی همچون ابزاری است که می‌تواند به درک الگوهای فضایی و روند رشد منطقه‌ای بپردازد. چالوس شهرستانی در استان مازندران است و با معضلاتی در گرایش‌های فضایی توسعه و گسترش شهری مواجه است. معضلات این شهر در زیرسیستم‌های محیط زیستی، جمعیتی، اقتصادی و کالبدی-فضایی منجربه گرایش توسعه با الگوی پراکنده

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

رویی شده است. به‌دلیل انطباق مدل رشد خودکار سلولی (CA) با پیچیدگی شهر چالوس و برمبنای اهداف بنیادی این مدل که خواهان انطباق با روند تحولات پیچیده است، می‌توان نتیجه گرفت که این مدل با شرایط موجود این شهر مطابقت دارد و می‌تواند نتایج واقع بینانه تری از سیرتکوین تحولات فضایی منطقه ارائه دهد. به دلیل کاهش زیست‌پذیری در جوامع شهری و روستایی این شهرستان می‌توان با استفاده از این مدل به الگوی رشد شهری منسجم و درخور نیازهای شهروندان و گردشگران دست یافت. پژوهش حاضر با هدف پیش بینی روند توسعه شهر چالوس برای برنامه‌ریزی منسجم جهت توسعه آتی صورت گرفته و در پی پاسخگویی به این امر است که چگونه می‌توان رشد شهر چالوس را برپایه معیارهای برنامه‌ریزی و مدل خودکار سلولی تعیین کرد تا رشد و توسعه حال حاضر با ساختار فضایی موجود شهر ادغام گردد.

توسعه شهری و منطقه‌ای در سطح جهان، طی ۵۰ سال اخیر دستخوش تغییرات فراوان قرار گرفته است(Tang et al.,2005). ادامه روند رشد و توسعه شهری چالش‌های عمده‌ای را بر ساختار و عملکرد زیرسیستم‌های شهر و منطقه تحمیل کرد (Natale et al.,2014). به دلیل مسئولیت سیاست‌گذاران در زمینه برنامه‌ریزی منطقه‌ای(Greenhalgh,2000)، می‌بایست برای آگاهی از روند توسعه به مدیریت سیستم‌های پیچیده(Barredo et al.,2002) در سطح شهر و منطقه پرداخت(Shahumyan et al.,2014). در نتیجه بررسی و کنکاش رشد و توسعه شهری اهمیت بسیاری دارد.

به گفته تانگ و همکاران[1](۲۰۰۵)زیرسیستم کالبدی- فضایی یکی از زیرسیستم‌های اصلی در نظام برنامه‌ریزی است و بیشترین تاثیر رشد شهری و منطقه‌ای بر این زیرسیستم (Tang et al.,2005) وارد می‌شود و متقابلا از آن نیز تاثیر می‌پذیرد. امروزه این زیرسیستم به‌واسطه تحولات توسعه جمعیتی(Zebardast et al.,2014) و تغییرات کاربری اراضی ناشی از آن Natale) (et al.,2014، ادغام روستاها در بافت فیزیکی شهرها و ... پیوسته دستخوش تغییر و تحول (رهنما و همکاران،۱۳۹۱: ۱۱۵-۱۱۶) قرار گرفته است. برپایه نظر اگراوال و همکاران[2](۲۰۰۹) پیامدهای ناشی از تغییر کاربری اراضی (Agarwal et al.,2009) در مناطق، زمانی نمود پیدا می‌کند که توسعه به جای شکل‌گیری در اراضی مسکونی و تجاری(USGS,1999)، در اراضی ساخته نشده پیرامونی صورت گیرد (Tang et al.,2005)، پس نیاز به بررسی این موضوع در زمینه‌های رشد و توسعه شهری اهمیت می‌یابد. همچنین اینکه کاربری اراضی یکی از مفاهیم پایه

[1]. Tang et al
[2]. Agarwal et al

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای محسوب می شود(Doygun,2008:471). به واسطه پدیده فراگیر محلی(Agarwal et al.,2009) و جهانی[1] (Wang, 2013) که کاربری اراضی دارد؛ بررسی، ارزیابی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی (Shahumyan et al., 2014) ناشی از تعاملات چند سویه میان زیرسیستم‌های منطقه‌ای، پدیده پیچیده‌ای است. زیرا تغییر کاربری اراضی شهری همانند بسیاری از پدیده‌های جغرافیایی، شامل ویژگی‌های مکانی و زمانی است. از این رو فرآیندهای پویایی توسعه فضایی- زمانی آن از الگوهای فضایی - زمانی با اهمیت تر هستند. علاوه بر این، هی و همکاران[2](۲۰۱۵) الگوهای تحولات فضایی را عنصری مهم در شبیه‌سازی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی می‌دانند(He et al., 2015:164). در نتیجه بررسی و نظارت بر تغییرات کاربری؛ می‌تواند به عنوان عنصر مهمی در تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی شهری و محیط زیست مطرح شود(Liu and Yang., 2014:42). حال اینکه، اگر کاربری اراضی و رشد شهری (به عنوان دو پدیده‌ای پویا) با هم ترکیب شوند، می‌توان در بررسی و تحلیل ابعاد مختلف تحولات توسعه از آنها بهره جست. گنزالز و همکاران [3](۲۰۱۵) معتقدند که در سیستم پیچیده تغییر کاربری اراضی به عنوان یک سیستم پویا، باید به تعریف اجزا و روابط متقابل آن بپردازند (Gonzalez et al.,2015: 119). در ادامه دیدگاه او، باس و همکاران[4](۲۰۱۴) درک فرآیندهای تغییر جزئی و سریع سیستم کاربری اراضی را به عنوان مهمترین چالش برنامه‌ریزان و جغرافیادانان می‌شناسند (Basse et al., 2014: 160). در زمینه‌های ارزیابی توسعه، ایکسین و همکاران[5](۲۰۱۲) معتقدند که پیش بینی تغییرات کاربری اراضی، روند توسعه شهری و الگوهای بهینه آن نقش بسزایی دارد (Xin et al.,2012:11) و با استفاده از بررسی تغییرات کاربری زمین و علل آن، می‌توان رهیافتی نوین جهت برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح اراضی اتخاذ نمود (براتی قهفرخی و همکاران،۱۳۸۷: ۳۵۰).

جهت مواجه با پیچیدگی‌های ناشی از تغییرات کاربری اراضی، گرینهلق(۲۰۰۰)[6] مدل‌سازی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی را پیشنهاد می‌کند. زیرا مدل‌سازی ابزاری ضروری برای درک و فهم رفتار گسترش سیستم‌های شهری و تشخیص ویژگی‌های اصلی آن(خود شباهتی[7]، خود سازماندهی[8] و رفتار غیر خطی) است. این مدل‌ها می‌توانند برای تولید عوامل پویای

1. global phenomenon
2 . He et al
3 . Gonzalez et al
4 . Basse et al
5 . Xin et al
6. Greenhalgh
7. self-similarity
8. self-organization

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

وابسته به اینگونه از سیستم‌ها، کشف عواملی که به عنوان نیروی محرک هستند و طبق دیدگاه گونزالز و همکاران(۲۰۱۵) می‌تواند جهت تحلیل الگوهای رشد شهری و تاثیر آن بر اراضی مورد استفاده قرار گیرد(Gonzalez et al., 2015: 119). اهمیت مدلسازی سیستم‌های پیچیده شهری در برنامه‌ریزی، از دهه ۱۹۵۰ آغاز شد و متاثر از عواملی همچون؛ رواج و گسترش استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی[1]، روش‌های جدید سنجش از راه دور و سیستم تعیین موقعیت جهانی[2]، پیشرفت در علم و نظریه‌های سیستمی، مفهوم توسعه پایدار در پاسخ به بحران جهانی محیط زیست؛ دستخوش تغییراتی برای درک عمیق از سیستم پیچیده شهر و منطقه قرار گرفت (Huang et al., 2008:598). یوان و همکاران(۲۰۰۹)[3] این امر را در زمینه کاربری اراضی مهم می‌دانند(Yuan et al.,2009:245)، زیرا تحلیل تغییرات کاربری اراضی دارای تکنیک‌ها و مدل‌های بسیاری است که بر مبنای دیدگاه کمپبل و همکاران (۲۰۱۱)[4] ماهیت پیچیده سیستم‌های کاربری اراضی می‌تواند به ارزیابی تغییرات فضایی- زمانی و عوامل موثر اجتماعی- اقتصادی بپردازد(Campbell et al.,2011: 8).

بر مبنای دیدگاه افراد مختلف ابزار و روش‌های متنوعی برای شبیه‌سازی فضایی و پویایی‌های شهری همانند مدل‌های شبیه‌سازی اتوماسیون سلولی (Gonzalez et al.,2015: 119; Huang and Cai, 2006)، مدل فرکتال، رگرسیون خطی یا لجستیک، تکنیک‌های ارزیابی چند معیاره (Gonzalez et al.,2015: 119)، مدل پویایی سیستم، مدل عامل مبنا (Huang and Cai,2006)وجود دارد. با اینحال مدل‌های متعارف به دلیل فقدان اطلاعات پویا دارای مشکلاتی در تجزیه و تحلیل هستند زیرا نمی‌توانند نیازهای شبیه‌سازی فضایی- زمانی را محقق سازند. هی و همکاران(۲۰۱۵) استفاده از مدل‌های پویا را دربردارنده اطلاعات فضایی- زمانی (He et al.,2015:164) می‌دانند که برای مدل‌های شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده جغرافیایی مفید است.

از میان مدل‌های نام برده، مدل اتوماسیون سلولی به واسطه ماهیت خاص و مزایایی همچون ساده بودن(زیراکه در ابتدای امر مقادیر پارامترها به صورت خودکار توسط مدلهای مکمل بدست می‌آید)، کارآمدی(به واسطه اصلاح و توسعه چندین باره مدل)، متغیرهای مستقل (Yang et al.,2013:2)؛ طی دو دهه گذشته(Gonzalez et al.,2015: 119) مورد استفاده

1. GIS
2. GPS
3. Yuan et al
4. Campbell et al

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

بیشتری قرار گرفت. زیرا براساس دیدگاه الشلابی و همکاران(۲۰۱۲)[1] جهت پاسخگویی به نقاط ضعف روش‌های پیشین جهت درک عمیق از سیستم پیچیده شهر و منطقه متولد گردید(Alshalabi and et al., 2012:407). مدل های رشد خودکار سلولی در مقیاس منطقه، شهر، زیر نواحی اجتماعی - فضایی شهر؛ جهت ارزیابی فرآیند توسعه شهری به کار گرفته شده‌اند و در فضای رستری تعریف می‌شود (فیروزآبادی و همکاران،۱۳۸۸: ۱۳۴).

ریشه تاریخی اتوماسیون سلولی به دهه ۱۹۴۰ بازمی گردد که اولام و زوسه[2] مبانی نظری محاسبات فضایی[3] را ارائه کردند. پس از آن نیومان و اولمان[4] در زمانیکه به بررسی زمینه پیچیدگی رفتارهای سیستم پرداختند(Ormani et al.,2012:1-2) و با ارائه فضای سلولی، تعریفی از اتوماسیون سلولی ارائه کردند(Gonzalez et al.,2015: 120). از دهه ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ این مدل به عنوان یکی از مناسب‌ترین ابزار برای درک سیستم‌های پیچیده به خصوص الگوهای کاربری اراضی است و طی دهه‌های اخیر تعاریف متفاوتی از آن ارائه شده است (Ormani et al.,2012:1-2). به طور کل اتوماسیون سلولی به عنوان یک مکانیسم است که فرآیندهای تولید (با ویژگی‌های متغیر طی زمان) را به عنوان وضعیت پایه، قوانین و ورودی قرار می‌دهد. ولفرام[5](۱۹۸۴) یک تعریف با جزئیات بیشتری را ارائه می‌دهد و اذعان دارد که ۵ مولفه اصلی اتوماسیون سلولی شامل؛ بازنمایی گسستگی فضا، بازنمایی گسستگی زمان، هر سلول دارای یک حالت از مجموعه حالات ممکن است، قوانین انتقال تنها بر همسایگی سلول بستگی دارند، حالت سلول‌ها براساس قوانین انتقال تغییر می‌کند(Gonzalez et al.,2015: 120). مدل اتوماسیون سلولی رویکردی از پایین به بالا داشته و کارآمدی خود را برای شبیه‌سازی فرآیندهای پیچیده سیستم جغرافیایی ثابت کرده است زیرا در مقیاس منطقه، شهر، زیرنواحی اجتماعی- فضایی شهر؛ جهت ارزیابی فرآیند توسعه شهری به کارگرفته می‌شود (Alshalabi and et al., 2012:407). این مدل با قوانین ساده و شبیه‌سازی می‌تواند به تولید الگوهای فضایی پیچیده دست یابد(He et al.,2015:164) و به واسطه ماهیت رستری که دارد، تحت تاثیر سنجش از ره دور است و هریک از نقشه‌های جغرافیایی- فضایی را در قالب پیکسل‌های تحلیلی ارائه می‌کند. به واسطه قابلیت‌های تجزیه و تحلیل و ظرفیت این مدل در محاسبات ریاضی، تا کنون به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته است(Gonzalez et al., 2015: 120).

1. Alshalabi and et al
2. Stanislaw Ulam and Konrad Zuse
3.Computing spaces
4. Neumann and Ulman
5. Wolfram

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

جدول(۱). عناصر مدل CA در بررسی تحولات فضایی شهری- ماخذ: نگارندگان

عناصر مدل CA	توضیحات	نقاط ضعف
شبکه سلولی (Sulivan,2001:3)	– شبکه‌ای که در طول زمان تکامل یا تغییر می‌یابد – شامل ۱ تا N بعد	شبیه‌سازی سلول‌ها در فضایی دو بعدی، در نتیجه عدم توجه به بعد سوم در فضا
وضعیت سلول (White and Engelen,2000:386)	– مدل‌های شهری با توجه به هدف مدلسازی؛ معمولا براساس طبقه‌بندی کاربری زمین، ارزش زمین، پوشش زمین صورت می‌گیرند – دسته‌بندی در اراضی توسعه یافته و توسعه نیافته(شهری و غیر شهری)	دیدگاهی ۰ و۱ به موضوعات شهری که غالبا دارای ابعاد متعدد می‌باشند.
همسایگی (Phedge et al,2008:4)	– بررسی وضعیت سلول با سلول‌های مجاور  همسایگی دایره‌ای در ۳ مقیاس کوچک، متوسط و بزرگ	بررسی همسایگی تنها با تاکید بر یک بعد به دلیل پیچیدگی مدل‌های گسترده و امکان از بین رفتن داده‌ها به دلیل همسایگی‌های بزرگ (رضازاده و همکاران،۱۳۸۸: ۴۹)
زمان (Sulivan and Torrens,2000:1)	– بررسی سیر تکاملی در فواصل t , t+1	-ضعف در بررسی سیرتکامل به صورت همزمان
قوانین انتقال (Phedge et al,2008:5)	– بررسی تغییر رفتار سلول‌ها طی فرآیند تکامل – تدوین قوانین انتقال همراستا با فرایند توسعه فضایی	-

اتوماسیون سلولی در دو گونه تحت عنوان، ساختار رسمی- دقیق و انعطاف پذیر وجود دارد. این نکته اهمیت دارد که شبیه‌سازی براساس اصول به صورت ساختارمند انجام شود اما پیچیدگی زیاد منجربه فاصله از هدف خواهد شد(Gonzalez et al., 2015:121). در ادامه برخی از پژوهشگران تکنیک‌های خاصی را برای کشف قوانین انتقال پویا در مدل رشد خودکار سلولی معرفی کردند. به طور مثال لیو و همکاران[1](۲۰۱۴) برای اولین بار نظریه رشد شهری را بر مدل اتوماسیون سلولی اعمال کردند و انواع مختلف قوانین انتقال را جهت بازنمایی الگوهای رشد شهری و روند واقعی موثر می‌داند(He et al.,2015:165) .

هم راستا با مقاله حاضر مجموعه‌ای از پژوهش‌ها در جهان انجام شده است که برپایه آن می‌توان به نتایج مطلوبی دست یافت. وو[2](۲۰۰۰) با استفاده از مدل اتوماسیون سلولی به

1. Liu et al
1.Wu

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

بازسازی ترکیب بندی‌های توسعه شهری پرداخت. در این پژوهش دو فرآیند بر رشد شهر تاثیر می‌گذارند که شامل توسعه خود انگیخته[۱] و توسعه سازماندهی شده[۲] است. سپس تراکم توسعه و شبکه دسترسی به عنوان قواعد تحول در اختیار مدل قرار گرفتند. نتایج مدل شبیه سازی شده نشان داد که اشکال مورفولوژیکی توسعه شهر می‌توانند براساس مدل CA بدست آیند اما برای تهیه نقش اصلی و توسعه آتی شهر نیاز است تا پارامترهای دیگری نیز جهت کالیبراسیون مورد استفاده قرار گیرند. خوش گفتار و طالعی در (۱۳۸۹) شبیه‌سازی رشد شهر تهران با استفاده از مدل اتوماسیون سلولی و زنجیره مارکو[۳] پرداختند. نتایج این پژوهش مبتنی بر کارایی بالای تلفیق مدل‌های اتوماسیون سلولی و مارکوو برای پایش روند توسعه شهری بود. هادوی و روستایی (۱۳۹۰) شبیه سازی رشد شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در شهر زنجان را انجام دادند. ورودی‌های اصلی این پژوهش شامل الگوهای زمانی و مکانی کاربری، پوشش اراضی و قوانین تبدیل بوده که به دو صورت کلی و محلی تقسیم شده بود. در انتها نیز مشخص شد که رشد شهر زنجان همراه با ازبین رفتن باغات ومزارع واز طرفی همراه با افزایش اراضی بایر و رهاشده در داخل محدوده بوده و این بیانگر توسعه بی قواره، افقی و نامطلوب شهر زنجان در طی سه دهه اخیر بوده است. وبستر و وو(۱۹۹۸)[۴] به شبیه‌سازی سناریوهای ممکن در منطقه گانگژو چین پرداختند. در این پژوهش ۴ پرسش "اگر- آنگاه"[۵] به عنوان قواعد تحول توسعه شهری در اختیار مدل اتوماسیون سلولی قرار گرفتند و سپس با استفاده از AHP به وزن دهی عوامل مختلف پرداخته شد. نتیجه این پژوهش نشان دهنده تاثیر عواملی همچون سیاست‌های مختلف توسعه، متغیر مرکزیت، تصمیم گیرندگان بر توسعه شهری است. رضازاده و میراحمدی(۱۳۸۸) در پژوهشی اذعان داشتند که اتوماسیون سلولی روشی نوین در شبیه‌سازی رشد شهری است. در این پژوهش با بررسی اصول و عناصر تشکیل دهنده مدل اتوماسیون سلولی به ارائه چارچوبی برای طراحی مدل اتوماسیون سلولی شهری پرداخت که کمک شایانی را در پیشبرد پژوهش داشته است. احدنژاد روشتی و همکاران(۱۳۹۰) در پژوهشی به پیش بینی گسترش فیزیکی شهر اردبیل با استفاده از مدل اتوماسیون سلولی پرداختند. در این پژوهش برمبنای تصاویر لندست و با استفاده از روش‌های زنجیره مارکوف و اتوماسیون سلولی به ارزیابی تغییرات توسعه شهری دست یافتند. نتیجه این پژوهش مبتنی بر

2. Spontaneous
3. Self-Organization
4. Markov chain
5. Webster and Wu
6. what if...

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

گرایش به توسعه در اراضی شرقی و غربی محدوده مطالعاتی است و پیش بینی این روند نشان دهنده روند تخریب اراضی با ارزش طبیعی در آینده است.

براساس بررسی تجربه‌های پژوهشی داخلی و خارجی به این نتیجه رسیده شد که می‌توان با استفاده از مدل اتوماسیون سلولی و برمبنای متغیرهای مختلف زیرسیستم‌های شهری به پیش بینی الگوهای فضایی توسعه دست یافت. پس از پیش بینی گرایش‌های فضایی براساس مجموعه بررسی‌های صورت گرفته از وضع موجود محدوده مطالعاتی می‌توان انتظام فضایی توسعه را تحقق بخشید. بدین ترتیب مجموعه‌ای از نکات و موارد برگرفته از پژوهش‌های پیشین که می‌تواند در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گیرد در قالب جدول شماره ۲ نمایش داده شده است.

جدول (۲). نکات برآمده ازپیشینه پژوهش جهت پیشبرد مقاله حاضر - ماخذ: نگارندگان

پژوهش‌ها	نکات جهت پیشبرد پژوهش حاضر
وو (۲۰۰۰)	–جداسازی فرآیندهای توسعه حاضر محدوده مطالعاتی برای پیشبینی توسط مدل رشد خودکار سلولی –استفاده از شاخص‌های تراکم و دسترسی
خوش گفتار و طالعی (۱۳۸۹)	–امکان استفاده از مدل‌های تلفیقی جهت تکمیل روند توسعه شهری
هادوی و روستایی (۱۳۹۰)	–استفاده از تصاویر هوایی جهت تحلیل توسعه شهری –استفاده از شاخص‌های الگوهای زمانی و مکانی کاربری اراضی و پوشش اراضی
وبستر و وو(۱۹۹۸)	–امکان سناریوسازی توسعه ا استفاده از مدل رشد خودکار سلولی –استفاده از روش what if جهت تدوین قواعد تحول توسعه شهری
احدنژاد روشتی همکاران (۱۳۹۰)	–استفاده از مدل رشد خودکار سلولی جهت پیشبینی گسترش و توسعه شهری امکان استفاده از مدل‌های تلفیقی جهت تکمیل روند توسعه شهری

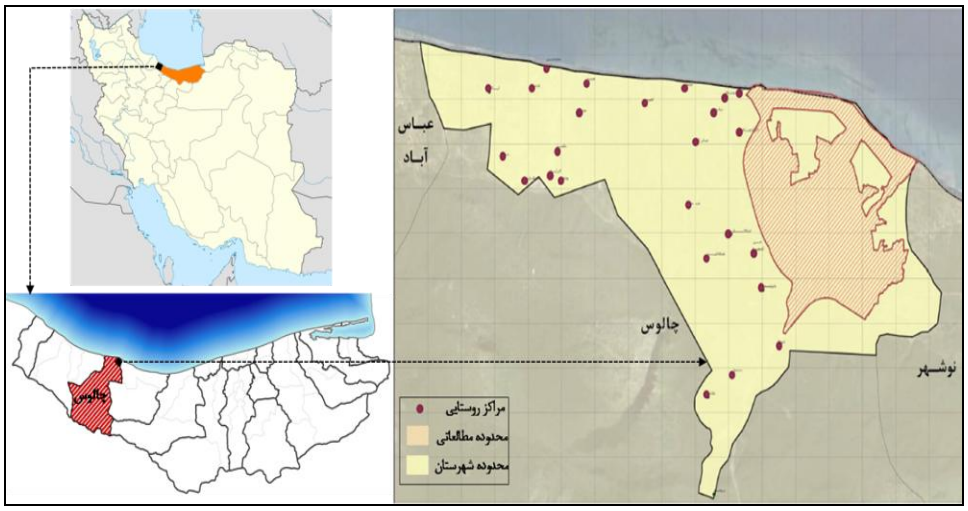
روش تحقیق

قلمرو جغرافیایی پژوهش

محدوده مورد مطالعه، شهر چالوس به همراه حریم آن می‌باشد که در استان مازندران و در همسایگی شهرستانهای نوشهر، تنکابن و نور قرار گرفته است. موقعیت جغرافیایی ۳۱ و ۱۷ تا۳۱ و ۱۱ عرض شمالی و ۵۱ و ۵۵ تا ۵۱و۲۹ طول شرقی نصف النهار گرینویچ است. مساحت محدوده مورد مطالعه، ۶۴۴۳ هکتار است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]



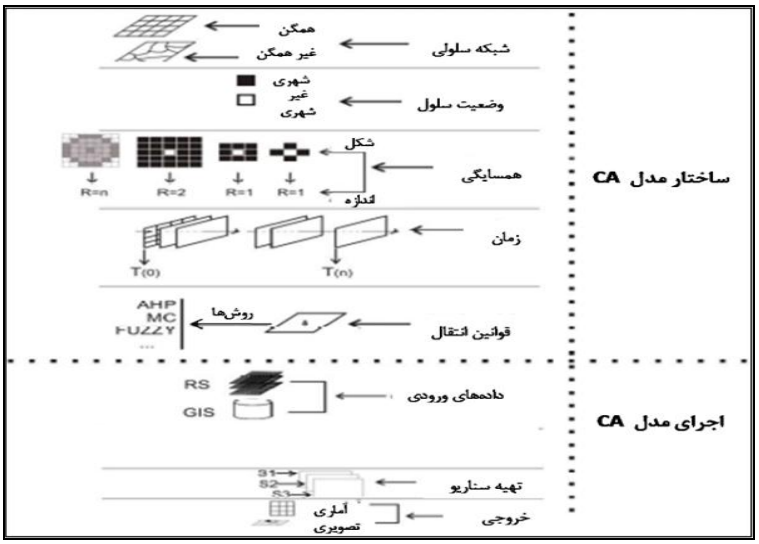
شکل (۱). قلمروی جغرافیایی محدوده مطالعاتی- ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

پژوهش حاضر برمبنای روشی توصیفی- تحلیلی با استفاده از هم‌سنجی‌ها و مقایسه‌های تصویری صورت گرفته است. در این روند جهت گردآوری داده‌های موردنظر از روش اسنادی و کتابخانه‌ای استفاده خواهد شد.

جهت پیشبرد پژوهش حاضر از مدل رشد خودکار سلولی استفاده شده است. مدل CA دربردارنده عناصر شبکه سلولی، وضعیت سلول، همسایگی، زمان و قوانین انتقال است. حال اینکه ساختار این مدل زیرمجموعه هریک از عناصر را نشان می‌دهد و اینکه چگونه می‌توان پس از آن به اجرای این مدل در محدوده مطالعاتی پرداخت. شکل ۲ نشان دهنده ساختار و مراحل اجرای مدل CA است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]



شکل (۲). ساختار مدل CA و مراحل اجرای آن- ماخذ: (رضازاده و همکاران،۱۳۸۸: ۵۳)

در این مدل، داده‌های ورودی شامل لایه‌های اطلاعاتی سنجش از راه دور[1] و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. اطلاعات و داده‌های مورد نیاز برای این بخش شامل متغیرها و شاخص‌هایی همچون شیب، دید و منظر طبیعی، فاصله نسبت به رخدادهای زمین لغزش و قابلیت اراضی است. سپس برمبنای تحلیل و روی هم اندازی لایه‌های مذکور به سناریوهای محتمل در رشد و توسعه آتی پرداخته خواهد شد و پس از آن به نقشه نهایی رشد و توسعه شهر چالوس مبادرت می گردد.

بحث ونتایج

- **بررسی وضعیت زیرسیستم‌های شهری در محدوده مطالعاتی**

زیرسیستم‌های شهری و منطقه‌ای مولفه‌های بسیار تاثیرگذار بر گرایش‌های فضایی یک سکونتگاه می‌باشند. توسعه شهری متاثر از تحولات جمعیت دستخوش تغییرات قرار می‌گیرد، بدین صورت که افزایش طبیعی جمعیت به همراه مهاجرت؛ از عوامل اصلی تحول در توسعه شهری است(احدنژاد و همکاران،۱۳۹۰: ۵). علاوه بر زیرسیستم جمعیتی-اجتماعی می‌توان این امر را در سایر زیرسیستم‌های اقتصادی، کالبدی-فضایی و محیط زیست نیز بررسی نمود. بدین صورت بررسی وضعیت

[1]. Remote Sensing(RS)

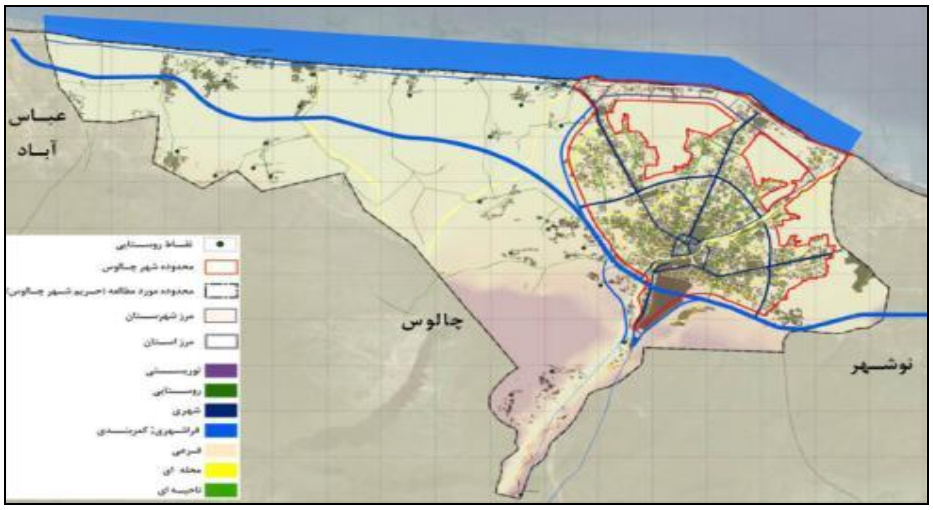
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

زیرسیستم‌های شهری در محدوده مطالعاتی که تاثیرگذار بر گرایش‌های فضایی می‌باشند در قالب جدول ۳ ارائه شده است.

جدول (۳). وضعیت زیرسیستم‌های شهری موثر بر گرایش‌های فضایی در محدوده مطالعاتی- ماخذ: نگارندگان

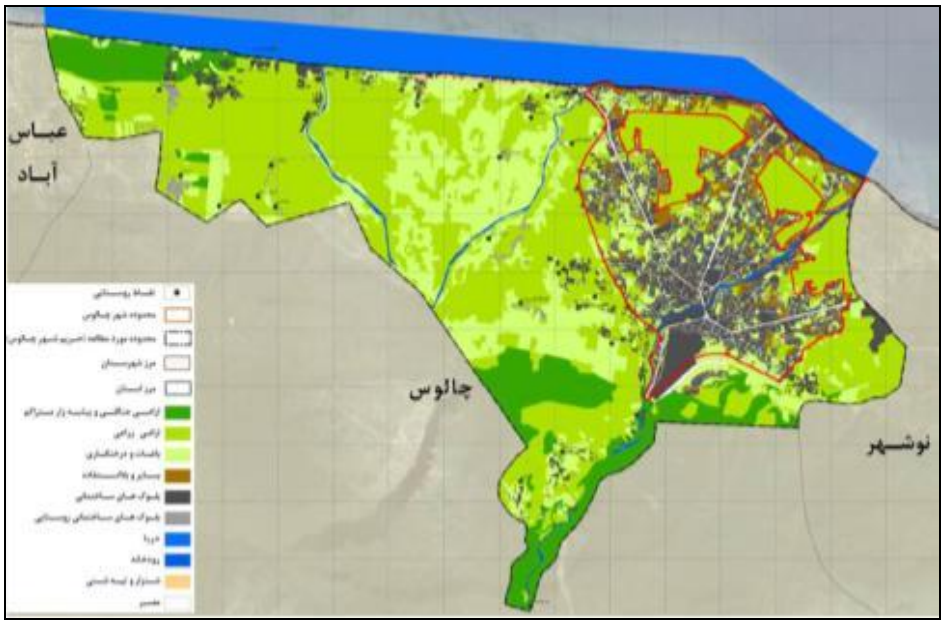
زیرسیستم‌های شهری	وضعیت حال حاضر
محیط زیست	– استقرار مراکز روستایی در مجاورت رودخانه‌ها – مجاورت محدوده مطالعاتی با دریای مازندران – قرارگیری اراضی کشاورزی، زراعی و جنگلی (با ارزش طبیعی) در پیرامون محدوده مطالعاتی
جمعیتی-اجتماعی	– روند کاهشی تمرکز جمعیت در مرکز – روند فزاینده سکونت در اراضی پیرامونی مرکز شهر
کالبدی-فضایی	– نظام کاربری متشکل از پهنه‌های مسکونی ازهم گسیخته – ساختار شهر به صورت تک‌مرکزی شعاعی – ضعف در سلسله‌مراتب عملکردی کاربری‌ها و درپی آن عدم وجود رشد متعادل و متوازن

براساس مجموعه مبانی نظری مرور شده، مشخص گردید که زیرسیستم کالبدی- فضایی مهمترین عنصر تاثیرپذیر و تاثیرگذار بر روند توسعه شهری است. الگوی کاربری اراضی محدوده به جهت بررسی اراضی مستعد توسعه است که می‌تواند پتانسیل محدوده در توسعه آتی به شمار آید. از طرف دیگر سلسله مراتب شبکه ارتباطی می‌تواند جهات توسعه را مشخص نماید. بدین ترتیب در شکل ۲ و ۳ کاربری اراضی محدوده سلسله مراتب شبکه ارتباطی به نمایش گذاشته شده است.



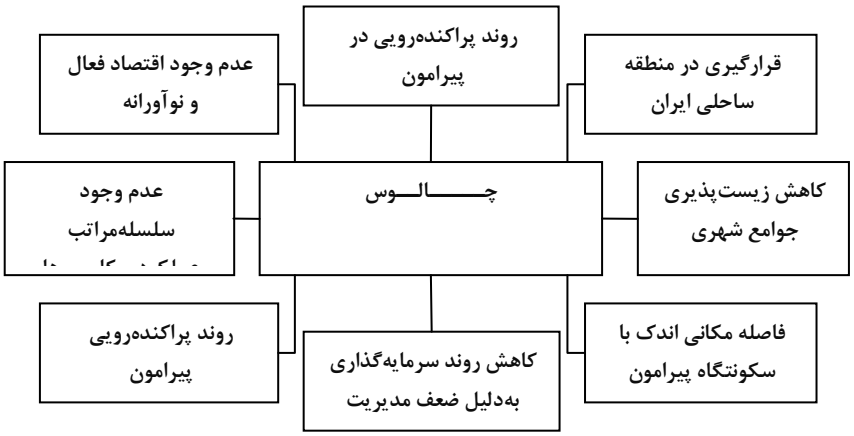
شکل (۳). سلسله مراتب شبکه ارتباطی محدوده مطالعاتی- ماخذ: نگارندگان ، ۱۳۹۲

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]



شکل (٤). کاربری اراضی محدوده مطالعاتی- ماخذ: نگارندگان ، ۱۳۹۲

با استفاده از بررسی زیرسیستم‌های موثر بر گرایش‌های فضایی و همچنین برداشت‌های میدانی، به نظر می‌رسد که روند توسعه در محدوده مطالعاتی از چند عامل تاثیر بیشتری را می‌پذیرد که در شکل ۵ نمایش داده شده است.

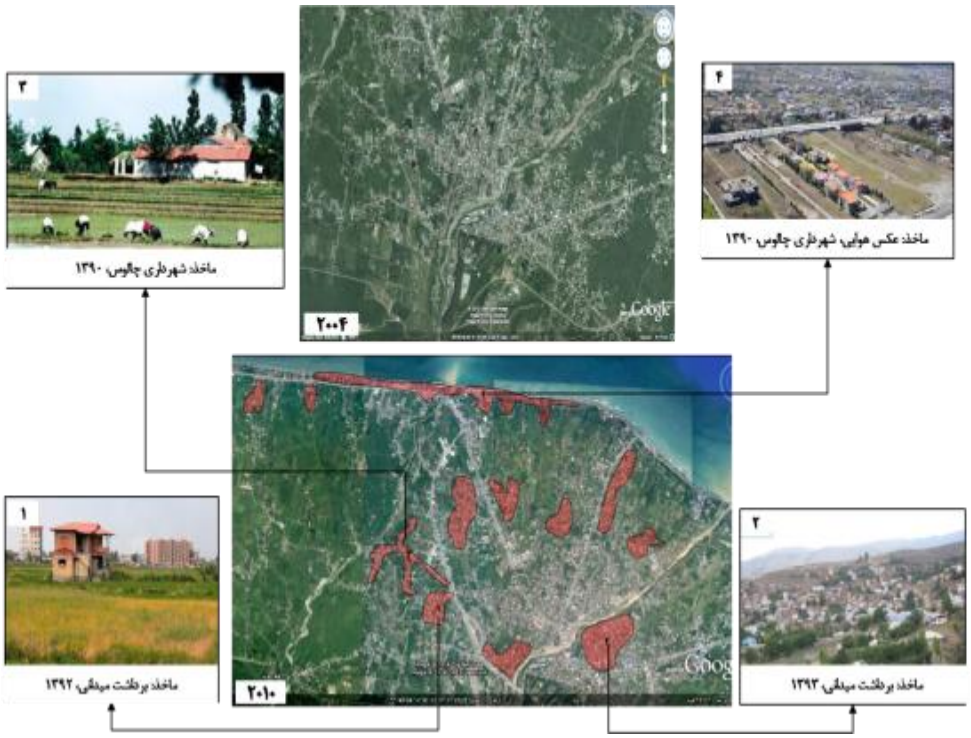


شکل (۵).عوامل بارز در روند توسعه محدوده مطالعاتی- ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۲

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

یافته‌های پژوهش

توسعه آتی شهر، خواه ناخواه در مناطقی صورت خواهد پذیرفت که دارای جذابیت‌هایی برای استفاده کنندگان و بازگشت سرمایه برای سرمایه‌گذاران باشد. روند تحول اراضی شامل توسعه اراضی به‌صورت تمرکز متراکم در اراضی از پیش توسعه یافته، شکل‌گیری سکونتگاه‌های جدید و توسعه پیرامون شبکه ارتباطی است. این روند در محدوده مطالعاتی حاکی از تشدید فرآیند توسعه در اراضی پیرامونی مرکز شهر چالوس و به‌خصوص اراضی کشاورزی است. در شکل شماره ۵ اراضی توسعه یافته در سال ۱۳۸۴ و ۱۳۹۰ نشان داده شده است.



شکل (۶). بررسی مناطق توسعه یافته از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰ ماخذ: نگارندگان(برگرفته از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و مشاهده میدانی)، ۱۳۹۲

شکل ۶ براساس انطباق تحول اراضی و مشاهده میدانی، روند توسعه در اراضی کشاورزی و نوار ساحلی صورت گرفته است. آنچه که از تحلیل شکل‌های مذکور برمی‌آید روند تخریب اراضی با ارزش زیست محیطی در حریم ساحل دریای مازندران است که از مواهب ملی به حساب می‌آید. با تاکید بر روند تخریب مواهب طبیعی، مدل رشد خودکار سلولی در محدوده مطالعاتی بکار گرفته خواهد شد تا

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

بتوان به انتظام توسعه فضایی دست یافت. جهت کاربست مدل رشد خودکار سلولی در محدوده مطالعاتی به ساختاردهی اطلاعات و داده‌ها پرداخته شده و هریک از مراحل مذکور در قالب جدول شماره ۴ ارائه شده است.

جدول (۴). وضعیت زیرسیستم‌های شهری موثر بر گرایش‌های فضایی در محدوده مطالعاتی ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۲

مراحل کاربست مدل CA	رویه انجام کار	برونداد و خروجی
تعیین اندازه سلول	– استفاده از معیارهایی همچون شیب اراضی، فاصله از گسل، فاصله از رخدادهای زمین لغزش، توپوگرافی و مناطق حفاظت شده زیست‌محیطی – روی‌هم اندازی این لایه هابا استفاده از دستور Union	تعیین میانگین مساحت قطعات مالکیتی و تعیین ابعاد ۲۰*۲۰ متر هر سلول
وضعیت سلول	– بررسی اراضی و قابلیت‌های توسعه	۶ حال شامل توسعه شهری، توسعه روستایی، شبکه ارتباطی، مناسب برای توسعه، تقریبا مناسب برای توسعه و نامناسب برای توسعه
همسایگی	– بررسی روند توسعه	انطباق روند با همسایگی ۸ سلولی مور
مدت زمان محاسباتی	– بررسی زمان مورد نیاز برای فرآیند ساخت و ساز و تغییر کاربری اراضی	مدت زمانی ۲ سال (این زمان در روستا به ۱ سال کاهش می‌یابد) که در ۱۰ دوره بررسی خواهد شد
معرفی قوانین گذار	– مناسبت‌های مکانی و وضعیت سلول	تبیین ۱۹۰ قانون برای محدوده مطالعاتی

در ادامه، جهت بدست آوردن وضعیت سلول در محدوده مطالعاتی به بررسی معیارهای موثر بر توسعه یافتگی، پرداخته شد. در این مرحله براساس دسته بندی معیارها و امتیازدهی به هریک از آنان، ابتدا با استفاده از Raster Calculator به کلاس‌بندی معیارهای مورد نظر سپس ترکیب آنها پرداخته شد و در انتها سلول‌ها در طبقات مناسب برای توسعه، تقریبا مناسب توسعه و نامناسب برای توسعه دسته‌بندی شدند.

–معیارهای زیست‌محیطی: شیب، فاصله از رخدادهای زمین لغزش و قابلیت اراضی

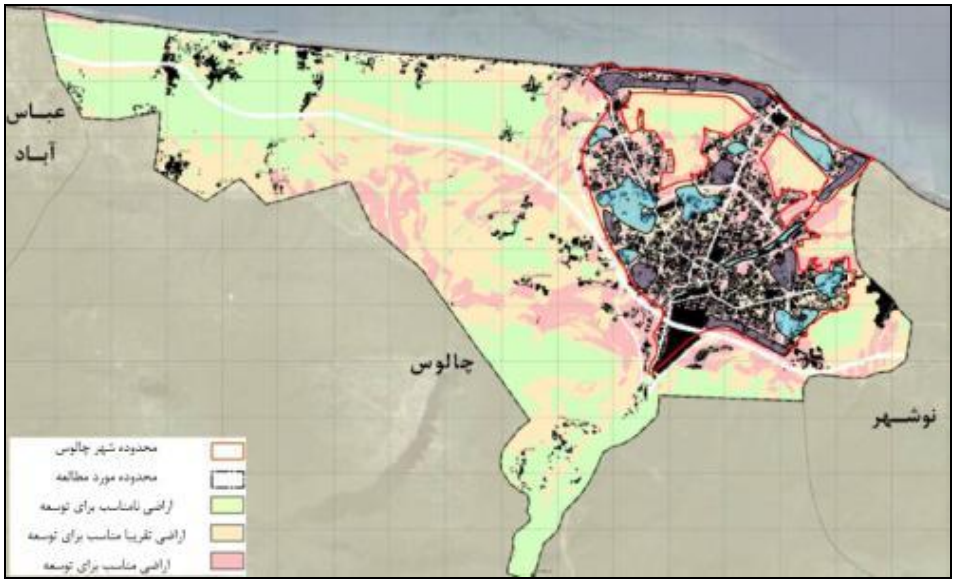
–معیارهای کالبدی : فاصله از شبکه ارتباطی و کاربری اراضی

–معیارهای دید و منظر : نزدیکی به مناظر طبیعی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

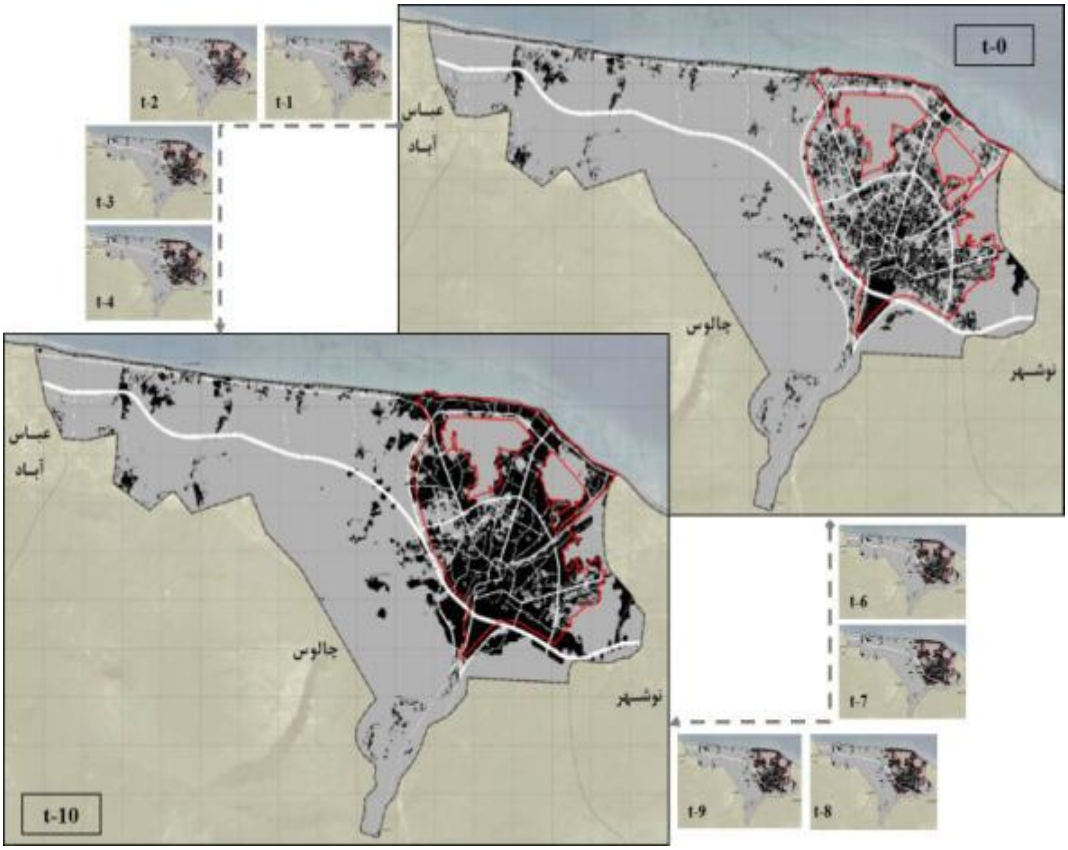
پس از تحلیل سنجش توسعه یافتگی(شکل ۷) در محدوده مطالعاتی بدین نتیجه رسیده شد که اراضی نامناسب برای توسعه غالبا در نواحی پیرامون مرکز شهر استقرار یافته و اراضی مناسب برای توسعه در مجاورت با اراضی توسعه یافته وضع موجود قرار دارند. لذا اگر توسعه تنها در این اراضی صورت پذیرد، می‌توان از معضلات وارد شده بر محیط طبیعی کاست و به بهبود شرایط زیست‌پذیری دست یافت.



شکل (۷). سنجش توسعه یافتگی در محدوده مطالعاتی- ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۲

پس از کاربست مدل رشد خودکار سلولی در محدوده مطالعاتی به روند توسعه در بازه زمانی مطالعاتی رسیده شد. روند توسعه با تمرکز در نواحی ساخته شده موجود و توسعه در امتداد شبکه ارتباطی همراه می‌باشد. توسعه درونی غالباً در بخش شمالی شهر، در حاشیه ساحل دریای خزر و همین طور در مجاورت اراضی زراعی داخل محدوده رخ داده است. اما بخش مهم توسعه آینده شهر رامی‌توان در بخش جنوبی شهر در حد فاصل کمربندی و محدوده قانونی شهر مشاهده کرد که می‌تواند زمینه‌ساز تخریب محیط زیست در آینده باشد. همانگونه که در شکل ۸ قابل مشاهده است، روند تحولات توسعه اراضی از زمان t_1 تا t_4 شدت بسیاری داشته اما با گذر زمان در بازه‌های بعدی دارای روندی با شدت کمتر و در انتها نزدیک به صفر می‌باشد. بدین صورت که اراضی مستعد توسعه در زمان‌های اولیه توسعه یافته و پس از آن توسعه در نواحی پیرامون محدوده مطالعاتی و در سطح شهرستان چالوس صورت می‌گیرد.

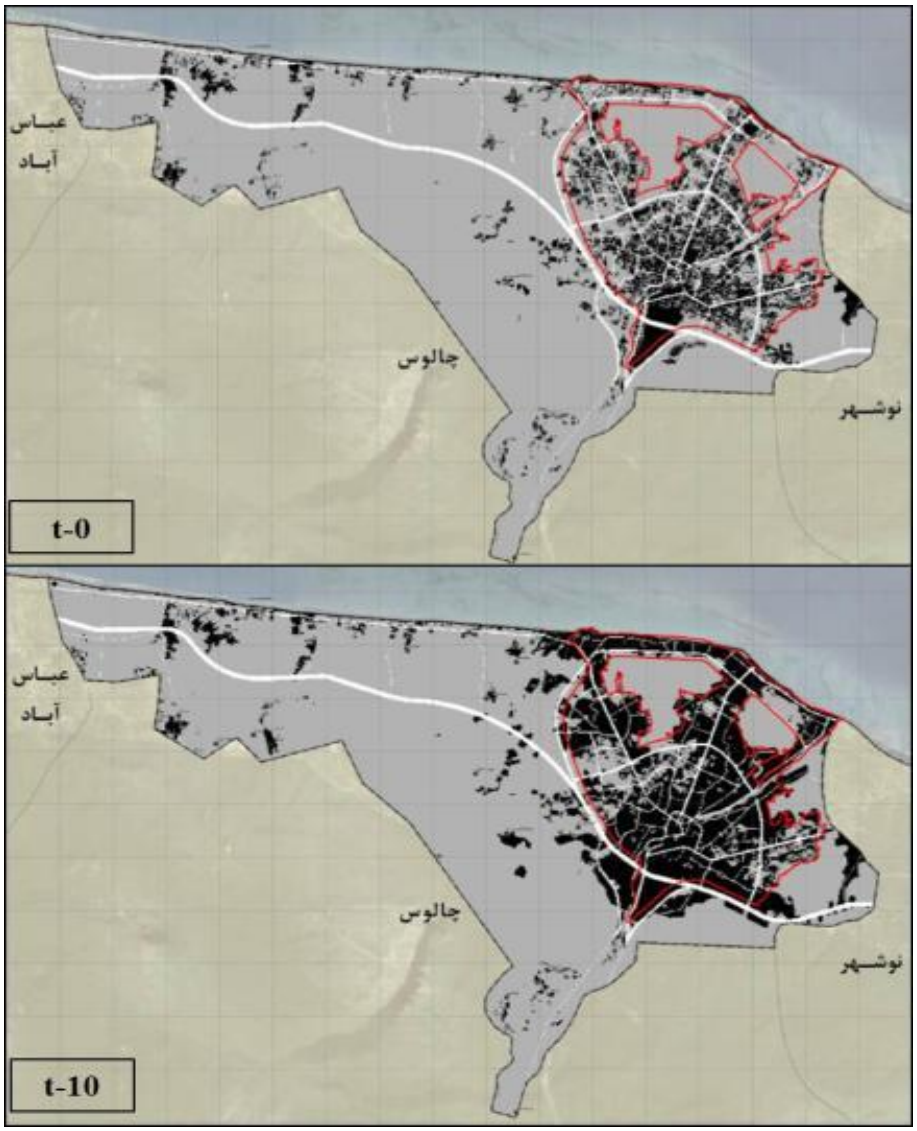
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]



شکل (۸). سنجش توسعه یافتگی در محدوده مطالعاتی- ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۲

جهت تصویرسازی مطلوب با وضوح بالای بررسی و تحلیل روند توسعه در محدوده مطالعاتی به ارائه مقایسه تطبیقی از زمانt_1 و t_{10} پرداخته شده است(شکل ۹). در این تصویر می‌توان روند تغییرات را به صورت ملموس درک کرد؛ سطوح سفید شامل اراضی هستند که توسعه ساخت و ساز با شدت بسیار صورت گرفته و سطوح آبی نشان دهنده اراضی هستند که تنها با متراکم شدن توسعه یافته‌اند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

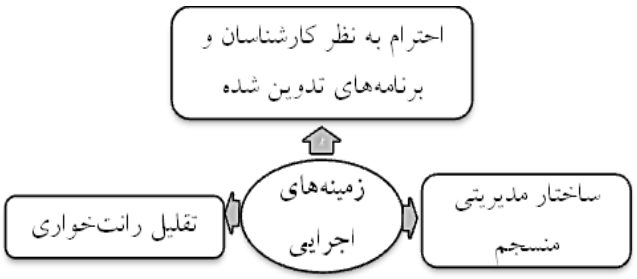


شکل (۹). سنجش توسعه یافتگی در محدوده مطالعاتی در دوره زمانی ۲۰ سال- ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۲

انتظام فضایی روند توسعه در محدوده مطالعاتی؛ نیازمند برنامه‌ای منعطف با شرایط خاص، ارائه ضوابط ساخت و ساز و همچنین تهیه برنامه مقررات اراضی پیرامون مراکز سکونتگاهی است. با چنین برنامه‌ای می‌توان روند گرایش‌های توسعه فضایی موجود را بهبود بخشید. لازمه اجرایی‌شدن موارد فوق در شکل ۱۰ نمایش داده شده‌است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]



شکل(۱۰). زمینه اجرایی جهت بهبود چالش‌های مدیریتی محدوده مطالعاتی،ماخذ: نگارندگان، ۱۳۹۲

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف پیش بینی روند توسعه شهر چالوس برای برنامه‌ریزی منسجم جهت توسعه آتی به الگوسازی گرایش‌های فضایی با استفاده از مدل رشد خودکار سلولی پرداخت. بدین منظور با استفاده از الگوسازی گرایش‌های فضایی بدین نتیجه رسیده شد که توسعه در اراضی کشاورزی و حریم دریای مازندران با شدت بیشتری صورت خواهد گرفت. با استفاده از تطبیق توسعه اراضی در افق برنامه‌ریزی(۲۰ساله) و سنجش توسعه یافتگی، چنین حاصل شد که گرایش فضایی توسعه در اراضی مناسب و نسبتا مناسب، به‌صورت یکسان تحقق پذیرفته است. لازم به ذکر است که در ۸ سال آتی(t_1 تا t_4) توسعه شهر شدت بیشتری داشته و پس از آن نرخ رشد توسعه به صورت اندک خواهد بود. تفاوت شدت توسعه در سال‌های مطالعاتی را می‌توان بر اساس گرایش‌های افراد بومی و غیر بومی توجیه کرد. به اینصورت که در ۸ سال آتی به واسطه وجود اراضی مستعد توسعه افراد بومی، گردشگران و سزمایه‌گذاران به ساخت و ساز در اراضی پیرامون مرکز شهری تمایل دارند. اما پس از گذر زمان و افت کیفیت اراضی پیرامون شهرها، تمایل و گرایش به توسعه کاهش یافته و غالبا توسعه در اراضی صورت می‌گیرد که از پیش توسعه یافته بودند. در نهایت اینکه گرایش فضایی در توسعه چالوس با الگوهای درونی و بیرونی صورت گرفته است. الگوی درونی توسعه غالبا از گرایش افراد بومی به سکونت در محله‌های مختلف نشات می‌گیرد زیرا افراد تمایل دارند تا در مجاورت آشنایان و در محیطی خصوصی سکونت یابند. الگوی بیرونی توسعه نیز درپی گرایش افراد غیربومی، گردشگران و سرمایه‌گذاران در اراضی کشاورزی شکل گرفته که قیمت پایین آن توجیه‌پذیری اقتصادی را به همراه داشته است.

درپی چنین گرایش‌های توسعه که به واسطه تاثیرپذیری از اجتماعات گوناگون ماهیتی درون سیستمی و برون سیستمی گرفته، نیاز است تا انسجام بخشی توسعه با استفاده از تلفیق

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

برنامه‌ریزی شهری با زمینه‌های مدیریتی صوت گیرد تا به واسطه آن روند توسعه را بهبود بخشد. در ابتدای پژوهش چگونگی تعیین رشد شهر چالوس بر پایه معیارهای برنامه‌ریزی و مدل خودکار سلولی مورد سوال بود. در انتهای پژوهش مشخص شد که می‌توان گرایش فضایی توسعه شهر چالوس را با استفاده از مدل رشد خودکار سلولی مورد بررسی و تحلیل قرار داد. اگر روند توسعه و برنامه‌ریزی در مسیر مطلوب قرار گیرد می‌توان با استفاده از مدل چیدمان فضا به تلفیق ساختار فضایی حال و آینده در مناسب‌ترین حالت پرداخت. حال اینکه اگر وضعیت مالکیت اراضی و میزان تاثیر آن بر گرایش‌های توسعه فضایی شهر چالوس نیز مورد بررسی قرار گیرد می‌توان به بررسی تاثیر ابعاد اقتصادی همچون مالکیت اراضی، اشتغال و تاثیر عملکرد اراضی بر توسعه دست یافت.

آنچه که اهمیت دارد ارائه دستاوردهای پژوهش حاضر در مقایسه با سایر پژوهشی است که با عناوین مرتبط در زمینه برنامه‌ریزی شهری و روستایی صورت گرفته‌اند. هرچند تاکنون پژوهش‌هایی با استفاده از مدل رشد خودکار سلولی انجام شده‌اند اما در محدوده مطالعاتی حاضر و با رویکردی خاص که نسبت به آن گرفته شد، پژوهشی صورت نگرفته است. بدین ترتیب که در پژوهش و تنها دو الگوی توسعه خود انگیخته و سازماندهی شده، موثر بر فرآیند توسعه است اما در پژوهش حاضر با استفاده از ترکیب شاخص‌ها و مولفه‌های زیست محیطی، اقتصادی، جمعیتی و کالبدی- فضایی، نتایج پیش بینی توسعه دقیق‌تر شده و برپایه بیشترین مطلوبیت توسعه از نظر استفاده کنندگان اراضی به پیش بینی الگوهای رشد احتمالی پرداخته شده است. در بسیاری از پژوهش‌ها همانند وو(۲۰۰۰)، خوش‌گفتار و طالعی(۱۳۸۹)، هادوی و روستایی(۱۳۹۰) و احدنژاد روشتی و همکاران(۱۳۹۰)؛ مولفه‌های تاثیرگذار بر این مدل تنها ابعاد کالبدی- فضایی را مدنظر گرفته و این تفاوت در بررسی چندجانبه از زیرسیستم‌های شهری موجب شده تا پژوهش حاضر زمینه‌های نوینی را نسبت به سایرین بررسی و تحلیل نماید. نکته با اهمیت دیگر تلفیق زیرسیستم‌های شهری به همراه داده‌های منتج از تصاویر هوایی شهر بوده که در برخی از پژوهش‌ها همانند هادوی و روستایی(۱۳۹۰) تنها بر تصاویر ماهواره‌ای اکتفا شده است. همچنین پیش بینی توسعه احتمالی به صورت بازه‌های ۲ ساله تا افق برنامه‌ریزی(۲۰ سال) در سایر پژوهش‌ها با پیش بینی جامع در سال نهایی(وبستر و وو در سال ۱۹۹۸) انجام شده است. در انتها نیز ارائه زمینه‌های اجرایی براساس روند موجود محدوده مطالعاتی، توان و پتانسیل‌های مدیریتی عنصری است که در سایر پژوهش‌ها به آن توجه کمتری شده است. اما در انتهای پژوهش می‌توان به مقایسه پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌های انجام شده با جزئیات بیشتر پرداخت.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

منابع و ماخذ

۱.احدنژاد روشتی، محسن و 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.احدنژاد روشتی، محسن، زلفی، علی و شکری‌پور دیزج، حسین(۱۳۹۰). **ارزیابی و پیشبینی گسترش فیزیکی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی(مطالعه موردی: شهر اردبیل ۱۳۶۳-۱۴۰۰)**؛ مجله آمایش محیط. ۱۵:۱۰۷-۱۲۴

۳.براتی قهفرخی، سوسن، سلطانی کوپایی، سعید، خواجه‌الدین، سید جمال‌الدین، رایگانی، بهزاد(۱۳۸۷). **بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیر حوزه قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش از راه دور(۱۳۵۴-۱۳۸۱)**، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۷

۴.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):۱-۲۲.

۵.خوش گفتار، مهدی، طالعی، محمد (۱۳۸۹). **شبیه سازی رشد شهری در تهران، با استفاده از مدلCA-Markov** ، سنجش از راه دور ایران. ۱۷-۳۴.

۶.رضازاده، راضیه . میراحمدی، مهرداد(۱۳۸۸). **مدل اتوماسیون سلولی، روشی نوین در شبیه سازی رشد شهری**؛ نشریه علمی- پژوهشی فناوری آموزش.۴(۱)۴۷-۵۵.

۷.رهنما، محمدرحیم. روستا، مجتبی(۱۳۹۲). **تحلیل تغییر کاربری اراضی و چگونگی حفظ و نگهداری فضای سبز شهر جهرم در راستای توسعه پایدار**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۰۹.

۸.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):۱-۱۶.

۹.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.

۱۰. فیروزآبادی، پرویز، شکیبا، علیرضا، متکان، علی‌اکبر و صادقی، علی(۱۳۸۸). **سنجش از دور(RS)، سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) و مدل سول‌های خودکار(CA) به عنوان ابزاری برای شبیه‌سازی تغییرات کاربری(مطالعه موردی: شهر شهرکرد)**؛ علوم محیطی. ۷(۱):۱۳۳-۱۴۸.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

۱۱. عسگریان، علی، جباریان امیری، بهمن، علیزاده شعبانی، افشین و فقهی، جهانگیری (۱۳۹۲). **پیشبینی رشد مکانی و توسعه پراکنده شهر ساری با بهکارگیری مدل سلولهای خودکار- مارکوف و شاخص آنتروپی شانون؛** بوم‌شناسی کاربردی.۲(۶):۱۳-۲۴.

۱۲. ماجدی، حمید، زبردست، اسفندیار و مجربی کرگانی، بهاره(۱۳۹۱). **تحلیل عوامل موثر بر الگوی رشد کالبدی شهرهای بزرگ ایران(نمونه مطالعه :الگوی رشد کالبدی شهر رشت)**؛ نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی.۱۷(۳):۴۹-۶۰.

۱۳. هادوی، فرامرز و روستایی، شهریور(۱۳۹۰). **شبیه سازی رشدشهر ی با استفاده از تصاویر ماهواره ای(مطالعه موردی شهر زنجان)**؛ هجدهمین همایشگاه و نمایگاه ملی ژئوماتیک. سازمان نقشه برداری کشور

Agarwal, Ajay, Giuliano, Genevieve, Redfearn, He, Sylvia (2009). ***Network Accessibility and Employment Centers***, Urban Studies, 49: 77-95

Al-shalabi, Mohamed, Billa, Lawal, Pradhan, Biswajeet and Mansor, Shattri (2012). ***Modelling urban growth evolution and land-use changes using GIS based cellular automata and SLEUTH models: the case of Sana'a metropolitan city, Yemen***; Environ Earth Sci.70:425-437

Basse, Reine Maria, Omrani, Hichem, Charif, Omar, Gerber, Philippe (2014). ***Land use changes modelling using advanced methods: Cellular automata and artificial neural networks. The spatial and explicit representation of land covers dynamics at the cross-border region scale,*** Applied Geography. 53:160-171

Barredo JI, Demicheli L. (2003). ***Urban sustainability in developing countries' megacities: modelling and predicting future urban growth in Lagos***, Cities. 20:297–310.

Campbell, Lindsay, Fisher, Dana, Svendsen, Erika, Connolly, James (2011). ***Organizing urban ecosystem services through environmental stewardship governance in New York City***, Landscape and Urban Planning.109:76-84

Huang, Jingnan, Zhang, Jinting and Lu X.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: 597-606

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

Doygun, Hakan (2008***). Effects of urban sprawl on agricultural land: a case study of Kahramanmara¸s***, Turkey, Environ Monit Assess, 158,471-478

Gonzalez, Pablo, Delgado, Montserrat, Benavente, Francisco (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

Greenhalgh, Paul (2000). ***Mechanisms of urban change: Regeneration Companies or Development Corporations?*** *Urban* Regeneration Companies

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

Liu, Ting, Yang, Xiaojun (2014). ***Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape m*****etrics**, Applied Geography, 55,42-54

Natale , Villalba, Junquera, Zalba (2015). ***Assessment of the Conservation Status of Natural and Semi-Natural Patches Associated with urbanAreasThrough Habitat Suitability Indices***, International journal environmental research.9:495-504.

Omrani, Hichem, Charif, Omar, Gerber, Philippe, Bódis, Katalin, Basse, Reine (2012**)**. ***Simulation of land use changes using cellular automata and artificial neural network***, Working Paper No 01

Poelmans, Lien and Anton Van Rompaey (2009). ***Detecting and modelling spatial patterns of sprawl in highly fragmented areas- A case study in the Flanders–Brussels region***; Landscape and Urban Planning,93 : 10–19

Shahumyan, Harutyun, Williams, Brendan, Petrov, Laura, Foley, Walter (2014). ***Regional Development Scenario Evaluation through Land Use Modelling and Opportunity Mapping, Land* .3:1180-1213**

Sullivan, D (2001). ***Exploring spatial process dynamics using irregular cellular automaton models*****;** Geographical Analysis. 33:1-18

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]

Tang, James, Chu, Yin(2005). ***Environmental and Labour Organizations in Hong Kong,*** International Journal of Urban and Regional Research.29:849-866

Wang, Zhijiao (2013). ***Urban China. Cambridge: Polity Press***, International Journal of Urban and Regional Research. **38:373-374**

White, R., Engelen, G., & Uljee, I. (2000). ***Modelling land-use change with linked cellular automata and socio-economic models: A tool for exploring the impact of climate change on the island of St. 30-Lucia. In M. J. Hill & R. J. Aspinell (Eds.)***; Spatial information for land-use management, Amsterdam: Gordon and Breach.

Wu, F. (1998). ***An experiment on the generic polycentricity of urban growth in a cellular automatic city***. Environment and Planning, 731-52.

Wu, F, and C.j. Webster. (2000). ***simulating artificial cities in a GIS environment: urban growth under alternative, regulation regimes***. International Journal of Geographical Information Science, 625-48.

Xin, Yang, Xin-Qi, Zheng, Li-Na, Lv. (2012). ***A spatiotemporal model of land use change based on ant colony optimization, Markov chain and cellular automata,*** Ecological Modeling, 233,11-19

Yang, Qingsheng, Mwenda, Kevin, Ge, Miao (2013). ***Incorporating geographical factors with artificial neural networks to predict reference values of erythrocyte sedimentation rate***, INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTH GEOGRAPHICS. 12: 1-7

Yuan, Hui, Wiele, Cynthia, Khorram, Siamak (2009). ***An Automated Artificial Neural Network System for Land Use/Land Cover Classification from Landsat TM Imagery***, Remote Sensing.1:243-265.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.6.8]