

## تغییرات فضایی - زمانی شکل شهرهای ساحلی و غیر ساحلی استان مازندران با به کار گیری سنج‌های سیمای سرزمین

فاطمه رضایی<sup>۱</sup>، سامره فلاحتکار<sup>۲\*</sup>، هاشم داداش‌پور<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۳. دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۸)

### چکیده

بر اثر فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی، چهره زمین همواره تغییر می‌کند. سرعت و تنوع این تغییر و تحول در محیط‌های شهری بیش از سایر مناطق است. مقاله حاضر تغییر زمانی و فضایی دو شهر ساحلی (چالوس و بابلسر) و دو شهر غیرساحلی (آمل و قائمشهر) استان مازندران را از جنبه‌های فشردگی، پیچیدگی و مرکزیت شکل شهر با به کارگیری سنج‌های سیمای سرزمین بررسی کرده است. روش تحقیق مقاله کمی است و نقشه‌های کاربری اراضی در سه طبقه (شهر، اراضی کشاورزی و آب) به روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال از تصاویر ماهواره لندست تهیه شدند. برای تحلیل تغییرات سیمای سرزمین از ۱۲ سنجه و در دو سطح طبقه و سیمای سرزمین استفاده شد. نتایج نشان داد مقدار سنجه NP برای طبقه کشاورزی چهار شهر مورد بررسی افزایش یافته، که نشان‌دهنده پدیده خردشدگی، کاهش پیوستگی و وجود اختلال در کاربری کشاورزی است. علاوه بر این، یافته‌ها روند افزایشی تعداد لکه‌ها را در دو شهر قائمشهر و بابلسر نشان داد که گویای وجود ساختار ریزدانه‌ای در این دو شهر است. همچنین، کاهش سنجه ENN-MN فقط برای قائمشهر نشان‌دهنده مرکزیت بالا است. به‌طور کلی، تفاوت بارزی بین شهرهای ساحلی و غیرساحلی از جنبه‌های فشردگی و پیچیدگی مشاهده نشد.

### کلیدواژگان

پیچیدگی، تغییر کاربری زمین، شکل شهر، فشردگی، مرکزیت.

\* نویسنده مسئول، رایانامه: Samereh.falahatkar@modares.ac.ir

## بیان مسأله

جمعیت شهری در چند دهه اخیر به سرعت در حال رشد بوده است (World Urbanization Prospects & Revision, 2009, p.50). بنا بر پیش‌بینی‌های سازمان ملل، همه افزایش جمعیت دنیا بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰ (حدود ۲ میلیارد نفر) در نواحی شهری اتفاق افتاده است و در سال ۲۰۳۰ بیش از ۶۰ درصد جمعیت دنیا (حدود ۹٫۴ میلیارد نفر) در شهرها زندگی خواهند کرد و تقریباً ۹۳ درصد این افزایش جمعیت در کشورهای در حال توسعه بوده است (UN, 2007, p.15). در نتیجه رشد سریع جمعیت، مهاجرت از نواحی روستایی به حاشیه شهرها، توازن شهری را مختل کرده (Srivastava & Gupta, 2003, p.234) و حرکت مناطق مسکونی و تجاری به سمت مناطق کشاورزی در حاشیه مناطق شهری آثار سوء محیط زیستی را به دنبال داشته است، که می‌توان به کاهش کیفیت آب و هوا، از بین رفتن اراضی طبیعی، و تبدیل زمین‌های کشاورزی به مناطق مسکونی اشاره کرد (جعفری و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۳).

توسعه شهری در دنیا در چند دهه گذشته چنان بوده که به بی‌تعادلی در چگونگی استفاده از اراضی منجر شده است و سیمای سرزمین و کاربری‌های مناطق مختلف به واسطه رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت، به سرعت تغییر کرده و کاربری‌های بکر اولیه به کاربری‌های شهری تبدیل شده است. در واقع، تغییرات ناشی از فعالیت انسانی سبب تبدیل رویشگاه‌های طبیعی به دیگر کاربری‌ها، از دست رفتن و تخریب و چندپارگی زیستگاه شده است (Kelarestaghi & Jeloudar, 2011, p.401). این امر از معیارهای بی‌شماری مانند تغییرات جمعیت، افزایش میزان مهاجرت از روستا به شهر و افزایش نرخ شهرنشینی تأثیر پذیرفته است. ادامه فرایند افزایش جمعیت، زمینه‌ساز افزایش تقاضا برای سکونت و گسترش سریع مراکز فعالیت در حومه‌ها شده است. در نتیجه، توسعه اراضی شهری ساخته شده به تغییر در کارکرد و کاربری اراضی مناطق شهری منجر شده است (رهنما و همکاران، ۱۳۹۱، ص ۱۱۴). در این فرایند، در وهله اول تغییر و تحولاتی که در کاربری اراضی رخ می‌دهد، نخست، بر اراضی کشاورزی، بایر و مرتع دیده می‌شود (Doygun, 2008, p.471).

در ایران فرایند تغییر روزافزون کاربری اراضی کشاورزی و باغی به اراضی ساخته شده از دهه

۱۳۴۰ روبه‌افزایش بوده و ازدیاد اراضی شهری ساخته‌شده به عدم تعادل میان کاربری اراضی شهری و طبیعی در مناطق شهری منجر شده است. بر مبنای روند یادشده، الگوی کاربری اراضی در استان مازندران نیز تحت تأثیر روند شهرنشینی، گسترش جمعیت و افزایش مهاجرت، به سمت و سویی جدید رفته و تغییر کاربری اراضی کشاورزی و باغی در اراضی پیرامون شهر را سبب شده است (داداش‌پور و سالاریان، ۱۳۹۴، ص ۱۵۹؛ مشیری و قماش‌پسند، ۱۳۹۱، ص ۲). با توجه به اینکه کاربری‌های انسان‌ساخت در طبیعت و گسترش شهرنشینی موجب تغییرات اساسی در ساختار و کارکرد اکولوژیکی سیمای سرزمین و تغییر تدریجی ساختار فضایی و الگوی سیمای سرزمین می‌شود (Forman & Godron, 1986, p.95)، تحلیل این خصوصیات و ساختار لکه‌های تشکیل‌دهنده سیمای سرزمین از موضوعات مهم روز در تفسیر و مدل‌سازی تغییرات فضایی- زمانی است (Wegener, 1994, p.19; Herzog & Lausch, 2001, p.37). از جمله الگوریتم‌هایی که برای کمی‌کردن خصوصیات مکانی لکه‌ها، کلاس، یا کل سیمای سرزمین به‌کار گرفته می‌شود، سنجه‌های سیمای سرزمین‌اند، که بهترین راه برای مقایسه وضعیت سیمای سرزمین‌های مختلف است (McGarigal et al., 2002, p.77). با توجه به مسائل یادشده، مقاله حاضر در پی جواب به این پرسش اساسی است که آیا بین شهرهای ساحلی و غیرساحلی از نظر ابعاد فشردگی، پیچیدگی و مرکزیت شکل شهر تفاوتی وجود دارد و در برنامه‌ریزی‌های آتی می‌توان آن‌ها را برای مدیریت‌های شهری به‌کار گرفت؟

## مبانی نظری

سیمای سرزمین در برخی متون به معانی چشم‌انداز، منظره و منظر ترجمه می‌شود. در حالی که در علوم بنیادی محیط زیست (بوم‌شناسی) و دانش‌های کاربردی آن (برنامه‌ریزی محیط زیست و طراحی محیط زیست) این واژه به‌معنای سیمای سرزمین است (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۳، ص ۳۰۴). ماهیت سیمای سرزمین را عناصر ساختاری آن، یعنی سه عنصر اصلی بستر، لکه و کریدور تعریف می‌کنند. لکه یکی از عناصر ساختاری سیمای سرزمین است. لکه‌ها، قطعاتی غیرخطی بوده که از نظر پوشش اراضی با محیط پیرامونی خود متفاوتند (Forman & Godron, )

Burel (1986, p.97). آرایش مکانی موازیبیک و شبکه‌ها، الگوی سیمای سرزمین را تشکیل می‌دهد (Burel & Baudry, 2003, p.69). سنجه‌های سیمای سرزمین ابزار بسیار مناسبی برای بیان الگوی موازیبکی کاربری‌های شهری و تغییرات آن در ارتباط با فرایندهای شهرنشینی است و از آن‌ها در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با رشد شهر، توزیع کاربری‌ها و برنامه‌ریزی توسعه فضای سبز شهری می‌توان بهره برد (Botequilha & Ahren, 2002, p.65). این سنجه‌ها برای نزدیک‌کردن زبان برنامه‌ریزان شهری و اکولوژیست‌ها اهمیت دارند. سنجه‌ها ویژگی شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری سیمای سرزمین را تعریف‌شدنی کرده و به صورت کمی مقایسه می‌کنند (Herzog & Lausch, 2001, pp.37-38). سنجه‌های سیمای سرزمین در سه سطح لکه، طبقه و سیمای سرزمین محاسبه می‌شوند. در سطح طبقات، مجموعه لکه‌های مربوط به طبقه‌ای خاص محاسبه می‌شود. در صورتی که سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین در کل محدوده محاسبه شده، و برآیند ویژگی‌های لکه‌ها و طبقات‌اند (زبردست و همکاران، ۱۳۹۰، ص ۱۳-۱۲).

با توجه به رشد سریع جمعیت، یکی از موضوعات اساسی در زمینه توسعه شهری، شکل شهر است و آگاهی از آن می‌تواند یکی از عوامل تأثیرگذار برنامه‌ریزی شهری محسوب شود (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۱، ص ۷۱). این شکل توسعه شهری می‌تواند به صورت‌های فشرده، پیچیده و مرکزیت باشد. ایده شکل شهری فشرده می‌تواند در سطوح مختلف از توسعه درون‌شهری گرفته تا سکونتگاه‌های جدید عملی شود (Rafeq Jabareen, 2006, p.46). توسعه متراکم در نزدیکی یا هسته مرکزی شهر با اختلاطی از مسکن، مراکز کار و مراکز فروش، مهم‌ترین اصل در نظریه شهر فشرده است (Holden & Norland, 2005, p.2148). در شهر فشرده به‌عنوان یکی از راهبردهای رشد هوشمند با کاهش فاصله‌های فیزیکی، می‌تواند نیاز به تردهای شهری کاهش یابد و از آلودگی هوای ناشی از حمل‌ونقل و اتومبیل‌ها کاسته شود. در این راستا، از زمین‌های درون‌شهری استفاده بهینه می‌شود و اراضی کشاورزی پیرامون شهرها را از دست‌اندازی و توسعه‌های شهری محفوظ می‌دارد (مثنوی، ۱۳۸۱، ص ۹۲). مرکزیت درجه‌ای از توسعه‌های مسکونی یا غیرمسکونی ناحیه شهری (یا هر دو) بوده که نزدیک به بخش مرکزی شهر است. به بیانی، مقدار متوسط فاصله

جداشده از قسمت‌های مرکزی شهر، نشان‌دهنده درجه مرکزیت مناطق شهری است (Galster et al., 2001, p.694). تعریف‌های متفاوتی برای شکل شهری بیان شده است، اما به‌طور کلی شکل شهری نتیجه گردهم‌آمدن مفاهیم و عناصر متعددی از ساختار شهر است. شکل شهر به‌دلیل آثار مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، می‌تواند یک شهر را به سوی پایداری یا ناپایداری براند (Jabareen, 2006, p.39).

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی از سنجه‌های سیمای سرزمین برای برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین بهره برده‌اند، برای مثال میرزایی و همکاران (۱۳۹۲) با به‌کارگیری سنجه‌های سیمای سرزمین تغییرات پوشش اراضی استان مازندران را بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۳ بررسی کردند. نتایج حاکی از افزایش مساحت در پوشش‌های مسکونی، کشاورزی، مرتع، جاده و افت شدید در جنگل‌های این استان بوده است. بی‌همتای طوسی و همکاران (۱۳۹۲) با هدف کمی‌کردن الگوهای سیمای سرزمین در بخش مرکزی استان مازندران به این نتیجه رسیدند که طبقه شهری به بیش از دو برابر رسیده است و پدیده تخریب و چندپارگی<sup>۱</sup> در طبقه کشاورزی بیشتر رخ داده است. دژکام و همکاران (۱۳۹۴) تغییرات سیمای سرزمین را با به‌کارگیری سنجه‌های سیمای سرزمین پایش کردند. طبق نتایج، سیمای سرزمین تکه‌تکه‌تر، از نظر شکلی پیچیده‌تر و نامنظم‌تر، از نظر پیوستگی لکه‌ها، ناپیوسته‌تر و از نظر نوع کاربری و پوشش موجود متنوع‌تر شده است. آرخی (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای کاربرد سنجه‌های سیمای سرزمین در ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی در منطقه دهلران استان ایلام را بررسی کرد. نتایج تحقیق او نشان داد روند تخریب و تجزیه سیمای سرزمین افزایشی بوده است. دنگ و همکاران (۲۰۰۹) با به‌کارگیری سنجه‌های سیمای سرزمین تغییرات سیمای سرزمین در یک دوره ده‌ساله واقع در شهر هانگزو را ارزیابی کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد در طول این ده سال، پس‌زمینه سیمای سرزمین از کشاورزی به شهری تغییر کرده است. هانگ و همکاران (۲۰۰۷) شکل‌های شهری جهانی را با به‌کارگیری معیارهای مکانی و سنجش از دور را مقایسه

کردند و به این نتیجه رسیدند که تفاوت‌های شایان توجهی در شکل شهری در سراسر مناطق وجود دارد.

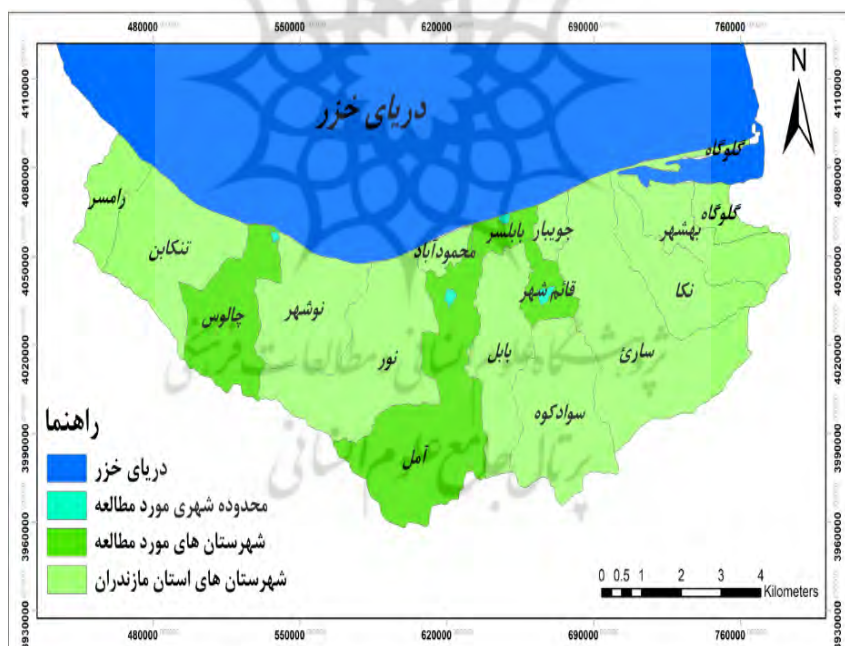
از آنجا که در استان مازندران پوشش سرزمین با توجه به تراکم جمعیت نسبتاً بالا، نرخ بالای مهاجران فصلی و دائمی، شرایط مساعد طبیعی و فرهنگی، و سیر عظیم ساخت‌وساز در طول سال‌های اخیر ب سرعت در حال تغییر است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲، ص ۳۷) کمی‌سازی الگوی توسعه مناطق شهری اهمیت بیشتری می‌یابد. کمی‌کردن الگوی سیمای سرزمین نقش مهمی در فهم اساس سیمای سرزمین و تغییرات ممکن در آینده دارد. این ابزار شاخص‌ها و راهبردهای مهم را برای پیش و مدل‌سازی بسیاری از جنبه‌های تغییر محیط زیست فراهم می‌کند (Green, 1993, p.12) و به‌عنوان راهکاری برای آگاهی از وضعیت موجود و حداقل کردن آسیب‌های محیط زیستی به‌کار گرفته می‌شوند. با توجه به پیشینه تحقیق، می‌توان دریافت تا کنون مطالعاتی در زمینه ارزیابی توسعه مناطق شهری از نظر بعد فشردگی و پیچیدگی انجام نگرفته است و مطالعه حاضر با هدف ارزیابی روند توسعه در دو شهر ساحلی و دو شهر غیرساحلی استان مازندران از جنبه فشردگی<sup>۱</sup>، پیچیدگی<sup>۲</sup> و مرکزیت<sup>۳</sup> با به‌کارگیری سنجه‌های سیمای سرزمین طی یک دوره ۱۵ ساله انجام گرفته است.

### محدوده و قلمرو مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی این تحقیق چهار شهر استان مازندران شامل آمل، قائمشهر، چالوس و بابلسر با جمعیت متوسط ۵۰ تا ۲۵۰ هزار نفر است که در طرح پایه آمایش سرزمین به‌عنوان شهرهایی متوسط دسته‌بندی شده‌اند (سازمان برنامه‌ریزی و بودجه، ۱۳۶۴). دو شهر چالوس و بابلسر از شهرهای ساحلی، و آمل و قائمشهر از شهرهای غیرساحلی این استان محسوب می‌شوند. استان

- 
1. Compactness
  2. Complexity
  3. Centrality

مازندران با وسعتی حدود ۲۳۷۵۶٫۴ کیلومتر مربع نزدیک به ۱٫۴۶ درصد از مساحت کل کشور را شامل می‌شود و در موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی، و ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است که براساس آخرین تقسیمات کشوری در سال ۱۳۹۱، ۲۰ شهرستان دارد و با توجه به موقعیت طبیعی و توان اکولوژیکی بالا در کشاورزی، مرتع و جنگل‌داری جزء استان‌های برتر کشور محسوب می‌شود. شهرستان‌های آمل و قائمشهر به ترتیب، با وسعتی حدود ۳۰۷۴٫۴ و ۴۵۸٫۵ کیلومتر مربع، معادل ۱۲٫۹ و ۱٫۹ درصد مساحت استان مازندران را به خود اختصاص داده‌اند، در حالی که شهرستان‌های بابلسر و چالوس که دو شهر ساحلی استان مازندران محسوب می‌شوند، به ترتیب، با وسعتی حدود ۲۴۶٫۵ و ۱۵۹۷٫۳ کیلومتر مربع، معادل ۱٫۰۴ و ۶٫۷۲ درصد مساحت استان را به خود اختصاص داده‌اند (سالنامه آماری، ۱۳۹۱، ص ۷-۳).



شکل ۱. جایگاه جغرافیایی محدوده شهرهای مطالعاتی در استان مازندران

جدول ۱. اطلاعات جمعیت و مساحت شهرهای مورد مطالعه

شهر	مساحت در سطح شهرستان (کیلومتر مربع)	جمعیت شهری (۱۳۸۱)	جمعیت شهری (۱۳۹۱)
آمل	۳۰۷۴	۱۹۰۰۹۷	۲۲۴۱۷۷
قائمشهر	۴۵۸٫۵	۱۶۲۶۵۷	۲۰۰۶۶۰
چالوس	۲۸۰۰	۵۰۸۲۶	۵۹۱۶۳
بابلسر	۳۴۵٫۷	۴۶۳۰۲	۵۲۶۹۹

منبع: سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۱

### روش تحقیق

روش تحقیق حاضر کمی بوده و منطق حاکم بر آن استقرایی است. رویکرد تحقیق توصیفی است و از آن برای فهم ماهیت موضوع استفاده می‌شود. داده‌ها از طریق تصاویر ماهواره‌ای حاصل از ماهواره لندست متعلق به سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۵ میلادی که توسط سنجنده‌های OLI و TM برداشت شده است، با توان تفکیک ۳۰ متر جمع‌آوری شد. این تصاویر در نرم‌افزار ERDAS Imaging براساس الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی شدند. برای استخراج نقشه پوشش اراضی و آشکارسازی تغییرات تصاویر حاصل از طبقه‌بندی، تصاویر در سه طبقه اصلی مسکونی، کشاورزی و ساحلی دسته‌بندی شدند (Richards & Jia, 2006, p.373). انتخاب نمونه‌های تعلیمی مورد نیاز با شناخت قبلی از منطقه و با به‌کارگیری تفسیر چشمی و استفاده از محیط گوگل ارث<sup>۱</sup> بر روی تصویر رنگی کاذب انجام گرفت. سپس، یک فیلتر ۳\*۳ Mode برای حذف پیکسل‌های منفرد و پراکنده برای به‌دست‌آوردن تصویر یکنواخت اعمال شد (Lillesand et al., 2004, pp.568-570). پس از طبقه‌بندی تصاویر، روش آشکارسازی مقایسه‌ی پس از طبقه‌بندی<sup>۲</sup>، برای تعیین تغییرات کاربری و پوشش اراضی بین سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴ به‌کار گرفته شد. این روش مؤثرترین روش برای تشخیص تغییرات است، زیرا در این روش امکان تشخیص تغییرات رخ داده در هر طبقه نسبت به

1. Google Earth
2. Post classification



سایر طبقات وجود دارد (Jensen, 2005, p.63). علاوه بر این، برای تفسیر و بررسی صحت نقشه طبقه‌بندی‌شده، ماتریس خطا به‌کار گرفته شد. در این تحقیق برای ارزیابی دقت پارامترهای آماری ضریب کاپا و دقت کلی برای هر یک از نقشه‌ها محاسبه شد. در نهایت، نقشه طبقه‌بندی‌شده وارد نرم‌افزار Fragstats شد و ۱۲ سنجه TA, LPI, NP, MPS, AWMSI, AWMPFD, MPAR, AI, ENN, PLADJ, COHESION, PROXIM در دو سطح طبقه و سیمای سرزمین برای شهرهای مورد مطالعه محاسبه شد.

سه سنجه AWMPFD, AWMSI, MPAR برای بعد پیچیدگی و سنجه‌های COHESION, AI, PLADJ, NP, PROXIM برای بعد فشردگی، و دو سنجه ENN, MPS نیز برای بعد مرکزیت به‌کار گرفته شد. سنجه‌های TA و LPI نیز برای بررسی روند تغییرات گسترده مناطق شهری به‌کار گرفته شد. NP، نشان‌دهنده تعداد لکه‌های شهری تعیین‌شده در شهر است که به فشردگی اشاره می‌کند و به‌عنوان ورودی برای محاسبه سایر سنجه‌ها کاربرد دارد (Schwarz, 2010, p.32). سنجه TA مجموع مساحت شهری لکه‌ها است که نشان‌دهنده روند پراکندگی و گسترش در یک منطقه شهر است. LPI شاخص بزرگترین لکه در سیمای سرزمین است. در واقع، مساحت بزرگترین لکه از لکه‌های مشخص‌شده تقسیم بر کل مساحت سیمای سرزمین است (McGarigal, 1995, p.141). AWMPFD، میزان بی‌نظمی مرزهای شهری را نشان می‌دهد. ارزش نزدیک به ۱ برای شکل‌هایی با محیط ساده و نزدیک به ۲ برای تفسیر اشکال پیچیده‌تر استفاده می‌شود (Huang et al., 2007, p.184). PLADJ یکی از شاخص‌های انبوهی لکه است که نشان‌دهنده مقدار فشردگی شهری است. COHESION شاخص پیوستگی لکه است که ارتباط فیزیکی لکه‌های شهری را اندازه‌گیری می‌کند.

جدول ۲. فرمول‌های محاسباتی سنجه‌های مورد استفاده در این مطالعه

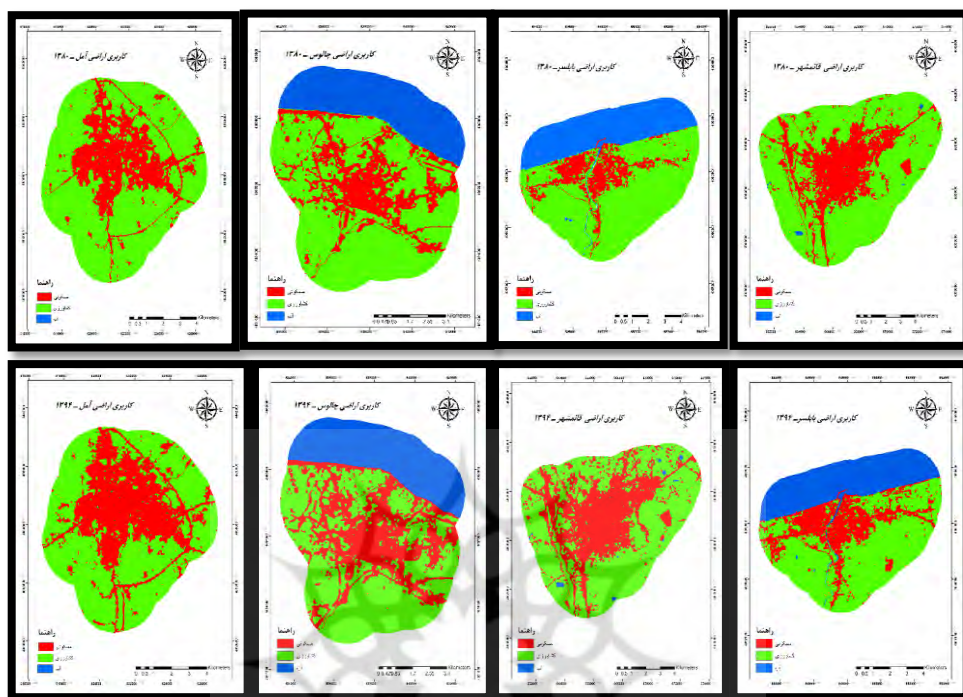
سنجه	مخفف	فرمول محاسباتی	واحد	محدوده تغییرات
Total area	TA	$TA = A \left( \frac{1}{10000} \right)$	هکتار	$TA > 0$
Number of patches	NP	$NP = N$	واحد ندارد	$NP \geq 1$

ادامه جدول ۲. فرمول‌های محاسباتی سنج‌های مورد استفاده در این مطالعه

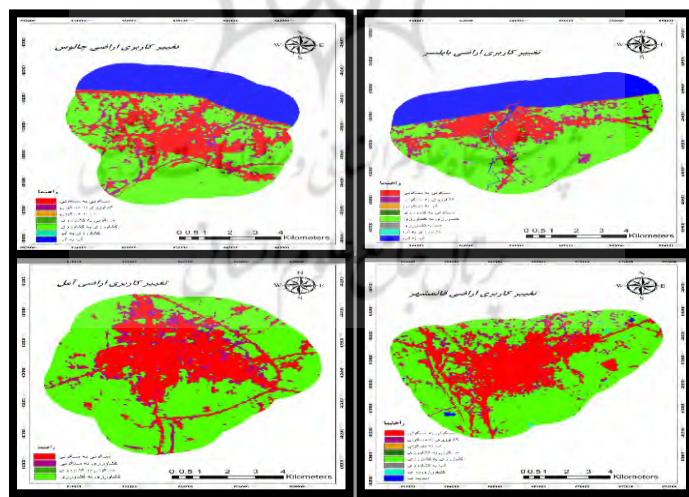
سنج	مخفف	فرمول محاسباتی	واحد	محدوده تغییرات
Mean patch size	MPS	$MPS = \frac{A}{N} \left( \frac{1}{1, \dots, 1} \right)$	هکتار	$MPS > 0$
Largest patch index	LPI	$LPI = \frac{\max_{j=1}^n (a_{ij})}{A} (100)$	درصد	$0 < LPI < 100$
Area weighted mean shape index	AWMSI	$AWMSI = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[ \left( \frac{p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right) \left( \frac{a_{ij}}{A} \right) \right]$	واحد ندارد	$AWMSI \geq 1$
Mean perimeter area ratio	MPAR	$MPAR - MN = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (p_{ij}/a_{ij})}{mn}$	واحد ندارد	$MPAR > 0$
Area-weighted mean patch fractal dimension	AWMPFD	$AWMPFD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[ \left( \frac{\sqrt{\ln(p_{ij})}}{\ln a_{ij}} \right) \left( \frac{a_{ij}}{A} \right) \right]$	واحد ندارد	$1 \leq AWMPFD \leq 2$
Aggregation index	AI	$AI = \frac{g_{ii}}{\max(g_{ii})} (100)$	درصد	$0 \leq AI \leq 100$
Euclidian Mean Nearest Neighbor Distance	ENN	$ENN = h_{ij}$	متر	$ENN > 0$
Percentage of like adjacencies	PLADJ	$PLADJ = \frac{\sum_{i=1}^m g_{ii}}{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n g_{ik}} (100)$	درصد	$0 < PLADJ < 100$
Patch cohesion index	COHESION	$COHESION = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij}^*}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} \sqrt{a_{ij}^*}} \right] \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right]^{-1} (100)$	درصد	$0 \leq COHESION \leq 100$
Proximity index	PROXIM	$PROXIM = \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}}$	واحد ندارد	$PROXIM > 0$

### یافته‌های پژوهش

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و طبقه‌بندی تصاویر سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴ برای چهار شهر آمل، قائمشهر، بابلسر و چالوس، به روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با روش حداکثر احتمال در محیط ERDAS IMAGINE 2014 انجام گرفت. این طبقه‌بندی در سه طبقه اصلی مسکونی، کشاورزی و ساحلی بررسی شد. نقشه کاربری اراضی و تغییر کاربری برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴ در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲. نقشه کاربری اراضی چهار شهر آمل، قائمشهر، چالوس، بابلسر، برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴



شکل ۳. نقشه تغییرات کاربری زمین چهار شهر آمل، قائمشهر، چالوس و بابلسر بین سال ۱۳۸۰-۱۳۹۴

در این مطالعه ماتریس خطا برای صحت طبقه‌بندی و تشخیص خطا به کار گرفته شد که برای دو دوره در جدول ۳ خلاصه شده است (Foody, 2002, p.189). همچنین، تغییر در مساحت طبقات تغییر کاربری در جدول ۴ بیان شده است.

جدول ۳. ارزیابی صحت طبقه‌بندی

شهر	سال	
	۱۳۸۰	۱۳۹۴
آمل	صحت کلی ۰٫۹۵ ضریب کاپا ۰٫۹۱	صحت کلی ۰٫۹۹ ضریب کاپا ۰٫۹۸
قائم‌شهر	صحت کلی ۰٫۹۵ ضریب کاپا ۰٫۹۰	صحت کلی ۰٫۹۵ ضریب کاپا ۰٫۹۰
چالوس	صحت کلی ۰٫۹۷ ضریب کاپا ۰٫۹۴	صحت کلی ۰٫۹۵ ضریب کاپا ۰٫۹۱
بابل‌سر	صحت کلی ۰٫۹۵ ضریب کاپا ۰٫۹۱	صحت کلی ۰٫۹۳ ضریب کاپا ۰٫۸۸

جدول ۴. مساحت تغییر کاربری‌های بین سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۴

آمل	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
مسکونی به مسکونی	۲۰۲۲٫۱	۲۶٫۹
کشاورزی به مسکونی	۷۹۲٫۱	۱۰٫۵
مسکونی به کشاورزی	۶۸٫۷	۰٫۹
کشاورزی به کشاورزی	۴۶۲۵٫۱	۶۱٫۶
جمع کل	۷۵۰۸٫۷	۱۰۰
قائم‌شهر	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
مسکونی به مسکونی	۲۵۳۷٫۱	۱۷٫۵
کشاورزی به مسکونی	۸۸۹٫۳	۹٫۶
آب به مسکونی	۳٫۳	۰٫۰۳
مسکونی به کشاورزی	۶۸٫۵	۰٫۷
کشاورزی به کشاورزی	۵۶۶۹٫۱	۶۱٫۵
آب به کشاورزی	۲٫۳	۰٫۰۲
کشاورزی به آب	۲۶٫۳	۰٫۲
آب به آب	۲۱٫۱	۰٫۲
جمع کل	۹۲۱۷٫۴	۱۰۰

جدول ۴. مساحت تغییر کاربری‌های بین سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۴

مساحت به درصد	مساحت به هکتار	چالوس
۲۰٫۱	۱۴۵۶٫۴	مسکونی به مسکونی
۹٫۱	۶۶۱٫۹	کشاورزی به مسکونی
۰٫۹	۶۶٫۴	مسکونی به کشاورزی
۴۵٫۱	۳۲۱۷٫۱	کشاورزی به کشاورزی
۰٫۰۴	۲٫۹	آب به مسکونی
۰٫۷	۱۱٫۸	کشاورزی به آب
۲۴٫۴	۱۷۷۳٫۵	آب به آب
۱۰۰	۷۲۴۴٫۳	جمع کل
مساحت به درصد	مساحت به هکتار	بابلسر
۱۲٫۶	۸۵۷٫۸	مسکونی به مسکونی
۸٫۴	۵۷۳٫۸	کشاورزی به مسکونی
۰٫۰۹	۶٫۲	آب به مسکونی
۰٫۸	۶۰٫۲	مسکونی به کشاورزی
۴۸٫۲	۳۲۶۵٫۸	کشاورزی به کشاورزی
۰٫۱	۷٫۱	آب به کشاورزی
۰٫۲	۱۶٫۱	کشاورزی به آب
۲۹٫۳	۱۹۸۸٫۲	آب به آب
۱۰۰	۶۷۷۵٫۳	جمع کل

مطابق با نتایج نقشه کاربری اراضی، در چهار شهر استان مازندران میان سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴ افزایش مساحت در طبقه مسکونی و کاهش در طبقه کشاورزی مشاهده می‌شود. جدول ۴ به‌خوبی نشان می‌دهد تغییر کاربری از کشاورزی به مسکونی به‌ترتیب، در شهرهای آمل، قائمشهر، چالوس و بابلسر ۱۰، ۹، ۹ و ۸ درصد افزایش یافته است. همچنین، در این مطالعه برای تحلیل تغییرات، ۱۲ سنجه TA، LPI، NP، MPS، AWMSI، AWMPFD، MPAR، AI، ENN، PLADJ، COHESION، PROXIM به‌علت توانایی آن‌ها در تفسیر ترکیب و توزیع فضایی عناصر ساختاری در سیمای سرزمین به‌کار گرفته شد، نتایج در جدول‌های ۵ و ۶ بیان شده است.

جدول ۵. سنجش‌های به‌دست‌آمده در سطح طبقات برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴

شهر	طبقات	CA	NP	LPI	AREA_MIN	SHAPE_AM	FRAC_AM	PARA_MIN	PROX_MIN	ENN_MIN	PLADI	COHESION	AI
آمل-۸۰	طبقه مسکونی	۲۰۹۱,۲	۲۰۴	۱۷,۳	۱۰,۳	۸,۲	۱,۳	۸۶۰,۳	۹۱۹,۴	۱۱۲,۴	۹۰,۹	۹۹,۲	۹۱,۴
	طبقه کشاورزی	۵۴۱۶,۳	۱۳۴	۲۷,۵	۴۰,۴	۳,۹	۱,۲	۶۸۵,۴	۱۸۹۴,۱	۱۰۳,۲	۹۶	۹۹,۲	۹۶,۴
آمل-۹۴	طبقه مسکونی	۲۸۱۴,۴	۱۵۷	۲۳,۵	۱۷,۹	۸,۳	۱,۳	۷۵۴,۷	۱۶۲۳,۳	۱۲۱,۹	۹۲,۳	۹۹,۴	۹۲,۹
	طبقه کشاورزی	۴۶۹۲,۳	۱۷۱	۱۸,۸	۲۷,۴	۴,۱	۱,۲	۸۲۱,۱	۱۱۵۱,۹	۱۱۱,۸	۹۴,۹	۹۹,۱	۹۵,۳
قائم‌شهر-۸۰	طبقه کشاورزی	۶۵۸۳,۴	۱۵۴	۲۱,۳	۴۲,۷	۴,۱	۱,۲	۷۸۵,۳	۱۵۰۷,۱	۹۳,۷	۹۵,۷	۹۹,۲	۹۶,۱
	طبقه مسکونی	۲۶۰۶,۱	۳۰۳	۱۶,۵	۸,۶	۸,۹	۱,۲	۸۴۹,۳	۱۴۲۰,۴	۱۰۵,۹	۹۰,۵	۹۹,۲	۹۱,۱
	طبقه آب	۲۶,۷	۱۲	۰,۱	۲,۲	۱,۲	۱,۱	۵۴۵,۲	۰,۶	۶۴۶,۴	۸۰,۵	۸۴,۴	۸۵,۵
قائم‌شهر-۹۴	طبقه کشاورزی	۵۷۳۶,۴	۲۳۰	۱۹,۹	۲۴,۹	۵,۴	۱,۲	۸۱۴	۱۱۱۰,۷	۹۰,۸	۹۳,۸	۹۹,۱	۹۴,۲
	طبقه مسکونی	۳۴۲۹,۳	۳۷۵	۲۱,۴	۹,۲	۹,۵	۱,۲	۷۷۶,۳	۱۵۶۷,۵	۹۸,۱	۹۰,۶	۹۹,۳	۹۱,۱
	طبقه آب	۴۸,۴	۱۷	۰,۲	۲,۸	۱,۲	۱,۱	۴۷۶	۰,۷	۸۱۱,۱	۸۱,۵	۸۵,۴	۸۵,۲
چالوس-۸۰	طبقه آب	۱۷۷۶,۵	۱	۱۸,۹	۱۷۷۶,۵	۱,۶	۱,۱	۱۵,۲	۰	N/A	۹۸,۹	۹۹,۶	۹۹,۶
	طبقه کشاورزی	۳۹۴۳,۹	۱۴۹	۲۹	۲۶,۴	۵,۲	۱,۲	۸۲۶,۷	۲۰۶۴,۱	۷۶,۶	۹۴,۵	۹۹,۳	۹۵
	طبقه مسکونی	۱۵۲۳,۱	۱۹۳	۱۲,۹	۷,۹	۹,۹	۱,۳	۸۳۳,۱	۹۳۸,۱	۷۸,۸	۸۶,۹	۹۹	۸۷,۶
چالوس-۹۴	طبقه آب	۱۷۹۰,۹	۱	۱۹,۱	۱۷۹۰,۹	۱,۶	۱,۱	۱۴,۹	۰	N/A	۹۸,۹	۹۹,۶	۹۹,۵
	طبقه کشاورزی	۳۳۳۶,۳	۱۵۰	۲۱,۴	۲۲,۲	۴,۸	۱,۲	۷۰۹,۳	۱۱۴۹,۲	۸۱,۲	۹۳	۹۸,۴	۹۳,۵
	طبقه مسکونی	۲۱۱۶,۵	۱۶۵	۲۰,۱	۱۲,۸	۱۱,۶	۱,۳	۷۹۹,۶	۱۴۴۰,۱	۹۹,۱	۸۹,۱	۹۹,۴	۸۹,۷

ادامهٔ جدول ۵. سنجه‌های به‌دست‌آمده در سطح طبقات برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴

شهر	طبقات	CA	NP	LPI	AREA_MN	SHAPE_AM	FRAC_AM	PARA_MN	PROX_MN	ENN_MN	PLADJ	COHESION	AI
بابلسر-۸۰	طبقهٔ آب	۲۰۰۱٫۶	۷۹	۲۰٫۴	۲۵٫۳	۲٫۱	۱٫۱	۱۰۵۵٫۶	۳۸۵٫۴	۵۲٫۳	۹۸٫۱	۹۹٫۳	۹۸٫۷
	طبقهٔ مسکونی	۹۱۸٫۱	۲۰٫۶	۴٫۲	۴٫۴	۵٫۳	۱٫۲	۹۰۰٫۳	۱۸۳٫۴	۹۴٫۸	۸۴٫۴	۹۷٫۴	۸۵٫۳
	طبقهٔ کشاورزی	۳۸۵۲٫۷	۱۳۳	۳۳٫۹	۲۸٫۹	۴٫۶	۱٫۲	۸۴۰٫۸	۳۵۸۳٫۱	۶۷٫۵	۹۵٫۶	۹۹٫۳	۹۶٫۱
بابلسر-۹۴	طبقهٔ آب	۲۰۰۸٫۲	۶۶	۲۰٫۵	۳۰٫۴	۲٫۱	۱٫۱	۱۰۲۶٫۱	۳۷۹٫۲	۸۷٫۹	۹۸٫۱	۹۹٫۴	۹۸٫۷
	طبقهٔ مسکونی	۱۴۳۵٫۹	۱۸۲	۷٫۵	۷٫۹	۶٫۷	۱٫۳	۸۱۹٫۴	۵۶۷٫۱	۱۰۲٫۵	۸۷٫۶	۹۸٫۵	۸۸٫۳۷
	طبقهٔ کشاورزی	۳۳۲۹٫۵	۱۹۸	۱۶٫۴	۱۶٫۸	۳٫۹	۱٫۲	۹۱۱٫۱	۹۶۰٫۶	۷۶٫۲	۹۴٫۳	۹۸٫۹	۹۴٫۸

جدول ۶. سنجه‌های به‌دست‌آمده در سطح سیمای سرزمین برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴

شهر	TA	NP	LPI	AREA_MN	SHAPE_AM	FRAC_AM	PARA_MN	PROX_MN	ENN_MN	PLADJ	COHESION	AI
آمل-۸۰	۷۵۰۷٫۴	۳۳۸	۳۸٫۸	۲۲٫۲	۵٫۱	۱٫۲	۷۹۰٫۹	۱۱۳۰٫۳	۱۰۸٫۷	۹۴٫۶	۹۹٫۳	۹۵٫۱
آمل-۹۴	۷۵۰۶٫۶	۳۲۸	۳۳٫۲	۲۲٫۹	۵٫۶	۱٫۲	۷۸۹٫۳	۱۳۷۷٫۳	۱۱۶٫۵	۹۳٫۹	۹۹٫۳	۹۴٫۴
قائم‌شهر-۸۰	۹۲۱۶٫۲	۴۶۹	۳۱٫۲	۱۹٫۷	۵٫۴	۱٫۲	۸۲۰٫۸	۱۴۱۲٫۵	۱۱۵٫۷	۹۴٫۲	۹۹٫۲	۹۴٫۶
قائم‌شهر-۹۴	۹۲۱۶٫۱	۶۲۲	۳۱٫۳	۱۴٫۸	۶٫۹	۱٫۲	۷۸۲٫۱	۱۳۵۵٫۸	۱۱۴٫۹	۹۲٫۵	۹۹٫۲	۹۳
چالوس-۸۰	۷۲۴۳٫۶	۳۴۳	۳۷٫۵	۲۱٫۱	۵٫۳	۱٫۲	۸۲۷٫۹	۱۴۲۴٫۵	۷۷٫۸	۹۴	۹۹٫۲	۹۴٫۶
چالوس-۹۴	۷۲۴۳٫۷	۳۱۶	۲۷٫۸	۲۲٫۹	۶٫۱	۱٫۲	۷۵۴٫۳	۱۲۹۷٫۴	۹۰٫۵	۹۳٫۳	۹۹٫۳	۹۳٫۹
بابلسر-۸۰	۶۷۷۲٫۴	۴۱۸	۴۸٫۶	۱۶٫۲	۳٫۳	۱٫۱	۹۱۰٫۷	۱۳۰۳٫۳	۷۸٫۱	۹۴٫۸	۹۹٫۱	۹۵٫۴
بابلسر-۹۴	۶۷۷۳٫۶	۴۴۶	۲۹٫۳	۱۵٫۲	۴	۱٫۱	۸۹۰٫۶	۷۱۴٫۱	۸۸٫۵	۹۴	۹۹٫۸	۹۴٫۶

مطابق با پارامترهای به‌دست‌آمده از نرم‌افزار Fragstats، می‌توان استنباط کرد میزان ارزش CA همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، برای طبقهٔ مسکونی برای چهار شهر مورد مطالعه

افزایش، و برای طبقه کشاورزی روند نزولی داشته است و از آنجا که CA یکی از گویاترین سنجها برای نشان دادن ترکیب سیمای سرزمین است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲، ص ۴۴)، بیان می کند چه مقدار از سیمای سرزمین توسط یک طبقه اشغال شده است که هر چه به سمت صفر میل کند، به این معنا است که طبقه مربوطه به طور فزاینده در سطح سیمای سرزمین نایاب است که در این مطالعه کاهش ارزش CA برای طبقه کشاورزی به دلیل گسترش مناطق شهری و افزایش روند شهرنشینی است. سنجه NP از عوامل بسیار مهم در برنامه ریزی سیمای سرزمین به شمار می رود که در مطالعه حاضر برای طبقه مسکونی برای سه شهر آمل، چالوس و بابلسر کاهش یافته است، اما برای قائمشهر تعداد لکه ها روند افزایشی داشته است. همچنین، میزان این سنجه برای طبقه کشاورزی برای چهار شهر یادشده افزایش می یابد، که NP زیاد نشان دهنده پدیده خردشدگی، کاهش پیوستگی و وجود اختلال در سرزمین است (آرخی، ۱۳۹۴، ص ۶۶). افزایش NP در طبقه کشاورزی بیان می کند چگونه گسترش شهری به تکه تکه شدن لکه های بزرگ کشاورزی به لکه های کوچکتر منجر شده که این مسئله به ساختار ریزدانه ای در منطقه منجر می شود. شاخص AREA\_MN برای طبقه مسکونی افزایش و برای طبقه کشاورزی کاهش یافته است. افزایش تعداد لکه ها (NP) و کاهش میانگین مساحت (AREA\_MN) دو شاخص مهم تجزیه بوده و نشان دهنده روند تخریب و تجزیه سیمای سرزمین به صورت افزایشی بوده است. LPI بیان کننده میزان غلبه طبقه و نشان دهنده تغییر پوشش غالب در منطقه است که در این مطالعه افزایش میزان این سنجه برای طبقه مسکونی، و کاهش برای طبقه کشاورزی مشاهده می شود. کاهش شاخص بزرگترین لکه نشان دهنده تخریب یکپارچگی پوشش اراضی است که در اینجا کاهش این سنجه نشان دهنده تخریب در طبقه کشاورزی به دلیل افزایش شهرنشینی است. در نهایت، می توان نتیجه گرفت علت این گونه تغییرات می تواند افزایش قیمت اراضی، تمایل به فروش زمین های کشاورزی به افراد غیربومی، افزایش شدت ساخت ویلا و شهرک های مسکونی، مهاجرت روستاییان به شهرها، رهاشدن زمین های کشاورزی و رشد صنعتی باشد. همچنین، سه سنجه SHAPE\_AM، FRAC\_AM، PARA\_MN معرف درجه بی نظمی و پیچیدگی شکل است و یک اندازه گیری ساده از پیچیدگی ارائه می دهند (McGarigal et al., 2012; Huang et al., 2007, p.186). هر چه FRAC\_AM به سمت عدد ۲ میل



کند، درجه بی‌نظمی افزایش می‌یابد؛ در این مطالعه تغییر محسوسی برای این سنجه در چهار شهر مورد مطالعه وجود ندارد. اما میزان سنجه PARA\_MN برای کاربری مسکونی در همه شهرهای مورد مطالعه روند کاهشی داشته، اما برای طبقه کشاورزی جز شهر چالوس برای سایر شهرها افزایش یافته است که این نشان‌دهنده رشد با برنامه‌تر چالوس نسبت به دیگر شهرهاست. از آنجا که افزایش سنجه PARA\_MN نشان‌دهنده افزایش لبه لکه‌ها و گوشه‌دار شدن آن‌ها می‌شود. در نتیجه، افزایش آن سبب آسیب‌پذیرتر شدن لکه می‌شود. در مطالعه حاضر کاهش این سنجه برای طبقه کشاورزی گویای این امر است. سنجه‌های AI، COHESION، PLADJ، PROX\_MN برای نشان‌دادن بعد فشردگی به‌کار می‌روند. شاخص‌های فشردگی علاوه بر اینکه شکل لکه را اندازه‌گیری می‌کنند، میزان پراکندگی و چندپارگی شکل سیمای سرزمین را هم نشان می‌دهند (Li et al., 2004, p.352). مقدار PROX\_MN طی دوره مطالعاتی برای طبقه مسکونی افزایش یافته و نشان‌دهنده این افزایش در طبقه کشاورزی برای شهر بابلسر است. اما برای سه شهر آمل، قائمشهر و چالوس کاهش مقدار آن نشان‌دهنده کمتر شدن میزان یکنواختی ساختار سیمای سرزمین است (Komaki & Arekhi, 2015, p.132). روند افزایشی سنجه‌های AI و PLADJ هم برای طبقه مسکونی و روند کاهشی آن برای طبقه کشاورزی روی داده است که افزایش این سنجه‌ها می‌تواند به دلیل افزایش توسعه شهری در قسمت‌های میانی شهر است. شاخص ENN\_MN یکی از شاخص‌های مرکزیت محسوب می‌شود و بیان‌کننده میانگین فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه است، برای شناسایی توزیع مکانی لکه‌ها در یک کاربری بسیار مفید است. میزان آن برای سه شهر آمل، چالوس و بابلسر برای هر دو طبقه مسکونی و کشاورزی افزایش یافته، اما برای شهر قائمشهر کاهش یافته است که نشان‌دهنده مرکزیت بالا در شهر قائمشهر به دلیل ساختار منسجم‌تر آن است، زیرا افزایش این سنجه نشان‌دهنده فاصله زیاد میان لکه‌های هم‌نوع است که می‌تواند نشان‌دهنده ازهم‌گسیختگی سیمای سرزمین باشد.

طبق نتایج در سطح سیمای سرزمین، تعداد لکه‌ها در دو شهر آمل و چالوس کاهش می‌یابد و این مبین بالابودن پیوستگی بین لکه‌ها در این دو شهر است، در صورتی که در دو شهر قائمشهر و بابلسر روند افزایشی در تعداد لکه‌ها مشاهده می‌شود و این امر گویای وجود ساختار چندپارگی

در دو شهر قائمشهر و بابلسر است، که به نوعی نشان‌دهنده تجزیه و کاهش پیوستگی در سیمای سرزمین است. برای شاخص LPI کاهش میزان این سنجه برای سه شهر آمل، بابلسر و چالوس مشاهده می‌شود، اما میزان این سنجه برای شهر قائمشهر افزایش یافته و این بیان‌کننده افزایش میزان مساحت کاربری غالب در شهر قائمشهر است، زیرا کاربری غالب در محدوده مطالعاتی قائمشهر مسکونی است. کاهش شاخص مهم تجزیه، یعنی AREA\_MN برای دو شهر قائمشهر و بابلسر بیان‌کننده روند تخریب و تجزیه سیمای سرزمین افزایشی بوده است. AWMPFD یکی از شاخص‌های مهم پیچیدگی است که تغییر محسوسی در مقدار آن برای چهار شهر مورد مطالعه دیده نشده است. همچنین، تغییر ناچیزی هم برای شاخص PARA\_MN مشاهده شده است. در صورتی که بررسی نتایج AWMSI روند افزایشی برای سه شهر مورد بررسی به غیر از بابلسر را نشان داد که بیان‌کننده گرایش این سه شهر به سوی بی‌نظمی است. سنجه فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه که نشان‌دهنده فاصله از نزدیک‌ترین لکه هم‌نوع از یک طبقه براساس متر است، برای شهرهای آمل، چالوس و بابلسر افزایش یافته، اما برای شهر قائمشهر تغییر زیادی نداشته است. این سنجه نشان‌دهنده ارتباط نسبی میان لکه‌ها دارد و بیان‌کننده فرایند ازهم‌گسیختگی است. دو شاخص PLADJ و AI که بیان‌کننده میزان فشردگی است برای چهار شهر به میزان کمی کاهش یافته است. در صورتی که میزان PROX\_MN فقط برای شهر آمل افزایش یافته است.

### نتیجه و پیشنهاد

از آنجا که رشد بی‌رویه شهرنشینی و افزایش جمعیت شهرنشین لزوم توجه به مسائل شهری را برای برنامه‌ریزان و دست‌اندرکاران امور شهری ناگزیر کرده است (Newman & Kenworthy, 1992, p.358)، مدیریت خوب سیستم‌های شهری نیاز به درک درستی از ماهیت اجزای سیمای سرزمین دارد (Breuste, 2009)، زیرا توزیع نامناسب کاربری شهری می‌تواند ناپایداری‌های محیط زیستی زیادی را در شهرها پدید آورد. پژوهش حاضر، با هدف کمی‌سازی سه بعد فشردگی، پیچیدگی و مرکزیت شکل شهر با به‌کارگیری سنجه‌های سیمای سرزمین در شهرهای ساحلی و

غیرساحلی استان مازندران انجام گرفت. براساس نتایج و تحلیل‌ها، سنجه AWMPFD تغییری محسوسی در مقدار آن برای هر چهار شهر مورد مطالعه دیده نشد. میزان ارزش شاخص PLADJ و AI که بیان‌کننده فشردگی است. برای چهار شهر به میزان کمی کاهش یافته است که این کاهش می‌تواند به دلیل گسترش مناطق مسکونی در حاشیه‌های شهر و تبدیل اراضی ارزشمند کشاورزی به ویلاسازی و ساخت شهرک‌های مسکونی باشد. از آنجا که مناطق درون شهر قائمشهر متراکم‌تر و منسجم‌تر است، کاهش سنجه ENN-MN فقط برای قائمشهر وجود دارد و این نشان‌دهنده مرکزیت بالاتر این شهر نسبت به سایر شهرها است. در ضمن مطابق با نتایج، تفاوت بارزی بین توسعه شهرهای ساحلی و غیرساحلی از جنبه فشردگی و پیچیدگی مشاهده نشد. نتایج حاضر می‌تواند به عنوان راهکاری مناسب برای بررسی روند تغییرات پوشش سرزمین در استان مازندران و نقشه راهی برای تدوین برنامه‌های بلندمدت به کار گرفته شود. پیشنهاد می‌شود مدل‌سازی توسعه شهرهای استان‌های شمالی کشور بر مبنای تعریف سناریوهای مختلف توسعه انجام گیرد و نتایج آن برای تصمیم‌گیری مناسب‌تر در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی توسعه شهر به کار گرفته شود.

## منابع و مأخذ

۱. آرخی، صالح (۱۳۹۴). کاربرد سنجه‌های سیمای سرزمین در ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: منطقه بیابانی دهلران). *جغرافیا و توسعه*، شماره ۴۰، صفحات ۶۸-۵۹.
۲. بی‌همتای طوسی، ندا، سفینیان، علیرضا، و فاخران، سیما (۱۳۹۲). بررسی تغییرات پوشش اراضی در منطقه مرکزی اصفهان با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین، *بوم‌شناسی کاربردی*، سال ۲، شماره ۶، صفحات ۸۷-۷۷.
۳. پوراحمد، احمد، محمدپور، صابر، منوچهری میان‌دوآب، ایوب، و خلیلی، احمد (۱۳۹۱). سنجش میزان پراکنش و فشردگی شکل شهرها با استفاده از مدل‌های کمی (مطالعه تطبیقی بین کلان‌شهرهای تهران و سیدنی). *فصل‌نامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران*، دوره جدید، سال ۱۰، شماره ۳۲، صفحات ۷۴-۵۰.
۴. جعفری، حمیدرضا، حمزه، محمد، نصیری، حسین، و رفیعی، یوسف (۱۳۹۰). توسعه مدل شهری مبتنی بر الگوریتم Decision Tree و داده‌کاوی به منظور آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده TM و داده‌های کمکی (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان بویراحمد). *مجله علوم محیطی*، دوره ۸، شماره ۳، صفحات ۲۰-۱.
۵. داداش‌پور، هاشم، و سالاریان، فردیس (۱۳۹۴). تحلیل تأثیر پراکنده‌روی بر تغییر کاربری زمین در منطقه شهری ساری. *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، دوره ۳، شماره ۲، صفحات ۱۶۳-۱۴۵.
۶. دژکام، سید صادق، جباریان امیری، بهمن، و درویش‌صفت، علی اصغر (۱۳۸۱). پایش تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از تحلیل سینوپتیک و تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان رشت). *محیط زیست منابع طبیعی ایران*، دوره ۶۸، شماره ۲، صفحات ۲۳۸-۲۲۵.
۷. زبردست، لعبت، یاوری، احمدرضا، صالحی، اسماعیل، و مخدوم، مجید (۱۳۹۰). بررسی

- تغییرات ساختاری ناشی از جاده در پارک ملی گلستان در فاصله سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۹ با استفاده از سنجه‌های اکولوژی سیمای سرزمین. پژوهش‌های محیط زیست، سال ۲، شماره ۴، صفحات ۱۱-۲۰.
۸. رهنما، محمدرحیم، و روستا، مجتبی (۱۳۹۲). تحلیل تغییر کاربری اراضی و چگونگی حفظ و نگهداری فضای سبز شهر جهرم در راستای توسعه پایدار. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره ۲، صفحات ۱۱۳-۱۲۶.
۹. سازمان برنامه‌ریزی و بودجه (۱۳۶۴). مطالعات طرح آمایش سرزمین جمهوری اسلامی ایران، جلد سوم، بخش جمعیت و جوامع. تهران: دفتر برنامه‌ریزی منطقه‌ای.
۱۰. سالنامه آماری استان مازندران (۱۳۸۲). جمعیت، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان مازندران. فصل دوم، صفحات ۶۶-۶۵.
۱۱. سالنامه آماری استان مازندران (۱۳۹۱). سرزمین و آب و هوا و جمعیت، معاونت برنامه‌ریزی استانداری. فصل‌های اول و دوم، صفحات ۱۳۲-۶۵.
۱۲. کرمی، آرش، و جهانگیر، فقیهی (۱۳۹۰). بررسی کمی سنجه‌های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری اراضی پایدار (مطالعه موردی استان کهگیلویه و بویراحمد). محیط‌شناسی، صفحات ۷۹-۸۸.
۱۳. مثنوی، محمدرضا (۱۳۸۱). توسعه پایدار و پارادایم‌های جدید توسعه شهری، شهر فشرده و شهر گسترده. محیط‌شناسی، شماره ۳۱، صفحات ۹۰-۱۰۲.
۱۴. مخدوم، مجید، درویش‌صفت، علی اصغر، جعفرزاده، هورفر، و مخدوم، عبدالرضا (۱۳۹۲). ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS). تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۱۵. مشیری، سید رحیم، و قماش‌پسند محمدتقی (۱۳۹۱). تحلیلی پیرامون اثرات و پیامدهای تغییر کاربری اراضی کشاورزی در روستاهای بخش مرکزی شهرستان لاهیجان در دهه اخیر. چشم‌انداز جغرافیایی (مطالعات انسانی)، سال ۷، شماره ۲۱، صفحات ۱۳-۱.
۱۶. میرزایی، محسن، ریاحی بختیاری، علیرضا، سلمان ماهینی، عبدالرسول، و غلامعلی‌فرد، مهدی

(۱۳۹۲). بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنجش‌های سیمای

سرزمین بین سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۸۹. *اکولوژی کاربردی*، سال ۲، شماره ۴، صفحات ۵۴-۳۷.

17. Arekhi, S., & Komaki, B. (2015). Detecting and assessing desertification using landscape metrics in GIS environment (case study: Ain-e-khosh Region, Iran). *Environmental Resources Research*, 3(2), 122-138.
18. Botequilha, A., & Ahren, J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable land-scape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59, 65-93.
19. Burel, F., & Baudry, J. (2003). *Landscape ecology concepts, methods and application*. USA: Science Publishers.
20. Deng, J. S., Wang, K., Hong, Y., & Qi, J. G. (2009). Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and Urban Planning*, 92(3-4), 187-198.
21. Doygun, H. (2008). Effects of urban sprawl on agricultural land: a case study of Kahramanmaras, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 158, 471-478.
22. Foody, G. M. (2002). Status of Land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80, 185-201.
23. Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology* New York: Wiley.
24. Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M. R., Wolman, H., Coleman, S., & Freihage, J. (2001). Wrestling sprawl to the ground: Defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate*, 12(4), 681-717.
25. Green, B. (1993). The challenge of landscape conservation: A work plan for IUCN. *Environmental Strategy*, 7, 11-15.
26. Herzog, F., & Lausch, A. (2001). Supplementing land-use statistics with landscape metrics: Some methodological consideration. *Environmental Monitoring and Assessment*, 72(1), 37-45.
27. Holden, E., & Norland, T. (2005). Three challenges for the compact city as a sustainable urban form: Household consumption of energy and transport in eight residential areas in the greater Oslo region. *Urban Studies*, 42(12), 2145-2166.
28. Huang J., Lu X. X., & Sellers J. M. A. (2007). A global comparative analysis of urban form, Applying spatial metrics and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, 82(4), 184-197.
29. Jabareen, Y. R. (2006). Sustainable urban forms: their typologies, models, and concepts. *Planning Education and Research*, 26(1), 38-52.
30. Jensen, J. R. (2005). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*. Third Edition Englewood Cliffs Prentice Hall. P.526.
31. Breuste, J. H. (2009). Structural analysis of urban landscape for landscape management in German cities. *Ecology of cities and towns: A comparative approach*, ed. MJ McDonnell, AK Hahs, and HJ Breuste, 355-379.
32. Kelarestaghi, A., & Jeloudar, Z. J. (2011). Land use/cover change and driving force analyses in parts of Northern Iran Using RS and GIS Techniques. *Arabian Journal of Geosciences*, 4(3-4), 401-411.

33. Lausch, A., & Herzog, F. (2002). Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issue of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators*, 2, 3-15.
34. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2004). *Remote sensing and image interpretation*, Fifth ed., New York: John Wiley & Sons.
35. Li, X., & Yeh, A.G. (2004). Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using Remote Sensing and GIS. *Landscape Urban Planning*, 69, 335° 354.
36. McGarigal, K., & Marks B. J. (1995). FRAGSTATS: *Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Gen. Tech. Rep. PNW-351. US Department of Agriculture Forest Service.
37. McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C., & Ene, E. (2002). FRAGSTATS: *spatial pattern analysis program for categorical maps*. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts Amherst, Available at: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
38. McGarigal, K., Cushman, S. A., & Ene, E. (2012). *Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps*. Computer Software Program Produced By the Authors at the University of Massachusetts, Amherst. FRAGSTATS V4. See <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
39. Newman, P.W.G. and Kenworthy, J.R. (1992) Is there a role for physical planners?. *Journal of the American Planning Association*, 58, pp. 353-362.
40. Rafeq Jabareen, Y. (2006). Sustainable urban forms: Their typologies, models, and concepts. *Planning Education and Research*, 26, 38-52.
41. Richards, J. A., & Jia, X. (2006). *Interpretation of hyperspectral image data*. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, 4th edition, USA, Springer, p 494.
42. Schwarz, N. (2010). Urban form revisited selecting indicators for characterising European cities. *Landscape and Urban Planning*, 96(1), 29-47.
43. Srivastava, S. K., & Gupta, R. D. (2003). Monitoring of changes in land use/ land cover using multi-sensor satellite Data, *6th International Conference on GIS/GPS/RS: Map India*, Jan.28-31, New Delhi, 234-251.
44. UN (2007). World urbanization prospects: The 2005 revision population database. <http://www.un.org/esa/population/publications/WUP2005/2005wup.htm>.
45. Wegener, M. (1994). Operational urban models: state of the art. *The American Planning Association*, 60(1), 17-29.
46. World Urbanization Prospects (2009). *Revision, population division, department of economic and social affairs*. New York: The United Nations Secretariat.