



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هجدهم، شماره‌ی ۶۱  
بهار ۱۳۹۷، صفحات ۲۹۵-۳۱۶

\*مصطفی طالشی<sup>۱</sup>

حسن افراخته<sup>۲</sup>

محمد علی رحیمی پور شیخانی نژاد<sup>۳</sup>

## پایش و شبیه سازی الگوی پوشش زمین در نواحی روستایی شرق گیلان با بهره‌گیری از مدل ترکیبی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۳

### چکیده

یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در ناپایداری سکونتگاه‌های روستایی در دهه‌های اخیر، تحولات ناشی از تغییر کاربری و پوشش زمین است. پایش الگوی پوشش زمین و شبیه‌سازی چگونگی تحولات آتی در طرح‌ریزی مدیریت منابع اکولوژیکی امری ضروری و حیاتی است. البته این موضوع در محیط طبیعی گیلان با توجه به شرایط جنگلی منحصربه‌فرد، در پایداری سکونتگاه‌های روستایی نیز اهمیتی دوچندان دارد. در این پژوهش، تغییرات طبقات پوشش زمین نواحی روستایی در شرق گیلان (آستانه اشرفیه، سیاهکل، لاهیجان و لنگرود) به وسعت ۲۲۶۰ کیلومتر مربع در سه دوره زمانی پایش شده است. با بهره‌گیری از تصاویر TM-۱۹۸۹، ETM-۲۰۰۰ و Landsat8-۲۰۱۵ این پایش مورد پردازش قرار گرفت. بدین ترتیب ماتریس احتمال تغییرات طبقات پوشش‌های شش‌گانه شهری، شالیزار، باغات، منابع آبی، جنگل و فاقد پوشش برای پیش‌بینی تغییرات پوشش در سال (۲۰۳۰) میلادی (۱۴۰۹ شمسی)، مورد توجه قرار گرفت. در شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات پوششی نیز از مدل ترکیبی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار

E-mail: m\_taleshi@pnu.ac.ir

\*۱- گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. (نویسنده مسئول).

۲- گروه جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

۳- دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی روستایی، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور.

۴- این مقاله مستخرج از رساله دکتری دانشگاه پیام نور تهران (مرکز تحصیلات تکمیلی) می باشد.

استفاده شده است. نتایج آشکارسازی تغییرات پوشش زمین در فاصله بین سال‌های (۱۹۸۹) تا (۱۳۶۸ شمسی) تا (۲۰۱۵) (۱۳۹۴ شمسی) نشان می‌دهد که مساحت پوشش‌های شالیزار، جنگل و فاقد پوشش کاهش یافته و مساحت پوشش‌های شهری و باغات افزایش پیدا کرده است. با توجه به روندیابی صورت گرفته؛ در صورتی که در سیاست‌گذاری حفاظت از منابع، اقدامات اساسی صورت نپذیرد، ناپایداری سکونتگاه‌های روستایی تشدید می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی در آینده نیز این موضوع را تایید می‌نماید زیرا ارزیابی‌ها نیز نشان می‌دهد که در سال (۲۰۳۰) (۱۴۰۹ شمسی)، کاهش ۸۰۰۰ هکتاری پوشش شالیزار و افزایش ۵۳۰۰ هکتاری پوشش شهری و ۴۵۰۰ هکتاری پوشش باغات را شاهد خواهیم بود.

**کلید واژه‌ها:** تغییرات پوشش زمین، پیش‌بینی، زنجیره مارکوف، سلولار اتوماتا، مناطق روستایی.

#### مقدمه

مطالعات انجام شده در زمینه تغییرات پوشش زمین را می‌توان در سه موضوع اصلی ذیل خلاصه نمود: تحلیل دینامیکی فرایند، نیروهای محرک و مدل‌های منطقه‌ای و جهانی از تغییرات کاربری/پوشش زمین (Henk and Latesteijn, 1995; Fischer and Sun, 2001; Pijanowski et al, 2002; Gautam et al, 2003; Kline, 2003; Aspinall, 2004; Patma et al, 2004; Erika et al, 2005; Shao et al, 2005; Guan et al, 2008). از سوی دیگر شبیه‌سازی تغییر پوشش زمین نیز می‌تواند در ارزیابی اثرات توسعه، تهیه طرح‌های کاربری زمین و جستجو برای الگوهای بهینه استفاده از زمین به کار رود (Li and Yeh, 2002)، زیرا نتایج شبیه‌سازی یک راهنمای استراتژیک برای برنامه‌ریزی کاربری زمین خواهد بود. شبیه‌سازی پوشش آینده زمین می‌تواند به عنوان یک سیستم هشدار دهنده برای درک اثرات آینده تغییرات کاربری زمین مورد استفاده قرار گیرد (Guan et al, 2011). با توجه به این که محدوده مورد مطالعه، قطب محصولات استراتژیک نظیر برنج، چای، بادام زمینی، بقولات و مرکبات در کشور ایران به شمار می‌رود، استفاده ناپایدار از زمین، تخریب اکوسیستم و بهره‌برداری غیراقتصادی در بخش کشاورزی را به دنبال خواهد داشت. گرچه قوانینی در راستای صیانت از اراضی کشاورزی تدوین گردیده اما در حال حاضر، اراده لازم برای مقابله با پدیده اتلاف زمین وجود ندارد و همواره تخریب محیط‌زیست، گسترش بی‌رویه پوشش شهری، نابودی منابع جنگلی، ضعف طرح‌های توسعه‌ای، آزادی عمل سوداگران، ردپای افراد ذی‌نفع، تصرف و تغییر غیرقانونی کاربری زمین، رهاسازی، تغییر کاربری و تقطیع زمین‌های کشاورزی، بارز و برجسته است. به عبارتی پوشش اکولوژیک زمین، دستخوش تغییرات مداوم غیراکولوژیک می‌باشد. از آنجایی که تغییر پوشش زمین یک شاخص بسیار مهم برای تغییرات اجتماعی و اقتصادی و اکولوژیکی محلی محسوب می‌گردد (Schaldach et al, 2011). لذا در این پژوهش به تحلیل دینامیکی فرآیند تغییر پوشش زمین در شرق استان گیلان به منظور شبیه‌سازی تغییرات آینده پرداخته شد. دستیابی به الگوی تغییر پوشش زمین جز با بررسی تصاویر ماهواره‌ای در دوره‌های زمانی

مشخص میسر نبوده و در غیر این صورت، می‌بایست تنها به نمونه‌ها و شواهد در دسترس اکتفا نمود، در حال حاضر هیچ‌گونه پایگاه داده‌ای، تغییرات پوششی را ثبت نمی‌نماید. لذا در پهنه‌های وسیع، برای دستیابی به پراکندگی، اندازه و شدت تغییرات، به یک محیط یکپارچه بررسی مساله نیاز است؛ محیطی که در آن، امکان بررسی هم زمان و مقایسه تغییرات طبقات مختلف پوشش زمین وجود داشته باشد. تاکنون مطالعات فراوانی در داخل و خارج کشور در زمینه پایش و شبیه‌سازی تغییرات پوشش زمین به انجام رسیده است؛ (Kamusoko et al (2009 در زیمباوه و (Chen & Nuo مطالعه‌ای در دالیان چین داشته‌اند و برای پیش‌بینی مقدار تغییر از زنجیره مارکوف استفاده نمودند. با توجه به این‌که زنجیره مارکوف ابعاد مکانی ندارد با استفاده از سلولار اتوماتا بین مقدار احتمال تغییر و الگوی مکانی پیوند برقرار نمودند.

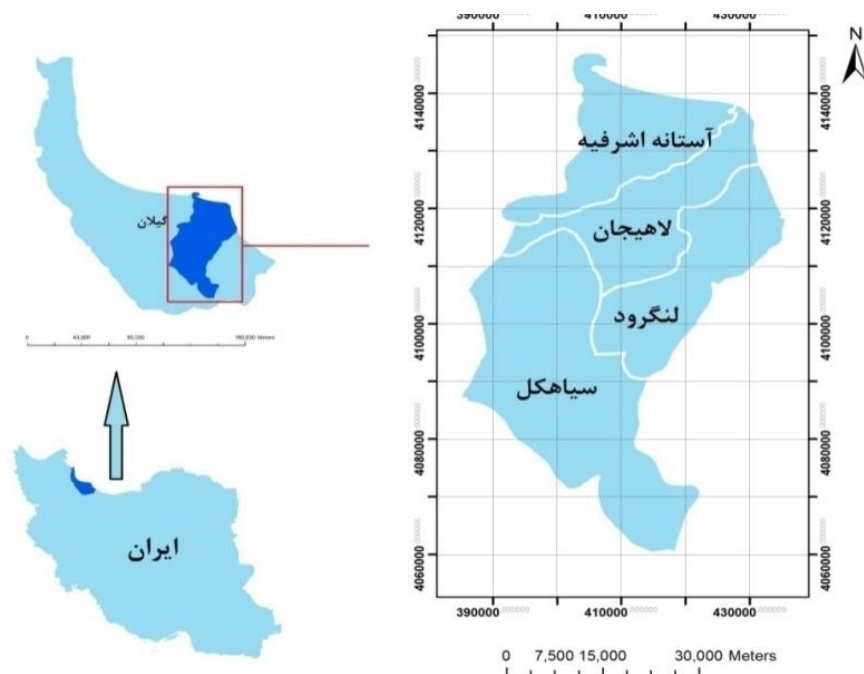
(Mancosu et al (2013 در مطالعه حوضه آبریز دریای سیاه، برای شبیه‌سازی وضعیت آینده، شش طبقه اصلی کاربری زمین شامل: جنگل، مرتع، گندم‌زار و نواحی ساخته شده، زمین‌های بوته‌زار و پوشش گیاهی طبیعی و بی‌ثمر را در نظر گرفتند. (Suzanchi & Kaur (2011 الگوهای فضایی-زمانی از تغییرات پوشش و تغییرات کاربری زمین در دو دهه (۲۰۰۶-۱۹۸۹) را در هند مورد بررسی قرار دادند تا عوامل عمده زیست فیزیکی که تغییرات پوششی زمین را تحت کنترل دارند مورد شناسایی قرار گیرد. این مطالعه نشان داد که برای به‌دست آوردن پاسخ‌های روشن می‌بایست مطالعات در مقیاس پوششی صورت پذیرد و از ورود در مقیاس کاربری‌های خرد اجتناب نمود. (Guan et al (2011 در ژاپن از مدل تلفیقی مارکوف-سلولار اتوماتا برای شبیه‌سازی توزیع فضایی کاربری زمین و پیش‌بینی تغییرات آتی استفاده نمودند. در این مطالعه گونه‌های پوشش زمین در ۶ طبقه زمین کشاورزی، جنگلی، پیکره آبی، زمین ساخته شده، جاده، سایر زمین‌ها (بایر و ساحل) مورد ارزیابی قرار گرفت. (Chakir & Le Gallo (2013 در فرانسه، مطالعات پیش‌بینی تخصیص زمین را در چهار طبقه کشاورزی، جنگل، زمین شهری و سایر کاربری‌ها به انجام رساندند.

(Alimohammadi et al (2010 به بررسی تغییرات سریع کاربری اراضی و پوشش زمین در حومه شهر تهران پرداختند و برای پیش‌بینی تغییرات از مدل زنجیره مارکوف استفاده نمودند. مطالعه‌ای دیگر توسط (Ramezani & Jafari (2015 در اسفراین، با هدف مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی برای سال (۱۴۰۴) انجام شده است، از مدل CA مارکوف و تصاویر ماهواره لندست استفاده نمودند.

(Mir Alizadefard & Alibakhshi (2016 و (Azizi et al (2016, Karimi & Choughi Komaki (2015 برای پایش، ارزیابی، کالیبراسیون و پیش‌بینی روند تغییرات از مدل زنجیره مارکوف استفاده نمودند. هدف از انجام این مطالعه، شناسایی و تبیین روند تغییرات الگوی پوششی زمین و تصویرسازی تغییرات آینده پوشش زمین بود. به سبب تعدد کاربری در پهنه انتخابی، مطالعه در مقیاس خرد، با فرآیند زمان بر و پیچیدگی‌های متعدد مواجه می‌شد. لذا جهت اجتناب از این مسائل، مطالعه حاضر در مقیاس کلان و در سطح پوششی انجام پذیرفت.

معرفی محدوده مورد مطالعه

شهرستان‌های سیاهکل، لنگرود، لاهیجان و آستانه اشرفیه به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. مناطق مذکور در بین مختصات  $x_{min} = 381911$   $y_{min} = 4059762$  و  $x_{max} = 435997$   $y_{max} = 4148165$  در سیستم تصویر جهانی UTM در Zone 39 N قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه

دلیل اصلی انتخاب محدوده مورد مطالعه، وجود تنوع توپوگرافیک شامل: نقاط ساحلی، دشتی، ییلاقی، پای کوهی و کوهستانی در قالب یک محیط طرح مساله بود. در پهنه انتخابی، طبقات پوشش متناسب با ویژگی‌های جغرافیایی و تپ ارتفاعی شامل: طبقات شالیزار، باغات، شهری، منابع آبی، جنگل و فاقد پوشش، قابل تشخیص و تفسیر بود.

- انتخاب تصاویر و ترکیب باندها

در انتخاب تصاویر سعی گردید ماه‌هایی انتخاب شود که در آن ابرناکی حداقل بوده و پوشش گیاهی به حد کمال باشد؛ از این‌رو تصویر ماه July سال (۱۹۸۹) ماهواره Land sat سنجنده TM، تصویر ماه June سال (۲۰۰۰) ماهواره Land sat سنجنده ETM و تصویر ماه June سال (۲۰۱۵) ماهواره Land sat از محدوده، انتخاب گردید. برای پیش پردازش شامل تصحیحات هندسی و رادیو متریکی، از نرم‌افزار Envi5 استفاده گردید. برای ایجاد تصویر رنگی کاذب به منظور پردازش تغییرات طبقات پوششی زمین، به ترتیب باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ در نرم‌افزار Erdas ترکیب گردید.

- طبقه بندی تصاویر

طبقه بندی تصاویر در نرم افزار Ecognition Developer با استفاده از تکنیک شی گرا انجام گرفت. تکنیک شی گرا شامل مراحل سگمنت بندی<sup>۵</sup>، تعیین نمونه های تعلیمی<sup>۶</sup> و طبقه بندی نواحی بود. نقاط تعلیمی برای زمان حال، به صورت میدانی و با استفاده از GPS از طیف های شش گانه برداشت شد و از عکس های هوایی سال (۱۹۸۹) و (۲۰۰۰) نیز برای اخذ نقاط تعلیمی سال های گذشته استفاده شد.

- بررسی دقت تصاویر طبقه بندی شده و به دست آوردن ضریب کاپا در محیط Arc GIS

واقعیت زمینی<sup>۷</sup> یا داده های مرجع با استفاده از GPS، از طیف های شش گانه مطالعه برداشت گردیده و با تصویر طبقه بندی شده مطابقت داده شد. بدین منظور از ضریب کاپا استفاده شده است که جهت تعیین صحت طبقه بندی کاربرد دارد. در واقع با استفاده از این ضریب، محدوده های طبقه بندی شده با واقعیت ها و شواهد زمینی مطابقت داده می شود تا میزان صحت و خطا به دست آید. جهت طبقه بندی تصاویر ماهواره ای دوره های گذشته با عکس های هوایی همان دوره مطابقت داده می شود. در واقع، روش کاپا یکی از ابزارهای مورد استفاده در تصمیم گیری است که به بررسی اندازه توافق و هماهنگی بین دو پدیده که هریک به صورت جداگانه مورد اندازه گیری قرار گرفته اند، می پردازد. ضریب کاپا<sup>۸</sup> همیشه کم تر یا مساوی ۱ است. ارزش ۱ نشان دهنده انطباق کامل بوده و مقادیر کم تر از ۱ نیز به نسبت فاصله از ارزش ۱، فاصله از انطباق کامل را نشان می دهد.

$$KAPA = \frac{P_{observed} - P_{chance}}{1 - P_{chance}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این فرمول،  $P_{observed}$  درصد مشاهده شده از انطباق می باشد.  $P_{chance}$  احتمال انطباق تصادفی است که انتظار می رود. انطباق ضعیف = کم تر از ۰/۲۰، انطباق عادلانه = ۰/۴۰-۰/۲۰، انطباق متوسط = ۰/۶۰-۰/۴۰، انطباق خوب = ۰/۸۰-۰/۶۰، انطباق بسیار خوب = ۱/۰۰-۰/۸۰ می باشد.

- مدل سلولی مارکوف

مدل اتوماتیک سلولی مارکوف یک رویکرد توانمند در مدل سازی فضایی و زمانی پویا از تغییرات پوشش زمین است زیرا؛ به صورت کارآمد در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و داده های سنجش از راه دور گنجانیده می شود (Li and Reynolds, 1997; Silverton et al, 1992) ابزار جغرافیایی مدرن مانند سنجش از دور و GIS قادر به تجزیه و تحلیل تغییرات در الگوهای کاربری/پوشش زمین<sup>۹</sup> و اثرات آن در مقیاس های منطقه ای و جهانی می باشند (Mengistu and

- 
- 5- Segmentation
  - 6- Training Samples
  - 7- Ground reference
  - 8- Kappa coefficient
  - 9- Land use/Land cover

(Salami, 2007). در همین ارتباط پتانسیل مدل اتوماتیک سلولی مارکوف توسط لی و رینولدز (1997) شناخته شده است (Myint and Wang, 2006). مدل زنجیره مارکوف<sup>۱</sup> یک فرآیند تصادفی گسسته است. این زنجیره از متغیرهای تصادفی تشکیل گردیده است. مهم‌ترین ویژگی زنجیره مارکوف، عدم تاثیر و یا خاصیت بی حافظه بودن آن است، به این معنی که وضعیت بعدی تنها وابسته به وضعیت فعلی بوده و به حالت گذشته مربوط نیست. هدف اصلی انجام فرآیند مارکوف، آنالیز احتمال تغییر پوشش و به دست آوردن روند تغییر پوشش زمین در منطقه مورد مطالعه به وسیله ماتریس احتمال انتقال می‌باشد (Chen and Nuo, 2013). در زنجیره مارکوف، تغییرات در یک منطقه به مجموعه‌ای از احتمالات تغییر (مساحت‌های تغییر) از یک حالت به حالت دیگر در طی یک دوره مشخص از زمان خلاصه می‌شود. این احتمالات می‌تواند متعاقبا برای پیش‌بینی وضعیت پوشش زمین در مقاطعی خاص از آینده به کار رود ((Muller and Middleton, 1994).

$$X_{t+1} = M_{ij} \times X_t \quad (i, j = 1, 2, n) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$M_{ij} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$X_t$  و  $X_{t+1}$ ، وضعیت کاربری زمین در زمان‌های  $t$  و  $t+1$ ،  $M_{ij}$  ماتریس احتمال انتقال وضعیت کاربری زمین در زمان‌های متفاوت و  $p_{ij}$  احتمال وضعیت  $i$ ام و وضعیت  $j$ ام می‌باشد.

اثر متقابل در سلولار اتوماتا مکانی است. بر اساس چنین تعاملات مکانی، وضعیت هر سلول خاص را می‌توان به سادگی با وضعیت خودش و سلول‌های اطراف آن تعیین نمود. این کار با توجه به زمان قبلی و مجموعه‌ای از قوانین انتقال انجام می‌گیرد. در فضای دوبعدی، دو نوع همسایگی بنیادی وجود دارد که عبارتند از: همسایگی فان نومان و همسایگی مور. مکانیزم کار زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار به این صورت می‌باشد که از اصل همسایگی یا مجاورت پیروی می‌کند؛ یعنی کاربری‌هایی که در مجاورت هم هستند و به هم نزدیک‌ترند احتمال تغییر شکل به یکدیگر در آن‌ها بیش‌تر است.

$$S(t+1) = f(S(t), N) \quad \text{رابطه (۴)}$$

در فرمول شماره (۴)،  $(t)$  زمان،  $(N)$  همسایگی،  $(f)$  قوانین تبدیل و  $(S)$  وضعیت سلول را نشان می‌دهد.

سلولار اتوماتا از توانایی پیش‌بینی تحولات زمانی-فضایی بالایی برخوردار است. معمولاً از آن در شبیه‌سازی گسترش شهر و پیش‌بینی تغییر پوشش/کاربری زمین استفاده می‌شود. (Chen and Nuo, 2013). همچنین سلولار اتوماتا در شبیه سازی رفتارهای غیرمنتظره‌ای که نمی‌توان توسط معادلات خاص نشان داد بسیار کارآمد می‌باشد (Li and Yeh, 2002).

- پایش و برآورد تغییرات

تغییرات مساحت طبقات پوششی شش‌گانه در فاصله بین سال‌های (۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰) و در فاصله بین سال‌های (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵) با استفاده از ماتریس جدول‌بندی متقاطع به‌دست آمد. بازه زمانی اول پایش تغییرات پوششی، از سال (۱۳۶۸ (۱۹۸۹ م)؛ آغاز برنامه اول توسعه پس از انقلاب اسلامی، فارغ شدن کشور از جنگ تحمیلی و آغاز فصل سازندگی تا سال (۱۳۷۹) (۲۰۰۰ م)؛ آغاز رکود صنعت چای و تحولات عمده کاربری زمین، در نظر گرفته شد و بازه زمانی دوم نیز، از سال (۱۳۷۹) تا سال (۱۳۸۴) (۲۰۱۵ م)؛ زمان انجام مطالعه، تعیین گردید.

- شبیه‌سازی تغییرات

با توجه به محوریت اصل همسایگی و مجاورت در پیش‌بینی به روش مدل سلولی مارکوف، تکنیکی به‌کار گرفته شد تا به قسمت‌های داخلی محدوده‌ها، امتیاز کم‌تر و به مرزهای محدوده‌های پوششی که احتمال تغییرات در آن بیش‌تر است، امتیاز بیش‌تری تعلق گیرد. بدین منظور کلاس‌ها و طبقات پوششی جدا گردید. سپس برای هر طبقه پوششی، فاصله اقلیدسی<sup>۱۱</sup> تعریف شد. در گام بعدی، این فاصله نرمال‌سازی<sup>۱۲</sup> شد. برای نرمال کردن از منطق فازی<sup>۱۳</sup> استفاده گردید و تابع عضویت<sup>۱۴</sup> آن از نوع خطی<sup>۱۵</sup> تعیین گردید. در ادامه، مدل سلولی مارکوف با استفاده از طبقات وزن‌دار نرمال شده در محیط نرم‌افزار IDRISI Selva اجرا شد و شبیه‌سازی با افق ۱۵ ساله برای سال (۲۰۳۰) انجام گردید. به منظور کالیبراسیون<sup>۱۶</sup> مدل، با استفاده از تصاویر سال‌های (۱۹۸۹ و ۲۰۰۰)، شبیه‌سازی<sup>۱۷</sup> سال (۲۰۱۵) انجام پذیرفت و با تصویر واقعی سال (۲۰۱۵) مطابقت داده شد تا میزان دقت پیش‌بینی به‌دست آید. فرآیند انجام مطالعه در (شکل ۲) نمایش داده شده است.

11- Euclidean distance

12- Normalization

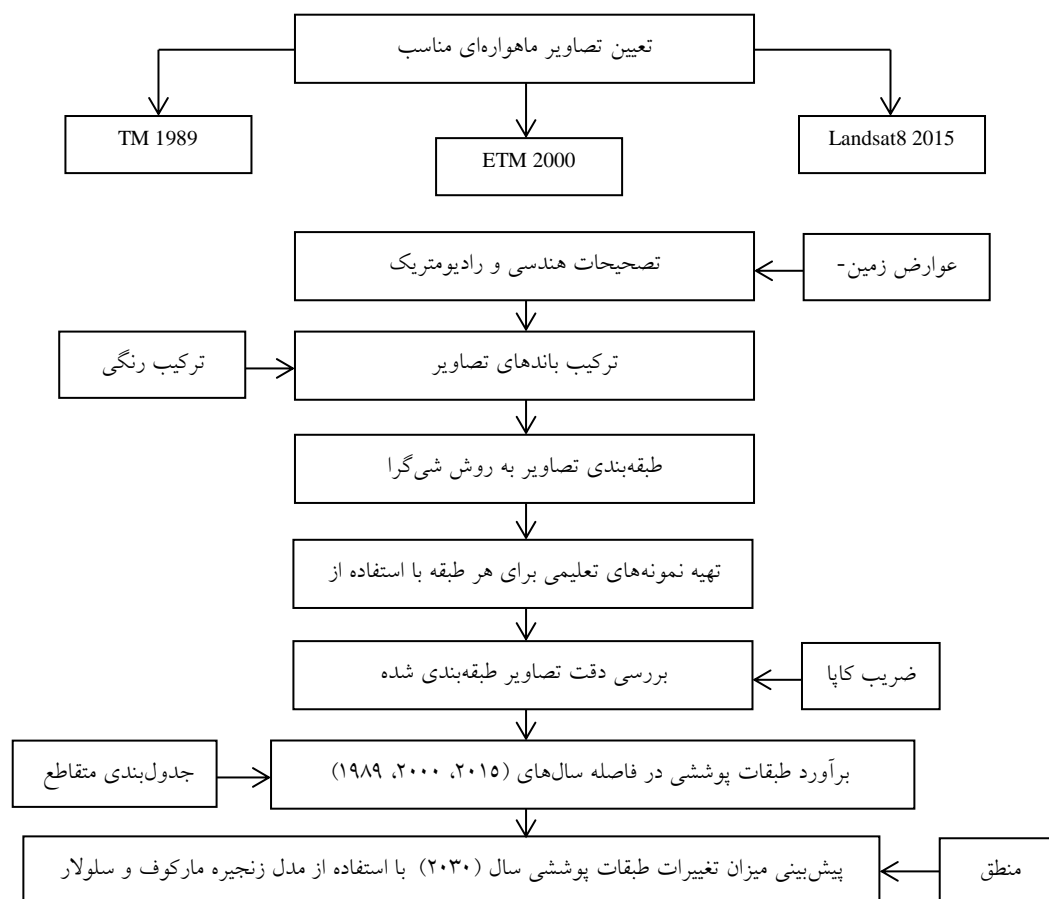
13- Fuzzy Logic

14- Membership Function

15- Linear

16- Calibration

17- Simulation



شکل ۲: مدل فرآیند تحقیق

## یافته‌ها و بحث

یافته‌های این مطالعه بر دو بخش استوار است؛ ابتدا نتایج مربوط به پایش تحولات پوششی زمین و سپس نتایج مربوط به شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش زمین آورده می‌شود.

- برآورد دقت<sup>۱۸</sup> تصاویر طبقه‌بندی شده سال‌های (۱۹۸۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵)

جدول ۱- ضریب کاپا و دقت تصاویر

ردیف	تصویر طبقه‌بندی شده (سال)	ضریب کاپا (درصد)	دقت (درصد)
۱	۱۹۸۹	۰/۸۷	۸۹/۳۶
۲	۲۰۰۰	۰/۸۳	۸۶/۵۲
۳	۲۰۱۵	۰/۹۴	۹۵/۷۴



- برآورد تغییرات

- تغییرات طبقات پوششی در فاصله بین سال‌های (۲۰۰۰-۱۹۸۹)

جدول ۲- جدول بندی مقاطع ۱۹ طبقات تصویر سال (۱۹۸۹) (ستون‌ها) در برابر طبقات تصویر سال (۲۰۰۰) (سطرها) (واحد سلول)

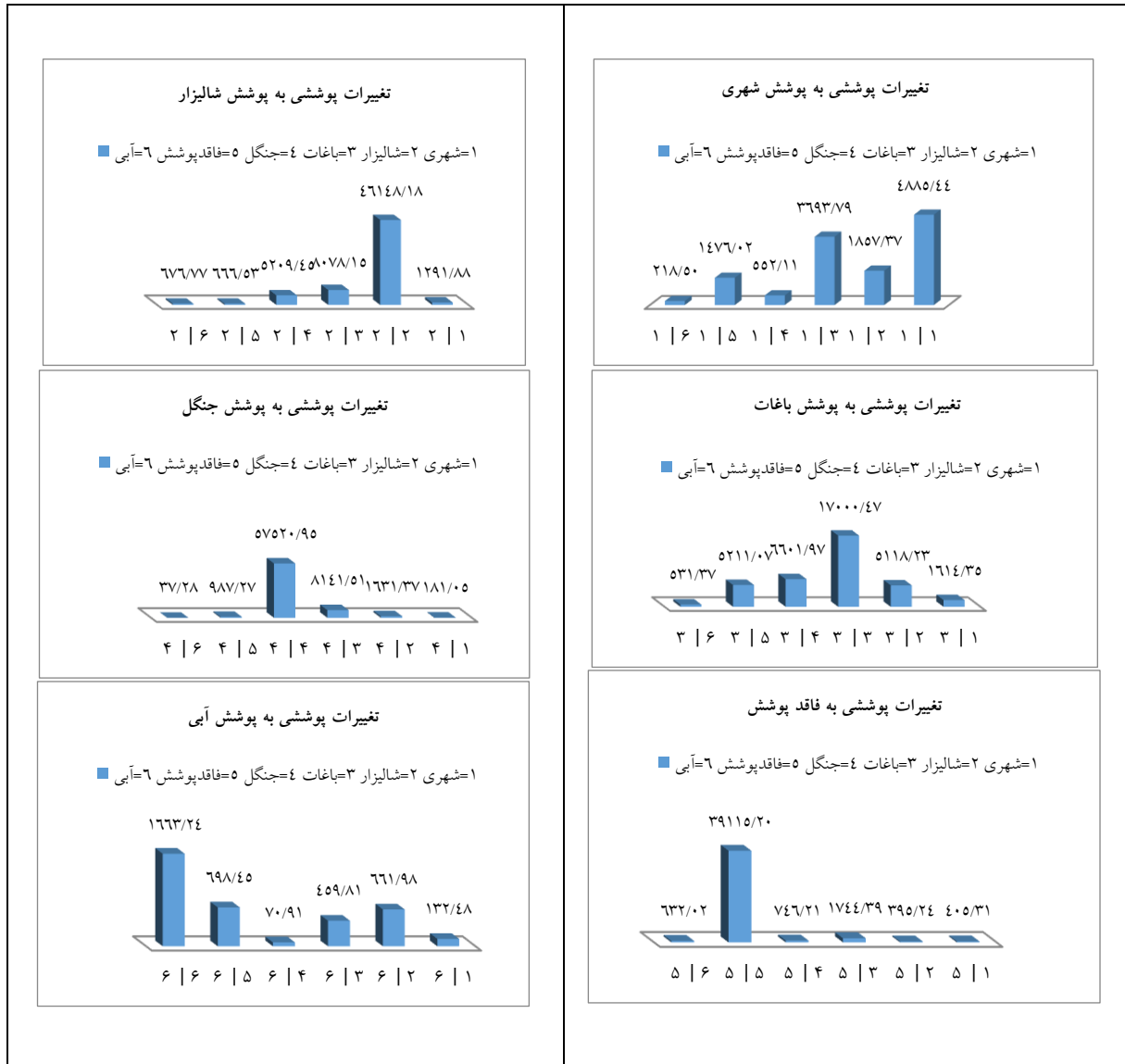
جدول مقاطع	پیرامون	شهری	شالیزار	باغات	جنگل	فاقد پوشش	آب	جمع
پیرامون	۲۶۵۰۱۷۹	۱۸	۳	۴۱	۳	۶	۷	۲۶۵۰۲۵۷
شهری	۵	۶۰۱۴۷	۲۲۸۶۷	۴۵۴۷۶	۶۴۲۸	۱۸۱۷۲	۲۶۹۰	۱۵۵۷۸۵
شالیزار	۳	۱۵۹۰۵	۵۶۸۱۵۴	۹۹۴۵۴	۶۴۱۳۶	۸۲۰۶	۸۳۳۲	۷۶۴۱۹۰
باغات	۷	۱۹۸۷۵	۶۳۰۱۳	۲۰۹۳۰۱	۸۱۲۸۰	۶۴۱۵۶	۶۵۴۲	۴۴۴۱۷۴
جنگل	۰	۲۲۲۹	۱۹۸۶۳	۱۰۰۲۳۴	۷۰۸۱۶۸	۱۲۱۵۵	۴۵۹	۸۴۳۱۰۸
فاقد پوشش	۱۹	۴۹۹۰	۴۸۶۶	۲۱۴۷۶	۹۱۸۷	۴۸۱۵۶۶	۷۷۸۲	۵۲۹۸۸۶
آب	۱۰	۱۶۳۱	۸۱۵۰	۵۶۶۱	۸۷۳	۸۵۹۹	۲۰۴۷۷	۴۵۴۰۱
جمع	۲۶۵۰۲۲۳	۱۰۴۷۹۵	۶۸۶۹۱۶	۴۸۱۶۴۳	۸۷۰۰۷۵	۵۹۲۸۶۰	۴۶۲۸۹	۵۴۳۲۸۰۱
Chi square = ۱۵۳۸۷۱۴۳			df = ۳۶		p-level = ۰/۰۰		cramer's v = ۰/۶۸	

جدول ۳- جدول بندی مقاطع نسبی ۲۰ طبقات تصویر سال (۱۹۸۹) (ستون‌ها) در برابر طبقات تصویر سال (۲۰۰۰) (سطرها) (واحد درصد)

جدول مقاطع نسبی	پیرامون	شهری	شالیزار	باغات	جنگل	فاقد پوشش	آب	جمع
پیرامون	۰/۴۷۷۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۴۷۷۸
شهری	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۱۱	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۲۸۷
شالیزار	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۲۹	۰/۱۰۴۶	۰/۰۱۸۳	۰/۰۱۱۸	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۵	۰/۱۴۰۷
باغات	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۳۷	۰/۰۱۱۶	۰/۰۳۸۵	۰/۰۱۵۰	۰/۰۱۱۸	۰/۰۰۱۲	۰/۰۸۱۸
جنگل	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۳۷	۰/۰۱۸۴	۰/۱۳۰۴	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۰۱	۰/۱۵۵۲
فاقد پوشش	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۴۰	۰/۰۰۱۷	۰/۰۸۸۶	۰/۰۰۱۴	۰/۰۹۷۵
آب	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۸۴
جمع	۰/۴۷۷۸	۰/۰۱۹۳	۰/۱۲۶۴	۰/۰۸۸۷	۰/۱۶۰۲	۰/۱۰۹۱	۰/۰۰۸۵	۰۰۰ ۱/۰
Overall kappa ۰/۸۰								

19- cross-tabulation

20- proportional cross-tabulation



شکل ۳: تغییرات ۶ طبقه پوشش زمین در فاصله بین سال‌های (۱۳۸۸) تا (۱۳۹۴)

در (جدول ۲)، تعداد پیکسل‌های طبقات شش‌گانه در سال (۱۹۸۹) که به پیکسل‌های طبقات شش‌گانه در سال (۲۰۰۰) تبدیل شده، آورده شده است و (جدول ۳)، نسبت مساحت تغییرات هر طبقه به مساحت کل محدوده را نشان می‌دهد. برای تفسیر بهتر نتایج، واحد مساحت از سلول به هکتار تبدیل شد. اندازه هر پیکسل،  $۲۸/۵ \times ۲۸/۵$  متر مربع می‌باشد. به لحاظ آن‌که عمده تغییرات ساختاری پوشش در پیرامون شهرها صورت گرفته و اساساً مطالعه روستا بدون در نظر گرفتن کانون اثرگذاری آن، امکان‌پذیر نمی‌باشد. لذا مساحت پوشش ساخته شده در شهر از مطالعه حذف نگردیده است و پوشش شهری نشان دهنده نواحی ساخته شده شهر، روستا و نواحی صنعتی می‌باشد.

(شکل ۳) نشان می‌دهد که ۴۸۸۵ هکتار از پوشش شهری از سال (۱۹۸۹) تا سال (۲۰۰۰) به همان صورت باقی‌مانده و در دسته تغییرات پوششی به پوشش شهری، عمده تغییرات مربوط به پوشش باغات می‌باشد که مساحتی حدود ۳۶۹۳ هکتار را در بر می‌گیرد. بسیاری از این تغییرات مربوط به تخریب و تغییر کاربری نواحی چای‌کاری می‌باشد. پس از آن ۱۸۵۷ هکتار از اراضی شالیزاری در فاصله بین سال‌های (۱۹۸۹) تا سال (۲۰۰۰) زیرساخت و ساز شهری و ابنیه رفته است. ۱۴۷۶ هکتار از اراضی جنگلی نیز به پوشش شهری تبدیل گردیده است. سپس اراضی فاقد پوشش با ۵۲۲ هکتار و منابع آبی با ۲۱۸ هکتار می‌باشد که به پوشش شهری تغییر ماهیت داده‌اند. تغییرات منابع آبی می‌تواند مربوط به پر شدن مانداب‌ها برای ساخت‌وساز باشد و تبدیل پوشش مراتع به پوشش شهری ناشی از ایجاد مسکن مقاوم در بخش بیلاقی و مرتعی شهرستان سیاهکل می‌باشد که به سبب نزدیکی با شهرستان رودبار، بسیاری از سکونتگاه‌های روستایی در زلزله سال (۱۹۹۰) منجیل و رودبار به کلی تخریب گردید. البته برخی از نواحی ساخته شده در فاصله ۱۱ ساله (۱۹۸۹-۲۰۰۰) نیز به دلیل تخریب منازل، متروکه شدن و نوسازی مسکن روستایی، طرح ملی خروج جنگل نشینان، زلزله سال (۱۹۹۰) (رودبار و منجیل) در نواحی مرتعی و بیلاقی شهرستان سیاهکل و ... به پوشش‌های دیگر تغییر یافته است. در این فاصله، ۶۶۱۴۸ هکتار از اراضی شالیزاری بدون تغییر باقی‌مانده است و عمده تغییرات پوششی به پوشش شالیزار، در ابتدا مربوط به پوشش باغات به مساحت ۸۰۷۸ هکتار، سپس پوشش جنگل به مساحت ۵۲۰۹ هکتار (این تغییرات بیش‌تر مربوط به تبدیل زمین‌های با پوشش درختان خودرو در ناهمواری‌های همجوار نواحی شالیزاری می‌باشد) و در نهایت پوشش شهری به مساحت ۱۲۹۱ هکتار بوده است. ۱۷۰۰۰ هکتار از اراضی باغات در فاصله سال‌های (۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰) بدون تغییر باقی‌مانده اما ۶۶۰۱ هکتار از اراضی جنگلی به پوشش باغی تغییر شکل یافته که این مساله می‌تواند به دلیل تبدیل نواحی حاشیه‌ای جنگل به امر باغداری و تنک شدن برخی نقاط جنگلی به دلیل برداشت بی‌رویه از جنگل باشد. سپس ۵۲۱۱ هکتار از اراضی مرتعی و فاقد پوشش به پوشش باغی تغییر یافته که دلیل عمده آن استفاده بهینه از زمین‌های بیلاقی و کشت گیاهان دارویی نظیر گل‌گاوزبان و بقولات مانند عدس و ماش در شهرستان سیاهکل می‌باشد. تغییرات ۵۱۱۸ هکتاری پوشش شالیزاری به پوشش باغی می‌تواند ناشی از به‌صرفه نبودن کشت برنج در برخی نواحی و اختصاص زمین‌های آن به بادامکاری و کشت کیوی باشد. ۱۶۱۴ هکتار از پوشش شهری نیز به باغی تغییر یافته که دلیل عمده آن تخریب و متروکه گشتن منازل قدیمی روستایی بوده و از آنجایی که در نواحی مرطوب، زمین بلا استفاده به‌صورت خود به خودی، محلی برای رویش انواع درختان خودرو و بوته‌های هرز می‌گردد این تغییرات قابل توجیه خواهد بود. ۵۷۵۲۰ هکتار از اراضی جنگلی در فاصله یازده ساله بدون تغییر باقی‌مانده و عمده تغییرات از سایر پوشش‌ها به پوشش جنگل، مربوط به نواحی باغی با مساحت ۸۱۴۱ هکتار، نواحی شالیزاری با مساحت ۱۶۱۳ هکتار و نواحی مرتعی و فاقد پوشش با ۹۸۷ هکتار می‌باشد. تبدیل پوشش باغات به جنگل، عمدتاً مربوط به رها شدن باغات چای در نواحی کوهستانی بوده است؛ زیرا نگهداری و برداشت باغات چای در نواحی کوهستانی نیازمند هزینه فراوانی می‌باشد؛ از جمله: هزینه نیروی انسانی، حمل کود، حمل محصول به کارخانجات چای‌سازی در پایین‌دست و هزینه هرس و ... و هرگاه در سالیان اخیر قیمت تضمینی خرید

برگ سبز چای با قیمت تمام شده تولید محصول همخوانی نداشته، صنعت چای با رکود مواجه شده است. با توجه به این که این باغات در اختیار مالکیت خصوصی می باشد در صورت رهاسازی چند ساله، درختان خودرو از آن سر بر می آورند. تغییرات پوششی شالیزار به جنگل نیز به دلیل به صرفه نبودن تولید برنج و اختصاص زمین به صنوبرکاری می باشد. این مساله در شهرستان آستانه اشرفیه بیش تر به چشم می خورد. تغییرات نواحی مرتعی به جنگل نیز به دلیل خروج جنگل نشینان از جنگل و قطع نشدن سرشاخه نهال های درختان و طرح های درختکاری در نواحی ساحلی حاشیه دریای کاسپین قابل توجیه می باشد. ۳۹۱۱۵ هکتار از اراضی مرتعی و فاقد پوشش در فاصله بین سال های (۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰) بدون تغییر باقی مانده است و عمده تغییرات قابل اعتنا از سایر پوشش ها به فاقد پوشش مربوط به پوشش باغات با مساحت ۱۷۴۴ هکتار و پوشش جنگل با مساحت ۷۴۶ هکتار می باشد. تغییرات پوششی باغی و جنگلی می تواند به دلیل کف تراشی باغات به دلیل امور ساخت و ساز و جاده سازی و گودبرداری به منظور استخراج معدن و... باشد. ۱۶۶۳ هکتار از منابع آبی در محدوده مورد مطالعه در فاصله بین سال های (۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰) بدون تغییر باقی مانده است و عمده تغییرات، مربوط به تبدیل ۶۹۸ هکتار از اراضی فاقد پوشش به پوشش آبی و ۶۶۱ هکتار از اراضی شالیزاری به پوشش آبی می باشد. تبدیل اراضی فاقد پوشش به منابع آب، بیش تر مربوط به نوسانات دریایی خطوط ساحلی محدوده تحقیق می باشد؛ اما تغییر اراضی شالیزاری به بستر آبی، مربوط به تبدیل زمین های برنج کاری به استخرهای پرورش ماهیان گرم آبی به دلیل به صرفه نبودن تولید برنج بوده است.

- تغییرات طبقات پوششی در فاصله بین سال های (۲۰۱۵-۲۰۰۰)

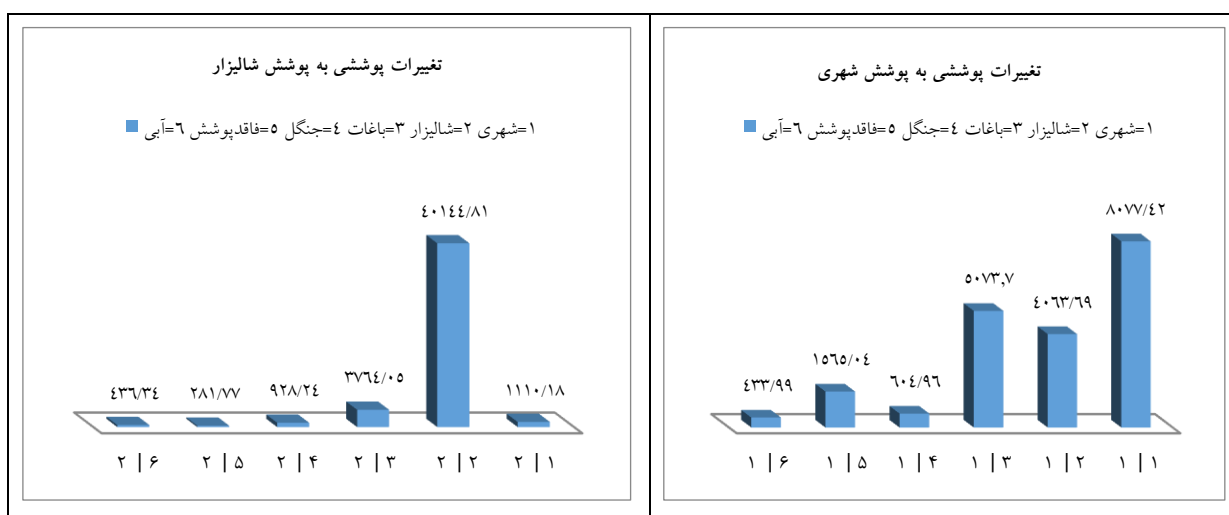
جدول ۴- جدول بندی مقاطع طبقات تصویر سال (۲۰۰۰) (ستون ها) در برابر طبقات تصویر سال (۲۰۱۵) (سطرها)، (واحد سلول)

جدول مقاطع	پیرامون	شهری	شالیزار	باغات	جنگل	فاقد پوشش	آب	جمع
پیرامون	۲۶۴۸۷۹۵	۵۵	۲۰۹	۲۶۲	۲۵۸	۶۲۱	۱۳۷	۲۶۵۰۳۲۷
شهری	۱۴۲	۹۹۴۴۵	۵۰۰۳۰	۶۲۴۵۷	۷۴۴۸	۱۹۲۶۸	۵۳۴۳	۲۴۴۱۳۳
شالیزار	۱۸۰	۱۳۶۶۸	۴۹۴۲۴۲	۴۶۳۴۱	۱۱۴۲۸	۳۴۶۹	۵۳۷۲	۵۷۴۷۰۰
باغات	۳۸۷	۳۵۷۱۸	۱۷۸۵۲۵	۲۲۷۳۴۰	۱۱۰۶۷۰	۵۰۸۷۳	۱۰۵۰۶	۶۱۴۰۱۹
جنگل	۲۰۱	۲۰۷۰	۲۲۷۹۶	۷۸۳۶۰	۷۰۶۱۸۲	۸۱۰۹	۱۷۴	۸۱۷۸۹۲
فاقد پوشش	۳۹۲	۲۸۰۳	۸۵۵۳	۲۲۵۱۰	۶۶۹۸	۴۴۲۶۵۰	۳۰۹۸	۴۸۶۷۰۴
آب	۱۶۰	۲۰۲۶	۹۸۳۵	۶۹۰۴	۴۲۴	۴۸۹۶	۲۰۷۷۱	۴۵۰۱۶
جمع	۲۶۵۰۲۵۷	۱۵۵۷۸۵	۷۶۴۱۹۰	۴۴۴۱۷۴	۸۴۳۱۰۸	۵۲۹۸۸۶	۴۵۴۰۱	۵۴۳۲۸۰۱
Chi square = ۱۵۸۱۱۶۱۲			df = ۳۶		p-level = ۰/۰۰		cramer's v = ۰/۶۹	

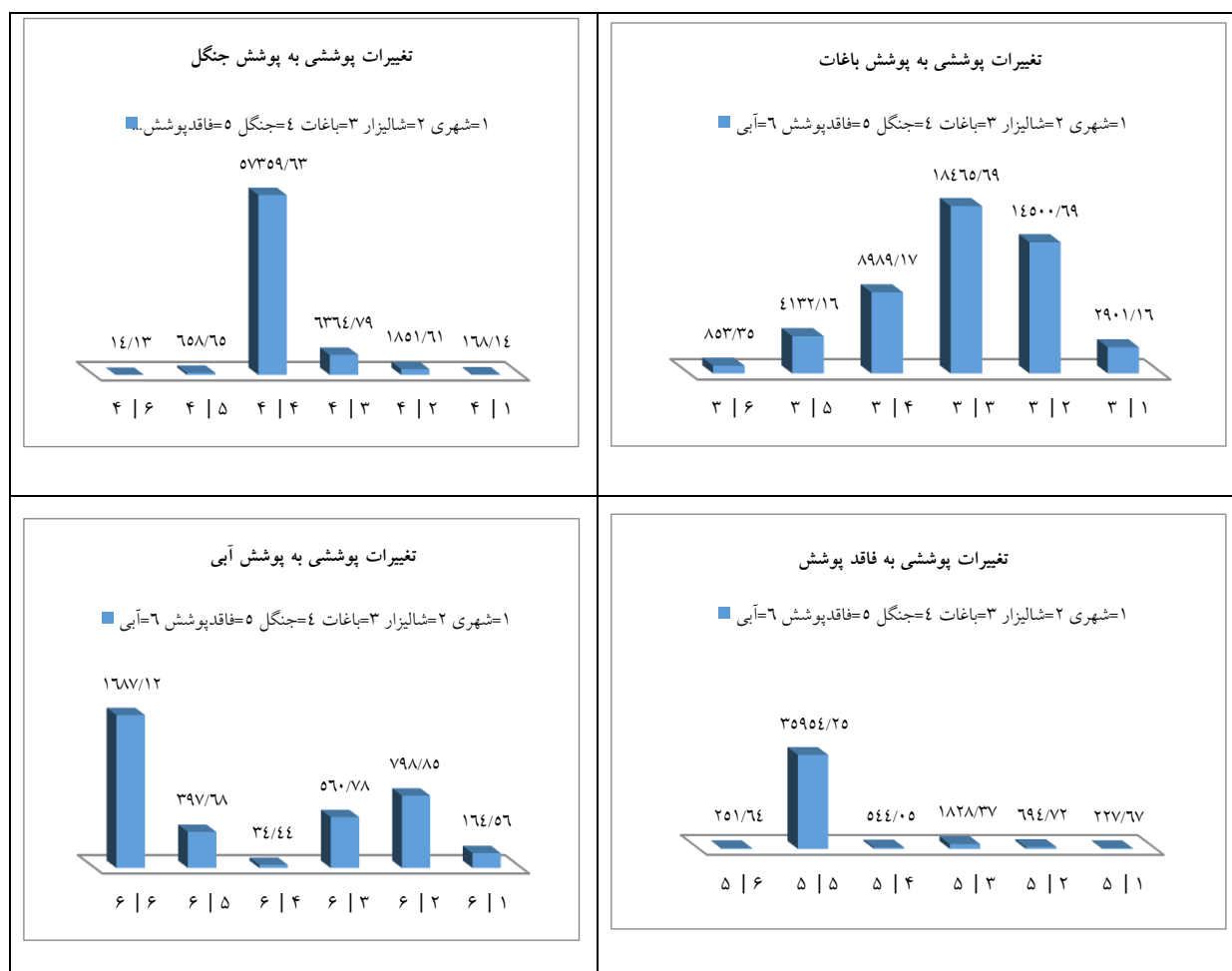
جدول ۵- جدول بندی متقاطع نسبی طبقات تصویر سال (۲۰۰۰) (ستون‌ها) در برابر طبقات تصویر سال (۲۰۱۵) (سطرها) (واحد درصد)

جدول متقاطع نسبی	پیرامون	شهری	شالیزار	باغات	جنگل	فاقد پوشش	آب	جمع
پیرامون	۰/۴۸۷۶	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰	۰/۴۸۷۷
شهری	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۸۳	۰/۰۰۹۲	۰/۰۱۱۵	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۱۰	۰/۰۴۴۹
شالیزار	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۲۵	۰/۰۹۱۰	۰/۰۰۸۵	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۰	۰/۱۰۵۸
باغات	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۶۶	۰/۰۳۲۹	۰/۰۴۱۸	۰/۰۲۰۴	۰/۰۰۹۴	۰/۰۰۱۹	۰/۱۱۳۰
جنگل	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۴۲	۰/۰۱۴۴	۰/۱۳۰۰	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۰	۰/۱۵۰۵
فاقد پوشش	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۱۲	۰/۰۸۱۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۸۶۹
آب	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۸۳
جمع	۰/۴۸۷۸	۰/۰۲۸۷	۰/۱۴۰۷	۰/۰۸۱۸	۰/۱۵۵۲	۰/۰۹۷۵	۰/۰۰۸۴	۱/۰۰۰۰
Overall kappa ۰/۷۹								

(جدول‌های ۴ و ۵) به ترتیب نشان‌دهنده تغییرات پیکسل‌های طبقات شش‌گانه و نسبت مساحت تغییرات هر طبقه به مساحت کل محدوده در فاصله بین سال‌های (۱۹۸۹) تا سال (۲۰۰۰) می‌باشد. (شکل ۴)، تغییرات پوششی صورت گرفته را به واحد هکتار نشان می‌دهد.



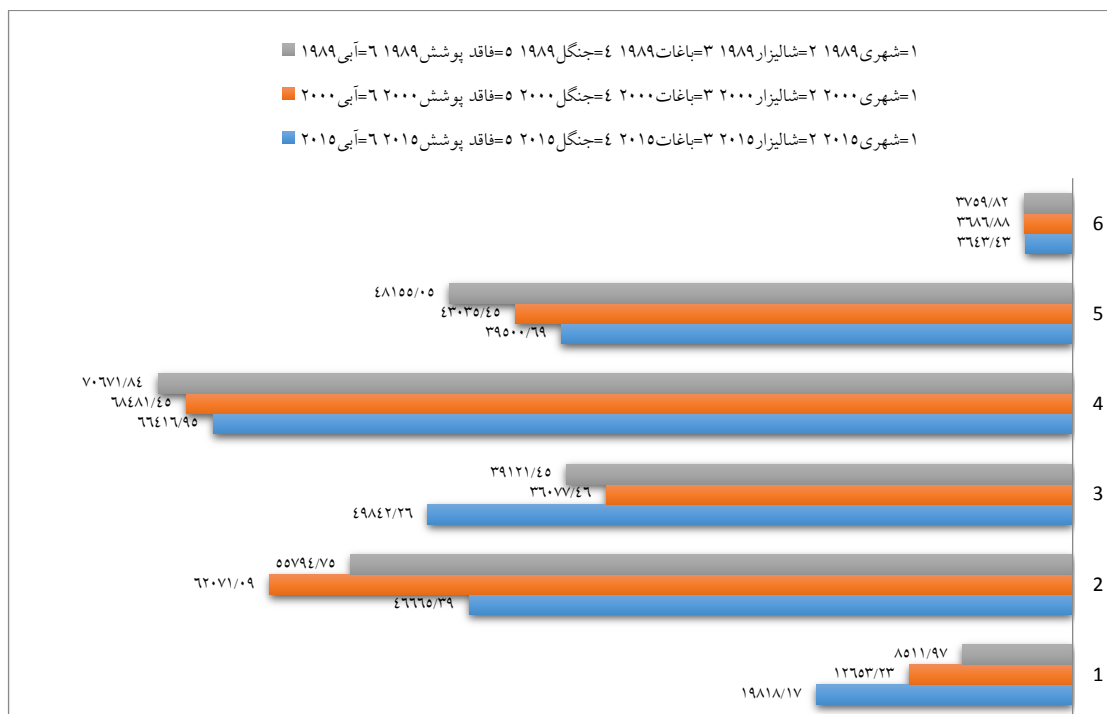
شکل ۴: تغییرات طبقات پوششی در فاصله سال‌های (۲۰۰۰-۲۰۱۵)



شکل ۴: تغییرات طبقات پوششی در فاصله سال‌های (۲۰۱۵-۲۰۰۰)

(شکل ۴) نشان می‌دهد که ۸۰۷۷ هکتار از اراضی شهری در فاصله ۱۵ ساله بین سال‌های (۲۰۱۵ تا ۲۰۰۰) بدون تغییر باقی مانده است و بیش‌ترین تغییرات پوششی به پوشش شهری به ترتیب مربوط به پوشش باغی با مساحت ۵۰۷۳ هکتار، پوشش شالیزار با مساحت ۴۰۶۳ هکتار و پوشش مرتعی با مساحت ۱۵۶۵ هکتار می‌باشد. دلیل اصلی تغییرات پوششی شالیزار و مرتع در این دوره، هجوم ویلاسازان به زمین‌های مرغوب شالیزاری، زمین‌های مرتعی نواحی بیلاقی و خوش آب‌وهوا و همچنین نواحی ساحلی می‌باشد. حدود ۴۰۱۴۴ هکتار از مساحت اراضی شالیزاری بدون تغییر باقی مانده و عمده تغییرات پوششی به پوشش شالیزار مربوط به پوشش باغات با مساحت ۳۷۶۴ هکتار می‌باشد. پس از آن پوشش شهری به مساحت ۱۱۱۰ هکتار و پوشش جنگلی به مساحت ۹۲۸ هکتار به پوشش شالیزاری تغییر شکل داده است. تغییرات پوشش شهری به شالیزار، مربوط به عرصه‌های روستایی در قسمت‌های جلگه‌ای می‌باشد که ساخت سازه‌های موقت به منظور انبار برنج، پرورش کرم ابریشم و ... در مزارع رواج داشته است. در سالیان اخیر با ایجاد جاده بین مزارع و انتقال محصولات به وسیله اتومبیل و پیدایش شالی‌کوبی‌های تمام اتوماتیک، انبار کردن شلتوک برنج و عملیات خشکاندن برای ارتقاء کیفی آن، ضرورتی نداشته است. همچنین رکود بازار پيله ابریشم سبب گردیده

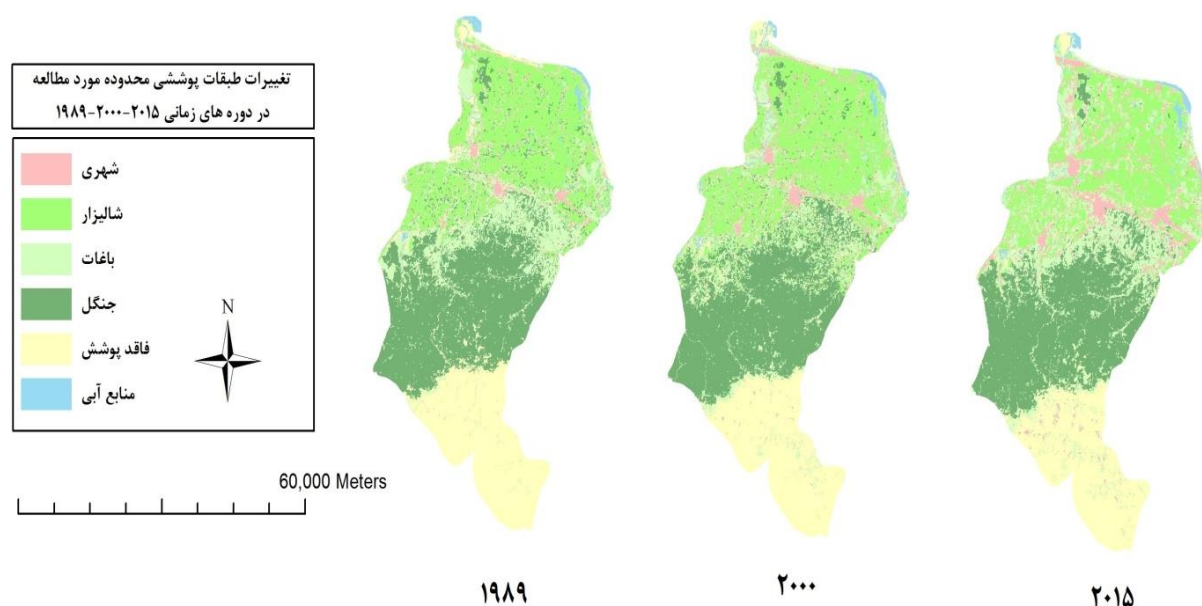
که این سازه‌ها کارکرد خود را از دست بدهند. تغییرات پوششی جنگلی به شالیزار نیز مربوط به مکانیزاسیون کشاورزی می‌باشد. تحت فرآیند مکانیزاسیون مزارع شالیزاری، بسیاری از ناهمواری‌های همجوار شالیزارها که دارای پوشش درختان خودروی جنگلی بود تسطیح و هموار گردید و زیر کشت برنج کاری قرار گرفت. ۱۸۴۶۵ هکتار از اراضی باغی در فاصله پانزده ساله بدون تغییر باقی مانده است و بیش‌ترین تغییرات پوششی به پوشش باغات به‌ترتیب مربوط به پوشش شالیزاری با مساحت ۱۴۵۰۰ هکتار، پوشش جنگلی با مساحت ۸۹۸۹ هکتار، فاقد پوشش با مساحت ۴۱۳۲ هکتار و پوشش شهری با مساحت ۲۹۰۱ هکتار می‌باشد. ۵۷۳۵۹ هکتار از اراضی جنگلی در فاصله بین سال‌های (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵) بدون تغییر باقی مانده است و عمده تغییرات پوششی به پوشش جنگلی مربوط به پوشش باغات به مساحت ۶۳۶۴ هکتار و پوشش شالیزار به مساحت ۱۸۵۱ هکتار می‌باشد. ۳۵۹۵۴ هکتار از اراضی فاقد پوشش، ساحلی و مرتعی بیلاقی در فاصله پانزده ساله بدون تغییر باقی مانده است و ۱۸۲۸ هکتار از اراضی باغی به فاقد پوشش تبدیل گشته است. دلیل تغییر پوشش اراضی باغی می‌تواند مربوط به کف تراشی و آماده‌سازی زمین برای امور عمرانی، جاده‌سازی، گودبرداری و برداشت‌های معدنی باشد. ۱۶۸۷ هکتار از منابع آبی در فاصله بین سال‌های (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵) بدون تغییر باقی مانده است. عمده تغییرات پوششی به پوشش آبی، مربوط به پوشش شالیزار با ۷۹۸ هکتار، پوشش باغات با ۵۶۰ هکتار و فاقد پوشش به مساحت ۳۹۷ هکتار می‌باشد.



شکل ۵: مقایسه طبقات پوششی در سال‌های (۱۹۸۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵)

(شکل ۵) تغییرات طبقات پوششی در سه دوره را نشان می‌دهد. در بازه زمانی ۲۶ ساله از بررسی محدوده مورد مطالعه، مساحت طبقه پوششی شهری از ۸۵۱۱ هکتار به ۱۹۸۱۸ هکتار و مساحت طبقه پوششی باغات از ۳۹۱۲۱

هکتار به ۴۹۸۴۲ هکتار افزایش یافته است. البته افزایش مساحت طبقه شهری روندی صعودی را در سه دوره طی نموده اما مساحت طبقه باغات در تصویر طبقه‌بندی سال (۲۰۰۰) نسبت به سال (۱۹۸۹) کاهش داشته و به میزان ۳۶۰۷۷ هکتار رسیده و سپس روند صعودی را در پیش گرفته است. مساحت طبقات پوششی شالیزار از ۵۵۷۹۴ هکتار به ۴۶۶۶۵ هکتار، جنگل از ۷۰۶۷۱ هکتار به ۶۶۴۱۶ هکتار، فاقد پوشش از ۴۸۱۵۵ هکتار به ۳۹۵۰۰ هکتار و منابع آبی از ۳۷۵۹ هکتار به ۳۶۴۳ هکتار کاهش داشته‌اند. مساحت طبقات آب، فاقد پوشش و جنگل، روند نزولی را در سه دوره طی نموده‌اند اما مساحت طبقه شالیزار در سال (۲۰۰۰) افزایش یافته و به ۶۲۰۷۱ هکتار رسیده و از آن به بعد روند نزولی را طی نموده است. کاهش مساحت طبقه باغات و افزایش مساحت طبقه شالیزار در بازه زمانی نزدیک به سال (۲۰۰۰) می‌تواند به هم مربوط بوده و ناشی از رونق گرفتن بازار برنج و رکود محصولات باغی به‌ویژه چای در آن برهه زمانی باشد که تغییرات کشت از کاربری‌های باغات به کاربری شالیزار رواج یافت (شکل ۶).



شکل ۶: تغییرات طبقات پوششی در دوره‌های زمانی (۱۹۸۹-۲۰۰۰-۲۰۱۵)

- شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات طبقات پوششی در افق ۱۵ ساله  
کالیبراسیون مدل و مقایسه تغییرات مساحت طبقات پوششی بین تصویر واقعی سال (۲۰۱۵) و تصویر پیش‌بینی سال (۲۰۱۵) که برای دستیابی به دقت شبیه‌سازی مدل سلولی مارکوف انجام گرفت نشان داد که شبیه‌سازی دارای ۸۳ درصد دقت می‌باشد.



جدول ۶- ماتریس احتمال تغییرات ۲۱ طبقات پوششی در سال (۲۰۳۰) (واحد درصد)

آب	فاقد پوشش	جنگل	باغات	شالیزار	شهری	احتمال تغییرات (درصد)
۰/۰۱۳۰	۰/۰۱۸۰	۰/۰۱۳۳	۰/۲۲۹۴	۰/۰۸۷۸	۰/۶۳۸۶	شهری
۰/۰۱۲۹	۰/۰۱۱۲	۰/۰۲۹۸	۰/۲۳۲۷	۰/۶۴۶۹	۰/۰۶۵۵	شالیزار
۰/۰۱۵۶	۰/۰۵۰۷	۰/۱۷۶۵	۰/۵۱۲۱	۰/۱۰۴۴	۰/۱۴۰۷	باغات
۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۷۹	۰/۸۳۷۹	۰/۱۳۱۳	۰/۰۱۳۶	۰/۰۰۸۸	جنگل
۰/۰۰۹۳	۰/۸۳۶۳	۰/۰۱۵۳	۰/۰۹۶۱	۰/۰۰۶۶	۰/۰۳۶۴	فاقد پوشش
۰/۴۵۸۹	۰/۰۶۸۴	۰/۰۰۳۸	۰/۲۳۲۱	۰/۱۱۸۷	۰/۱۱۸۰	آب

جدول ۷- ماتریس تغییرات محتمل مساحت ۲۲ طبقات پوششی در سال (۲۰۳۰) (واحد سلول)

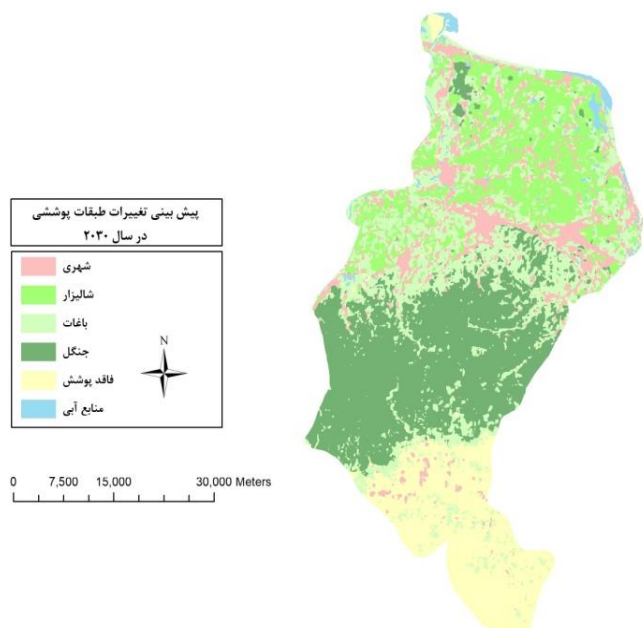
آب	فاقد پوشش	جنگل	باغات	شالیزار	شهری	تغییرات محتمل مساحت (سلول)
۳۱۷۴	۴۳۹۲	۳۲۴۳	۵۵۹۶۱	۲۱۴۱۴	۱۵۵۸۰۶	شهری
۷۳۹۶	۶۴۳۲	۱۷۱۴۳	۱۳۴۲۵۲	۳۷۱۶۷۴	۳۷۶۲۳	شالیزار
۹۵۴۴	۳۱۱۱۶	۱۰۸۳۱۹	۳۱۴۲۵۸	۶۴۰۵۸	۸۶۳۳۶	باغات
۴۱۱	۶۴۹۸	۶۸۵۱۰۳	۱۰۷۳۶۷	۱۱۰۸۷	۷۲۲۶	جنگل
۴۴۹۹	۴۰۶۷۲۶	۷۴۵۱	۴۶۷۴۴	۳۱۸۷	۱۷۷۰۴	فاقد پوشش
۲۰۵۸۴	۳۰۷۰	۱۷۲	۱۰۴۱۱	۵۳۲۴	۵۲۹۵	آب

ماتریس (جدول ۶) نشان می‌دهد احتمال آن‌که پوشش شهری بدون تغییر باقی بماند، ۶۳ درصد است. احتمال تغییرناپذیری پوشش شالیزار ۶۴ درصد می‌باشد و به احتمال ۵۱ درصد پوشش باغات در سال (۲۰۳۰) به همان پوشش قبلی خود استوار خواهد بود، جنگل، ۸۳ درصد، فاقد پوشش، ۸۳ درصد و پوشش آب، ۴۵ درصد احتمال دارد بدون تغییر باقی بماند و مابقی به پوشش‌های دیگر تغییر شکل می‌دهد. به احتمال ۲۳ درصد شالیزار به باغات و به احتمال ۶ درصد به طیف ساخته شده تبدیل می‌شود. طیف باغات نیز در سال (۲۰۳۰)، ۱۴ درصد به طیف ساخته شده و ۱۷ درصد به طیف جنگل تبدیل می‌گردد.

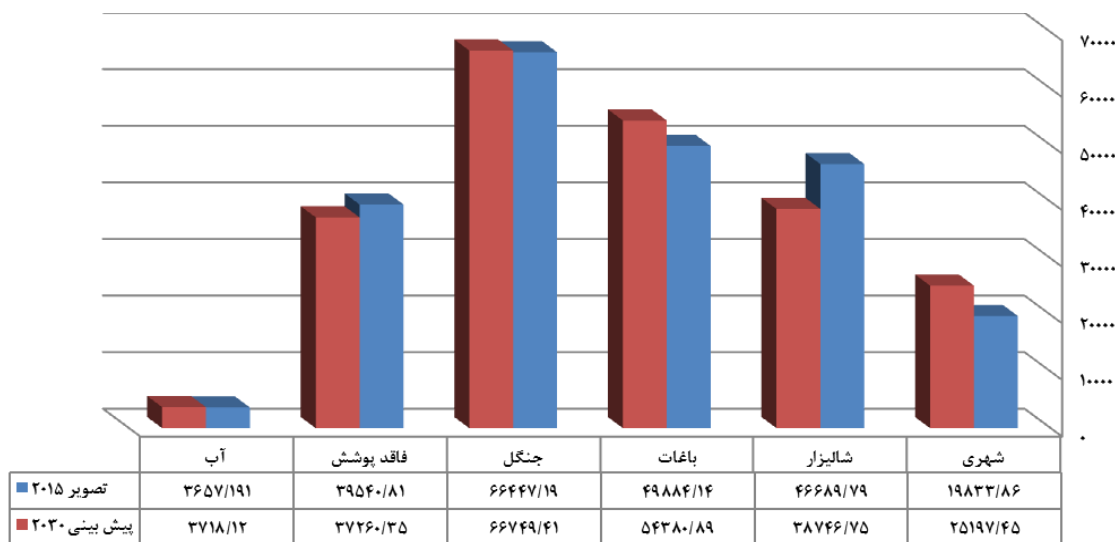
21- probability of changing

22- expected to transition (area)

(جدول ۷)، ماتریس احتمال تغییر مساحت طبقات پوششی را نشان می‌دهد. واحد این ماتریس، سلول بوده و (شکل ۸)، میزان تغییرات طبقات پوششی در بازه زمانی مورد پیش‌بینی را پس از تبدیل واحد به هکتار نشان می‌دهد.



شکل ۷: پیش‌بینی تغییرات طبقات پوششی در سال (۲۰۳۰) با استفاده از مدل سلولی مارکوف



شکل ۸: مقایسه مساحت طبقات پوشش زمین در سال (۲۰۱۵) و پیش‌بینی سال (۲۰۳۰)

از (شکل ۸) می‌توان دریافت که طیف‌های پوششی آب، جنگل و فاقد پوشش در سال (۲۰۳۰) تغییرات چندانی نسبت به سال (۲۰۱۵) نخواهند داشت. گرچه هر کدام از طیف‌های مذکور ممکن است در سراسر محدوده دچار تحولات مثبت و منفی گردند اما در موازنه کلی با سایر طیف‌ها، تغییرات ناچیز می‌باشد. از گستره پوشش شالیزار به شدت کاسته

خواهد شد و پوشش باغات و شهری در محدوده مورد مطالعه فراگیرتر خواهد شد. نقشه تغییرات طبقات شش گانه پوششی در (شکل ۷) نمایش داده شده است.

### نتیجه گیری

بر اساس یافته‌ها، این پژوهش تلاش داشته، از یک‌سو؛ شناسایی و تبیین روند تغییرات الگوی پوششی زمین و شبیه‌سازی تحولات آینده را در شرق گیلان تحلیل نماید و از سوی دیگر؛ زمینه‌سازی برای ادامه مطالعه، در زمینه شناسایی و تبیین محرک‌های تاثیرگذار در تغییرات نامناسب الگوی پوشش زمین، شناسایی تبعات فضایی ناشی از تغییرات الگوی پوششی زمین و تدوین شیوه‌های تخصیص پایدار زمین در محدوده مورد مطالعه را طرح‌ریزی نماید. تحلیل دینامیکی فرآیند تغییر پوشش نشان داد؛ در فاصله بین سال‌های (۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰)، ۷۷۶۷/۷۹ هکتار از اراضی سازگار با اکوسیستم، از قابلیت تولید در بخش کشاورزی خارج گردیده و این وضعیت در فاصله بین سال‌های (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵)، به ۱۱۷۴۰/۷۵ هکتار رسیده است. به عبارتی در دوره زمانی ۲۶ ساله، مجموعاً ۱۹۵۰۸/۵۴ هکتار از پوشش سازگار با اکوسیستم طبیعی به پوشش ناهمگون با آن بدل گردیده است. در مقایسه تغییرات طبقات پوششی منتج از تصاویر ماهواره‌ای دوره‌های مورد بررسی، در ۲۲۶۰۰۰ هکتار (معادل ۲۲۶۰ کیلومتر مربع) از مساحت محدوده مورد مطالعه، طیف پوششی منابع آبی، گرچه دارای نوسانات و تغییر و تحول‌هایی بوده اما سرانجام تغییر و تبدیل‌های پوششی به تعادل نسبی رسیده است. در این میان از مساحت پوشش‌های شالیزار، جنگل و فاقد پوشش کاسته شده اما مساحت پوشش‌های شهری و باغات افزایش پیدا کرده است. البته افزایش مساحت باغات نمی‌تواند نشانه خوبی باشد زیرا تنها بخش کوچکی از این افزایش محدوده باغی، در راستای سازگاری با طبیعت، نظیر تبدیل مراتع به بوته‌زار در بیلاقات، کاشت درختچه در نواحی ساحلی و تبدیل شالیزار به باغ کیوی و بادام و بقولات، صورت پذیرفته است. بیش‌تر تغییرات مربوط به تنک شدن جنگل، رهاسازی مزارع برنج‌کاری و مخروبه شدن منازل روستایی بوده است. هرگونه رهاسازی زمین‌های معمور در منطقه مرطوب گیلان، سبب رویش گیاهان و بوته‌های هرز می‌گردد که در تصاویر ماهواره‌ای، حاوی طیف‌های بازتاب مشابه پوشش باغات است. در واقع این‌گونه اراضی، در اولویت اول تغییر کاربری و ساخت‌وساز قرار دارند؛ بنابراین در مجموع مقایسه تصاویر سه دوره (۱۹۸۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵) در بازه زمانی ۲۶ ساله، با توجه به پراکندگی تغییر و تحولات، تغییرات پوششی در مسیر اتلاف زمین‌های کشاورزی و خارج شدن از قابلیت تولیدی طبیعی صورت پذیرفته است.

پیش‌بینی تغییرات با استفاده از مدل سلولی مارکوف نشان داد؛ در سال (۲۰۳۰) به‌شدت از مساحت طیف پوششی شالیزار کاسته خواهد شد. طیف پوشش شهری با توجه به روند گذشته، افزایش ۵۳۰۰ هکتاری خواهد داشت و طیف پوششی باغات، افزایش ۴۵۰۰ هکتاری دارد. این افزایش می‌تواند نشانه رهاسازی شالیزارها و باغات و تخریب نقاط جنگلی باشد که دارای ریشه اقتصادی و معیشتی می‌باشد. در واقع جریان‌ات و اتفاقات اقتصادی، سیاسی و اجتماعی

به‌عنوان محتوا و ریشه اساسی تحولات می‌باشد که برون‌داد آن، تغییرات فرمیک در پوشش‌های منطقه‌ای است. تغییرات پوششی، تنها تغییر چهره زمین نیست بلکه نشانه‌ای از بروز تحول در آرایش رده‌های ساختی و تجدید سازمان در منطقه می‌باشد. در واقع مکانیسم عملکردی عناصر در فضای اکولوژیک و طبیعت‌محور که از توانایی بازتولید، بازجذب و خودپالایی برخوردار بود، تحت تاثیر عوامل آشکار و پنهان دگرگون گردیده و نظم مجموعه تحت الشعاع قرار می‌گیرد به ترتیبی که؛ زمین سالم به فضای مشوش و نا اکولوژیک تغییر حالت می‌دهد. عوامل ساختارشکنانه تغییر پوشش زمین چنانچه مدیریت نشود به مثابه غدد سرطانی رشد نموده و پهنه‌های وسیع‌تری را درگیر می‌نماید. وجود فعالیت‌های مزاحم، نامتجانس و آلاینده به‌صورت پراکنده، در ارتباط و انسجام فعالیت‌های همگن و یکنواخت طبیعی و کشاورزی، اختلال ایجاد می‌نماید. در چنین فضایی، دیگر سازوکار طبیعی قابل انتظار مشاهده نمی‌شود و به تعبیر کشاورزان بومی، گویی برکت گذشته از منطقه رخت بر بسته است. به‌هم‌ریختگی سیمای طبیعی و ضعف عملکردی، نشان دهنده فعالیت عوامل مخرب و بیماری‌زا می‌باشد. این قضیه را می‌توان در آشفتگی پوششی و پایین آمدن راندمان تولیدات محدوده تحقیق مشاهده نمود. زمین برای بازگشت به حالت پایدار گذشته نیازمند تمهیدات درمانی است. عوامل تغییرات فضایی، تغییرات ساختارشکنانه پوششی و فراگیر شدن آن باید مدیریت شود. یکی از شیوه‌های کارآمد و رایج در دنیا، تخصیص پایدار کاربری زمین می‌باشد، یعنی اختصاص کاربری به واحدهای زمین بر اساس نیاز، تقاضا و قواعد تبدیل کاربری. در حال حاضر در محدوده مورد مطالعه، روند تغییرات پوششی سیر صعودی را طی می‌نماید و در مقابل، بازده تولیدات طبیعی و کشاورزی کاهش داشته است. نتایج پیش‌بینی آینده نیز نشان داد؛ چنانچه این روند تغییر نیابد، وخامت اوضاع شدیدتر خواهد شد؛ بنابراین چاره‌ای جز تحلیل عوامل مستقیم و غیرمستقیم تاثیرگذار و تاثیرپذیر وجود ندارد. در صورت شناخت عوامل و تدوین سناریو، می‌توان با ترسیم آینده‌های ممکن، برنامه‌ریزی کالبدی-مدیریتی مناسب تدارک دید و تخصیص کاربری را بر مبنای راهبرد توسعه پایدار انجام داد. در این صورت می‌توان در راستای جلوگیری از گسترش بی‌رویه عوامل مخرب و ایجاد فضای متوازن عملکردی گام برداشت.

## References

- Alimohammadi, A., Mousivand, A. J., Shayan, S., (2010), "Prediction of land use and land cover changes by using multi-temporal satellite imagery and Markov chain model", *Quarterly Spatial Planning*, 14: 117-130. [In Persian].
- Azizi, Gh., Rangzan, K., Sadidy, J., Heydarian, P., Taghizadeh, A., (2016), "Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (case study: Kohmare Sorkhi, Fars Province)", *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 7: 59-71. [In Persian].
- Chakir, R., Le Gallo, J., (2013), "Predicting land use allocation in France: A spatial panel data analysis", *Ecological Economics*, 92: 114-125.
- Chen, L., Nuo, W., (2013), "Dynamic simulation of land use changes in Port City: a case study of Dalian, China", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96: 981- 992.
- Fischer, G., Sun, L., (2001), "Model based analysis of future land-use development in China", agriculture, *Ecosystems & Environment*, 85 (1-3): 163-176.
- Gautam, A. P., Webb, E. L., Shivakoti, G. P., Zoebisch, M. A., (2003), "Land use dynamics and landscape change pattern in a mountain watershed in Nepal", *Agriculture Ecosystems & Environment*, 99 (1-3): 83-96.
- Guan, D., Gao, W., Watari, K., Fukahori, H., (2008), "Land use change of Kitakyushubased on landscape ecology and Markov model", *Journal of Geographical Sciences*, 18 (4): 455–468.
- Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., Hokao, K., (2011), "Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model", *Ecological Modelling*, 222 (20-22): 3761- 3772.
- Henk, C., Latesteijn, V., (1995), "Assessment of future options for land use in the European Community", *Ecological Engineering*, 4 (3): 211-222.
- Kamusoko, C., Aniya, M., Adi, B., Manjoro, M., (2009), "Rural sustainability under threat in Zimbabwe – Simulation of future land use/cover changes in the Bindura district based on the Markov-cellular automata model", *Applied Geography*, 29 (3): 435-447.
- Karimi, K., Choughi Komaki, B., (2015), "Monitoring, assessment and prediction of spatial changes of land use /cover using Markov chain model (Case study: Bostagh Plain-South Khorasan)", *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 6: 75-88. [In Persian].
- Kline, J. D., (2003), "Characterizing land use change in multidisciplinary landscape-level analyses", *Agricultural and Resource Economics Review*, 32 (1): 103-115.
- Lepers, E., Lambin, E. F., Janetos, A., Scholes, R., (2005) "A synthesis of information on rapid land-cover change for the period 1981–2000", *Bioscience*, 55 (2): 115–124.
- Li, H., Reynolds, J. F., (1997), "Modeling effects of spatial pattern, drought, and grazing on rates of rangeland degradation: A combined Markov and cellular automaton approach", In Quattrochi, D. A., Goodchild, M. F., (eds), *Scale in Remote Sensing and GIS*, Lewis Publishers, New York, pp. 211-230.
- Li, X., Gar-On Yeh, A., (2002), "Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS", *International Journal of Geographical Information Science*, 16 (4): 323-343.
- Mancosu, E., Gago-Silva, A., Barbosa, A., de Bono, A., Ivanov, E., Lehmann, A., Fons, J., (2014), "Future land-use change scenarios for the Black Sea catchment", *Environmental Science & Policy*, 46: 26-36.

- Mengistu, D., Salami, A., (2007), "Application of remote sensing and GIS in land use/land cover mapping and change detection in a part of south western Nigeria", *African Journal of Environmental Science and Technology*, 1 (5): 99-109.
- Mir Alizadehfard, S. R., Alibakhshi, S. M., (2016), "Monitoring and forecasting of land use change by applying Markov chain model and land change modeler (Case Study: DehloranBartash Plains, Ilam)", *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 7: 33-45. [In Persian].
- Muller, M. R., Middleton, J., (1994), "A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara region, Ontario, Canada", *Landscape Ecology*, 9 (2): 151-157.
- Myint, S. W., Wang, L., (2006), "Multi criteria decision approach for land use land cover change using Markov chain analysis and a cellular automata approach", *Canadian Journal of Remote Sensing*, 32 (6): 390-404.
- Pijanowski, B. C., Brown, D. G., Shellito, B. A., Manik, G. A., (2002), "Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a land transformation model", *Computer Environment and Urban System*, 26 (6): 553-575.
- Ramezani, N., Jafari, R., (2015), "Land use/cover change detection in 2025 with CA-Markov chain model (Case study: Esfarayen)", *Geographical Research*, 29: 83-96. [In Persian].
- Schaldach, R., Priess, J. A., Alcamo, J., (2011), "Simulating the impact of biofuel development on country-wide land-use change in India", *Biomass and Bioenergy*, 35 (6): 2401-2410.
- Shao, J., Ni, J., Wei, Ch., Xie, D., (2005), "Land use change and its corresponding ecological responses: a review", *Journal of Geographical Sciences*, 15 (3): 305-328.
- Silverton, J., Holtier, S., Johnson, J., Dale, P., (1992), "Cellular automaton models of interspecific competition for space-the effect of pattern on process", *Journal of Ecology*, 80: 527-533.
- Spinall, R., (2004), "Modelling land use change with generalized linear models- a multi-model analysis of change between 1860 and 2000 in Gallatin Valley, Montana", *Journal of Environmental Management*, 72 (1-2): 91-103.
- Suzanchi, K., Kaur, R., (2011), "Land use land cover change in National Capital Region of India: a remote sensing & GIS based two decadal spatial temporal analyses", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 21: 212-221.
- Vityakon, P., Subhadhira, S., Limpinuntana, V., Srila, S., Trelo-Ges, V., Sriboonlue, V., (2004), "From forest to farmfields: changes in land use in undulating terrain of northeast Thailandat different scales during the past century", *Southeast Asian Studies*, 41: 444-472.