

این مقاله در اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی به عنوان مقاله برگزیده انتخاب شده است که پس از تکمیل، داوری مجدد و اخذ پذیرش در این شماره از نشریه به چاپ می رسد.

بررسی چشم انداز تغییرات سطح کشت اراضی کشاورزی در افق ۲۰۲۰ در حوضه زرينه رود با استفاده از روش ترکیبی مارکوف- سلول های خودکار

غلامعباس سهولی^۱، مجید دلاور^{۲*}، محسن قمری اصل^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه منابع آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار، گروه منابع آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۳- دکتری عمران نقشه برداری، گروه عمران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۲۹

÷

چکیده

سطح کشت اراضی کشاورزی همواره در طول سال های گذشته در سطح حوضه زرينه رود، دستخوش تغییر بوده و به عنوان یکی از دلایل اصلی کاهش جریان ورودی به دریاچه ارومیه مطرح گردیده است. از این رو بررسی چشم انداز این تغییرات با توجه به روند توسعه احتمالی آنها در حوضه، می تواند در تصمیم گیری موثر و ارائه راهکارهایی جهت مقابله با بحران زیست محیطی دریاچه ارومیه نقشی کلیدی ایفا نماید. در این پژوهش سعی شده تا ضمن استخراج و ارزیابی تغییرات تاریخی سطح کشت اراضی کشاورزی با استفاده از تصاویر ماهواره ای، چشم اندازی از آینده تغییرات کاربری های حوضه زرينه رود ارائه گردد. در این راستا از روش ترکیبی مارکوف سلولهای خودکار استفاده گردید. بررسی های به عمل آمده در مناطق مختلف حوضه زرينه رود نشان دهنده تغییرات بسیاری در جهت افزایش کاربری هایی همچون کشت آبی (۴۰ درصد) و باغات (۵۷ درصد) و همچنین در جهت کاهش اراضی مرتعی (۵ درصد) و کشت دیم (۱۰ درصد)، در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۰، است. این روند تغییرات برای افق ۲۰۲۰ نیز مشاهده شده است.

کلید واژه ها: کاربری اراضی، روش مارکوف، سلول های خودکار، چشم انداز، زرينه رود.

۱- مقدمه

همواره در اکوسیستم‌های طبیعی، بهره‌برداری از زمین و ایجاد تغییر در پوشش گیاهی آنها نقش بسزایی در رفتار هیدرولوژیکی حوضه دارد. این رفتار گاه به صورت تغییراتی در رواناب خروجی از حوضه آبریز به چشم می‌آید. تغییرات کاربری اراضی به عنوان یکی از محرک‌های اصلی تغییرات هیدرولوژی حوضه آبریز شناخته می‌شود [۱ و ۲]. تغییرات کاربری اراضی و نحوه توسعه مکانی و زمانی آن متاثر از برهمکنش عوامل مختلفی از جمله عوامل سیاسی اقتصادی و بیوفیزیکی می‌باشد [۳ و ۴]. برآوردی از چشم انداز آینده تغییرات کاربری اراضی گامی مؤثر در مدیریت پایدار منابع و تصمیم‌گیری و چاره اندیشی برای رفع بحران‌های ناشی از توسعه بی‌رویه کاربری‌ها خواهد بود. رویکرد آنالیز سناریوها برای تغییر در کاربری اراضی منطقه متناسب با روند توسعه منطقه، از جمله روش‌های معمول در مطالعات تغییرات کاربری اراضی محسوب می‌گردد [۵ و ۶]. رویکرد سناریوهای فرضی به محققین اجازه می‌دهد که به ارزیابی کلی روند تغییرات کاربری اراضی بپردازند اما این شیوه، اطلاعاتی درخصوص نحوه تغییرات کاربری‌ها و پراکنش احتمالی آنها در آینده در اختیار قرار نمی‌دهد. برای مثال بهرمند^۱ و همکاران [۵] از رویکرد آنالیز سناریوها برای ارزیابی اثرات احیاء جنگل‌ها بر روی هیدرولوژی حوضه استفاده کرده‌اند. آنها دریافتند که افزایش ۵۰٪ پوشش جنگلی باعث کاهش ۱۲٪ پیک دبی خروجی از حوضه خواهد شد. مدل‌های داده محور از جمله این روش‌ها در به‌دست آوردن چشم اندازی از کاربری اراضی محسوب می‌گردند که بر مبنای برون یابی الگوهای تغییری که در گذشته نزدیک مشاهده شده‌اند، با ارائه

محدود عوامل مؤثر بر این تغییرات، بنا نهاده شده‌اند [۷]. از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی^۲، سلول‌های خودکار^۳، رگرسیون لجستیک^۴ و زنجیره مارکوف^۵ اشاره کرد. گلدوی^۶ [۸] برای مدلسازی تغییرات کاربری اراضی از روش رگرسیون لجستیک و ژنومود^۷ استفاده کرد. برای این کار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۷ تغییرات کاربری اراضی منطقه گرگان را بررسی و سپس تغییرات را برای سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۵ پیش‌بینی کرد. نتایج حاصل از این کار شاهی بر رشد مناطق شهری و کاهش اراضی جنگلی بود. معماریان^۸ و همکاران [۹] در مطالعه‌ای بر روی حوضه هولولانگات^۹ در مالزی با استفاده از مدل ابزارهای ارزیابی آب و خاک^{۱۰} (SWAT)، اثر تغییر کاربری اراضی را بر بیلان آبی حوضه بررسی کردند. آنها با در نظر گرفتن وضعیت کاربری اراضی منطقه طی سه دوره زمانی (گذشته، حال و آینده)، اثر تغییرات کاربری را طی این سال‌ها بر روی خروجی حوضه بررسی کرده و دریافتند که شبیه سازی صورت گرفته برای دوره گذشته، در مقایسه با دوره پایه (حال)، نشان از کاهش معنی دار رواناب مستقیم ماهانه حوضه دارد. این در حالیست که پس از شبیه‌سازی تغییرات کاربری در آینده (با استفاده از روش مارکوف و سلول‌های خودکار) و اجرای مجدد مدل، اثر این تغییرات (در مقایسه با دوره پایه) در جهت افزایش معنی دار رواناب مستقیم ماهانه حوضه بوده است. پس از مقایسه تغییرات حاصله

^۲ Artificial Neural Networks^۳ Cellular automata^۴ logistic regression^۵ Markov chain^۶ Goldavi^۷ GEOMOD^۸ Memarian^۹ Hulu Langat^{۱۰} Soil and Water Assesment Tools^۱ Bahremand

میان‌دوآب، صائین‌دژ، تکاب و سقز از کانون‌های مهم شهری این حوضه هستند [۱۱].

در این مطالعه جهت استخراج نقشه کاربری اراضی حوضه زربینه رود از تصاویر ماهواره‌ای (لندست و سنجنده تی ام^۳ و ای تی ام پلاس^۴)، استفاده شده است. این تصاویر در چهار تاریخ مختلف (۱۹۸۷، ۲۰۰۰، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳) و هر کدام در دو زمان (اواخر بهار و اوایل پاییز)، تهیه و از پایگاه داده‌های سازمان هوا و فضای ایالات متحده^۵ اخذ شده‌اند. در تحقیق حاضر ۷ کلاس کاربری شامل: الف) مناطق آبی، ب) مناطق شوره‌زار و بایر، پ) مناطق شهری، ت) مناطق کشت دیم، ث) مناطق کشت آبی، ج) مناطق باغی و چ) مناطق مرتعی در نظر گرفته شد.

۲-۲- روش مارکوف- سلول‌های خودکار (CA-Markov)

روش ترکیبی مارکوف- سلول‌های خودکار از جمله روش‌های کارا در زمینه پیش‌بینی چشم انداز کاربری اراضی می‌باشد که بر پایه تلفیق دو روش مارکوف و سلول‌های خودکار بنا نهاده شده است. در این روش احتمال انتقال هر کاربری به کاربری دیگر با استفاده از روش مارکوف محاسبه شده و به مدل سلول‌های خودکار جهت برآورد نقشه تغییرات احتمالی کاربری اراضی در آینده معرفی می‌گردد. در این روش ابتدا با استفاده از دو تاریخ متوالی و فاصله زمانی بین دو نقشه تاریخی، ماتریس احتمال انتقال بین کاربری‌های مختلف محاسبه و سپس با توجه به این ماتریس و نقشه‌های مطلوبیت متناسب با هر کاربری، چشم‌اندازی از تغییرات آینده کاربری اراضی با استفاده از

در افق آینده کاربری‌ها در این منطقه، توسعه بسیار سریع کاربری شهری از علل عمده افزایش رواناب مستقیم حوضه تشخیص داده شد. در تحقیق دیگری اولمدو^۱ و همکاران [۱۰] جهت ارزیابی کارایی مدل‌های تغییر کاربری زمین، عملکرد مدل سلول‌های خودکار و مدل‌ساز تغییرات زمین^۲ (LCM) را بررسی کردند. در این تحقیق آنها با مقایسه نتایج حاصل از روشهای مذکور و تغییرات موجود در منطقه، سعی در تعمیم نتایج جهت شبیه‌سازی تغییرات برای آینده را داشتند. آنها برای اطمینان از صحت نتایج از واسنجی مدل‌ها در چند تاریخ استفاده کردند.

با توجه به آنچه آمد تحقیق حاضر در پی بررسی نحوه توسعه کاربری‌های مختلف در حوضه زربینه رود (با توجه به تداوم سیاست‌های بهره برداری موجود در منطقه) و در نهایت ارائه چشم‌اندازی از کاربری اراضی در افق ۲۰۲۰ می‌باشد.

۲- مبانی و روش‌ها

در این بخش به تشریح منطقه مطالعاتی و همچنین بیان روش‌های به کار رفته در تحقیق پرداخته شده است.

۲-۱- منطقه مطالعاتی

زیرحوضه آبریز زربینه رود، بزرگترین زیرحوضه درجه ۲ از حوضه دریاچه ارومیه است که در موقعیت $45^{\circ}47'$ تا $47^{\circ}20'$ طول جغرافیایی و $35^{\circ}41'$ تا $37^{\circ}27'$ عرض جغرافیایی قرار دارد. این رودخانه ۴۷ درصد حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه را تامین می‌کند. وسعت این حوضه بالغ بر ۱۲۰۲۵ کیلومتر مربع بوده و رودخانه اصلی آن دارای طول ۳۰۰ کیلومتر می‌باشد (شکل (۱)). همچنین شهرهای

³ TM

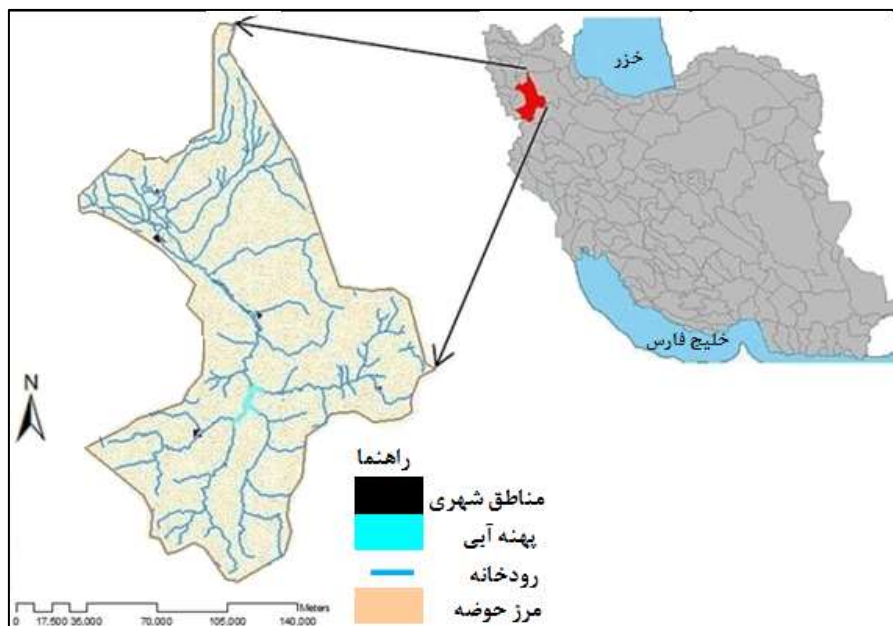
⁴ ETM+

⁵ <http://earthexplorer.usgs.gov>

¹ Olmedo

² Land Change Modeler

روش سلول‌های خودکار به‌دست خواهد آمد. در ادامه به جزئیات مربوط به هر مرحله اشاره می‌گردد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

۲-۳- تعیین ماتریس احتمال کاربری‌ها با استفاده از روش مارکوف

فراهم می‌آورد تا توزیع مساحتی کاربری زمین در انتهای یک دوره زمانی با استفاده از توزیع کاربری در ابتدای دوره و همچنین یک ماتریس تغییر وضعیت که نشان دهنده تغییرات کاربری‌ها در طول دوره زمانی مورد نظر است، پیش‌بینی شود. ماتریس مذکور با توجه به تغییرات مشاهده شده در گذشته به‌دست آمده و برای پیش‌بینی تغییرات در آینده به‌کار می‌رود [۱۵]. با این فرض که برای یک مجموعه از حالات گسسته (انواع کاربری‌ها)، S_1, S_2, \dots, S_n وجود دارد. این فرآیند در یک زمان معین تنها می‌تواند یکی از حالات را داشته باشد. در طول زمان ممکن است کاربری هر سلول از یک حالت به حالت دیگر تبدیل شود. احتمال جابه‌جایی از حالت i به حالت j احتمال انتقال P_{ij} نامیده می‌شود و برای هر ترتیبی از سری حالات داده می‌شود. این احتمال‌ها می‌تواند به شکل ماتریس انتقال P نشان داده شود. این ماتریس به شکل رابطه (۱) است [۱۲]:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & \dots & P_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۱)}$$

مدلسازی مارکوف (زنجیره مارکوف) اساساً یک تکنیک شبیه‌سازی است که برای تحلیل تغییرات کاربری زمین مورد استفاده قرار گرفته است [۱۲]. در این روش احتمال وقوع هر سلول از نقشه کاربری اراضی در فاصله زمانی داده‌شده به صورت زنجیره مارکوف و به زمان گذشته وابسته است [۱۳]. هر زنجیره مارکوف متشکل از تعدادی از وضعیت‌ها^۱ یا حالات می‌باشد. بنابراین مدل‌هایی که بر پایه این روش استوارند، توانایی طبقه‌بندی اطلاعات پیچیده را در قالب جداول تغییر وضعیت، دارند. با استفاده از این روش می‌توان سیستم‌های بسیار پیچیده و مرکب را که در آن فرآیندهای اساسی قابل شناسایی نیستند شبیه‌سازی نمود [۱۴]. روش مارکوف این امکان را

^۱ Transition probabilities

یافتن نقطه تحول احتمالی در سری داده‌ها، استفاده شده است. این روش زمان وقوع تغییر معنی دار در میانگین سری‌های زمانی را مشخص می‌کند. آماره آزمون $U_{t,N}$ که آزمون می‌کند که آیا دو مجموعه نمونه x_1, \dots, x_t و x_{t+1}, \dots, x_N از یک جامعه آماری هستند به صورت رابطه (۲) تعریف می‌گردد [۲۱].

$$U_{t,N} = U_{t-1,N} + \sum_{j=1}^N \text{sgn}(X_t - X_j) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$t=2, \dots, N$$

N در رابطه (۲) تعداد کل مشاهدات، x_t مجموعه اول و x_j مجموعه دوم می‌باشد. تابع علامت نیز بر اساس رابطه (۳) محاسبه می‌شود [۲۲].

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{if } x = 0 \\ -1 & \text{if } x < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه (۳)}$$

آماره آزمون و احتمال وقوع مرتبط با آن توسط روابط (۴ و ۵) محاسبه خواهند شد.

$$K_N = \max_{1 \leq t \leq N} |U_{t,N}| \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$P \cong 2 \exp \left\{ -6(K_N)^2 / (N^3 + N^2) \right\} \quad \text{رابطه (۵)}$$

۳- نتایج

در این بخش نتایج ارائه خواهد شد.

۳-۱- بررسی تغییرات کاربری اراضی

در دوره تاریخی

نقشه کاربری اراضی برای حوضه مورد با استفاده از طبقه‌بندی پیکسل پایه و روش حداکثر فراوانی استخراج شده و در شکل (۳) نشان داده شده است. این روش فرآیندی احتمالاتی است که طی آن پیکسل‌هایی که بیشترین احتمال قرار گیری در یک کلاس را دارند، در آن دسته طبقه‌بندی خواهند شد [۲۳].

از آنجا که عناصر ماتریس غیر منفی هستند و جمع عناصر در هر ردیف برابر ۱ است، هر عنصر از ماتریس یک بردار احتمال نامیده می‌شود و ماتریس P یک ماتریس احتمال است [۱۶].

۲-۴- پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با مدل سلول‌های خودکار

مدل سلول‌های خودکار یک تکنیک مدل‌سازی است که در فضای رستری تعریف می‌شود [۱۷ و ۱۸]. این مدل از پویایی و گسستگی برخوردار است که در مدل‌سازی رخدادهای طبیعی و انسانی به کار می‌رود. فضایی که در آن فرآیند روش سلول‌های خودکار اجرا می‌شود، شبکه سلولی نام دارد. هر سلول و تعدادی سلول در شعاع خاصی از آن، تشکیل یک همسایگی را می‌دهند. شکل (۲) که این همسایگی محل اجرای روش ذکر شده برای هر سلول می‌باشد. در این روش با استفاده از یک سری قوانین (قوانینی که تعیین کننده رفتار سلول‌ها طی فرآیند تکامل بوده و وضعیت آینده سلول را تعریف می‌کنند)، حالات سلول‌ها در طول زمان تغییر می‌کند. در مدل فوق زمان به صورت بازه‌هایی جدا از هم تعریف شده است و تعداد این بازه‌های زمانی بسته به هدف مدل‌سازی، متفاوت می‌باشد [۱۹].

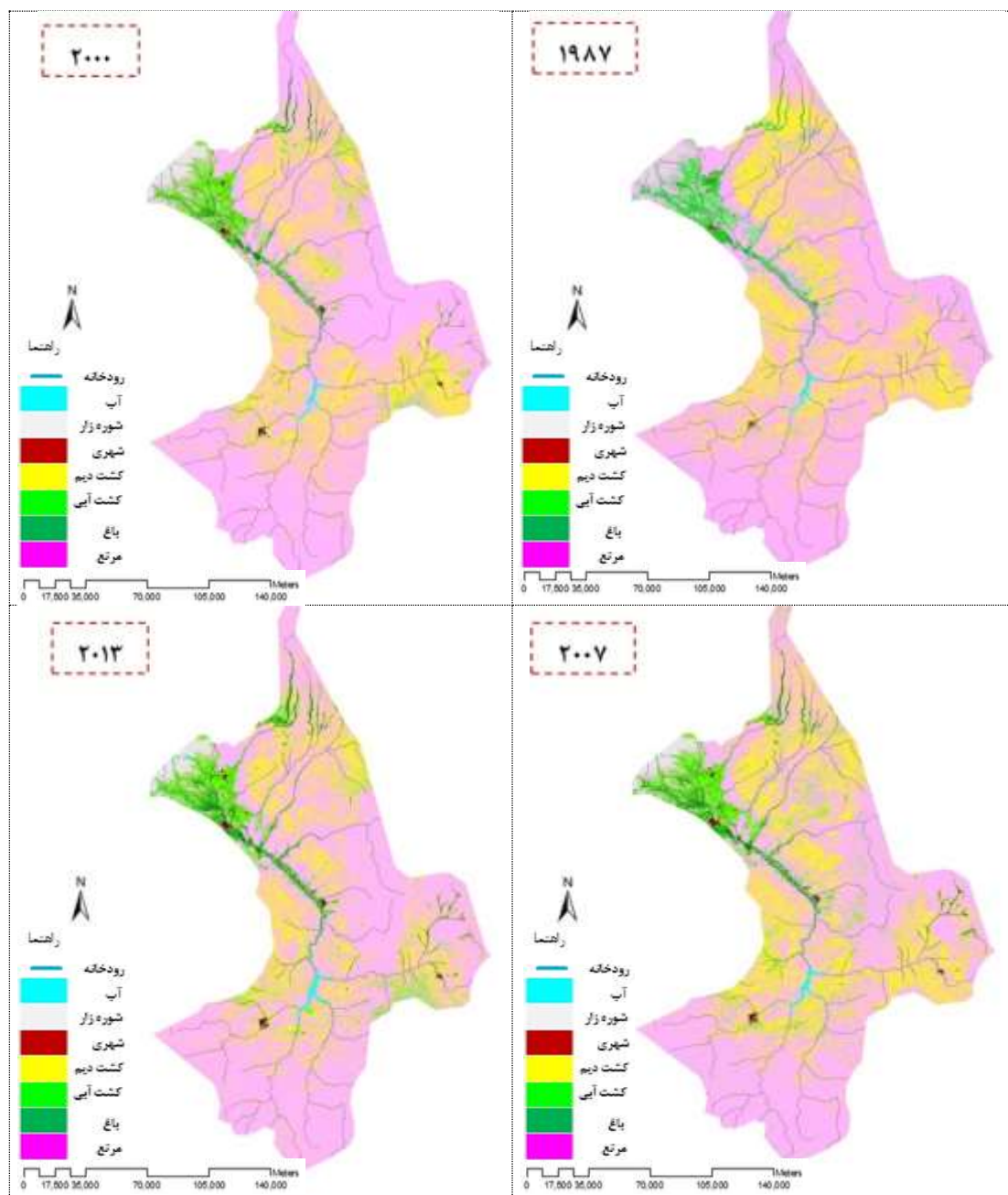


شکل ۲: همسایگی ۳×۳ در مدل دو بعدی

۲-۵- نقطه تحول با استفاده از آزمون پتیت^۱

به منظور بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی با روند هیدرولوژی حوضه آبریز، در این تحقیق از روش غیر پارامتری پیشنهاد شده توسط پتیت [۲۰] جهت ارزیابی روند داده‌های دبی خروجی و همچنین

^۱ Pettett



شکل ۳: نقشه کاربری استخراج شده برای سال‌های مورد مطالعه

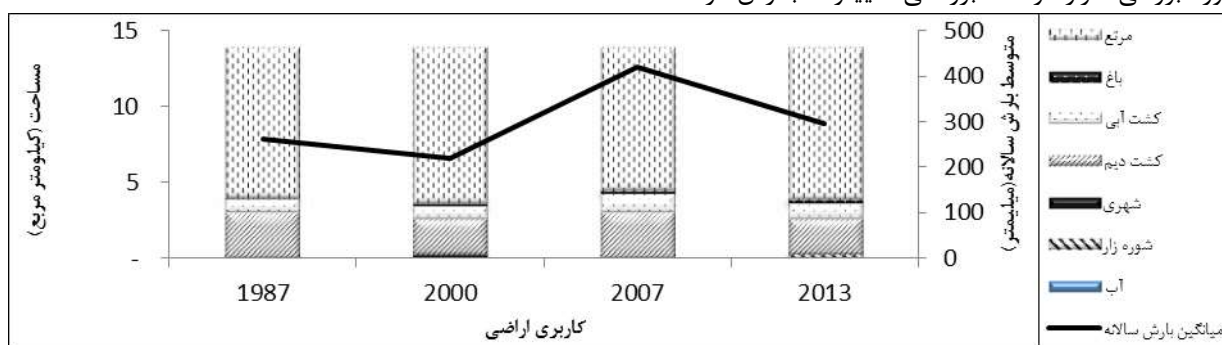
در شهرستان تکاب در سال ۲۰۰۹، کشت آبی در پایین دست سد به سبب فراهم شدن آب کافی، افزایش یافته است. جهت مقایسه هم زمان تغییرات هر کدام از کاربری‌ها، نمودار کلی در شکل (۴) ارائه شده است.

طبق شکل (۴) و جدول (۱)، جهت کلی تغییرات کاربری‌ها از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۳، به گونه‌ای است که

همانطور که در نقشه کاربری در سال‌های مورد مطالعه دیده می‌شود، بیشترین توسعه‌ها مربوط به اراضی کشاورزی و در نواحی اطراف شهرها و در امتداد رودخانه‌ها می‌باشد. در این بین توسعه باغات و کشت آبی مشهود تر می باشد. برای مثال پس از آبیگری و افتتاح سد ساروق (گوگردچی)

حوضه حاکی از آن است که تغییرات بارش در این سال ها روند خاصی ندارد. اما سری زمانی جریان خروجی از حوضه دارای روند معنی داری در سطح احتمال ۹۵ درصد می باشد. طبق نتایج استخراج شده از آزمون پتیت، نقطه تحول سری زمانی دبی خروجی از حوضه در سال ۱۹۹۷ تشخیص داده شد.

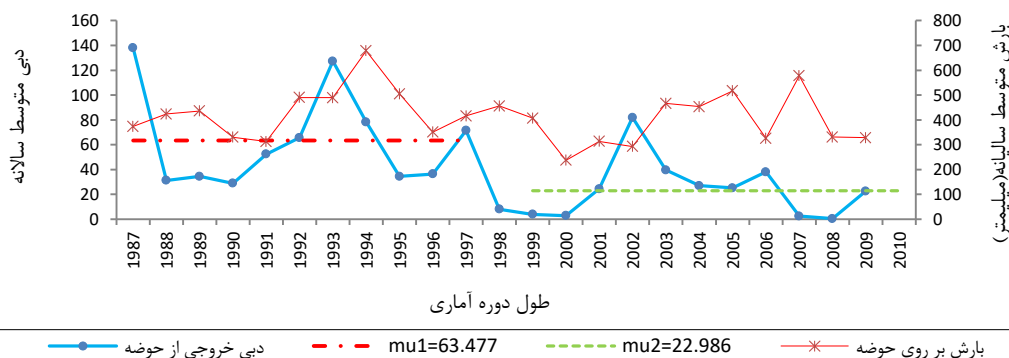
منجر به افزایش کاربری شهری، آبی، شوره زار، باغ، کشت آبی و البته در جهت کاهش کاربری های مرتع و کشت دیم است. به منظور بررسی ارتباط این تغییرات با هیدرولوژی حوضه آبریز روند سری زمانی بارش متوسط و جریان خروجی از حوضه در ایستگاه نظام آباد، شکل (۵)، مورد بررسی قرار گرفت. بررسی تغییرات بارش در



شکل ۴: نمودار مساحت کاربری اراضی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۳

جدول ۱: مساحت کاربری های مختلف در سال های مورد مطالعه

| کاربری | ۱۹۸۷ | | ۲۰۰۰ | | ۲۰۰۷ | | ۲۰۱۳ | |
|----------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| | KM ² | % | KM ² | % | KM ² | % | KM ² | % |
| آب | ۴۶.۷ | ۰/۳۳ | ۳۶.۴ | ۰/۲۶ | ۴۳.۹ | ۰/۳۱ | ۶۳.۹ | ۰/۴۶ |
| شوره زار | ۱۴۱.۵ | ۱/۰۱ | ۲۰۹.۲ | ۱/۴۹ | ۱۵۴.۷ | ۱/۱۰ | ۱۹۷.۳ | ۱/۴۱ |
| شهری | ۳۲.۵ | ۰/۲۳ | ۴۴.۰ | ۰/۳۱ | ۴۵.۰ | ۰/۳۲ | ۶۱.۳ | ۰/۴۴ |
| کشت دیم | ۲۸۹۹.۴ | ۲۰/۶۹ | ۲۳۸۵.۵ | ۱۷/۰۲ | ۲۸۴۳.۵ | ۲۰/۲۹ | ۲۳۲۰.۵ | ۱۶/۵۶ |
| کشت آبی | ۸۱۹.۹ | ۵/۸۵ | ۸۳۲.۱ | ۵/۹۴ | ۱۲۰۹.۱ | ۸/۶۳ | ۱۰۳۴.۴ | ۷/۳۸ |
| باغ | ۱۱۹.۵ | ۰/۸۵ | ۱۶۴.۵ | ۱/۱۷ | ۲۵۹.۲ | ۱/۸۵ | ۲۷۸.۹ | ۱/۹۹ |
| مرتع | ۹۹۵۴.۹ | ۷۱/۰۳ | ۱۰۳۴۲.۶ | ۷۳/۸۰ | ۹۴۵۹.۰ | ۶۷/۴۹ | ۱۰۰۵۷.۹ | ۷۱/۷۷ |



شکل ۵: نمودار متوسط دبی خروجی حوضه زربینه رود

با توجه به تغییرات صورت گرفته در روند کلی دبی خروجی از حوضه، در تحقیق حاضر تغییرات کاربری اراضی در دو دوره (۱۹۸۷ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳) مورد ارزیابی قرار گرفته است.

جدول ۲: درصد تغییرات کاربری‌های مختلف در استان‌های منطقه مورد مطالعه

| آذربایجان شرقی | | | | | | | |
|--|--------|---------|---------|---------|----------|--------|-----------------|
| مرتع | باغ | کشت آبی | کشت دیم | شهری | شوره زار | آب | کاربری اراضی |
| ۱ | ۱۵۸.۴ | ۲۱.۹ | ۸۸.۱ | ۳۶۷.۹ | ۱.۷ | ۱۰۰.۴ | KM ² |
| | ۴/۲ | ۱۸/۶ | ۱۲/۸ | -۲۵/۶ | ۵/۶ | -۴۶/۹ | % |
| ۲ | -۳۳۴.۷ | ۱۰۴.۲ | ۲۳.۶ | ۱۹۵.۹ | ۱۳.۹ | ۷.۹ | KM ² |
| | -۸/۶ | ۷۵ | ۳/۰ | ۱۸/۳ | ۴۳/۷ | -۴/۱ | % |
| آذربایجان غربی | | | | | | | |
| مرتع | باغ | کشت آبی | کشت دیم | شهری | شوره زار | آب | کاربری اراضی |
| ۱ | ۴۳۹.۷ | ۴۶.۵۷ | ۳.۹۵ | -۴۹۴.۵۹ | ۱۰.۳۲ | ۷.۱۷ | KM ² |
| | ۷/۸ | ۶۹/۵ | ۰/۸ | -۲۱/۵ | ۹۱/۹ | -۳۰/۱ | % |
| ۲ | -۴۴.۵ | ۷۱.۸۴ | ۱۸۳.۲۴ | -۲۳۹.۳۲ | ۸.۲۵ | -۶.۱۶ | KM ² |
| | -۰/۷ | ۶۳/۲ | ۳۷ | -۱۳/۳ | ۳۸/۳ | -۱۳/۸ | % |
| کردستان | | | | | | | |
| مرتع | باغ | کشت آبی | کشت دیم | شهری | شوره زار | آب | کاربری اراضی |
| ۱ | ۱۲.۱۲ | -۱۰.۸ | -۵۶.۵۸ | ۴۰.۷۷ | ۶.۲۱ | -۱۰.۱ | KM ² |
| | ۰/۲ | -۲۳/۱ | -۵۶ | ۴/۸ | ۶۱/۵ | -۶۲/۳ | % |
| ۲ | -۳۴.۰ | -۲.۲۵ | ۱۱۱.۶ | -۸۸.۹۷ | ۵.۳۹ | -۰.۵۷ | KM ² |
| | -۰/۶ | -۶۲/۳ | ۲۵۰/۸ | -۱۰ | ۳۳ | -۹۲ | % |
| زنجان | | | | | | | |
| مرتع | باغ | کشت آبی | کشت دیم | شهری | شوره زار | آب | کاربری اراضی |
| ۱ | ۹.۱۱ | ۳.۹۵ | -۱۵.۷۰ | ۲.۳۸ | ۰.۲۴ | ۰.۰۰۸ | KM ² |
| | ۱/۶ | ۳۹۵/۵ | -۸۱/۱ | ۱۰/۹ | ۱۰۵/۸ | ۹۰۰ | % |
| ۲ | -۳۹.۶ | ۷.۱۹ | ۱.۴۱ | ۳۱.۰۸ | -۰.۰۷ | ۰.۰۱۲۶ | KM ² |
| | -۶/۸ | ۱۸۱/۹ | ۳۸/۶ | ۱۲۸/۵ | -۲۶/۷ | ۱/۳ | % |
| عبارات دارای علامت منفی بیانگر کاهش و عبارات بدون علامت منفی، معرف افزایش مقادیر می‌باشد | | | | | | | |

دوره مذکور می‌باشد. همچنین در این دوره شوره‌زار در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی گسترشی ۵۴/۶ و ۱۹/۲ درصدی و در استان کردستان کاهش یافته و بالغ بر ۶۲/۳ درصد داشته است.

باغات به دلیل استفاده از منابع آب زیر زمینی جهت آبیاری آنها همواره نسبت به بارندگی، دیرترین واکنش را در میان سایر کاربری‌ها دارند.

۲-۳- ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در دوره ۱۹۸۷-۲۰۰۰

طبق جدول (۲) در این دوره مساحت کاربری‌های آب و کشت دیم در همه استان‌ها افت محسوسی داشته و کشت آبی نیز تنها در مجموع حدود ۱ درصد رشد دارد. از جمله دلایل اصلی کاهش محسوس کشت دیم در منطقه، کاهش نسبی بارش طی

نداشته‌اند که این امر بیانگر این است که تغییرات کاربری‌های بیشتر تبدیل آنها به یکدیگر بوده و تبادل چندانی با مراتع نداشته‌اند.

۳-۴- ارزیابی روش مارکوف- سلول‌های خودکار در پیش بینی کاربری اراضی

به‌منظور ارزیابی روش مارکوف- سلولهای خودکار در پیش بینی کاربری اراضی، نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳ استخراج شده است. برای این کار ابتدا با استفاده از نقشه کاربری در دو تاریخ متوالی (۱۹۸۷ و ۲۰۱۳) و فاصله زمانی بین آنها، ماتریس احتمال انتقال بین کاربری‌های مختلف از طریق روش مارکوف محاسبه شده است. سپس نقشه‌های مطلوبیت هر کاربری از حیث توسعه آنها تهیه شده است. نقشه‌های مطلوبیت متناسب با روند پیشروی هر کاربری و با توجه به ضریب اهمیت مکانی آنها در جهات مختلف، تولید می‌شوند. پس از انجام فرآیند فوق با استفاده از نقشه پایه کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۷، شکل (۶) به ترتیب نقشه‌های چشم‌انداز کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳ استخراج و با نقشه‌های مشاهداتی مقایسه‌گردید.

به منظور ارزیابی دقت پیش‌بینی‌های انجام شده از ماتریس خطا و شاخص‌های دقت کلی (این شاخص نشان دهنده دقت کل نقشه بوده و برابر است با نسبت مناطق درست طبقه بندی شده به کل منطقه)، خطای تولید کننده (OE)^۱ و خطای مصرف کننده (CE)^۲ و کاپا بری هر کدام از کاربری‌ها استفاده گردید، جدول (۳ و ۴). خطای تولید کننده و مصرف کننده عبارتند از نسبت پیکسل‌های اشتباه طبقه‌بندی شده به کل پیکسل‌ها و برای هر کاربری قابل محاسبه می‌باشد. شاخص کاپا نیز جهت اندازه گیری میزان توافق بین نقشه کاربری تولید شده و مشاهداتی می‌باشد [۲۴].

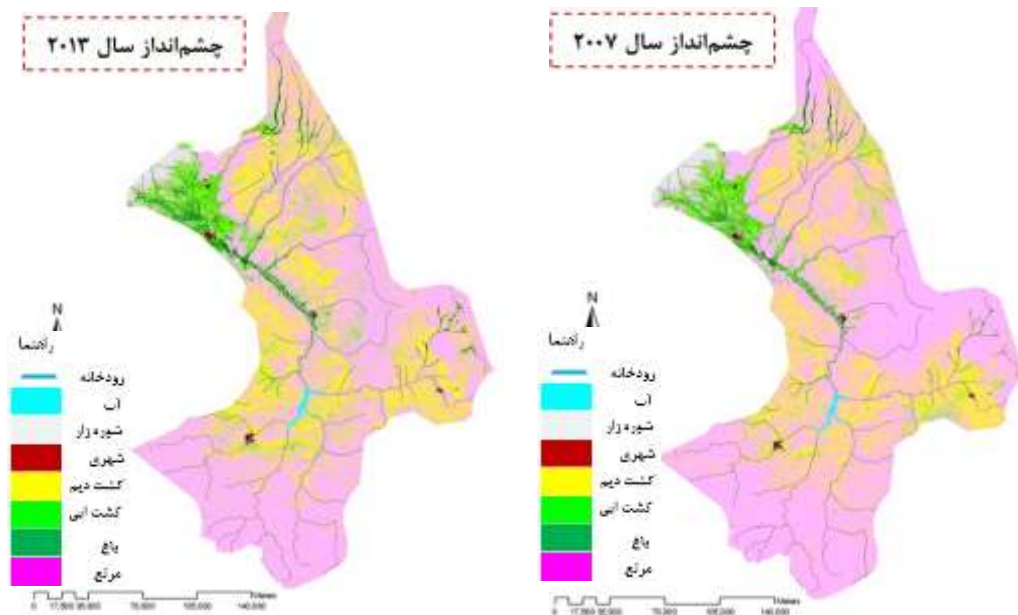
در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی و همچنین زنجان افزایش باغات و در استان کردستان ۲۳/۱ درصد کاهش دارند. در این بین تغییرات حاصل شده در مساحت کاربری‌هایی همچون کشت دیم، کشت آبی، شوره‌زار و مرتع، به خوبی اثر کم آبی در دوره مذکور را تایید می‌نمایند.

۳-۳- ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در دوره ۲۰۱۳-۲۰۰۰

در این دوره میزان بارش‌ها قدری افزایش یافته و دبی خروجی از حوضه نیز دارای روند یکنواخت‌تری نسبت به دوره قبل می‌باشد. همانطور که از نقشه کاربری موجود در شکل (۳) و همچنین نمودار شکل (۴) نیز مشاهده می‌شود، همه کاربری‌ها رشد مثبتی داشته و در عوض شوره‌زار و مرتع با کاهش مساحت، نسبت به دوره قبل مواجه هستند. با توجه به نمودار تغییرات کاربری در دوره دوم، در همه استان‌ها به جز زنجان افزایش مساحت کاربری آبی (درصد تغییرات در جدول (۲)) و کاهش مناطق شوره‌زار به چشم می‌خورد. کشت دیم در استان‌های زنجان و آذربایجان شرقی به ترتیب ۱۲۸/۵ و ۱۸ درصد نسبت به سال ۲۰۰۰ افزایش داشته و این در حالیکه در آذربایجان غربی و کردستان کاهش ۱۳/۳ و ۱۰ درصدی دارند. کشت آبی در این دوره در تمامی استان‌ها با افزایش روبرو می‌باشد. این افزایش به ترتیب برای استان‌های آذربایجان شرقی، غربی، کردستان و زنجان به میزان ۳، ۳۷، ۲۵۰/۸ و ۳۸ درصد بوده که بیشترین افزایش مربوط به استان کردستان است. مانند دوره اول در این دوره نیز باغات توسعه بیشتری داشته‌اند به‌طوری که در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی ۷۵ و ۶۳/۲ درصد و در استان زنجان نیز ۱۸۱ درصد افزایش سطح داشته‌اند این نسبت برای استان کردستان کاهشی و به میزان ۶۲/۳ درصد بوده است. با توجه به جدول (۲) مراتع موجود در هر استان تغییرات زیادی

¹ Operator error

² Consumer error



شکل ۶: نقشه‌های چشم انداز استخراج شده از طریق روش CA_MARKOV

جدول ۳: ماتریس خطا و شاخص کاپای کلی و جزئی سال ۲۰۰۷

| چشم انداز / مشاهده | آب | شوره زار | شهری | کشت دیم | کشت آبی | باغ | مرتع | جمع | CE | کاپا |
|--------------------|----------|----------|-------|---------|---------|--------|----------|----------|------|------|
| آب | ۲۱۳۰۷۰۹۹ | ۱۱۶۹ | ۳۲ | ۴۱۴ | ۲۵۷۱ | ۱۱۸۳ | ۵۶۷۴ | ۲۱۳۱۸۱۴۲ | ۰/۰۰ | ۰/۹۹ |
| شوره زار | ۱۳۸۶ | ۱۵۲۱۰۵ | ۲۵۷۱ | ۱۲۰۷ | ۲۰۱۱۸ | ۷۱۳ | ۷۵۷۸۴ | ۲۵۳۸۸۴ | ۰/۴ | ۰/۸۹ |
| شهری | ۲۵۱ | ۶۶۱ | ۳۰۳۱۰ | ۱۰۸۳ | ۹۸۵۸ | ۱۶۹۶ | ۱۴۳۱۸ | ۵۸۱۷۷ | ۰/۴۷ | ۰/۶ |
| کشت دیم | ۱۱۰ | ۷۹۸ | ۷۷۹ | ۱۴۹۸۸۱۶ | ۱۰۹۷۳۴ | ۱۳۰۱ | ۸۷۷۲۵۱ | ۲۴۸۸۷۸۹ | ۰/۳۹ | ۰/۴۳ |
| کشت آبی | ۲۲۲۲ | ۵۳۲۴ | ۷۵۱۷ | ۱۰۵۵۴۰ | ۴۷۰۶۴۰ | ۱۳۶۵۷۴ | ۲۳۲۵۲۱ | ۹۶۰۳۳۸ | ۰/۵ | ۰/۳۳ |
| باغ | ۱۵۶۳ | ۲۵ | ۱۸۴ | ۱۰۹۲۵ | ۱۲۷۰۳۱ | ۱۱۷۴۷۵ | ۲۰۹۶۰ | ۲۷۸۱۶۳ | ۰/۵۷ | ۰/۴ |
| مرتع | ۶۲۱۲ | ۹۶۵۸ | ۸۵۷۳ | ۱۵۳۷۳۶۴ | ۵۹۹۲۵۱ | ۲۸۱۹۲ | ۹۲۵۰۹۸۴ | ۱۱۴۴۰۲۳۴ | ۰/۱۹ | ۰/۸۳ |
| جمع | ۲۱۳۱۸۸۴۳ | ۱۶۷۹۴۰ | ۴۹۹۶۶ | ۳۱۵۵۳۴۹ | ۱۳۳۹۲۰۳ | ۲۸۷۱۳۴ | ۱۰۴۷۷۴۹۲ | ۳۶۷۹۷۷۲۷ | | |
| OE | ۰ | ۰/۱ | ۰/۴ | ۰/۵۲ | ۰/۶۵ | ۰/۵۹ | ۰/۱۲ | | ۰/۱۰ | |
| کاپا | ۰/۹۹ | ۰/۶ | ۰/۵۲ | ۰/۵۶ | ۰/۴۷ | ۰/۴۱ | ۰/۷۳ | | | ۰/۸۱ |

جدول ۴: ماتریس خطا و شاخص کاپای کلی و جزئی سال ۲۰۱۳

| چشم انداز مشاهده | آب | شوره زار | شهری | کشت دیم | کشت آبی | باغ | مرتج | جمع | CE | کاپا |
|---------------------|----------|----------|-------|---------|---------|--------|----------|----------|------|------|
| آب | ۲۱۳۱۷۰۵۱ | ۱۲۲۰ | ۱۱ | ۲۹۵ | ۲۵۵۳ | ۱۲۴۰ | ۴۰۵۸ | ۲۱۳۲۶۴۲۸ | ۰ | ۰/۹۹ |
| شوره زار | ۲۶۸۲ | ۱۶۴۹۷۸ | ۱۵۷۸ | ۷۴ | ۸۴۸۱ | ۳۵ | ۱۶۱۰۵ | ۱۹۳۹۳۳ | ۰/۱۴ | ۰/۸۴ |
| شهری | ۲۰۱ | ۱۶۶۴ | ۳۹۲۴۵ | ۶۶۵ | ۹۲۳۰ | ۱۵۸۰ | ۶۶۳۳ | ۵۹۲۱۸ | ۰/۳۳ | ۰/۶۶ |
| کشت دیم | ۶۰۶ | ۳۱۸ | ۱۰۷۷ | ۱۵۲۵۶۱۳ | ۱۶۳۷۵۸ | ۱۰۹۹۸ | ۱۲۹۳۹۷۸ | ۲۹۹۶۳۴۸ | ۰/۴۹ | ۰/۴۷ |
| کشت آبی | ۵۹۶۸ | ۱۹۸۲۲ | ۱۱۹۰۱ | ۱۴۸۸۸۹ | ۵۷۱۵۶۰ | ۱۰۵۷۴۱ | ۵۱۴۳۹۴ | ۱۳۷۸۲۷۵ | ۰/۵۸ | ۰/۳۹ |
| باغ | ۳۸۹۳ | ۱۱۸ | ۶۵۷ | ۹۰۸۸ | ۱۶۰۱۸۲ | ۱۸۳۴۲۵ | ۲۵۵۷۷ | ۳۸۲۹۴۰ | ۰/۵۲ | ۰/۴۷ |
| مرتج | ۱۰۶۴۵ | ۲۸۷۲۸ | ۱۳۶۶۱ | ۸۹۰۳۲۹ | ۲۲۹۱۵۸ | ۶۱۶۰ | ۹۲۸۱۹۰۴ | ۱۰۴۶۰۵۸۵ | ۰/۱۱ | ۰/۸۳ |
| جمع | ۲۱۳۴۱۰۴۶ | ۲۱۶۸۴۸ | ۶۸۱۳۰ | ۲۵۷۴۹۵۳ | ۱۱۴۴۹۲۲ | ۳۰۹۱۷۹ | ۱۱۱۴۲۶۴۹ | ۳۶۷۹۷۷۲۷ | | |
| OE | ۰ | ۰/۲۴ | ۰/۴۲ | ۰/۴ | ۰/۵ | ۰/۴ | ۰/۱۷ | | ۰/۱ | |
| کاپا | ۰/۹۹ | ۰/۷۶ | ۰/۵۷ | ۰/۵۵ | ۰/۴۸ | ۰/۵۹ | ۰/۷۶ | | | ۰/۸۲ |

مقایسه نتایج حاصل از روش تلفیقی مارکوف و سلول‌های خودکار، مساحت مربوط به هر یک از کاربری‌های پیش بینی شده، با میزان مساحت همان کاربری، در نقشه‌ای که از قبل استخراج شده، ارائه گردیده است. جداول مربوطه در زیر نشان داده شده است.

همانطور که در جداول (۳ و ۴) نیز دیده می‌شود، میزان خطای کلی در نقشه سال ۲۰۰۷ به میزان ۰/۱۰۷۹ بوده و این خطا در سال ۲۰۱۳ به ۰/۱۰۰۹ کاهش یافته است. همچنین میزان شاخص کاپا در سال ۲۰۰۷، ۰/۸۱ و در سال ۲۰۱۳، ۰/۸۲ است که از دقت قابل قبولی برخوردار است. جهت

جدول ۵: مساحت و مشخصات چشم انداز سال ۲۰۰۷

| درصد تفاضل | تفاضل چشم انداز و واقعیت | مساحت (KM ²) | کاربری | ردیف |
|------------|--------------------------|--------------------------|----------|------|
| ۳۳ | ۰.۱ | ۴۹.۳۳ | آب | ۱ |
| ۱۴ | ۷۵.۷ | ۲۲۸.۴ | شوره زار | ۲ |
| -۲۶ | ۷.۳۹ | ۵۲.۳۳ | شهری | ۳ |
| -۳۹ | -۵۹۹.۵ | ۲۲۳۸.۹۸ | کشت دیم | ۴ |
| -۳ | -۳۴۰.۸ | ۸۶۳.۹۴ | کشت آبی | ۵ |
| ۸ | -۸.۰۷ | ۲۵۰.۲۴ | باغ | ۶ |
| ۳۳ | ۸۶۵.۱ | ۱۰۲۹۱.۹۶ | مرتج | ۷ |

با قدری خطا همراه بوده است. همچنین کاربری‌های آبی، شهری، شوره‌زار و مرتج برای سال ۲۰۱۳، تا حد قابل قبولی درست

برای سال ۲۰۰۷ کاربری‌های آبی، شهری، باغ و مرتج با میزان اختلاف کمتری نسبت به نقشه اصلی برآورد شده‌اند و برای کاربری‌های کشت دیم و آبی به دلیل نحوه پراکنش و نزدیکی این دو به هم،

۲۰۱۳، اقدام به استخراج نقشه چشم انداز کاربری اراضی در سال ۲۰۲۰، شکل (۷) می‌شود. مساحت کاربری‌های مختلف و همچنین میزان تغییرات پیش بینی شده نسبت به سال ۲۰۱۳، در جدول (۷) آمده‌است.

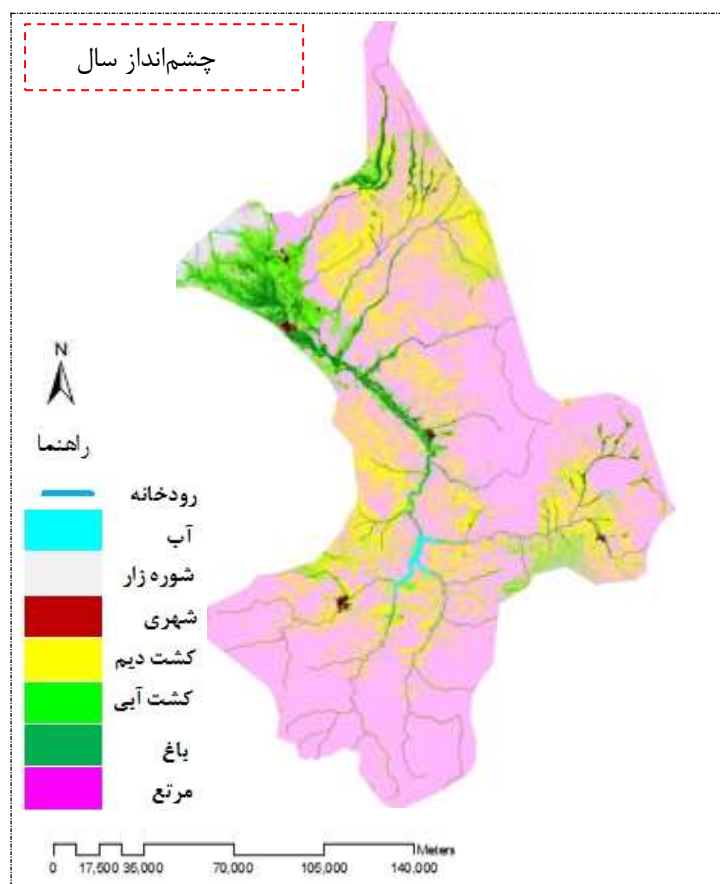
به‌دست آمده است در صورتی که کشت دیم و آبی مانند سال ۲۰۰۷ با میزان خطای کمتر همراه بوده‌اند.

۳-۵- پیش‌بینی کاربری اراضی در افق ۲۰۲۰

پس از ارزیابی‌های فوق و حصول اطمینان از نحوه کارکرد مدل، با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال

جدول ۶: مساحت و مشخصات چشم انداز سال ۲۰۱۳

| ردیف | کاربری | مساحت (KM ²) | تفاضل چشم انداز و واقعیت | درصد تفاضل |
|------|----------|--------------------------|--------------------------|------------|
| ۱ | آب | ۵۶.۷۹ | -۱۲.۴۱ | -۲۱ |
| ۲ | شوره زار | ۱۷۴.۴۶ | -۲۰.۶ | -۱۱ |
| ۳ | شهری | ۵۳.۲۷ | -۸.۰۱ | -۱۵ |
| ۴ | کشت دیم | ۲۶۹۵.۵۹ | ۳۷۹.۱۹ | ۱۴ |
| ۵ | کشت آبی | ۱۲۳۹.۹۳ | ۲۰۹.۹ | ۱۷ |
| ۶ | باغ | ۳۴۴.۵ | ۶۶.۳۵ | ۱۹ |
| ۷ | مرتع | ۹۴۱۰.۶۳ | -۶۱۴.۴۹ | -۶ |



شکل ۷: نقشه چشم انداز استخراج شده برای سال ۲۰۲۰

جدول ۷: مساحت کاربری‌های سال ۲۰۲۰ و تفاضل آن با سال ۲۰۱۳

| درصد تفاضل | تفاضل ۲۰۲۰ و ۲۰۱۳ | مجموع مساحت (کیلومتر مربع) | کاربری | ردیف |
|------------|-------------------|----------------------------|----------|------|
| ۸/۶ | ۶.۵۵ | ۷۵.۷۹ | آب | ۱ |
| -۱۸ | -۳۱.۰۳ | ۱۶۴.۰۴ | شوره زار | ۲ |
| ۰/۱ | ۰.۰۹ | ۶۱.۳۸ | شهری | ۳ |
| ۸/۸ | ۲۲۴.۰۶ | ۲۵۴۰.۴۶ | کشت دیم | ۴ |
| ۱۴/۵ | ۱۷۵.۷۷ | ۱۲۰۵.۷۳ | کشت آبی | ۵ |
| ۲۶ | ۹۷.۷۶ | ۳۷۵.۹۱ | باغ | ۶ |
| -۴/۹ | -۴۷۳.۲۵ | ۹۵۵۱.۸۷ | مرتع | ۷ |

به مراتب افزوده شده است اما در دوره دوم اراضی تحت کشت دیم افزایش مساحتی بالغ بر ۱۲۳/۵ کیلومتر مربع را داشته‌اند. نتایج حاصل از ارزیابی کیفیت نقشه‌های چشم انداز بدست آمده (۲۰۱۳ و ۲۰۰۷) از روش تلفیقی سلول‌های خودکار و فرآیند مارکوف، حاکی از توانایی بالای روش‌های مذکور جهت شبیه‌سازی چشم‌انداز کاربری اراضی می‌باشد. در این روش‌ها با توجه به عوامل موثر مکانی و همچنین روند تغییرات صورت گرفته در دو تاریخ متوالی، چشم‌انداز کاربری‌ها استخراج شده و اثر عوامل اقلیمی و یا محیطی در تعیین نحوه توسعه کاربری‌ها دخالت داده نمی‌شود. این ویژگی‌ها به‌نوعی خطای ایجاد شده در پیش‌بینی‌ها را توجیه پذیر ساخته‌اند.

در چشم انداز ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۳، رشد و توسعه کاربری‌های کشت آبی (۱۴/۵٪)، دیم (۸/۸٪)، باغات (۲۶٪)، شهری (۰/۱٪) و پهنه‌های آبی (۸/۶٪) بوده و از طرفی کاهش مراتع (۴/۹٪) و شوره‌زارها (۱۸٪) نیز به چشم می‌خورد. تغییرات پیش‌بینی شده ناشی از توسعه منطقه مورد مطالعه و استفاده از منابع بیشتر در جهت افزایش سطح زیر کشت می‌باشد.

طبق جدول (۷) و پیش بینی انجام شده، رشد و توسعه اراضی کشاورزی اعم از کشت دیم، کشت آبی و باغات به صورتی نامتقارن بوده و در این بین کاربری‌های شهری و پهنه‌های آبی از گسترشی به‌مراتب کمتر برخوردار خواهند بود. همچنین با گسترش اراضی تحت کشت انتظار می‌رود تا از سطح اراضی مرتعی منطقه کاسته شود. این میزان تصرف اراضی مرتعی نسبت به سال ۲۰۱۳، ۴/۹ درصد خواهد بود. در این سال همچنین ۳۱/۳ کیلومتر مربع از مساحت اراضی شوره‌زار نسبت به سال ۲۰۱۳، کاسته می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

پس از ارزیابی تغییرات ایجاد شده در طول سال‌های مورد مطالعه، آنچه از تفکیک مکانی کاربری‌ها در استان‌های مختلف دیده شد، نشان از افزایش سطح زیر کشت آبی (۱۹/۸ کیلومتر مربع برای دوره اول و ۳۱۹/۹ کیلومتر مربع برای دوره دوم)، شهری (۱۸/۴ کیلومتر مربع برای دوره اول و ۸۸/۳ کیلومتر مربع برای دوره دوم) و همچنین باغات (۷۱/۴ کیلومتر مربع برای دوره اول و ۲۵۷/۹ کیلومتر مربع برای دوره دوم) دارد. سایر کاربری‌ها در این دو دوره در نوسان بوده و به مراتب موجود در منطقه اضافه و یا از آن کم شده‌اند. بطور مثال در دوره اول از میزان کشت دیم کاسته شده و بنا بر شرایط ریزش‌های جوی در منطقه، این کاربری

مراجع

- [1] A. Bronstert, D. Niehoff, and G. Bürger, "Effects of climate and land - use change on storm runoff generation: present knowledge and modelling capabilities", *Hydrological Processes*, 16(2), 509-529, 2002.
- [2] B. Ott, and S. Uhlenbrook, "Quantifying the impact of land-use changes at the event and seasonal time scale using a process-orientated catchment model", *Hydrol Earth Syst Sci*, 8, 62-78, 2004.
- [3] D. Kaimowitz, and A. Angelsen, "Economic models of tropical deforestation", a review. Cifor, 1998.
- [4] T. Wrba, K. H. Erb, N. B. Schulz, J. Peterseil, C. Hahn, and H. Haberl, "Linking pattern and process in cultural landscapes. An empirical study based on spatially explicit indicators", *Land use policy*, 21(3), 289-306, 2004.
- [5] A. Bahremand, F. Smedt, J. Corluy, Y. Liu, J. Porov, L. Velcick, and E. Kunikova, "Application of wetSpa model for assessing land use impacts on floods in the MargecanyHornad watershed, Slovakia", *Water Science & Technology*, 53(10), 37-45, 2006.
- [6] C. McColl, and G. Aggett, "Land-use forecasting and hydrologic model integration for improved land-use decision support", *Journal of environmental management*, 84(4), 494-512, 2007.
- [7] N. Stephenne, and E. F. Lambin, "A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU)", *Agriculture, ecosystems & environment*, 85(1), 145-161, 2001.
- [8] S. Goldavi, "Comparision of logistic regression and Geomod in land cover change modeling and vegetation and effect of change on water (case study: Gorgan)", *Doctoral dissertation, M. Sc thesis. Department of Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 2011.
- [9] H. Memarian, S. K. Balasundram, K. C. Abbaspour, J. B. Talib, C. T. Boon Sung, and A. M. Sood, "SWAT-based hydrological modelling of tropical land-use scenarios", *Hydrological Sciences Journal*, 59(10), 1808-1829, 2014.
- [10] M. T. C. Olmedo, R. G. Pontius, M. Paegelow, and J. F. Mas, "Comparison of simulation models in terms of quantity and allocation of land change", *Environmental Modelling & Software*, 69, 214-221, 2015.
- [11] H. Ahmadzadeh, "Evaluating the efficiency of agricultural water use SWAT model (case study: Zarineh road)", *M. Sc thesis, Tarbiat Modares University*, 2013.
- [12] H. Briassoulis, *Analysis of changes in land use patterns*, Tehran: Azarakhsh, 2000.
- [13] S. A. Sisson, Y. Fan, and M. M. Tanaka, "Sequential monte carlo without likelihoods", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(6), 1760-1765, 2007.
- [14] H. Balzter, "Markov chain models for vegetation dynamics", *Ecological Modelling*, 126(2), 139-154, 2000.
- [15] D. G. Brown, B. C. Pijanowski, and J. D. Duh, "Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA", *Journal of Environmental Management*, 59(4), 247-263, 2000.
- [16] W. A. Clark, "Markov chain analysis in geography: an application to the movement of rental housing areas", *Annals of the Association of American Geographers*, 55(2), 351-359, 1965.
- [17] D. Mitsova, W. Shuster, and X. Wang, "A cellular automata model of land cover change to integrate urban growth with open space conservation", *Landscape and Urban Planning*, 99(2), 141-153, 2011.
- [18] R. White, G. Engelen, and I. Uljee, "The use of constrained cellular automata for high-resolution modelling of urban land-use

- dynamics", Environment and planning, B, 24, 323-344, 1997.
- [19] R. Rezazadeh, and M. Mirahmadi, "A cellular automaton, a new urban growth modeling", Journal of Technology Education, 4(1), 47-55, 2011.
- [20] A. N. Pettitt, "A Non-parametric Approach to the Change-point Problem", Appl. Statist, 28, 126-135, 1979.
- [21] P. Gao, X. M. Mu, F. Wang, and R. Li, "Changes in streamflow and sediment discharge and the response to the human activities in the middle reaches of the Yellow River", Hydrol. Earth. Syst. Sci, 15, 1-10, 2011.
- [22] M. Ghodusi, "The effects of changing patterns of rainfall, land use and exploitation of Aji Chay Dam and its catchment hydrology pump on Urmia Lake", M. Sc thesis, Tarbiat Modares University, 2014.
- [23] N. S. Pannu, and R. J. Read, "Improved structure refinement through maximum likelihood", Acta Crystallographica Section A: Foundations of Crystallography, 52(5), 659-668, 1996.
- [24] M. A. Zare Chahooki, L. Khalasi Ahvazi, and H. Azar Nivand, "Plant species distribution modeling based on soil and topographical factors using logistic regression method in Semnan rangeland East", Iranian Journal of Natural Resources, 67(1), 45-59, 2015.



Evaluation of landscape changes in Horizon 2020 cultivation of agricultural land in the basin Zareneh using a combination Markov and cellular automation

Gholam Abbas Sohooli¹, Majid Delavar^{*2}, Mohsen Ghamary Asl³

1- MSc. Student, Tarbiat Modares University

2- Assistant Professor, Tarbiat Modares University

3- PhD of Civil Eng., Khajeh Nasiroddin Tusi University

Abstract

Cultivation of agricultural land in the basin Zareneh has changed over the years and as one of the main reasons for reducing the inflow to Lake Urmia has been raised. Due to the possible development, Estimation of prospects of changes in the basin can play in key role in taking effective decisions and provide guidelines for dealing with the environmental crisis Lake Urmia is facing with. In this study has been tried to extract and assess the historical changes in land use in the Zareneh basin using satellite images and a projection of the future land use changes has been provided. In this regard, a combined of CA-MARKOV method was used. Results show that between 2000 and 2013, on average, most of changes lean toward increase in land use, such as irrigated agriculture (40%) and gardens (57%) and also to reduce pasture land (5%) and dryland farming (10%). This trend has also been observing for horizon of year 2020.

Key words: Land use, Prediction, Cellular automata, Zarrineh Roud.

Correspondence Address :

Tel :

Email: