



## پیش بینی تغییرات کاربری / پوشش اراضی با مدل CA مارکوف (مطالعه موردی: رودخانه آق‌بلاغ)

ندا کاوه<sup>۱\*</sup>، عطاالله ابراهیمی<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد

### مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۱۴ آبان ۱۳۹۱

پذیرش: ۹ اردیبهشت ۱۳۹۲

دسترسی اینترنتی: ۵ شهریور ۱۳۹۲

واژه‌های کلیدی:

پایش تغییرات

شبیه‌سازی

مدل CA مارکوف

عملیات تلفیق

رودخانه آق‌بلاغ

### چکیده

این مطالعه با هدف بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات آینده پوشش در اراضی حاشیه رودخانه آق‌بلاغ با طول ۶۵ کیلومتر انجام گردید. نقشه کاربری و پوشش با استفاده از داده‌های عکس‌های هوایی (۱۳۳۵، ۱۳۴۸ و ۱۳۷۷) و تصاویر ماهواره‌ای (۱۳۸۵) تهیه گردید. سپس اراضی حاشیه رودخانه، حاشیه مرطوب و کاربری‌های کشاورزی حاشیه رودخانه و اراضی عاری از پوشش گیاهی اطراف آن ترسیم و نقشه‌های پوشش اراضی برای سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۴۸، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۵ تهیه گردید. از روش تلفیق (Cross) میزان توانایی مدل تست شد و صحت نقشه‌های تولیدی با استفاده از شاخص کاپا تعیین گردید. با استفاده از مدل CA-Markov، وضعیت کلاس‌های زمین برای ۱۰ سال آینده (سال ۱۳۹۵) پیش‌بینی شد. نتایج حاصل از ماتریس پیش‌بینی تغییرات بر مبنای نقشه سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۵ نشان داد که احتمال می‌رود در فاصله‌ی زمانی ۱۳۹۵-۱۳۸۵، ۶۰ درصد حاشیه مرطوب، ۲۶/۶ درصد رودخانه، ۵۸/۸ درصد زمین‌های لخت و ۹۸/۱ درصد از اراضی کشاورزی بدون تغییر باقی بمانند. به بیانی دیگر، کاربری کشاورزی پایداری زیاد و رودخانه پایداری کمی خواهد داشت.

\* Nedakaveh@ymail.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

## مقدمه

نوار مرطوب اطراف رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، چشمه‌ها، جویبارها و یا هر جایی آب در جریان است را حاشیه مرطوب گویند (۹). به پوشش گیاهی رشد کرده در طول آنها، گیاهان حاشیه مرطوب گفته می‌شود (۸). حاشیه مرطوب رودخانه‌ها دارای پایدارترین پوشش گیاهی است که باعث حفاظت کناره رودخانه از فرسایش (۱۱)، بهبود کیفیت آب رودخانه از طریق تصفیه آلودگی‌های حاصل از هرزآب کشاورزی (۷)، غنی شدن آب از نظر مواد غذایی، متعادل نگه داشتن درجه حرارت و تنظیم رشد گیاهان آبرزی، تولید علوفه دامی، ایجاد مکان مناسب زیست برای حیات وحش و ماهی‌ها می‌شوند (۶).

ارزش اراضی حاشیه رودخانه از نظر اکولوژیکی و هیدرولوژیکی بخوبی درک نشده و به دلیل تخریب پوشش گیاهی این اراضی از طریق عملیات کشاورزی (۱۳)، سدسازی و تغییر کاربری (۱۲) و عملیات شهرسازی (۲۰) هر ساله بخش مهمی از این اراضی کاهش می‌یابد که این امر باعث بروز خسارات جبران‌ناپذیری در آینده خواهد شد.

در دنیای امروز از فناوری سنجش از دور و GIS جهت برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمد منابع طبیعی، کشاورزی، محیط زیست و مدیریت شهری استفاده فراوان می‌شود. آشکارسازی تغییرات و همچنین پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی دید کلی برای مدیریت بهتر منابع طبیعی و حفاظت اراضی حاشیه رودخانه و اتخاذ تدابیر سیاست‌های درازمدت بسیار مؤثر است. روش‌های زیادی برای مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که می‌توان به مدل آماری، مدل هیبرید، مدل تکاملی، مدل سیستم و مدل Cellular اشاره کرد. مدل Cellular شامل مدل‌های مارکوف و CA است (۱۸). زنجیره مارکوف یکسری از مقادیر تصادفی است که احتمالات در یک فاصله زمانی به تعداد آن مقدار در زمان گذشته بستگی دارد. به صورت تئوری قسمت معینی از زمین ممکن است در هر زمان از یک گروه کاربر زمین به هر یک از کاربری‌های دیگر تبدیل شود. آنالیز مارکوف ماتریس‌هایی را بکار می‌برد که تمامی تغییرات کاربری زمین میان تمامی گروه‌های منحصربفرد کاربری زمین را نمایش می‌دهد (۱۷). توانایی مدل CA مارکوف به طور وسیع در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین (۲)،

۵، ۷ و ۱۶)، پیش‌بینی رشد شهری و شهرنشینی (۱) و پیش‌بینی وضع هوا شناخته شده است. اگرچه این مطالعات یک دیدگاه مهمی به مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های محیطی در محیط مدل CA مارکوف ارائه دادند، ولی نتایج شبیه‌سازی فاقد ارزیابی دقت و اعتبار مدل هستند. تعدادی از محققان برای اعتبارسنجی (دقت) مدل از عملیات Cross بین نقشه واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل CA مارکوف استفاده کردند (۱۴ و ۲۱). دیگر محققان روی اثرات پارامترهای مختلف مدل مانند سایز سلول و نوع سلول همسایگی متمرکز شدند، نتایج این مطالعات نشان داد که مدل مارکوف به سایز سلول و نوع آن پاسخ متفاوتی نشان می‌دهد و هر چه سایز سلول کوچک‌تر باشد دقت مدل بیشتر است (۱۵ و ۱۹).

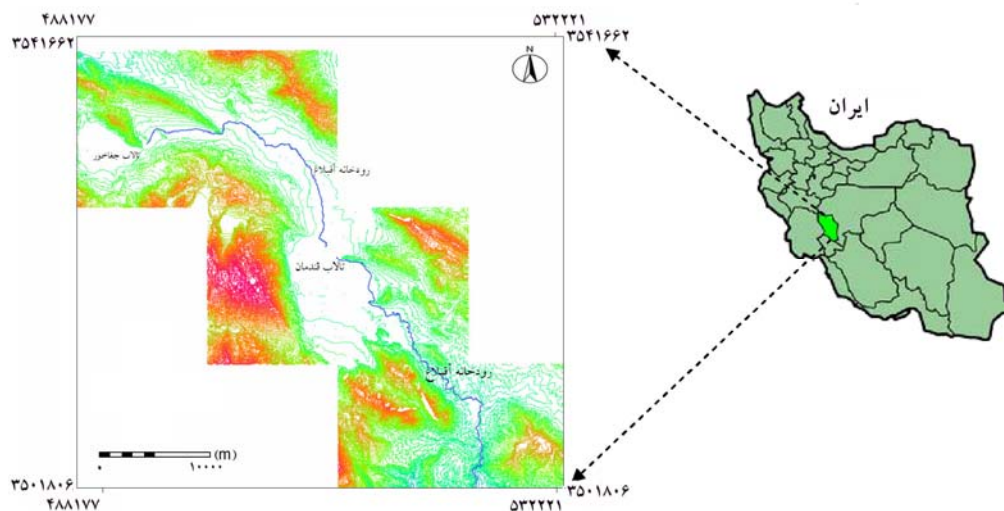
فلاح‌تکار و همکاران (۴) به بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی در شهر اصفهان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد، در صورت ثابت ماندن فرآیندهای تغییر پوشش اراضی در منطقه، مدل فوق با اعتباری حدود ۷۰٪ به پیش‌بینی تغییرات در ۲۴ سال آینده (سال ۱۴۰۴) می‌پردازد.

رودخانه آقبلاغ به عنوان یکی از رودخانه‌های مهم استان چهارمحال و بختیاری که از حوضه بالادست تالاب بین‌المللی چغاقور سرچشمه می‌گیرد که در اثر دخالت‌های انسانی از یک طرف و تغییرات اقلیمی از طرف دیگر دست‌خوش تغییرات قابل توجهی در ۵ دهه گذشته شده است. که این تغییرات (از نظر پهنای رودخانه و حاشیه مرطوب آن) موجب تغییر بسیاری از ویژگی‌های دیگر رودخانه‌ها نظیر قدرت فرساینده‌گی و میزان تخریب کناره‌ها، دبی لحظه‌ای رودخانه، تغییر شرایط زندگی موجودات زنده آن و ... می‌گردد که از اهمیت زیادی برخوردارند. از این رو اهمیت پیش‌بینی تغییرات رودخانه برای ۱۰ سال آینده (سال ۱۳۹۵) آشکار می‌گردد. هدف از این تحقیق بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش‌بینی نقشه پوشش سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۵ و مقایسه آن‌ها با نقشه‌های واقعی با استفاده از روش تلفیقی و پیش‌بینی تغییرات آتی پوشش زمین (سال ۱۳۹۵) با توجه به روند قبلی تغییرات می‌باشد.

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

۰/۳۳ درصد و از نوع دائمی است، که در موقعیت جغرافیائی ۵۶°۰۲' طول شرقی و ۳۱°۵۵'۲۰" عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱).

رودخانه آقباغ یکی از سرشاخه‌های رودخانه کارون است. طول این رودخانه ۶۵ کیلومتر و شیب متوسط طولی آن



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

### داده‌های مورد استفاده

گذار کبک است که توسط سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شده بود، استفاده گردید. برای زمین مرجع کردن عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاع زمین (DEM) استفاده شد.

در این مطالعه از داده‌های عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای (جدول ۱)، و از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ شامل آورگان، بلداجی، وستگان، گندمان، ده توت و

جدول ۱. مشخصات تصاویر مورد استفاده

نوع تصویر	مقیاس	تعداد فرم	زمان تصویر برداری
عکس هوایی سال ۱۳۳۵	۱:۵۰۰۰۰	۷	شهریور سال ۱۳۳۵
عکس هوایی سال ۱۳۴۸	۱:۲۰۰۰۰	۲۰	شهریور سال ۱۳۴۸
عکس هوایی سال ۱۳۷۷	۱:۴۰۰۰۰	۸	مهر سال ۱۳۷۷
تصاویر ماهواره‌ای Ikonos منطقه با قدرت تفکیک ۱ متری باند پانکروماتیک ۶ ژولای ۲۰۰۶ میلادی			

### مواد و روش‌ها

#### پیش پردازش تصاویر

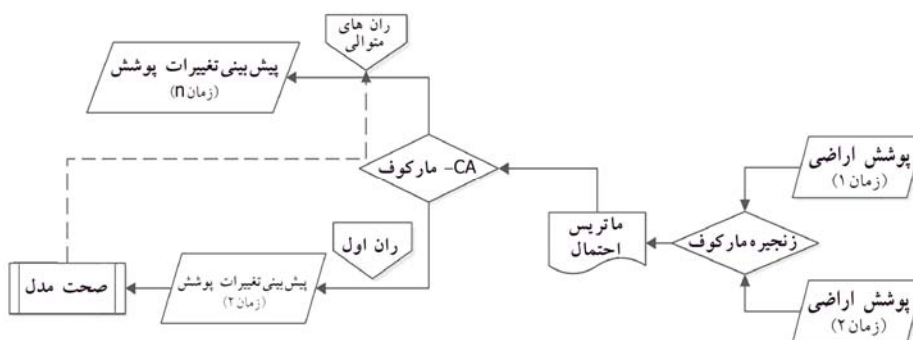
(DEM) با اندازه پیکسل ۱۰ متر با استفاده از نقشه‌های رقومی توپوگرافی تهیه شد. در مرحله بعد کلیه عکس‌های هوایی زمین مرجع و تصحیح سه بعدی شدند. تصاویر ماهواره‌ای منطقه نیز از Google Earth با زاویه دید عمودی گرفته شد. سپس این تصاویر با نرم افزار فتوشاپ به طوری که نقاط مشترک گوشه‌ها کاملاً بر روی هم قرار گیرند یکپارچه، و

کلیه عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۴۸ و ۱۳۷۷ با فرمت BMP و با قدرت تفکیک ۶۰۰ dpi اسکن و به نرم افزار ILWIS وارد گردید. سپس نقشه مدل رقومی ارتفاع زمین

فرمت Shp به نرم افزار IDRISI وارد و با اندازه پیکسل ۲ متر به نقشه های رستری تبدیل شدند.

### مدل پیش بینی تغییرات

برای پیش بینی تغییرات آینده از مدل زنجیره ای مارکوف و فیلتر CA بهره گرفته شد. در این مدل احتمال تغییرات یک طبقه پوشش اراضی به طبقه دیگر در جدولی تحت عنوان ماتریس انتقال محاسبه گردید. با توجه به این ماتریس و فاصله زمانی مورد نظر نقشه پوشش اراضی سال های آتی پیش بینی شد. در مدل زنجیره ای مارکوف از نقشه پوشش اراضی سال های ۱۳۳۵ و ۱۳۴۸ استفاده، و با توجه به ماتریس انتقال به دست آمده، نقشه پوشش اراضی سال ۱۳۷۷ پیش بینی شد و از نقشه سال های ۱۳۴۸ و ۱۳۷۷ نقشه پوشش پیش بینی سال ۱۳۸۵ و در نهایت از نقشه های سال های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۵ برای تولید نقشه پوشش احتمالی سال ۱۳۹۵ استفاده شد (شکل ۲).



شکل ۲. مراحل تهیه نقشه پیش بینی کاربری/ پوشش اراضی توسط مدل CA مارکوف

کاپا (رابطه ۱) استفاده شد، که هر چه به عدد یک یا بر حسب درصد به عدد صد نزدیک تر باشد نشان دهنده اعتبار زیاد مدل CA مارکوف در پیش بینی نقشه مورد نظر می باشد (۱۰).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^T X_{ii} - \sum_{i=1}^T (X_i^+ \times X^+{}_i)}{N^2 - \sum_{i=1}^T (X_i^+ \times X^+{}_i)} \quad [1]$$

که در این رابطه؛ T تعداد سطرهای ماتریس خطا،  $X_{ii}$  تعداد مشاهدات در سطر i و ستون  $X_i^+$  جمع کل

یک تصویر کلی از منطقه ایجاد شد. از آنجا که تصاویر ماهواره ای گرفته شده از Google Earth فاقد مختصات جغرافیایی دقیقی بوده و در برخی نقاط ممکن است دارای خطا باشند، با استفاده از روش نقطه به تصویر (Tiepoints) و از روی نقاط متناظر روی نقشه های توپوگرافی زمین با مقدار خطای کمتر از ۰/۵ متر مرجع شدند.

### تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی

به منظور اطلاع از کمیت و نوع تغییرات رخ داده در طول زمان، نقشه محدوده رودخانه، محدوده حاشیه مرطوب و سایر کاربری های ایجاد شده در اطراف آن از جمله زمین های کشاورزی بر روی عکس های هوایی سال های ۱۳۳۵، ۱۳۴۸، ۱۳۷۷ و تصاویر ماهواره ای سال ۱۳۸۵ ترسیم شد. سپس نقشه های پلی گونی سال های مورد بررسی با

### صحت مدل و نقشه های تولیدی

برای تعیین اعتبار نقشه پوشش اراضی پیش بینی شده، از عمل تلفیق در نرم افزار ادریسی استفاده شد که میزان توافق بین دو تصویر طبقه بندی شده و پیش بینی شده مربوط به یک سال را، به صورت جدولی و تصویری نشان می دهد. از نقشه های رستری ایجاد شده از عکس های هوایی سال ۱۳۸۵ و ۱۳۷۷ به عنوان نقشه های مرجع و نقشه های پیش بینی شده همان سال ها توسط مدل CA مارکوف برای مقایسه به طور جداگانه استفاده گردید. در جدول حاصل از عمل تلفیق برای بررسی میزان توافق بین دو نقشه از شاخص انطباق

حاشیه مرطوب و اراضی کشاورزی و ۹۴/۴ درصد اراضی کشاورزی بدون تغییر باقی می‌ماند. که اراضی کشاورزی از پایداری نسبتاً بالا و حاشیه مرطوب از پایداری کمتری برخوردارند. امکان تبدیل حاشیه مرطوب به زمین‌های کشاورزی و رودخانه از سال ۱۳۴۸ تا سال ۱۳۷۷، به ترتیب ۶۳/۱ و ۸/۶ درصد می‌باشد. از جدول ماتریس احتمال نقشه سال‌های ۱۳۴۸ و ۱۳۷۷ با فاصله زمانی ۲۹ سال استفاده شد (جدول ۲) تا نقشه سال ۱۳۸۵ پیش‌بینی گردد (شکل ۴).

نتایج نشان می‌دهد که، از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۵ حاشیه مرطوب و اراضی کشاورزی از پایداری مناسبی برخوردارند (به ترتیب ۷۱ و ۹۹ درصد).

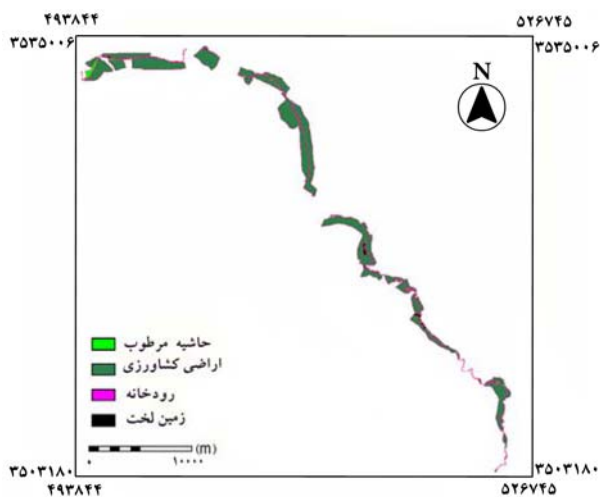
درایه‌های سطری غیر از درایه‌های قطر اصلی،  $X^+i$  جمع کل درایه‌های ستونی غیر از درایه‌های قطر اصلی،  $N$  تعداد کل پیکسل‌های موجود در ماتریس.

## نتایج و بحث

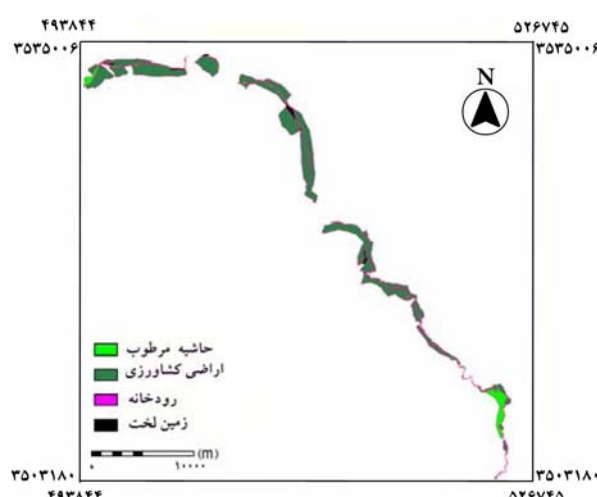
جدول ۲ ماتریس احتمال تبدیل کلاس‌های پوشش اراضی از نقشه سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۴۸ با فاصله زمانی ۱۳ سال به روش مارکوف را نشان می‌دهد تا با استفاده از این ماتریس احتمالی، نقشه سال ۱۳۷۷ (۲۹ سال آینده) پیش‌بینی و وضعیت کلاس‌ها مشخص شود (شکل ۳). با توجه به ماتریس به دست آمده در فاصله زمانی ۱۳۴۸-۱۳۷۷، ۱۹/۵ درصد از حاشیه مرطوب، ۳۲/۸ درصد از رودخانه، ۳۲/۴ درصد زمین لخت بین

جدول ۲. ماتریس احتمال طبقات کاربری/ پوشش اراضی (۱۳۴۸-۱۳۷۷)

	۱۳۷۷	۱۳۴۸
حاشیه مرطوب	۱۹/۵	۳۱/۴
رودخانه	۳۲/۸	۶/۳
زمین لخت	۳/۱	۹/۲
اراضی کشاورزی	۰/۴	۶۳/۱



شکل ۴. نقشه پیش‌بینی کاربری/ پوشش اراضی حاشیه رودخانه (سال ۱۳۸۵)



شکل ۳. نقشه پیش‌بینی کاربری/ پوشش اراضی حاشیه رودخانه (سال ۱۳۷۷)

جدول ۳. ماتریس احتمال طبقات کاربری/پوشش اراضی (۱۳۸۵-۱۳۷۷)

	۱۳۸۵				۱۳۷۷
اراضی کشاورزی	زمین لخت	رودخانه	حاشیه مرطوب		
۶/۳	۶/۱	۱۶/۶	۷۱	حاشیه مرطوب	
۳/۳	۱/۱	۴۸	۴۷/۴	رودخانه	
۴۰	۵۲/۴	۱/۷	۵/۸	زمین لخت	
۹۸/۷	۰/۶	۰/۲	۰/۳	اراضی کشاورزی	

احتمال تبدیل حاشیه مرطوب به رودخانه از سال ۱۳۸۵ به سال ۱۳۹۵ پایین و برابر ۱۱/۵ درصد و به اراضی کشاورزی ۲۲/۶ درصد می‌باشد. برعکس احتمال تبدیل رودخانه به حاشیه مرطوب و به اراضی کشاورزی، برای هر کدام ۳۱/۵ درصد می‌باشد. امکان تبدیل زمین لخت به اراضی کشاورزی نیز در این منطقه تقریباً بالاست (۳۳ درصد). و حالت عکس آن یعنی تبدیل اراضی کشاورزی به زمین لخت از شانس پائینی برخوردار خواهد بود (۰/۵ درصد).

جدول ۴ ماتریس احتمال به دست آمده از نقشه‌های سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۵ با استفاده از زنجیره مارکوف برای پیشگویی تغییرات ۱۰ سال آینده (۱۳۹۵) را نشان می‌دهد (شکل ۵). با توجه به ماتریس به دست آمده در فاصله زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۵، احتمال می‌رود ۶۰ درصد حاشیه مرطوب، ۲۶/۶ درصد رودخانه، ۵۸/۸ درصد زمین‌های لخت و ۹۸/۱ درصد از اراضی کشاورزی بدون تغییر باقی بمانند. که کاربری کشاورزی پایداری بالا و رودخانه پایداری کمی خواهند داشت. همچنین

جدول ۴. ماتریس احتمال طبقات کاربری/پوشش اراضی (۱۳۸۵-۱۳۹۵)

	۱۳۸۵				۱۳۹۵
اراضی کشاورزی	زمین لخت	رودخانه	حاشیه مرطوب		
۲۲/۶	۵/۸	۱۱/۴	۶۰/۱	حاشیه مرطوب	
۳۱/۵	۱۰/۱	۲۶/۶	۳۱/۵	رودخانه	
۳۲/۸	۵۸/۸	۳/۸	۴/۵	زمین لخت	
۹۸/۱	۰/۵	۰/۳	۱	اراضی کشاورزی	

با استفاده از روش تلفیق (Cross) میزان توافق بین نقشه پیش‌بینی شده سال ۱۳۷۷ با نقشه واقعی سال ۱۳۷۷ مورد مقایسه قرار گرفت. که نتایج آن بر حسب هکتار در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به این جدول، در نقشه واقعی سال ۱۳۷۷ کل مساحت حاشیه مرطوب ۸۸/۳ هکتار، رودخانه ۳۵/۸ هکتار، زمین لخت ۴۲/۰۳ هکتار و اراضی کشاورزی ۱۳۲۶/۸ هکتار می‌باشد. که این مساحت در نقشه پیش‌بینی شده توسط مدل، برای حاشیه مرطوب ۶۲/۷ هکتار، رودخانه ۴۵/۵ هکتار، زمین لخت ۷۹/۵ هکتار و اراضی کشاورزی ۱۱۵۸/۵ هکتار به دست آمده است.



شکل ۵. نقشه پیش‌بینی کاربری/پوشش اراضی حاشیه رودخانه

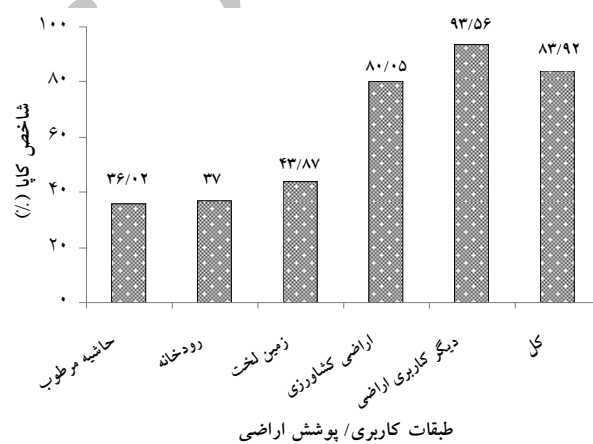
(سال ۱۳۹۵)

جدول ۵. مقایسه تغییرات کاربری/پوشش به هکتار در نقشه واقعی و پیش بینی شده (سال ۱۳۷۷) حاصل از مدل CA-Markov

پیش بینی ۱۳۷۷	واقعی ۱۳۷۷	حاشیه مرطوب	رودخانه	زمین لخت	اراضی کشاورزی	دیگر کاربری ها	کل
حاشیه مرطوب	۲۰/۳	۵/۱	۶/۱	۱۹۹/۱	۴۸۰۸۲/۳	۴۸۱۱۳	
رودخانه	۳۱/۸	۹/۳	۳/۷	۱۳/۴	۴/۲	۶۲/۷	
زمین لخت	۱۸۱۳۴۲	۱۳/۲	۱/۵	۷/۶	۴/۲	۴۵/۵	
اراضی کشاورزی	۴/۴۵۰۸	۱/۵	۱۸/۴	۳۸/۲	۱۶/۸	۷۹/۵	
دیگر کاربری ها	۱۲/۸	۶/۵	۱۲/۱	۱۰۶۸/۳	۱۵/۷	۱۱۵۸/۵	
کل	۸۸۳	۳۵/۸	۴۲	۱۳۲۶/۸	۴۸۱۶۶/۳	۴۹۶۵۹/۴	

که اراضی کشاورزی با بیشترین ضریب کاپا (۰/۸۰/۰۵) بیشترین توافق و حاشیه مرطوب و بعد رودخانه به ترتیب با کاپای ۳۶/۰۲ درصد و ۳۷ درصد کمترین توافق و یا همخوانی در دو نقشه موجود داشتند. کاپای کلی دو نقشه ۸۳/۹ درصد محاسبه شد. جدول ۶ نتایج مقایسه بین نقشه پیش بینی شده سال ۱۳۸۵ از طریق عملیات CA مارکوف با نقشه واقعی سال ۱۳۸۵ بر حسب هکتار را نشان می دهد. با توجه به نتایج بدست آمده، در نقشه واقعی سال ۱۳۸۵ کل مساحت حاشیه مرطوب ۷۴/۲ هکتار، رودخانه ۲۸/۸ هکتار، زمین لخت ۴۳/۱ هکتار و اراضی کشاورزی ۱۳۳۳/۷ هکتار می باشد. حال آنکه مساحت اندازه گیری شده در نقشه پیش بینی شده توسط مدل، برای حاشیه مرطوب ۱۶/۸ هکتار، رودخانه ۳۷/۵ هکتار، زمین لخت ۴۳/۸ هکتار و اراضی کشاورزی ۱۳۳۳/۷ هکتار بدست آمده است، که ۵۰/۷ هکتار از حاشیه مرطوب، ۱۱/۷۲ هکتار از رودخانه، ۲۷/۵ هکتار از زمین های لخت و ۱۲۴۳/۹ هکتار از اراضی کشاورزی با هم توافق داشتند و توسط مدل به خوبی پیش بینی شدند.

شاخص توافق کاپا برای هر طبقه و کاپای کل بین نقشه واقعی و پیش بینی سال ۱۳۷۷ بر حسب درصد در شکل ۶ آورده شده است.



شکل ۶. شاخص کاپا طبقات کاربری/پوشش نقشه واقعی و پیش بینی سال ۱۳۷۷

جدول ۶. مقایسه تغییرات کاربری/پوشش به هکتار در نقشه واقعی و پیش بینی شده (سال ۱۳۸۵) حاصل از مدل CA-Markov

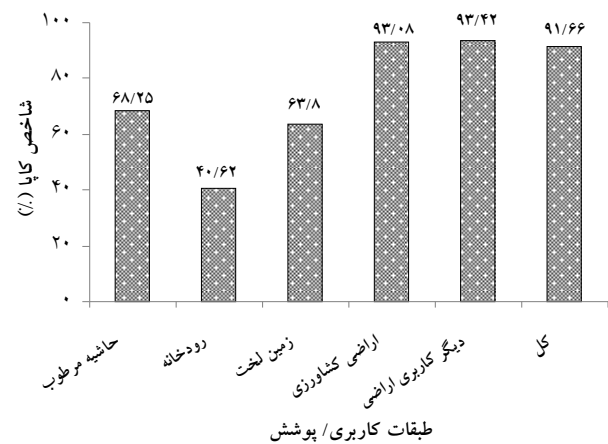
پیش بینی ۱۳۸۵	واقعی ۱۳۸۵	حاشیه مرطوب	رودخانه	زمین لخت	اراضی کشاورزی	دیگر کاربری ها	کل
حاشیه مرطوب	۳/۵	۵/۱	۳/۹	۵۷/۲	۴۸۲۸۳/۲	۴۸۱۵۳/۲	
رودخانه	۵۰/۷	۷/۳	۳/۴	۱۳/۷	۱۵/۷	۹۱/۰	
زمین لخت	۸/۱	۱۱/۷	۲/۵	۷/۸	۷/۲	۳۷/۴	
اراضی کشاورزی	۱/۴	۱/۳	۲۷/۵	۱۱/۰	۲/۴	۴۳/۸	
دیگر کاربری ها	۱۰/۳	۳/۲	۵/۵	۱۲۴۳/۹	۷۰/۶	۱۳۳۳/۸	
کل	۷۴/۲	۲۸/۸	۴۳/۱۹	۱۳۳۳/۷	۴۸۱۷۹/۴	۴۹۶۵۹/۴	

درصد) می‌توان نتیجه‌گیری کرد که استفاده از مدل CA-Markov در پیش‌بینی تغییرات آینده زمین از اعتبار خوبی برخوردار است. این نکته توسط چانگ و چانگ (۷)، ونگ و همکاران (۲۱)، جوکار ارسنجانی و همکاران (۱۴) نیز مورد تأیید قرار گرفته است. همچنین نتایج ارزیابی دقت مدل پیش‌بینی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکف توسط علیمحمدی و همکاران (۳) نشان داد که اختلاف کلاس‌های مختلف کاربری زمین کمتر از ۸ درصد است که این رقم نشان‌دهنده مفید بودن مدل مارکف در پیش‌بینی تغییرات کاربری است. آنچه که روش انجام این مطالعه را در مقایسه با مطالعات مشابه گسترده‌تر می‌کند، مقایسه نقشه واقعی و پیش‌بینی با استفاده از عمل تلفیق (Cross) می‌باشد. در صورتی که در مطالعات انجام شده فقط به بررسی و پیش‌بینی تغییرات پرداخته شده و توانایی یا صحت مدل سنجیده نشده است، از طرفی بکارگیری مدل CA مارکف در مدل‌سازی تغییرات آینده از دیگر جنبه‌های نوآوری این مطالعه است. نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات آینده با استفاده از مدل CA مارکوف نشان داد، در سال ۱۳۹۵ اراضی کشاورزی از پایداری خوبی برخوردار خواهند بود (با پایداری ۹۸ درصد)، حاشیه مرطوب و زمین‌های لخت با احتمال تقریباً ۶۰ درصد پایداری دارند، ولی احتمال تغییر رودخانه بسیار بالاست (۲۶/۶ درصد). همچنین احتمال تبدیل حاشیه مرطوب به رودخانه ۱۱/۵ درصد و به اراضی کشاورزی ۲۲ درصد امکان‌پذیر است.

#### منابع مورد استفاده

- خوش‌گفتار، م. م.، طالعی و پ. ملک‌پور. ۱۳۸۹. مدل‌سازی زمانی- مکانی رشد شهری: روشی مبتنی بر تلفیق Cellular Automata و زنجیره مارکوف. همایش ملی ژئوماتیک، تهران.
- سرودی، م. و س. ع. جوزی. ۱۳۹۰. پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از مدل مارکف (مطالعه موردی: منطقه ۴ شهرداری تهران). مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۲): ۸۳-۹۵.
- علی‌محمدی، ع. ع. ج. موسیوند و س. شایان. ۱۳۸۸. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکف. برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۴(۳): ۶۷-۱۱۷-۱۳۰.

میزان شاخص توافق کاپا برای هر کلاس و کاپای کل زمانی که نقشه واقعی سال ۱۳۸۵ (ایجاد شده از تصاویر ماهواره‌ای) مرجع در شکل ۷ ارائه شده است. همان طوری که ملاحظه می‌شود، اراضی کشاورزی با بیشترین ضریب توافق کاپا بیشترین همخوانی را در نقشه حاصل از تلفیق داشتند و رودخانه با کمترین ضریب (۴۰/۶۲ درصد) کمترین توافق را شامل شد. میزان کاپای کل هم ۹۱/۶۶ درصد محاسبه شد.



شکل ۷. شاخص کاپا طبقات کاربری/ پوشش نقشه واقعی و پیش‌بینی سال ۱۳۸۵

گسترش روزافزون تکنولوژی‌های سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده از داده‌های زمانی- مکانی آن‌ها به منظور بررسی تغییرات و چگونگی آن در گذشته و شبیه‌سازی پوشش زمین در آینده می‌تواند به مدیران و استفاده‌کنندگان جهت مدیریت و برنامه‌ریزی و کاربرد سیاست‌های توسعه پایدار، یاری رساند. در این تحقیق رودخانه آق‌بلاغ به عنوان یکی از رودخانه‌های مهم استان چهارمحال و بختیاری که از حوضه بالادست تالاب بین‌المللی چغاخور سرچشمه می‌گیرد، در اثر دخالت‌های انسانی از یک طرف و تغییرات اقلیمی از طرف دیگر دستخوش تغییرات قابل توجهی در ۵ دهه گذشته شده است. که این تغییرات از طریق عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای بررسی شد. سپس به منظور بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش‌بینی تغییرات از روش تلفیق استفاده شد که با توجه به کاپای کلی به دست آمده از تلفیق نقشه‌های پیش‌بینی و واقعی سال‌های مورد بررسی (۱۳۷۷ و ۱۳۸۵ به ترتیب با کاپای کل ۸۳/۹ و ۹۱/۶۶



- Lagoon. *Environmental Management*, 42(1): 66-79.
14. Jokar Arsanjani J, Helbich M, Kainz W and Darvishi Bolorani A. 2013. Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. *International Journal of Applied Earth observation and Geoinformation*, 21: 265-275.
  15. Kocabas V and Dragicevic S. 2006. Assessing cellular automata model behaviour using a sensitivity and approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 30(6): 921-953.
  16. Kamusoko C, Aniya M, Adi B and 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.
  17. Muller MR and Middleton J. 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology*, 9(2): 151-157.
  18. Parker DC, Manson SM, Janssen MA, Hoffmann MJ and Deadman P. 2003. Multi agent systems for the simulation of land use and land cover change: a Review. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2): 314-337.
  19. Pan Y, Roth A, Yu Z and Doluschitz R. 2010. The impact of variation in scale on the behavior of a cellular automata used for land use change modeling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(5): 400-408.
  20. White MD and Greer KA. 2006. The effects of watershed urbanization on the stream hydrology and riparian vegetation of Los Penasquitos Creek, California. *Landscape and Urban Planning*, 74(2): 125-138.
  21. Wang SQ, Zheng XQ and Zang XB. 2012. Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*, 13: 1238 - 1245.
  ۴. فلاحتکار، س.، ع. ر. سفیانیان، س. ج. خواجه‌الدین و ح. ر. ضیایی. ۱۳۸۸. بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش‌بینی نقشه پوشش اراضی (مطالعه موردی: شهر اصفهان)، همایش ملی ژئوماتیک، تهران: ۳۷-۳۱.
  5. Ayodeji Opeyemi Z. 2006. Change detection in land use and land cover using remote sensing data and GIS (A case study of Ilorin and its environs in Kwara State). The department of Geography, University of Ibadan in Partial Fulfilment for the award of master of science, pp. 44.
  6. Ash J. 1988. The location and stability of rainforest boundaries in northeastern Queensland, Australia. *Journal of Biogeography*, 15(4): 619-630.
  7. Chang CL and Chang JC. 2006. Markov model and cellular automata for vegetation. *Journal of Geographical Research*, 45: 45-57.
  8. Campbell AG and Franklin JF. 1979. Riparian vegetation in Oregon's western Cascade Mountains: composition, biomass, and autumn phenology. Bulletin No. 14, Coniferous Forest Biome, Ecosystem Analysis Studies, U.S./International Biological Program, pp. 94.
  9. Cummins KW. 1978. Stream ecosystems. *Water Spectrum*, 10:1-9.
  10. Congalton RG. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37(1): 35-46.
  11. Gray D and MacDonald A. 1989. The role of vegetation in river bank erosion. In: Hydraulic Engineering, Ports M.A. (ed.). Proceedings of the ASCE Conference, 218-223.
  12. Gordon E and Meentemeyer RK. 2006. Effects of dam operation and land use on stream channel morphology and riparian vegetation. *Geomorphology*, 89(3-4): 412-429.
  13. Jupiter SD and Marion GS. 2008. Changes in forest area along stream networks in an agricultural catchment of the Great Barrier Reef



## A Markov chain model for simulating land use/cover change (Case study: Aghbolagh river)

N. Kaveh <sup>1\*</sup>, A. Ebrahimi <sup>2</sup>

1. MSc. Student of Range Management, College of Natural Resources, University of Shahrekord

2. Assis. Prof. College of Natural Resources, University of Shahrekord

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 4 November 2012

Accepted 29 April 2013

Available online 27 August 2013

#### Keywords:

Change detection

Simulation

CA-Markov model

Cross algorithm

Aghbolagh river

### ABSTRACT

This paper proposes ability of CA Markov model in detection and simulating land use/cover change over 65 km of Aghbolagh river. Land use/cover map was prepared using 1956, 1969, 1998 aerial photos and 2006 satellite image's. Then river, riparian area, agriculture and bare lands around it were illustrated and land use/cover maps of each year were drawn and overlaid through cross routine to evaluate model validation. Finally, next 10 years conditions of these classes were forecasted using CA-Markov model. Results of forecasting future changes based on 1969 and 1998 maps showed that in 2016, 60 percent of riparian area, 26.6 percent of river and 58.8 percent of bare lands and 98.1 percent of arable land will be intact as the current land use. In other words, arable lands will have the most stability while river is the most vulnerable land cover to change.

\* Corresponding author e-mail address: [nedakaveh@ymail.com](mailto:nedakaveh@ymail.com)