محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۲ ، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸
صفحات ۱ تا ۱۴
Archive of SID

ادغام رگرسیون لجستیک و شبکه خودکار مارکوف به منظور پیش‌بینی تغییرات پوشش/کاربری سرزمین

(مطالعه موردی: حوزه آبخیز گاماسیاب)

زهرا پرور[1]* وکامران شایسته[2]

۱-کارشناسی ارشد ارزیابی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه ملایر

۲- استادیار گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه ملایر

(تاریخ دریافت ۹۶/۱۱/۰۳ - تاریخ پذیرش ۹۷/۰۲/۱۷)

چکیده:

مدل CA مارکوف توان بالایی در ترسیم الگوهای مکانی و ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش سرزمین دارد. دراین مطالعه نقشه‌های کاربری سرزمین حوزه آبخیز گاماسیاب سال‌های۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۶ با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و سنجنده هایTM، ETM+ و OLI و به روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال استخراج شد توزیع مکانی و میزان انتقال کاربری‌های سرزمین با استفاده از تکنولوژیGIS محاسبه شد و پس از آن انتقال در میان انواع مختلف کاربری بررسی شد تا ماتریس انتقال به دست آید. از نتایج ماتریس سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲ این‌گونه استنباط می‌شود که اراضی صخره‌ای و بایر، مراتع و ساخت و ساز شهری ثبات و پایداری بیشتری داشتند و در مقابل پویایی و تغییر تحول بیشتر در کاربری آب‌های سطحی و پس از آن کشاورزی بیشتر به چشم می‌خورد. بر اساس مدل موفق سال ۲۰۱۶ که با استفاده از نقشه ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲ به دست آمد، نقشه کاربری ۲۰۳۰ پیش‌بینی شد. مجموعه تصاویر مطلوبیت مورد نیاز برای این مطالعه با استفاده از رگرسیون لجستیک تهیه شدند و نتایج آن جهت پیش‌بینی روند تغییرات آتی در مدل CA-Markov استفاده شد. توافق بالابین شبیه‌سازی و مشاهدات نشان داد که مجموعه تصاویر مطلوبیت به‌دست‌آمده از رگرسیون لجستیک دقت بالایی دارد. همچنین ثابت کرد که عوامل انتخاب شده می‌توانند به طور معنی‌داری فرآیندهای تأثیرگذار بر تغییر کاربری زمین را نشان دهند. متغیرهای فاصله از انواع کاربری موجود انتظار می‌رفت بیشتر تأثیر را نسبت به سایر عوامل داشته است. فاصله ازجاده و پس ازآن رودخانه ضریب تأثیر بالایی در توسعه و ساخت‌وساز شهری نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد بیشترین تغییر در کاربری‌های مراتع تبدیل آن‌ها به کشاورزی بوده و پس از آن نیز به اراضی بایر تبدیل شده‌اند. طبقه کاربری اراضی بایر نیز بیشتر به کاربری کشاورزی تبدیل شده‌اند .

کلید واژگان:شبکه خودکار مارکوف،عوامل تاثیرگذار، تصاویر مطلوبیت انتقال، پیش‌بینی تغییرات پوشش/کاربری.

*نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۹۰۱۳۹۴۲۸۱۴ ایمیل: Zahra.parvar@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

تغییرات پوشش/کاربری زمین بیانگر برخی از تغییراتِ مهم محیط‌زیستی در سطوح جهانی تا محلی است و در مدیریت و حفظ پایداری اکوسیستم های طبیعی اهمیت بسزایی دارد (Amini Parsa & Nejadi, ۲۰۱۶). درسال‌های اخیر نیز به دلیل استفاده غیرمنطقی از سرزمین، تبدیل و تغییر در نوع استفاده از سرزمین در کشور روند رو به رشدی داشته است (Talebi Amiri *et al*., ۲۰۰۹). این مسئله از جنبه‌های زیادی برای تغییرات جهانی محیط زیست مهم می‌باشد و روز به روز توجه بیشتر دانشمندان و تصمیم گیران را به خود جلب می‌کند (Mas *et al*., ۲۰۱۴).

آگاهی از نوع و درصد پوشش/کاربری‌های مختلف، نیازی بنیادی جهت شناخت و مدیریت یک منطقه است. یکی از منابع اطلاعات مؤثر، مفید و قابل کاربرد در شناسایی پوشش‌های زمین و تغییرات آن، داده‌های سنجش ازدور است (Aizi Ghalaty *et al*., ۲۰۱۶). داده‌های سنجش از دور با ارائه اطلاعات رقومی به هنگام، قابلیت پردازش سریع و کم هزینه بودن، به طور گسترده در مطالعات مختلف جغرافیایی و محیط‌زیستی جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است (Kakeh Mami *et al*., ۲۰۱۷).

تلفیق سامانه‌های اطلاعات مکانی و سنجش‌از دور، ابزارهای مؤثری را جهت جمع‌آوری و آنالیز اطلاعات زمانی- مکانی آماده می‌سازد. در سال‌های اخیر، توجه زیادی به کاربرد ابزارهای مرتبط با تکنولوژی اطلاعات مثل سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی(ساج) و سنجش‌از دوربه عنوان ابزارهای حامی تصمیم‌گیری در زمینه برنامه‌ریزی مدیریت سرزمین، ایجاد شده است (Khoshgoftar *et al*., ۲۰۱۰). استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای به وسیله طبقه بندی از پرکاربردترین روش‌های موجود است و ازآنجا که داده‌های سنجش از دور به سادگی وارد محیط ساج می‌شود، می‌توان از آن به طور خیلی گسترده در مدل‌سازی استفاده کرد (Aizi Ghalaty *et al*., ۲۰۱۶).

دردنیای امروز، از فن‌آوری‌های سنجش از دور و ساج جهت برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمد منابع طبیعی کشاورزی، محیط‌زیست و مدیریت شهری استفاده فراوان می‌شود. کاربری و پوشش زمین می‌تواند شناخت دقیق‌تری از کمیت و کیفیت منطقه جهت مدیریت بهتر منابع، حفاظت اراضی حاشیه رودخانه و اتخاذ سیاست‌های بلند مدت مؤثر در اختیار کاربران و مدیران قرار دهد (Falahatkar *et al*., ۲۰۰۹; Kaveh & Ebrahimi, ۲۰۱۳). برنامه ریزی مناسب و کارای محیط‌زیست نیازمند اطلاعات وضعیت سیستم در گذشته، حال و آینده است. هدف از مدل‌سازی تغییرات برای آینده این است که مدیران بتوانند با در نظر گرفتن افق‌های برنامه‌ریزی، دریابند که روند تغییر کاربری‌ها به چه صورت خواهد بود (Zeaian Firouzabadi *et al*., ۲۰۰۹).

ازآنجاکه شناسایی و پایش تغییرات پوشش سطح زمین فرایندی بسیار پیچیده است، امروزه تجزیه و تحلیل تغییرات الگوی سیمای سرزمین به عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای درک و تعیین تغییرپوشش/کاربری سرزمین مطرح می‌باشد (Parvar *et al*., ۲۰۱۶). یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل پویایی نظام کاربری اراضی مدل‌سازی است که با استفاده از آن، چارچوب علمی آنالیز سیستم‌های تغییر کاربری اراضی از حالت توصیفی به سمت کمی

www.SID.ir

Archive of SID

تغییر پیدا می‌کند (Aizi Ghalaty *et al*., ۲۰۱۶). کاربری زمین به منزله هسته اصلی برنامه‌ریزی محیط‌زیست مطرح است. با تعیین و نقشه سازی توزیع کاربری‌ها و تجزیه و تحلیل صریح فضایی زمانی پویایی کاربری و پوشش زمین با دیدی از گذشته تا آینده و پتانسیل‌ها و نوع تغییرات کاربری‌ها به‌صورت فضایی می‌توان به این مهم دست یافت (Amini Parsa & Nejadi, ۲۰۱۶). مدل‌های تغییر کاربری اراضی به عنوان ابزارهایی برای حمایت از تحلیل‌های مرتبط با عوامل و پیامدهای تغییرات کاربری اراضی تکرارپذیر و مکمل توانایی‌های ذهنی موجود ما در تجزیه و تحلیل تغییر کاربری اراضی و تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر هستند می‌باشند (Veldkamp & Verburg, ۲۰۱۴). 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 CA-Markov اشاره کرد (Kaveh & Ebrahimi, ۲۰۱۳). یکی از مدل‌هایی که در پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین بسیار کارآمد می‌باشد، مدل CA-Markov است که از تکنیک تلفیق دو مدل زنجیره مارکوف و شبکه خودکار بهره می‌گیرد.

مدل CA-Markov که با داده‌هایGIS همراه شده است، به نظر می‌رسد که یک روش مناسب برای مدل‌سازی تغییرات زمانی و مکانی کاربری سرزمین است (Guan *et al*., ۲۰۱۱). درمدلCA-Markov، فرایند زنجیره مارکوف تغییرات زمانی در انواع کاربری سرزمین را بر اساس ماتریس انتقال تغییر می‌دهد. بدین ترتیب الگوی مکانی تغییرات با توجه به قوانین مکانی و با لحاظ کردن ساختار سلول‌های مجاور و نقشه‌های پتانسیل انتقال تعیین می‌شود (Kamusoko *et al*., ۲۰۰۹).

زنجیره مارکوف توسط یک ریاضیدان روسی به نام Andrei A.Markov در سال ۱۹۰۷ ارائه‌شده است و یکسری از مقادیر تصادفی است که احتمال تبدیل کاربری‌ها به هم را در یک فاصله زمانی، وابسته به مقدار تغییر در گذشته نشان می‌دهد. به‌صورت 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 منحصربه‌فرد کاربری زمین را نمایش می‌دهد (Harsini *et al*., ۲۰۱۷).

مفهوم سلول‌های خودکار برای اولین بار در دهه ۱۹۴۰؛ توسط Newman و Ulam جهت آماده‌سازی و تهیه چارچوبی برای بررسی رفتار سیستم‌های پیچیده، طراحی شد (Zeaian Firouzabadi *et al*., ۲۰۰۹). مدل سلول‌های خودکار یکفن مدل‌سازی است که در فضای رستری تعریف می‌شود. وضعیت هر سلول معمولاً پوشش و کاربری زمین در آن سلول را ارائه می‌دهد و تغییر در شکل یک سلول به شکل دیگر وابسته به وضعیت سلول در زمان حال و وضعیت سلول‌های همسایه است (Halabian & Soltanian, ۲۰۱۷). مدل تلفیقی سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف با افزودن مشخصه مجاورت مکانی به مدل تصادفی زنجیره مارکوف، کاربری اراضی را برای سال‌های آینده شبیه‌سازی می‌کند (Aizi Ghalaty *et al*., ۲۰۱۶).

درسال‌های اخیر،تحقیقات بسیاری در زمینه مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آن صورت گرفته است؛ این روش به‌صورت گسترده‌ای در بسیاری زمینه‌های جغرافیایی، خصوصاً به منظور

www.SID.ir

Archive of SID

پیش‌بینی تغییرات کاربری سرزمین و نیز رشد شهر به کار برده شده است (Harsini *et al*., ۲۰۱۷). ازجمله مطالعات صورت گرفته با این روش کار Xu و همکاران سال ۲۰۱۶ است که دو سیستم پویا (SD) و مدل سلول‌های خودکار (CA) را جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش سرزمین را با هم تلفیق نمودند. آن‌ها برای تولید مجموعه تصویر مطلوبیت از رگرسیون لجستیک به جای از ارزیابی چند معیاره (MCE) که روش رایج در اثر مطالعات بوده استفاده کردند با این استدلال که این روش می‌تواند رابطه بین عوامل محرک و الگوی تغییر کاربری را به خوبی نشان می‌دهد و دقت بالایی دارد. Arsanjani و همکاران (۲۰۱۳) با ادغام رگرسیون لجستیک، زنجیره مارکوف و مدل خودکار سلولی مدل‌هایی برای شبیه‌سازی گسترش شهری در منطقه کلان‌شهر تهران ارائه دادند. نتایج حاصل موج جدیدی از توسعه مرز غربی حومه شهر تهران را در دهه‌های آینده نشان می‌دهد. در مطالعه‌ای که Subedi و همکارانش سال ۲۰۱۳ داشتند، به‌منظور پیش‌بینی روند تغییرات در حوزه آبخیزی در فلوریدا، از روش ترکیبیCA مارکوف استفاده نمودند.

اگرچه عوامل اقتصادی- اجتماعی محرک اصلی تغییر کاربری به حساب می‌آید، اما این مطالعه تنها با تکیه بر عوامل فیزیکی به پیش‌بینی روند تغییرات پرداخت. میزان دقت کاپا بین زمین واقعی و پیش‌بینی شده، سطح قابل قبولی در دقت پیش‌بینی را نشان داد. روند تغییرات در نقشه پیش‌بینی شده افزایش قابل‌توجهی در مناطق شهری و امکانات حمل‌ونقل را نشان می‌داد. درایران نیز در سال‌های اخیر کارهای مشابهی صورت گرفته که از توانایی این مدل برای پیش‌بینی پویایی ساختار سرزمین در مناطق حفاظت شده، جنگل‌زدایی، بررسی روند رشد و توسعه شهری و نیز پایش تغییرات قابل انتظار در اراضی حاشیه رودخانه بهره گرفته‌اند (Harsini *et al*., ۲۰۱۷; Amini Parsa & Nejadi, ۲۰۱۶; Halabian & Soltanian, ۲۰۱۷; Kaveh & Ebrahimi, ۲۰۱۳).

تاکنون مطالعات بسیاری با هدف پیش‌بینی روند تغییرات پوشش/کاربری سرزمین به روش CA-Markov صورت گرفته که در اکثر این مطالعات به منظور تولید مجموعه تصاویر مطلوبیت از روش‌های ارزیابی چند معیاره (MCE) استفاده‌شده است. مطالعه حاضرضمن بررسی و تحلیل تغییرات حوزه آبخیز گاماسیاب، از رگرسیون لجستیک به عنوان روشی که می‌تواند رابطه بین متغیرهای محرک و الگوی تغییر کاربری سرزمین را به خوبی نشان دهد، برای تولید مجموعه تصاویر مطلوبیت استفاده شد.

۲. مواد و روش ها

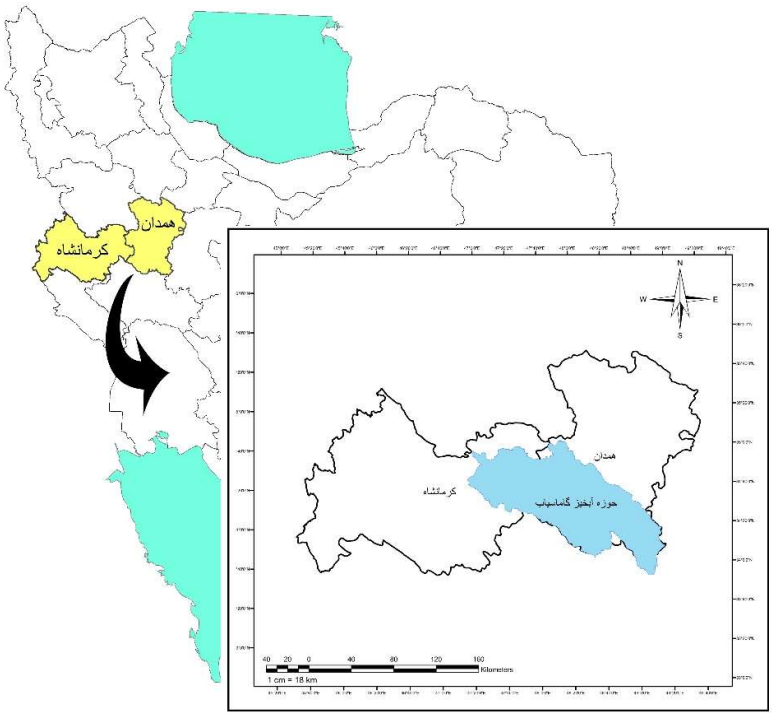
۱،۲. منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز گاماسیاب در محدوده جغرافیائی ۴۷ درجه ۴ دقیقه تا ۴۹ درجه ۹ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه ۴۹ دقیقه تا ۳۴ درجه ۵۷ دقیقه عرض شمالی با مساحت یک میلیون و هفتاد و پنج هزار هکتار در شمال شرقی حوزه سد کرخه، عمدتاً در محدوده استان‌های همدان و کرمانشاه قرارگرفته است (شکل ۱). این حوزه از لحاظ تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی ایران جزئی از حوزه آبریز کرخه به شمار می‌رود. این حوزه از شمال به حوزه رودخانه‌های سیروان، سفیدرود و قره چای، از مغرب به قسمتی از حوزه آبخیز کرخه و از جنوب به قسمتی از حوزه رودخانه دز و قسمتی از حوزه آبخیز کرخه محدود

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود و از سمت شرق به حوزه رودخانه در محدود می‌گردد. حداقل ارتفاع این حوزه ۱۲۸۰ متر از سطح دریا و حداکثر آن ۳۶۰۰ متر می‌باشد. رودخانه‌های حوزه شامل سرشاخه اصلی به نام گاماسیاب بوده که از بخش شمال شرقی حوزه به وسیله سرشاخه‌های فرعی زیادی سرچشمه گرفته و در انتهای دشت کنگاور به دیگر سرشاخه‌های حوزه سد کرخه می‌پیوندند. طبق آمار سطح زیر کشت در حوزه سد کرخه طی ۲۰ سال گذشته حداقل ۵۰ درصد افزایش یافته که نشان از رونق کشاورزی و افزایش نیاز آبی در بخش کشاورزی و شرب می‌باشد.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

۲,۲. روش کار

در ابتدا نقشه‌های کاربری سرزمین برای سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۶ با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال از روی تصاویر ماهواره لندست استخراج شد. وضعیت حوزه آبخیز گاماسیاب به گونه ایست که در دو استان واقع شده و لازم بود پیش از هر کاری دو تصویر موزاییک شوند. سطح دقت طبقه‌بندی کاربری‌های سرزمین استخراج شده با شاخص کاپا بررسی شد که دقتی بالای ۸۳ درصد برای هر سه نقشه را نشان داد. متغیرهای محرک[۱] اصلی تأثیرگذار برتغییر کاربری‌های سرزمین مشخص و به کمک رگرسیون لجستیک[۲] بررسی شدند (انتخاب این متغیرها بر اساس موارد انتخابی در مطالعات مشابه و داده‌های موجود و در دسترس از منطقه انتخاب شدند). در نهایت پنج تصویر مطلوبیت انتقال[۳] (شامل تمام طبقات کاربری شبیه‌سازی شده)

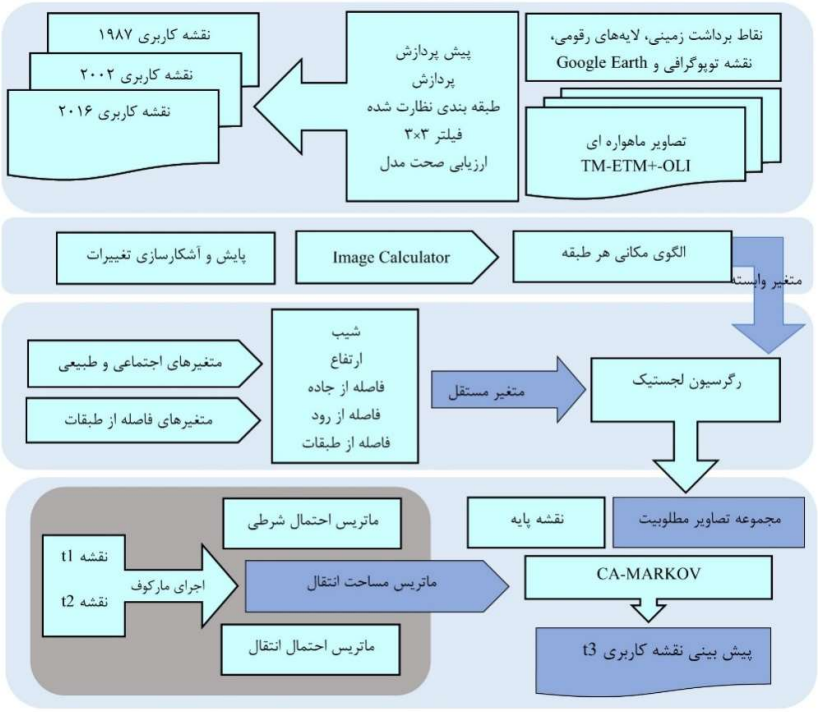
۱- driving force
۲- logistic regression
۳- Transition suitability image collection

www.SID.ir

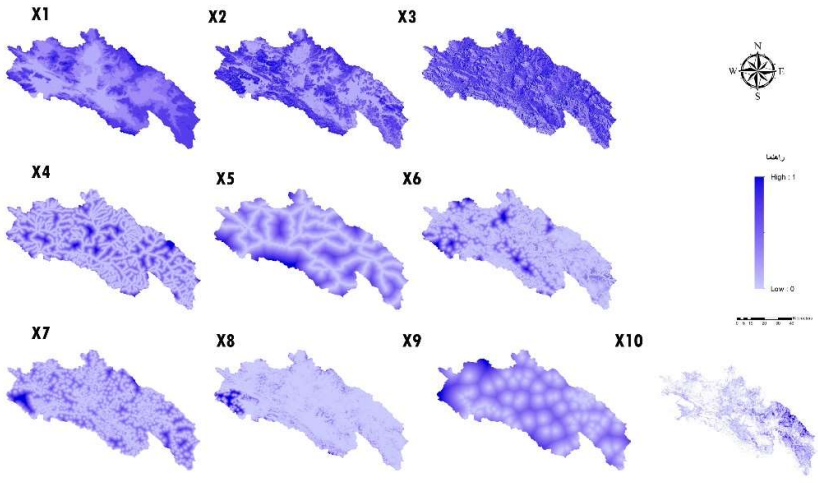
Archive of SID

تهیه شد. درشکل ۲ روش کاردر ۴ مرحله کلی نمایش داده شده است.

از ۱۰ فاکتور تأثیرگذار در این مطالعه بهره گرفته شد که به ترتیب متغیرهای اجتماعی و طبیعی شامل ارتفاع (X۱)، شیب (X۲)، جهت (X۳)، فاصله از رودخانه‌ها (X۴)، فاصله از جاده‌ها (X۵) و متغیرهای فاصله از انواع کاربری‌ها شامل فاصله از مراتع (X۶) فاصله از توسعه شهر (X۷)، فاصله از کشاورزی (X۸)، فاصله آب‌های سطحی (X۹) و فاصله از اراضی صخره‌ای (X۹) بود (شکل۳).



شکل ۲- روش کار



شکل ۳- فاکتور تأثیرگذار شامل متغیرهای اجتماعی و طبیعی و متغیرهای فاصله از انواع کاربری‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

برای پیش‌بینی وضعیت کاربری‌ها در سال ۲۰۳۰، از مدل CA-Markov استفاده شد. برای این منظور ماتریس احتمال انتقال[۱] و مساحت انتقال یافته[۲] به کمک مدل تصادفی مارکوف تهیه شد. در این مدل اگرچه احتمالات انتقال کاربری در هر کاربری دارای دقت زیادی است، اما اطلاعات مربوط به توزیع مکانی مربوط به کاربری‌ها وجود ندارد (Salmanmahiny & Kamyab, ۲۰۱۲). شبکه خودکاربرای ایجاد این وابستگی مکانی به این ماتریس احتمال انتقال با دقت بالا نیاز دارد.

CA-Markov در نرم افزار IDRISI ۱۷,۰ به عنوان مدلی قوی در پیش‌بینی شناخته شده که روند و ساختار فضایی طبقات مختلف کاربری سرزمین را بر اساس تصاویر کاربری سرزمین، ماتریس احتمال انتقال و نیز تصاویر مطلوبیت که به صورت یک فایل گروهی تهیه شده پیش‌بینی می‌کند (Gashaw *et al.*, ۲۰۱۸). ازفیلتر ۵×۵ برای تغییر وضعیت سلول‌ها بر اساس وضعیت سلول‌های مجاور استفاده می‌شود. اکثر مطالعات مرتبطی که تاکنون انجام شده‌اند از روش‌های ارزیابی چند معیاره (MCE) برای تولید مجموعه تصاویر مطلوبیت استفاده شده است و این در حالی است که MCE می‌تواند تا حدی مشکل عدم اطمینان از روش‌های وزن دهی را داشته باشد (Xu *et al.*, ۲۰۱۶). به همین جهت در این مطالعه از رگرسیون لجستیک که می‌تواند رابطه بین متغیرهای محرک و الگوی تغییر کاربری سرزمین را به خوبی نشان دهد برای تولید مجموعه تصاویر مطلوبیت استفاده شد (Han *et al.*, ۲۰۱۵). رگرسیون لجستیک روشی برای کشف روابط تجربی بینیک متغیر وابسته[۳] و چندین متغیر مستقل[۴] است (Arsanjani *et al.*, ۲۰۱۳). جهت ارزیابی میزان اثرگذاری متغیرهای مختلف (به عنوان متغیر مستقل) بروی موقعیت‌هایی که در آن‌ها تغییر مشاهده شده (به عنوان متغیر وابسته) از ضریب همبستگی کرامر استفاده شد. برنامه LOGISITREG در نرم‌افزار IDRISI ۱۷,۰ برای این منظور استفاده شد. ابتدا با استفاده ازنقشه‌های کاربری سرزمین سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲، تغییرات ۱۴ ساله پیش‌بینی شد. نتیجه با نقشه واقعی مقایسه و اعتبار و صحت آن با ماژول Validate بررسی شد. ابتدا توافق بین نقشه‌های کاربری واقعی و پیش‌بینی شده ۲۰۱۶ و پس از تأیید صحت مدل، روند تغییرات کاربری سال ۲۰۳۰، با استفاده از نقشه کاربری سال ۲۰۰۲ به عنوان نقشه t۱ و ۲۰۱۵ به عنوان t۲ به نرم‌افزار معرفی شد.

ازمنحنیROC برای سنجش میزان توافق متغیرهای محرک استفاده شد. ROC می‌تواند احتمالات پیش‌بینی شده را با مشاهدات مقایسه کند. مقدارROC پایین‌تر از ۵۰ درصد تصادفی بودن پیش‌بینی‌ها را نشان می‌دهد و بالاتر از آن تناسب بالای پیش‌بینی با مشاهدات را نشان می‌دهد (Han *et al.*, ۲۰۱۵).

۳. نتایج

تعیین تغییرات سرزمین و آثار آن بر اکوسیستم‌های طبیعی یکی از نگرانی‌های اصلی کارشناسان و برنامه ریزان محیطزیست تبدیل‌شده است. مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین می‌تواند در حل بسیاری از مسائل و مشکلات محیطزیستی به مدیران و

۱- Transition Probabilities
۲- Transition Area
۳- Dependent
۴- Independent

www.SID.ir

Archive of SID

سیاست‌گذاران در حوزه‌های مختلف و به خصوص مشکلات محیط‌زیستی کمک کند (Parvar & Shayesteh., ۲۰۱۷). این مطالعه علاوه بر بررسی و پایش روند تغییرات حوزه آبخیز گاماسیاب، روند تغییرات آن در آینده را بر اساس سناریوی توسعه انسانی پیش‌بینی و مدل‌سازی نمود. شبیه‌سازی تغییر کاربری سرزمین با سناریوهای مختلف و به کارگیری متغیرهای متنوع نتایج متعدد و قابل‌تأملی را ارائه می‌دهد. به منظور شناسایی تغییراتی که در منطقه رخ داده نیاز به یک سری متغیرهای محرک است که توانایی توصیف تغییرات را داشته باشند. استفاده از رگرسیون لجستیک، به بررسی و انتخاب متغیرهای تأثیرگذار در روند تغییرات کاربری و پوشش سرزمین کمک می‌کند. بررسی ضریب کرامر نشان می‌دهد متغیرهای فاصله از انواع کاربری موجود، همان‌گونه که انتظار می‌رفت بیشترین تأثیر را نسبت به سایر عوامل داشته است. فاصله از جاده و پس ازآن رودخانه ضریب تأثیر بالایی در توسعه و ساخت و ساز شهری نشان می‌دهد (جدول۱). همچنان که در جدول ۱ مشاهده می گردد ROC تمام طبقات بالای ۵۰ ٪ است که نشان دهنده تناسب بالای پیش‌بینی با واقعیت است.

جدول ۱- نتایج رگرسیون لجستیک

طبقات	X۱	X۲	X۳	X۴	X۵	Intercept
مراتع	۰/۳۱۷۰	-۱/۶۰۰۷	۰/۷۲۷۲	۳/۶۳۰۲	-۴/۱۳۰۲	-۱/۴۹۲۹
توسعه شهری	-۱/۸۲۰۳	-۱/۸۱۵۳	-۱/۲۰۸۴	-۱۰/۰۹۰۹	۴۰/۲۲۳۴	۲/۱۸۷۹
باغ و کشاورزی	۱/۵۳۷۵	۱/۷۸۵۸	۰/۲۷۸۲	-۱/۵۵۶۱	۱/۴۴۷۷	-۰/۷۷۵۳
آب‌های سطحی	۳/۴۷۶۲	-۰/۸۰۸۶	-۰/۷۳۷۳	-۸۱/۶۵۳۳	-۲۳/۳۵۷۸	-۵/۶۱۱۷
اراضی بایر	۰/۰۹۷۲	-۰/۹۴۲۵	۰/۵۸۶۲	-۱۱/۱۲۰۴	-۳/۲۳۴۵	-۰/۷۷۱۴

طبقات	X۶	X۷	X۸	X۹	X۱۰	ROC
مراتع	-۲۲۱/۹۷۶۷					۰/۹۱
توسعه شهری		-۵۸۳۸۳/۸۹۶۲				۰/۸۹
باغ و کشاورزی			-۴۳۹۸۲/۷۳۹۱			۰/۹۶
آب‌های سطحی				-۱۲/۴۶۹۲		۰/۹۱
اراضی بایر					-۸۹/۱۷۳۱	۰/۸۵

با استفاده از روش تصادفی مارکوف، نقشه های کاربری سرزمین دو به دو به مدل معرفی شد تا ماتریس احتمال و مساحت به دست آید. ماتریس احتمال انتقال جهت و سمت و سوی انتقال را در هر

www.SID.ir

Archive of SID

نوع کاربری سرزمین نشان می‌دهد. از نتایج ماتریس سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲ این‌گونه استنباط می‌شود که اراضی صخره‌ای و بایر، مراتع و ساخت و ساز شهری ثبات و پایداری بیشتری داشتند و در مقابل پویایی و تغییر تحول بیشتر در کاربری آب‌های سطحی و پس از آن کشاورزی بیشتر به چشم می‌خورد. بیشترین تغییر در کاربری‌های مراتع تبدیل آن‌ها به کشاورزی بوده و پس از آن نیز به اراضی بایر تبدیل شده‌اند. طبقه کاربری اراضی بایر نیز بیشتر به کاربری کشاورزی تبدیل شده‌اند و این نشان از گسترش بیش از حد کشاورزی و عدم رعایت حریم رودخانه و درنتیجه کاهش چشم‌گیر آب‌های سطحی شده است (جدول ۲). انتقال کاربری‌ها در دوره زمانی دوم یعنی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۱۶ با دوره اول هماهنگ و سازگار است (جدول ۳).

جدول ۲- ماتریس احتمال انتقال دوره اول ۱۹۸۷-۲۰۰۲

	باغ و کشاورزی	توسعه شهری	اراضی بایر	مراتع	آب‌های سطحی
باغ و کشاورزی	۰/۵۰	۰/۰۱	۰/۳۹	۰/۱۱	۰/۰۰۰۱
توسعه شهری	۰/۱۴	۰/۵۸	۰/۲۶	۰/۰۲	۰/۰۰۲
اراضی بایر	۰/۳۱	۰/۰۱	۰/۶۴	۰/۰۴	۰/۰۰۰۱
مراتع	۰/۳۱	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۵۸	۰/۰۰۱
آب‌های سطحی	۰/۵۳	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۰۴

جدول ۳- ماتریس احتمال انتقال دوره دوم ۲۰۰۲-۲۰۱۶

	باغ و کشاورزی	توسعه شهری	اراضیبایر	مراتع	آب‌های سطحی
باغ و کشاورزی	۰/۵۶	۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۰۹	۰/۰۰۱
توسعه شهری	۰/۱۸	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۰۸	۰/۰۰۲
اراضی بایر	۰/۲۶	۰/۰۲	۰/۶۸	۰/۰۵	۰/۰۰۱
مراتع	۰/۲۹	۰/۰۰۴	۰/۱۳	۰/۵۷	۰/۰۰۲
آب‌های سطحی	۰/۶۵	۰/۰۴	۰/۱۷	۰/۱۰	۰/۰۵

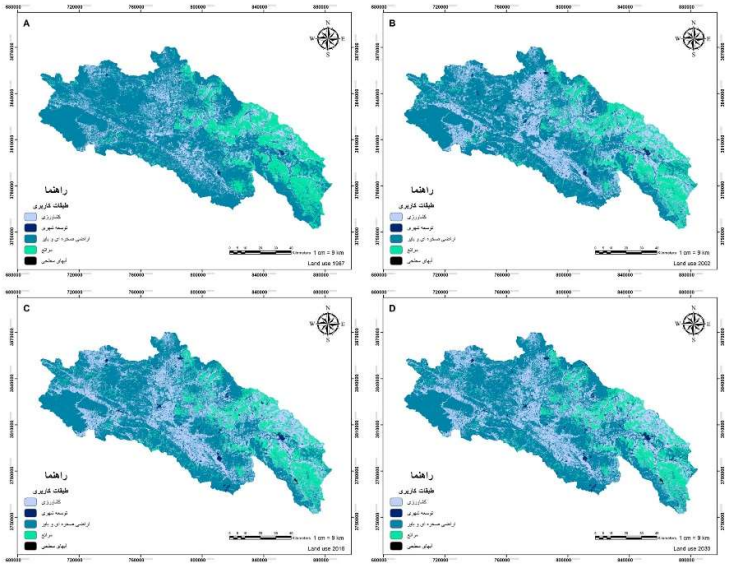
با استفاده از تصاویر مطلوبیت و ماتریس مساحت انتقال به دست آمده و مدل CA-Markov نقشه کاربری سرزمین پیش‌بینی شد. به منظوربررسی صحت مدل، لازم است تا نتیجه کار با نقشه واقعیت زمینی آن مقایسه شود. نتایج ارزیابی صحت نقشه پیش‌بینی شده سال ۲۰۱۶ با نقشه واقعیت آن با استفاده در جدول ۴ مشاهده می‌شود. با بررسی و پایش تغییرات کاربری سه دوره زمانی ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۶ الگوی تغییرات کاربری ۱۴ سال آینده یعنی سال ۲۰۳۰ به دست آمد (شکل ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- ارزیابی صحت نقشه پیش‌بینی شده ۲۰۱۶ با واقعی۲۰۱۶

(Information of location)	(Information of quantity)					
	No[n]		Mediume[m]		Perfect[p]	
Perfect[P(x)]	P(n)=	۰,۵۵۴۲	P(m)=	۰,۹۵۵٤	P(p)=	۱,۰۰۰۰
Perfect	K(n)=	۰,۵۵۴۲	K(m)=	۰,۹۵۵٤	K(p)=	۱۰۰۰۰
stratume[K(x)]	M(n)=	۰,٤٤۹۳	M(m)=	۰,۸۵۱۱	M(p)=	۰,۸٤۵۷
MediumeGride[M(x)]	H(n)=	۰,۱٦٦۷	H(m)=	۰,۳۷۱۵	H(p)=	۰,۳٦۹۰
MediumeStratume [H(x)]	N(n)=	۰,۱٦٦۷	N(m)=	۰,۳۷۱۵	N(p)=	۰,۳٦۹۰
No[N(x)]						
AgreementGridcell=		۰,٤۷۹٦				
AgreemenStrata=		۰,۰۰۰۰				
AgreementQuantiti=		۰,۲۰٤۹				
AgreementChance=		۰,۱٦٦۷				
DisagreeQuantiti=		۰,۰٤٤٦				
DisagreeStrata=		۰,۰۰۰۰				
DisagreeGridcell=		۰,۱۰٤۳				
Kstandard=		۰,۸۱۱۱				
Kno=		۰,۸۲۱۳				
Klocation=		۰,۸۲۱۳				
KlocationStrata=		۰,۸۲۱۳				



شکل ۴- نقشه‌های کاربری سرزمین ۱۹۸۷ (A)، ۲۰۰۲ (B)، ۲۰۱۶ (C) و ۲۰۳۰ (D)

کاربری باغ و کشاورزی و توسعه شهری در این سال‌ها افزایش پیدا کرده که می‌تواند توجیهی برای کاهش مراتع و نیز اراضی بایر باشد. مساحتودرصدهرکاربری به صورت مجزا در جدول ۵ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مساحت و درصد طبقات کاربری سرزمین

طبقات	۱۹۸۷		۲۰۰۲		۲۰۱۶		۲۰۳۰	
کاربری	مساحت	درصد٪	مساحت (هکتار)	درصد٪	مساحت	درصد٪	مساحت	درصد٪
باغ وکشاورزی	۲۰۰۴۹۰/۸۴	۱۸/۸۴	۳۰۳۵۵۲/۰۹	۲۸/۵۳	۳۳۲۳۷۶/۱۳	۳۱/۲۳	۳۲۳۹۶۹/۴۹	۳۱/۴۵
توسعه شهری	۲۱۸۱/۷۸	۰/۲	۱۰۲۰۶/۹۹	۰/۹۶	۱۲۹۰۱/۴۱	۱/۲۱	۱۷۵۱۹/۴	۱/۶۵
اراضی بایر	۶۷۰۰۴۱/۶۳	۶۲/۹۸	۵۸۱۷۸۱/۶	۵۴/۶۸	۵۶۴۵۱۷/۷۱	۵۳/۰۶	۵۷۶۸۲۷/۴۶	۵۴/۲۲
مراتع	۱۹۰۳۵۲/۷	۱۷/۸۹	۱۶۸۱۲۳/۱۵	۱۵/۸۰	۱۵۳۵۹۹/۴	۱۴/۴۴	۱۴۴۹۷۸/۳	۱۳/۶۳
آب سطحی	۸۸۴/۸۸	۰/۰۸	۲۸۸	۰/۰۳	۶۵۷/۱۸	۰/۰۶	۶۵۷/۱۸	۰/۰۶

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین نقش بسیار مهمی در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست ایفا می‌کند. برای نمایش واقعی پویایی کاربری‌ها،یک مدل باید بتواند با متغیرهای پیچیده اجتماعی- اقتصادی و طبیعی با تعاملات انسانی- محیطی هماهنگ باشد. ازاین رو مدل سلول خودکار به روشی رایج برای ارزیابی تغییرات کاربری سرزمین تبدیل‌شده است، زیرا می‌تواند رفتار سیستم‌های پیچیده را با درجه بالایی از واقعیت شبیه‌سازی کند و در قالب قوانین ساده ارائه دهد (Newland *et al.*, ۲۰۱۸).

در این مطالعه به بررسی و مدل‌سازی تغییرات رخداده در حوزه آبخیز گاماسیاب پرداخته شد. پوشش غالب منطقه کوه‌ها و اراضی صخره‌ای و شوره‌زارها و زمین‌های است که همه تحت عنوان اراضی بایر و صخره‌ای مشخص شده است و انتظار می‌رود با گذشت زمان و با گسترش و توسعه شهرها از یک سو و بالا رفتن نیاز به زمین‌های بیشتر برای تأمین غذا و نیازهای روزمره این جمعیت رو به رشد، از سوی دیگر، از زمین‌های بایر و بدون پوشش منطقه کاسته و در مقابل به ارضی زیر کشت و توسعه شهرها افزوده شود. از طرف دیگر این تبادل اراضی در مراتع نیز مشاهده می‌شود که بخشی مربوط به تخریب مراتع است و بخشی نیز مربوط به نیاز روز افزون به زمین‌های قابل کشت بوده است.

از رگرسیون لجستیک به‌منظور تولید مجموعه نقشه‌های مطلوبیت و ترکیب آن با مدل CA-Markov برای پیش‌بینی روند تغییرات در حوزه آبخیز گاماسیاب استفاده شد. متغیرهایی که در این مطالعه استفاده شدند، در اغلب مطالعات مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری سرزمین با روش‌های مختلف استفاده می‌شود. مطالعاتی از جمله Kumar و همکاران (۲۰۱۴) که از مدل رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی جنگل‌زدایی استفاده کردند، متغیرهای فاصله از حاشیه جنگل، جاده‌ها و مناطق مسکونی و وضعیت طبقات شیب را به عنوان متغیرهای توضیحی تغییرات جنگل در نظر گرفتند. همچنین در مطالعات دیگری که از روش‌های مختلف مدل‌سازی برای پیش‌بینی تغییرات کاربری سرزمین مناطق حفاظت شده (Khoi & Murayama, ۲۰۱۰)، جنگل‌زدایی (Parsamehr& Gholamalifard, ۲۰۱۶) و رشد شهری (Parvar & Shayesteh., ۲۰۱۷) بهره گرفته‌اند، متغیرهای

www.SID.ir

Archive of SID

مشابهی را انتخاب کرده‌اند. توافق بالا بین شبیه‌سازی و مشاهدات نشان داد که مجموعه تصاویر مطلوبیت به‌دست‌آمده از رگرسیون لجستیک دقت بالایی دارد و عوامل انتخاب‌شده می‌توانند به طور معنی‌داری فرآیندهای تأثیرگذار بر تغییر کاربری زمین را نشان دهند. با توجه به اینکه انتخاب متغیرها نیاز به شناخت، پیش‌داوری از منطقه و داده‌های موجود دارد پیشنهاد می‌شود برای رسیدن به نتایج بهتر و دقیق‌تر، متغیرهای بیشتری متناسب با هدف و زمینه کاری انتخاب شود.

در مطالعه حاضر متغیرهای انتخابی متناسب با پیچیدگی‌های منطقه مطالعه انتخاب شدند و تا حدی بتواند البته محدودیت‌های محقق در تهیه برخی داده‌ها را نیز کمرنگ کند. متغیرهای فاصله از انواع کاربری موجود، مؤثرترین متغیر به حساب می‌آید. مشاهدات و نتایج نیز این را اثبات نمود که مناطقی که در نزدیکی یک نوع کاربری هستند، نسبت به مناطقی که دورترند، احتمال بیشتری برای تغییر به آن نوع کاربری دارند. عواملی از جمله جاده و رودخانه نقش مهمی در توسعه و ساخت و سازهای شهری دارند و از این رو فاصله از این عوارض نیز عامل مهمی شناخته شده است.

این مطالعه و مطالعات مشابه نشان می‌دهد تغییرات پوشش/کاربری سرزمین تا حد زیادی تحت تأثیر عوامل پیچیده طبیعی و اقتصادی اجتماعی می‌باشد. رویکرد ادغام شبکه خودکار مارکوف و رگرسیون لجستیک در بررسی اثرات عوامل طبیعی و تولید مجموعه تصاویر مطلوبیت کاملاً مؤثر بوده است. اگرچه اندازه‌گیری و بررسی تمامی اثرات اقتصادی-اجتماعی با روش‌های تکمیلی دیگری از جمله ادغام با مدل System Dynamic میسر خواهد بود (Xu *et al.*, ۲۰۱۶). این مطالعه و مطالعات مشابه این چنین می‌تواند به عنوان یک ابزار پیش‌بینی و راهنمایی به برنامه ریزان محیطزیست جهت ارزیابی محیط به طور مؤثری خدمت کند.

References:

Azizi Ghalaty, S., Rangzan, K., Sadidy, J.,Heydarian, P.,Taghizadeh, A. ۲۰۱٦.Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: Kohmare Sorkhi, Fars province). RS & GIS Techniques for Natural Resources, ۷(۱). ٥۹-۷۰. (In Persian)

Amini Parsa., V., Nejadi, A. ۲۰۱٦. Predicting future dynamics of landscape structure within protected areas using CA-Markov model (Case study: Dizmar protected area). Physical Geography Research Quarterly, ٤۸(٤), ٦٦۱-٦۷٤. (In Persian)

Arsanjani, J., Helbich, M., Kainz, W., Darvishi Boloorani, A., ۲۰۱۳. Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. Int. J. Appl. Earth Obs. Geo Information, ۲۱: ۲٦٥–۲۷٥.

Eastman, J., ۲۰۱۲. IDRISI Selva Manual, Version ۱۷. Clark University ۳۲۲ pp.

Falahatkar, S., Safianian, A. Khajedin, J., Ziayi, h. ۲۰۰۹. Investigating the ability of the CA Markov model to predict the land cover map (Case study: Isfahan city), Proceedings of the ٦th Internal Congress on Geomatic, Isfahan, Iran. (In Persian)

Gashaw, T., Tulu, T., Argaw, M., Worqlul, A.W. ۲۰۱۸. Modeling the hydrological impacts of land use/land cover changes in theAndassa watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia. Science of the Total Environment ٦۱۹–٦۲۰, PP: ۱۳۹٤–۱٤۰۸.

Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., Hokao, K. ۲۰۱۱. Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and

www.SID.ir

Archive of SID

Markov model. Ecological Modelling, ۲۲۲, ۳۷٦۱–۳۷۷۲.

Han, H.R., Yang, C.F., Song, J.P., ۲۰۱٥. Scenario simulation and the prediction of land use and land cover change in Beijing, China. Sustainability, ۷,٤۲٦۰–٤۲۷۹.

Halabian, A.H., Soltanian, M. ۲۰۱۷. Assessment and forecasting the desertification changes in the east and south of Isfahan by CA-Markov model, Journal of Spatial Analysis, ۳(٤), ۷۱-۸۸. (In Persian)

Harsini, J.I., kaboli, M., Feghhi, J., Taherzadeh, A. ۲۰۱۷. Land use / land cover change modelling using Markov chain and Cellular Automata (Case study: Hamedan province), .Env. Sci. Tech., ۱۹(۱), ۱۲۱-۱۲۹. (In Persian)

Kakeh Mami, A., Ghorbani, A., Kayvan Behjoo, F., Mirzaei MosivanD, A. ۲۰۱۷. Comparison of visual and digital interpretation methods of land use/cover mapping in Ardabil province, Journal of Applied RS & GIS for Natural Resource, ۸(۳), ۱۲۱-۱۳٤. (In Persian)

Kaveh, N., Ebrahimi, A. ۲۰۱۳. A Markov chain model for simulating land use/cover change (Case study: Aghbolagh river), Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science, ٤(۲), ٤۱-٥۱. (In Persian)

Kamusoko, C., Aniya, M., Adi, B., Manjoro, M. ۲۰۰۹. 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 ۲۹, ٤۳٥–٤٤۷.

Khoshgoftar, m.m., Taleai, m., Malekpoor, P. ۲۰۱۰. Spatial temporal Modeling of Urban Growth: a Method Based on Integration of Cellular Automata and Markov Chain. Proceedings of the ۷th Internal Congress on Geomatic, Isfahan, Iran. (In Persian)

Khoi, D.D., Murayama,Y. ۲۰۱۰. Delineation of Suitable Cropland Areas Using a GIS Based Multi-Criteria Evaluation Approach in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. Sustainability, ۲(۷): ۲۰۲٤-۲۰٤۳.

Kumar, R., Nandy, S., Agarwal, R., Kushwaha, S.P.S. ۲۰۱٤. Forest cover dynamics analysis and prediction modeling using logistic regression model. Ecological Indicators, ٤٥: ٤٤–٤٥٥.

Mas, j. F., Kolb, M., Paegelow, M., Camacho Olmedo, M. T., Houet, T. ۲۰۱٤. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. Environmental Modelling & Software, ٥۱: ۹٤-۱۱۱.

Newland, C.P., Maier, H.R., Zecchin, A.C., Newman, J.P., van Delden, H. ۲۰۱۸. Multi-objective optimisation framework for calibration of Cellular Automata land-use models. Environmental Modelling & Software, ۱۰۰: ۱۷٥-۲۰۰.

Parsamehr, K., Gholamalifard, M. ۲۰۱۷. Comparing Empirical Transition Potential Modeling Procedures and Their Implication as Baseline of REDD Projects in Mazandaran Province, Environmental Studies, ۷(۱۳), ۱۸۳-۲۰۲. (In Persian)

Parvar, Z., Shatesteh., K., Behzadfar, M., Azizkhany, N. ۲۰۱۷. Detection of Changes Resulting from Construction of Shirin Darreh Dam on Land Use/Land Cover in Downstream Basin, Environmental Researches, ۷(۱٤), ۱۹۱-۲۰۲. (In Persian)

Parvar, Z., Shayesteh, K. ۲۰۱۷. Monitoring and Prediction of Urban Growth Using Multitemporal Images and GIS Techniques (A Case Study of Bojnourd City). Environmental Studies. ٤۳(۳), ٥۱۳-٥۲۷.(In Persian)

Salmanmahiny, A., Kamyab, H. ۲۰۱۲. Applied Remote Sensing and GIS with Idrisi.٥۹٦p.(In Persian)

Subedi, P., Subedi, K., Thapa, B. ۲۰۱۳. Application of a Hybrid Cellular Automaton – Markov (CA-Markov) Model in Land-Use Change Prediction: A Case Study of Saddle Creek Drainage Basin, Florida. Applied Ecology and Environmental Sciences, ۱(٦): ۱۲٦-۱۳۲.

Talebi Amiri, S., Azari Dehkord, F., Sadeghi, H., Soofbaf, R. ۲۰۱۰. Study on Landscape Degradation

www.SID.ir

Archive of SID

in NekaWatershed Using Landscape Metrics, Environmental Sciences. ٦(٣), ١٣٣-١٤٤. (In Persian)

Veldkamp, A., and Verburg, P. H. ٢٠٠٤. Modelling land use change and environmental impact, Journal Environmental Management, ٧٢: ١-٣.

Xu, X., Dua, Z., Zhang, H. ٢٠١٦. Integrating the system dynamic and cellular automata models to predict land use and land cover change. Applied Earth Observation and Geo Information, ٥٢: ٥٦٨-٥٧٩.

Zeaian Firouzabadi, P., Shakiba, A., Matkan, A., Sadeghi, A. ٢٠٠٩. Remote Sensing (RS), Geographic InformationSystem (GIS) and Cellular Automata Model(CA) as Tools for the Simulation of Urban LandUse Change – A Case Study of Shahr-e-Kord, Environmental Sciences. ٧(١), ١٣٣-١٤٨. (In Persian)

www.SID.ir