عنوان: پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی استان کردستان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل CA-Markov

چکیده:

تغییرات کاربری اراضی یکی از پویاترین اجزای طبیعت است که بعد از انقلاب صنعتی در مقیاس‌های مختلف به‌طور قابل توجهی در حال افزایش می‌باشد. پایش مداوم این تغییرات و کمی سازی آنها درک بهتری از عملکرد و سلامت اکوسیستم به ما می‌دهد. بنابراین هدف این مطالعه مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی استان کردستان با استفاده از مدل ترکیبی Cellular Automata (CA) –Markov بوده است. بدین منظور نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ با استفاده از تصاویر لندست با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال در شش کلاس تهیه گردید. سپس با استفاده از نقشه شبیه‌سازی سال ۱۳۹۹ و نقشه واقعی مدل ارزیابی شد و سپس نقشه کاربری در شش طبقه کاربری برای سال‌های ۱۴۰۹ و ۱۴۱۹ پیش‌بینی گردید. بررسی تغییرات بین سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۷۹ نشان داد که کاربری‌های اراضی کشاورزی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم، مناطق شهری و انسان ساخت و بسترهای آبی به ترتیب ۱۹/۰۵، ۱۲/۳۶، ۰/۳۰ و ۰/۲۷ درصد افزایش داشته این درحالی است که کاربری‌های جنگل و مراتع به ترتیب ۱۴/۷۵ و ۱۷/۲۲ درصد کاهش داشته‌اند. ارزیابی مدل نشان داد که ضریب کاپای مدل در تمامی ضرایب بالای ۰/۸ بوده که این بیانگر کارایی بالای مدل می‌باشد. بررسی تغییرات آینده کاربری اراضی نسبت به سال ۱۳۷۹ نشان داد که بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۹ کاربری‌های جنگل و مراتع ۱۷/۴۷ و ۲۸/۳۴ و بین سال ۱۳۷۹ تا ۱۴۱۹ این کاربری‌های به ترتیب ۲۱/۹۸ و ۲۹/۷۸ درصد کاهش می‌یابد. در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۹ کاربری‌های اراضی کشاورزی، اراضی بایر با پوشش گیاهی، مناطق مسکونی و انسان ساخت و بسترهای آبی به ترتیب ۳۲/۵۴، ۱۲/۵۵، ۰/۴۶ و ۰/۲۶ افزایش یافته است، این کاربری‌ها در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۴۱۹ به‌ترتیب ۳۶/۹۶، ۱۲/۸۸، ۱/۵۸ و ۰/۳۳ افزایش می‌یابد. نتایج این تحقیق به خوبی روند تغییرات حال و آینده کاربری‌ها را نشان داد که این نتایج برای محققین علوم طبیعی، حافظان محیط‌زیست، سازمان‌های غیردولتی و سیاست‌مداران و برنامه‌ریزان شهری بسیار مفید و ارزشمند است.

کلمات کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، تغییر کاربری اراضی، پیش‌بینی، زنجیره مارکوف، ضریب کاپا

غیرقابل استناد

مقدمه:

برا ساس تحقیق‌های صورت گرفته تاکنون، می‌توان به طور کلی، مدعی شد که تغییرات کاربری ارا ضی عمدتاً به دو دلیل عمده رخ می‌دهند. دلیل عمده اول، افزایش جمعیّت (Gholizadeh Moghaddam et al., 2018) و تأمین مسکن و غذا می‌باشد. دلیل دوم این تغییرات نشأت گرفته از تغییر اقلیم در سطح جهان می‌باشد (Keshtkar and Voigt, 2016). تغییرات در کاربری و استفاده از زمین، اثرات زیادی بر انتشار گازها، مقدار تشعشع خورشید، تنوع زیستی ، تعادل آب و چرخه‌های بیولوژیکی از خود برجای می‌گذارد (Riebsame, 1994)، تا جایی که بروز خطرات طبیعی مانند خشکسالی را افزایش می‌دهد (Gidey et al., 2017).

به همین دلیل ا ست که این مو ضوع اکنون توجه کافی را از سوی دا ن شمندان و ت صمیم‌گیرندگان برای درک بهتر و ارزیابی تغییرات آینده و تأثیرات آن بر محیط‌زیست دریافت کرده است (Mas et al., 2014; Mubea et al., 2011). به دلیل اهمیت موضوع‌های فوق، تقاضای زیادی برای بهبود اطلاعات تغییر کاربری و پو شش ارا ضی به منظور تو سعه نظام‌های کاربری ارا ضی پایدار وجود دارد (Jansen and Di Gregorio, 1998). علاوه بر این، (Keshtkar and Voigt, 2016)، (Omar et al, 2014) و (Subedi et al, 2013) گزارش دادند که پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش اراضی یک فرآیند پیچیده است زیرا هم عوامل محیطی و هم عوامل اجتماعی-اقت صادی را دربرمی‌گیرد. این ن شان می‌دهد که این تغییرات تو سط عوامل طبیعی و ان سانی ایجاد می‌شوند. بنابراین، هر دو این عامل‌ها را می‌توان مسئول این تغییرات دانست (Keshtkar and Voigt, 2016).

اثرات این تغییر اکوسیستم‌ها، در کشور ایران که در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، مشهودتر است (Savari et al, 2021; Khosravi et al., 2016). تغییر کاربری اراضی، به دلیل ارتباط آن با پایداری محیط زی ست و همچنین امنیت غذایی، به یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن ۲۱ بدل شده ا ست (Barati et al., 2015) دخل و تصرف در کاربری اراضی، خسارت‌های جبران‌ناپذیری را در منابع آبی و سفره های زیرزمینی (Goodarzi et al., 2012)، خاک و آتمسفر سبب گردیده است (Zhao, 2008; Gondwe et al, 2018).

برای جلوگیری از این خسارت‌های هنگفت، نیازمند به بررسی و پایش تغییرات کاربری در طول زمان می‌باشد. پایش تغییرات اراضی برای درک محرک‌های مؤثر بر زمین‌ها برای مدیریت مناسب آن‌ها اهمیت ب سزایی دارد، زیرا این تغییرات ارا ضی تحت تأثیر عوامل مختلف ان سانی و طبیعی ه ستند که باعث تغییر در کل اکوسیستم طبیعی منطقه می‌شوند (Rawat. & Kumar, 2015). بررسی الگوی تغییرات و تعامل بین

فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی و همچنین تغییر چشم‌اندازها برای مدیریت اراضی و اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی روزبه‌روز ضروری‌تر می شود (Othman et al., 2014). با اینحال، جهت پایش، پیش‌بینی و شبیه سازی مؤثر تغییرات کاربری و پوشش اراضی لازم است تا اطلاعات زیادی در خصوص منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری کنیم. جهت کسب این اطلاعات می‌توان از علم سنجش از راه دور کمک گرفت، به طوری که این علم، اطّلاعات به‌روزی را از پو شش و کاربری ارا ضی در اختیار پژوه شگران قرار می‌دهد و در تحلیل و شبیه سازی مکانی تغییرات ارا ضی در بازه‌های زمانی مختلف بسیار مفید می‌با شد (Belete et al., 2020) و همچنین از نظر زمان و هزینه در مقیاس منطقه‌ای مقرون به صرفه است (Skandari Dameneh et al., 2019).

از جمله مدل‌ها و روش‌های سنجش از دوری که برای بررسی روند تغییرات اراضی و پیش‌بینی آن‌ها ا ستفاده می شود به روش ترکیبی سلول خودکار-زنجیرهٔ مارکوف می‌توان ا شاره نمود (Aburas et al., 2016). این روش نتایج واقع‌بینانه‌ای را در مقایسه با روش‌های دیگر سنجش از دوری نشان می‌دهد که با تخمین مکانی و زمانی داده‌ها، روند تغییرات اراضی را ثبت و نتایج بهتر و دقیق‌تری ارائه خواهد داد (Guan et al., 2011). ترکیب این دو روش، تکنیک بسیار مؤثری برای برآورد مکانی و زمانی داده‌های سنجش از دور می‌باشد؛ زیرا همانطور که گفته شد این نوع داده‌ها به خوبی روند تغییرات اراضی را ثبت می‌کنند (Aburas et al., 2016؛ Alsharif, and Pradhan, 2014) بنابراین ترکیب مدل‌های شبیه‌سازی دینامیک مانند سلول خودکار با مدل تجربی آماری مانند زنجیره‌مارکوف نتایج بهتری نسبت به ا ستفاده جداگانه این دو مدل خواهد دا شت (Guan et al., 2011).

برای بررسی تغییرات کاربری اراضی اکوسیستم‌ها و پیش‌بینی روند آن‌ها در دوره‌های آینده با استفاده از روش سلول خودکار-زنجیرهٔ مارکوف تحقیقات متعددی انجام شده است، که در زیر به تعدادی از آن‌ها می‌توان اشاره نمود:

Abdollahi et al (2020) به بررسی مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر لاهیجان با رویکرد توسعه پایدار پرداختند، نتایج تحقیق آنها نشان داد که مساحت اراضی ساخته شده از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۷ نزدیک به ۱۲۵۰ هکتار افزایش یافته و اراضی جنگل و باغات در این دوره با کاهش حدودی ۲۰۰۰ هکتاری روبه رو بوده است که بیشترین تغییرات در این دوره مربوط به جنگل و باغات می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات احتمال می‌رود که در سال ۱۴۰۹ میزان ۷۶۰/۵ هکتار از ارا ضی جنگل و باغات کا سته

شده و ۵۳/۹۱ هکتار به اراضی ساخته شده، ۶۹۳/۰۹ هکتار به شالیزارها و ۱۳/۵ هکتار نیز به پهنه آبی افزوده شود. Holisaz et al (2020) به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی دشت سیرجان با استفاده از زنجیره مارکوف-سلولار پرداختند، نتایج حا صل از آ شکار سازی تغییرات بین بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷ نشان داد که اراضی بایر به میزان ۷۸۶۶/۷۵ هکتار (۴/۴۷ درصد) روند کاهشی داشته است. در مقابل اراضی شور ۱۷۱۹/۷۸ هکتار (۱۴/۲۱ درصد)، اراضی شهری- انسان ساخت ۱۲۴۴/۵۰ هکتار (۲۷۵/۵۲درصد) ، اراضی کشاورزی ۴۹۰۲/۴۸ هکتار (۴۳/۱۷ درصد) با روند افزایشی مواجه بوده است. نتایج حاصل از پیش بینی نشان داد که تا سال ۲۰۲۶ سطح اراضی بایر ۳۷۹۲/۴۸ هکتار کاهش و سطح اراضی شور ۳۱۵/۷۴ هکتار، اراضی شهری – انسان ساخت ۲۹۱/۵۱ هکتار و اراضی کشاورزی ۳۱۸۵/۲۳ هکتار افزایش پیدا خواهد کرد. Darabi et al (2020) به پیش بینی تغییر کاربری اراضی شهری تبریز پرداختند، نتایج تحقیق آنها نشان داد که نرخ ضریب توسعه در این منطقه زیاد می‌باشد و احتمال تبدیل هر سلول شهری به سلول مرکز انتشار شهر و در نتیجه میزان رشد مرکز انتشار جدید در منطقه تحت پوشش، زیاد است. بالا بودن ضریب توسعه، نشان‌دهنده احتمال بسیار زیاد به وجود آمدن لکه‌های شهری جدید حاصل از رشد خودبه‌خودی و تبدیل آن‌ها به مراکز جدید رشد شهری است. Guan et al (2008) تغییرات کاربری اراضی ناشی از رشد شهرکیتاکیوشو[1] در کشور ژاپن را با استفاده از فنون سنجش ازدور برر سی نمودند. آنها در تحقیق خود از تعداد ۴ سری تصاویر ماهواره‌ای لند ست در سال‌های ۱۹۹۰،۱۹۹۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ میلادی، نقشه‌های رشد شهری تهیه نمودند. سپس با استفاده از مدل سلول‌های خودکار مارکوف میزان و شدت تغییرات را تا سال ۲۰۵۰ میلادی محاسبه کردند. نتایج این تحقیق مشخص کرد که رشد شهری شامل تغییر انواع مختلفی از طبقات کاربری زمین به کاربری سکونتگاهی است. Iqbal et al (2016) در مطالعه‌ای روند تغییرات کاربری اراضی در منطقه شهری چیتاگونگ بنگلادش را طی سالهای ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۱ را با تصاویر ماهواره‌ای بررسی نمودند؛ نتایج به دست‌آمده از تحقیق آنها نشان داد که حدود ۲۷ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه آنها دستخوش تغییر شده است.

استان کردستان در سال‌های اخیر به دلیل فعالیت‌های انسانی رخ داده از جمله کشاورزی غیراصولی، برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی برای کشاورزی، تخریب مراتع و جنگل‌ها برای کشاورزی دیم و آبی، دچار تخریب شده است و نیاز به مدیریت و برنامه‌ریزی مدون دارد تا از تخریب هر چه بیشتر این استان جلوگیری نماید Moradi

[1] Kitakyushu

et al (2018). جهت رسیدن به این امر، آگاهی از روند آینده تغییرات کاربری بسیار لازم و ضروری است. بنابراین در این پژوهش با استفاده از تکنیک سنجش از دور به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی استان کردستان در دوره‌های مختلف و آینده پرداخته می‌شود تا مشخص گردد که روند تأثیر عوامل انسانی در ارتباط با روند تغییر کاربری این استان به چه صورت بوده است و در آینده به چه سمتی حرکت پیدا خواهد.

مواد و روش‌ها:

منطقه مورد مطالعه:

مساحت استان کردستان ۲۹۱۳۷ کیلومترمربع معادل ۷/۱ ٪ مساحت کل کشور ایران است (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۰). این استان که در دامنه‌ها و دشت‌های پراکنده سلسله کوه‌های زاگرس میانی قرار گرفته است، دارای ۱۰ شهرستان، ۲۹شهر، ۳۱بخش، ۸۶ دهستان و ۱۶۹۷آبادی دارای سکنه و ۱۸۷ آبادی خالی از سکنه است. اقلیم کردستان متأثر از توده‌های هوای گرم و مرطوب مدیترانه‌ای است که این توده‌ها موجب بارندگی‌هایی در بهار و ریزش برف در زمستان‌ها شده است. تعداد روزهای یخبندان ۱۰۹ روز و میزان بارندگی سالانه در شرایط عادی اقلیمی معادل ۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۰). میزان رطوبت و بارش مناسب باعث ایجاد جنگل‌های انبوه بلوط و گونه‌های مختلف درختان جنگلی شده‌است. کردستان یکی از استان‌های مهم در حوزه کشاورزی در کشور محسوب می‌شود و دارای باغات و مزارع فراوانی است. به‌طوری‌که در تولید محصول توت فرنگی در کشور رتبه اول را دارد و تأمین کننده بخش زیادی از این محصول در کشور است.

روش تحقیق:

کلیه داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل تصاویر ماهواره‌ای و نقشه توپوگرافی می‌باشد. تصاویر ماهواره‌ای لند ست (TM, ETM^+, OLI) در فصل رویش پوشش گیاهی در یک بازه زمانی در ماه‌های خرداد تا مرداد از پایگاه سازمان زمین‌شناسی آمریکا دریافت گردید. از نرم‌افزارهای ENVI 5.3 جهت پردازش و آنالیز تصاویر و طبقه‌بندی تصاویر و Arc GIS 10.4 برای ایجاد نقشه‌های نمونه تعلیمی، واقعیت زمینی استفاده شد.

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورداستفاده در تحقیق

غیرقابل استناد

ماهواره	سنجنده	ردیف/گذر	قدرت تفکیک	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی
Landsat -4-5	**TM**	۱۶۶/۳۵، ۱۶۷/۳۵، ۱۶۷/۳۶، ۱۶۸/۳۵، ۱۶۸/۳۶	۳۰	۲۰۰۰	۱۳۷۹
Landsat - 7	**ETM**	۱۶۶/۳۵، ۱۶۷/۳۵، ۱۶۷/۳۶، ۱۶۸/۳۵، ۱۶۸/۳۶	۳۰	۲۰۱۰	۱۳۸۹
Landsat- 8	**OLI**	۱۶۶/۳۵، ۱۶۷/۳۵، ۱۶۷/۳۶، ۱۶۸/۳۵، ۱۶۸/۳۶	۳۰	۲۰۲۰	۱۳۹۹

پیش پردازش، طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای و تهیه نقشه کاربری اراضی

قبل از بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای فرآیند پیش پردازش که شامل دو گام تصحیحات هندسی و رادیومتریک می‌باشد، انجام شد. جهت استخراج اطلاعات مفید از داده‌های ماهواره‌ای، انتخاب الگوریتم مناسب برای طبقه‌بندی بسیار مهم است. به همین منظور از الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال[۲] استفاده گردید. پیش نیاز استفاده از این الگوریتم به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره، انتخاب نمونه‌های تعلیمی است. در این مطالعه با توجه به کیفیت داده‌ها برای دوره زمانی نمونه‌های تعلیمی برای طبقات کاربری و پوشش اراضی تهیه شد. سپس پردازش‌های طبقه‌بندی به منظور افزایش کیفیت و دقت طبقه‌بندی انجام گردید. در تحقیق حاضر با استفاده از تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای نقشه مربوط به مناطق کوهستانی استخراج شد و با استفاده از الگوریتم update در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به نقشه حاصل از طبقه‌بندی نظارت شده بر اساس الگوریتم حداکثر احتمال اضافه گردید. برای طبقه‌بندی درست تصاویر و انتخاب صحیح نقاط آموزش به برداشت نقاط آموزشی ازراه سامانهٔ گوگل‌ارث[۳]، بررسی میدانی، ترکیب رنگی کاذب[۴] و استفاده از شاخص‌های به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای مانند شاخص نرمال شدهٔ اختلاف پوشش گیاهی[۵] برای تشخیص پوشش

4- Maximum Likelihood

۳ Google Earth

۴ False Color Composite (FCC)

4- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

غیرقابل استناد

گیاهی، شاخص نرمال شدهٔ اختلاف مناطق پوشیده از آب[۶] برای بررسی بسترهای آبی و شاخص نرمال شدهٔ اختلاف مناطق شهری[۷] برای بررسی مناطق شهری و انسان ساخت استفاده شد. به این ترتیب، با توجه به کاربری‌های موجود در منطقه، اهداف تحقیق و قابلیت‌های کم و بیش شناخته شدهٔ تصاویر مورد استفاده در استخراج اطلاعات مفید به ویژه تهیهٔ نقشهٔ کاربری اراضی و پوشش زمین، شش طبقه کاربری شامل اراضی کشاورزی، جنگل، مراتع، اراضی بایر با پوشش کم، بسترهای آبی و مناطق انسان ساخت مد نظر قرار گرفت.

بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از LCM

در این روش، نقشه کاربری اراضی تولید شده مربوط به سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ به عنوان ورودی مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM) برای تحلیل تغییرات منطقه و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی انتخاب شدند. مدل LCM به دو نقشه پوشش سرزمین متعلق به زمان‌های گوناگون به عنوان ورودی نیاز دارد (Asghari Sereskanrood et al., 2020). همچنین کاهش‌ها و افزایش‌ها در هر کاربری و تغییر خالص در طبقات گوناگون پوشش سرزمین به صورت نقشه و نمودار با قسمت آنالیز تغییرات مدل ارزیابی گردید.

ارزیابی و صحت‌سنجی مدل

برای ارزیابی صحت مدل از آماره‌های کاپا به ترتیب مربوط به مقادیر کاپای کلی، کاپای مطابق با مکان، کاپای مطابق با مقدار به منظور ارزیابی صحت مدل استفاده شدند (Singh and Punia, 2018). مطالعات مختلف (Monserud, 1990؛ Mosammam et al., 2017) اذعان داشتند که مقدار شاخص کاپا بین منفی ۱ و مثبت ۱ هست و ضریب کاپا بالای ۰/۸ مناسب بودن طبقه بندی با نمونه های واقعی را نشان می‌دهد (Viera & Garrett, 2005). خطا و صحت پیش‌بینی مدل بر اساس نقشه‌های پوشش اراضی مربوط به سال ۱۳۹۹ و نقشه پیش‌بینی شده در این سال محاسبه شد بدین منظور ابتدا با استفاده از نقشهٔ سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ نقشهٔ کاربری اراضی سال ۱۳۹۹ شبیه‌سازی گردید؛ سپس، این نقشهٔ شبیه‌سازی‌شده با نقشهٔ واقعیّت زمینی سال ۱۳۹۹ مقایسه شد و مقدار صحّت و تطابق این مدل برآورد گردید و مقادیر پارامترهای صحت‌سنجی برای این نقشه‌ها به‌دست آمد. در نهایت با دقت نقشه تولیدی در سال ۱۳۹۹ که بالاترین ضرایب مورد نظر را ارائه داد

غیرقابل استناد

---

۶ Normalized Difference Water Index (NDWI)

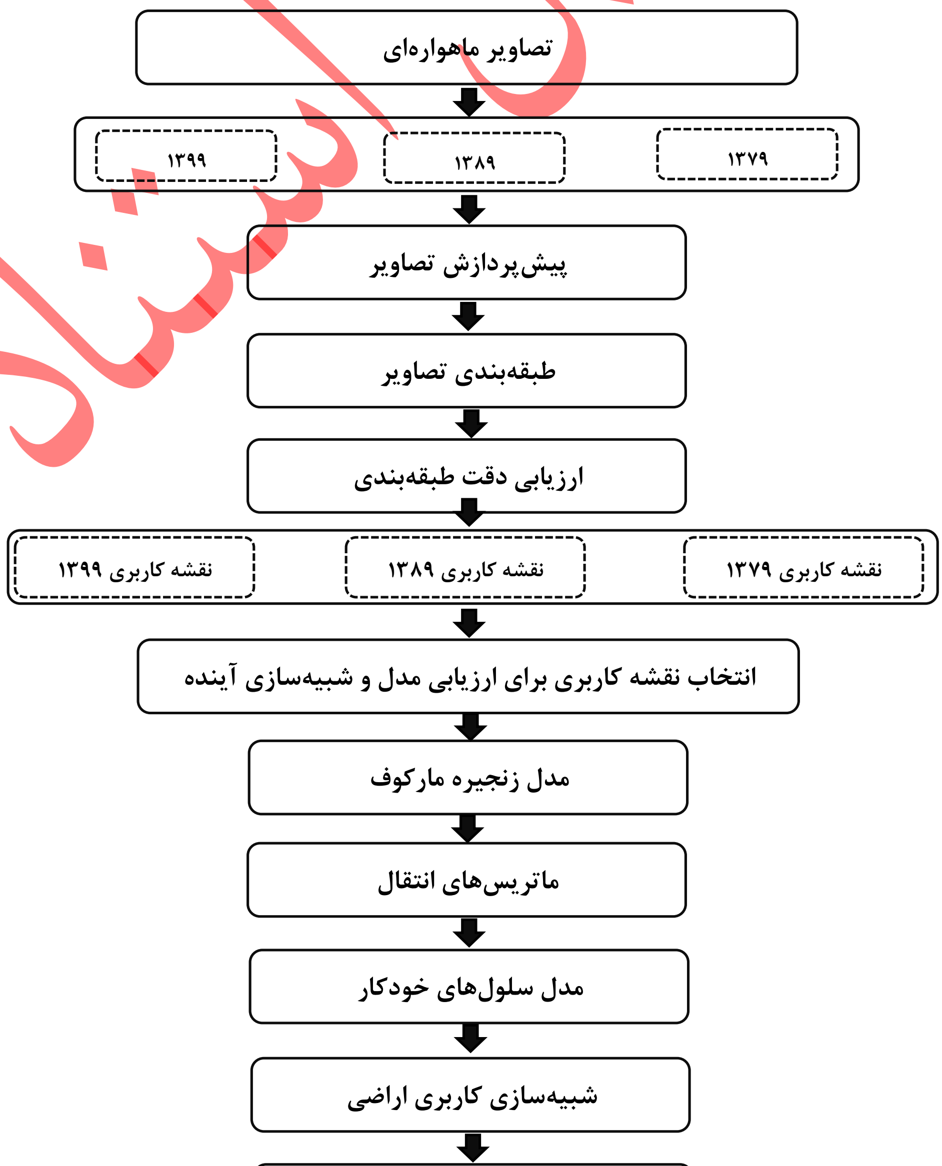
۷ Normalized Difference Built-Up Index (NDBI)

به عنوان سناریوی مورد نظر جهت پیش‌بینی کاربری اراضی آینده در سال‌های ۱۴۰۹ و ۱۴۱۹ اقدام گردید.

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

احتمال انتقال محاسبه شده از هر کاربری به کاربری دیگر با استفاده از مدل CA-Markov که تلفیقی از سلول خودکار و زنجیرهٔ مارکوف است محاسبه گردید، سپس مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۹ با استفاده از مدل پیش‌بینی اجرا شد و در نهایت برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۰۹ و ۱۴۱۹ استفاده شد. مدل CA-Markov تلفیقی از سلول خودکار و زنجیرهٔ مارکوف است که با درنظرگرفتن ساختار مکانی و جهت‌های جغرافیایی تغییرات پیکسلی کاربری‌های مختلف را از سالی به سال دیگر نشان می‌دهد (Surabuddin et al., 2013). این مدل ترکیبی از سلول خودکار و زنجیرهٔ مارکوف، مکان پیک سل و پیش‌بینی کاربری‌ها و همچنین اضافه‌کردن ساختار مکانی و توزیع جغرافیایی کاربری در زنجیرهٔ مارکوف را نیز شامل می‌شود (Surabuddin et al., 2013; Kumar et al., 2016). این مدل با به‌کارگیری احتمال تغییر طبقات کاربری اراضی به یکدیگر در قالب یک ماتریس تغییر و ضعیت کاربری‌ها و برمبنای تغییرات صورت‌گرفته بین زمان اوّل و دوم محا سبه می شود (Arsanjani et al., 2011).

غیرقابل استناد

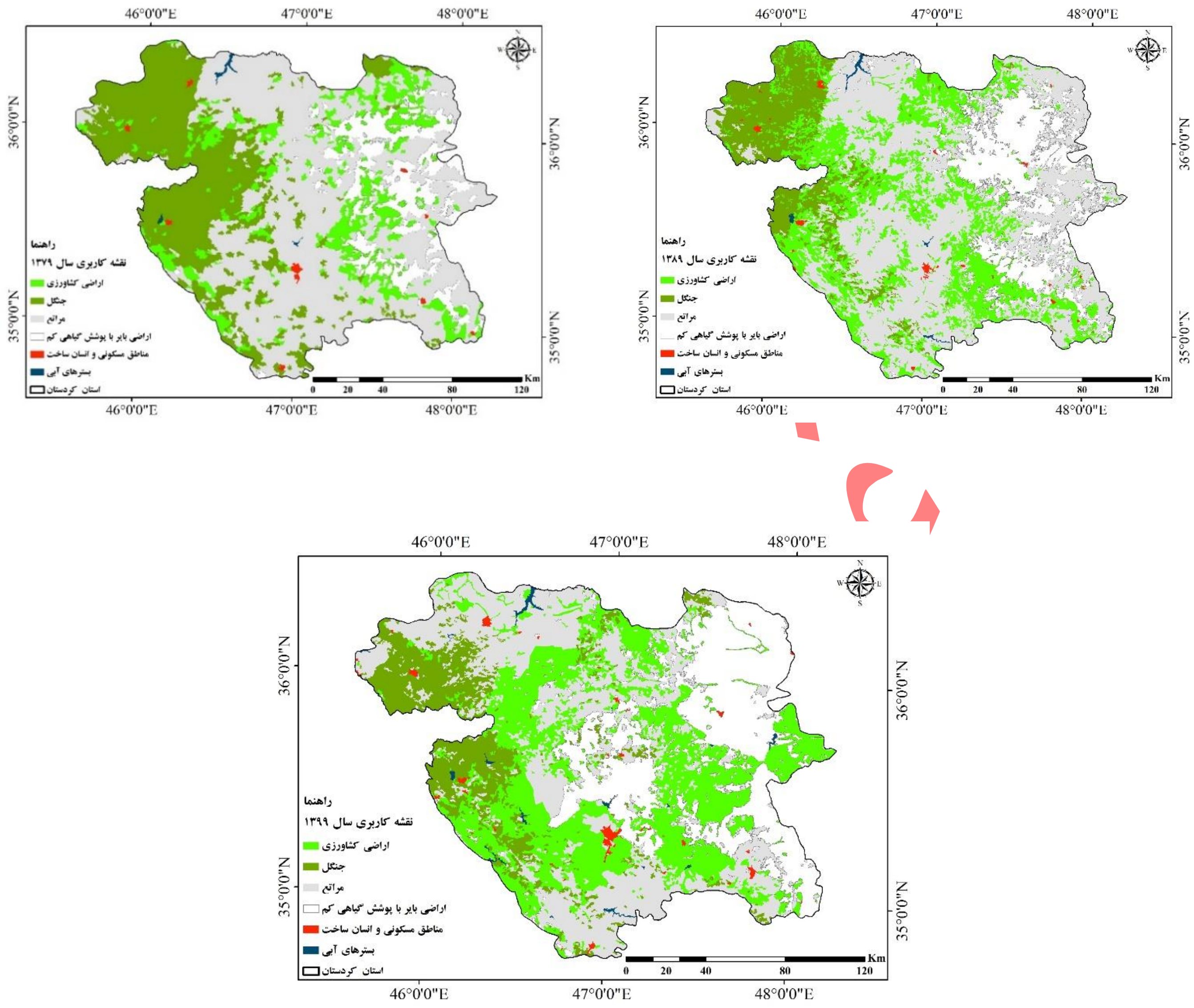


نتایج:

نقشه تغیرات کاربری

تجزیه و تحلیل الگوهای تغییرات در استان کردستان نشان داد که در طول دوره آماری (۱۳۷۹-۱۳۹۹) در سطح کاربری‌های این منطقه تغییرات چشمگیری رخ داده است به طوری که از شش کاربری موجود در آن، مساحت کاربری‌های اراضی کشاورزی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم، مناطق مسکونی و انسان ساخت و بسترهای آبی نسبت به سال ۱۳۷۹ درحال افزایش بوده، این درحالی است که مراتع و جنگل در طول این سی سال درحال کاهش می‌باشند (شکل ۳). در طول این دوره مساحت کاربری‌های اراضی کشاورزی، جنگل، مراتع، اراضی بایربا پوشش گیاهی کم، مناطق مسکونی و انسان ساخت و بسترهای آبی به‌ترتیب از ۱۲/۶۵، ۲۷/۱۶، ۴۷/۷۰، ۱۱/۹۶، ۰/۳۴ و ۰/۱۹ درصد در سال ۱۳۷۹ به ۳۱/۶۹، ۱۲/۴۱، ۳۰/۴۸، ۲۴/۳۱، ۰/۶۴ و ۰/۴۶ درصد در سال ۱۳۹۹ رسیده است (جدول، ۳ و نمودار، ۱).

غیرقابل استناد

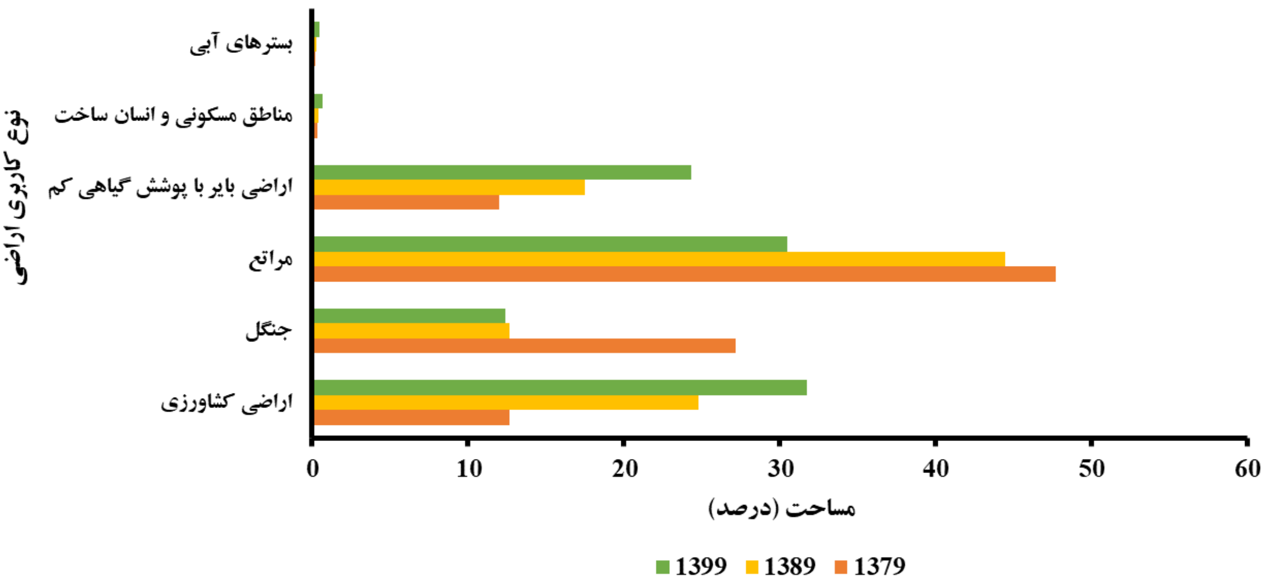


شکل ۲: نقشه کاربری اراضی استان کردستان در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹

جدول ۲: مساحت کاربری‌های استان کردستان بر حسب (کیلومترمربع و درصد)

کاربری/ پوشش	۱۳۷۹		۱۳۸۹		۱۳۹۹	
	مساحت(کیلومترمربع)	مساحت(درصد)	مساحت(کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)	مساحت(کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)
اراضی کشاورزی	۳۶۸۴/۸۴	۱۲/۶۵	۷۲۱۹/۹۶	۲۴/۷۷	۹۲۳۴/۴۴	۳۱/۶۹
جنگل	۷۹۱۳/۸۹	۲۷/۱۶	۳۶۹۴/۱۰	۱۲/۶۸	۳۶۱۶/۲۱	۱۲/۴۱
مراتع	۱۳۸۹۹/۲۰	۴۷/۷۰	۱۲۹۴۷/۸۹	۴۴/۴۴	۸۸۸۱/۳۱	۳۰/۴۸

اراضی بایر با پوشش گیاهی کم	۳۴۸۳/۲۱	۱۱/۹۶	۵۰۸۷/۲۱	۱۷/۴۶	۷۰۸۴/۱۳	۲۴/۳۱
مناطق مسکونی و انسان ساخت	۹۹/۸۹	۰/۳۴	۱۱۱/۰۳	۰/۳۸	۱۸۷/۰۹	۰/۶۴
بسترهای آبی	۵۴/۸۱	۰/۱۹	۷۸/۶۵	۰/۲۷	۱۳۲/۶۶	۰/۴۶
کل	۲۹۱۳۵/۸۳	۱۰۰	۲۹۱۳۵/۸۳	۱۰۰	۲۹۱۳۵/۸۳	۱۰۰



شکل ۳: مساحت کاربری‌های اراضی در استان کردستان در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ برحسب درصد

بررسی تغییرات درصد و مساحت کاربری های اراضی بین سال های ۱۳۸۹-۱۳۷۹، ۱۳۹۹-۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ - ۱۳۷۹ استان کردستان نشان داد که تغییرات متعددی رخ داده است به طوری‌که بر اساس جدول ۴ می‌توان بیان کرد که بین سال ۱۳۸۹-۱۳۷۹ اراضی کشاورزی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم، مناطق شهری و انسان ساخت و بسترهای آبی به ترتیب افزایش ۱۲/۱۲، ۵/۵۱، ۰/۰۴ و ۰/۰۸ درصدی داشته از طرفی دیگر کاربری‌های جنگل و مراتع به ترتیب کاهش ۱۴/۴۸ و ۳/۲۷ درصدی در این بازه زمانی نشان داده‌اند. بین سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۸۹ نیز کاربری‌های اراضی کشاورزی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم، مناطق شهری و انسان ساخت و بسترهای آبی نیز به ترتیب ۶/۹۲، ۶/۸۵، ۰/۲۶ و ۰/۱۹ درصد افزایش داشته در حالی که کاربری‌های جنگل و مراتع ۰/۲۷- و ۱۳/۹۶ درصد کاهش یافته است. بین سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۷۹ نیز کاربری‌های اراضی کشاورزی، اراضی بایر با پوشش گیاهی

کم، مناطق شهری و انسان ساخت و بسترهای آبی به ترتیب ۱۹/۰۵، ۱۲/۳۶، ۰/۳۰ و ۰/۲۷ درصد افزایش داشته این درحالی است که کاربری‌های جنگل و مراتع به ترتیب ۱۴/۷۵ و ۱۷/۲۲ درصد کاهش داشته‌اند (جدول ۴).

جدول ۳ : نرخ و درصد مساحت تغییرات کاربری‌های استان کردستان بر حسب (کیلومترمربع و درصد) در سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۹

کاربری/ پوشش	۱۳۷۹-۱۳۸۹		۱۳۸۹-۱۳۹۹		۱۳۷۹-۱۳۹۹	
	مساحت(کیلومترمربع)	مساحت(درصد)	مساحت(کیلومترمربع)	مساحت (درصد)	مساحت(کیلومترمربع)	مساحت (درصد)
اراضی کشاورزی	۳۵۳۲/۱۲	۱۲/۱۲	۲۰۱۷/۴۷	۶/۹۲	۵۹۴۷/۳۵	۱۹/۰۵
جنگل	-۴۲۱۹/۷۹	-۱۴/۴۸	-۷۷/۸۹	-۰/۲۷	-۸۶۹/۰۵	-۱۴/۷۵
مراتع	-۹۵۱/۳۱	-۳/۲۷	-۴۰۶۶/۵۸	-۱۳/۹۶	-۷۳۰۴/۷۴	-۱۷/۲۲
اراضی بایر با پوشش گیاهی کم	۲۰۵۱/۶۲	۵/۵۱	۱۹۹۶/۹۲	۶/۸۵	۲۰۵۱/۶۲	۱۲/۳۶
مناطق شهری و انسان ساخت	۱۱/۱۴	۰/۰۴	۷۶/۰۶	۰/۲۶	۱۲۲/۰۱	۰/۳۰
بسترهای آبی	۲۳/۸۴	۰/۰۸	۵۴/۰۱	۰/۱۹	۵۲/۸۱	۰/۲۷
کل	۰	۰	۰	۰	۰	۰

ارزیابی مدل CA-Markov

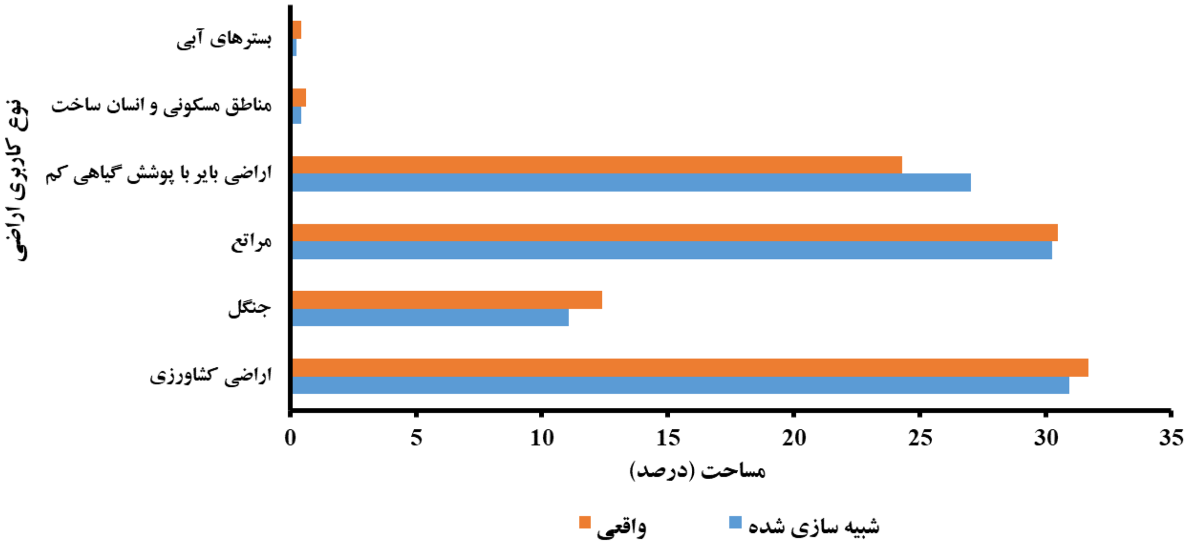
با استفاده از نقشه سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ نقشه سال ۱۳۹۹ تولید گردید و سپس با استفاده از از نقشه واقعی سال ۱۳۹۹ اعتبارسنجی گردید. بررسی اعتبار سنجی بین نقشه شبیه‌سازی شده و نقشه واقعی سال ۱۳۹۹ در جدول(۵) نشان داده که بین این نقشه‌ها هم‌خوانی خوبی وجود دارد. به طوری که بررسی تغییرات آماره ضریب کاپا نشان داد که K_{no} = ۰/۸۴، $K_{location}$ = ۰/۸۲، $K_{locationStrata}$ = ۰/۸۱ و $K_{standard}$ = ۰/۸۰ می‌باشند که این مقادیر نتایج قابل قبولی از شبیه‌سازی مدل را نشان می‌دهد.

جدول۴: ضرایب کاپا سال ۱۳۹۹

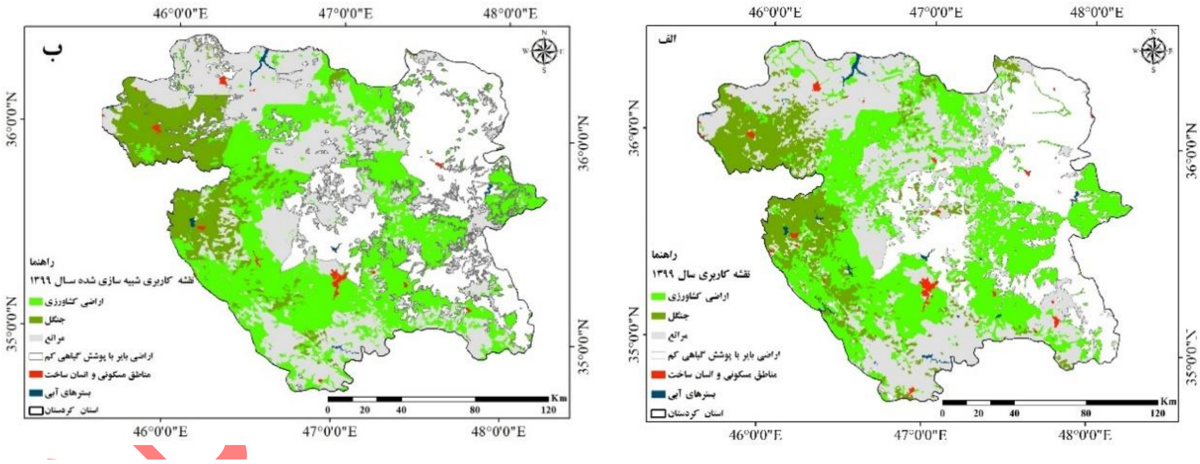
ضریب کاپا	۱۳۹۹
K_{no}	۰/۸۴
$K_{location}$	۰/۸۲
$K_{locationStrata}$	۰/۸۱
$K_{standard}$	۰/۸۰

مقایسهٔ نقشهٔ پیش‌بینی‌شده با نقشهٔ واقعیّت زمینی سال ۱۳۹۹نشان می‌دهد که این دو نقشه به‌هم شبیه می‌باشند (شکل ۶ الف و ب). از طرفی مقایسهٔ مساحت کاربری‌ها در این دو نقشه تأیید کننده این موضوع می‌باشد. به‌طوری که مساحت کاربری‌های اراضی کشاورزی، جنگل، مراتع، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم، مناطق شهری و انسان ساخت و بسترهای آبی، به‌ترتیب در نقشهٔ واقعیّت زمینی ۹۰۱۲/۶۲، ۳۲۲۵/۰۷، ۸۸۱۲/۶۴، ۷۸۷۸/۶۲، ۱۲۸/۹۰ و ۷۷/۳۷ کیلومتر و در نقشهٔ پیش‌بینی‌شده این کاربری‌ها به ترتیب مساحتی برابر با ۹۲۳۴/۴۴، ۳۶۱۶/۲۱، ۸۸۸۱/۳۱، ۷۰۸۴/۱۳، ۱۸۷/۰۹ و ۱۳۲/۶۶ کیلومتر از استان کردستان را در بر گرفته‌اند (شکل ۵ و۶-الف-ب).

غیرقابل استناد



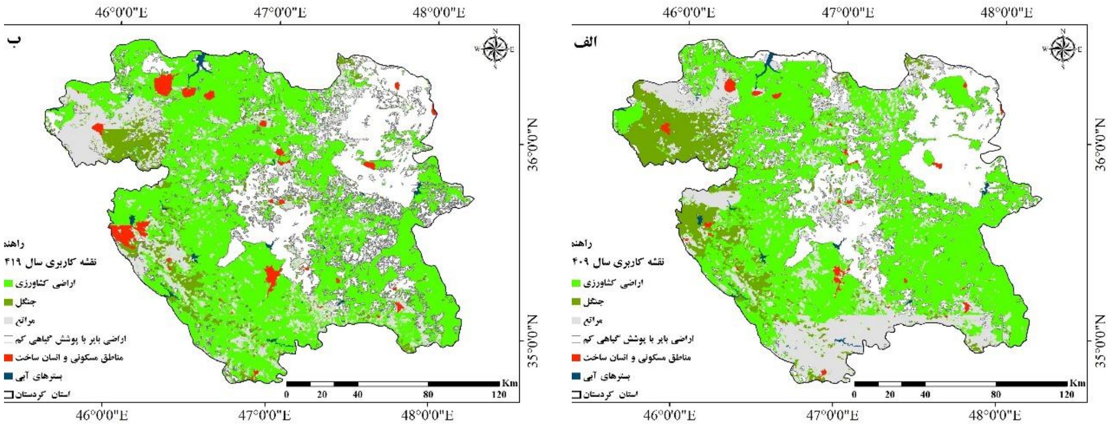
شکل۴ : مساحت کاربری‌های واقعیّت زمینی و پیش بینی‌شده سال ۱۳۹۹ برحسب درصد



شکل۵- نقشه واقعیت زمینی(الف) و پیش‌بینی شده(ب) سال ۱۳۹۹

با توجه به نتایج حا صل از بر سی ضرایب کاپا بد ست آمده به این نتیجه می‌ر سیم که مدل برای پیش بینی کاربری‌های آینده مناسب است. بر این اساس نقشه کاربری برای سال های ۱۴۰۹ و ۱۴۱۹ در ۶ کلاس پیش بینی شد (شکل، ۷). برر سی تغییرات کاربری ارا ضی در سال‌های ۱۴۰۹ و ۱۴۱۹ کاربری‌های جنگل و مراتع به ترتیب ۱۳۱۵/۶۵ و ۴۲۰/۵۰ کیلومترمربع کاهش یافته است. این درحالی است کاربری‌های اراضی کشاورزی، اراضی بایر با پوشـش گیاهی کم، مناطق مسـکونی و انسـان سـاخت و بسـترهای آبی به ترتیب ۱۲۹۰/۳۶، ۹۸/۱۹، ۳۲۸/۵۰ و

۱۹/۱۰ کیلومترمربع افزایش یافته است (جدول، ۶).



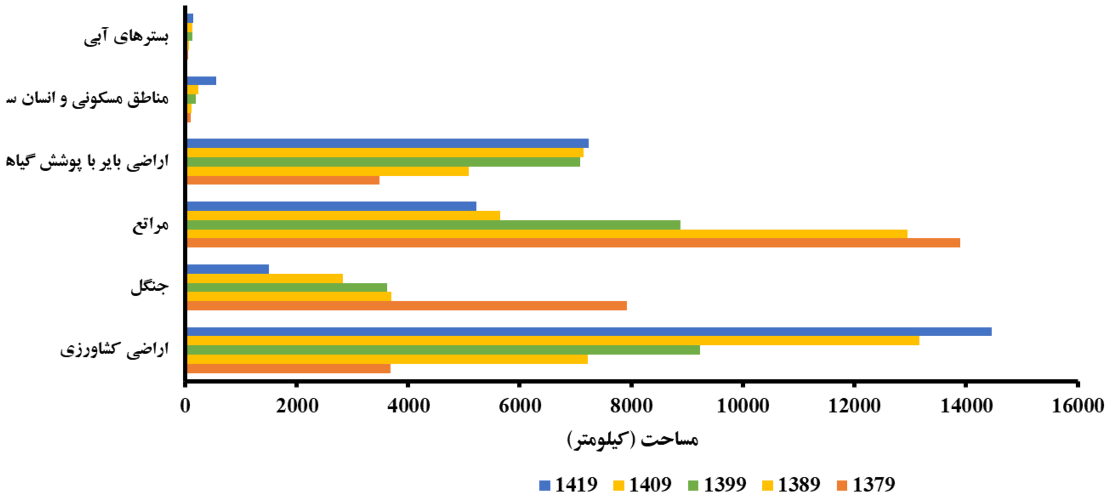
شکل ۶: تغییرات کاربری و پوشش اراضی شبیه‌سازی شده در سال‌های ۱۴۰۹ و ۱۴۱۹

جدول ۵: نرخ و درصد مساحت تغییرات کاربری‌های دشت میناب بر حسب (هکتار و درصد) در سال‌های ۱۴۱۹-۱۴۰۹

کاربری/ پوشش	۱۴۰۹		۱۴۱۹		۱۴۱۹-۱۴۰۹	
	مساحت(کیلومترمربع)	مساحت(درصد)	مساحت(کیلومترمربع)	مساحت (درصد)	مساحت تغییرات (کیلومترمربع)	مساحت‌تغییرات(درصد)
اراضی کشاورزی	۱۳۱۶۴/۳۲	۴۵/۱۸	۱۴۴۵۴/۶۸	۴۹/۶۱	۱۲۹۰/۳۶	۴/۴۳
جنگل	۲۸۲۵/۰۵	۹/۷۰	۱۵۰۶/۴۰	۵/۱۸	-۱۳۱۵/۶۵	-۴/۵۲
مراتع	۵۶۴۳/۱۵	۱۹/۳۷	۵۲۲۲/۶۵	۱۷/۹۳	-۴۲۰/۵۰	-۱/۴۴
اراضی بایر با پوشش گیاهی کم	۷۱۳۸/۸۳	۲۴/۵۰	۷۲۳۷/۰۲	۲۴/۸۴	۹۸/۱۹	۰/۳۴
مناطق شهری و انسان ساخت	۲۳۳/۰۴	۰/۸۰	۵۶۱/۵۴	۱/۹۳	۳۲۸/۵۰	۱/۱۳
بسترهای آبی	۱۳۱/۴۶	۰/۴۵	۱۵۰/۵۵	۰/۵۲	۱۹/۱۰	۰/۰۷
کل	۳۲۳۸۲/۰۱	۱۰۰	۳۲۳۸۲/۰۱	۱۰۰	۰	۰

بررسی روند تغییرات کاربری اراضی بین بازه زمانی ۱۳۷۹ تا سال ۱۴۱۹ در شکل ۸ نشان داده شده است. براساس این شکل بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۹ کاربری‌های جنگل و مراتع ۱۷/۴۷ و ۲۸/۳۴ درصد کاهش

یافته است، این کاربری‌ها بین سال ۱۳۷۹ تا ۱۴۱۹ به ترتیب ۲۱/۹۸ و ۲۹/۷۸ درصد کاهش می‌یابد. در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۹ کاربری‌های اراضی کشاورزی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم، مناطق مسکونی و انسان ساخت و بسترهای آبی به ترتیب ۳۲/۵۴، ۱۲/۵۵، ۰/۴۶ و ۰/۲۶ درصد افزایش یافته است، این کاربری‌ها در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۴۱۹ به‌ترتیب ۳۶/۹۶، ۱۲/۸۸، ۱/۵۸ و ۰/۳۳ درصد افزایش می‌یابد.



شکل۷: مساحت نقشه‌های پیش‌بینی کاربری اراضی در سال‌های۱۳۷۹،۱۳۸۹،۱۳۹۹، ۱۴۰۹ و ۱۴۱۹

نتیجه‌گیری و پیشنهادها:

نقشه‌های کاربری-پوشش زمین از مهم‌ترین منابع اطلاعاتی در مدیریت منابع طبیعی محسوب می شوند. این مطالعه برای پیش بینی کلاس‌های مختلف کاربری اراضی استان کردستان برای سال‌های ۱۴۰۹ و ۱۴۱۹ از داده های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از مدل Ca-Markov استفاده گردید. داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی اطلاعات منحصر به فردی برای پایش و تعیین تغییرات کیفی و مکانی کاربری‌های اراضی در گذر زمان در اختیار محققین قرار می‌دهد. این تحقیق نتایجی را ارائه می‌کند که ممکن است به توسعه برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار آینده کمک کند و همچنین به مقامات در تصمیم‌گیری آگاهانه جهت بهبود شرایط محیطی و اکولوژیکی کمک می‌کند. بررسی روند تغییرات کاربری‌ها از سال ۱۳۷۹ تا سال۱۳۹۹ نشان داد که اراضی مرتعی و جنگلی در حال کاهش بوده به‌طوری‌که به ترتیب این اراضی کاهش ۱۴/۷۵ و ۱۷/۲۲ درصدی داشته‌اند. Salehi et al (2019) به پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف در حوزه آبخیز صفاورد رامسر پرداختند، نتایج بررسی آن‌ها نشان داد

که در فاصله زمانی بین سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۸۶، وسعت اراضی جنگلی به میزان ۱۰/۲۶ درصد کاهش و۳/۲۷ درصد مساحت مناطق مسکونی افزایش‌یافته است. نتایج پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۸ با مدل زنجیره مارکوف نشان داد که در فاصله زمانی ۲۰۲۸-۲۰۱۴، اراضی جنگلی و مراتع به‌ترتیب به میزان ۴/۹۲ و ۱/۷ درصد کاهش می‌یابد. این درحالی است که کاربری های اراضی کشاورزی، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم، مناطق شهری و انسان ساخت و بسترهای آبی به ترتیب ۱۹/۰۵، ۱۲/۳۶، ۰/۳۰ و ۰/۲۷ درصد کاهش داشته‌اند. بررسی حاصل مطالعه Mozafari et al (2013) نشان داد که مساحت مراتع و جنگل ها در حال کاهش بوده به‌طوری که ما شاهد تبدیل مراتع خوب به مراتع ضعیف تر و تخریب جنگل‌ها بوده‌ایم. بر اساس این مطالعه تخریب مراتع و جنگل‌ها تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی از قبیل تبدیل مراتع به اراضی مسکونی و فعالیت‌های کشاورزی بوده است. مطالعه Hedayati et al (2019) نشان داد که یکی از عوامل مهم در کاهش اراضی طبیعی جنگلی و مرتعی استان کردستان وقوع اتش‌سوزی‌های عمدی و طبیعی بوده است به طوری که درباره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ حدود ۱۱۲۴ مورد آتش سوزی رخ داده که باعث سوختن ۷۳۶۴ هکتار از جنگل ها و مراتع استان کردستان شده است. ارزیابی مدل نشان می‌دهدکه مدل با دقت بالا توانایی شبیه سازی کاربری‌ها را دارد به طوری‌که ضرایب کاپا بالاتر از ۰/۸۰ می‌باشند. براساس مطالعات مختلف ضریب کاپا بالاتر از ۰/۸۰ نشان می‌دهد که دقت مدل سازی برای شبیه سازی کاربری‌ها بالا بوده و مدل به خوبی می‌تواند کاربری ها را برای آینده پیش‌بینی کند (Mansour et al., 2020 و Viera and Garrett, 2005). نتایج پیش‌بینی کاربری اراضی برای سال ۱۴۱۹ اراضی کشاورزی، مناطق شهری و انسان ساخت، اراضی بایر با پوشش گیاهی کم و بسترهای آبی ۱۴۱۹ به ترتیب ۳۶/۹۶، ۱۲/۸۸، ۱/۵۸ و ۰/۳۳ افزایش یافته است این در حالی است اراضی جنگلی و مراتع به ترتیب ۲۱/۹۸ و ۲۹/۷۸ در صد کاهش می یابد. بر اساس مطالعات انجام شده روند ایجاد مناطق شهری در استان کردستان افزایش یافته است. بر این اساس طی دروه ۵ ساله (۱۳۹۰-۱۳۵۵) سرشماری جمعیت استان در سال ۱۳۵۵ جمعیت شهری استان برابر با ۱۹۰۳۷۵ نفر به ۹۸۵۷۸۴ نفر افزایش یافته است. که ضریب شهرنشینی از ۱۱/۲ در صد به ۶۶ در صد افزایش یافته است (Asghari zamani et al., 2016). براساس مطالعه Javadzadeh et al (2018) با افزایش جمعیت در طول چند دهه گذشته و به‌دنبال آن نیاز به مواد غذایی و اسکان و رفاه این جمعیت در حال رشد، بشر را وادار داشته است تا زمین‌های بیشتری را زیر کشت و زرع ببرد. از طرف دیگر افزایش اراضی کشاورزی و جمعیت، علاوه بر زمین،

نیازمند آب می‌با شد که این آب از روش‌های مختلف از قبیل کنترل آب‌های سطحی مانند سد سازی تأمین گردید که این خود عامل ا صلی افزایش بسترهای آبی از قبیل سدها در سال‌های آینده در این منطقه خواهد بود. در حالت کلی می توان بیان داشت که با بهره‌گیری از مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات و تهیه نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری‌های مختلف از جنبه‌های مهم نوآوری این مطالعه محسوب می‌شود. نقشه‌های شبیه سازی شده در این برر سی می‌تواند راهنمای منا سبی برای مدیران و برنامه‌ریزان در بخش منابع طبیعی باشد. علاوه بر این، نقشه‌های کاربری شبیه‌سازی شده می‌توانند به‌عنوان سامانه هشداردهنده پیامدها و تأثیر آینده تغییر کاربری مورداستفاده قرار گیرند. در پایان پیشنهاد می‌شود تا در مطالعات آتی علل و اثرات این تغییرات به طور جزئی بررسی شوند تا در آینده مدیریت و کنترل اراضی به طور هدفمند و به نحو بهتری صورت گیرد.

References:

Abdollahi, A.A., Khabazi, M., & Dorani, Z. (2020). Modeling and Predicting Land Use Changes in Lahijan City With a sustainable development approach. *Journal of Sustainable city*, 2(4), 17-30. (In Farsi).

Aburas, M. M., Ho, Y. M., Ramli, M. F. & Ash'aari, Z. H. (2016). The simulation and prediction of spatio-temporal urban growth trends using cellular automata models: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 52, 380-389.

Alsharif, A. A. & Pradhan, B. (2014). Urban sprawl analysis of Tripoli Metropolitan city (Libya) using remote sensing data and multivariate logistic regression model. the Indian Society of Remote Sensing, 42 (1), 149-163.

Asghari Sereskanrood, S., & Ardeshirpey, A. (2020). Prediction of Land Use Changes Using CA-Markov: A Case Study of Yasuj City. *Town and Country Planning*, 12(2), 407-430. (In Farsi).

Asghari Zamani, A., Lotfi, N., & Amanolapour, A. (2016). Analyzing and evaluating the spatial-temporal structure of urban system of Kurdistan province (1355-1390). *Urban Structure and Function Studies*, 3 (12), 57-82. (In Farsi).

Barati, A.A., Asadi, A., Kalantari, Kh., Azadi, Hosein., & Mamoorian, Mohsen. (2015). Analyzing the impacts of agricultural land use change according to the experts opinion of agricultural land organization in Iran. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 45(4), 639-650. (In Farsi).

Belete, M., Deng, J., Abubakar, G. A., Teshome, M., Wang, K., Woldetsadik, M. & Gudo, A. (2020). Partitioning the Impacts of Land Use/Land Cover change and Climate Variability on Water Supply over the Source Region of Blue Nile Basin. *Land Degradation & Development*. 52, 152-168

غیر قابل استناد

Darabi, H., Seyedifar, L., Amiri M.J., Karbasi, A., & Aghamohammadi, H. (2020). Prediction urban land-use change in Tabriz using the SLEUTH model. *Quarterly Journal of Physical Development Planning*, 7(3), 21-33. (In Farsi).

Eskandari, H., Borji, M., Khosravi, H., Nakhaee Nejadfar, S. & Eskandari, H. (2016). Change Detection of of Bakhtegan and Tashk Basin during 2001-2013. *International Journal of Forest, Soil and Erosion (IJFSE)*, 6(2), 67-71.

Eskandari Dameneh, H., Khosravi, H., & Abolhasani, A. (2019). Assessing the Effect of Land use Changes on Groundwater Quality of Zarand Plain using Satellite Images and Geostatistical. *Journal of natural environmental hazards, 8*(20), 67-82. (In Farsi).

Gidey E, Dikinya O, Sebego R, Segosebe E, Zenebe A (2017). Modeling The spatio-temporal dynamics and evolution of land use and land cover (1984–2015) Using remote sensing and GIS In Raya,Northern Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 1–17

Gholizadeh Moghaddam, M.T., Abedi Sarvestani, A., & Mahboobi, M.M. (2018). Factors Influencing Adoption of Gardening in Sloping Lands: A Case of Minoodasht and Galikesh Counties in Golestan Province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 49 (2), 251-262. (In Farsi).

Gondwe, S.V., Muchena, R. & Boys, J. (2018). Detecting Land Use and Land Cover and Land Surface Temperature Change in Lilongwe City, Malawi. *Journal of Remote Sensing & GIS*, 9(2), 17-26.

Goodarzi, S., Shabanali fami, H., Movahedmohammadi, H., & Jalalzadeh, M. (2012). Challenges of Agricultural Water Management in Karaj County: Farmers' Viewpoints. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 42(2), 243-253. (In Farsi).

Guan, D., GAO, W., Watari, K. & Fukahori, H. (2008). Land use change of Kitakyushu based 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.

Hedayati, N., Joneidi, H., & Ebrahimi Mohammadi, Sh. (2019). Fire risk assessment of Kurdistan province natural areas using statistical index method. *Journal of Natural Environment*, 72(3), 403-416. (In Farsi).

Holisaz, A., Mahmoodabadi, S., Mohammadi Kangarani, H., & Gholami, H. (2020). Forecasting Land Use Changes and Land cover in Sirjan Plain Using Markov-Cellular model. *Quantitative Geomorphological Research*, 9(1), 102-116. (In Farsi).

Iqbal, S. & Billa, M. & Alak, p. (2016) Urban land use change analysis using RS and GIS in Sulakbahar ward in Chittagong city, Bangladesh, *Internatinal Jounal of Geomatics and geosciences*, 7(1), 1-10.

Jansen LJ, Di Gregorio A (1998). The problems of current land cover classifications: development of a new approach. Land cover and land use information systems for European Union policy needs, *Proceedings of the seminar Luxembourg*, (93), 1–202.

Javadzadeh, H., Javadzadeh, Z., & Yousefi, H. (2019). Feasibility of the Existence of Suitable Agricultural Land in the Upstream of the Javeh Dam- Kordestan. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 5(4) 1335-1344. (In Farsi). doi: 10.22059/ije.2018.264854.945.

Keshtkar H, Voigt W (2016). A spatiotemporal analysis of landscape change using an integrated Markov chain and cellular automata models. *Model Earth System Environment*, 2(1), 10.

Khosravi, H., Azareh, A., Dameneh, H. E., Sardoii, E. R., & Dameneh, H. E. (2017). Assessing the effects of the climate change on land cover changes in different time periods. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(4), 93.

Koohestani, N., Rastgar, Sh., Heidari, Gh., Shatai Joybari, Sh., & Amirnejad, H. (2020). Monitoring and predicting the trend of changing rangelands using Satellite images and CA-Markov model (Case study: Noor-rood basin, Mazandaran province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 11(3), 1-21. (In Farsi).

Mansour, S., Al-Belushi, M., & Al-Awadhi, T. (2020). Monitoring land use and land cover changes in the mountainous cities of Oman using GIS and CA-Markov modelling techniques. *Land Use Policy*, 91, 104414.

Mas JF, Kolb M, Paegelow M, Olmedo M. T. C., Houet T (2014). Inductive pattern-based land use/cover change models: a comparison of Four software packages. *Environment Modelling Software*, (51)94–111.

Monserud, R. A. (1990). Methods for comparing global vegetation maps.

Moradi, S., Nabiollahi, K., & Hoseini, SMT. (2018). The effect of forest degradation in different slope situations on soil quality and evolution in western part of Kurdistan province. *Soil and Water Conservation Research*, (25)2, 131-149. (In Farsi).

Mosammam, H. M., Nia, J. T., Khani, H., Teymouri, A. & Kazemi, M. (2017). Monitoring land use change and measuring urban sprawl based on its spatial forms: The case of Qom city. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 20 (1), 103-116.

Mozafari, Gh., & Safarpour, F. (2013). The Ecological Model of Pastures Zoning of Kurdistan Province Emphasizing on the Climatic Elements of Temperature and Precipitation. *Geography and Environmental Sustainability*, 3(1), 23-39. (In Farsi).

Mubea KW, Ngigi TG, Mundia CN (2011). Assessing application of Markov chain analysis in predicting land cover change: a case study of Nakuru Municipality. *Journal of Agricultural Science Technology* 12(2),1–19.

Nikpour, A., Amounia, H., & Nourpasandi, E. (2021). Monitoring and predicting land use changes using landsat satellite images by Cellular Automata and Markov model (Case study: Abbasabad area, Mazandaran province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 12(2), 35-53. (In Farsi).

غیر قابل استناد

Omar NQ, Sanusi SAM, Hussin WMW, Samat N, Mohammed KS. (2014). Markov-CA model using analytical hierarchy process and multi-regression technique. In: IOP conference series: earth and environmental science, *IOP Publishing*, 20(1), 012008. https://doi.org/10.1088/1755-1315/20/1/012008

Othman, A. A., Al-Saady, Y. I., Al-Khafaji, A. K. & Gloaguen, R. (2014). Environmental change detection in the central part of Iraq using remote sensing data and GIS. Arabian Journal of Geosciences 7 (3), 1017-1028.

Rawat, J. S. & Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 18 (1), 77-84.

Riebsame, W. E., Meyer, W. B., & Turner, B. L. (1994). Modeling land use and cover as part of global environmental change. Climatic change, 28 (1-2), 45-64.

Salehi, N., Ekhtesasi, M.R., & Talebi, A. (2019). Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: Safarod Ramsar watershed). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(1), 106-120. (In Farsi).

Savari, M., Zhoolideh, M., & Khosravipour, B. (2021). Explaining pro-environmental behavior of farmers: A case of rural Iran. *Current Psychology*, 1-19.

Savari, M., Eskandari Damaneh, H., & Damaneh, H. E. (2020). Factors influencing farmers' management behaviors toward coping with drought: evidence from Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1-49.

Statistical center of Iran. (2021). Statistical yearbook of Kurdistan.

Subedi P, Subedi K, Thapa B. (2013). 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*, 1(6), 126–132

Vaclavik, T., & Rogan, J. (2009). Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post socialist transformation in central Europe: a case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. *Geoscience & Remote Sensing*, 46(1), 54-76.

Viera, A. J., & Garrett, J. M. (2005). Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. Fam med, 37(5), 360-363.

Zhou, L., Dang, X., Sun, Q. & Wang, S. (2020). Multi-scenario simulation of urban land change in Shanghai by random forest and CA-Markov model. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102045.

Monitoring and Predicting Land Use Changes in Kurdistan Province by GIS and CA-Markov Model

Abstract

Land use changes are one of nature's most dynamic components, evolving dramatically at various sizes since the Industrial Revolution. Ongoing monitoring and quantification of such changes allow us to have a better knowledge of the ecosystem's function and health. The present study aims to apply the Markov hybrid Cellular Automata (CA) model to model land use changes in Kurdistan province. Land use maps were provided using Landsat data and the maximum probability classification approach in six groups for the years 1980, 1990, and 2000. It was then analyzed using the simulation map of 2000 and the real map of the model, and finally, the user map for the years 2030 and 2040 was forecasted using six user classifications. The utilization of agricultural lands, barren lands with little vegetation, urban and built-up regions, and irrigated beds rose by 19.05, 12.36, 0.30, and 0.27 percent, respectively, between 2000 and 2011. Forest and rangeland land use, on the other hand, have declined by 14.75 percent and 17.22 percent, respectively. The kappa coefficient of the model in all coefficients was greater than 0.8, indicating that the model is very efficient. The assessment of future changes in land use compared to 1980 found that forest and rangeland land uses dropped by 17.47 and 28.34 percent between 1980 and 2030, and by 21.98 and 29.78 percent between 1980 and 2040, respectively. Agricultural lands, barren lands with vegetation, residential and built-up regions, and water beds have grown 32.54%, 12.55%, 0.46%, and 0.26%, respectively, from 1980 to 2030, while these uses have increased 36.96%, 12.88%, 1.58%, and 0.33%, respectively, from 1980 to 2040. The findings of this study demonstrate the present and future trends in land use change, which is extremely necessary and beneficial to natural science researchers, environmentalists, non-governmental organizations (NGOs), politicians, and urban planners.

Keywords: Geographic Information System, Land-use Change, Prediction, Markov Chain, Kappa Coefficient

Monitoring and Predicting Land Use Changes in Kurdistan Province by GIS and CA–Markov Model

Objectives

Land use changes are one of nature's most dynamic components, evolving dramatically at various sizes since the Industrial Revolution. Ongoing monitoring and quantification of such changes allow us to have a better knowledge of the ecosystem's function and health. To avoid such massive losses, we must study and monitor land use changes over time in these places, which may be done through remote sensing techniques, so that researchers can get up-to-date information on land cover and land use. In addition, it is beneficial for spatial analysis and modeling of land changes over time, as well as cost-effective on a regional scale in terms of time and expense. The present study aims to apply the Markov hybrid Cellular Automata (CA) model to model land use changes in Kurdistan province. The Markov hybrid Cellular Automata (CA) approach may be listed among the remote sensing models and methodologies that are used to examine the trend of land changes and their forecasting.

Methods

The satellite images and topographic maps were included in all of the data utilized in this investigation. The US Geological Survey provided Landsat satellite images (TM, ETM +, OLI) from June through August during the vegetation growing season. The images and their categorization were processed and analyzed using ENVI 5.3 software, and the instructive maps of terrestrial reality were created using Arc GIS 10.4.

The preprocessing procedure, which involves two phases of geometric and radiometric adjustments, was completed before utilizing satellite images. In the present method, the land use map generated for the years 2000, 2010, and 2020 were chosen as the input for Land Change Modeler (LCM) to analyze the regional changes and predict the land use changes. To evaluate the model's accuracy, kappa statistics relating to total kappa values, location-based kappa, and value-based kappa were used. The CA-Markov model, which is a mix of cellular automata and a Markov chain, was used to determine the transfer probability from one user to another. This model incorporates hybrid cellular automata and the Markov chain, as well as the inclusion of spatial structure and geographic distribution to the Markov chain for pixel position and land use prediction

Results

Analyzing the change patterns in Kurdistan province revealed that some substantial changes in the level of land use in this area occurred during the statistical period (2000-2020). In doing so, among the six land uses, the area of agricultural land use, barren land with rare vegetation, residential and built-up areas, and water bodies all were increasing since 2000, while pastures and forests were decreased (Figure 3). During this period, agricultural fields, forests, pastures, barren lands with low vegetation, residential and built-up places, and water beds have changes, respectively, from 12.65%, 27.16%, 47.70%, 11.96%, 0.34%, and 19% In 2020, to 31.69, 12.41, 30.48, 24.31, 0.64, and 0.46 in 2020. Based on the results of CA-Markov model, forest and pasture land uses dropped by 17.47 and 28.34 percent respectively, between 2000 and 2030, and these amounts are 21.98 and 29.78 percent between 2000 and 2040, respectively. Agricultural lands, barren lands with low vegetation, residential and built-up areas, and water beds have grown by 32.54, 12.55, 0.46, and 0.26 percent, respectively, from 2000 to 2030. These land uses have increased by 36.96, 12.88, 1.58, and 0.33 percent, respectively, from 2000 to 2040.

Discussion

Based on the results, agricultural lands have increased and will increase until the timeline of this research, and it is mainly because of population growth in the district, which, consequently, people have been obliged to cultivate additional land due to the growth in population over the past several decades, as well as the demand for food, shelter, and welfare of this rising population (pastures and forests). Raising agricultural areas and population, on the other hand, need water, which may be obtained through a variety of techniques, including surface water control, such as dam building, which will be the primary factor in increasing water beds in this region in the next years. Generally, one of the major components of innovation in this work is the use of a Markov model to forecast changes and the preparation of a map to anticipate them in various usage. Furthermore, the simulated maps might serve as a useful tool for natural resource managers and planners. Besides, simulated user maps can be utilized as a warning system for the repercussions and long-term effects of land use change.

Keywords: Kappa coefficient, Land Use Change, Forecasting, Markov Chain

غیر قابل استناد

غیرقابل استناد