

روند توسعه اراضی کشاورزی در حوضه هیرمند افغانستان و چشم‌انداز آن با استفاده از طبقه‌بندی شی‌پایه تصاویر ماهواره‌ای و مدل ژئومد

محبوبه زارع‌زاده^۱، سعید مرید^{۲*}، نعمت‌الله کریمی^۳، کاوه مدنی^۴، فرشاد فاطمی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۸

چکیده

در برنامه‌ریزی برای حوضه‌های آبریز پرچالش فرامرزی مانند هیرمند، از مهم‌ترین موارد، ظرفیت توسعه کشاورزی در آن‌ها می‌باشد. این مهم، هدف این تحقیق قرار گرفته و در آن ابتدا تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۲ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش طبقه‌بندی شی-گرا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده حاکی از افزایش کشت‌های آبی از ۱۰ هزار کیلومتر مربع در سال ۱۳۶۹ به حدود ۱۸ هزار کیلومتر مربع در سال ۱۳۹۲ و کاهش حدود ۷۰ درصدی سطح اراضی دیم می‌باشد. در ادامه براساس روش ژئومد و تحلیل‌های زنجیره مارکوف، احتمال تغییرات کاربری اراضی آبی در این حوضه و چشم‌انداز تغییرات مکانی - زمانی آن مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس مجموع، سطح زیر کشت در افق آتی برابر با ۲۵۴۶۵ کیلومتر مربع قابل پیش‌بینی است که نشان دهنده توان ۷۴۶۵ کیلومتر مربع توسعه، می‌باشد. اما این سطح بدون در نظر گرفتن محدودیت منابع آب می‌باشد که با لحاظ کردن این محدودیت، حداکثر سطح توسعه برابر با ۴۳۶۶ کیلومتر مربع می‌باشد. بررسی موقعیت مکانی این تغییرات نشان دهنده توسعه در مناطق پایین دست سد کجکی و زیرحوضه ارغنداب می‌باشد که تهدیدی برای امنیت و محیط زیست شرق کشور محسوب می‌گردد. از طرفی نیز با توجه به سیاست‌های دولت برای کشت فرامرزی، این ظرفیت می‌تواند برای تعاملات دو کشور و حصول مدیریت برد - برد در حوضه هیرمند مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: حوضه آبریز هیرمند، کاربری اراضی، طبقه‌بندی شی‌پایه، تصاویر ماهواره‌ای

مقدمه

سرمایه‌گذارهای صورت گرفته در آن، انتظار می‌رود که توسعه کشاورزی بخشی از راهبرد آن برای فایق آمدن بر مشکلات گذشته باشد. راهبردی که به‌خوبی طی یک دهه اخیر به اثبات رسیده است. به‌عنوان نمونه حاج حسینی (۱۳۹۲) با استفاده از تصاویر Landsat گزارش کردند که سطح زیر کشت در بخشی از حوضه هیرمند افغانستان برای دوره ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۰، ۶۴۰ کیلومتر مربع افزایش یافته است. بدیهی است که این روند می‌تواند ادامه یابد و لازم است تا وضعیت آبی آن نیز ارزیابی گردد.

برای تولید نقشه چشم‌انداز کاربری اراضی آینده، روش‌شناسی‌های مختلفی ارائه شده که مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی، سلول‌های خودکار، رگرسیون لجستیک و زنجیره مارکف از آن جمله هستند (Wu et al., 2006). اصول کلی این روش‌ها بر مبنای بررسی تغییرات گذشته و پیش‌بینی وضعیت آبی بر اساس الگوهای قبل همراه با ارایه عوامل موثر بر این تغییرات می‌باشد (Stephenne and Lambin., 2001). بدین معنا که روند تغییرات موقعیت مکانی نقاط در زمان t_0 و t_1 را مورد آزمون قرار داده و سپس وضعیت ممکن در

آینده وضعیت منابع آبی هیرمند افغانستان و تبعات تغییر کاربری و به‌خصوص توسعه اراضی کشاورزی در آن؛ نگرانی‌هایی را بابت امنیت آبی این منطقه از کشور به‌دنبال داشته است. بر اساس گزارشات طرح ملی انکشاف، افغانستان به دلیل وجود سال‌های متمادی بحران، نتوانسته زیرساخت‌های لازم را ایجاد نماید و این امر سبب شده که معیشت و محیط زیست آن تخریب گردد (Afghanistan National Development Strategy., 2008-1392). بنابراین، با توجه به بهبود نسبی شرایط امنیتی افغانستان و

۱- دانش آموخته دکتری گروه منابع آب دانشگاه تربیت مدرس

۲- استاد گروه منابع آب دانشگاه تربیت مدرس

۳- پژوهشگر مطالعات و تحقیقات منابع آب، موسسه تحقیقات منابع آب، وزارت نیرو

۴- استاد مرکز سیاست‌های محیط زیستی امپریال کالج لندن

۵- استادیار گروه اقتصاد دانشگاه شریف

* - نویسنده مسئول: (Email: morid_sa@modares.ac.ir)

آبی در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۹۳ افزایش، ولی سطح زیرپوشش مراتع نسبت به سال ۱۳۹۳ کاهش داشته است که شواهد حاکی از تبدیل شدن مراتع به اراضی کشاورزی می‌باشد. گزارشات مثبت از برتری روش شی‌پایه در تحقیقات دیگری مانند، رابرتسون و کینگ (Robertson and King., 2011)، وایتساید و همکاران (Whiteside et al., 2011) و فرخ نیا (۱۳۹۴) قابل دسترس می‌باشد.

جهت تولید نقشه‌های کاربری با دقت بالاتر، استفاده از داده‌های چند زمانه نیز می‌تواند موثر باشد. این مورد به ویژه در شرایطی که بخش عمده‌ای از کاربری‌ها مربوط به اراضی کشاورزی است، اهمیت دارد که در تعداد کمی از تحقیقات قبلی مورد توجه بوده است (Geri et al., 2011). اهمیت این موضوع می‌تواند به دلیل فراهم کردن شرایط لازم برای تشخیص اراضی که در آن‌ها دو بار در سال کشت می‌شود و به دنبال آن تخمین مصرف آب دقیق‌تر در این اراضی باشد. برای حوضه هیرمند نیز به دلیل وجود اراضی با دو بار کشت در سال (کشت مجدد)، این رویکرد می‌تواند وضعیت واقع‌بینانه‌تری از حوضه را به نمایش بگذارد. به عنوان نمونه پلت و کوناگل با به کارگیری روش شی‌پایه برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی کلرادو در فواصل زمانی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۷۸ مورد استفاده قرار گرفته است (Platt and Schoennagel., 2009). آن‌ها با مقایسه دوره‌های نقشه‌های کاربری اراضی تولید شده نشان دادند که پوشش درختی منطقه حدود ۴ درصد افزایش داشته است.

با توجه به مقدمه فوق، هدف اصلی در این تحقیق بررسی روند توسعه اراضی کشاورزی و تعیین چشم‌انداز توسعه آن در حوضه هیرمند افغانستان می‌باشد، همچنین تعیین مناطق دارای اولویت برای توسعه نیز مدنظر قرار گرفته است. نتایج این تحقیق می‌تواند بر چشم‌انداز آبی آورد رودخانه هیرمند و ورودی‌های آن به ایران اثرگذار باشد که مطالعه آن در حال انجام می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی و داده‌ها

حوضه آبریز هیرمند با مساحتی بالغ بر ۳۸۰۰۰۰ کیلومتر مربع بین سه کشور ایران (۱۲٪)، افغانستان (۸۴٪) و پاکستان (۴٪) مشترک می‌باشد. این حوضه بین طول ۵۹°۳۳' تا ۶۹°۳۳' و عرض شمالی ۲۹°۶' تا ۳۴°۱۵' واقع شده است. رودخانه‌های این حوضه از کوه‌های بابا یغما از سلسله کوه‌های هندوکش در شصت کیلومتری غرب کابل سرچشمه می‌گیرد و بعد از طی مسافت ۱۰۵۰ کیلومتری به دریاچه هامون در سیستان ایران می‌رسد. رودخانه‌های اصلی در حوضه هیرمند، ارغنداب، خاش‌رود و فراه‌رود می‌باشند که در انتها به هامون هیرمند، هامون پوزک و هامون صابری می‌ریزند (شکل ۱).

زمان t_2 را در همان نقاط پیش‌بینی می‌کنند (Pontius et al., 2005). مدل‌ساز تغییرات زمین ژئومد (GEOMOD) نیز از این جمله می‌باشد که به‌طور مناسب‌تری در محیط GIS قابلیت انطباق دارند. به عنوان نمونه گلدوی (۱۳۹۰) برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی از روش رگرسیون لجستیک و ژئومد استفاده کرد. برای این کار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۶ تغییرات کاربری اراضی منطقه گرگان را بررسی و سپس تغییرات را برای سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۴۰۱ پیش‌بینی نمود. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مناطق شهری افزایش خواهند یافت و اراضی جنگلی با کاهش روبه‌رو خواهند بود. همچنین این نتایج موید دقت مناسب هر دو روش بود. گری و همکاران نیز چشم‌انداز تغییرات کاربری جنگل در مناطق مدیترانه‌ای را از لحاظ مکانی با استفاده از مدل ژئومد پیش‌بینی و پارامترهای توپوگرافی (نظیر ارتفاع، شیب و تابش خورشیدی) را به عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده استفاده نمودند. آن‌ها به منظور تعیین مقدار مساحت تغییر یافته از روش برون‌یابی خطی^۱ با استفاده از کاربری سال‌های قبل استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که می‌توان روش ژئومد را به عنوان ابزاری مناسب برای پیش‌بینی موقعیت مکانی تغییرات کاربری اراضی به کار برد. سلوان و پلتیر نیز با همین رویکرد تغییرات جنگل‌های حاره را مورد بررسی قرار دادند (Sloan and Pelletier., 2012). آن‌ها گزارش کردند که روش‌های احتمالی نسبت به روش برون‌یابی از دقت بالاتری در پیش‌بینی میزان تغییرات مساحت هر یک از کاربری‌ها برخوردار می‌باشد.

ورودی‌های اصلی در مدل‌های پیش‌بینی فوق، تصاویر ماهواره‌ای می‌باشند. بدین منظور و با توجه به وسعت حوضه آبریز هیرمند، تصاویر ماهواره Landsat؛ به‌دلیل دوره آماری بلندمدت و قدرت تفکیک‌های مکانی، طیفی و رادیومتری مناسب آن‌ها انتخاب شد که در مطالعات مشابه نیز مورد استفاده قرار گرفت (Li et al., 2014)، (Gibson, et al., 2012). برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نیز استفاده از دو روش پیکسل پایه^۲ و شی‌پایه^۳ بیش‌تر مورد توجه بوده‌اند. در روش پیکسل پایه، پردازش و طبقه‌بندی برای هر پیکسل منفرد از تصویر بر اساس خصوصیات طیفی مربوط به آن صورت می‌گیرد. اما در روش شی‌پایه علاوه بر خصوصیات طیفی، اطلاعات مربوط به بافت و شکل عوارض زمینی نیز استفاده می‌شود. بایرامو و همکاران نقشه کاربری اراضی کشور آذربایجان را برای سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ با استفاده از روش شی‌پایه تهیه و تغییرات سطوح کشاورزی، مسکونی، بایر و جنگل را مقایسه کردند (Bayramov et al., 2016). نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که کاربری‌های کشاورزی، جنگل، زمین‌های مسکونی، زمین‌های بایر و پیکره‌های

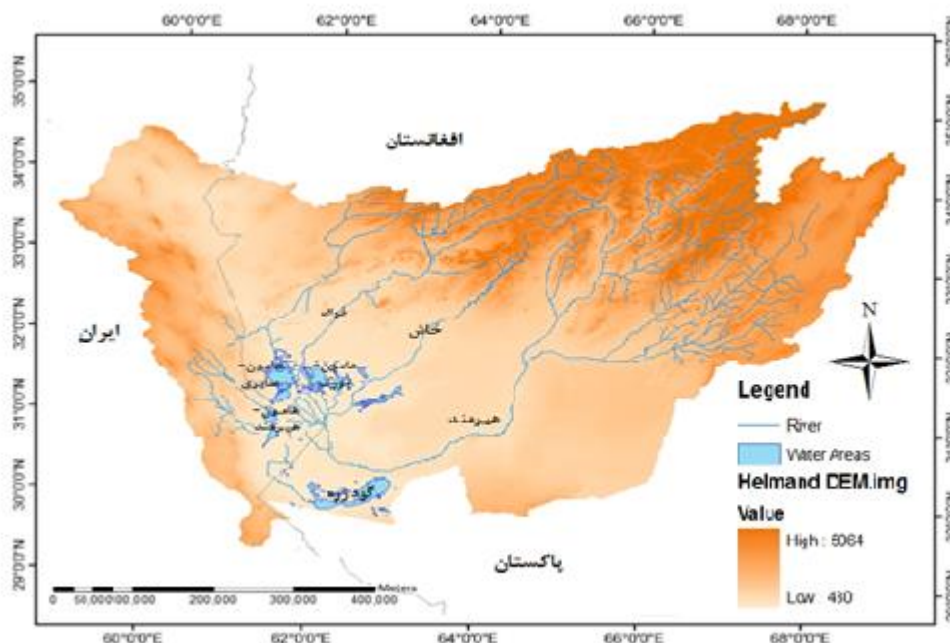
1- Linear extrapolation

2- Pixel-based

3- Object-based

(FAO., 2015).

اراضی کشاورزی در این حوضه بالغ بر ۱۵۰۰۰ کیلومترمربع گزارش شده که طیف متنوعی از محصولات زراعی و باغی را شامل می‌شود



شکل ۱- موقعیت حوضه آبریز فرامرزی هیرمند

تصاویر ماهواره‌ای

برای ایجاد یک پوشش کامل از حوضه هیرمند در افغانستان به ۲۹ سین از تصاویر ماهواره Landsat مورد استفاده قرار گرفت. همچنین تلاش گردید تا بازه زمانی تصاویر، در بیش‌ترین فاصله ممکن تهیه گردند در نهایت بین سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۲ انتخاب شدند. البته با توجه به وسعت زیاد این حوضه، یافتن این تعداد تصویر هم‌زمان با کیفیت مناسب و بدون پوشش ابر، علی‌رغم جستجوی گسترده‌ای که در پایگاه اطلاعاتی این تصاویر انجام شد، به‌خصوص برای سال ۱۳۶۹ میسر نبود. از این‌رو، برای تصاویر این سال، در مواردی تصاویر مربوط به ماه و یا سال قبل جایگزین گردیدند. همچنین به‌دلیل وجود شواهدی مبنی بر کشت دو زمانه در سطح حوضه، برای هر سال دو سری تصویر با توجه به تقویم کشت (زمان اول، انتهای بهار و اوایل تابستان و زمان دوم، اواخر تابستان و اوایل پاییز) تهیه شد.

کلاس‌های کاربری و پوشش اراضی موجود در منطقه

نظر به قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره Landsat-TM و

Landsat 8 که ۳۰ متر می‌باشند، برای تصاویر سال ۱۳۶۹ از سنجنده TM و تصاویر سال ۱۳۹۲ دو سنجنده، تصویربرداری عملیاتی زمین (OLI) و دیگری سنجنده مادون قرمز حرارتی (TIRS) استفاده شد. این دو سنجنده به ترتیب، اطلاعات تصویری نه باند موج کوتاه و دو باند حرارتی را جمع‌آوری می‌کنند.

در این تحقیق ترکیبی از سطوح یک و دو سیستم طبقه‌بندی استاندارد سازمان زمین‌شناسی آمریکا (Anderson et al., 1976)، شامل ۵ کلاس اصلی: مراتع، پهنه‌های آبی، اراضی بایر، شوره‌زار، جنگل و اراضی تحت کشت برای طبقه‌بندی کاربری اراضی استفاده شد. همچنین بر اساس اهداف، کلاس اراضی تحت کشت به ۵ زیرکلاس باغ، کشت پاییزه، کشت بهاره، اراضی دیم و نیز اراضی که در طول سال دو بار در آن‌ها کشت انجام می‌شود (کشت مجدد)، تقسیم گردیدند. سپس، اراضی مربوط به کلاس اراضی تحت کشت بر مبنای تغییرات پوشش گیاهی بین دو تصویر بهار و تابستان به زیرکلاس‌های فوق تفکیک شدند. به‌عنوان مثال، اراضی تحت زراعت آبی در تصویر بهار دارای پوشش گیاهی زیادی می‌باشند و در تصویر شهریورماه به‌دلیل برداشت محصول، اکثراً عاری از پوشش است. این شرایط برای کلاس کشاورزی باغی برعکس می‌باشد و باغات نیز در هر دو تصویر دارای پوشش گیاهی قابل‌توجهی هستند. به‌علاوه، کشت محصولات کشاورزی از جنبه‌های طبیعی و عملیاتی دارای

1- <http://Glovis.usgs.gov>, <http://Earthexplorer.usgs.gov>, <http://Landsat.gsfc.nasa.gov/data/>, <http://glcf.umd.edu/data>, <http://Landsat.org/>

کاربر^۳ (UA)، دقت تولید^۴ (PA)، دقت کلی^۵ (OA) و ضریب کاپا^۶ انجام شد که شرح آن‌ها در مراجع پانتیوس و همکاران (Pontius et al., 2011)، فرخ‌نیا (۱۳۹۴) قابل دسترس می‌باشد.

انتخاب لایه‌های ورودی برای طبقه‌بندی شی‌گرا

به منظور طبقه‌بندی تصاویر با این روش و استناد به مرور منابع انجام شده، باندهای اپتیکی تصاویر ماه خرداد، شاخص پوشش گیاه (NDVI) ماه خرداد و شهریور و نیز نقشه‌های رقومی ارتفاع و شیب به‌عنوان لایه‌های ورودی به مدل eCognition معرفی شدند. با توجه به اینکه رفتار طیفی کلاس‌ها در بعضی از باندهای سنجنده‌های چند طیفی مشابه هستند، از این‌رو کاهش باندهایی با همبستگی بالا اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. به‌عبارت دیگر، هر چه همبستگی بین باندها کم‌تر باشد، شرایط برای طبقه‌بندی بهتر محسوب می‌شود. در ادامه نیز تحلیل وابستگی بین باندها و حذف باندهای اضافی برای دستیابی به طبقه‌بندی با دقت بالاتر، از اهمیت زیادی برخوردار است. طبق بررسی‌های انجام شده بر روی تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸ به ترتیب کم‌ترین همبستگی در بین باندهای ۳، ۴ و ۵ و ۲، ۴ و ۵ وجود داشت. به همین دلیل نیز برای سگمنت‌بندی از این باندها استفاده گردید.

مدل‌سازی چشم‌انداز تغییرات کاربری اراضی

به منظور تهیه نقشه چشم‌انداز توسعه در حوضه آبریز هیرمند، ابتدا احتمال تغییرات کاربری آن با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف و بر اساس میزان توسعه‌ای که طی دوران گذشته اتفاق افتاده، مورد محاسبه قرار گرفت. سپس موقعیت مکانی سطح به دست آمده از مدل ژنومد و با استفاده از نقشه قابلیت اراضی مشخص گردید که به عنوان نقشه چشم‌انداز حوضه از آن یاد شود. در ادامه مبنای این مراحل با شرح بیش‌تری آرایه می‌شود.

تحلیل زنجیره مارکوف^۷

اصولاً زنجیره مارکوف یک سری از مقادیر تصادفی است که احتمال وقوع آن‌ها در فاصله زمانی داده شده، به مقدار آن در زمان گذشته وابسته است (Sisson et al., 2007). هر زنجیره مارکوف به‌وسیله تعدادی از وضعیت‌ها^۸ مشخص می‌شود. مدل‌های مبتنی بر زنجیره مارکوف قادرند اطلاعات پیچیده را در قالب ماتریس تغییر

محدودیت‌هایی است که به موقعیت و شرایط فیزیکی اراضی مرتبط می‌باشد. از این رو برای بررسی شرایط کاربری‌ها، مواردی مانند ارتفاع و شیب نیز مدنظر قرار گرفت. در نهایت این‌که، کلاس مراتع نیز به دو زیر کلاس مراتع قوی و ضعیف تفکیک گردید.

روش طبقه‌بندی شی‌پایه

در این تحقیق روش شی‌پایه برای طبقه‌بندی تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. در روش شی‌پایه واحد اصلی پردازش تصویر، و یا سگمنت‌ها^۱ هستند. سگمنت به گروهی از پیکسل‌های همسایه اطلاق می‌گردد که شباهت طیفی و شکلی، عامل مشترک بین آن‌ها است. در فرآیند سگمنت‌بندی، پیکسل‌های تصویر بر اساس معیار همگنی در رنگ و شکل ترکیب شده و اشیایی را تولید می‌نمایند. در این روش، ابتدا تصویر متناسب با نظر کاربر و الگوریتم‌های مختلفی بدین منظور توسعه یافته، سگمنت‌بندی شده و سپس طبقه‌بندی برای این اشیا که نمایانگر عوارض زمینی واقعی هستند، انجام می‌شود. مزیت اصلی این روش در مقایسه با روش پیکسل پایه، امکان استفاده از ویژگی‌های اشیا تصویر (نظیر شکل و بافت)، توانایی استفاده از اطلاعات مکانی مربوط به نحوه قرارگیری عوارض مختلف و همچنین کاهش زمان پردازش و طبقه‌بندی تصاویر می‌باشد (Liu and Xia., 2010). روش‌های گوناگونی برای طبقه‌بندی شی‌پایه (نظیر نزدیک-ترین همسایگی، درخت تصمیم، فازی و یا ترکیبی از آن‌ها) وجود دارد (Lu et al., 2004) که روش درخت تصمیم، انتخاب شد. برای اعمال آن نیز در تحقیق حاضر، از نرم‌افزار eCognition که یک نرم‌افزار تخصصی در این خصوص است، استفاده گردید.

از مهم‌ترین پارامترها در سگمنت‌بندی تصاویر، پارامتر مقیاس می‌باشد که مستقیماً در میانگین اندازه اشیا^۲ تولید شده تاثیر می‌گذارد، به نحوی که مقدار بیش‌تر این پارامتر به ایجاد اشیا بزرگ‌تر و مقدار کوچک‌تر آن به ایجاد اشیا کوچک‌تر منجر می‌شود. این پارامتر معمولاً بر اساس قدرت تفکیک مکانی تصویر مورد استفاده و مقیاس موردنظر در تفکیک عوارض و پس از آزمون چندین مقدار مختلف تعیین می‌گردد (Lyons et al., 2012) در تحقیق فوق مقدار عددی ۳۰ برای آن در نظر گرفته شد. پارامترهای دیگری که در سگمنت‌بندی اهمیت دارند، وزن، عوامل رنگ و شکل می‌باشد که مجموع آن‌ها برابر یک بوده و نشان دهنده میزان تاثیر هر یک از آن‌ها در انجام سگمنت‌بندی می‌باشد در تحقیق فوق وزن عامل رنگ برابر با ۰/۹ و وزن عامل شکل برابر با ۰/۱ در نظر گرفته شد.

دقت طبقه‌بندی نیز با استفاده از معیارهای کمی نظیر دقت

3- User accuracy
4- Produce accuracy
5- Overall accuracy
6- Kappa coefficient
7- Marcov chain
8- Transition probabilities

1- Segment
2- Objects

شبیه‌سازی توسعه جدید امکان‌پذیر است.

معیار دوم بر اساس تغییرات ایجاد شده در زیرمنطقه‌های^۲ منطقه مطالعاتی می‌باشد که براساس نتایج قبل و روش تحلیل زنجیره مارکف تعیین شده است.

معیار سوم با توجه به ویژگی‌های طبیعی و زیستی منطقه؛ تحت عنوان "نقشه قابلیت‌اراضی"^۳ است. این نقشه مناطق مستعد را برای تغییر کاربری مورد نظر (کشت آبی) نشان می‌دهد که بر اساس تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره^۴ و استفاده از چندین فاکتور نظیر نقشه فاصله از رودخانه، نقشه فاصله از کاربری، نقشه رقومی ارتفاعی و نقشه شیب به دست می‌آیند. در تحقیق حاضر به منظور استانداردسازی فاکتورهای پیوسته و گسسته از مجموعه فازی معرف کاربر^۵ استفاده گردید (Burrough., 1989; Schmucker., 1982). در استاندارد-سازی وزن ۱ به زیرمعیار دارای تناسب بیش‌تر و وزن صفر به کم‌ترین تناسب در رخداد مذکور تعلق گرفت. بدین منظور با استفاده از روش هیستوگرام و تحلیل مکانی، تک‌تک کلاس‌های معیارها با لایه کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه تطبیق داده شدند. پس از انجام فازی‌سازی فاکتورهای موثر؛ با استفاده از روش سلسله مراتبی وزن-دهی، هر یک از معیارها در سه گام اصلی: ۱- تعریف معیار مورد بررسی برای تصمیم‌گیری ۲- مقایسه دو به دو معیارهای تعریف شده و ۳- ارزش‌دهی معیارها با توجه به اهمیت وجودی آن‌ها، به انجام رسید. البته لازم به ذکر است که اهمیت و ارزش معیارها بایستی به صورت کارشناسی انتخاب شود. در پایان و بعد از وزن‌دار شدن معیارها، به منظور تولید نقشه قابلیت اراضی از روش ترکیب خطی وزن‌دار^۶ استفاده شد رابطه ۳ (Pontius et Eastman., 2012; Oruc et al., 2003; al., 2001).

$$S_w = \sum_{i=1}^n W_i * S_i \quad (3)$$

در این رابطه، S_w میزان مطلوبیت، W_i وزن هر معیار و S_i ارزش استاندارد شده هر معیار می‌باشد. همان‌طور که اشاره گردید، فاکتورهای ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه و فاصله از پوشش گیاهی (کاربری اراضی کشاورزی آبی) به‌عنوان معیار استفاده شدند که میزان مطلوبیت آن‌ها نیز با قضاوت‌های کارشناسی انتخاب گردیدند.

بحث و نتایج

نتایج تحقیق در ادامه در سه بخش اصلی شامل: (۱) بررسی تغییرات سطح زیرکشت و روند آن طی دهه‌های اخیر، (۲) احتمال

وضعیت گردآوری کنند. از این رو با کمک آن می‌توان سیستم‌های بسیار پیچیده و مرکب که فرآیندهای درونی آن قابل شناسایی نیستند را مدل‌سازی نمود (Balzter., 2000).

در مطالعات تغییر کاربری اراضی، روش مارکوف این امکان را فراهم می‌آورد تا توزیع مساحتی کاربری زمین در انتهای یک دوره زمانی را با استفاده از توزیع کاربری در ابتدای دوره و همچنین یک ماتریس تغییر وضعیت که نشان دهنده تغییرات کاربری‌ها در طول دوره زمانی موردنظر است، پیش‌بینی نمود. ماتریس احتمال تغییر کاربری‌ها با توجه به تغییرات مشاهده شده در گذشته محاسبه و در پیش‌بینی تغییرات کاربری برای آینده بکار می‌رود (Brown et al., 2000). اساس آن نیز بر پایه برآورد احتمال تغییر سطح هر نوع کاربری به کاربری دیگر می‌باشد که مطابق رابطه ۱ به صورت St بوده و در مسیر زمان به صورت S_{t+1} تغییر می‌نماید (Mondal and Southworth., 2010).

$$S_{t+1} = P * S_t \quad (1)$$

در رابطه فوق P احتمال گذار از یک وضعیت به وضعیت دیگر بوده و به صورت ماتریس احتمال بیان می‌شود (رابطه ۲):

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1j} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{ij} \end{bmatrix} \quad (2)$$

عناصر ماتریس غیرمنفی هستند و جمع عناصر در هر ردیف برابر ۱ است، هر عنصر از ماتریس یک بردار احتمال نامیده می‌شود و ماتریس P یک ماتریس احتمال است (Clark., 1965). P_{ij} در رابطه فوق، احتمال تغییر کاربری و پوشش اراضی i به کاربری اراضی j از زمان t تا t+1 در n کلاس را نشان می‌دهد.

روش پیش‌بینی ژئومد

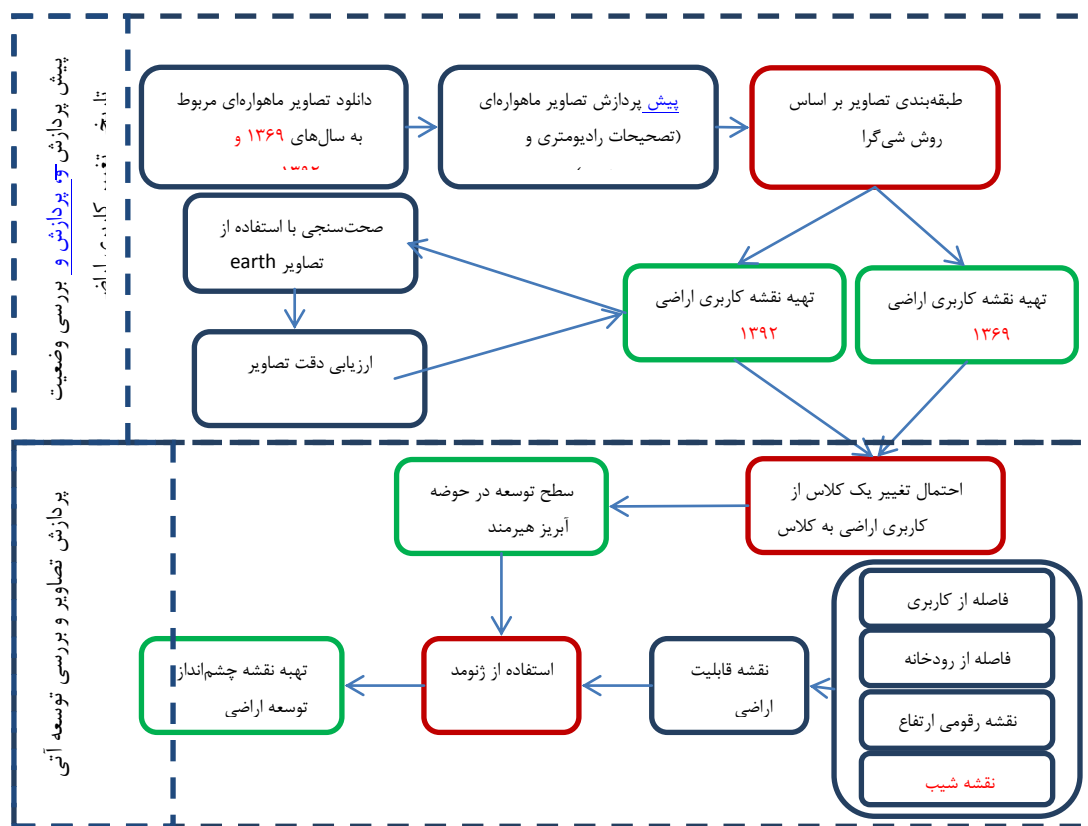
ژئومد از مدل‌های شبیه‌سازی تغییرات مکانی کاربری و پوشش اراضی در یک عرصه می‌باشد که برای بررسی تغییر در یک نوع کاربری کارایی دارد (Pontius et al., 2001; Pontius and Malanson., 2005). برای این تحقیق، کاربری کشت آبی تعریف شده است. مدل ژئومد، شبیه‌سازی و تخصیص مکانی^۱ زمین به تغییرات را با توجه به سه معیار زیر انجام می‌دهد (Pontius et al., 2001):

معیار اول بر اساس اصل نزدیک‌ترین همسایگی می‌باشد. این نوع شبیه‌سازی، رشد تغییرات را در فضای بیرونی کاربری موجود در نظر می‌گیرد در این‌جا، این تصمیم بر اساس فیلتر ۵*۵ که گویای ۴ پیکسل اطراف هر پیکسل می‌باشد این معیار شرایطی را فراهم می‌کند که در مناطقی خارج از قسمت‌هایی که قبلاً توسعه یافته‌اند،

- 2- Sub-regional
- 3- Suitability map
- 4- Multiple criteria decision making
- 5- User defined
- 6- Weighted Linear Combination

- 1- Spatial allocation

تغییر کاربری و ۳) چشم‌انداز تغییر کاربری اراضی ارزیابی می‌شود. همچنین، شرح بیشتر این مراحل در فلوجارت شکل ۲ با جزییات بیشتر تر قابل مشاهده می‌باشند.



شکل ۲- نمودار روند تهیه نقشه کاربری اراضی و چشم‌انداز توسعه حوضه آبریز هیرمند

حوضه، طبقه‌بندی کاربری اراضی در هر سین تصویر برای هر مقطع زمانی به طور جداگانه انجام شد که محاسبات پیش‌پردازشها را بسیار حجیم نمود. بر این اساس، دقت نقشه تولیدی کاربری اراضی حوضه با نقاط آموزشی ارزیابی شد که ماتریس خطای آن در جدول ۱ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که دقت کلی و ضریب کاپا برای نقشه‌های تهیه شده به ترتیب برابر ۹۰ و ۸۸ درصد است که ارقام قابل قبولی هستند. شکل ۳ نیز نقشه کاربری اراضی نهایی تولید شده را برای سال ۱۳۹۲ نشان می‌دهد.

براساس نتایج فوق، جمع کل اراضی آبی حوضه در سال ۱۳۹۲ برابر ۱۸۵۰۱ کیلومترمربع از ۳۸۳۱۷۵ کیلومترمربع کل حوضه می‌باشد. گزارش سازمان جهانی خواربار در سال ۱۳۹۴ (FAO project 2015)، نیز برای بخشی از حوضه هیرمند، سطح زیر کشت آبی را در سال ۱۳۹۰ برابر با ۱۵۷۸۵ کیلومترمربع از ۲۵۱۶۲۸ کیلومترمربع اعلام نموده است که تقریباً ۶۵ درصد از کل حوضه می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد ارقام هر دو مطالعه از شباهت کافی برخوردار هستند. در ادامه نیز نقشه طبقه‌بندی سال ۱۳۶۹ براساس

روند توسعه اراضی کشاورزی در حوضه آبریز هیرمند

برای بررسی روند توسعه اراضی کشاورزی در سال‌های اخیر و به خصوص بعد از تشکیل دولت مرکزی در افغانستان، تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۲ مورد ارزیابی قرار گرفته است.

بررسی سطح زیرکشت براساس تصاویر ۱۳۹۲ و نحوه توزیع آن

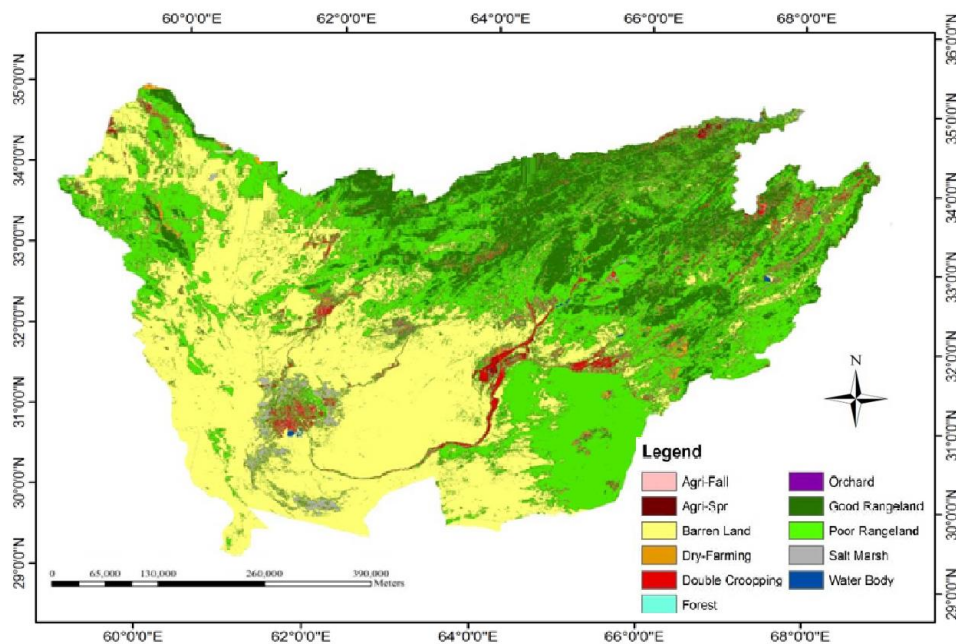
طبقه‌بندی اراضی با استفاده از روش شی‌گرا به تعیین حد آستانه پارامترهای مختلف نیاز است که بایستی از نقاط کنترل زمینی استفاده شود. با توجه به عدم امکان برداشت نقاط کنترل زمینی به دلیل فرامرز بودن حوضه آبریز، از نقشه‌های گوگل ارث^۱ و نقشه‌های پوشش اراضی سازمان خواربار جهانی (FAO, 1993) استفاده گردید. لازم به ذکر است که برای بالابردن دقت کار، به دلیل وجود اختلاف در زمان ثبت تصاویر مربوط به سین‌های مختلف هر سال از یک سو و تفاوت شرایط توپوگرافی و تقویم زراعی در بخش‌های مختلف

1 Google Earth

نتایج قبلی تهیه و سطح هر کلاس در این سال تعیین شد که به دلیل محدودیت متن، از ارایه نقشه مربوطه پرهیز می‌گردد.

جدول ۱- ماتریس خطای نقشه کاربری اراضی تولید شده به روش شی‌پایه برای حوضه آبریز هیرمند در سال ۱۳۹۲ (درصد)

مرتع قوی	مرتع ضعیف	زمین بایر و نمک‌زار	پیکره‌های آبی	باغ	جنگل	کشت مجدد	کشت دیم	کشت بهاره	کشت پاییزه	طبقه‌بندی نمونه‌ها
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۴	۴/۲۷	۰/۱۵	۷۵/۲۴	کشت پاییزه
۰/۰۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۴۸	۰/۰۷	۹۱/۰۷	۰/۱۴	کشت بهاره
۲/۰۶	۰	۰/۶۳	۰	۰	۰	۰/۲۸	۸۰/۴	۰/۵	۲۰/۲۶	کشت دیم
۰/۴۸	۰	۰/۳۲	۰	۲/۸۸	۰	۹۶/۷۹	۰	۱/۴۵	۰/۴۳	کشت دوبار در سال
۰	۰	۰	۰	۱۶/۴۵	۸۲/۳۶	۰	۰	۰	۰	جنگل
۰	۰	۰	۰	۸۰/۶۵	۱۷/۶۴	۰/۳۹	۰	۰	۰/۰۲	باغ
۰	۰	۰	۹۸/۹۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	پیکره‌های آبی
۰	۷/۹۵	۹۶/۵۸	۱/۰۲	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰	۰	زمین بایر و نمک‌زار
۴/۴۴	۹۱/۸۶	۲/۴۶	۰	۰	۰	۰	۲/۸۲	۶/۷۴	۲/۰۷	مرتع ضعیف
۹۲/۹۳	۰/۲	۰	۰	۰/۰۲	۰	۱/۹۱	۱۲/۴۳	۰/۰۹	۱/۸۳	مرتع قوی
۹۰/۸۳	۹۰/۴۲	۸۶/۷۱	۱۰۰	۹۸/۲	۷۲/۵۱	۹۳/۵۸	۸۶/۷۹	۹۸/۹۸	۸۷/۲۲	UA دقت کاربر
۹۲/۹۳	۹۱/۸۶	۹۶/۵۸	۹۸/۹۸	۸۰/۶۵	۸۲/۳۶	۹۶/۷۹	۸۰/۴	۹۱/۰۷	۷۵/۲۴	PA دقت تولید
				۰/۸۸						Kappa
				۰/۹۰						OA دقت سراسری



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز هیرمند در سال ۱۳۹۲

ملاحظه می‌شود که بیش‌ترین میزان تغییر در سطح اراضی آبی است. نکته قابل توجه افزایش در زیرکلاس کشت پاییزه بیش از سه برابر بوده که از ۸۷۱ کیلومتر مربع در سال ۱۳۶۹ به ۲۷۷۵ کیلومتر مربع در

بررسی تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۲ جدول ۲ مقایسه سطح کاربری اراضی حوضه آبریز هیرمند در سال ۱۳۶۹ و ۱۳۹۲ را نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات این جدول

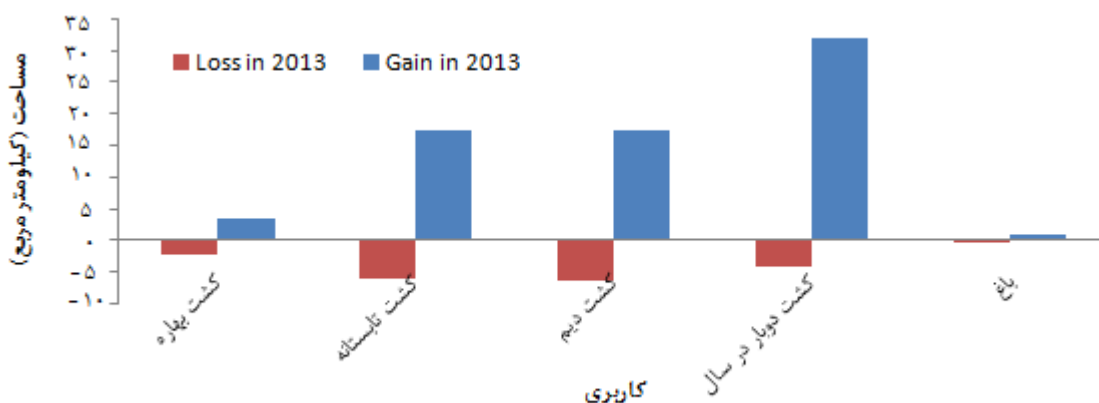
سال ۱۳۹۲ رسیده است. قابل تاکید است که این بررسی تنها با بکارگیری دو تصویر در سال عملی بود. به همین ترتیب، رشد اراضی زیرکلاس " کشت مجدد" به بیش از دو برابر و از طرفی، کاهش اراضی دیم و پهنه‌های آبی دیگر نتایج را شامل می‌گردد.

جدول ۲- سطح زیر پوشش هر یک از کاربری‌ها در دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۹۲ (کیلومتر مربع)

کاربری سال	کشت پاییزه	کشت بهاره	زمین‌های بایر و نمک-زار	کشت دیم	کشت مجدد	جنگل	باغ	مرتع قوی	مرتع ضعیف	پیکره-های آبی
۱۳۶۹	۸۷۱	۴۴۸۷	۲۰۲۲۶۳	۳۳۴۵	۵۳۱۴	۱۸۱	۸۴	۵۲۷۰۱	۱۰۹۳۰۳	۴۶۲۷
۱۳۹۲	۲۷۷۵	۴۴۷۸	۱۶۶۸۶۴	۱۰۲۳	۱۰۸۲۶	۱۷۲	۴۲۳	۷۵۸۴۷	۱۱۹۶۴۶	۱۱۱۳
نسبت تغییرات (%)	۲۱۳/۰۴	-۰/۱۷	-۱۷/۵	-۶۸/۹۷	۱۰۳/۶	-۲۰	۴۵۰	۴۳/۹۳	۹/۴۳	-۷۶/۰۳

چه مقدار از سطح‌شان کاسته و به دیگر کاربری‌ها تبدیل شده (Loss) و یا چه مقدار از دیگر کاربری‌ها، به سطح کاربری مربوط افزوده شده است (Gain).

شکل ۴ تغییرات را در زیرکلاس‌های کاربری نسبت به سال ۲۱۰۳ نشان می‌دهد. همچنین ملاحظه می‌گردد که هر یک از کاربری‌های مهم در این منطقه در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۶۹



شکل ۴- تغییرات کاربری‌های کشاورزی در حوضه آبریز هیرمند در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۶۹ (کیلومتر مربع)

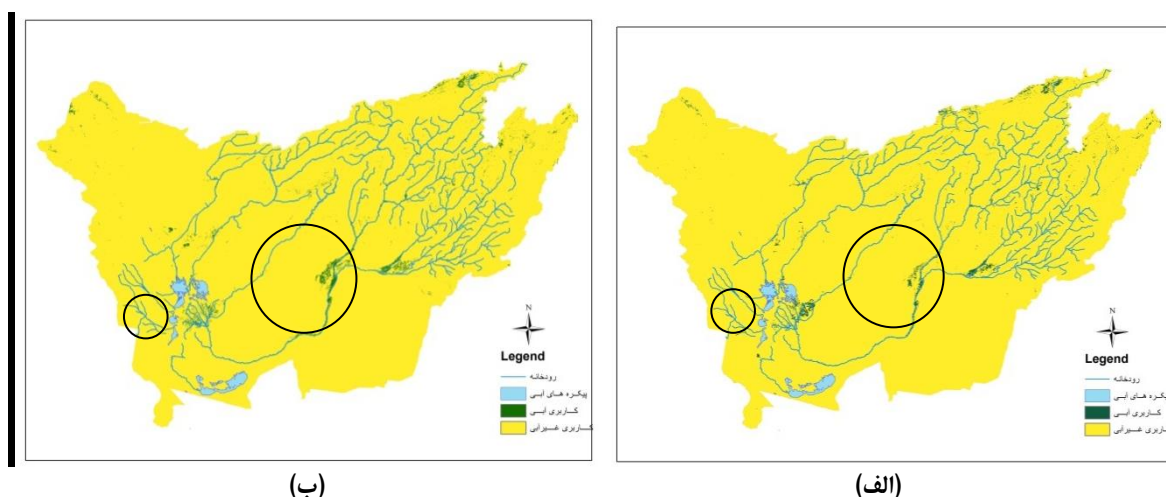
حوضه احتمال تغییر کلاس آبی به غیرآبی به چه میزان خواهد بود؟ در ادامه نقشه "توسعه قابلیت اراضی"، از ترکیب ۴ لایه: نقشه رقومی ارتفاع، شیب، فاصله از رودخانه و فاصله از کاربری اراضی آبی و تکنیک AHP^۱ تهیه گردید که نتایج در شکل ۶ ارائه شده است. متذکر می‌گردم که اوزان مانند مرجع اندریانی (۱۳۹۳) با نظر کارشناسی و مشاهدات برآورد گردید. شکل نشان می‌دهد که بیش-ترین قابلیت توسعه، به اراضی حاشیه رودخانه‌ها اختصاص دارد (عدد ۵). طبق راهنمای نقشه با کاهش عدد مربوط به کاربری نقش کاربری مربوطه در توسعه کم‌تر خواهد بود. این اطلاعات در ادامه از ورودی‌های مدل ژئومد برای تحلیل چشم‌انداز آبی کاربری اراضی در حوضه هیرمند خواهد بود.

احتمال تغییرات کاربری کشت آبی در حوضه آبریز هیرمند براساس دوره ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۲ و نقشه قابلیت اراضی

برای این قسمت، تمرکز بر کشت‌های آبی دارد، جهت تسهیل در ارائه نتایج؛ کاربری‌های آبی - کلاس ۱ و سایر قسمت‌ها کلاس ۲ اطلاق گردید (شکل ۵) از مقایسه دو کاربری فوق مشاهده می-گردد که سطح زیرکشت اراضی آبی در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۶۹ در بالادست حوضه (واقع در افغانستان- دایره بزرگ) افزایش، در حالی که در پایین دست حوضه (واقع در ایران- دایره کوچک) این کاربری کاهش یافته است.

براساس تغییرات رخ داده طی این مدت و روش شناسی تحلیل زنجیره مارکف (بخش ۲-۱)، احتمال تغییر کاربری اراضی محاسبه و در جدول ۳ قابل ملاحظه است. بدین معنی که در کل

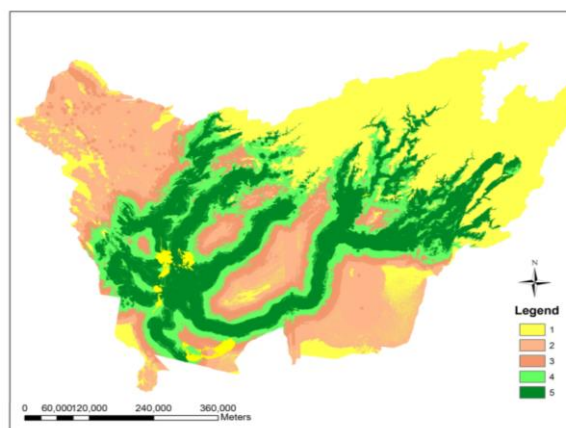
1- Analytical hierarchy process



شکل ۵- موقعیت کاربری اراضی آبی (بخش تیره) و غیرآبی (بخش روشن) در الف) سال ۱۳۶۹ و ب) سال ۱۳۹۲

جدول ۳- احتمال تغییرات کاربری زراعت آبی به غیرآبی و به عکس براساس رفتار تاریخی حوضه (%)

کلاس غیرآبی	کلاس آبی	طبقه
۰/۰۶۶۵	۰/۹۳۳۵	کلاس آبی
۰/۹۷۹۷	۰/۰۲۰۳	کلاس غیرآبی



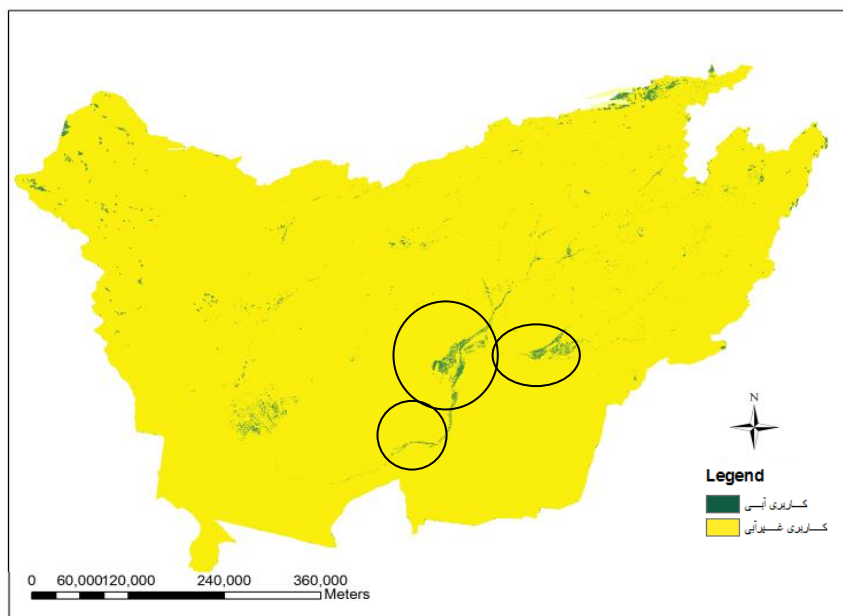
شکل ۶- نقشه قابلیت اراضی حوضه هیرمند

پتانسیل توسعه، مربوط به اراضی حاشیه هیرمند اصلی و ارغنداب خواهد بود.

پتانسیل توسعه اراضی در مراجعی دیگر نیز بررسی شده است که از آن جمله می‌توان به کوادیک و دایرمنس اشاره کرد که کار مشترک موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو و موسسه WL هلند می‌باشد (Kwadijk and Diermanse., 2006). در این مرجع پتانسیل توسعه برابر ۴۳۶۶ کیلومترمربع گزارش شده است. انتظار می‌رود که مبنای این گزارش، ظرفیت منابع آبی حوضه هیرمند بوده، ولی صریحاً مورد اشاره قرار نگرفته است.

چشم‌انداز تغییرات کاربری کشت آبی در حوضه آبریز هیرمند در افق آتی

چشم‌انداز توسعه اراضی کشاورزی در حوضه هیرمند از دو منظر شرایط زمین و آب قابل بررسی است. مسلماً پتانسیل خاک بیش از آب در این حوضه می‌باشد. براساس تحلیل‌های فوق و روش ژنومد و با حفظ روند توسعه سال‌های اخیر در افغانستان، می‌توان توسعه‌ای حدود ۷۴۶۵ کیلومترمربع را انتظار داشت که موقعیت مکانی آن در شکل ۷ نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که بیش‌ترین



شکل ۷- نقشه توسعه کاربری اراضی آبی براساس سطح توسعه از تحلیل زنجیره مارکف

(۴۳۶۶ کیلومترمربع)

کلاس ۳، اختلاف سطوح سناریوی ۲ و ۳ توسعه (سطوح ۴۳۶۶ و ۷۴۵۶ کیلومترمربع)
کلاس ۴، سطح اراضی غیرآبی

نتیجه گیری

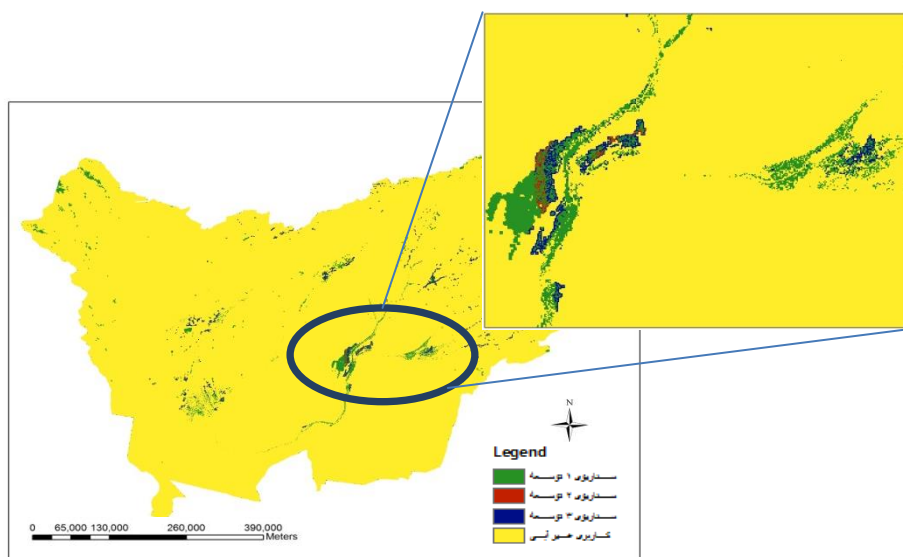
تحقیق حاضر تلاشی بود برای بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبریز هیرمند و به خصوص تحلیلی از چشم‌انداز توسعه اراضی کشاورزی در آن. این مطالعه زیر ساختی ضروری برای ارزیابی تغییرات رژیم آبی این حوضه در آینده و تغییرات ورودی‌های آب به ایران می‌باشد. بدین منظور از تصاویر ماهواره Landsat-TM و Landsat-OLI در دو مقطع زمانی ۱۳۶۹ و ۱۳۹۲ بر اساس روش شی‌پایه و ژئومد استفاده به عمل آمد. موارد زیر به عنوان جمع‌بندی این مطالعه قابل ارایه هستند:

بررسی انجام شده نشان داد بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۲، اراضی زیر کشت آبی در سطح حوضه آبریز هیرمند از حدود ۱۰ هزار کیلومترمربع به ۱۸ هزار کیلومترمربع افزایش یافته است. سازمان جهانی خواربار تا سال ۱۳۹۰ و برای ۷۰ درصد سطح کل حوضه هیرمند این رقم را حدود ۱۵۷۸۵ کیلومترمربع گزارش کرده است (FAO., 2015) که هم‌خوانی مناسبی با نتایج این تحقیق داشت.

برای ارزیابی بیش‌تر نقش محدودیت آب گزارشی که توسط سازمان جهانی خواربار (FAO., 2015) تحت عنوان "تحلیل منابع و مصارف آب در حوضه‌های آبریز افغانستان - حسابداری آب حوضه هیرمند با سنجش از دور" تهیه شده است نیز بررسی گردید. این گزارش منابع آب تجدیدپذیر حوضه هیرمند را ۹/۵ میلیارد مترمکعب در سال و میزان مصرف در هر هکتار را ۴۵۳۰ مترمکعب اعلام کردند. البته این میزان، تبخیر و تعرق واقعی است که با نیاز آبی گیاه (حداکثر تبخیر و تعرق و مبنای طراحی‌ها) تفاوت دارد. برآوردهای اولیه این تحقیق نشان می‌دهد که این مقدار در افغانستان حداقل ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار می‌باشد که حاکی از کم بودن میزان مصرف آب در هکتار در گزارش مذکور می‌باشد. با اعمال این رقم و در نظر گرفتن آیش حدود ۳۰٪ (FAO., 2015)، توسعه آن تا حدود ۳۹۵۰ کیلومترمربع قابل تصور خواهد بود. بدیهی است که زیرساخت مالی و فنی بالایی برای چنین توسعه‌ای نیاز خواهد بود. شکل ۸ اراضی قابل توسعه را در سه سناریوی ۳۹۵۰ (سناریوی ۱ توسعه، نتایج مستقیم این تحقیق با اعمال محدودیت آب)، ۴۳۶۶ کیلومترمربع (سناریوی ۲ توسعه، نتایج کار موسسه تحقیقات آب) و ۷۴۶۵ کیلومترمربع (سناریوی ۳ توسعه، نتایج این تحقیق بدون اعمال محدودیت آب) تنها برای هیرمند جنوبی و پایین دست سد کجکی نشان می‌دهد. توضیح بیش‌تر این کلاس‌ها در شکل ۸ مطابق زیر است:

کلاس ۱، سطح مربوط به سناریوی توسعه ۱ با سطح ۳۹۵۰ کیلومترمربع

کلاس ۲، اختلاف سطح سناریوی ۱ و ۲ توسعه (سطوح ۳۹۵۰ و



شکل ۸- سطوح توسعه تحت سناریوهای مختلف

بر دبی رودخانه (مطالعه موردی: صوفی‌چای)، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

حاج‌حسینی، م.، ۱۳۹۲. بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی دشت هیرمند و تغییرات سطح تالاب‌های هامون با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

شریعتمداری، م.، ۱۳۹۴. دولت دنبال کشت فرامرزی / محصولات آب‌بر در خارج کشور کاشته می‌شوند. خبرگزاری مهر، شناسه خبر: ۲۷۷۶۳۰۹ - پنجشنبه ۲۱ خرداد ۱۳۹۴.

فرخ‌نیا، ا.، ۱۳۹۴. نقش تغییرات کاربری اراضی و روند در متغیرهای اقلیمی بر هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

گلدوی، س.، ۱۳۹۰. مقایسه عملکرد روش‌های رگرسیون لجستیک و Geomod جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین و پوشش گیاهی و بررسی اثرات تغییرات بر آب‌های سطحی (مطالعه موردی: منطقه گرگان). پایان‌نامه ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

Afghanistan National Development Strategy. 2008 - 2013. A Strategy for Security, Governance, Rule of Law, Human Rights, Social-Economic Growth and Poverty Reduction Social and Economic Development Pillar Health; Education; Culture, Media and Youth; Agriculture and Rural Development; Social Protection; Refugees, Returnees and Internally Displaced Persons; and Economic Governance and Private Sector

طی این مدت تغییرات کاربری کشت مجدد افزایش قابل‌توجهی داشته است. از طرفی نیز سطح زیر کشت دیم حدود ۷۰ درصد کاهش یافته و به اراضی کشت پاییزه و یا دوبار در سال کشت تبدیل شده است.

پتانسیل توسعه در حوضه هیرمند بر اساس تحلیل‌های انجام شده، افزایش حدود ۷۴۶۵ کیلومترمربع را نشان می‌دهد. بدین معنا که با حفظ روند گذشته و بدون توجه به محدودیت آب، چنین توسعه‌ای برای آن قابل تصور می‌باشد. اما به لحاظ مولفه محدودیت آب براساس مرجع کوادیک و دایرمنس و بررسی‌های این تحقیق به ترتیب ۴۳۶۶ و ۳۹۵۰ کیلومترمربع افزایش سطح قابل انتظار می‌باشد (Kwadijk and Diermanse., 2006). متذکر می‌گردد که محدودیت‌های مالی برای چنین توسعه‌ای در اینجا مد نظر نبوده است. بررسی موقعیت مکانی این تغییرات عمدتاً در پایین دست سد کجکی و زیرحوضه ارغنداب تمرکز دارد که هر دو بر ورودی‌های به ایران بیش‌ترین تاثیر را می‌گذارند. تغییراتی که می‌تواند تهدیدی جدی برای امنیت و محیط زیست شرق کشور باشد.

در نهایت با توجه به سیاست‌های دولت برای کشت فرامرزی (شریعتمداری، ۱۳۹۴)، ظرفیت آب و خاک افغانستان می‌تواند از موارد قابل بررسی در تعاملات دو کشور و حصول به مدیریت برد - برد در حوضه هیرمند باشد.

منابع

اندریانی، ص.، ۱۳۹۳. کاربرد تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بررسی تغییرات کاربری اراضی و تاثیر آن

- term land cover and seagrass mapping using Landsat and object-based image analysis from 1972 to 2010 in the coastal environment of South East Queensland, Australia. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 71: 34-46.
- Mondal,P., Southworth,J. 2010. Evaluation of conservation interventions using a cellular automata-Markov model,. *Forest Ecology and Management*., 260.10:1716-1725.
- Oruc,I., Maloney,L.T., Landy,M.S. 2003. Weighted linear cue combination with possibly correlated error. *Vision Research*. 43: 2451-2468.
- Platt,R.V., Schoennagel,T. 2009. An object-oriented approach to assessing changes in tree cover in the Colorado Front Range 1938-1999, *Forest Ecology and Management*. 258:1342-1349.
- Pontius,J.R., Cornell,G.D., Hall,C.A. 2001. Modeling the spatial pattern of land-use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85: 191-203.
- Pontius,J.R., Malanson,J. 2005. Comparison of the structure and accuracy of two land change models. *International Journal of Geographical Information Science*. 19.2: 243-265.
- Robertson,L., King,D.J. 2011. Comparison of pixel- and object-based classification in land cover change mapping. *International Journal of Remote Sensing*. 32.6:1505-1529.
- Schmucker,K.J. 1982. *Fuzzy Sets, Natural Language Computations and Risk Analysis* ,.Computer Science Press,., p.7.
- Sisson,S.A., Fan,Y., Tanaka,M.M. 2007. Sequential monte carlo without likelihoods. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 104.6: 1760-1765.
- Sloan,S., Pelletier,J. 2012. How accurately may we project tropical forest-cover change? A validation of a forward-looking baseline for REDD. *Global Environmental Change*, 22(2). 440-453
- Stephenn,N., Lambin,E.F. 2001. A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU). *Agriculture, ecosystems and environment*. 85.1: 145-161.
- Whiteside,T.G., Boggs,G.S., Maier,S.W. 2011. Comparing object-based and pixel-based classifications for mapping savannas. *Int J Appl Earth Obs Geoinform*. 13.6:884-893.
- Wu,Q., Li,H.Q., Wang,R.S., Paulussen,J., He,Y., Wang,M., Wang,Z. 2006. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and urban planning*. 78.4: 322-333.
- Development Sector Strategies, VOLUME FOUR Islamic Republic of Afghanistan
- Anderson,J., Hardy,E., Roach,J., Witmer,R. 1976. A land use and land cover classification for use with remote sensor data. *US Geological Survey Professional Paper no. 964*.
- Balzter,H. 2000. Markov chain models for vegetation dynamics. *Ecological Modelling*. 126.2: 139-154
- Bayramov,E., Buchroithner,M., Bayramov,R. 2016. Quantitative assessment of 2014-2015 land-cover changes in Azerbaijan using object-based classification of LANDSAT-8 timeseries. *Modeling Earth Systems and Environment*. 2.35: 1-13.
- Brown,D.G., Pijanowski,B.C., Duh,J.D. 2000. Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. *Journal of Environmental Management*. 59.4: 247-263
- Burrough,P.A. 1989. *Fuzzy Mathematical Methods for Soil Survey and Land Evaluation*. *Journal of Soil Science*.40: 477-492
- Campbell,J.B., Wynne,R.H. 2011. *Introduction to Remote Sensing*. The GuilfordPress, New York, USA
- Eastman,R.J. 2012. *IDRISI for Windows :IDRISI Selva Manual*., Clark University, New york
- FAO. 2015. Analysis on water availability and uses in Afghanistan river basins, Water accounting through Remote Sensing (WA+) in Helmand River Basin. *FAO project TCP /AFG/3402*
- Geri,F., Amici,V., Rocchini,D. 2011. Spatially-based accuracy assessment of forestation prediction in a complex Mediterranean landscape. *Applied Geography*. 31: 881-890.
- Gibson,G.R., Campbell,J.B., Wynne,R.H. 2012. Three decades of war and food insecurity in Iraq. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 78.8: 885-895.
- Kwadijk,J., Diermanse,F. 2006. Integrated water resources management for the Sistan closed inland delta, Iran: Forecasting the flow from Afghanistan, *Water Research Institute hydraulics, WL Delft*.
- Li,L., Yu,Y., Ye,G.J., Ge,Q., Ou,X., Wu,H., Zhang,Y. 2014. Black phosphorus field-effect transistors. *Nature nanotechnology*. 9.5: 372-377.
- Liu,D., Xia,F. 2010. Assessing object-based classification: advantages and limitations. *Remote sensing letters*. 1.4: 187-194.
- Lu,D., Mausel,P., Brondizio,E., Moran,E. 2004. Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*. 25: 2365-2401.
- Lyons,M.B., Phinn,S.R., Roelfsema,C.M. 2012. Long

The Trend and Future Prospect of Agricultural Land Development in Afghanistan's Helmand River Basin Based on Satellite Images and GEOMOD Method

M. Zarezadeh¹, S. Morid^{2*}, N. Karimi³, K. Madani⁴, F. Fatemi⁵

Received: Nov.04, 2017

Accepted: Jun.28, 2018

Abstract

One of the most important issues to consider in conflicting trans-boundary river basins like Helmand is the potential for agricultural development. This paper evaluates the land use changes between in the Helmand basin between 1990 and 2013 using remote sensing images and an object-based method. The results show the irrigated land area has changed from 10,000 to 18,000 km² during this period while rainfed areas decreased by 70%. Using the GEOMOD method and Markov chain evaluations, it is projected that agricultural areas can expand up to 25,465 km², that means an additional 7465 km² of agricultural land development. Considering water availability limitation, the maximum agricultural land development cannot exceed 4366 km². The spatial evaluation of this progress revealed that development is mainly expected to take place in the Arghandab and Middle Helmand sub-basins that can seriously affect the river inflows to Iran and threaten the security and ecosystem in the region. However, considering the new policy of Iran on cross-border farming this can be turned to an opportunity for a win-win management of the Helmed trans-boundary river basin.

Keyword: Helmand river basin, Land use, Object based classification, Satellite images.

1- Department of Water Resources Engineering, Tarbiat Modares University

2- Department of Water Resources Engineering, Tarbiat Modares University

3- Water Research Institute, Ministry of Energy, Tehran

4- Centre for Environmental Policy, Imperial College London

5- Graduate School of Management and Economics, Sharif University of Technology

(*- Corresponding Author Email morid_sa@modares.ac.ir)